

Artigo científico

## **Viabilidade ambiental, técnica e econômica acerca do tijolo solo-cimento na construção civil** Environmental, technical and economic feasibility of brick soil-cement in civil construction

Eliezio Nascimento Barboza<sup>1</sup>, Gilvania Pereira da Costa<sup>2</sup>, José de Carlos Batista<sup>3</sup>, Anelyse Esequiel de Lucena Neves<sup>4</sup>, Dalieva Lopes Alves<sup>5</sup>, Wallace Ruan Nobre Pereira<sup>6</sup>, Leonardo de Sousa Alves<sup>7</sup>, Samuel Hilário Brasileiro<sup>8</sup>, Willame Mendes da Silva<sup>9</sup> & Ana Emília Nascimento Lemos<sup>10</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: eliezio.nascimento.barboza05@aluno.ifce.edu.br;

Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: gilvania.pereira.costa09@aluno.ifce.edu.br;

<sup>3</sup>Engenheiro Civil e Professor da Faculdade Luciano Feijão. E-mail: j.carlosegurancadotrabalho@gmail.com;

<sup>4</sup>Advogada, graduada em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande, pós-graduanda em Direito Civil e Processo Civil pela Esa/PB. E-mail: annelyse.neves@gmail.com;

<sup>5</sup>Graduada em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande, Analista Judiciário do TJPB. E-mail: dalieva.analista@hotmail.com;

<sup>6</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Campina Grande. Email: walaceruan14@gmail.com;

<sup>7</sup>Engenheiro Agrônomo e Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: leo\_agro22@hotmail.com;

<sup>8</sup>Graduando em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: samuelbrasileiro3@hotmail.com;

<sup>9</sup>Lic. Plena em Letras - UFCG Cajazeiras. E-mail: willmendes2013@hotmail.com;

<sup>10</sup>Graduada em Nutrição pela Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande. E-mail: nemilia80@gmail.com

**Resumo-** O atual cenário mundial evidencia o problema da escassez de água, sendo estudo alternativas para suprir essa necessidade, como o reuso e alternativa do reaproveitamento de água. Diante desse contexto, o objetivo geral do estudo foi trazer à tona à problemática de escassez de água nos grandes centros urbanos, onde a demanda cada vez maior tende a suplantar a oferta e vem sendo grande motivo de alerta. Como alternativa para a economia do insumo é o seu reuso e alternativas que possam economizar o mesmo no conceito NZWB que vamos estimular durante o projeto. Com essa proposta, a metodologia do estudo, fundamentou-se em uma revisão bibliográfica, mediante análise descritiva e exploratória, com dados secundários, cujo principal instrumento de coleta de dados foram livros e artigos científicos, complementado com um estudo do conceito NZWB. No caso específico deste estudo, foram elaborados dois cenários: um cenário com edifício tradicional e outro com edifício Água Net Zero Ideal, prevendo o abastecimento com água de chuva, abastecimento de águas pluviais, abastecimento de água potável, abastecimento de água não potável, assim como também descarga de água cinza, descarga de água negra e água reutilizável. Assim sendo, ao final do estudo pode-se dizer que os resultados foram alcançados e que o conceito NZWB pode proporcionar diversos benefícios, não somente para sociedade, mas também para o meio ambiente.

**Palavras-chave:** net zero water building, aparelhos economizadores, construção sustentável.

**Abstract-** The current world scenario highlights the problem of water scarcity, and alternatives are being studied to meet this need, such as the reuse and alternative of water reuse. Given this context, the general objective of the study was to bring to light the problem of water scarcity in large urban centers, where the increasing demand tends to supplant the supply and has been a great reason for alert. As an alternative for the economy of the input is its reuse and alternatives that can save the same in the NZWB concept that we will encourage during the project. With this proposal, the study methodology was based on a bibliographic review, through descriptive and exploratory analysis, with secondary data, whose main data collection instrument were books and scientific articles, complemented with a study of the NZWB

Aceito para publicação em: 25/08/2022 e publicado em 26/01/2023.

concept. In the specific case of this study, two scenarios were developed: one with a traditional building and another with Água Net Zero Ideal building, providing for the supply of rainwater, rainwater supply, drinking water supply, non-potable water supply, as well as as well as gray water flush, black water flush and reusable water. Therefore, at the end of the study it can be said that the results were achieved and that the NZWB concept can provide several benefits, not only for society, but also for the environment.

