



CREA
Conselho Regional de
Engenharia e Agronomia



ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO DE BAIXO CUSTO EM TAIPA DE PILÃO NA REGIÃO NORDESTE

Ernandes Rodrigues Pereira¹
Robson Cardoso da Silva¹
Cristina das Graças Fassina²
Universidade São Francisco
Robsonbateria71@gmail.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP;

²Professora Orientadora, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba – SP.

Resumo. Este artigo aborda o tema do déficit habitacional no Nordeste do Brasil, apresentando a viabilização de projetos de habitação em taipa como uma estratégia para mitigar esse problema. A região nordeste enfrenta desafios significativos em termos de moradia, com muitas famílias vivendo em condições precárias. Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo central analisar como a construção de habitações em taipa pode contribuir para a redução do déficit habitacional. Para embasar esse estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangente, que incluiu artigos acadêmicos, livros, e outros trabalhos relacionados ao tema. Esses recursos contribuíram para a fundamentação teórica e contextualização do problema. A metodologia adotada compreenderá a análise minuciosa dos dados obtidos a partir dos artigos, livros e trabalhos coletados, com ênfase nas tendências, desafios e melhores práticas na construção de habitações em taipa. Foram considerados aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais, a fim de avaliar o potencial dessa abordagem. Conclui-se que a construção em taipa pode contribuir com a redução do déficit habitacional no Nordeste. Além disso, este estudo favorece *insights* para políticas públicas e estratégias de desenvolvimento regional que visam melhorar as condições de moradia e qualidade de vida das populações vulneráveis da região.

Palavras-chave: Déficit habitacional, Nordeste Brasileiro, Sustentabilidade, Taipa de pilão.

Introdução

A taipa é um método construtivo que utiliza terra com alguns aglomerantes para formar paredes monolíticas através da compactação sendo altamente sustentável, mostrando ser uma técnica adequada ao uso em regiões como o Nordeste brasileiro, que enfrenta muitos problemas com o déficit habitacional, renda baixa e com altas temperaturas. Nesse sentido, a taipa possui qualidades que podem auxiliar a sanar esse problema. Além disso, muitas comunidades de baixa renda podem usufruir de organizações que visem à sustentabilidade das construções, com a redução de custos e aumento da durabilidade das edificações. A taipa poderá ser aplicada tanto em áreas rurais quanto urbanas conforme a disponibilidade de material.

A implementação poderá ocorrer ao longo de 3 estações, excetuando-se o verão em cuja época é de maior pluviosidade e isso pode atrapalhar a execução da taipa.

Por se tratar de um material simples, a taipa não requer ferramentas especiais e mão de obra especializada, necessita de apenas um simples treinamento podendo ser até 68,05 % mais barata, expressando o quão econômico pode ser.

O déficit habitacional no Brasil é um desafio de proporções alarmantes que impacta significativamente a vida dos brasileiros, tanto de forma direta quanto indireta. Diretamente, milhões de pessoas enfrentam condições precárias de moradia, vivendo em espaços superlotados, em habitações sem saneamento básico, ou mesmo em áreas de risco. Essa realidade precária afeta a saúde, a segurança e o bem-estar desses cidadãos, privando-os de dignidade e oportunidades de desenvolvimento. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2020).

Indiretamente, o déficit habitacional reverbera por toda a sociedade, contribuindo para o aumento da criminalidade, a desigualdade social e a sobrecarga dos serviços públicos. A moradia é um direito humano fundamental encontrado no artigo 6º da Constituição da República que dá ao cidadão o direito a uma moradia digna, (FERNANDES, 2011). E mesmo sendo um direito constitucional ainda há muitas famílias que sofrem com moradias precárias ou nem possuem uma moradia. Segundo Virgílio (2010), o déficit se encontra na população de baixa renda onde isso fica mais claro no estudo publicado pela Fundação João Pinheiro (2021), que informa um aumento na concentração do déficit no grupo de baixa renda que ganham até 2 salários-mínimos que correspondia a 74,4% do déficit total.

Uma das regiões que possuem o maior déficit é a região nordeste, que possui 1,778 milhão de deficiência em moradias (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021).

Para sanar esse problema se faz necessário a ampliação de programas visando um baixo custo construtivo aliando-se a sustentabilidade, que é um tema muito forte e de extrema importância no cenário atual, há um grande interesse por novas tecnologias de baixo impacto ambiental, e a construção em terra ressurge como um método capaz de resolver esse problema, (NEVES 2004 apud Souza, 2019).

Dentro do método construtivo em terra a taipa de pilão surge fortemente no cenário atual, a técnica de construção em taipa de pilão é um método que consiste na construção de paredes utilizando da terra compactada, onde pode utilizar da terra do próprio local não necessitando de ferramentas específicas, podendo ser feito todo o processo manualmente,

evitando gastos excessivos com mão de obras e materiais, sendo altamente sustentável com baixa geração de resíduos podendo ser reciclado inúmeras vezes.

A introdução dessa técnica ocorreu em diferentes momentos e locais, como o sul de Portugal (PEIXOTO, 2017). Além disso, evidências arqueológicas revelam o uso de taipa em antigas culturas chinesas, remontando a cerca de 5000 a.C. (XINIAN et al, 2020). Na China, notáveis exemplos incluem parte da Grande Muralha da China em Jiayuguan e uma torre de vigia em Dunhuang, ambas na província de Gansu, datando do século II a.C.

A técnica construtiva da taipa de pilão chegou ao Brasil por meio dos bandeirantes, portugueses e paulistas, que exploravam o interior em busca de minerais preciosos, como ouro, prata e diamantes (PEIXOTO, SOUZA & REZENDE, 2017).

Os primeiros registros históricos do uso da taipa de pilão no Brasil datam do período colonial brasileiro, que abrangeu os anos de 1530 a 1822, com destaque para sua presença na região de São Paulo.

A taipa de pilão é uma técnica construtiva que tem como característica comprimir manualmente ou mecanicamente a terra em camadas sobrepostas, dentro de fôrmas de madeira. A extração da terra é feita no local da obra. No processo de extração a terra tem que ser livre de materiais orgânicos. A extração pode ser manual, as ferramentas podem variar desde um retro-escavadeira até uma simples pá e uma picareta. O transporte da terra até o local da construção é feito de maneira manual ou através de caminhão se vim de fora. Para levantar a parede é necessário algum teste para identificar a composição e resistência da terra, esses testes podem ser realizados no próprio local de coleta do material e os testes mais comuns são o do bolo, de resistência seca, do cordão, da fita e da caixa de vidro e com as características é possível definir o tipo de material para fazer a estabilização do solo, normalmente se utiliza de areia e água para chegar numa composição adequada. Além desses tem outros como estrume de curral, crina de animais e sangue de boi (VASCONCELLOS, 1979).

