

Proposta de abrigo emergencial temporário em madeira e chapa de bambu para a cidade de Buriticupu – MA

Proposal for a temporary emergency shelter using wood and bamboo sheet in Buriticupu, Maranhão, Brazil

Mateus Roberto Borim, Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, UEL

mateusrob.borim@uel.br

Julia Dias Honda, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, UEL

julia.dias.honda@uel.br

Jorge Daniel de Melo Moura, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, UEL

jordan@uel.br

Número da sessão temática da submissão – [06]

Resumo

A intensificação de processos erosivos urbanos no Nordeste brasileiro tem provocado o deslocamento forçado de populações residentes em áreas de risco, como no município de Buriticupu/MA, onde a formação de voçorocas resultou na decretação de estado de calamidade pública. O presente artigo tem como objetivo desenvolver uma proposta de abrigo emergencial temporário em madeira e chapas de bambu, concebida para rápida implantação em áreas com instabilidade do solo. A metodologia adotada compreende revisão bibliográfica, caracterização físico-ambiental e socioeconômica do contexto local e desenvolvimento projetual orientado por princípios de modularidade, desmontabilidade e baixo impacto ambiental. Como resultado, propõe-se um abrigo leve, elevado do solo por fundações do tipo ground screw, com vedações modulares, isolamento em lã de PET e estratégias passivas de conforto ambiental adequadas ao clima quente e úmido da Amazônia Maranhense. Conclui-se que a proposta apresenta potencial como solução habitacional temporária, reversível e adaptável a situações de emergência socioambiental.

Palavras-chave: Habitação emergencial; Voçorocas; Madeira; Sustentabilidade; Abrigo temporário.

Abstract

The intensification of urban erosion processes in northeastern Brazil has led to the forced displacement of populations living in risk-prone areas, such as the municipality of Buriticupu, Maranhão, where the formation of gullies has resulted in the declaration of a state of public calamity. This paper aims to develop a proposal for a temporary emergency shelter made of wood and bamboo panels, designed for rapid implementation in areas with unstable soil conditions. The methodology includes a literature review, a physical-environmental and socioeconomic characterization of the local context, and a design-based approach guided by principles of modularity, disassembly, and low environmental impact. As a result, a lightweight shelter elevated from the ground through ground screw foundations is proposed, incorporating modular enclosures, PET wool insulation, and passive environmental comfort strategies suitable for the hot and humid climate of the Maranhão Amazon region. The proposal demonstrates potential as a reversible, adaptable, and sustainable solution for temporary housing in emergency situations.

Keywords: Emergency housing; Gullies; Wood; Sustainability; Temporary shelter.

1. Introdução

A recorrência de desastres socioambientais no Brasil tem evidenciado a necessidade de soluções habitacionais emergenciais rápidas, acessíveis e adaptadas às condições locais. Em diferentes regiões do país, processos de instabilidade do solo, erosão acelerada e ocupação urbana desordenada têm provocado o deslocamento forçado de populações em situação de vulnerabilidade social, evidenciando a insuficiência de políticas habitacionais preventivas. Esse cenário pode ser compreendido a partir do contexto nacional apresentado na Figura 1, que evidencia o déficit habitacional no Brasil e a vulnerabilidade social associada à falta de moradia adequada.

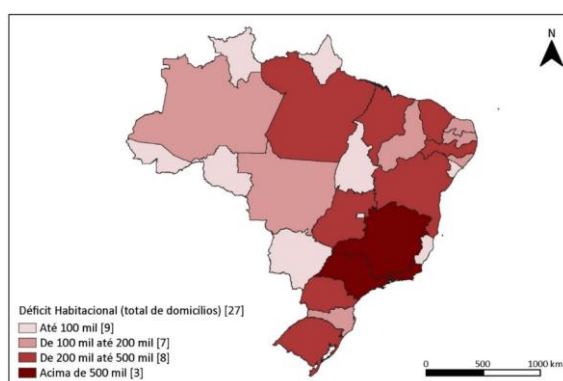


Figura 1: Mapa de déficit habitacional total por UF em 2022. Fonte: Fundação João Pinheiro (2023).

Além disso, fatores climáticos desempenham papel decisivo na intensificação dos processos erosivos urbanos. A elevada intensidade pluviométrica em diferentes regiões do país, especialmente em áreas tropicais, contribui diretamente para a degradação do solo e para a formação de processos erosivos de grande escala, condição observada nos dados apresentados na Figura 2, que demonstram a distribuição da erosividade da chuva no território brasileiro e evidenciam a suscetibilidade de determinadas regiões à ocorrência de processos erosivos intensos.

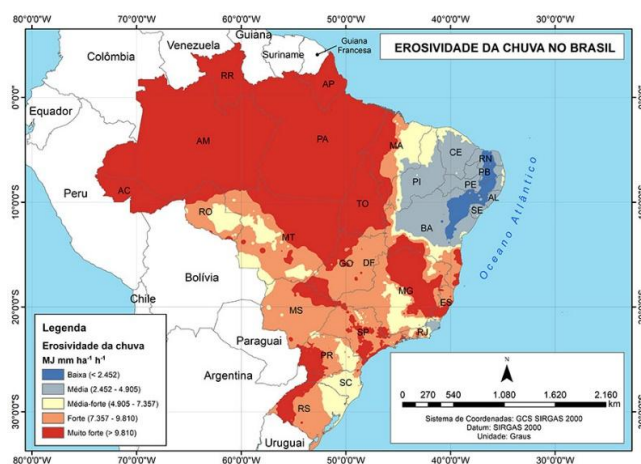


Figura 2: Mapa de erosividade da chuva por UF. Fonte: Embrapa (2020).

Nesse contexto, destaca-se o município de Buriticupu/MA, localizado no oeste do estado do Maranhão, na área conhecida como Amazônia Maranhense. O município apresenta clima tropical quente e úmido, elevada pluviosidade anual, solos arenosos e baixa coesão estrutural, características que favorecem processos erosivos intensos. Entre eles, destacam-se as voçorocas, processos erosivos lineares profundos resultantes da ação concentrada da água sobre solos pouco coesivos, que evoluem rapidamente e podem atingir grandes dimensões, formando crateras capazes de comprometer a infraestrutura urbana e destruir moradias (EMBRAPA, 2019; PINTO; GUERRA, 2021).

