



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS

CURSO DE INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

MATHEUS LUCAS DA SILVA

**INTERFERÊNCIA DO RESÍDUO CERÂMICO NA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO – UM ESTUDO NA LITERATURA**

ANGICOS/RN

2023

MATHEUS LUCAS DA SILVA

**INTERFERÊNCIA DO RESÍDUO CERÂMICO NA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO – UM ESTUDO NA LITERATURA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel no Curso de Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia.

Orientadora Prof (a) Dra: Marcilene Vieira da Nóbrega

ANGICOS/RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586i Silva, Matheus Lucas.
Interferência do resíduo cerâmico na resistência
à compressão do tijolo ecológico - um estudo na
literatura / Matheus Lucas Silva. - 2023.
38 f. : il.

Orientadora: Marcilene Vieira Nóbrega.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. Tijolo ecológico. 2. Cerâmica vermelha. 3.
Resíduos. 4. Resistência à compressão. I. Nóbrega,
Marcilene Vieira, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MATHEUS LUCAS DA SILVA

**INTERFERÊNCIA DO RESÍDUO CERÂMICO NA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO – UM ESTUDO NA LITERATURA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel no curso de interdisciplinar em ciências e tecnologia.

Defendida em: 13 / 10 / 2023

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

MARCILENE VIEIRA DA NOBREGA

Data: 19/10/2023 14:59:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcilene Vieira da Nóbrega

Presidente



Documento assinado digitalmente

JOSELITO MEDEIROS DE FREITAS CAVALCANTE

Data: 17/10/2023 08:47:55-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante

Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

NUBIA ALVES DE SOUZA NOGUEIRA

Data: 18/10/2023 21:49:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Núbia Alves de Souza Nogueira

Membro Examinador

Dedico esse trabalho a minha mãe (in memoriam), família e irmãos em Cristo que me deram suporte e incentivo para que tudo isso pudesse ser realizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu Senhor, que em todo tempo esteve e está me sustentando e capacitando a alcançar aquilo que Ele tem reservado para mim.

Agradeço aos irmãos da minha amada igreja que se lembraram de mim em suas orações.

Agradeço aos familiares e amigos mais próximos que sempre que possível me incentivaram de alguma forma.

Agradeço a minha orientadora Marcilene Vieira da Nóbrega, que de maneira gentil e paciente me direcionou na elaboração desse trabalho.

Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.

Romanos 8:28

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo principal, analisar por meio de estudos na literatura, a resistência a compressão de tijolos ecológicos produzidos a partir do uso de resíduos da cerâmica vermelha em sua composição. O descarte desses resíduos, tem sido feito muitas das vezes de forma irregular e até mesmo de maneira irresponsável por aqueles que fazem o uso de materiais de cerâmica vermelha em obras de edificações - colocando grande parte desses resíduos sólidos em lugares indevidos, ocasionando consideráveis degradações ambientais. Sendo assim, a confecção do tijolo ecológico, traz consigo um caráter sustentável e grandes vantagens para o meio ambiente e para as construções que optarem por fazerem o seu uso. De maneira analítica, pretende-se observar algumas propriedades mecânicas do tijolo ecológico, em especial a Resistência a Compressão - quando adicionado resíduos de cerâmica vermelha em sua composição. Expor analiticamente as principais interferências que esses resíduos cerâmicos possam causar nessa propriedade. A literatura abalizou que os resíduos de cerâmica vermelha podem interferir na resistência a compressão de maneira insignificante, sem causar grandes mudanças nas propriedades físicas e mecânicas dos tijolos, pois a média de resultados dos ensaios em sua maioria, não alcançaram a resistência mínima de 2,0 MPa estabelecido pela NBR 8491:2012.

Palavras-chave: Tijolo ecológico, cerâmica vermelha, resíduos, resistência a compressão.

ABSTRACT

The main objective of the research is to analyze, through studies in the literature, the compressive strength of ecological bricks produced from the use of red ceramic waste in their composition. The disposal of this waste has often been done irregularly and even irresponsibly by those who use red ceramic materials in building works - placing a large part of this solid waste in inappropriate places, causing considerable environmental degradation. Therefore, the manufacture of ecological brick brings with it a sustainable nature and great benefits for the environment and for the buildings that choose to use it. In an analytical way, we intend to observe some mechanical properties of the ecological brick, in particular the Compressive Resistance - when red ceramic waste is added to its composition. Analytically expose the main interferences that these ceramic residues may cause in this property. The literature suggests that red ceramic waste can interfere with the compressive strength in an insignificant way, without causing major changes in the physical and mechanical properties of the bricks, as the average test results mostly did not reach the minimum strength of 2.0 MPa established by NBR 8491:2012.

Keywords: Ecological brick, red ceramic, waste, compressive strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resíduos de construção civil.....	14
Figura 2 – Tijolo ecológico	16
Figura 3 - Fabricação do tijolo solo-cimento.....	16
Figura 4 – Tijolo maciço de solo-cimento.....	21
Figura 5 – Tijolo vazado de solo-cimento	21
Figura 6 – Resíduos de cerâmica vermelha	24
Figura 7 – Peças que não atenderam o padrão de comercialização.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos e dimensões nominais.....	20
Tabela 2 – Média dos resultados do ensaio de Resistência a Compressão.....	30
Tabela 3 – Resistência Média das misturas	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Sustentabilidade.....	14
2.2.1 Considerações gerais	15
2.2.2 Propriedades mecânicas.....	17
2.2.2.1 Resistência à compressão	18
2.2.2.2 Absorção de água.....	19
2.2.2.3 Compactação e umidade ótima	19
2.2.2.4 Dimensões	20
2.3 Tijolo ecológico fabricado com resíduos cerâmicos.....	22
2.3.1 Resíduos cerâmicos.....	22
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
6. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Diante do notável crescimento da construção civil no Brasil e no mundo, o tijolo cerâmico passou a ser um dos materiais mais importantes e utilizados em empresas e indústrias desse segmento. Os materiais cerâmicos em geral, são produtos indispensáveis neste setor, porém, seu uso em larga escala gera uma quantidade significativa de resíduos, abrangendo desde o processo de fabricação até sua aplicação final na obra.