As paredes de taipa de pilão devem ser construídas em cima de uma fundação sólida, geralmente formada por pedras ou concreto. A fundação é construída igual um alicerce, evitando a ação da água por capilaridade nas paredes quando em contato com o solo. Podem ser colocados peças de bambu ou madeira fíncados verticalmente no topo das fundações para melhorar a aderência da fundação com a parede e a estabilidade. O taipal é formado por duas



CREA
Conselho Regional de
Engenharia e Agronomia



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

pranchas compostas de tábuas presas por montantes, e travessas que delimitam a largura da parede, o conjunto é fixado por cunhas e por torniquetes em cima. As extremidades são fechadas por tábuas laterais. Está fiada é montada apoiando as travessas no topo da fundação e deve estar devidamente aprumada e nivelada. Depois de preenchida a primeira fiada do taipal, acima e em contato com o taipal cheio, é montado outro taipal seguindo os prumos e níveis do taipal inferior. O processo de preenchimento e apiloamento é repetido até que o novo taipal esteja completo. O taipal inferior é desmontado, as tábuas laterais e as fôrmas, as travessas podem ou não serem retiradas. O taipal inferior é então montado na posição superior ao taipal preenchido e este processo segue sucessivamente até alcançar a altura desejada para a parede para compactar a terra é inserido 15 cm, a partir daí a camada de terra é comprimida por golpes feitos por um pilão manual. O pilão é um bloco feito de material pesado e resistente conectado a um cabo também resistente, o apiloamento é feito primeiro nos cantos e depois no centro. Este processo é finalizado ao escutar um som metálico produzido pela batida do pilão na terra. A Terra pilada fica com cerca de 10 centímetros de altura. Para receber a camada superior são feitas ranhuras no topo da camada pilada melhorando a aderência entre elas. Este processo é repetido até preencher todo o taipal. As camadas, piladas uma sobre a outra, se transformam em uma parede monolítica e autoportante, conforme figura abaixo:

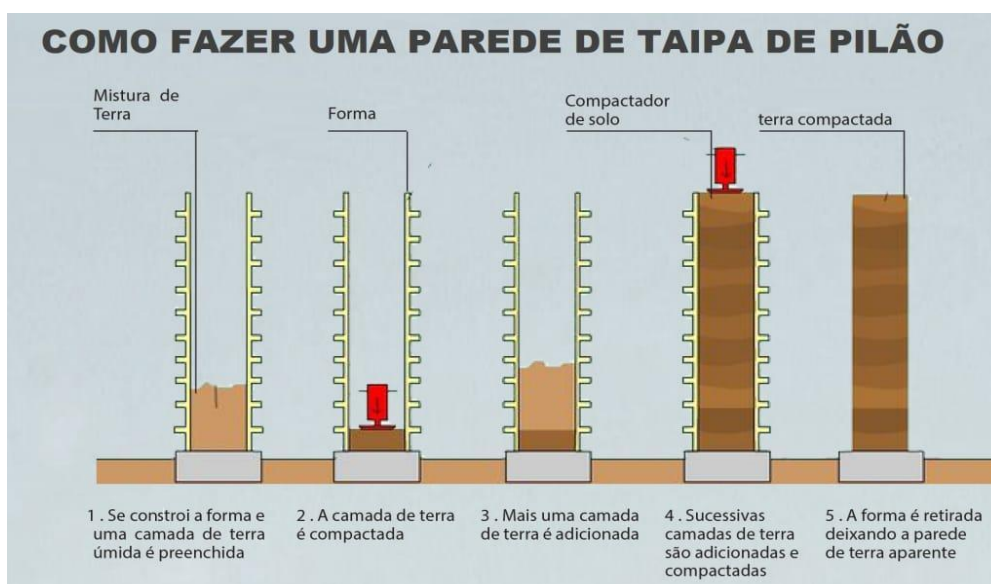


Figura 1- Processo passo a passo da construção da parede em taipa de pilão (Fonte: <https://sustentarqui.com.br/taipa-de-pilao-o-que-e-como-fazer-quais-sao-suas-vantagens/>).

As janelas de peitoril são as mais comuns; nelas o peitoril é construído com a taipa de pilão. As janelas rasgadas são as janelas abertas que têm o vão aberto desde a verga até o piso, o parapeito vazado da janela pode ser preenchido por tijolos de adobe ou tábuas de madeira. O rasgo é quase sempre de chanfro, isto é, não se faz normalmente ao alinhamento das paredes e sim em diagonal, aumentando a luz pelo lado de dentro (VASCONCELLO, 1961 apud ASSUNÇÃO, 2012). Os marcos de madeira das esquadrias são robustos e resistentes para suportar as cargas da alvenaria fazendo as funções de verga, contraverga e montante. Os marcos são afixados por chumbadores embutidos em rasgos feitos na parede e assentados com argamassa similar à mistura da qual é feita a parede. Normalmente não existe cintamento das paredes no modo vernacular, a estrutura do telhado se apoia em vigas de madeira, e estas vigas se apoiam sobre o topo das paredes autoportantes, de modo a transferir homogeneamente a carga do telhado. Atualmente, na construção no vernacular, normalmente, a hidráulica e a elétrica é instalada externamente às paredes, e em raros casos é embutida dentro da taipa de pilão durante a construção.



Figura 2- Casa em taipa na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Fonte: <https://www.ufms.br/taipa-levantamento-normas-e-pesquisas-disseminam-tecnica-mais-sustentavel/>).

O objetivo deste trabalho, portanto, é propor e demonstrar ainda de modo simplificado, a viabilidade de construções em taipa de pilão como uma forma de habitação

permanente para a solução do déficit habitacional na região nordeste e criar um parâmetro de comparação para com o método tradicional existente. Para tal, fez-se um estudo aprofundado sobre todo processo construtivo em taipa, trazendo os pontos positivos, negativos e mostrando o seu impacto, onde com esses dados poderemos trazer insights importantes para o desenvolvimento de estudos futuros.