Nos últimos anos, o avanço das voçorocas em Buriticupu/MA tem provocado a perda de residências, o deslocamento de famílias e a decretação de estado de calamidade pública, evidenciando a vulnerabilidade de assentamentos urbanos implantados em áreas ambientalmente frágeis e a necessidade urgente de soluções habitacionais emergenciais de rápida implantação, seguras e economicamente viáveis (BRASIL, 2012; ONU-HABITAT, 2020). Esse cenário impõe desafios relevantes ao poder público e à sociedade civil quanto à provisão de moradia digna em situações de risco iminente, tornando as habitações emergenciais fundamentais como resposta imediata a desastres socioambientais, devendo conciliar rapidez construtiva, baixo custo, facilidade de transporte, segurança estrutural e condições mínimas de conforto e salubridade. Apesar da gravidade do problema, ainda são limitadas as propostas de abrigos emergenciais voltadas especificamente a contextos urbanos afetados por processos erosivos, sobretudo em municípios de pequeno e médio porte.

A madeira e o bambu podem ser considerados materiais estratégicos para habitações emergenciais quando provenientes de manejo sustentável ou de cadeias certificadas, destacando-se pela leveza, facilidade de transporte e montagem e pelo bom desempenho estrutural e térmico, sem reforçar processos de degradação ambiental associados ao desmatamento de áreas nativas (FAO, 2016; CALIL JUNIOR; DIAS, 2018). Sistemas construtivos em madeira também permitem modularidade, desmontabilidade e rápida implantação, características fundamentais em contextos de emergência habitacional. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo desenvolver e discutir uma proposta de abrigo emergencial temporário em madeira e chapa de bambu para o município de Buriticupu/MA, analisando suas potencialidades e limitações como solução arquitetônica leve, modular e reversível frente ao deslocamento populacional decorrente de processos erosivos urbanos. O projeto foi desenvolvido na disciplina Sistemas Construtivos na Produção de Edificações, do curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, sendo originalmente concebido como trabalho final da disciplina.

2. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa caracteriza-se como uma investigação projetual aplicada (*research by design*), na qual o desenvolvimento da proposta arquitetônica constitui simultaneamente método e resultado, permitindo a articulação entre fundamentação teórica, condicionantes contextuais e soluções espaciais voltadas a situações reais de emergência habitacional. O método estruturou-se em etapas que compreenderam a revisão bibliográfica, a análise de referências projetuais, a caracterização do contexto local e o desenvolvimento da proposta arquitetônica.

2.1 Revisão Bibliográfica e Referências Projetuais

A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica com base em artigos científicos, normas técnicas e relatórios institucionais, com o objetivo de compreender conceitos relacionados à modulação, habitações emergenciais, arquitetura em situações de desastre e sistemas construtivos em madeira, bem como critérios de sustentabilidade e desempenho. Também foram analisadas diretrizes legais e normativas, como a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis, contribuindo para a definição dos critérios adotados na proposta projetual. Como base para a definição das estratégias projetuais, foram analisadas referências relacionadas ao desenvolvimento de abrigos emergenciais, com destaque para Nakasato (2020), que apresenta recomendações de projeto para sistemas construtivos em madeira voltados a situações de emergência, cuja análise permitiu identificar o uso de sistemas construtivos leves, painéis modulares, montagem simplificada, facilidade de transporte e adaptação às condições climáticas locais, além de parâmetros de área mínima por pessoa, conforme Simões et al. (2006) e o *Sphere Project* (2018), que orientaram a definição do programa de necessidades adotado.

2.2 Caracterização do Contexto Local

A caracterização do contexto local foi realizada por meio da análise de dados secundários provenientes de órgãos oficiais e documentos institucionais, com o objetivo de identificar as principais condicionantes físicas, ambientais e socioeconômicas que influenciam o desenvolvimento de soluções habitacionais emergenciais. Foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e relatórios técnicos sobre áreas de risco e processos erosivos no município de Buriticupu/MA (IBGE, 2022; CPRM, 2021; BRASIL, 2012). A definição de Buriticupu/MA como estudo de caso baseou-se na ocorrência de processos erosivos urbanos associados à elevada pluviosidade anual e à presença de solos arenosos de baixa coesão estrutural, características identificadas em relatórios da CPRM (2021) e da EMBRAPA (2019). A localização do município no território brasileiro é apresentada na Figura 3, evidenciando sua inserção em uma região com condições ambientais favoráveis à ocorrência de processos erosivos.



Figura 3: Mapa da localização do município de Buriticupu no Maranhão. Fonte: IBGE (2022).

Do ponto de vista socioeconômico, o município apresenta indicadores de vulnerabilidade social, com baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e predominância de famílias com renda de até meio salário mínimo mensal (PNUD, 2010; IBGE, 2022). A síntese dos principais indicadores socioeconômicos utilizados como base para a análise é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Condicionantes do contexto local e implicações para a proposta de abrigo emergencial

Categoria	Condicionante identificada	Implicação para o projeto
Clima	Elevada pluviosidade anual e ocorrência de chuvas intensas (CPRM, 2021; EMBRAPA, 2019)	Elevação da edificação em relação ao solo e adoção de soluções construtivas leves
Solo	Predominância de solos arenosos com baixa coesão estrutural (CPRM, 2021)	Redução de carga estrutural e utilização de sistema construtivo leve em madeira
Processo ambiental	Ocorrência de processos erosivos intensos e formação de voçorocas (EMBRAPA, 2019; BRASIL, 2012)	Estrutura desmontável e solução habitacional temporária
Condição urbana	Ocupação urbana em áreas ambientalmente vulneráveis (IBGE, 2022; BRASIL, 2012)	Implantação flexível e possibilidade de rápida realocação
Condição social	Perda de moradias e deslocamento de famílias em situação de risco (IBGE, 2022; BRASIL, 2012)	Proposta de abrigo emergencial de rápida execução e baixo custo
Sustentabilidade	Necessidade de soluções construtivas de baixo impacto ambiental (FAO, 2016)	Uso de madeira e chapa de bambu como materiais principais

Fonte: Autores.

Além das fragilidades socioeconômicas, o crescimento urbano ocorreu de forma pouco planejada, com ocupações em áreas ambientalmente vulneráveis, especialmente em regiões com declividades acentuadas e solos suscetíveis à erosão. Esse processo resultou em assentamentos com infraestrutura urbana limitada e maior exposição a riscos geológicos e ambientais (IBGE, 2022; MARANHÃO, 2024).

O município registra atualmente dezenas de voçorocas em área urbana, algumas com grandes dimensões, o que tem provocado a perda de moradias e o deslocamento de famílias em situação de risco. Em 2024, o avanço desses processos levou o município a decretar estado de calamidade pública (MARANHÃO, 2024). A dimensão desses processos erosivos urbanos é ilustrada na Figura 4.