**Keywords:** net zero water building, saving devices, sustainable construction.

## 1. INTRODUÇÃO

Concomitantemente ao crescimento populacional, ao processo de urbanização e ao desenvolvimento socioeconômico do Brasil, tem ocorrido o progresso da construção civil no país. No entanto, tal fato resulta em diversos danos no aspecto ambiental, tais como: desmatamentos, degradação da qualidade do ar, perda da biodiversidade, redução das áreas permeáveis do solo, aumento da temperatura global, enchentes, ilhas de calor, dentre outros (MITIDIERI, 2009).

Sob este ponto de vista, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2020), a indústria da construção é um dos setores de atividades humanas que mais causam impactos ao meio ambiente, devido ao elevado índice de geração de resíduos, consumo de recursos naturais e utilização de energia de forma intensa.

Segundo Calvi (2018), diante dos problemas ambientais notados nos últimos tempos, os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável têm conquistado espaço na indústria da construção civil, a qual vem buscando adaptar-se aos padrões de preservação ambiental. Para tanto, o setor construtor está investindo na utilização de novas práticas, metodologias, materiais e sistemas construtivos que promovam a execução de obras com menores impactos ambientais e proporcionem qualidade ao produto final com uma boa relação de custo-benefício.

Neste contexto é pertinente a adoção de soluções ecológicas que permitam o uso dos recursos naturais de forma inteligente, para que as necessidades da geração atual sejam atendidas sem que haja prejuízo para a sobrevivência das gerações futuras. Posto isto, dentre as soluções ecológicas da construção civil, consta o tijolo de solo-cimento ou tijolo ecológico, um material que, como o próprio nome indica, é fabricado através da mistura de solo, cimento e água (TAVEIRA et al, 2016).

Todavia, quando comparado aos tijolos cerâmicos convencionais, o tijolo de solo-cimento apresenta baixo uso nos canteiros de obras do Brasil, apesar de permitir uma notável redução dos impactos ambientais e propiciar construções de elevada durabilidade, com conforto térmico e facilidade de execução (SILVA et al, 2018).

Diante de tais circunstâncias, o presente estudo apresentará o processo construtivo com aplicação do tijolo de solo-cimento, abordando a viabilidade técnica e econômica de utilização deste material como uma prática capaz de unir a construção civil à sustentabilidade. A escolha do tema proposto justifica-se pelo fato de que a construção civil tem sido considerada vilã no quesito ambiental, devido ao alto consumo de recursos naturais, índices elevados de geração de resíduos, desmatamentos, alterações no solo, etc. Além disso, é considerável destacar

que o processo produtivo dos tijolos cerâmicos tradicionalmente utilizados na alvenaria, incluem a queima destes, o que resulta no desmatamento para a obtenção de lenha e na emissão do Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, um composto químico gasoso que pode desequilibrar o efeito estufa do planeta.

Neste cenário, pode-se notar a relevância da realização de estudos que abordem soluções ecológicas para o segmento construtor, visando atender aos padrões de desenvolvimento sustentável. Sendo assim, pretendendo amenizar os prejuízos ambientais ocasionados em consequência das obras, enquadra-se o tema do tijolo de solo-cimento, um produto ecológico e alternativo aos tijolos habitualmente utilizados. Perante o exposto, para argumentar a incorporação do tijolo de solo-cimento em construções, torna-se pertinente abordar o processo construtivo com a aplicação deste material, indicando também sua viabilidade técnica, econômica e ambiental.

## 2. METODOLOGIA

Foi desenvolvido uma revisão de literatura a partir de publicações em forma de artigos científicos encontrados em periódicos científicos, utilizando as seguintes palavras-chave: “Tijolo ecológico”, “Bloco de concreto”, “Viabilidade ambiental”, “Viabilidade técnica” e “Viabilidade econômica”. Para organizar as informações dos trabalhos selecionados da base dados, foi utilizada a leitura flutuante dos títulos e resumos dos trabalhos bem como os resultados apresentados.