Materiais e Métodos

O processo construtivo da taipa de pilão foi obtido, inicialmente, por meio de levantamento bibliográfico, baseando-se, principalmente em Assunção (2012), em que ele descreve todo o processo construtivo passo a passo, mostrando os materiais necessários, com base nesse processo analisou-se os pontos que podem impactar diretamente de forma negativa, conforme apontado por Souza (2019), e baseando nesses pontos foi feito um *brainstorm* para coletar os principais problemas que pode-se ter nesse estudo e com esses problemas obteve-se informações pertinentes ao tema de modo a eliminar os pontos negativos, que poderiam impactar negativamente.

Para estruturar esses dados foi montado um fluxograma em ordem de prioridade conforme a figura 3, ao encontro ao tema principal que é a viabilidade do projeto.

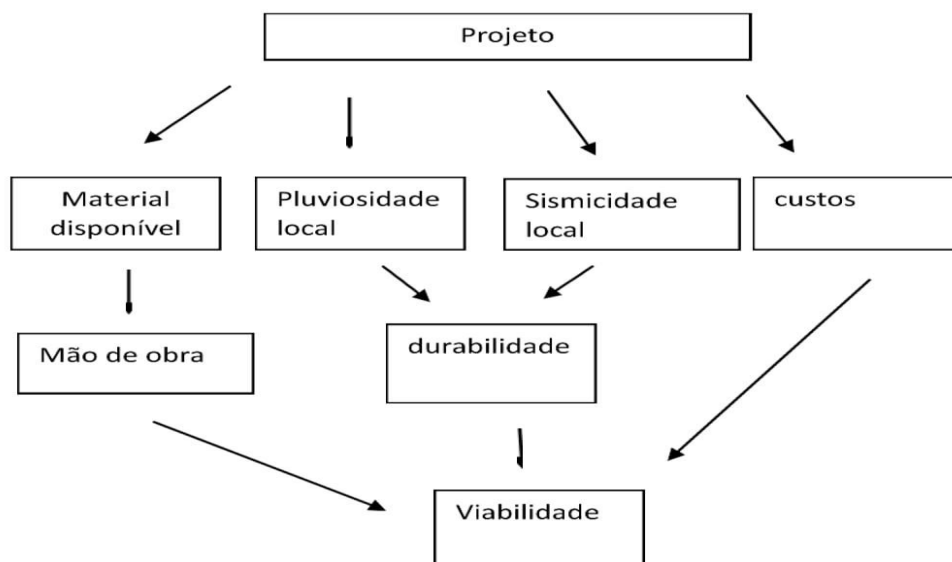


Figura 3 - Fluxograma de dados a serem analisados (Fonte: Próprio autor).

A metodologia adotada para a realização deste estudo de viabilidade envolve um processo meticuloso de obtenção de dados e informações essenciais sobre diversos agentes externos que possuem grande impacto negativo na construção. Para coletar dados pertinentes ao tema, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, abrangendo periódicos científicos, relatórios governamentais, estudos de mercado e fontes acadêmicas confiáveis, isso proporcionou uma base sólida de conhecimento sobre o assunto em análise. Paralelamente, informações sobre regulamentações, custos, aspectos técnicos e legais foram coletados junto a órgãos governamentais como, prefeituras e instituições ligadas à engenharia civil, com base em documentação pública. A integração dessas fontes de dados e informações foi crucial para a avaliação abrangente da viabilidade do projeto em estudo, fornecendo uma base sólida para as análises e conclusões apresentadas neste trabalho.

Para a abordagem abrangente da análise de dados neste estudo diversos fatores foram considerados e avaliados. Em primeiro lugar, encontrou dados sobre a composição do solo da região em que a construção está planejada uma vez que as características do solo têm uma influência direta na qualidade das paredes, a análise dos tipos de solo permitirá determinar a adequação do solo local para a construção em taipa, identificando possíveis necessidades de tratamento do solo (PISANI, 2004).

Além disso, a vulnerabilidade sísmica foi avaliada, dada a importância de considerar os riscos sísmicos na construção em taipa, avaliação da vulnerabilidade sísmica orientará a construção de estruturas mais resistentes a terremotos, se necessário, ou a identificação de áreas seguras para a construção (MIRANDA, 2019). Em seguida, a análise pluviométrica foi realizada para entender a sazonalidade das chuvas e as demandas específicas de drenagem e impermeabilização, considerando os impactos das condições climáticas locais na infraestrutura, os dados de pluviometria ajudaram a compreender os padrões de chuva na região e a considerar medidas adequadas de drenagem e proteção contra erosão na construção em taipa de pilão (PISANI, 2004).

A durabilidade da construção foi um ponto crucial, a fim de garantir que a estrutura perdure ao longo do tempo, os dados sobre a durabilidade da taipa garantirão que as estruturas construídas sejam resistentes e duradouras nas condições específicas da região (BUI, 2008).

Por fim, uma comparação de custos foi realizada, considerando o método construtivo tradicional. A comparação de custos forneceu uma análise econômica sólida para determinar a viabilidade financeira da construção em taipa de pilão em comparação com outros métodos.

A análise criteriosa desses dados forneceu *insights* fundamentais para a tomada de decisões e para a garantia da segurança e sustentabilidade da construção em Taipa.

O primeiro passo foi a definição do projeto base para o desenvolvimento de todo o estudo de viabilidade, e para o projeto foi escolhido um modelo já empregado em um projeto da caixa, que constitui em uma casa de $42m^2$ que traz um projeto pequeno, mas com um bom dimensionamento dos cômodos que promove conforto para a família do local. (FIGURA 4).

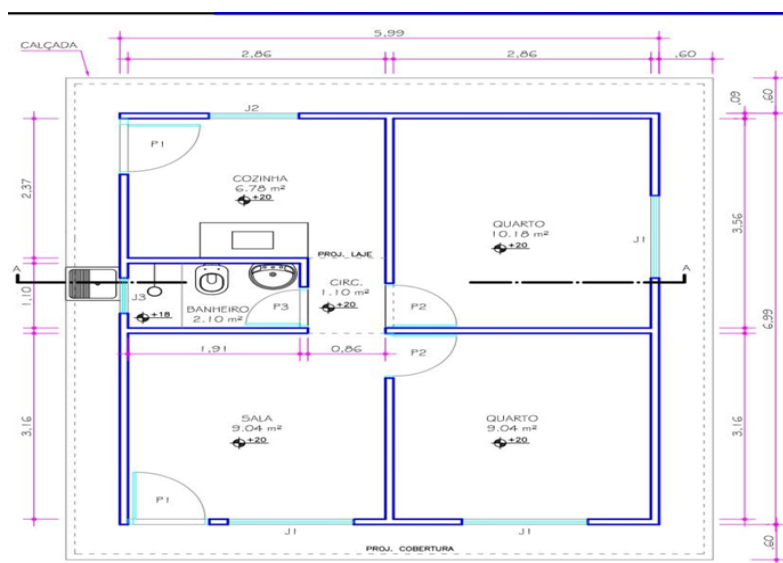


Figura 4 - Projeto Padrão Casa Popular (Fonte: http://www.caixa.gov.br/downloads/banco-projetos-projetos-HIS/casa_42m2.pdf).

