

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE UMA CASA POPULAR COM TIJOLO ECOLÓGICO: TIJOLOS ECOLÓGICOS EM COMPARAÇÃO AOS TIJOLOS CERÂMICOS TRADICIONAIS

Sebastião Ribeiro Mira¹

Laisa Cristina Carvalho²

RESUMO

Este trabalho aborda o tema da construção de casas populares sustentáveis, destacando a elaboração de um projeto arquitetônico e também a importância de habitações acessíveis e ecologicamente responsáveis. O objetivo geral deste estudo foi avaliar a utilização do tijolo ecológico em comparação com o tijolo tradicional, como opção viável em projetos arquitetônicos com foco na sustentabilidade, a avaliação do desempenho ambiental dessas construções e a proposição de diretrizes para a sua disseminação. Para essa análise, consideramos um projeto residencial com 56m² de área em um terreno de 100m², alinhado aos padrões sociais brasileiros. Foi realizado um levantamento detalhado dos quantitativos, custos diretos e indiretos, bem como o tempo de execução para o sistema construtivo. Os resultados indicam que as principais barreiras envolvem a falta de recursos financeiros, falta de mão de obra especializada, falta de conscientização, ausência de políticas públicas eficazes e a resistência à mudanças. A avaliação do desempenho ambiental das casas populares sustentáveis abordou a mensuração de indicadores de sustentabilidade, considerando o ciclo de vida e a eficiência energética. A busca por soluções sustentáveis no setor habitacional é um compromisso com a justiça social, a qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. Trabalhar em direção a habitações populares sustentáveis é um passo importante para enfrentar os desafios globais de moradia e sustentabilidade.

Palavras-chave: Projeto. Casas populares. sustentável. barreiras.

¹ Técnico em Eletromecânica pela Escola Estadual Presidente Vargas no ano de 1982, Graduado em Matemática pela Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas no ano de 1996, Pós Graduado em Automação e Controle Industrial pela Unitau no ano de 2008, Também Pós Graduado em Matemática pela FINOM no ano de 2011 e Técnico em Eletrotécnica pelo Educandário São Francisco de Assis no ano de 2015.

² Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Minas Gerais (2013), Mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos (2016) e Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos em (2020).

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por uma parcela significativa das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), contribuindo para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Para promover a sustentabilidade nesse setor, é essencial adotar práticas e estratégias que reduzam o impacto ambiental e minimizem o consumo de energia, de acordo com o relatório das Organizações das Nações Unidas (ONU) sobre emissões do setor de construção civil (2020). Além disso, é importante considerar o desenvolvimento social e econômico, sem comprometer o meio ambiente.

O avanço globalizado tem levado a uma degradação ambiental muito significativa, ao esgotamento dos ecossistemas e à crescente desigualdade. Diante desses desafios, o conceito de sustentabilidade surge como fundamental para a continuidade da humanidade. O estudo da sustentabilidade oferece uma perspectiva renovada, propondo um mundo onde o conhecimento ambiental nasce da reflexão sobre nossa existência e a interação com o planeta onde vivemos. (ROOS; BECKER, 2012).

A construção de habitações populares sustentáveis tem sido uma das preocupações presentes na sociedade nas últimas décadas. Em um mundo cada vez mais urbanizado, as questões de moradia e sustentabilidade ambiental se tornaram elementos intrinsecamente interligados. A demanda por moradias acessíveis e ecologicamente responsáveis têm gerado um campo de pesquisa e desenvolvimento dinâmico.

Neste contexto, este estudo abordou a construção de casas populares sustentáveis, com o objetivo de avaliar a utilização do tijolo ecológico em comparação com o tijolo tradicional, como opção viável em projetos arquitetônicos com foco na sustentabilidade.

A delimitação deste estudo concentrou-se nas casas populares, considerando os estratos socioeconômicos mais vulneráveis da população. Tais habitações, muitas vezes precárias, representam um desafio crítico, pois, além de abrigar famílias de baixa renda, frequentemente impactam negativamente o meio ambiente. A contextualização se dá em um cenário global em que o crescimento urbano desordenado e a exploração insustentável dos recursos naturais têm acelerado as mudanças climáticas e a degradação do ambiente. Neste contexto, a pesquisa se voltou para a busca de soluções que integrassem princípios de sustentabilidade ambiental à construção de moradia popular.

A problemática central deste estudo reside na escassez de moradia acessíveis e sustentáveis, associada à pressão sobre os recursos naturais e as emissões de gases de efeito estufa decorrentes do setor de construção civil. Como resultado, a pergunta de pesquisa que norteou este trabalho foi: “Como é possível promover a construção de casas populares sustentáveis, conciliando as necessidades habitacionais da população de baixa renda com o princípio da sustentabilidade ambiental?”

O objetivo deste estudo é avaliar a utilização do tijolo ecológico em comparação com o tijolo cerâmico através de um projeto específico de casa popular sustentável, com foco na avaliação de sua viabilidade financeira e sustentabilidade ambiental. Os objetivos incluem: 1. Examinar as estratégias adotadas no projeto para garantir a sustentabilidade ambiental e a acessibilidade econômica. 2. Avaliar as barreiras e desafios enfrentados no desenvolvimento do projeto, tanto do ponto de vista ambiental quanto financeiro. 3. Identificar lições aprendidas e práticas eficazes que podem ser replicadas em outros projetos semelhantes.

A relevância de estudo reside em sua contribuição para a compreensão de como as moradias populares podem ser construídas de maneira sustentável e acessível.

O interesse maior sobre a pesquisa foi determinado pelo sistema de construção de tijolo solo-cimento (tijolo ecológico) que quando comparado com o método construtivo convencional na execução do mesmo empreendimento (casa popular), apresenta importantes vantagens, como: sustentabilidade e menor impacto ambiental, redução de resíduos, eficiência energética, facilidade de construção, economia, etc.

O tijolo ecológico é uma escolha inteligente para quem busca eficiência econômica na construção civil. Ele permite uma economia significativa de recursos, minimizando a necessidade de materiais convencionais como argamassa, concreto, ferro e tintas. Além do benefício financeiro, ele também se destaca pelo desempenho superior em termos de isolamento térmico e acústico, garantindo ambiente interno mais agradável.. Ele não precisa ser levado ao forno, pois é curado com água e sombra, evitando o consumo de energia e a poluição da atmosfera. Ele tem um formato modular, o que facilita na montagem e construção, dispensando o uso de madeira nas formas dos pilares e vigas. Tem um acabamento natural e bonito, podendo dispensar o reboco e a pintura, economizando tinta e outros materiais.