O principal critério de exclusão de artigos está relacionado ao tempo da publicação, visto que apenas obras mais recentes são bem-vistas no meio científico. A ordem de prioridade para a escolha de trabalho foi: (i) artigos publicados em periódicos internacionais; (ii) artigos publicados em periódicos nacionais reconhecidos; (iii) livros publicados por bons editores; (iv) teses e dissertações; (v) anais de conferências internacionais; (vi) anais de conferências nacionais.

Os artigos foram selecionados de acordo com o tema principal e a adequação deles ao foco da pesquisa, que priorizou os seguintes critérios de inclusão: ter como tema principal a viabilidade ambiental, técnica e econômica dos tijolos ecológicos em detrimento dos blocos de concreto; ter sido publicado nos últimos 10 anos; não há restrição quanto ao idioma; sem objeção ao tipo da pesquisa, desde que o seu tema se adequasse ao presente trabalho. Os critérios de exclusão envolveram os trabalhos que se repetiam, artigos noticiosos, textos em resenhas, artigos não indexados, opiniões, editoriais ou manuais.

Operacionalmente, foi adotada para a análise de dados a Análise Temática de Conteúdo, informações que segundo Minayo (2013), desdobram-se nas etapas pré-

análise, exploração do material ou codificação e tratamento dos resultados obtidos/ interpretação. Este método de análise de dados constitui uma metodologia de pesquisa amplamente utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajudando a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Viabilidade ambiental

A seleção de um método de construção eficiente em termos de materiais de construção deve ter um impacto efetivo na conservação do meio ambiente. A escolha de um determinado material de construção pode ter múltiplos efeitos sobre sua pegada de carbono de teor energético e a qualidade ambiental (UDAWATTHA; HALWATURA, 2016).

É crescente na necessidade de incorporar a sustentabilidade nos processos de produção, porém, ainda hoje é um dos maiores desafios enfrentados pelas construções e, neste sentido, estão sendo desenvolvidos materiais de construção alternativos para mitigar os impactos ambientais e atender desenvolvimento sustentável, padrões de produção e consumo. A escassez de recursos naturais e a geração de resíduos sólidos sem a disposição final adequada é uma preocupação mundial, e isso permite a viabilidade ecológica de sistemas de construção, que incentivam a sustentabilidade (SILVA et al, 2021).

Os blocos de cimento-solo representam uma solução para estes problemas ambientais, tendo em vista que são facilmente fabricados por um processo que não requer queima, diminui a quantidade de cimento utilizado, e ainda permite a incorporação de materiais residuais em sua composição (SILVA et al, 2021).

Dessa forma, os tijolos ecológicos são atraentes para a construção de moradias, especialmente em países em desenvolvimento, resultado da mistura de solo arenoso, cimento e água em proporções predeterminadas, e apresentam bom desempenho termoacústico, além de resistentes, duráveis e baratos. Além disso, os tijolos de cimento do solo não precisam ser disparados, pois, são automontados e dispensam o acabamento, consequentemente, economizando materiais (BARROS et al, 2020).

Sendo assim, é uma realidade para construções de baixo custo, representando uma alternativa alinhada ao desenvolvimento sustentável. Pois, requer baixo consumo de energia para a extração de matérias-primas, elimina o processo de queima e reduz a necessidade de transporte, tendo em vista que os tijolos podem ser produzidos com o solo a partir do local de trabalho (NASCIMENTO et al, 2021).

Logo, percebe-se a viabilidade da utilização do tijolo solo cimento em detrimento do bloco de concreto. Como apresentado anteriormente, o tijolo de solo cimento como o próprio nome sugere consiste na mistura de terra, cimento e água, sendo sua proporção de cimento de apenas 10%. Apenas a baixa utilização de cimento no processo já

poderia ser considerado um motivo para que esse tipo de tijolo seja considerado ecológico, no entanto, ainda assim, não há queima em seu processo de fabricação, garantindo baixa emissão de poluentes atmosféricos que contribuem para o efeito estufa, como o CO<sub>2</sub> (VILELA et al, 2020).