Figura 4: Fotografias de Voçorocas em Buriticupu/MA. Fonte: Defesa Civil Nacional (2025).

A análise conjunta das condicionantes físicas, ambientais e socioeconômicas permitiu identificar os principais fatores que orientaram o desenvolvimento da proposta arquitetônica, especialmente no que se refere à adoção de sistemas construtivos leves, modulares e de rápida implantação, voltados a situações de emergência habitacional.

2.3 Concepção da Proposta Projetual

A etapa final da pesquisa consistiu no desenvolvimento da proposta arquitetônica do abrigo emergencial temporário, elaborada a partir das condicionantes identificadas nas etapas anteriores e dos referenciais teóricos relacionados a habitações emergenciais e sistemas construtivos leves. A proposta foi desenvolvida com base em princípios de modularidade, rapidez construtiva, leveza estrutural e adaptabilidade às condições ambientais e socioeconômicas do município analisado. Inicialmente, foram definidos os critérios projetuais, considerando o clima local, as condições do solo, a necessidade de rápida implantação e a viabilidade construtiva em contextos de emergência habitacional.

Em seguida, foi estabelecida a lógica modular do projeto com base em parâmetros dimensionais mínimos e em referências da literatura técnica voltada a abrigos emergenciais. Posteriormente, foram definidos o sistema construtivo e os materiais principais utilizados na proposta, com ênfase na estrutura em madeira associada ao uso de chapa de bambu como elemento de fechamento, buscando conciliar baixo impacto ambiental, facilidade de transporte e rapidez de montagem, além de critérios relacionados à desmontabilidade, flexibilidade de implantação e possibilidade de adaptação a diferentes contextos urbanos. O resultado desse processo corresponde à proposta arquitetônica apresentada na seção seguinte, na qual são discutidas as soluções espaciais, construtivas e funcionais desenvolvidas a partir das condicionantes identificadas ao longo da pesquisa.

3. Resultados e Discussões

O desenvolvimento da proposta arquitetônica permitiu estabelecer uma solução de abrigo emergencial temporário em madeira e chapa de bambu voltada a contextos urbanos afetados por processos erosivos. A proposta foi definida a partir das condicionantes identificadas na etapa metodológica, especialmente no que se refere às características climáticas, às condições do solo e à vulnerabilidade socioeconômica do município analisado. A solução projetual foi estruturada com base em princípios de modularidade, leveza estrutural, rapidez construtiva e possibilidade de montagem e desmontagem, buscando atender simultaneamente às necessidades emergenciais de moradia e às limitações técnicas e econômicas do contexto estudado.

3.1 Conceito e Diretrizes da Proposta Arquitetônica

A proposta arquitetônica foi desenvolvida a partir do conceito denominado *“refúgio à instabilidade”*, que parte da compreensão do município de Buriticupu/MA como um território marcado pela instabilidade do solo, pela vulnerabilidade habitacional e pela recorrência de processos erosivos. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de uma solução habitacional temporária que seja capaz de oferecer segurança, rapidez de implantação e condições mínimas de habitabilidade para famílias em situação de risco.

Considerando um cenário em que o solo deixa de representar um suporte confiável, a proposta baseia-se em uma arquitetura leve, elevada, modular e reversível, capaz de se adaptar às condições instáveis sem estabelecer relação permanente com o terreno. O abrigo é concebido como uma estrutura de transição voltada ao acolhimento temporário de famílias afetadas por processos erosivos, contribuindo para a retomada de condições mínimas de segurança e dignidade habitacional. O partido arquitetônico articula-se a esse conceito por meio do uso de materiais leves e de baixo impacto ambiental, com destaque para a madeira como estrutura principal e a chapa de bambu como elemento de vedação, além da adoção de diretrizes de conforto ambiental compatíveis com o clima quente e úmido da região. As principais estratégias de desempenho ambiental adotadas na proposta estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Diretrizes de conforto ambiental e desempenho do abrigo emergencial.

Aspecto	Diretrizes adotadas
Ventilação natural	Aberturas opostas para ventilação cruzada; uso de venezianas; esquadrias com possibilidade de abertura total
Iluminação natural	Aberturas laterais com aproveitamento de iluminação natural durante o dia
Proteção solar	Beirais alongados e varanda frontal para sombreamento das aberturas
Desempenho térmico	Uso de materiais isolantes e com disponibilidade local
Proteção à umidade	Piso elevado em relação ao solo; tratamento da madeira; cobertura com beiral ampliado
Conforto ambiental geral	Estratégias passivas adequadas ao clima quente e úmido da região

Fonte: Autores.

A partir dessas diretrizes, foram definidos o programa de necessidades, a organização espacial e o sistema construtivo da proposta, apresentados nos itens a seguir.

3.2 Programa de Necessidades

O programa de necessidades foi definido com base em parâmetros mínimos de habitação emergencial e em referências relacionadas a abrigos temporários. A proposta buscou atender às necessidades básicas de moradia em situações emergenciais, priorizando funcionalidade, racionalização espacial e rapidez construtiva. Os espaços considerados essenciais para a permanência temporária de famílias em situação de risco estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Programa de Necessidades.

Ambiente	Função	Área Mínima Sugerida	Observações
Varanda	Convivência, acesso e proteção contra a chuva	3 a 6 m ²	Transição para o módulo elevado do solo
Estar	Permanência/repouso	3 a 4 m ²	Espaço de convivência familiar e repouso
Dormitórios	Repouso	4 m ² p/ 2 pessoas	Ampliável de acordo com a necessidade
Banheiro	Higiene pessoal	4 m ²	Impermeabilização necessária
Cozinha	Preparo e consumo de alimentos	4 a 8 m ²	Ventilada

Fonte: Autores.

Após a definição do programa, foi possível estabelecer uma organização espacial compacta e funcional, adequada às condições de implantação em áreas urbanas vulneráveis e compatível com a proposta de um sistema construtivo leve e de rápida execução.

3.3 Modularidade da Proposta

A modularidade constitui o princípio estruturador da proposta, sendo adotada como estratégia para garantir rapidez construtiva, racionalização de materiais e adaptabilidade a diferentes condições de implantação. Em contextos marcados pela instabilidade do solo e pela necessidade de resposta imediata, esse sistema possibilita a montagem e desmontagem do abrigo com mínima interferência no terreno, além de facilitar transporte, armazenamento e replicação da solução em diferentes locais. O projeto adota como módulo básico chapas de bambu com dimensões comerciais de 200 × 60 cm, que orientam tanto a modulação das vedações quanto o espaçamento estrutural. A estrutura principal é organizada a partir de um grid regular de pilares em madeira laminada colada compatível com esse módulo, permitindo múltiplas combinações espaciais sem a necessidade de cortes ou ajustes, estratégia alinhada às recomendações de Nakasato (2020) e às diretrizes do *Sphere Project* (2018) para abrigos emergenciais modularizados e de rápida implantação.