A metodologia adotada para alcançar os objetivos propostos foram a revisão bibliográfica e o estudo de caso. Essas abordagens permitiram a análise de estudos, teorias,

práticas e experiências anteriores relacionadas à construção de casas populares sustentáveis. A revisão bibliográfica e o estudo de caso são essenciais para fundamentar na prática e na teoria este estudo é fornecer uma visão abrangente das questões envolvidas nesse campo de pesquisa dinâmico e interdisciplinar.

A justificativa para este estudo está na construção de casas populares sustentáveis. Estas habitações não apenas atendem a uma necessidade crítica de moradia, mas também contribuem para a mitigação das mudanças climáticas e a preservação dos recursos naturais. Além disso, a pesquisa pode fornecer parâmetros valiosos para governos, empresas e organizações da sociedade civil que buscam implementar políticas e projetos voltados para a construção de casas populares sustentáveis.

Analisar a eficiência do emprego do prumo e do nível na construção das casas populares sustentáveis. Identificação das principais barreiras enfrentadas, a avaliação do desempenho ambiental dessas construções e propor diretrizes para a sua disseminação. Analisar as estratégias que promovem a construção de casas populares sustentáveis. Fazer uma análise qualitativa com relação a aplicação na construção de casas populares sustentáveis com tijolo ecológico em paralelo com o tijolo convencional. O estudo da aplicação do tijolo ecológico quanto a suas vantagens e desvantagens.

Desenvolvimento de um projeto arquitetônico de uma casa popular com uma área construída de 56m². Este projeto será desenvolvido utilizando o CAD/REVIT.

2 SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES

2.1. Construção com tijolo ecológico

O desenvolvimento sustentável é um conceito que aparece pela primeira vez em 1987 com a publicação do Relatório Brundtland, que alertava para as consequências ambientais negativas do desenvolvimento econômico e da globalização e procurava encontrar soluções possíveis para os problemas decorrentes da industrialização e do crescimento da economia e da população (*SANTOS et al., 2016*)

É uma abordagem que busca harmonizar o progresso econômico, social e ambiental, garantindo que as gerações presentes atendam às suas necessidades sem comprometer a capacidade das futuras gerações de fazer o mesmo. Esse conceito ganhou destaque em 1987

com a publicação do relatório Brundtland, que se tornou um marco na discussão sobre sustentabilidade.

A ciência da sustentabilidade tem por objetivo contribuir para promover o avanço da compreensão básica da dinâmica de sistemas homem ambiente; facilita a concepção, implementação e avaliação das intervenções práticas que promovam a sustentabilidade em lugares e contextos particulares; e a melhorar as ligações entre as comunidades de pesquisa e inovação relevantes e comunidades de gestão de políticas (NASSI-CALÒ, 2015).

Na sequência serão analisados os tijolos ecológicos em comparação com os tijolos cerâmicos apresentando qual a relação desses tijolos com a sustentabilidade.

2.2. Sustentabilidade na construção civil com tijolo ecológico

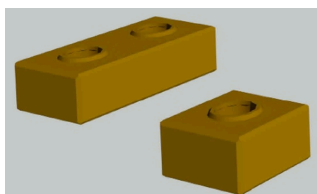
Conforme Motta *et al.* (2014), o tijolo ecológico de solo-cimento, popularmente conhecido como tijolo ecológico, é um material formado pela combinação compactada e curada à sombra, de solo e cimento. A principal razão para essa denominação é que sua matéria prima é abundantemente encontrada na natureza.

Esse tipo de tijolo é uma alternativa sustentável e amigável ao meio ambiente. Sua composição inclui uma mistura homogênea de terra e cimento, com apenas 10% de cimento. Além disso, alguns tijolos ecológicos incorporam materiais como bagaço de cana, pneus e rejeitos da construção, tornando-os ainda mais economicamente viáveis.

Comparando diferentes abordagens construtivas, como evidenciados nos estudos de Vier *et al.* (2017), Ciceri (2016) e Santana e Silva (2017), observa-se que a utilização do tijolo solo-cimento resulta em redução significativa de custos. Essa conclusão é relevante no contexto do pensamento sustentável, que é o foco de estudo.

Na busca contínua por minimizar os impactos ambientais, uma alternativa viável é a adoção do tijolo de solo-cimento, também conhecido como tijolo ecológico, como ilustra a figura 1, a seguir.

Figura 1 - Tijolo ecológico - Sustentabilidade em blocos



Fonte: Do autor (2024)

Esse tipo de tijolo possui as dimensões de 25cm de comprimento, 12,5cm de largura por 7cm de altura. O grande diferencial desse método construtivo é que não requer a queima do tijolo, o que elimina a necessidade de extração de madeira e reduz a emissão de monóxido de carbono. Assim, o tijolo de solo-cimento se destaca como uma opção sustentável para a construção civil.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Norma Brasileira (NBR) 8491:2012 estabelece os critérios para avaliar tijolos de solo-cimento. Esses tijolos são compostos por uma mistura de solo com baixo teor de matéria orgânica, um aglomerante artificial conhecido como cimento Portland e água livre de impurezas em pequenas quantidades. O objetivo dessa combinação é alcançar uma homogeneização adequada para a fabricação desses tijolos.

Após concluir todo o processo de seleção e preparação do material adequado, a mistura homogênea de solo-cimento é encaminhada para uma prensa equipada com um molde de dimensões variáveis. No caso específico, são produzidos tijolos com dois orifícios, conhecidos como tijolos modulares, conforme Nascimento (2018), figura 1.

Além disso, a norma técnica NBR 8492 de 2012, estabelece que a resistência à compressão do tijolo ecológico não deve ser inferior a 1,7 MPa com a idade mínima de sete dias e a absorção de água não deve exceder 20%.

Em resumo, a NBR 8491:2012 define os padrões para garantir a qualidade e durabilidade dos tijolos ecológicos utilizados na construção civil.

As normas que regulamentam o tijolo de solo-cimento incluem:

1. ABNT NBR 8491:2012: Estabelece os requisitos para o tijolo de solo-cimento.
2. ABNT NBR 8492:2012: Define o método de ensaio para análise dimensional, resistência à compressão e absorção de água desses tijolos.
3. ABNT NBR 10833:2012 (Versão corrigida : 2013): aborda a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com prensa manual ou hidráulica.
4. NBR 10834:2012 (Versão corrigida:2013): Estabelece os requisitos para blocos de solo-cimento sem função estrutural.
5. NBR 10836:2013: Define o método de ensaio para análise dimensional, resistência à compressão e absorção de água em blocos solo-cimento sem função estrutural.

2.2.1 Vantagens do uso do tijolo ecológico

As vantagens do uso do tijolo ecológico incluem a disponibilidade e o custo acessível da matéria prima. Segundo (CORDEIRO, 2017), o tijolo ecológico é produzido a partir de recursos que são amplamente disponíveis e não representam um grande custo, o que contribui para a sustentabilidade e economia na construção civil.