Além disso, devido à maior resistência e ao método construtivo, a quantidade de resíduos gerada durante a execução de obras com os tijolos ecológicos é consideravelmente menor do que em obras com uso dos tijolos cerâmicos. Este fato influencia na viabilidade ambiental deste material, uma vez que a construção civil é um dos segmentos que mais produzem resíduos em todo o mundo.

Neste sentido, o tijolo ecológico é um material que promove a redução do impacto ambiental, minimizando a geração de resíduos e a ocorrência de desperdícios, quando comparados à alvenaria convencional, sendo considerado uma proposta de solução ecológica para a construção civil. Referente aos aspectos ambientais do bloco de concreto, a principal desvantagem está relacionada a falta de sustentabilidade no processo de fabricação. A fabricação de blocos de concreto contribui fortemente para a degradação ambiental. Um forno emite cerca de 70-282 g de dióxido de carbono, 0,001-0,29 g de carbono negro, 0,29-5,78 g de monóxido de carbono (CO) e 0,15-1,56 g de material particulado por quilograma de tijolos disparados, dependendo do tipo de forno e combustível utilizado. Além do mais, consome cerca de 0,54-3,14 MJ de energia específica por quilograma de tijolos produzidos, dependendo do tipo de forno e combustível (BARROS et al, 2020).

#### 3.2 Viabilidade técnica

Referente a viabilidade técnica, Sabino, Barbosa e Oliveira (2018) afirmam que pelos encaixes que o tijolo ecológico permite, o alinhamento e o prumo da parede são realizados rapidamente. Consequentemente, há uma rapidez na obra. Isso acontece devido os tijolos de solo-cimento possuírem precisão dimensional, levando menos tempo para serem assentados e economizando com correções de prumo e mão-de-obra (PENTEADO; MARINHO, 2011).

O tijolo ecológico pode ser montado por encaixe, assentando-se um sobre o outro, promovendo o assentamento e o tempo de execução e reduzindo a quantidade de argamassa ou cola empregada. O peso das alvenarias é reduzido, consequentemente, diminui a quantidade de materiais utilizados em estruturas. Tendo em vista que esse tijolo possui dois furos, melhora o isolamento termoacústico, pois, os furos formam uma espécie de “câmaras de ar” no ângulo das alvenarias (MOTTA et al, 2014).

Outro benefício é o conforto térmico, ocasionado pela sua alta inércia térmica (BARBOSA; OLIVEIRA, 2018). Fiais e Souza (2017) corroboram ao afirmar que em dia com menor temperatura interna, permanece mais elevada que no ambiente externo, no calor proporciona sensação de frescor.

Além disso, no que se refere ao isolamento acústico, reduz os ruídos externos. De acordo com Silva et al (2021), a argila e densidade no bloco solo-cimento

influencia diretamente o aumento da condutividade térmica do material. A alvenaria não queimada tem um alto potencial para regular sua umidade interna, e os edifícios de terra higroscópicos são caracterizados pela manutenção de temperaturas internas confortáveis. A respeito da viabilidade técnica, como relatado anteriormente, o tijolo de solo-cimento possui resistência mínima igual a 2,0 MPa, o que representa o dobro de resistência dos tijolos cerâmicos. Logo, este material apresenta menos suscetibilidade à ocorrência de quebras durante o manuseio ou aparecimento de trincas e fissuras.

Aliás, o processo construtivo com uso dos tijolos ecológicos é simples, podendo ser assimilado facilmente. E diferentemente das construções tradicionais, a alvenaria com tijolos ecológicos dispensa o uso de formas para compor as cintas e os pilares da estrutura. No entanto, é preciso destacar que este tipo de construção deve contar com profissionais qualificados, de modo a assegurar a qualidade do serviço. Ainda sob a perspectiva técnica, os tijolos de solo cimento, quando comparados às construções de alvenaria de tijolos cerâmicos, atendem similarmente às condições mínimas de habitabilidade e conforto, além de não propiciarem as instalações e proliferações de insetos nocivos à saúde pública.