A partir da repetição do módulo básico, o abrigo pode ser configurado para atender diferentes composições familiares e programas de necessidades, possibilitando ampliações progressivas ou reorganizações internas conforme a duração da ocupação. Dessa forma, a modularidade é utilizada não apenas como solução técnica, mas como instrumento de flexibilidade espacial e autonomia, reforçando o caráter reversível e evolutivo do abrigo emergencial. Os dados gerais da unidade padrão replicável estão apresentados no Quadro 4, no qual são indicadas as dimensões da edificação, o pé-direito adotado e a malha estrutural utilizada no projeto.

Quadro 4: Dados gerais da unidade padrão replicável.

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICAÇÃO
Dimensão da edificação	4,45 x 4,45 m
Pé direito térreo	2,40 m
Pé direito mezanino	1,40 m
Malha estrutural	Grid 3 x 3 (vãos de 2m)

Fonte: Autores.

O funcionamento do sistema modular proposto é apresentado nas Figuras 5, 6 e 7. A Figura 5 apresenta a composição dos painéis modulares a partir das chapas de bambu adotadas como módulo básico do projeto. Sendo os detalhes das composições modulares referentes ao seu uso como vedação. O funcionamento apresentado em D-01 se aplica em vedações internas X vedações de banheiro; D-02 como vedações externas X vedações de banheiro; D-03 como vedações externas X vedações internas; e D-04 como vedações internas X vedações internas.

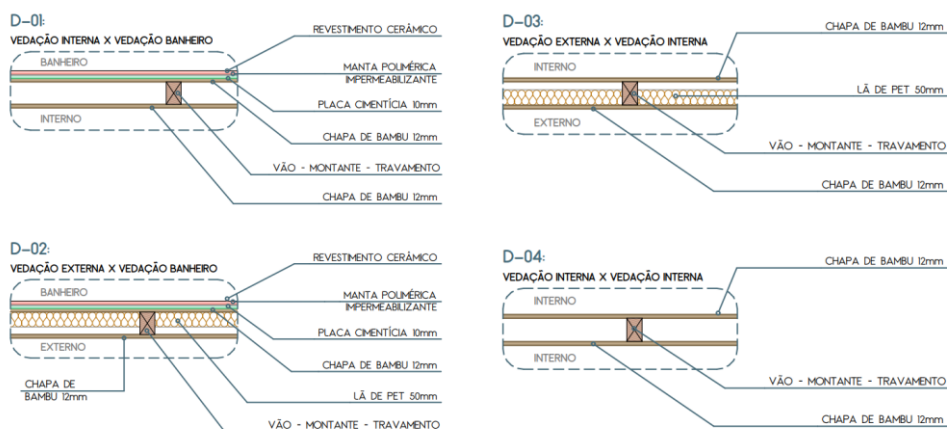


Figura 5: Composição dos painéis modulares. Fonte: Autores.

A Figura 6 evidencia a distribuição modular das paredes e a organização da malha estrutural. A Figura 7 apresenta a distribuição modular dos assoalhos, permitindo compreender a articulação entre o sistema estrutural, a modulação das vedações e a organização espacial da unidade habitacional.

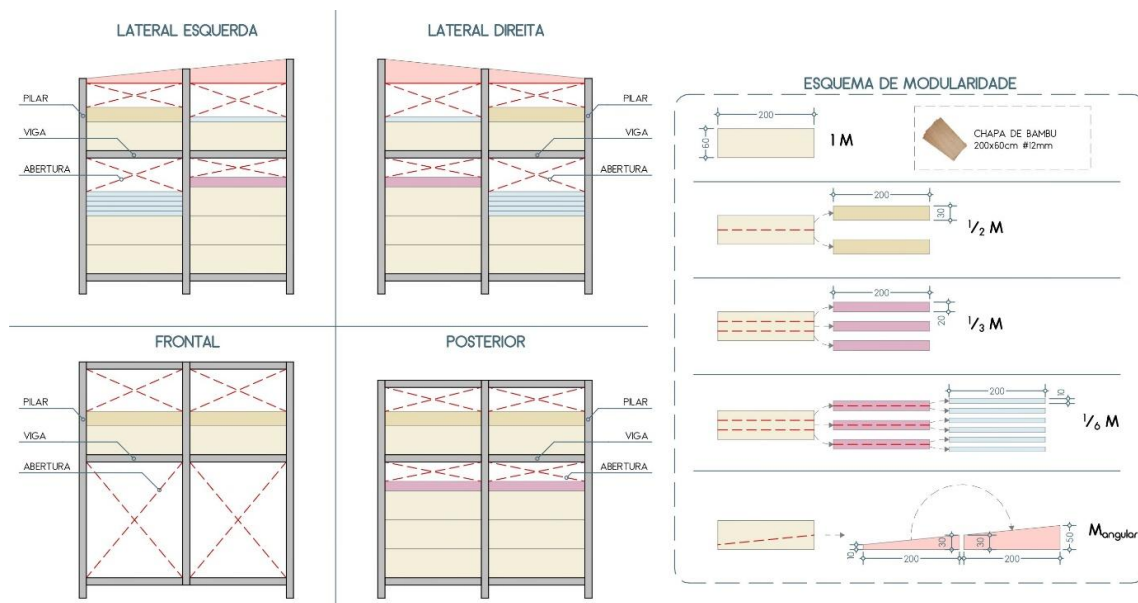


Figura 6: Distribuição modular das paredes. Fonte: Autores.