O tijolo ecológico se destaca por não necessitar de queima em sua fabricação, diferentemente dos tijolos convencionais. Essa característica evita a emissão de gases nocivos ao meio ambiente e dispensa o uso de madeira como combustível, conforme apontado por (CORDEIRO, 2017).

A utilização do tijolo ecológico na construção civil traz uma excelente relação custo/benefício, representando uma escolha econômica sem comprometer a qualidade. De acordo com (VIER *et al.*, 2017), esse método construtivo gera uma economia de 20 a 40% nos custos, se comparado às técnicas tradicionais de construção.

A adoção de tijolos ecológicos na construção civil representa uma estratégia eficiente, reduzindo significativamente a necessidade de materiais tradicionais. Com essa técnica, há uma diminuição no uso de argamassa de assentamento, aço e concreto, o que não só otimiza os custos, mas também minimiza o impacto ambiental associado à produção e ao transporte desses insumos.

A textura homogênea e agradável do tijolo ecológico dispensa a aplicação de reboco após a construção, proporcionando um acabamento natural e rústico que valoriza o aspecto visual da obra e reduz os custos com materiais e mão de obra.

A inovação técnica de construção com tijolo solo-cimento permite a incorporação das instalações elétricas e hidráulicas diretamente no material. Isso elimina completamente a necessidade de realizar cortes nas paredes para a passagem de tubulações e fiações após a finalização da obra, simplificando o processo e mantendo a integridade estrutural.

A utilização do tijolo solo-cimento viabiliza a construção de colunas robustas sem a necessidade de mão de obra especializada em carpintaria. Este método não apenas simplifica o processo construtivo, mas também contribui significativamente para a redução do consumo de madeira, alinhando-se às práticas de construção sustentável (Pires, 2014).

2.2.2 Desvantagens do uso do tijolo ecológico

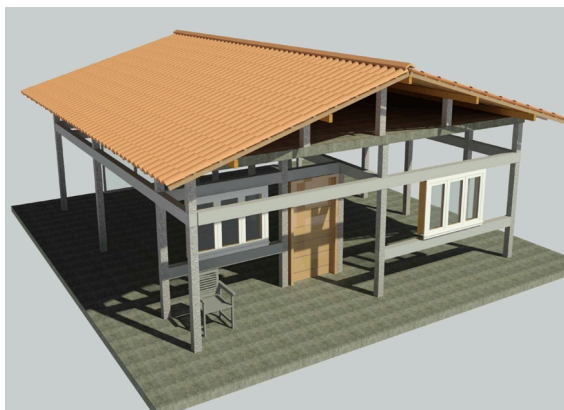
As desvantagens segundo Ribeiro (2013) são:

1. Falta de estudos específicos: A ausência de pesquisas detalhadas sobre o tijolo ecológico pode resultar em patologias nas construções que o empregam.
2. Carência de mão de obra qualificada: A execução do processo construtivo com esse tipo de alvenaria requer mão de obra especializada, o que nem sempre está disponível.
3. Limitação em locais úmidos: O tijolo ecológico não é adequado para fabricação e locais úmidos.
4. Necessita de análises laboratoriais: Para garantir a qualidade e resistência do material.
5. Variação da composição do solo: A presença de substâncias como húmus, cloretos e sulfatos no solo pode afetar negativamente a viabilidade do uso desse tipo de tijolo.

2.2.3 Tijolo cerâmico

O tijolo cerâmico é um componente muito utilizado no processo construtivo convencional. Sua principal função é promover a vedação, dividindo os ambientes internos e externos de uma construção. Diferentemente dos tijolos estruturais, o tijolo cerâmico não possui função estrutural. Nesse tipo de construção, a carga total da estrutura é absorvida pelas vigas e pilares. Podemos comparar o uso do concreto armado em uma obra de alvenaria de cerâmica ao esqueleto humano, (SANTANA, 2017), fornecendo suporte e resistência à edificação. Nesta comparação, estabelecemos uma analogia entre o uso do concreto armado em alvenarias com tijolo cerâmico e a função do esqueleto humano. Assim como o esqueleto humano fornece suporte e resistência ao corpo humano, o concreto armado desempenha papel fundamental na estabilidade e integridade da estrutura da casa construída em alvenaria com tijolo cerâmico, figura 2.

Figura 2 - Análise estrutural de residências em tijolo cerâmico convencional



Fonte: Do autor (2024)

Para produzir um tijolo ou bloco cerâmico, o processo envolve as seguintes etapas:
Seleção da Argila: Primeiramente, a argila é cuidadosamente escolhida como matéria-prima.
Mistura com Água: A argila é misturada com água para formar uma pasta homogênea.
Cozimento em fornos: Essa pasta é então levada aos fornos, onde é submetida a temperaturas entre 900°C e 1.000°C. Durante esse processo de cozimento, ocorre a sinterização, transformando a argila em material cerâmico sólido.
Resultado Final: O resultado é um tijolo com dimensões padrão de 11,5 x 19 x 29 cm (CICERI, 2016), figura 3.

Além disso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece regulamentações específicas para os tijolos cerâmicos, incluindo: NBR-15270-1: “Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação”. A seguir na figura 3, visualizamos o tijolo cerâmico de oito furos.

Figura 3 - tijolo cerâmico de oito furos



Fonte: Minas Jr (2020)

2.3. Casas populares sustentáveis

A construção de casas populares sustentáveis é um desafio complexo que envolve diversas barreiras, as quais têm sido objeto de investigação em estudos acadêmicos. Autores como Silva (2018) e Santos (2019) destacam a falta de acesso a recursos financeiros como uma das principais barreiras enfrentadas nesse contexto. A escassez de financiamento adequado, tanto por parte dos governos quanto por parte dos beneficiários das habitações populares, frequentemente limita a incorporação de tecnologias e práticas sustentáveis na construção. Isso resulta em uma lacuna entre a necessidade de habitações sustentáveis e a capacidade de financiá-las, impactando negativamente o avanço desse tipo de construção.

Além disso, a pesquisa de Gomes (2020) evidencia que a falta de conscientização e conhecimento sobre práticas sustentáveis na construção civil é uma barreira significativa. Tanto os profissionais envolvidos na construção quanto os beneficiários das casas populares muitas vezes carecem de educação e treinamento em relação a aspectos sustentáveis. Isso resulta em construções convencionais que não incorporam tecnologias e materiais sustentáveis, impedindo a disseminação desse modelo habitacional.