Neste cenário, devido à existência de orifícios nos tijolos ecológicos, ocorre o isolamento acústico e térmico, o que possibilita tanto o aquecimento quanto o resfriamento da edificação, de acordo com as variações climáticas. Estes furos também propiciam a evaporação do ar, evitando a formação de umidade nas paredes. Analisando o processo construtivo com o uso dos tijolos ecológicos, é possível notar que há uma redução no tempo de construção em aproximadamente 30% quando posto em relação à alvenaria convencional, devido aos encaixes dos tijolos, que propiciam o alinhamento e prumo da parede. Ademais, como as instalações são executadas concomitantemente, não existem retrabalhos.

A boa durabilidade e resistência se dá pela mistura do cimento com o solo, garantindo essas características, bem como boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade e baixo índice de retração volumétrica (SANTOS; OLIVEIRA; MARQUES, 2012). Outrossim, a utilização de tijolos de solo-cimento apresenta uma redução de aproximadamente 30% nas emissões de CO<sub>2</sub> comparado com tijolo cerâmico e bloco de concreto (SILVA et al, 2022).

Verifica-se que, dentre os aspectos técnicos, a principal desvantagem está na falta de mão de obra especializada, bastante escassa em várias regiões do país. Consolidando o que foi apresentado, em uma pesquisa com objetivo de apresentar um método de construção com tijolo ecológico e proporcionar a conscientização ambiental para mão de obra e consumidores na região de São João Del-Rei, Melo, Reis e Borges (2021) verificaram que grande parte dos profissionais que atuam na construção civil na cidade possui conhecimento sobre o produto, porém, poucos trabalham esses tijolos devido à qualidade do mesmo e a falta de mão de obra qualificada.

Outrossim, no que se refere aos blocos de concreto, verifica-se que sua viabilidade está baseada apenas na técnica, tendo em vista que a econômica e ambiental do tijolo ecológico é superior. Os blocos de concreto são feitos de concreto e sua matéria-prima é brita;

pedra e areia que são misturados com cimento para formação do concreto. São produzidos de diversos tamanhos, com formato de paralelepípedo e dois furos grandes na vertical e possui diversas finalidades, como construção de paredes, muros e, pode ter função estrutural (RASI et al, 2020).

Silva et al (2016) afirmam que essa tecnologia possui diversas vantagens, especialmente na execução, em que há uma redução de mão de obra (apesar de necessitar de mão de obra mais bem especializada), bem como menor desperdício (tendo em vista à existência de diversos módulos de bloco, sendo possível certa modulação ainda em fase de projeto) e redução de gastos com revestimento. Além disso, com a utilização dos blocos de concreto é possível reduzir de forma considerável a mão de obra empregada, bem como o tempo de execução e, por conseguinte, o valor final da obra (TEIXEIRA; DARÉ, 2015).

Dessa forma, resumidamente, quando se compara com outros materiais obsoletos, os blocos de concretos reduzem os custos de mão de obra no local de trabalho, pois, necessita de menor quantidade e acelera o processo de construção e economiza cimento e aço. Esses blocos reduzem o peso natural das estruturas de alvenaria, ao mesmo tempo, em que melhoram as qualidades físicas da parede, como ruído e isolamento térmico.

Outra desvantagem citada pelos autores é na remoção de paredes, limitando, assim, a flexibilidade na construção e em futuras reformas. Além disso, há necessidade de mão de obra qualificada, tendo em vista que os blocos de concreto exigem um controle maior no prumo e alinhamento.

### 3.3 Viabilidade econômica

Além disso, no que se refere a viabilidade econômica, o tijolo solo-cimento é feito através do uso de solo, um material encontrado em abundância na natureza, além de água e cimento, por esta razão é chamado de tijolo ecológico. Santana et al (2013) verificaram que a quantidade de tijolos necessários para a construção de uma área de 60 m<sup>2</sup> é de 1500 unidades para o tijolo convencional e 3420 de tijolos ecológicos, tendo em vista que o tamanho do tijolo solo-cimento é menor.