Em meio a essa realidade alarmante, tem sido consideradas medidas para reaproveitar esses resíduos procedentes em sua maioria de indústrias de cerâmica e canteiros de obras. E como forma de minimizar a quantidade de descarte destes no meio ambiente, estudos já propõe utilizar esses resíduos como parte constituinte de materiais de construção. Uma dessas aplicações consiste em agregar resíduos de cerâmica vermelha no traço do tijolo ecológico.

O tijolo ecológico é um material que vem sendo amplamente empregado na construção, produzido a partir de uma combinação de terra, cimento e água. Nesse processo, o cimento corresponde a 10% da massa total da mistura, tornando-o uma opção sustentável para a construção.

Devido ao seu significativo potencial sustentável, o tijolo ecológico está conquistando cada vez mais destaque nas obras de construção civil. A facilidade e praticidade com que esse tipo de tijolo é produzido traz inúmeras vantagens para o meio ambiente e representa um avanço tecnológico significativo nesse setor

Por se tratar de um material que possui em sua composição uma grande proporção de solo, em comparação aos aglomerantes, os resíduos de cerâmica vermelha pode ser uma alternativa viável para esse material. Porém, na literatura ainda existem lacunas referentes ao conhecimento dos benefícios e interferências que os resíduos de cerâmica vermelha possam causar nas propriedades do tijolo ecológico. Isso faz com que essa perspectiva sustentável ainda seja pouco explorada pelo setor da construção civil.

Nesse contexto, a reutilização dos resíduos cerâmicos na produção do tijolo ecológico oferece a oportunidade de redução significativa no uso de aglomerantes, trazendo benefícios consideráveis tanto para o proprietário quanto para o meio ambiente. Com isso, pretende-se com esse trabalho, realizar uma análise da Resistência a Compressão no tijolo ecológico quando incorporados resíduos cerâmicos em sua composição.

Os tijolos estão sujeitos a esforços de compressão em toda a sua estrutura, podendo apresentar deformações quando expostos a cargas axiais elevadas. Portanto, a produção de tijolos que satisfaçam especialmente essa propriedade mecânica é essencial para evitar futuros problemas estruturais em construções que optem por fazer a utilização desse tipo de material.

A NBR 8491:2012 é responsável por assegurar a qualidade no processo de fabricação do tijolo solo-cimento, e, estabelece que as amostras submetidas aos ensaios não tenham uma média de resistência a compressão inferior a 2,0 MPa nem um valor individual inferior a 1,7 MPa. O que garante um controle de qualidade e segurança para o consumidor.

Tomando como base a presente argumentação, esse trabalho visa realizar uma análise por meio de estudos na literatura sobre a interferência causada na Resistência à compressão de tijolos ecológicos fabricados com a incorporação de resíduos cerâmicos em sua composição. Buscando com isso, se chegar a resultados satisfatórios e que agreguem ao conhecimento comum.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sustentabilidade

Antes que se inicie a apresentação dos referenciais teóricos ligados ao tema desse trabalho e seus principais conceitos, é importante destacar como a sociedade vem buscando maneiras de garantir uma melhor qualidade de vida e bem-estar sem que essa procura possa trazer transtornos para o meio ambiente e que os custos financeiros sejam baixos. Observamos que a construção civil é grande consumidora de matérias primas, e consequentemente causadora de um acentuado impacto ambiental.

O impacto ambiental causado pela produção e descartes de resíduos oriundos da construção civil (Figura 1), é um dos principais do planeta. Isso pode ser resultado da grande quantidade que é descartada diariamente, ou pela extração irracional de recursos naturais nas jazidas (Baptista Junior; Romanel, 2013). Assim sendo, torna-se cada vez mais complicado continuar evoluindo dessa forma. É preciso buscar medidas mitigadoras em que aliviem ou compensem os impactos provenientes do mercado da construção civil.

Figura 1 - Resíduos de construção civil



Fonte: Machado (2022)

A sustentabilidade na construção é uma tendência que vem crescendo no mercado. A adoção desse estilo de construção acaba se tornando um “caminho sem volta”, isso porque diferentes agentes – governos, consumidores, investidores e associações alertam, estimulam e

pressionam o setor da construção a adotarem essas práticas sustentáveis em suas atividades (Corrêa, 2009). Deste modo, o ramo da construção civil precisa comprometer-se ainda mais, buscando maneiras sustentáveis de gerir suas obras, impactando cada vez menos o meio ambiente.

Os benefícios dessa introdução progressiva sustentável acarretara um crescimento exponencial e uma visibilidade positiva por parte das empresas e da sociedade. Ao observar as empresas e indústrias da construção civil, vemos uma grande quantidade de resíduos que são gerados desde o processo de fabricação dos materiais até a finalização da obra. E um dos materiais mais usados em obras de construção é o tijolo convencional, embora a sua fabricação traga grandes desvantagens para o meio ambiente. Tentando encontrar um material que seja sustentável, a realização de estudos que visem o reaproveitamento desses resíduos é visto com bons olhos (Lanes, 2015).

Desta forma, o reaproveitamento dos resíduos de tijolos de cerâmica vermelha provenientes das obras de grande ou pequeno porte, traz um aspecto sustentável para o âmbito da construção civil no Brasil e no mundo. Ou seja, resíduos que antes eram descartados de forma irregular, impactavam o ambiente e prejudicavam o bem estar humano, agora podem ser usados para a confecção de tijolos ecológicos.

2.2 Tijolo ecológico e suas propriedades

2.2.1 Considerações gerais

O tijolo ecológico (Figura 2) é um tipo de material usado em construções que é fabricado a partir de uma mistura de terra, cimento e água, onde a proporção de cimento é de 10% em relação a massa total da mistura. O que de fato faz o tijolo ecológico ser ecológico, é a ausência da queima em seu processo de fabricação, ou seja, ele não libera CO₂ na atmosfera. Uma outra vantagem notável dos tijolos ecológicos é a sua dependência de recursos naturais de fácil acesso, como o cimento e o solo, ambos amplamente disponíveis na natureza. É por essa razão que eles também são conhecidos como tijolos de solo-cimento.