A falta de políticas públicas efetivas é outra barreira discutida em estudos, como o de Oliveira (2017). A ausência de regulamentações e incentivos governamentais para a construção de casas populares sustentáveis dificulta a adoção dessas práticas, pois não há incentivos econômicos nem diretrizes claras para orientar o setor. Isso leva à perpetuação de métodos tradicionais de construção, que muitas vezes são prejudiciais ao meio ambiente.

A pesquisa de Lima (2018) também destaca a resistência à mudança como uma barreira importante. Muitos construtores e beneficiários das habitações populares estão acostumados com métodos de construção convencionais e relutam em adotar abordagens sustentáveis, considerando-as complexas ou custosas. Essa resistência cultural pode dificultar a transição para práticas mais sustentáveis.

Em relação ao tema do texto, essas barreiras mencionadas podem dificultar a promoção efetiva da construção de casas populares sustentáveis. A falta de recursos financeiros, o conhecimento insuficiente, a ausência de políticas públicas e a resistência à mudança podem impedir a adoção generalizada de tecnologias e práticas sustentáveis na construção de habitações populares. Portanto, abordar essas barreiras e encontrar soluções

para superá-las é fundamental para avançar no desenvolvimento de moradias acessíveis e ecologicamente responsáveis.

A avaliação do desempenho ambiental das construções de casas populares sustentáveis tem sido objeto de investigação em diversos estudos acadêmicos, oferecendo insights valiosos para compreender os impactos ambientais dessas habitações. Autores como Pereira (2019) abordam a importância da mensuração dos indicadores de sustentabilidade em habitações populares, destacando que a avaliação do desempenho ambiental é fundamental para determinar o sucesso desses empreendimentos. No entanto, os resultados dessas pesquisas indicam que a avaliação é frequentemente deficiente devido à falta de critérios de medição claros e à ausência de dados confiáveis.

Sousa (2020) discute a necessidade de avaliar o ciclo de vida das construções populares sustentáveis, considerando desde a extração de materiais até o descarte. Os resultados de suas pesquisas sugerem que, embora muitos projetos tenham um desempenho ambiental satisfatório durante a fase de uso, a extração de materiais e a gestão inadequada de resíduos ainda representam desafios significativos. Isso ressalta a importância de uma avaliação holística que leve em consideração todo o ciclo de vida das habitações.

Outros estudos, como o de Almeida (2018), abordam a necessidade de avaliar o desempenho energético das casas populares sustentáveis. As pesquisas revelam que a eficiência energética dessas construções varia significativamente, com alguns projetos alcançando níveis notáveis de economia de energia, enquanto outros enfrentam dificuldades em atender às metas estabelecidas. A falta de monitoramento contínuo do desempenho energético é apontada como uma das razões para a variação nos resultados.

No contexto do tema deste texto, a avaliação do desempenho ambiental é crucial para verificar se as casas populares sustentáveis estão realmente cumprindo suas metas de sustentabilidade. Os resultados das pesquisas indicam que, embora haja avanços notáveis em muitos aspectos, ainda existem desafios a serem superados. A falta de critérios de avaliação padronizados, a consideração insuficiente do ciclo de vida e a variação no desempenho energético destacam áreas que precisam de atenção. Em última análise, a avaliação do desempenho ambiental dessas construções deve ser contínua e abrangente, considerando todas as etapas desde o projeto até o uso e o descarte. Isso garantirá que as casas populares sustentáveis cumpram efetivamente seu papel na redução do impacto ambiental, contribuindo para uma habitação acessível e ecologicamente responsável.

A proposição de diretrizes para a disseminação de casas populares sustentáveis é uma etapa fundamental para promover efetivamente a adoção desse modelo habitacional. Estudos anteriores, como o de Carvalho (2021), enfatizam a necessidade de estratégias de disseminação que considerem as particularidades locais e as demandas da comunidade. A pesquisa demonstra que abordagens personalizadas, adaptadas às condições específicas de cada região, tendem a ser mais bem-sucedidas na promoção de casas populares sustentáveis.

Além disso, Reis (2019) destaca a importância da educação e sensibilização da comunidade como parte integrante das diretrizes de disseminação. Resultados de estudos indicam que a capacitação das populações beneficiárias sobre práticas sustentáveis na construção e no uso das habitações é fundamental para garantir a manutenção e conservação dos aspectos sustentáveis das casas populares. A pesquisa de Lima (2020) aponta a relevância da criação de parcerias estratégicas entre o setor público, setor privado e organizações da sociedade civil na promoção de casas populares sustentáveis. A análise demonstra que parcerias eficazes podem facilitar o acesso a recursos financeiros, conhecimento especializado e materiais sustentáveis, tornando a disseminação mais eficaz.

No contexto do tema deste texto, a proposição de diretrizes para a disseminação de casas populares sustentáveis é essencial para superar as barreiras identificadas anteriormente. Abordagens personalizadas, educação da comunidade e parcerias estratégicas podem contribuir significativamente para acelerar a adoção desse modelo habitacional, tornando-o mais acessível e sustentável. Em resumo, a pesquisa acadêmica oferece insights valiosos para o desenvolvimento de diretrizes de disseminação eficazes, enfatizando a importância de considerar as particularidades locais, a educação da comunidade e a colaboração entre os diversos atores envolvidos.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste projeto construtivo de uma casa popular sustentável, baseou-se numa revisão bibliográfica e de estudo de caso, através de artigos científicos e sites, onde foram feitas análises de referência sobre a viabilidade do uso do tijolo ecológico na construção de casas populares sustentáveis. Essas abordagens permitiram a análise de estudos, teorias, práticas e experiências anteriores relacionadas à construção de casas populares sustentáveis. Conceituar as principais vantagens da construção de casas sustentáveis na construção civil.

A pesquisa é qualitativa e quantitativa, buscando interpretar e coletar dados do projeto arquitetônico de uma casa popular sustentável com área de 56m². O processo de construção dessa casa, utilizando tijolos ecológicos, começa com um arquitetônico detalhado, incluindo planta baixa, cortes, fachadas, perspectivas e detalhes construtivos da edificação. O tijolo de solo-cimento escolhido, possui as dimensões padrão de 25cm de comprimento, 12,5cm de largura e 7cm de altura, sendo os mais comuns no mercado e adequados ao padrão modular da construção.

Para a comparação dos custos fixos associados aos materiais de construção, foi desenvolvida uma planilha comparativa entre o tijolo ecológico e o tijolo convencional. Essa planilha comparativa teve como referência o Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices (SINAPI, 2024), coordenado pela Caixa Econômica Federal em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), o Autodesk Revit, software Bim (Building Information Modeling) e preços praticados no comércio local da região de Pouso Alto, MG. Além disso, foi feita uma comparação de produtividade por horas de execução entre os métodos de construção da alvenaria: Tijolo convencional e tijolo ecológico.