Vale destacar que a cada 1000 tijolos ecológicos equivale a 2,5m<sup>3</sup> de entulhos da construção civil, que pode ser empregado no processo produtivo, equivalendo a 150 m<sup>3</sup> retirados de resíduos de construção civil por mês. Lima (2013) em um estudo com objetivo de desenvolver, experimentar e avaliar o uso de tijolo ecológico em vedações edificações de interesse social, comparou a viabilidade econômica fundamentando-se na execução de uma parede de 2,70 metros de altura por 3,00 metros de comprimento.

A pesquisadora demonstrou que, não obstante, a quantidade de tijolos utilizados e o seu custo como componente da construção da alvenaria é maior que o bloco de concreto, o custo final foi cerca de 27 % menor. A autora afirma que isso acontece devido à redução de desperdício; a economia com revestimento interno, como chapisco, emboço e reboco; bem como economia na quantidade de argamassa para assentamento.



De acordo com Silva (2015), em uma comparação do tijolo solo-cimento com blocos de concreto, o m<sup>2</sup> de bloco de concreto é de R\$75,03 e o tijolo ecológico R\$38,09/m<sup>2</sup>, ou seja, 50,77 % mais barato, tornando o seu uso viável.

No que se refere as desvantagens dos aspectos econômicos, verificou-se que a principal está relacionada com a dificuldade em comprar os materiais. Em relação à falta de empresas que fabricam e vendem o tijolo ecológico, Freitas (2020) verificaram que no ato da compra de materiais de construção de tijolo para obra, as lojas nem sequer oferecem o tijolo ecológico como opção.

Os autores justificam pela falta de conhecimento dos profissionais sobre as vantagens desse tipo de material, especialmente no que se refere a sustentabilidade. Sendo assim, verifica-se que apesar das desvantagens, sua funcionalidade, o conforto térmico, a praticidade, a rapidez da construção, a economia e a sustentabilidade envolvida, faz com que o uso do tijolo solo-cimento seja viável hoje em dia, principalmente quando se analisa o custo e o elevado índice de desperdício de materiais dos blocos de concretos.

No Estado do Paraná, por exemplo, o preço de mercado do milheiro de tijolos de solo-cimento é de R\$ 550,00, o de blocos cerâmicos é cerca de R\$ 1.310,00 e o (PENTEADO; MARINHO, 2011). Ou sejam a utilização do tijolo ecológico significa uma economia de quase 58% em comparação ao emprego dos blocos cerâmicos, por exemplo. Ao comparar com os blocos de concreto a diferença é ainda maior, apresentando uma economia de quase 80%.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi elaborado com o intuito de apresentar a viabilidade ambiental, técnica e econômica dos tijolos ecológicos para conciliar a construção civil ao desenvolvimento sustentável. É notável que o aspecto de maior destaque em relação ao sistema construtivo com tijolos de solo-cimento é a redução de tempo e de desperdícios. Isto ocorre devido ao fato de que através do planejamento detalhado da construção, este sistema proporciona linhas de produção contínuas, com a capacidade de não desperdiçar tempo, materiais e mão de obra.

Através da pesquisa realizada, é perceptível que o processo executivo de edificações com os tijolos ecológicos não é uma prática inovadora, onde o desenvolvimento de uma construção se dá por meio de um procedimento mais simples e preciso, quando comparado ao sistema tradicional.

Contudo, é relevante salientar que a mão de obra deve ser devidamente treinada, tendo em vista que existem diversos detalhes que diferem do método convencional, exigindo qualificação e atenção.

No que tange a viabilidade, o sistema construtivo com uso de tijolos de solo-cimento apresenta diversos pontos favoráveis, dentre as quais merecem destaque a resistência dos tijolos, a não necessidade de queima, a otimização do cronograma, a redução do uso de mão de obra, a minimização do desperdício de materiais e a consequente baixa produção de resíduos.