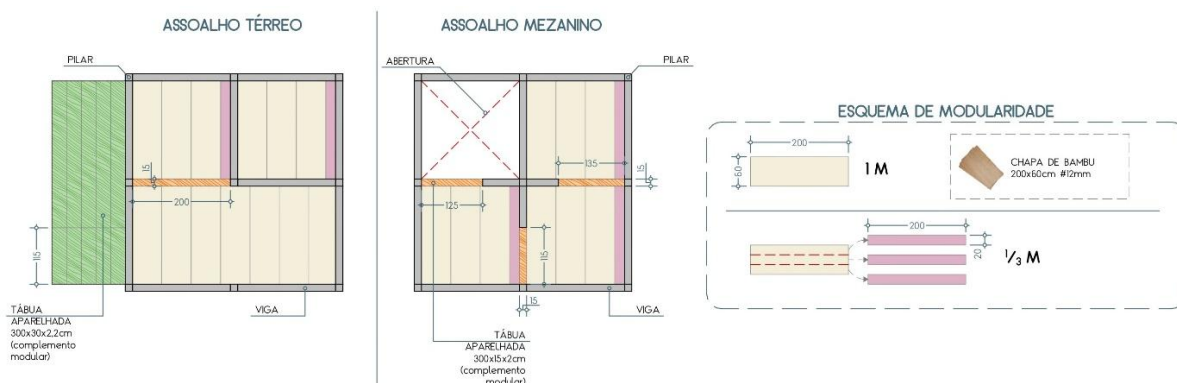


Figura 7: Distribuição modular dos assoalhos. Fonte: Autores.

3.4 Organização Espacial da Proposta

A organização espacial da unidade foi definida a partir de uma planta compacta, com distribuição simples e funcional dos ambientes, buscando atender às necessidades básicas de moradia em situações emergenciais. A proposta contempla um espaço principal de permanência integrado à área de preparo de alimentos, um núcleo sanitário compacto e um mezanino destinado ao repouso. A varanda frontal atua como elemento de transição entre o interior e o exterior, contribuindo para a proteção das aberturas e para a ampliação da área de uso da unidade.

A proposta foi concebida para permitir diferentes possibilidades de implantação, mantendo uma orientação preferencial em relação às condições climáticas locais, com as principais aberturas posicionadas para favorecer a ventilação cruzada e o aproveitamento da iluminação natural, enquanto os beirais alongados e a varanda frontal contribuem para a proteção das fachadas mais expostas à insolação direta. Assim, embora o abrigo tenha caráter replicável e possa ser implantado em diferentes terrenos, sua organização espacial considera estratégias passivas de conforto ambiental adequadas a contextos de clima quente e úmido, e a leitura em planta explicita a compatibilização entre estrutura, vedações e aberturas, reforçando a lógica construtiva e a possibilidade de montagem simplificada, conforme apresentado nas Figuras 8, 9 e 10. A opção por uma arquitetura leve, elevada e reversível converge com recomendações da FAO (2016) e da ONU-Habitat (2020) para áreas ambientalmente frágeis.

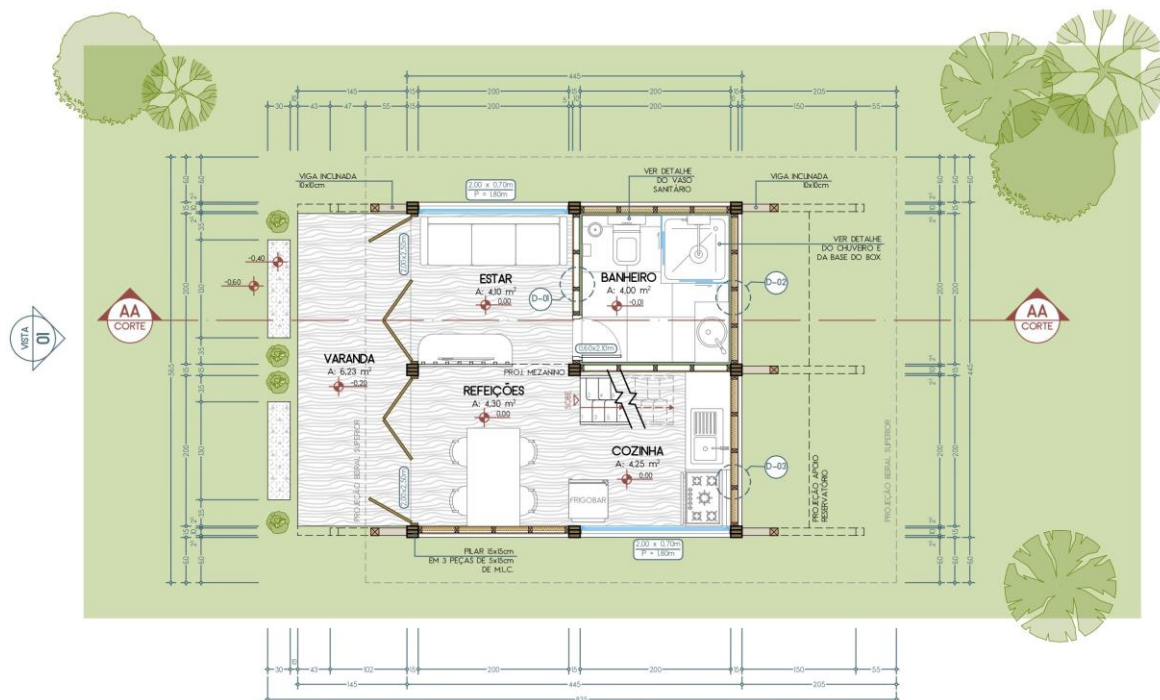


Figura 8: Planta baixa do térreo. Fonte: Autores.

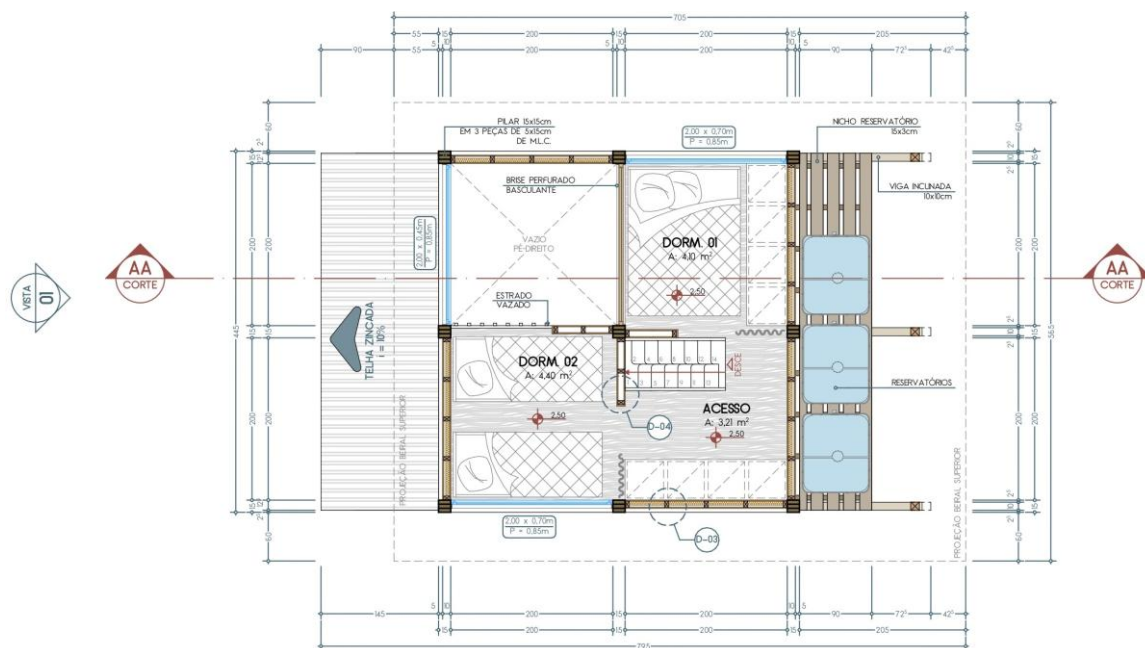


Figura 9: Planta baixa do mezanino. Fonte: Autores.