De acordo com Santos (2019), a produtividade da mão de obra é um dos fatores que mais influenciam no custo e no prazo das construções, e depende de vários aspectos, como o tipo de material, o método construtivo, a qualificação dos trabalhadores, as condições climáticas, etc.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Práticas no Projeto de Casas Populares Sustentáveis com Tijolos Ecológicos

Este capítulo tem como objetivo avaliar a utilização do tijolo ecológico em comparação com o tijolo convencional através de um projeto específico de uma casa popular sustentável, com foco na avaliação de sua viabilidade financeira e sustentabilidade ambiental.

Nesse projeto será utilizado o tijolo solo-cimento com as seguintes dimensões: 25 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 7 cm de altura.

Segundo Silva (2019), uma das principais práticas a serem rigorosamente observadas no projeto e na construção de casas populares com tijolos ecológicos é a manutenção do prumo e do nível. O despreparo dos profissionais envolvidos na construção pode levar a

problemas significativos, como paredes fora do prumo e fora do nível. Para garantir a qualidade da construção, é essencial que a equipe de construção seja devidamente treinada e consciente da importância do prumo e do nível em todas as etapas da obra.

O prumo refere-se à verticalidade das paredes, garantindo que estas estejam perfeitamente alinhadas na direção vertical. Qualquer desvio em relação ao prumo pode comprometer a estabilidade e a estética da construção. O nível, por sua vez, se refere à horizontalidade das superfícies, o que é crucial para evitar inclinações indesejadas e assegurar uniformidade da estrutura.

Além do prumo e do nível, outro aspecto crítico é o espaçamento entre os tijolos. É recomendável manter um espaço de cerca de 2 mm entre cada tijolo. Este espaço tem um propósito específico: facilitar a dilatação dos tijolos e prevenir o surgimento de trincas na estrutura. Com a variação de temperatura e umidade ao longo do tempo, os tijolos podem expandir e contrair, e o espaçamento adequado evita que as forças resultantes causem danos à estrutura.

O sucesso na construção de casas populares sustentáveis com tijolos ecológicos depende significativamente do treinamento adequado dos profissionais envolvidos. A falta de habilidades e conhecimento pode resultar em problemas sérios na execução do projeto. Portanto, é fundamental que os construtores, pedreiros, e outros envolvidos na obra passem por treinamento específico para trabalhar com tijolos ecológicos.

Um aspecto essencial durante a construção de casas populares sustentáveis com tijolos ecológicos é o acompanhamento constante do projeto. O engenheiro civil, o arquiteto ou responsável pelo projeto deve estar envolvido desde o início da execução da obra. Isso permite que problemas sejam identificados e resolvidos a tempo, garantindo a qualidade da construção.

Os tijolos ecológicos são conhecidos por sua contribuição para a sustentabilidade na construção civil. Eles são fabricados com materiais naturais, como solo e cimento, e passam por um processo de prensagem a frio, o que reduz significativamente a emissão de CO₂ em comparação com os tijolos convencionais. Além disso, a utilização de tijolos ecológicos contribui para a redução do desperdício de recursos naturais.

Segundo Pereira (2019), a construção modular ecológica apresenta diversas vantagens em comparação com o método convencional. Essas vantagens incluem:

1. Economia: A construção modular é mais econômica, pois utiliza peças pré-fabricadas, o que reduz mão de obra e desperdício de materiais
2. Praticidade: O processo modular é mais simples e rápido, evitando imprevistos.
3. Limpeza: A ausência de recortes nas paredes permite uma obra mais limpa e organizada.
4. Beleza: Os tijolos ecológicos, utilizados na construção modular, proporcionam uma superfície plana e alinhada.
5. Encaixe direto: Além disso, os tijolos podem ser facilmente encaixados, agilizando o processo construtivo.

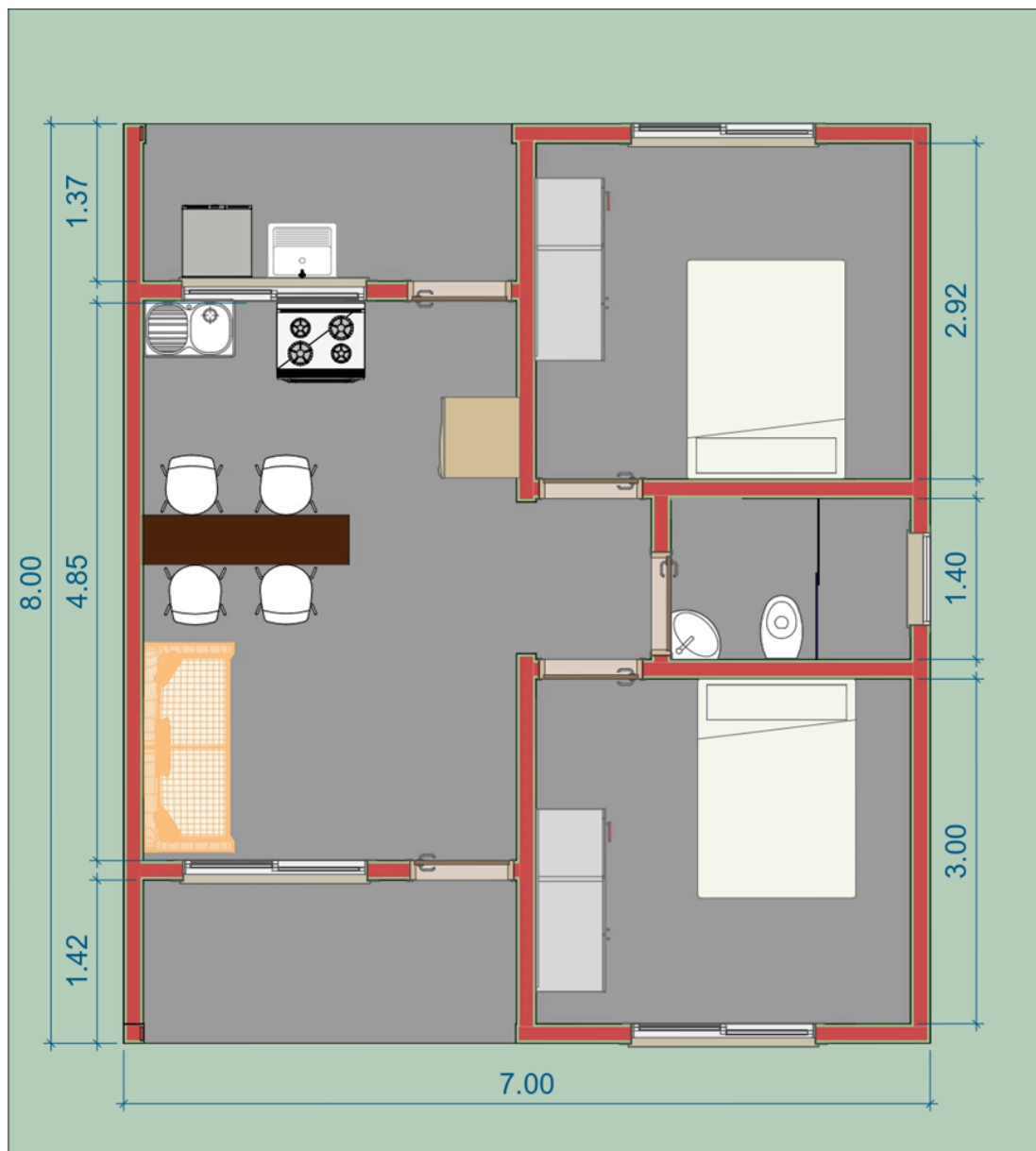
Essa flexibilidade no assentamento resulta em obras mais limpas, sem entulhos e desperdícios, além de proporcionar agilidade e facilidade durante a construção. Portanto, a construção com tijolos ecológicos é uma excelente alternativa para projetos sustentáveis e eficientes.