Material disponível

O segundo ponto de análise foi o material disponível na região já que isso interfere totalmente no custo final e na resistência da estrutura (PISANI, 2004), através de pesquisas obteve-se as informações necessárias na EMBRAPA (2014), ela trouxe todos os dados de composição do solo local que é de extrema importância, já que isso impacta diretamente. (FIGURA 5).

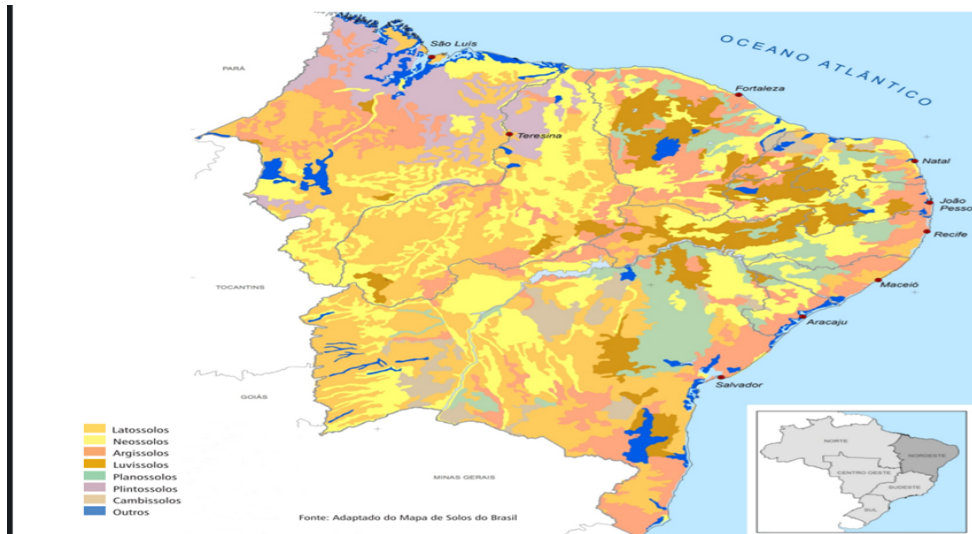


Figura 5 - Distribuição de solos na Região Nordeste (Fonte: EMBRAPA, 2014).

Pluviosidade Local

O terceiro ponto analisado foi a pluviosidade local, que tem impacto na estrutura (PISANI, 2004), através de pesquisas encontrou-se os dados no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), ele traz o índice de chuvas anuais em um dado período conforme a (FIGURA 6).

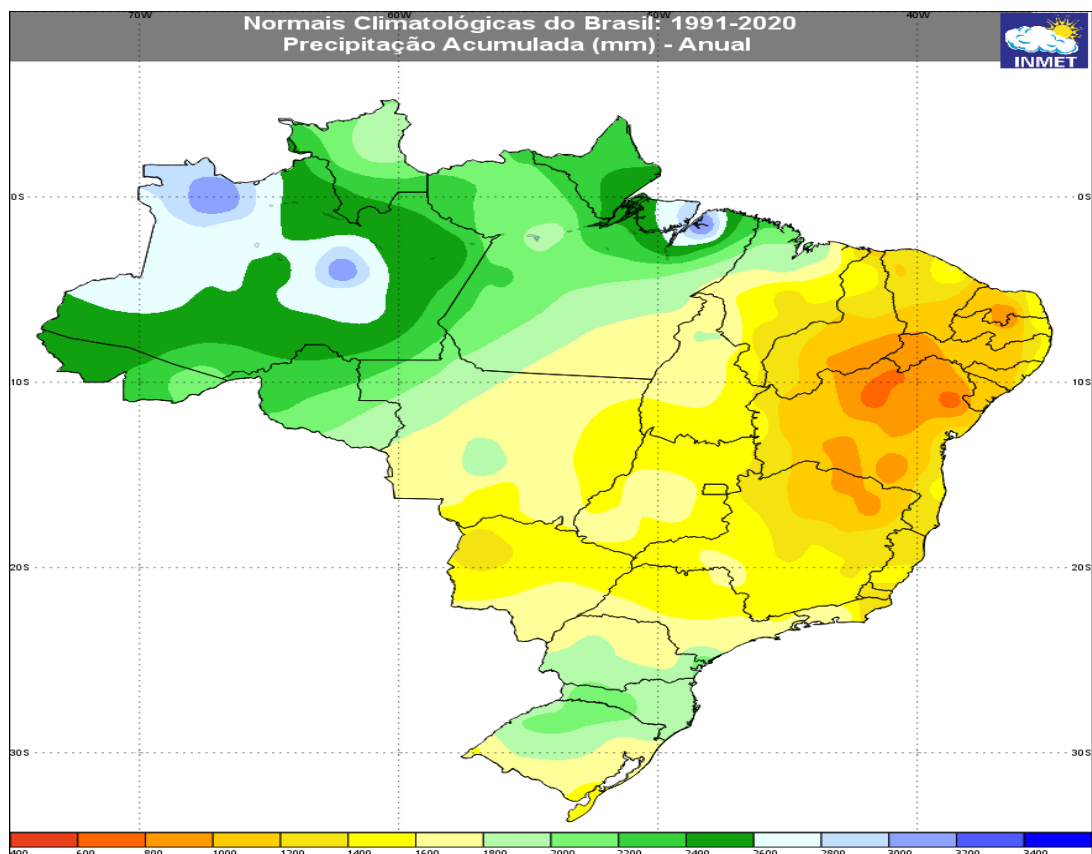


Figura 6 - Normais Climatológicas do Brasil (1991-2020) (Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)).

Sismicidade Local

O quarto ponto analisado foi a sismicidade local (MIRANDA, 2019), que traz uma reflexão sobre a importância da análise sísmica no Brasil, é trazido vários pontos e problemas que pode enfrentar, e levando isso em consideração foi feito pesquisas, e encontrou informações que informam um alto nível de sismicidade numa faixa da região nordeste tendo casos de até desmoronamentos (MIRANDA, 2019). (FIGURA 7).