Logo, considerando a associação destes fatores, apesar do tijolo ecológico apresentar um maior custo por m<sup>2</sup>, há um equilíbrio de preços entre construções com o tijolo cerâmico e com o tijolo de solo-cimento. Sendo assim, além de contribuir para um desenvolvimento mais sustentável, os tijolos de solo-cimento são tecnicamente e economicamente viáveis.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050/2015**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

BARROS, Maicon Martins et al. Tijolos ecológicos de resíduos de pedra de dimensão e resina de poliéster. **Materiais de Construção e Construção**, v. 232, p. 117252, 2020.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.833:2013** - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento.

ABNT. Rio de Janeiro, 2013. BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1:2017** – Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.491** – Tijolo de Solo Cimento – Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. MMA, Brasília: 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/planejamento-ambiental-territorialurbano/urbanismosustentavel/constru%C3%A7%C3%A3osustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 23 mai. 2022.

CALVI, L. F. H. **Sustentabilidade na Construção Civil**: Estudo de Caso de Uma Organização Não Governamental. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2018.

CAMPOS, Roger Francisco Ferreira; WEBER, Eduardo; BORG, Tiago. Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. **Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação**, v.12, n.3, p.1-17, 2017.

CASTRO JORDAN, Anelise; FREITAS, Vitor Abbade. Aplicações do tijolo ecológico na construção civil. **Encontro de Iniciação Científica**, v. 14, n. 14, 2018.

DUNEL, Maria Paula. **Avaliação do desempenho térmico de tijolos ecológicos em Aracaju/SE por meio de simulação computacional**. 2020. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, 2020.

FIAIS, Bruna Barbosa; DE SOUZA, Daniel Sarto. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 1, 2017.

FRANÇA, Danilo De Araújo; SIMÕES, Marina Teixeira. **Tijolo Solo-Cimento**: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais. 2018. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso – UNIEVANGÉLICA, 2018.

FREITAS, Karlla Roberta Givisiez. **Estudo sobre a aplicabilidade do tijolo ecológico na cidade de Manhumirim e região**. 2021. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Unifacig, 2021.

HASHIGUTI, Akemy Alyne. **Estudo sobre alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

HEREDIA, Pamela Penha; PIMENTA, Luiz Cláudio. **Viabilidade técnica do sistema construtivo light steel framing**: vantagens e desvantagens. 2018. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário de Belo Horizonte, 2018.

LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira. **Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento**: caracterização para uso em edificações. 2013. 107 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8ª Edição. Editora: Atlas. São Paulo, 2017.

MARTINS, Débora Fernanda; LEME, Mariane Alves de Godoy. Avaliação de custos e qualidade de dois materiais considerados sustentáveis na construção civil. **Caderno de Estudos e Pesquisas**, n. 14, p. 22-41, 2019.

MARTINS, Gustavo Henrique Almeida; MILAGRES, Marcus Vinícius; ROSA, Derival das Graças Martins. Alvenaria estrutural: análise sobre a empregabilidade de blocos de concreto celular autoclavados. **Revista Petra**, v. 4, n. 2, 2019.

MELO, Joyce Aparecida; REIS, Júlia Silva; BORGES, Mayara Haddad. Resíduo da construção civil: um estudo sobre o produto tijolo ecológico na percepção de consumidores e mão de obra especializada em São João Del-Rei. In: **Anais do Congresso de Pesquisa e Extensão do UNIPTAN**, p. 156-174, 2021.

MITIDIERI, T. Da C. **Construção de Futuro e Sustentabilidade**. Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Tese. Florianópolis, 2009.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva et al. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade

econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **e-xacta**, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

NASCIMENTO, Elvia Soraya Santos et al. Tijolo de cimento de solo com reutilização de resíduo de corte de granito. **Journal of Cleaner Production**, v. 321, p. 129002, 2021.

NASCIMENTO, F. P. **Metodologia da Pesquisa Científica**: Teoria e Prática – Como Elaborar TCC. Editora: Thesaurus. Brasília: 2016.