Em última análise, o desenvolvimento de casas populares sustentáveis com tijolos ecológicos é uma abordagem completa que combina elementos arquitetônicos, construtivos e sustentáveis para atender às necessidades da população de forma acessível e ecologicamente responsável. Este é um campo em constante evolução, e a colaboração entre engenheiros civis, arquitetos, construtores e profissionais do setor é essencial para alcançar o sucesso do empreendimento.

4.2 Projeto arquitetônico

O projeto para essa edificação de 56m² foi desenvolvido com o objetivo de comparar os métodos construtivos utilizando tijolo ecológico e tijolo convencional. Ambas as edificações compartilham a mesma área, mas diferem em suas abordagens de sustentabilidade e materiais, conforme figura abaixo.

Figura 4 - Planta baixa que será utilizada como base nos cálculos orçamentários

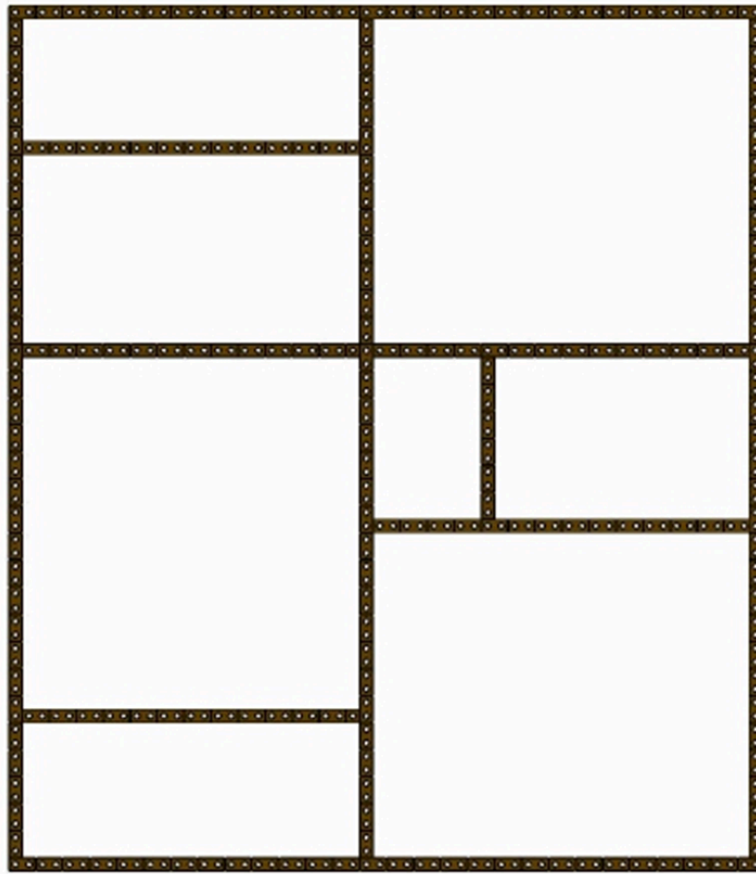


Fonte: Do autor (2024)

4.3 Planta de modulação do tijolo ecológico

A eficiência na execução do projeto arquitetônico é significativamente aumentado com a inclusão da planta de modulação da primeira camada, alinhada ao design do tijolo ecológico selecionado, além da planta baixa arquitetônica tradicional. A primeira fiada define a posição exata de cada tijolo, determinando os locais dos grautes (onde a ferragem será posicionada). Segue a representação na figura 5.

Figura 5 - Planta baixa de disposição da primeira fiada do tijolo ecológico



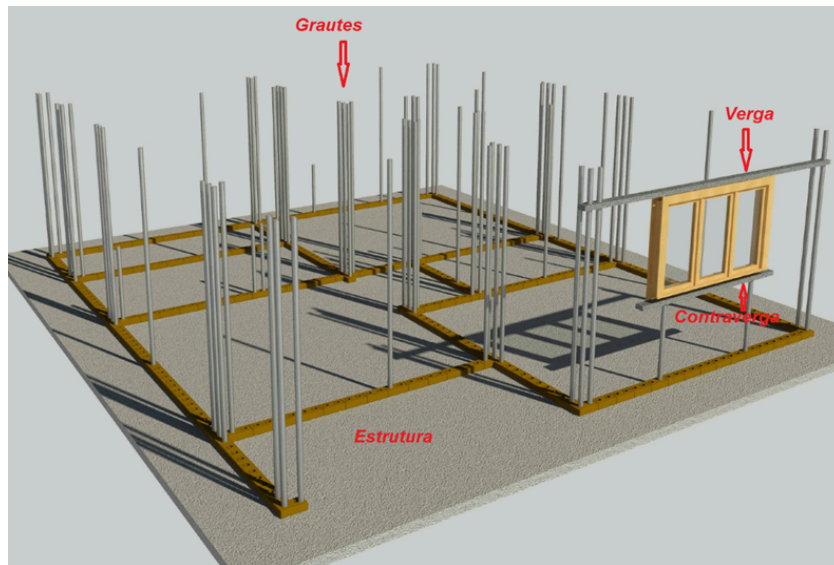
Fonte: Do autor (2024)

4.4 Estrutura da alvenaria com tijolo ecológico (radier, graute, verga e contraverga)

Para a execução deste projeto, optou-se pela fundação do tipo radier, que é conhecida por sua capacidade de distribuir uniformemente as cargas da estrutura ao solo, proporcionando uma base sólida e estável para a construção.