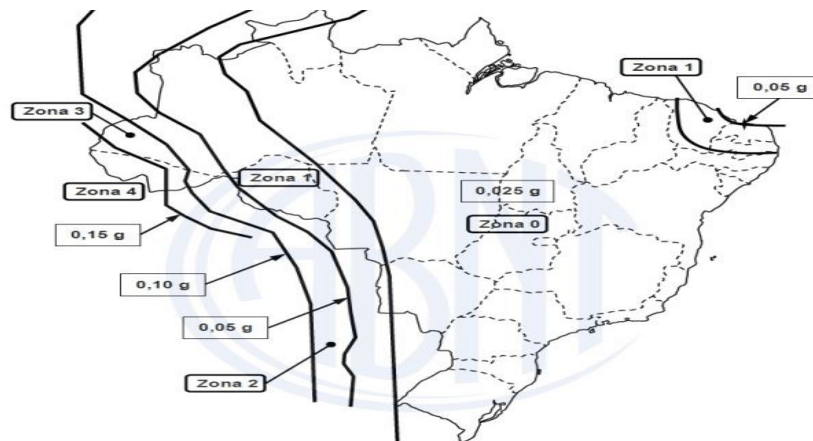


Figura 7- Zonas sísmicas no Brasil (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 7)

Durabilidade da construção

Para a análise da durabilidade usamos como base um estudo feito na Universidade de Lion na França onde submetem diversas paredes de taipa as intempéries locais durante 20 anos, eles usaram do estudo de erosão. O estudo consiste na produção de diversas estruturas com diferentes tipos de misturas de solos e tipos de compactação, com acréscimo de estabilizantes e passado o tempo é feito uma análise da degradação e da perda de material e com esses dados é feito uma projeção da durabilidade da parede sem que perca suas capacidades. (BUI, 2008).

Mão de obra

Pela taipa possuir dois métodos é prescindível a análise dos dois para um maior embasamento no custo final, o método tradicional não necessita de nenhum maquinário podendo ser feito de forma totalmente artesanal (ASSUNÇÃO, 2012). Já o mecanizado necessita de socador pneumático (OLIVEIRA, 2019), esses dados impactaram no resultado de custos.

Custos

Para o cálculo dos custos foi feito um orçamento baseado principalmente no material a ser utilizado e o modelo escolhido inicialmente, fez uma projeção de custos tendo como base o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), que trouxe valores sobre o processo construtivo tradicional para compararmos com o método em taipa.

Para dimensionar valores na construção em taipa se faz necessário cálculos do volume de terra total e o tamanho da parede a ser construído na alvenaria tradicional, e para esse cálculo, é necessário achar área total de paredes em m^2 que é calculado através da fórmula da Área descontando a área dos vãos como portas e janelas (Eq. 1). (PIRAMIDE PRÉ MOLDADOS, 2022).

$$A = b * h - Av \quad (\text{Eq. 1})$$

Com os dados se pode então calcular o volume de terra através da fórmula cúbica (Eq. 2) e já achar a quantidade de material necessário para a construção das paredes em taipa.

$$V = A * L \quad (\text{Eq. 2})$$

Segundo Teixeira (2019), por conta de as paredes estarem compactadas é aplicado um fator de empolamento de 1,7 para a obtenção dos valores totais de terra podendo assim orçar o custo necessário.

Já para a construção tradicional demanda um pouco mais de cálculos para obtenção da quantidade de material necessário, tendo que realizar o cálculo quantitativo de blocos, areia, cimento e ferros para depois fazer o orçamento.

Com as informações do projeto e dos tamanhos das paredes é calculado a quantidade de material necessário (PIRAMIDE PRÉ MOLDADOS, 2022), a quantidade de blocos necessários por m^2 do tamanho 14x19x39 cm são de: 12,5 unidades, com esse dado obtém-se

a quantidade de blocos para o projeto através de uma multiplicação entre a quantidade de blocos e o tamanho total de parede expressado na fórmula (Eq. 3):

$$Q = 12,5 * A \quad (\text{Eq. 3})$$

Para o cálculo do reboco e da massa utilizada entre os blocos é observado no vídeo de (SORRISO, 2023) que para a obtenção da quantidade é utilizado de cálculos volumétricos e de área assim como os usados para a obtenção da quantidade de solo e de blocos, primeiramente se deve estipular uma espessura mínima que no caso adotou medida padrão tanto para o reboco quanto para a massa de assentamento de 2cm, para o reboco basta multiplicar a área total de paredes do projeto por 2 cm lembrando que o valor será dobrado por ter que fazer a parte interna e externa. Já para o cálculo da massa para assentamento basta multiplicar o volume gasto para assentar 1 bloco com a quantidade de blocos totais (BULLX CONSTRUÇÃO CIVIL, 2023).

Para o cimento conforme observado em (BULLX CONSTRUÇÃO CIVIL, 2023), é necessário um total de 6 a 7 sacos por metro cúbico de areia.

Já para os ferros que foram observados no vídeo de SORRISO (2023), multiplica-se o perímetro das paredes por 2 e somar com os ferros das colunas que são obtidos seguindo o mesmo processo de obter quantidade de uma coluna e multiplicar pela quantidade das mesmas.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir do estudo de viabilidade em taipa de pilão revelam uma série de pontos positivos que enfatizam a relevância desse método construtivo tradicional.

A pesquisa demonstrou que a taipa de pilão apresenta excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico, o que a torna uma opção sustentável para edificações em regiões de climas extremos (MINKE, 2001).

No estudo de Oliveira (2019), a taipa teve uma variação de temperatura em torno de 6° para menos no lado externo, conforme vê-se na FIGURA 8.