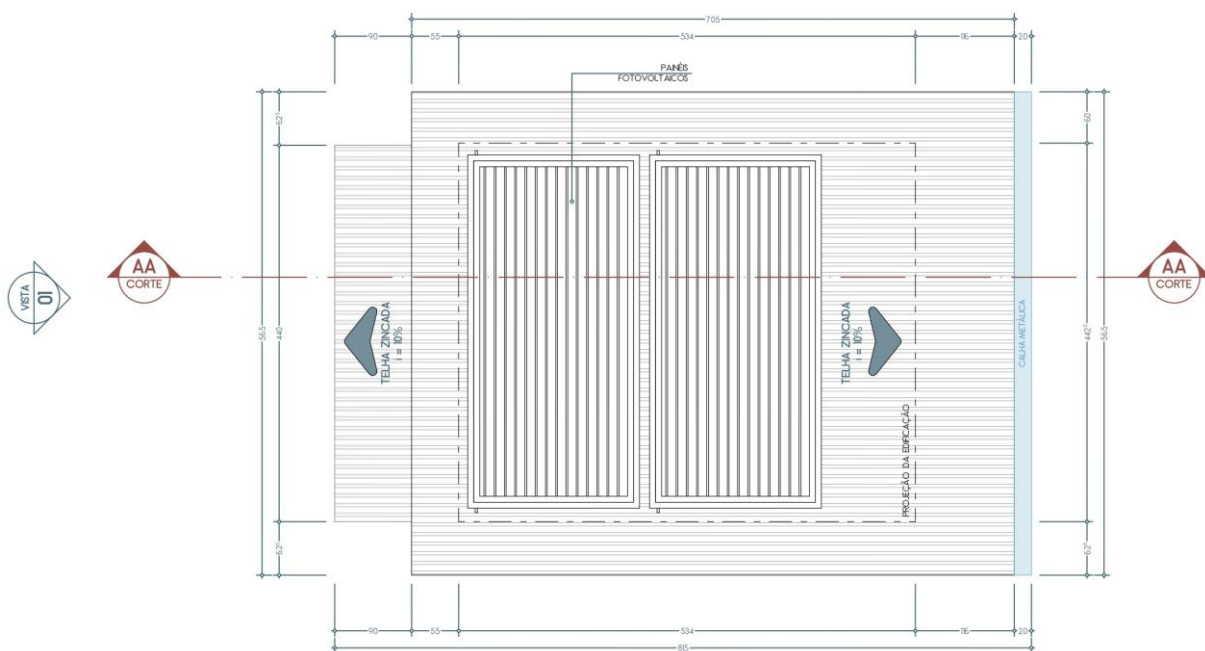


Figura 10: Planta de cobertura. Fonte: Autores.

Na sequência, o corte e as vistas na Figura 11 permitem compreender com maior clareza a relação do abrigo com o solo, destacando sua elevação como estratégia fundamental diante da instabilidade provocada pelas voçorocas. Evidencia-se o sistema estrutural adotado, a elevação da unidade em relação ao terreno e os dispositivos de proteção climática incorporados ao projeto. Por fim, a vista explodida sintetiza o funcionamento do sistema como um todo, facilitando a compreensão da hierarquia entre os componentes e das etapas de montagem conforme ilustrado na Figura 12.

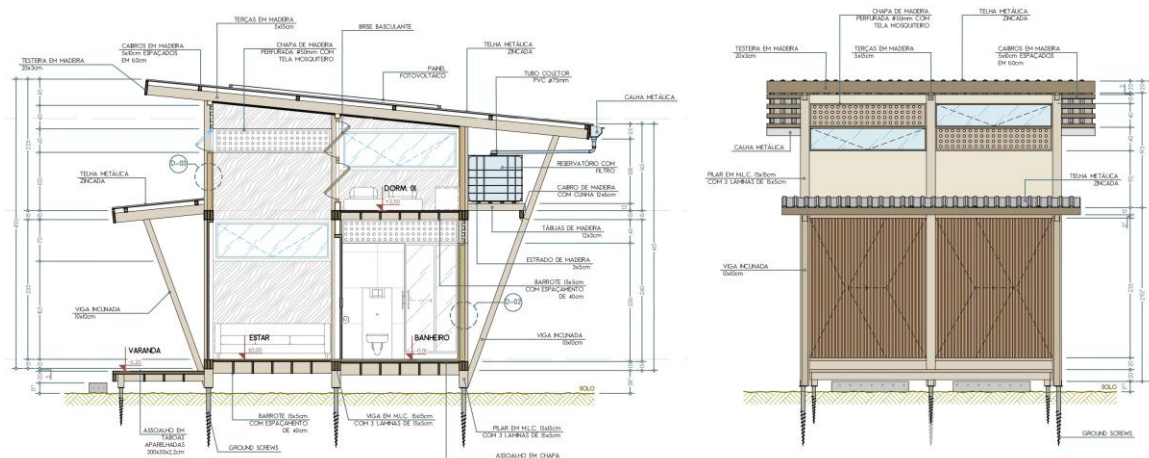


Figura 11: Corte AA e elevação frontal 01. Fonte: Autores.