OLIVEIRA, Douglas José Tenório Martins de et al. Uso de blocos de concreto na construção civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 3, n. 2, p. 103-118, 2016.

OLIVEIRA, Isabela Pinheiro; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; DURANTE, Luciane Cleonice. Blocos de concretos fabricados com incorporação de resíduos sólidos: Uma revisão sistemática. **ES Engineering and Science**, v. 9, n. 3, p. 36-57, 2020.

PENTEADO, Priscilla Troib; MARINHO, Raquela Cruz. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos**: alvenaria de solo-cimento, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular. 2011. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

RASI, José Roberto et al. Análise das reações nas estacas em bloco de concreto considerando a interação solo-estrutura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41410-41425, 2020.

REIS, Gabriela Damasceno; NEGREIROS, Natalia Felix; CANETOMI, Thaís Hitomi. Uso de resíduos da construção civil na fabricação de tijolos solo-cimento. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 9, n. 16, 2016.

SABINO, Bianca Drielly Barbosa; BARBOSA, Marina Bernardes; OLIVEIRA, Rodrigo Coladello. Tijolo solo-cimento: uma medida sustentável e econômica. **Encontro de Iniciação Científica**, v. 14, n. 14, 2018.

SANTANA, Josiane do Espírito Santo et al. Tijolo ecológico versus tijolo comum: benefícios ambientais e economia de energia durante o processo de queima. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, v.4, n. 1, p.1-5, 2013.

SANTOS, Kellyane dos; OLIVEIRA, Fernanda Kelly Guedes de; MARQUES, Sheyla Karoline Justino. Avaliação das propriedades mecânicas dos tijolos ecológicos formulados com resíduos cerâmicos. **CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, v.7, n.1, p. 1-7, 2012.

SEGANTINI, Antonio Anderson Silva; WADA, Patrycia Hanna. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com

adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011.

SILVA, Blaine Alves da. **Estudo de mistura solo cimento agregado reciclado de telhas cerâmicas para fabricação de blocos para alvenaria**. 2015. 279 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

SILVA, Bruno Sanches et al. Tijolo de solo-cimento: incorporação de resíduos e viabilidade na construção civil no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-12, 2022.

SILVA, L.; SANTOS, G. N.; SAVARIS, W. K. Tijolo solo-cimento: Fabricação e Utilização em Construções que Visam o Equilíbrio Ambiental. **Rev. Conexão Eletrônica-Três Lagoas, MS**, v. 15, n. 1, 2018.

SILVA, Laíce José et al. O uso de tijolos ecológicos na prática de sustentabilidade: o caso da ong ação Moradia em Uberlândia/MG. **Revista de Extensão da UNIFIMES**, v. 1, n. 1, p. 73-91, 2021.

SILVA, Tulane Rodrigues et al. Soil-cement blocks: a sustainable alternative for the reuse of industrial solid waste. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, v. 56, n. 4, p. 673-686, 2021.

SOUZA, Ivan Ulisses Lara. Alvenaria sustentável com utilização de tijolos ecológicos. In: **Jornada Científica e Tecnológica e Simpósio da Pós-Graduação**, v.5, n.2, 2013.

SOUZA, Micael Felipe de; SORIANO, Julio; PATINO, Marco Tulio Ospina. Resistência à compressão e viabilidade econômica de blocos de concreto dosado com resíduos de tijolos cerâmicos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

TAVEIRA, E. S. N. et al. **Produção de Tijolos de Solo-Cimento**. Cartilha. Editora: UNIMEP.

Piracicaba, 2016. TEIXEIRA, Urian Souza; DARÉ, Mônica Elizabeth. **Estudo da produtividade da mão de obra em alvenaria estrutural com blocos de concreto, para edificações verticais com tipologia PP-B**. 2016. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2016.

UDAWATTHA, Chameera; HALWATURA, Rangika. Embodied energy of mud concrete block (MCB) versus brick and cement blocks. **Energy and Buildings**, v. 126, p. 28-35, 2016.

VILELA, Alan Pereira et al. Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste. **Construction and Building Materials**, v. 262, p. 120883, 2020.