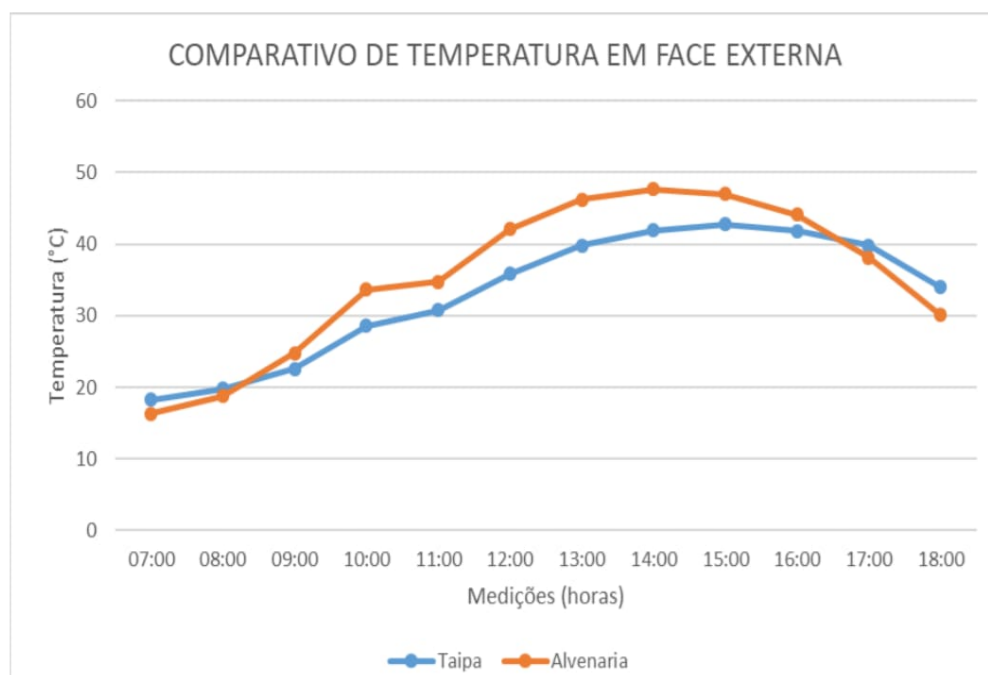


Figura 8 – Comparativo de Temperatura na Face Externas (Fonte: OLIVEIRA, p 65, 2019).

Já na interna percebeu uma diferença aproximada de 7° celsius de temperatura a menos para a taipa, mas se percebe uma tendência na estrutura em alvenaria, uma perda de temperatura mais rápida do que em taipa fazendo que na parte noturna haja uma mudança dos papéis, tendo a casa em taipa mais quente do que a em alvenaria. (FIGURA 8).

A região nordeste é constituída por diversos solos que estão apresentados na (Tabela 1).

Tabela 1 -Tipos de solo da região nordeste (Fonte: EMBRAPA, 2014).

Tipos de solo da Região Nordeste	Quantidade
Latossolos	29,5%
Neossolos	24%,
Argissolos	16,7%,
Luvissolos	8,7%,
Planossolos	7,3%,
Plintossolos	6,3%,
Cambissolos	3,4%,
outros tipos de solo	3,2%
Águas e dunas	0,9%,

O solo ideal para a construção em taipa é o latossolo que possui a melhor composição, sendo necessário apenas uma pequena correção da argila para alcançar a quantidade ideal de 30% (CRATerre, 1979 apud MENDES et all, 2019), e essa correção se dá pela variação de 15% a 80% em composição de argila no solo (EMBRAPA, 2021).

Em contrapartida, o segundo solo em maior abundância é o neossolo, um solo extremamente ruim para a construção em taipa pela alta quantidade de matérias orgânicas (CRATerre, 1979 apud MENDES et all, 2019).

Já em relação ao índice de chuva, a nossa pesquisa nos mostrou dados promissores para a região, o nordeste apresentou uma média anual de precipitação acumulada de 1991-2020 de 1053 mm, inferior às demais regiões do país conforme Tabela 2.

Tabela 2-Precipitação Acumulada nos Estados do Nordeste 1991-2020(Fonte: INMET)

ESTADOS DO NORDESTE	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA 1991-2020 (mm)
ALAGOAS	1000mm
BAHIA	900mm
CEARÁ	1100mm
MARANHÃO	1400mm
PARAÍBA	1000mm
PERNAMBUCO	900mm
PIAUI	1000mm
RIO GRANDE DO NORTE	1000mm
SERGIPE	1000mm

No estudo de durabilidade feito por BUI (2008), encontra-se uma taxa de erosão de 1,6% ao total de 20 anos, as paredes possuíam 50 cm de espessura, as chuvas locais tinham precipitação anual de 1000mm como a estrutura em taipa é superdimensionada, é tolerável 10% de erosão sendo na parte estética tolerável apenas 5% (FIGURA 9).

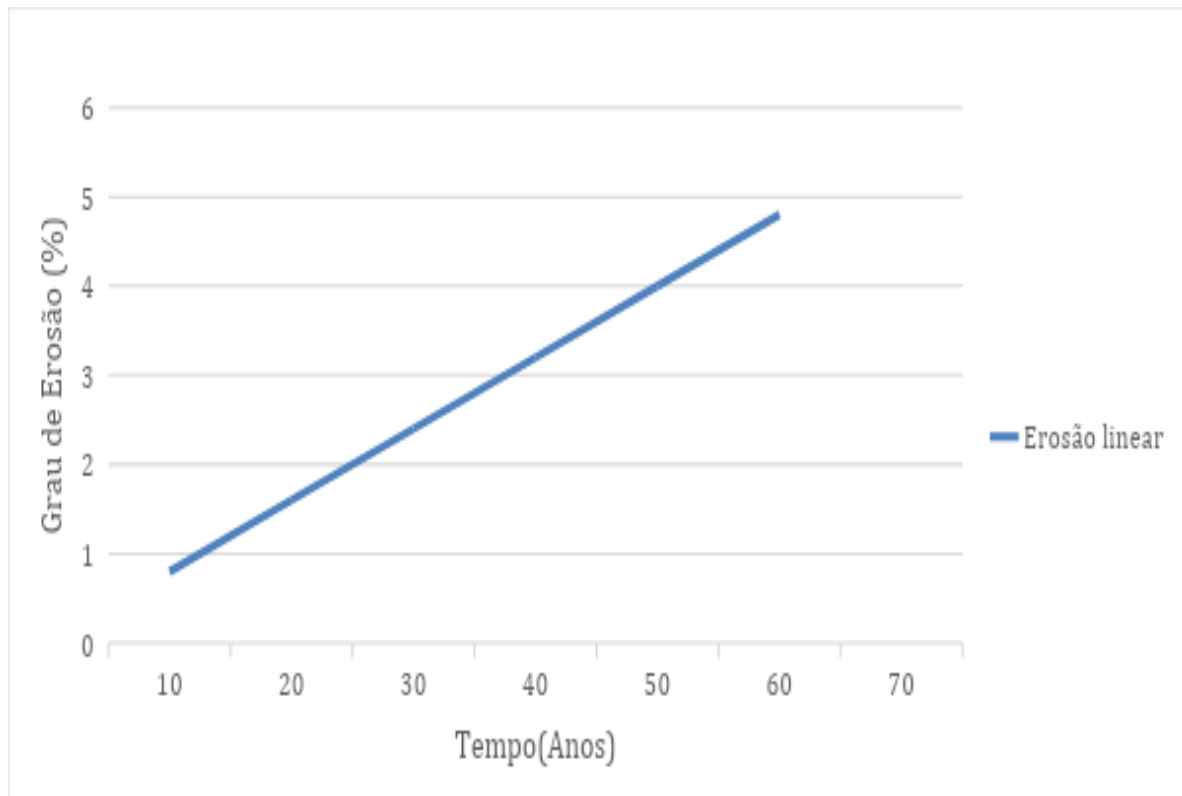


Figura 9 - Erosão linear com o tempo (Fonte: BUI, 2008).