Figura 2 – Tijolo ecológico



Fonte: Cities (2022)

O solo-cimento é um material opcional com um custo baixo, fabricado pela mistura do solo, cimento e um pouco de água. Após a mistura desses materiais ocorre a compactação (Figura 3), em seguida o processo de cura, e por fim, ganha resistência e durabilidade suficiente para diversas aplicações. Uma vantagem do solo-cimento é que o solo, um material local, compõe a maior parcela da mistura (Freire; Beraldo, 2003).

Figura 3 - Fabricação do tijolo solo-cimento



Fonte: Cunha (2010)

O solo-cimento é uma mistura bem proporcionada de solo e Cimento Portland, de tal maneira que ocorra uma estabilização do solo com o cimento visando a melhoria das propriedades da mistura. Muitos fatores podem interferir nas características da mistura final, como é o caso da dosagem do cimento, propriedade do solo, teor de umidade e prensagem (Bauer, 1994).

E com seu grande potencial sustentável, o tijolo ecológico ganha cada vez mais espaço nas obras de construção civil. A facilidade e praticidade que esse tipo de tijolo é concebido trás inúmeras vantagens para o meio ambiente e avanço tecnológico nesse tipo de empreendimento.

2.2.2 Propriedades mecânicas

O conhecimento apropriado das propriedades mecânicas dos materiais, é visto como assunto de extrema importância para se definir em quais contextos e lugares aquele determinado material pode ser melhor utilizado e aproveitado. E se tratando do tijolo ecológico, a propriedade que pode ser considerada mais relevante para que ele obtenha um bom desempenho é a Resistência à Compressão.

Os ensaios mecânicos trazem consigo a garantia de se determinar propriedades mecânicas que se referem ao comportamento do material quando esse, está sob a ação de esforços e que são expressas em função de tensões e/ou deformações. As tensões são respostas internas devido a esforços externos que atuam sobre determinada área de um corpo (Garcia; Spim; Santos, 2012).

Segundo Fernandes (2016), a resistência mecânica é definida como sendo a resistência que um corpo suporta diante da ação de possíveis esforços, como tração, compressão, torção, cisalhamento, flexão simples e composta. A resistência mecânica diz respeito a tensão na qual o material se rompe, e é considerada a propriedade mais importante para os materiais estruturais.

Assim sendo, materiais estão sujeitos a sofrerem variados tipos de esforços, sejam eles internos ou externos, e o bom desempenho de suas propriedades acarretará notória qualidade e segurança para a estrutura.

Dessas propriedades relacionadas a Resistência Mecânica dos Materiais, para o tijolo ecológico a propriedade que mais ganha relevância em seu estudo é a Resistência à Compressão. Essa propriedade será abordada de forma especial mais à frente, visando compreender o seu comportamento e importância para o tijolo ecológico.

2.2.2.1 Resistência à compressão

A Resistência à Compressão é vista como uma das características essenciais a qualquer tipo de tijolo, resultando em pontos favoráveis para uma construção. Conforme Marchiori *et al.* (2020), a compressão é um esforço axial que propende um encolhimento do material que está submetido a esse esforço. E ainda, os corpos que são submetidos a tal esforço podem sofrer deformações elástica ou plásticas. Assim, a resistência a compressão é estabelecida como a capacidade que determinado material possui de resistir a esforços de compressão sem ocorrer a ruptura do objeto.

Diante do que foi dito acima, os tijolos tendem a sofrer esforços de compressão em todo o seu corpo, podendo sofrer possíveis deformações quando submetidos a cargas axiais elevadas. Deste modo, produzir tijolos que atendam de maneira satisfatória essa propriedade mecânica, isentará futuras patologias na estrutura que optar por esse tipo de alvenaria.

A norma ABNT NBR 8491:2012 determina que as amostras ensaiadas não podem apresentar a média dos valores de resistência a compressão menor do que 2,0 MPa (20 Kgf/cm²) e valor individual menor que 1,7 MPa (17 Kgf/cm²), tendo que apresentar idade mínima de sete dias após sua confecção.

Dessa forma, aderir aos critérios estabelecidos pela Norma Brasileira 8491:2012, no contexto dos testes de resistência à compressão, garantirá uma elevada qualidade e segurança tanto na utilização, quanto na construção de edificações que têm o tijolo ecológico como componente principal.

2.2.2.2 Absorção de água

A absorção de água pode ser compreendida como sendo uma relação entre a massa total de água absorvida pelo tijolo e sua massa seca. Essa característica é diretamente ligada à segurança das edificações, devido a possíveis acréscimos imprevistos de peso em toda a estrutura. Além disso, paredes construídas com tijolos que não possuem impermeabilidade trazem dificuldades para a aderência da argamassa, isso porque a água presente na composição do produto é absorvida, resultando com isso em uma massa seca que perde seu poder de fixação (Rocha *et al.*, 2017).

Para os tijolos ecológicos, a absorção de água não pode apresentar valores superiores a 20%, como também valores individuais não podem ser maiores do que 22%, isso com base em uma idade mínima de sete dias após sua fabricação (ABNT NBR 8491:2012).

2.2.2.3 Compactação e umidade ótima

O solo quando misturado com o cimento, precisa possuir uma umidade adequada para que garanta uma maior densificação no momento da compactação, sabendo que a capacidade de prensagem está diretamente ligada com a humidade da massa a ser compactada. A eficiência de compactação pode ser comprometida se a quantidade de água adicionada for irregular, isso porque as moléculas de água recebem a carga de pressão e comprometem o nível de resistência dos blocos (Presa, 2011).

A compactação é o dinamismo pelo qual as partículas são forçadas a se agruparem mais estreitamente, por meio da redução dos vazios, processo que ocorre geralmente por meios mecânicos (Blücher apud Grande, 2003). Após a compactação, o material ganha uma nova configuração, afetando de forma significativa as características mecânicas e, consequentemente, a porosidade e permeabilidade (Silva, 2016).

Assim, garantir uma compactação eficiente e a umidade adequada na mistura, se tornam elementos essenciais para garantir que os tijolos de solo-cimento ofereçam vantagens mecânicas substanciais e resultados superiores.