Os grautes, vergas e contravergas são elementos estruturais utilizados na alvenaria de tijolos solo-cimento, responsáveis por reforçar as aberturas como portas e janelas, garantindo a integridade e segurança da estrutura, figura 6.

Figura 6 - Planta fundação e estrutura, radier, grautes, verga e contraverga



Fonte: Do autor (2024)

Na sequência foram apresentados os cortes transversal e longitudinal. O corte transversal, corte (BB), é uma representação gráfica que mostra uma visão seccionada da estrutura ao longo de um plano horizontal. O corte longitudinal, corte (AA), é uma representação detalhada da construção ao longo de um plano vertical. Esses cortes são representados nas figuras a seguir.

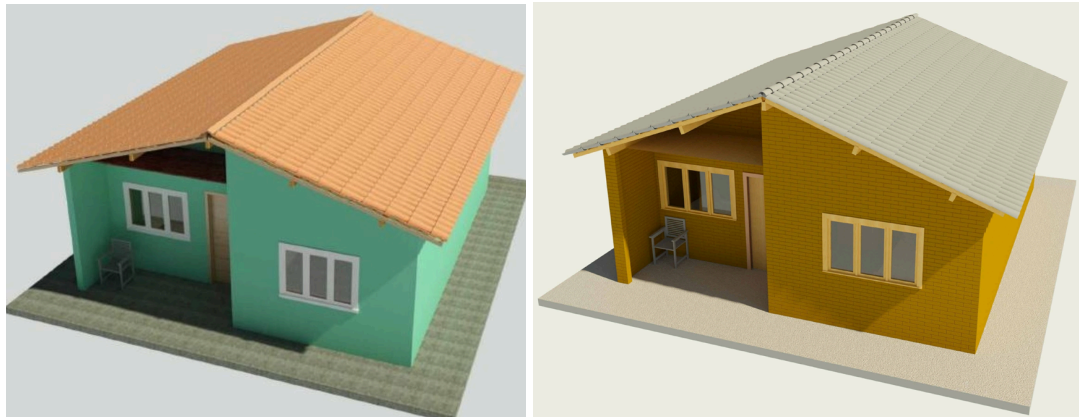
Figura 7 - Plantas arquitetônicas em cortes: AA e BB.



Fonte: Do autor (2024)

A seguir, plantas arquitetônicas em perspectivas das casas populares a serem construídas com tijolo convencional e ecológico. Estas plantas em perspectivas, facilitam a compreensão do espaço e das proporções do que será construído, fornecendo uma visão clara e realista do design do projeto proposto.

Figura 8 - Plantas arquitetônicas em perspectivas



Fonte: Do autor (2024)

A seguir planta humanizada para facilitar melhor a visualização dos cômodos e também detalhes dos móveis e utensílios da construção.

Figura 9 - Planta humanizada alvenaria tijolo solo-cimento



Fonte: Do autor (2024)

4.5 - Orçamento comparativo tijolo ecológico e tijolo convencional

A tabela foi elaborada de acordo com o projeto anterior, baseando-se no Autodesk Revit, software (Bim, Building Information Modeling), na SINAPI 2024 e preços em valores locais.

De acordo com os dados elencados na tabela comparativa a seguir, observa-se que, em comparação com o tijolo convencional, o tijolo ecológico apresenta superioridade em termos de eficiência econômica e técnica em diversas categorias construtivas. As vantagens são particularmente notáveis nos segmentos de infraestrutura, superestrutura, alvenaria e revestimento. A análise desses dados não apenas otimiza o orçamento de construção, mas também contribui para a melhora da qualidade estrutural e estética das edificações com tijolo ecológico.

Tabela 1 - Orçamento comparativo entre tijolo solo-cimento e o tijolo convencional

ITENS	DESCRIÇÃO	SOLO CIMENTO	TIJOLO CONVENCIONAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$5.350,00	R\$5.350,00
2	INFRA ESTRUTURAS	R\$17.230,99	R\$17.230,99
3	SUPER ESTRUTURAS	R\$17.970,26	R\$23.127,73
4	ALVENARIA	R\$12.342,65	R\$16.342,65
5	ESQUADRIAS	R\$7.739,55	R\$7.739,55
6	COBERTURA	R\$6.632,72	R\$6.632,72
7	INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	R\$3.486,33	R\$3.486,33
8	INSTALAÇÃO ELÉTRICA	R\$5.575,49	R\$5.575,49
9	REVESTIMENTO	R\$25.317,39	R\$34.317,39
10	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	R\$465,00	R\$465,00
TOTAL		R\$102.110,38	R\$120.267,85
ECONOMIA UTILIZANDO SOLO CIMENTO		R\$18.157,47	17,78%

Fonte: Do autor (2024)

A análise comparativa detalhada na tabela supracitada revela que a implementação do método construtivo inovador, que incorpora o uso de tijolo ecológico, resultou em uma diminuição significativa de custos, especificamente uma redução de 17,78% em comparação com as práticas construtivas convencionais. A redução de custos mencionada foi

especialmente evidenciada nas áreas de superestrutura, alvenaria e revestimentos. Além da economia, a adoção desses materiais sustentáveis também promove um impacto ambiental positivo. A utilização de tijolos ecológicos não só se alinha com o princípio de economia verde, mas também reforça o compromisso com a preservação ambiental, demonstrando ser uma estratégia vantajosa tanto do ponto de vista econômico quanto ecológico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tijolo solo-cimento, também conhecido como tijolo ecológico, é considerado ecologicamente correto por não passar pelo processo de queima, ao contrário do tijolo cerâmico. Essa característica evita a emissão de gases poluentes na natureza, reduz o consumo de energia e contribui para a preservação ambiental. Além disso, o descarte de materiais nas construções que utilizam o tijolo de solo-cimento é praticamente zero, o que reduz o desperdício nas obras.

Conforme indicado na tabela comparativa 1, o método construtivo com tijolo ecológico, apresentou uma economia de 17,78% em relação ao método convencional.

Além da economia financeira, o uso do tijolo ecológico traz outros benefícios significativos. Reduz praticamente a zero o desperdício e a geração de resíduos sólidos. Evita a necessidade de cortar paredes, pois as instalações elétricas e hidráulicas podem ser embutidas nos furos dos tijolos ecológicos. Além disso, oferece conforto térmico e acústico.

Comparando-o com o tijolo cerâmico convencional, o tijolo solo-cimento apresenta vantagens sustentáveis significativas devido ao seu processo de fabricação e à execução nas construções. Ele se mostra uma melhor alternativa de material para a construção, visando à diminuição dos impactos ambientais e ao aproveitamento eficiente dos recursos naturais no setor de construção civil.