Com esses dados, observa-se uma duração muito grande da estrutura perdurando por mais de 60 anos, mas ainda se descobriu no mesmo estudo que estruturas cobertas tem uma erosão muito menor que a descoberta, aumentando a durabilidade para mais de 100 anos.

O Brasil separa os níveis sísmicos em faixas sendo a faixa 0 a que cobre a maior área, onde não é necessária consideração de efeito sísmico nos cálculos já na faixa 1 é necessário e é tratada na NBR 15421:2006- Projeto de estruturas resistentes a sismos e nas pesquisas encontrou uma faixa onde há uma grande concentração de falhas e surto sísmicos (atividade sísmica por um longo período), (SOUZA et al, 2019). Essa faixa localizada na região nordeste gerou diversos efeitos nas construções locais conforme (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeitos nas edificações Brasileiras na região nordeste devido a alguns eventos sísmicos



Local	Ano	Magnitude/ Profundidade do foco/ Distância ao epicentro	Efeitos
Parazinho - RN	1973	4,4 / - / 14 km [4]	Rachaduras em casas e uma casa de taipa desabou. A energia elétrica foi interrompida [6].
Pacajus - CE	1980	5,2 / 5 a 10 km / 40 km [4]	Casas desabaram, trincas e rachaduras em paredes, vidraças quebradas, queda de telhas e desabamento parcial de telhados. Pessoas feridas e desabrigadas. 488 casas foram recuperadas [6].
João Câmara - RN	1986	5,1 / 5 km / 9 km [4]	Casas completas desmoronaram. 4.348 edificações tiveram que ser reconstruídas ou recuperadas, 26.200 pessoas ficaram desabrigadas e mais de 10.000 pessoas abandonaram a cidade. Cerca de 6 mil edificações apresentaram fissuras e 70% delas apresentavam risco de desmoronamento [6].

Fonte: SOUZA et all (2019).

Pela diferença construtiva ser apenas o material usado nas paredes não se faz necessário a obtenção total do orçamento nas pesquisas, o gasto total para o modelo apresentado de casa padrão de $42 m^2$ foi proporcional a quantidade de terra a ser utilizada que através de cálculos chegou em um total de $96,22 m^3$ com aplicação do fator de empolamento.

Já para a obra tradicional é usada os valores em m^2 para cálculo quantitativo dos materiais a serem utilizados aonde chegamos em $113,21 m^2$ de paredes a serem erguidas. Os valores de custos de material se encontram na (Tabela 4).

Tabela 4 – Tabela de custos dos materiais empregados nas construções em taipa e tradicional

Materiais	Quantidade de Material	Valor (R\$)
Solo do Próprio Local	$56,6 m^3$	0,00
Solo comprado	$56,6 m^3$	849,00
Blocos	1416	3001,92
Areia Média	$2,5 m^3$	468,35
cimento	42	1428,00
Ferro	13,5	674,35
Areia Fina	$4,5 m^3$	1147,5

Fonte: Centofante Materiais para construção.

Por utilizar o material do próprio local há uma economia significativa tornando a taipa de pilão economicamente vantajosa comparada a construção tradicional. Conforme as

pesquisas para o projeto padrão selecionado de $42 m^2$ utilizando a taipa há um gasto aproximado com material em torno de no máximo R\$ 300,00, utilizando da terra do mesmo local já para a obtenção de terra através de outras fontes o gasto aumenta chegando ao valor aproximado de R\$ 1.000,00 já que terá que comprar a terra, mas mesmo com a compra da terra o valor final fica muito abaixo comparado com a construção em alvenaria tradicional que através de orçamentos obteve um valor de material aproximado em torno de R\$ 6.720,12 sendo 672 % mais caro que a construção em taipa, isso mostra o quão vantajoso a taipa é em relação à alvenaria tradicional em relação a custos.

E para caso de comparação, obteve-se alguns dados sobre custos para comparar com o orçamento feito, as pesquisas mostraram que a taipa pode ser mais barata em torno de 68,05% do custo final em relação à alvenaria convencional. Resultando em mais de 4 mil reais em economia. (NATAL, 2019).

O preço médio do m^2 na região nordeste segundo SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), está no valor de R\$ 1.592,25, a construção tradicional apresenta valor final de R\$ 66.874,50, e para a construção em taipa de pilão há uma redução de até 68,05% do custo final em relação à alvenaria convencional, (NATAL, 2019). Tendo um gasto para a construção em taipa de aproximadamente R\$ 20.062,35.

E por último o prazo, as pesquisas mostraram que é possível a construção de paredes de uma casa de $100 m^2$ em aproximadamente 10 dias (PILOTI ARQUITETURA, 2021), já a construção tradicional demanda em torno de 1 mês para a construção da parede com acabamento (CASA DICAS, 2021), tornando assim a construção em taipa mais rápida por não precisar de acabamento interno e externo a estética rústica e a conexão com as tradições culturais locais podem conferir um valor adicional a projetos arquitetônicos que empregam essa técnica.

Após uma análise aprofundada da viabilidade da implantação de construções em taipa de pilão como uma solução para combater o déficit habitacional no Nordeste, é possível concluir que essa técnica construtiva representa uma opção promissora, mas com desafios a serem enfrentados.

Primeiramente, o estudo destaca as excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico da taipa de pilão, tornando-a uma opção sustentável para edificações em regiões de climas extremos. Além disso, a pesquisa identifica que a região nordeste apresenta condições

climáticas adequadas, com baixa pluviosidade, o que é favorável para a durabilidade das estruturas em taipa

A análise dos tipos de solo na região é crucial, uma vez que o latossolo é identificado como o solo ideal para a construção em taipa, devido à sua composição. No entanto, o neossolo é desfavorável devido à alta quantidade de matéria orgânica. Isso ressalta a importância de escolher o local apropriado para implementar essa técnica construtiva.