2.2.2.4 Dimensões

O processo de fabricação do tijolo ecológico tem como característica seguir um padrão específico de medidas para esse tipo de tijolo. A norma NBR 8491:2012 especifica as dimensões e características físicas do tijolo. Segundo a NBR 8491:2012, o tijolo precisa possuir a forma externa de um paralelepípedo retangular, e apresentar dimensões nominais conforme estabelecidas na Tabela 1.

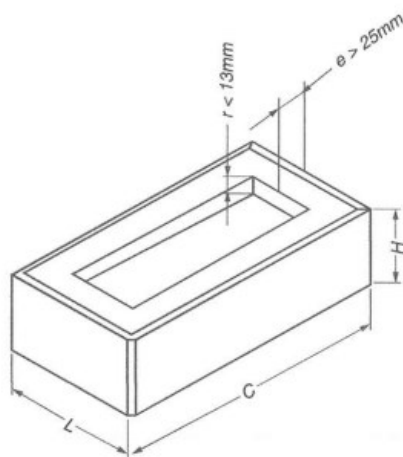
Tabela 1 – Tipos e dimensões nominais

TIPOS	COMPRIMENTO (C) (mm)	LARGURA (L) (mm)	ALTURA (H) (mm)
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: ABNT NBR 8491:2012.

Para os tijolos que possuem reentrância, as dimensões devem ser de no mínimo 25 mm a partir das arestas das faces de reentrâncias, e possuir uma profundidade (r) máxima de 13 mm (ABNT NBR 8491:2012), conforme a Figura 4:

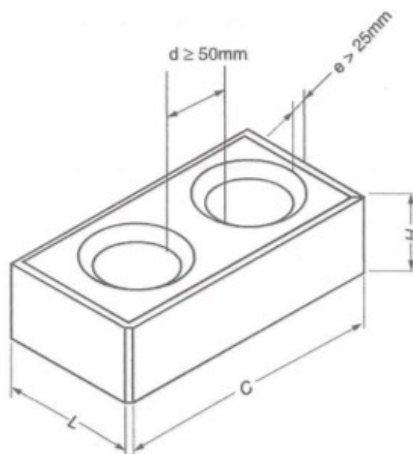
Figura 4 – Tijolo maciço de solo-cimento



Fonte: ABNT NBR 8491:2012

Se os tijolos possuírem furos, esses devem ter eixo perpendicular à superfície de assentamento, a espessura das paredes (e) no seu entorno deve ser de 25 mm, com uma distância mínima entre os dois furos de 50 mm (ABNT NBR 8491:2012). Conforme a figura 5:

Figura 5 – Tijolo vazado de solo-cimento



Fonte: ABNT NBR 8491:2012

2.3 Tijolo ecológico fabricado com resíduos cerâmicos

Conforme visto até aqui, o tijolo ecológico tem sido uma alternativa sustentável para o meio da construção civil. Nesse contexto, também pode-se observar a geração em grande escala de resíduos provenientes do descarte de materiais cerâmicos que se tornam inutilizáveis. O que ocorre geralmente é o armazenamento em excesso desses resíduos, o descarte inadequado, a utilização em aterros e estradas e dentre outras maneiras de reutilização.

Dentro dessa perspectiva de descartes dos resíduos cerâmicos, o presente tópico tratará dos conceitos referentes ao resíduo cerâmico e seu uso no tijolo ecológico.

2.3.1 Resíduos cerâmicos

Particularmente no Brasil, é de grande relevância a quantidade de empresas de fabricação de cerâmica vermelha. Empresas que possuem papel importante no desenvolvimento econômico da localidade onde está inserida. Segundo a Anicer (2020), baseada em dados fornecidos pelo IBGE do censo feito em 2020, o número de cerâmicas e olarias no Brasil chega a 5.437 empresas. Com uma produção anual de 1.869.231.000 de telhas cerâmicas, 4.675.095.000 blocos cerâmicos e 6.048 toneladas de tubos cerâmicos, chegando a um total de 6.544.326.000 de blocos e telhas produzidos por ano.

No Rio Grande do Norte, indústrias de cerâmica vermelha ganha enorme relevância, sendo considerada uma das mais importantes na região nordeste, com domínio de micro e pequenas empresas, organização familiar e com um sistema de produção carente de tecnologias (Dantas, 2021).

É de grande notabilidade para economia potiguar as indústrias de cerâmica vermelha presente no estado. De acordo com o Sebrae (2012) apud Dantas (2021), é evidente a importância da atividade ceramista no estado do Rio Grande do Norte, atividade essa que está presente em 30% dos 167 municípios do estado, e possuir cerca de 186 empresas responsáveis por gerar 6.395 empregos diretos com um faturamento médio de 208 milhões de reais.

O uso do material cerâmico no Brasil, e especificamente a cerâmica vermelha, vem crescendo a cada dia de forma exponencial. De acordo com Baccelli Júnior (2010), a cada dia que se passa é muito grande o consumo de telhas e tijolos no Brasil. Os motivos desse aumento podem ser vários, o principal deles é o aumento populacional, provocado pelo crescimento dos grandes centros, que é resultado do deslocamento do homem para as áreas urbanas com vista a uma melhor qualidade de vida da espécie humana.

A cerâmica vermelha abarca um grupo de materiais cerâmicos formados por tijolos, telhas, tubos, lajotas, vasos ornamentais, agregados leves de argila expandida e entre outros. Esses materiais cerâmicos geralmente são fabricados próximo aos centros consumidores, utilizando na grande maioria matérias-primas locais. As matérias-primas que constituem o material cerâmico são a argila e siltes argilosos, ambos com alto teor de impurezas, entre as quais se destaca o minério de ferro, o que causa a coloração avermelhada típica do produto (Baccelli Júnior, 2010).

Por se tratar de um produto que é produzido em grande escala em diversas partes do país e, é usado pela indústria da construção civil que está em constante crescimento e requer uma grande demanda desse produto, a cerâmica vermelha produz em todas as suas etapas, desde a fabricação ao seu uso final, uma grande quantidade de resíduos.

A indústria de cerâmica brasileira é responsável por contribuir com pelo menos 1,0% do PIB do país, sendo a indústria de cerâmica vermelha responsável por cerca de 40% dessa contribuição. Além da grande produção que essas indústrias realizam, esse setor chega a gerar cerca de 6,5 milhões de toneladas de resíduos anualmente (Garcia, 2014 apud Souza *et al.*, 2019).