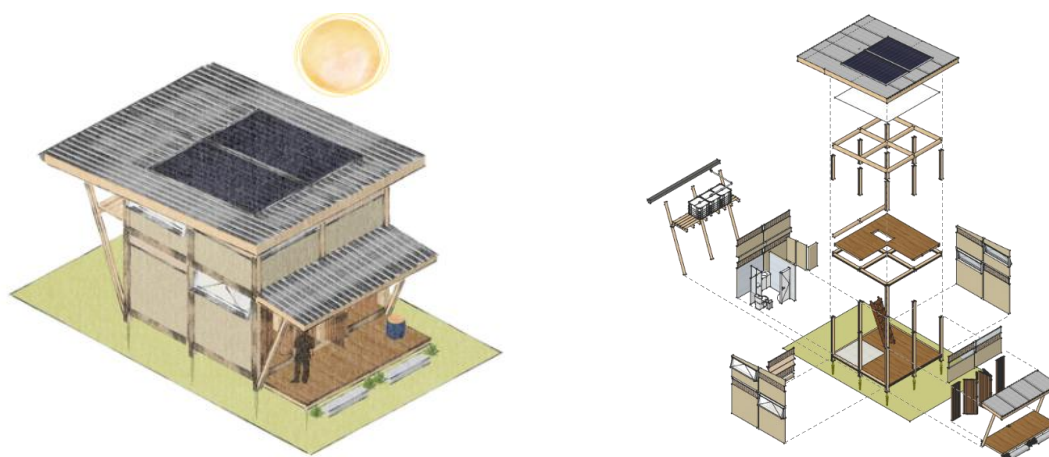


Figura 12: Vista isométrica e vista explodida. Fonte: Autores.

3.5 Sistema Construtivo Proposto

Os principais elementos construtivos e os materiais adotados estão apresentados no Quadro 5, no qual são descritos os componentes de cada sistema construtivo. A definição desses elementos está diretamente relacionada às diretrizes de modularidade, rapidez construtiva e desempenho ambiental discutidas nas seções anteriores.

Quadro 5: Sistema construtivo e materiais utilizados na proposta.

Elemento	Especificação
Estrutura	Madeira laminada colada (MLC)
Ligações estruturais	Conectores metálicos parafusados
Vedação externa	Chapa de bambu associada a isolamento leve (lã de PET)
Vedação interna	Painéis leves em madeira ou bambu
Esquadrias	Molduras leves em madeira com venezianas para ventilação natural e vidro laminado
Cobertura	Telha sanduíche metálica com núcleo isolante (EPS)
Fundação	Estacas metálicas helicoidais (<i>ground screws</i>)
Piso	Estrutura em madeira com fechamento em chapa de bambu e tábuas tratadas
Escada	Estilo Santos Dumont em madeira ou metálica pré-fabricada

Fonte: Autores.

3.6 Sistemas Autônomos e Soluções Complementares

Além dos elementos estruturais e construtivos, o abrigo emergencial incorpora sistemas autônomos e soluções de baixo impacto ambiental, com o objetivo de reduzir a dependência de infraestrutura urbana convencional e ampliar a adaptabilidade da unidade a diferentes contextos de implantação. A cobertura foi projetada para possibilitar a coleta de águas pluviais, conduzidas por meio de calhas a reservatórios elevados para uso não potável, como limpeza e descarga sanitária. Complementarmente, prevê-se a instalação de painéis fotovoltaicos, garantindo suprimento energético básico e reduzindo a dependência de redes convencionais.

No sistema sanitário, a utilização de vaso sanitário com bomba trituradora permite o escoamento dos efluentes por tubulações de menor diâmetro, proporcionando maior flexibilidade de implantação em terrenos instáveis. A pia da cozinha conta com filtro de gordura, enquanto as águas cinzas do box são direcionadas para uma fossa ecológica do tipo bananeira, que promove o tratamento natural dos efluentes por meio de processos biológicos e de evapotranspiração.

De modo geral, as soluções adotadas dialogam com recomendações consolidadas sobre habitações emergenciais, especialmente quanto à modularidade, desmontabilidade e ao uso de sistemas construtivos leves e de baixo impacto ambiental (NAKASATO, 2020; FAO, 2016; ONU-HABITAT, 2020). Os parâmetros de área mínima por ocupante seguem diretrizes internacionais (SPHERE PROJECT, 2018), e a adoção de sistemas autônomos e descentralizados responde às limitações recorrentes de infraestrutura urbana em municípios de pequeno e médio porte do Nordeste brasileiro (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

3.7 Princípio de Replicação e Memorial Quantitativo

A proposta foi concebida a partir do princípio de replicação, entendido como a possibilidade de reprodução da unidade habitacional com rapidez construtiva, baixo desperdício de materiais e facilidade de transporte. Esse princípio está diretamente relacionado à adoção de um sistema modular padronizado, no qual os elementos construtivos são definidos a partir de dimensões comerciais e organizados de forma a permitir a repetição do modelo em diferentes contextos de implantação. A replicação da unidade não se limita à repetição formal da edificação, mas envolve também a padronização dos componentes estruturais, dos sistemas de vedação e das soluções construtivas adotadas. Dessa forma, a proposta permite a produção em série dos elementos construtivos, reduzindo o tempo de execução e facilitando tanto a montagem quanto a desmontagem da unidade habitacional.

Com base nesse princípio, foi elaborado um memorial quantitativo simplificado, no qual são apresentados os principais materiais necessários para a construção de uma unidade padrão. Esse memorial tem como objetivo demonstrar a viabilidade construtiva da proposta, bem como evidenciar a racionalização de materiais proporcionada pela modulação adotada no projeto. Os principais elementos construtivos e os quantitativos estimados para a unidade padrão estão apresentados na Tabela 1, no qual são listados os materiais estruturais, os elementos de vedação e os componentes básicos necessários para a montagem do abrigo emergencial.

Tabela 1: Memorial quantitativo simplificado da unidade habitacional.