A pesquisa também considera a atividade sísmica na região nordeste, apontando para a necessidade de levar em conta os efeitos sísmicos em projetos de construção. A análise das falhas e surtos sísmicos destaca a importância de projetar estruturas resistentes a terremotos.

Em relação aos custos, o estudo demonstra que a taipa de pilão é economicamente vantajosa em comparação com a construção tradicional. A utilização de materiais locais, juntamente com o menor tempo de construção, resulta em economias significativas. A pesquisa também fornece dados específicos sobre o custo por metro quadrado, mostrando uma redução de até 68,05% em comparação com a alvenaria convencional.

Por fim, a rapidez na construção da taipa de pilão, a estética rústica e a conexão com as tradições culturais locais são destacadas como vantagens adicionais. Esses aspectos podem conferir um valor adicional aos projetos arquitetônicos que utilizam essa técnica.

Em resumo, os resultados obtidos a partir dessa análise sugerem que a taipa de pilão é uma opção construtiva promissora na região nordeste do Brasil visando a diminuição do déficit habitacional, com vantagens em termos de isolamento, durabilidade, custos e velocidade de construção. No entanto, a escolha do solo e a consideração dos efeitos sísmicos são aspectos cruciais a serem levados em conta na implementação dessa técnica.

Com essas melhorias, a taipa de pilão poderá se posicionar como uma alternativa sólida para enfrentar o déficit habitacional no Nordeste, fornecendo moradias acessíveis e seguras para a população, contribuindo assim para a melhoria das condições de vida na região.

Conclusões

Portanto, os resultados deste estudo de viabilidade indicam que a taipa de pilão é uma opção viável e promissora no contexto da construção sustentável e do patrimônio

arquitetônico. Os resultados sobre o estudo de viabilidade mostraram ser possível a implementação de casas em taipa de pilão usando o solo da região nordeste.

Mas ainda há pontos a serem mais aprofundados e recomenda-se pesquisas futuras, principalmente na área sísmica da região.

Outro ponto a ser abordado é o tipo de manutenção que deve ser feita para manter a estética e a resistência das paredes para que possa perdurar por mais de 100 anos.

Referências

ABNT, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** (2006) NBR 15421: Projetos de estruturas resistentes a sismos: procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSUNÇÃO. **Inserção da Taipa de Pilão Mecanizada com Apiloamento Pneumático no Mercado da Construção Sustentável no Brasil**, Belo Horizonte, 2012.

BUI, MOREL, VENKATARAM, GHAYAD. **Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering**. France 2008 Disponível em:
<https://pt.scribd.com/document/428337713/Durability-of-Rammed-Earth-Walls-Exposed-for-2>.

BULLX. **Calcular Material** Disponível em: <http://www.bullx.com.br/calcular-material.php>.

BEZERRA. **Dinâmica Espaço-Temporal dos Recursos Hídricos e da Cobertura Vegetal da Região Nordeste do Brasil**. Goiânia 2021 Disponível em:
https://www.researchgate.net/figure/Figura-18-Variabilidade-temporal-da-precipitacao-pluviometrica-media-mm-pelo-sensor_fig3_352075148.

CASA DICAS. **Quanto tempo para construir uma casa** Disponível em:
<https://www.casadicas.com.br/construcao/quanto-tempo-para-construir-uma-casa.html>.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Projeto padrão-casas populares**. Vitória 2007 Disponível em: http://www.caixa.gov.br/downloads/banco-projetos-projetos/HIS/casa_42m2.pdf.

EMBRAPA. **Latossolos**. Brasília, 2021 Disponível em:
<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>.

EMBRAPA. **Latossolos**. Brasília, 2021 Disponível em:
<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**, Recife 2014.



ESTUDIO PILOTI. **Construção das paredes de taipa passo a passo.** Disponível em: <https://www.estudiopiloti.arq.br/blog-de-arquitetura/construcao-das-paredes-de-taipa-passo-a-passonaobradacasadecunha#:~:text=In%C3%ADcio%20da%20taipa%20%E2%80%93%20sistema&text=O%20baldrame%20tamb%C3%A9m%20serve%20de,tempo%20recorde%2C%20apenas%2010%20dias.>

FERNANDES, GONÇALVES. **Curso de Direito Constitucional.** 3 ed. Rio de Janeiro: Lúmen Juris, 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2016-2019.** Belo Horizonte, 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos da Construção Civil (SINAPI).** Rio de Janeiro, 2023

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil (1991-2020)** Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>.

LEMOS, CARLOS. **O planejamento estratégico como ferramenta competitiva.** 2007.

MENDES et all. **O Incentivo do uso e a percepção da Taipa de Pilão,** Bragança Paulista, 2019.

MINKE, GERNOT. **Manual de Construção em terra: Uma arquitetura sustentável -** 2001. ISBN 9974-42-078-4.

NATAL, OLIVEIRA. **Estudo de viabilidade econômica e conforto térmico em sistema de taipa de pilão como estratégia sustentável.** 2019 Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25047>.

PEIXOTO, M. V. S. **Avaliação da integridade mecânica em paredes de taipa de pilão utilizando a técnica do ultrassom.** Tese (Doutorado) - Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017

PEIXOTO, M. V. S.; SOUZA, L. A. C.; REZENDE, M. A. P. **O acervo em taipa de pilão em Minas Gerais.** 1º Simpósio Científico ICOMOS Brasil, 2017.

PIRAMIDE PRÉ MOLDADOS. **Aprenda a Calcular a Quantidade de Blocos,** Disponível em: <https://piramidesc.com.br/bloco-de-concreto/blocos-de-concreto-aprenda-a-calcular-a-quantidade/>.

PISANI, MARIA. **Taipas - A arquitetura da terra.** Sinergia, São Paulo, 2004.

SOUZA. **Arquitetura em Terra Crua: Habitação em Taipa de Pilão,** Ouro Preto, 2019



CREA
Conselho Regional de
Engenharia e Agronomia



SOUZA et all. **Reflexões Sobre o Risco Sísmico no Brasil**, 2019.

TEIXEIRA. **A Taipa de Pilão como Alternativa Estrutural**, Bragança Paulista, 2019.

VASCONCELLOS, S. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.

VIRGILIO, L. M. **Financiamento para habitações populares no Brasil e no México: uma análise comparada**. 2010. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

XINIAN, F.; DAIHENG, G.; XUJIE, L.; GUXI, P; YUN, Q.; DAZHANG, S.; STEINHARDT, N. S. **Chinese Architecture**, New Haven, Yale University Press, pp. 12-22, 2002.