Os resíduos dessas indústrias são provenientes de peças que não atenderam os padrões de geometrias adequados para a comercialização, ou que sofreram quebras durante o processo de fabricação e distribuição (Redivo, 2011 apud Souza *et al.*, 2019). Diante disso, é observado a grande quantidade de resíduos de cerâmica vermelha que é gerado anualmente sem ter na maioria das vezes um reaproveitamento e destinação adequada, levando esses tipos de resíduos a serem geralmente utilizados como pavimentação de estradas ou aterro para terrenos desnivelados.

Figura 6 – Resíduos de cerâmica vermelha



Fonte: Portal ambiente legal (2016)

Figura 7 – Peças que não atenderam o padrão de comercialização



Fonte: Queiroz Neto *et al.*, (2016)

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa em questão se concentra no aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha para a produção de tijolos ecológicos. O objetivo primordial foi documentar com base no estudo em literaturas atuais, a incorporação desses resíduos na fabricação de tijolos ecológicos como uma forma eficaz de reutilizar esses materiais descartados e, ao mesmo tempo, criar tijolos de alta qualidade com múltiplas vantagens em relação a sua resistência à compressão.

É extremamente reconhecido que a crescente produção de resíduos de cerâmica vermelha representa um desafio significativo, uma vez que a destinação adequada nem sempre é garantida. Portanto, torna-se imperativo explorar alternativas para lidar com essa questão, destacando-se o reaproveitamento desses resíduos na produção de tijolos ecológicos visando um benefício a sua resistência à compressão.

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, foi elaborada uma revisão bibliográfica, visando estabelecer uma fundamentação teórica sólida baseada em fontes confiáveis. Essa etapa da pesquisa, possibilitou a condução da análise de testes de resistência à compressão em trabalhos acadêmicos, cujo propósito foi a comparação da resistência dos tijolos ecológicos incorporado com resíduos cerâmico e, as possíveis interferências causadas nesse material. Com base nas configurações definidas pelas normas previstas para esse tipo de tijolo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico serão descritos e analisados os resultados obtidos através de estudos feitos em literaturas que tratavam a temática do tijolo ecológico incorporado com resíduos de cerâmica vermelha, com ênfase na percepção da interferência na Resistência à Compressão causada por esses resíduos.

Marques e Mesquita (2010) realizaram pesquisa para estudar a possibilidade de se produzir tijolos solo-cimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha e cal em sua mistura. A motivação para a realização do trabalho partiu da observação do descarte em grande escala de peças cerâmicas nas olarias, o que estava gerando problemas de ordem ambiental.

Notou que esses resíduos poderiam ser melhor aproveitados por meios de processos otimizados e uma melhor gestão dos recursos empregados. Tendo em vista esses fatores, o autor buscou nesse estudo expor resultados provenientes da utilização de resíduos da indústria cerâmica e cal hidratada na produção de tijolos modulares.

Ao realizar esse estudo, o autor utilizou refugos cerâmicos, água e cal hidratada na composição do tijolo solo-cimento. Para que os resíduos fossem transformados em pó, ele utilizou um triturador tipo moinho de bolas. A água foi sendo colocada em pequenas quantidades até que fosse obtida umidade ótima.

Logo em seguida, usando uma prensa manual, os tijolos foram moldados empregando algumas dosagens. Alguns foram fabricados com pó cerâmico mais 10% de cal hidratada, enquanto a outra parte dos tijolos foi feita com pó cerâmico e mais 100% de cal hidratado em sua composição.

Após a prensagem, alguns tijolos foram deixados em ambiente interno úmido, enquanto outra parte foi colocada submersa em água por 48 horas. Todos os tijolos foram submetidos a ensaios de absorção de água, resistência a compressão axial e variação dimensional após 28 dias de fabricação.

Ao final dos estudos, o autor obteve resultados diferentes para cada grupo de tijolo. Por exemplo, ele identificou que os tijolos que foram fabricados com 10% de cal hidratada em relação à massa de resíduo, apresentaram resistência a compressão axial de 0,75 MPa e 42 % de absorção de água por imersão. Valores esses que se encontram abaixo do exigido pela norma da NBR 8492, que exige no mínimo 1,7 Mpa de resistência a compressão axial e 22%

de absorção de água. Também foi observado que os tijolos feitos com essa composição, sofreram deformação quando submersos e uma desagregação material explícita.

Já o outro grupo de tijolos solo-cimento que foram fabricados com 100% de cal hidratada em sua composição, apresentaram valores mínimos para a resistência a compressão exigido pela norma que é de 1,7 MPa. Esse grupo apresentou uma elevada taxa de absorção, cerca de 38% e não sofreram deformações quando submersos em água.

No final, se concluiu que os tijolos solo-cimento onde foi feita a combinação de resíduos cerâmicos e cal hidratada usando 100% em relação à massa de resíduo, apresentou resultados prescritos pela NBR 8492 no que diz respeito a sua resistência a compressão axial. Ou seja, além de trazer benefícios mecânicos para o tijolo, o aproveitamento dos resíduos cerâmicos ainda pode trazer benefícios para o meio ambiente.

Guimarães *et al.* (2016) realizaram um trabalho que visava avaliar algumas propriedades relevantes do tijolo ecológico produzidos a partir de resíduos de cerâmica vermelha. Os tijolos de solo-cimento produzidos com a incorporação de resíduos, foram submetidos a análises com o objetivo de avaliar sua resistência quando submetidos a temperaturas elevadas. Durante esse processo, foi examinado o desempenho dos tijolos quando expostos a condições de calor semelhantes às ocorrências em situações de incêndio.

O presente trabalho se caracteriza como de natureza experimental. Ou seja, os ensaios foram realizados com amostras de tijolos preparados em laboratório. Quanto as amostras, os traços foram feitos com porcentagens diferentes – foram adotadas porcentagens de 0%, 15%, 30% e 45% de resíduos. A pesquisa estabeleceu um traço de 1:10. Os materiais utilizados foram resíduos de blocos cerâmicos, solo, cimento CP III – RS 40 e água potável.