Em relação ao custo, o tijolo ecológico demonstrou maior viabilidade, por não utilizar as fases de chapisco, reboco e pintura. Isso agiliza o processo construtivo, o que resulta em economia de materiais e de mão de obra.

Além disso, a ausência de revestimento contribui para a preservação de recursos naturais.

Em resumo, conclui-se que o tijolo de solo-cimento é o material mais adequado para a construção de uma casa popular, tanto do ponto de vista sustentável, quanto econômico. No

entanto, sua aplicação efetiva depende da conscientização da sociedade sobre a necessidade de adotar métodos construtivos menos prejudiciais ao meio ambiente.

ABSTRACT

This work addresses the topic of sustainable low-cost housing, emphasizing the development of an architectural project and the importance of affordable and ecologically responsible dwellings. The overall objective of this study was to evaluate the use of ecological bricks compared to traditional bricks as a viable option in architectural projects with a focus on sustainability. The assessment also considered the environmental performance of these constructions and proposed guidelines for their dissemination. For this analysis, we considered a residential project with an area of 56 square meters on a 100-square-meter plot, aligned with Brazilian social standards. A detailed survey was conducted on quantities, direct and indirect costs, as well as the execution time for the construction system. The results indicate that the main barriers involve a lack of financial resources, shortage of skilled labor, lack of awareness, ineffective public policies, and resistance to change. The evaluation of the environmental performance of sustainable low-cost houses addressed sustainability indicators, considering the life cycle and energy efficiency. The pursuit of sustainable solutions in the housing sector is a commitment to social justice, quality of life, and environmental preservation. Working towards sustainable low-cost housing is an important step in addressing global challenges related to housing and sustainability.

Keywords: Project. Low-cost houses. Sustainable. Barriers.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. (2018). **Avaliação do desempenho energético de casas populares sustentáveis**. Revista de Sustentabilidade Habitacional, 9(3), 52-67.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: **Tijolo de solo-cimento** — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: **Tijolo de solo-cimento** — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833 Versão Corrigida 2013: **Fabricações de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica** — Procedimento. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834 Versão Corrigida 2013: **Bloco de solo-cimento sem função estrutural** — Requisitos. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10836: **Bloco de solo-cimento sem função estrutural** — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

CARVALHO, M. (2021). **Diretrizes de disseminação de casas populares sustentáveis: uma abordagem personalizada**. Revista de Habitação e Sustentabilidade, 11(1), 27-42.

CICERI, Taillan. **Estudo comparativo de viabilidade econômica para uma edificação com bloco cerâmico, tijolo cerâmico maciço e tijolo de solo-cimento**. 2016. 89 f. Monografia – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

CORDEIRO, Cristine Ribeiro et al. **Sustentabilidade na fabricação do tijolo solo-cimento: estudo comparativo com blocos convencionais**. 72 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2017.

GOMES, A. (2020). **Barreiras para a construção de habitações populares sustentáveis**. Revista de Habitação e Sustentabilidade, 10(2), 45-58.

LIMA, M. (2018). **Resistência à mudança na construção de casas populares sustentáveis**. Cadernos de Arquitetura Sustentável, 8(1), 33-46.

LIMA, A. (2020). **Parcerias estratégicas na disseminação de casas populares sustentáveis**. Cadernos de Arquitetura Sustentável, 10(2), 63-76.

MOTTA, C. J., et al. **Tijolo de Solo Cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte: E-xata, 2014

NASCIMENTO, Álvaro Moraes et al. **Tijolo modular de solo-cimento como material na construção**. Revista InterScientia, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 187-202, 2018.

NASSI-CALÒ, L. **A ciência da sustentabilidade no panorama global**. SciELO em Perspectiva, 2015.

OLIVEIRA, J. (2017). **Políticas públicas e construção de habitações populares sustentáveis**. Revista de Desenvolvimento Sustentável, 7(3), 22-35.

PEREIRA, R. (2019). **Indicadores de sustentabilidade e avaliação de casas populares sustentáveis**. Revista de Engenharia e Meio Ambiente, 11(2), 37-50.

PIRES, Ilma Bernadette Aquino. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares**. 55 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Salvador, Salvador, 2014.

REIS, F. (2019). **Educação da comunidade como parte integrante das diretrizes de disseminação de casas populares sustentáveis**. Cadernos de Arquitetura Sustentável, 9(3), 41-56.

ROOS, A.BECKER, E. L. S. **Educação Ambiental E Sustentabilidade**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, vol. 05, no. 05, 2012, pp. 857 - 866.

SANTANA, Jefferson Rufino de; SILVA, Michelle Rodrigues da. **Comparativo de custos entre sistema de construções sustentáveis (solo-cimento) x sistema de construção convencional de concreto armado**. 2017. 23 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.

SANTOS, I. P. de O. TRINDADE JUNIOR, A. P. da; BOECHAT, L. P.; ALMEIDA, S. C. R. de; RODRIGUEZ, Z. L. L. **Perspectivas dos Estudos Interdisciplinares frente ao tema da Governança Ambiental e do Desenvolvimento Sustentável**. In: Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental, 02, 2016, São Paulo. Anais... SICAM. Disponível em: http://www.iee.usp.br/sites/default/files/Anais_SICAM_final1.pdf. Acesso em: 28 de junho de 2023.

SANTOS, M. (2019). **Falta de conhecimento sobre sustentabilidade na construção de habitações populares**. Revista de Engenharia e Meio Ambiente, 11(1), 56-68.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, A. G.; ALMEIDA, L. B. **Construção sustentável: uso de materiais reciclados na produção de tijolos ecológicos**. Revista Brasileira de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 194-204, 2020.

SILVA, T. C. R.; ANDRADE, M. S. **Sustentabilidade na construção civil: estudo sobre a utilização de energia solar fotovoltaica em edifícios residenciais**. Revista de Engenharia Civil, Fortaleza, v. 32, n. 2, p. 89-99, 2020.

SILVA, R. (2018). **Financiamento insuficiente para a construção de casas populares sustentáveis**. Revista de Sustentabilidade Habitacional, 9(4), 67-81.

SOUSA, J. (2020). **Avaliação do ciclo de vida de habitações populares sustentáveis**. Cadernos de Arquitetura Sustentável, 8(2), 61-74.

SOUZA, C. L.; LEMOS, C. S. TAVARES, D. A. **Sustentabilidade na construção civil: estudo sobre a utilização de telhados verdes em edifícios comerciais**. Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 48-63, 2021.

VIER, Lucas Carvalho et al. **Estudo de viabilidade econômica para substituição de bloco cerâmico por tijolo ecológico—estudo de caso1**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25, 2017, Ijuí. Anais... Ijuí: UNIJUÍ, 2017. p. 1 - 5.