COMPONENTE	ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE
FUNDAÇÕES	Ground screws. Critério: 1 unidade por pilar estrutural.	9 unidades + 3 unidades (varanda)
ESTRUTURA		
Pilares Estruturais	Seção: 15 × 15 cm (MLC – 3 lâminas de 15 × 5 cm) Altura unitária: ≈ 4,20 m Volume total aproximado: 0,85 m ³	9 unidades
Vigas Horizontais	Seção: 15 × 15 cm (MLC) Comprimento total: 24,0 m Volume aproximado: 0,54 m ³	12 unidades
Vigas Inclínadas Da Cobertura	Seção: 10 × 10 cm Comprimento total: 10,0 m	4 unidades
PISO E MEZANINO		
Barrotes Do Mezanino	Seção: 15 × 5 cm c/ 40 cm entre si Comprimento total: 12,0 m Volume aproximado: 0,09 m ³	6 unidades
Assoalho do Térreo	Material: chapa de bambu 12 mm Pela modularidade: 13M + ² / ₃ M	28 chapas
Assoalho do Mezanino	Material: chapa de bambu 12 mm Pela modularidade: 9M + ³ / ₃ M *2	20 chapas
VEDAÇÕES VERTICAIS		
Painéis Modulares de Bambu externos	Material: chapa de bambu 12 mm Pela mod.: 24M + ⁶ / ₂ M + ⁴ / ₃ M + ¹² / ₆ M + 2M *2	65 chapas
Painéis Modulares de Bambu internos	Comprimento perimetral = 6,25m Área total = (4*2,4) + (2,25*1,4) = 12,75 m ²	22 chapas
Isolamento Termoacústico	Material: Lã de PET 50 mm Área: ≈ 45 m ² → Volume aproximado: 2,25 m ³	45 m ²
Placas Cimentícias – Áreas Molhadas	Espessura: 10 mm Área estimada: ≈ 8 m ² Conversão: 1,20 × 2,40 m	3 placas
ESQUADRIAS		
Portas	2 portas escamoteáveis de 3 folhas em madeira 2,0x2,35m	2 unidades
	1 porta convencional para banheiro 0,60x2,1 m	1 unidade
Aberturas Verticais Para Ventilação E Iluminação	Janelas Altas Moduladas 2,0x0,70m	4 unidades
	Brises baixos modulados 2,0x0,70m	2 unidades
	Abertura reduzida modular 2,0x0,45 m	4 unidades
	Abertura modular perfurada com tela 2,0x0,70m	8 unidades
COBERTURA		
Terças	Seção 5x15cm Comprimento total: 27m Volume aproximado: 0,20 m ³	3 unidades – principal 2 unidades - varanda
Caibros	Seção: 5 × 10 cm c/ 60 cm entre si Quantidade: 16 unidades Comprimento total: 40 m	16 unidades
Telha Metálica Zincada	Área aproximada: ≈ 32 m ² 5 unidades 1,02x7m	5 unidades

Fonte: Autores.

O sistema modular confere ao abrigo alto potencial de replicabilidade, permitindo implantações isoladas ou em conjunto, com rápida ampliação do número de unidades e adaptação a diferentes contextos e demandas emergenciais. A Figura 13 sintetiza a materialidade, a escala e a configuração espacial do abrigo, evidenciando seu caráter leve, modular, elevado e a integração com o entorno, tanto em implantações individuais quanto em agrupamentos.



Figura 13: Perspectivas da implantação final do projeto. Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

O abrigo emergencial temporário proposto, desenvolvido em nível de anteprojeto, contribui para o debate sobre soluções habitacionais sustentáveis em contextos de emergência socioambiental a partir do uso de sistemas construtivos leves em madeira e chapa de bambu, adequados às condições físicas, climáticas e socioeconômicas de Buriticupu/MA. A proposta evidencia o potencial da modularidade, da desmontabilidade e da elevação do solo como estratégias arquitetônicas frente à instabilidade geotécnica e à necessidade de rápida implantação. Destacam-se como contribuições a racionalização construtiva, o uso de materiais renováveis e a incorporação de sistemas autônomos de água, energia e saneamento, reforçando o potencial de replicação e adaptação do abrigo a diferentes contextos de risco.

Reconhece-se, entretanto, que o caráter de anteprojeto impõe limitações quanto à validação técnica e operacional da solução apresentada. Etapas futuras de prototipagem, testes de desempenho, estimativa de custos e análises pós-ocupação são fundamentais para o aprimoramento e consolidação do sistema proposto. Ainda assim, o estudo demonstra que abordagens arquitetônicas contextualizadas e sustentáveis podem desempenhar papel relevante na mitigação dos impactos sociais e ambientais associados a processos erosivos urbanos, contribuindo para estratégias mais resilientes de enfrentamento a desastres no território brasileiro.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **MIDR trabalha com Buriticupu (MA) contra voçoroca gigante**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/midr-trabalha-com-buriticupu-ma-contravocoroca-gigante>. Acesso em: 10 de outubro de 2025.

CALIL JUNIOR, C.; DIAS, A. A. **Estruturas de madeira: projeto, dimensionamento e exemplos de cálculo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Setorização de áreas de risco geológico: Buriticupu (MA)**. Brasília, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de erodibilidade dos solos do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Wood as a sustainable building material**. Rome, 2016.

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Falhas de planejamento urbano, chuvas fortes e solo frágil agravam voçorocas pelo país**. *Revista Pesquisa FAPESP*, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/falhas-de-planejamento-urbano-chuvas-fortes-e-solo-fragil-agravam-vocorocas-pelo-pais/>. Acesso em: 11 de outubro de 2025.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2022**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro - FJP, 2023. 72 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Buriticupu (MA)**. Rio de Janeiro, 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Diagnóstico do saneamento básico nos municípios brasileiros**. São Paulo, 2023.

MARANHÃO. Governo do Estado. **Projeto de diagnóstico das voçorocas será coordenado pela UEMASUL**. São Luís, 2024. Disponível em: <https://www.ma.gov.br/noticias/projeto-de-diagnostico-das-vocorocas-sera-coordenado-pela-uemasul>. Acesso em: 7 de outubro de 2025.

NAKASATO, Marcos Seidi. **Abrigos temporários: recomendações de projeto de sistemas construtivos em madeira no Paraná**. 2020. 182 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

ONU-HABITAT. **Habitação adequada e resiliência urbana**. Nairobi, 2018.

ONU-HABITAT. **World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization**. Nairobi, 2020.

PINTO, A. L.; GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos lineares e recuperação de áreas degradadas por voçorocas**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 3, p. 567–589, 2021.

SANTOS, J. S.; SILVA, R. M. **Análise espaço-temporal das voçorocas no município de Buriticupu (MA)**. *Revista Geográfica de Sustentabilidade Ambiental*, 2023.

SANTOS, R. L.; COSTA, F. S. **Processos erosivos urbanos e vulnerabilidade socioambiental na Amazônia maranhense**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 2, 2022.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Estudos do Serviço Geológico do Brasil esclarecem processo erosivo em cidade do Maranhão**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br>. Acesso em: 5 de setembro de 2025.

SILVA, J. A.; LIMA, M. C.; ARAÚJO, P. H. **Dinâmica das voçorocas urbanas em Buriticupu (MA)**. *Revista Mirante*, v. 14, n. 1, 2021.

SOUZA, R. F.; COSTA, E. S. **Estudo de caso de recuperação de voçoroca na margem esquerda do Rio Negro (AM)**. *Semana Acadêmica*, 2020. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br>. Acesso em: 20 de outubro de 2025.

SPHERE PROJECT. **The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response**. Geneva, 2018.