Guimarães *et al.* (2016) produziram ensaios que tinham as seguintes composições em termos de porcentagem: composição 1 - 100% de solo, 0% de resíduos e 1,7% de cimento; composição 2 – 85% de solo, 15% de resíduos e 1,7 de cimento; composição 3 – 70% de solo, 30% de resíduos e 1,7 de cimento; composição 4 – 55% de solo, 45% de resíduos e 1,7 de cimento. Com misturas dosadas dessa maneira, foram feitos corpos de prova para se realizar ensaios de resistência a compressão axial simples.

Os resultados foram obtidos com o propósito de caracterizar os tijolos em termos de suas propriedades mecânicas e físicas. Os ensaios de compressão axiais simples realizados aos 14 e 28 dias, revelaram os valores médios conforme indicados a seguir:

- Traço 1: Resistência aos 14 dias: 0,77 MPa / resistência aos 28 dias: 0,78 MPa;
- Traço 2: Resistência aos 14 dias: 0,87 MPa / resistência aos 28 dias: 0,74 MPa;
- Traço 3: Resistência aos 14 dias: 0,60 MPa / resistência aos 28 dias: 0,65 MPa;
- Traço 4: Resistência aos 14 dias: 0,85 MPa / resistência aos 28 dias: 0,67 MPa.

Os valores dos traços ensaiados, não alcançaram valores estabelecidos pela NBR 10834 (2013), que exige das amostras de 28 dias uma média de valores de resistência maior ou igual a 2 MPa e valores individuais, maiores ou iguais a 1,7 MPa. Após isso, os tijolos foram submetidos a altas temperaturas e em seguida sujeitos aos ensaios de compressão axial simples. A resistência à compressão axial simples após a queima foram os seguintes:

- Traço 1: Resistência aos 14 dias: 0,93 MPa / resistência aos 28 dias: 0,61 MPa;
- Traço 2: Resistência aos 14 dias: 0,57 MPa / resistência aos 28 dias: 0,34 MPa;
- Traço 3: Resistência aos 14 dias: 0,53 MPa / resistência aos 28 dias: 0,56 MPa;
- Traço 4: Resistência aos 14 dias: 0,60 MPa / resistência aos 28 dias: 0,36 MPa.

Se observou que os traços, tanto na idade de 14 e 28 dias apresentaram uma menor resistência após passarem pelo processo da queima. A queima pode ter acelerado o processo de retração do solo, resultando na perda de umidade.

O teste de resistência à compressão axial simples revelou valores bastante discrepantes. Dos quatro traços produzidos, dois revelaram um aumento na resistência entre as idades de 14 e 28 dias, enquanto os outros dois apresentaram uma baixa. Foi observado também que os tijolos quando submetidos a altas temperaturas, mantiveram uma margem de resistência conveniente.

Isso demonstra que os tijolos ecológicos produzidos, conseguem preservar sua resistência característica em situações de incêndio, possibilitando que uma estrutura permaneça estável por um período prolongado, evitando um colapso total e imediato.

É notório na literatura a escassez de trabalhos que abarquem a temática da formulação de tijolos ecológicos produzidos com a presença de resíduos de cerâmica vermelha em sua composição; buscando averiguar as possíveis intervenções que esse componente pudesse causar nas propriedades mecânicas dos tijolos. Apesar dessa lacuna, outros resíduos podem agregar o tijolo ecológico e gerar modificações vantajosas.

Além da possibilidade de se desenvolver tijolos ecológicos com resíduos de cerâmica vermelha, é também visto trabalhos de pesquisa que buscam agregados alternativos para a formulação de tijolos solo-cimento. Os resíduos de construção civil tem sido uma possibilidade viável para aprimorar as características do tijolo ecológico.

Na tentativa de desenvolver um material de elevado desempenho, sustentável e de baixo custo, Muniz e Oliveira (2022) buscou fabricar tijolos ecológicos usando resíduos de construção civil em seu traço. Analisando o desempenho em termos de resistência a compressão e outras propriedades importantes.

Muniz e Oliveira (2022) selecionou resíduos de uma empresa responsável por recolher os entulhos de construção civil da cidade Aparecida de Goiânia - GO. Para constituir a mistura do experimento, foi selecionado alguns materiais essenciais, como: solo, Cimento Portland CP V – ARI, e como aglomerante, diferentes porcentagens de resíduos de construção civil (0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%), devidamente calculado.

Os ensaios seguiram rigorosamente a normas técnicas vigente, e foram elaboradas amostras com as seguintes dosagens:

- Dosagem 1: Solo + 50% de resíduo + 10% Cimento Portland;
- Dosagem 2: Solo + 40% de resíduo + 10% Cimento Portland;
- Dosagem 3: Solo + 30% de resíduo + 10% Cimento Portland;
- Dosagem 4: Solo + 20% de resíduo + 10% Cimento Portland;
- Dosagem 5: Solo + 10% de resíduo + 10% Cimento Portland;
- Dosagem 6: Solo + 00% de resíduo + 10% Cimento Portland.

Após passarem pelo processo de mistura, moldagem e cura, os corpos de prova devidamente curados foram levados para um laboratório de solo para serem submetidos a ensaios de Resistência a Compressão, seguindo a norma da NBR 8492:2012. Os ensaios de resistência foram realizados após um período de 40 e 80 dias de cura na prensa hidráulica.

O ensaio de Resistência à Compressão seguiu a norma NBR 8491:2012 Tijolos de solo-cimento – Requisitos. Abaixo, as resistências médias concernente a idade dos corpos de prova - 40 e 80 dias:

Tabela 2 – Média dos resultados do ensaio de Resistência a Compressão

Dosagem	Resistência Média (MPa)	
	40 dias	80 dias
Solo + 00% de resíduo + 10% Cimento Portland	0,54	0,67
Solo + 10% de resíduo + 10% Cimento Portland	0,65	0,67
Solo + 20% de resíduo + 10% Cimento Portland	0,65	0,66
Solo + 30% de resíduo + 10% Cimento Portland	0,79	0,82
Solo + 40% de resíduo + 10% Cimento Portland	1,07	1,01
Solo + 50% de resíduo + 10% Cimento Portland	1,08	1,20

Fonte: Adaptado de Muniz e Oliveira (2022)

Ao observar acima os valores obtidos com os ensaios de Resistência a compressão, é notório o aumento da resistência nos corpos de provas que tinham uma maior porcentagem de resíduos de construção incorporados ao solo. A resistência coincidentemente dobrou nos tijolos compostos com 40% e 50% de resíduos. Apesar desses resultados, nenhuma das dosagens alcançou os resultados estabelecidos pela NBR 8491:2012, que exige amostras ensaiadas com no mínimo sete dias de idade e uma média de valores de resistência a compressão igual ou maiores que 2,0 MPa, e valores individuais iguais ou maiores que 1,7 MPa.

Sendo assim, é notório ao observar os resultados que nenhuma dosagem alcançou os valores estabelecidos pela NBR 8491:2012. E que os valores de resistência foram maiores nas amostras com a idade de 80 dias. Dessa forma, esse comportamento sugere que as reações químicas que ocorrem no cimento conferem benefícios às propriedades mecânicas com o passar do tempo.

Duarte *et al.* (2022) realizou uma pesquisa que avaliou a viabilidade do uso combinado dos resíduos de cerâmica vermelha e a cinza do bagaço da cana-de-açúcar como aditivos pozolânicos para a produção de tijolos de solo-cimento. A fabricação de tijolos ecológicos, utilizando resíduos pozolânicos, assume um papel significativo, pois, além de sua natureza sustentável, que elimina a necessidade de sinterização dos tijolos e contribui para a provisão adequada dos resíduos, também resulta em tijolos mais resistentes, diminuindo a quantidade e necessidade de aglomerantes.

Os materiais utilizados para tal experimento foram cimento CP II F-32 (cimento composto com alto teor de filer calcário), solo (arenoso com fração fina silto-argilosa), cinza do bagaço da cana-de-açúcar (refinada para uma granulometria próxima à do Cimento Portland – próxima a peneira de #200), resíduos de cerâmica vermelha e água. As composições dos tijolos de solo-cimento moldados foram as seguintes:

- Dosagem 1: Solo + 12% Cimento Portland;
- Dosagem 2: Solo + 12% Cimento Portland + 4% Resíduos de cerâmica vermelha;
- Dosagem 3: Solo + 12% Cimento Portland + 2% Cinza do Bagaço da cana-de-açúcar + 2% Resíduos de cerâmica vermelha.

Em seguida foram moldados tijolos maciços compostos com misturas de solo-cimento e incorporados com resíduos orgânicos – cinza do bagaço da cana-de-açúcar, e inorgânico - resíduos de cerâmica vermelha. Buscando assim, melhorar as propriedades físicas e mecânicas dos tijolos produzidos. Depois de moldados, os tijolos passaram pelo processo da cura, que durou cerca de sete dias em câmara úmida, adaptado a uma temperatura de mais ou menos 23°C e umidade relativa do ar de aproximadamente 90%. Após o término do processo de cura, os corpos de provas foram submetidos a ensaios de Resistência à Compressão simples com os tijolos moldados aos 56, 90, 120, 150 e 180 dias.

Os tijolos moldados contendo resíduos de cerâmica vermelha e cinzas do bagaço da cana-de-açúcar passaram por ensaios de resistência à compressão, e apresentaram os seguintes resultados:

Tabela 3 – Resistência Média das misturas

Dosagem	Resistência Média (MPa)				
	56 (dias)	90 (dias)	120 (dias)	150 (dias)	180 (dias)
Solo + 12% Cimento Portland	2,36	2,85	3,02	3,12	3,18
Solo + 12% Cimento Portland + 4% Resíduos de cerâmica vermelha	2,69	2,95	3,08	3,21	3,52
Solo + 12% Cimento Portland + 2% Cinza do Bagaço da cana-de-açúcar + 2% Resíduos de cerâmica vermelha	2,55	2,91	3,18	4,27	5,57

Fonte: Adaptado de Duarte *et al.* (2022)

Duarte *et al.* (2022) observou que no ensaio de resistência à compressão simples as composições que agregavam resíduos de cerâmica vermelha e cinza do bagaço da cana-de-açúcar obtiveram valores de resistência mais elevados em comparação aos das composições moldadas sem adição desses elementos. Segundo eles, isso se explica devido ao efeito filler de colmatção dos poros, gerados pela fração fina provenientes dos resíduos e também da possibilidade de se ter produzido silicatos hidratados através das reações pozolânicas.

A pesquisa feita por Duarte *et al.* (2022) demonstra a viabilidade técnica desses resíduos, os quais aprimoraram as características físicas e mecânicas quando incorporados às formulações dos tijolos de solo-cimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As indústrias produtoras de cerâmicas e canteiros de obras tem sido grandes geradores de resíduos de cerâmica vermelha, que se não ganharem o destino adequado se tornam grandes poluentes. Por esse motivo, é interessante se buscar soluções alternativas para reciclar esses resíduos.

O tijolo ecológico representa uma solução viável para reutilizar esses resíduos, aprimorando suas características físicas e mecânicas. Isso, por sua vez, contribui para tornar a construção mais acessível economicamente, uma vez que se trata de um tijolo de baixo custo de fabricação, alinhado com princípios ecológicos.

No estudo bibliográfico realizado nesse trabalho, foi possível perceber as interferências que os resíduos de cerâmica vermelha causam nas propriedades mecânicas dos tijolos ecológicos. Por se tratar de uma possibilidade pouco debatida no meio acadêmico, nessa pesquisa também foram analisados resultados de trabalhos que abordaram a temática do reaproveitamento de outros tipos de resíduos nos traços dos tijolos solo-cimento.

Com o objetivo de avaliar as influências nas características de resistência à compressão do tijolo ecológico, os trabalhos estudados visaram alcançar os valores estipulados pela NBR 8491:2012, que estabelece valores iguais ou maiores que 2,0 MPa e valores individuais iguais ou maiores que 1,7 MPa.

Pode-se observar na literatura que os corpos de provas que tiveram em sua composição resíduos de cerâmica vermelha ou outros tipos de resíduos, tiveram interferências interessantes em suas resistências. Apesar dessas mudanças, os valores de resistência à compressão alcançados por esses experimentos não atenderam às determinações da NBR 8491:2012, pois os valores se apresentaram inferiores.

Durante o estudo, foi observado que a resistência dos tijolos ecológicos produzidos a partir de resíduos de cerâmica vermelha tende a aumentar com o decorrer do tempo. Esse aspecto se deve ao processo completo de cura dos tijolos, durante o qual as reações químicas do cimento ocorrem, resultando em benefícios as propriedades mecânicas.

Apesar dos resultados encontrados na literatura não terem sido satisfatórios aos valores estabelecidos pela NBR 8491:2012, os resíduos de cerâmica vermelha e de outra

origem empregados na confecção do tijolo ecológico, pode garantir um produto mais eficiente, sustentável e de propriedades mecânicas resilientes.

6. REFERÊNCIAS

ANICER. 2020. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em: 12 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **8491**: Tijolo de solo-cimento - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO RESÍDUO CERÂMICO (RC) NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE TIJOLOS DE SOLO-AGLOMERANTE (S). Paraíba: Principia, v. 55, 29 jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/4304>. Acesso em: 21 mar. 2023.

_____. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

BACCELLI JÚNIOR, Gilberto. **Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Seridó - RN**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2010.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal Of Urban Management)**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 27-37, dez. 2013.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1994. 538 p.

CITIES, Connected Smart. **ECONÔMICO E EFICAZ, TIJOLO ECOLÓGICO TAMBÉM É SOLUÇÃO CONTRA FRIO INTENSO**. 2022. Disponível em: <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2022/05/25/economico-e-eficaz-tijolo-ecologico-tambem-e-solucao-contrafrio-intenso/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia e Materiais de Construção, Escola de Engenharia Ufmg, Belo Horizonte, 2009.

CUNHA, Karla. **Tijolo solo-cimento em GO**. 2010. Disponível em: <https://www.karlacunha.com.br/tijolo-solo-cimento-go/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

DANTAS, Micaela Maria. **TRABALHO, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO APL DE CERÂMICA VERMELHA DO RIO GRANDE DO NORTE**. 2021. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas, Departamento de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - Rn, 2021.

DUARTE, João Batista *et al.* Adição conjunta do resíduo de cerâmica vermelha e da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de tijolos ecológicos. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb**, [S.L.], v. 59, n. 4, p. 1118, 30 dez. 2022. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5528>.

FERNANDES, Hugo Lavor. **Análise das propriedades mecânicas do tijolo ecológico de argila vermelha com adição de pó de granito**. 2016. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016.

FREIRE, Wesley Jorge; BERALDO, Antonio Ludovico. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas, Sp: Editora da Unicamp, 2003. 336 p.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 365 p

GUIMARÃES, I. F. et al. **Avaliação de Tijolos Ecológicos Produzidos a Partir de Resíduo de Cerâmica Vermelha e Condição de Altas Temperaturas**. 2016. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UNILESTE, Minas Gerais, 2016.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003, 165 p.

LANES, Polyane Gomes de; DIAS, Fabrício Moura. **REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**. 2015. 1 f. Monografia (Especialização) - Curso de Não Informado, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://unileste.catolica.edu.br/portal/wp-content/uploads/2020/06/REAPROVEITAMENTO-DO-RESIDUO-DE-CERAMICA-VERMELHA.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2023.

MACHADO, Luiz Eduardo Amante. **A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO PROVENIENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PARA A FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**. 2017. 16 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, A Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul, Santa Catarina, 2017. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8785/4/Modelo_de_Artigo_Luiz%20Eduardo.pdf. Acesso em: 5 fev. 2023.

MACHADO, Gleysson B.. **RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2022. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

MARCHIORI, Jordan Cunha. **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO PRENSADOS COM A INCORPORAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS**. 2020. 122 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Coordenadoria do Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo Campus São Mateus, São Mateus-Es, 2020.

MARQUES, Almircélio Sampaio; MESQUITA, Esequiel Fernandes Teixeira; CAVALCANTE, Francisco Starlyns de Sá. **TIJOLO MODULAR ECOLÓGICO PRODUZIDO POR UMA MISTURA DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA E CAL**. 2010. 5 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Vale do Acaraú, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274832065_Tijolo_modular_ecologico_produzido_por_uma_mistura_de_residuo_de_ceramica_vermelha_e_cal. Acesso em: 6 mar. 2023.

MUNIZ, Eduardo Ramos; OLIVEIRA, Lorena Alves de. Propriedades mecânicas de tijolos ecológicos formulados com resíduos de construção civil. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, p. 60016-60030. ago. 2022.

PORTAL AMBIENTE LEGAL. **RECICLAGEM: resíduo da cerâmica vermelha no concreto faz diferença**. 2016. Disponível em: <https://www.ambientelegal.com.br/reciclagem-residuo-da-ceramica-vermelha-no-concreto-faz-diferenca/>. Acesso em: 27 set. 2023.

PRESA, Marcello Bastos. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo-cimento**. 2011. 41 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Agrônoma, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília-Df, 2011.

QUEIROZ NETO, Manoel Lindolfo et al. **GERAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO PROVENIENTE DA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA: CASO DE INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO DE ASSÚ/RN**. 2016. 5 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campina Grande - Paraíba, 2016.

ROCHA, Cyntia de Oliveira et al. Caracterização de blocos em concreto para alvenaria estrutural do município de Muriaé-MG. **Revista Interdisciplinar de Pensamento Científico**, Itaperuna, v. 3, n. 2, p. 98-111, jul. 2017.

SILVA, Amanda Moreira da. **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DE FEIRA DE SANTANA**. 2016. 39 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro

de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

SOUZA, Wana Maria de *et al.* RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA COMO UM MATERIAL AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL PARA USO NA PAVIMENTAÇÃO. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta)*, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 202-213, 24 set. 2019.

TIJOLO ecológico: o que é, vantagens, desvantagens e fotos. 2023. Disponível em: <https://www.decorfacil.com/tijolo-ecologico/>. Acesso em: 16 ago. 2023.

VIANA, Iago Ferreira Machado *et al.* **RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS À PARTIR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.** 2017. 45 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Caratinga, Caratinga – Mg, 2017. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/466/1/MONOGRAFIA%20IAGO%20E%20LU%C3%8DS%20.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2023.