

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**VITOR ROMÁRIO CHARÃO NUNES**

**PROPOSTA DE MOLDE MANUAL E CONFECÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS  
VAZADOS**

**Alegrete  
2024**

**VITOR ROMÁRIO CHARÃO NUNES**

**PROPOSTA DE MOLDE MANUAL E CONFECÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS  
VAZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco

Co Orientadora: Engenheira Agrícola Natália do Nascimento Garcez

**Alegrete**

**2024**

**VITOR ROMARIO CHARAO NUNES**

**PROPOSTA DE MOLDE MANUAL E CONFECCÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS VAZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 20 de junho de 2024.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco

Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Eng. Agríc. Luciele Bilhalva Campagnolo

(UNIPAMPA)

---

Eng. Civil Marcelo Dias de Oliveira

(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **MARCELO DE JESUS DIAS DE OLIVEIRA, ENGENHEIRO-AREA**, em 09/07/2024, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **LUCIELE BILHALVA CAMPAGNOLO, Usuário Externo**, em 09/07/2024, às 20:28, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **WILBER FELICIANO CHAMBI TAPAHUASCO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/07/2024, às 23:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1477833** e o código CRC **6428E0BA**.

---

“A persistência é o menor caminho do  
êxito.”

Charles Chaplin

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão à Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) por me proporcionar a oportunidade de cursar a graduação e por fornecer uma estrutura de ensino de excelência.

Ao meu orientador, Professor Wilber, agradeço imensamente pela orientação, paciência e incentivo ao longo deste percurso. Seus ensinamentos e conselhos foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À minha coorientadora, Natália Garcez, minha profunda gratidão por toda a ajuda durante todos os anos de pesquisa. Agradeço por acreditar em mim e por seu apoio contínuo, que foram essenciais para a conclusão deste trabalho. Além de sua orientação, agradeço pela amizade e carinho que sempre demonstrou. Sua disposição em me ajudar e seu entusiasmo constante foram inspiradores e tornaram esta jornada mais leve e gratificante.

Aos meus pais, Cleber e Eliane, minhas palavras não conseguem expressar o tamanho da minha gratidão. Vocês sempre foram meus maiores incentivadores e me proporcionaram um apoio incondicional durante toda a minha jornada acadêmica. Desde os primeiros passos na educação até este momento de realização, vocês estiveram ao meu lado, oferecendo amor, compreensão e encorajamento. Agradeço por cada sacrifício feito, por cada palavra de incentivo e por acreditarem no meu potencial, mesmo nos momentos em que eu mesmo duvidei. O suporte emocional, financeiro e moral que vocês me deram foi a base sólida sobre a qual construí minha trajetória acadêmica.

Aos meus irmãos, Natan e Eriane, sou muito grato pelo carinho e apoio constantes. Vocês foram uma fonte inesgotável de motivação e alegria.

Agradeço também aos técnicos de laboratório da UNIPAMPA, Jarbas, Juliano e Marcelo, pelo profissionalismo e suporte técnico prestado. Seu trabalho e dedicação foram indispensáveis para a realização dos experimentos e coleta de dados.

À minha amiga e dupla, Lubna, minha gratidão por todos os anos de amizade que compartilhamos, desde o ensino fundamental, passando pelo ensino médio e até a graduação. Obrigado por estar sempre presente, me apoiando e compartilhando comigo todos os momentos, sejam eles de alegria ou de desafio.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. A todos, meu sincero muito obrigado.

## RESUMO

A aplicação de tijolos ecológicos em construções rurais emerge como uma solução vantajosa, não apenas por seu impacto positivo no meio ambiente, mas também por seus benefícios econômicos e sociais, ao utilizar matérias-primas renováveis, como solo e resíduos agrícolas, em sua composição. Este estudo teve como principal objetivo viabilizar a fabricação de tijolos ecológicos por meio de um molde manual, seguindo as diretrizes da norma NBR 8491 (ABNT, 2012). O molde foi desenvolvido no *software* AutoCad® 3D e confeccionado com madeiras de cedrinho. Foram moldados tijolos ecológicos vazados do tipo B com dimensões (24cm x 12cm x 7cm) a partir da mistura proposta por Campagnolo (2022), com 80% de solo eólico, 10% de cimento Portland e 10% de sílica da casca de arroz. Durante os testes, o molde mostrou-se eficiente, garantindo um preenchimento preciso e uma compactação adequada da mistura. Apesar de enfrentar desafios na etapa de desmoldagem, a utilização de uma base de papel Kraft resolveu essa questão, preservando a integridade dos tijolos. Após um período de cura de 28 dias, foram realizados ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água. Os ensaios revelaram uma variação nos valores individuais, oscilando entre 4,15 MPa e 7,56 MPa, com uma média de aproximadamente 5,80 MPa, superando o limite mínimo estabelecido pela NBR 8492 (ABNT, 2012), de 2,00 MPa. Também, de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2023), os tijolos ecológicos apresentaram uma resistência média à compressão (fbm) de 5,80 MPa e uma resistência característica estimada (fbk, est) de 5,20 MPa, exibindo um desempenho superior aos padrões normativos de 4 Mpa. A absorção de água média foi de 12,28 %, bem abaixo do limite máximo de absorção de água estabelecido pela norma NBR 8491, que é de 20%. Em síntese, a fabricação de tijolos ecológicos com molde manual e matérias-primas alternativas emerge como uma promissora alternativa para as comunidades rurais, não apenas oferecendo uma opção sustentável e eficiente para construções, mas também promovendo o uso de recursos locais e fortalecendo o desenvolvimento comunitário.

**Palavras-chave:** Molde manual. Tijolos ecológicos. Construção rural.

## ABSTRACT

The application of ecological bricks in rural constructions emerges as an advantageous solution, not only for its positive impact on the environment, but also for its economic and social benefits, when using renewable raw materials, such as soil and agricultural residues, in its composition. This study's main objective was to enable the manufacture of ecological bricks using a manual mold, following the guidelines of the NBR 8491 standard (ABNT, 2012). The mold was developed using AutoCad® 3D software and made with cedar wood. Type B hollow ecological bricks with dimensions (24cm x 12cm x 7cm) were molded from the mixture proposed by Campagnolo (2022), with 80% wind soil, 10% Portland cement and 10% rice husk silica. During tests, the mold proved to be efficient, ensuring precise filling and adequate compaction of the mixture. Despite facing challenges in the demoulding stage, the use of a Kraft paper base resolved this issue, preserving the integrity of the bricks. After a curing period of 28 days, simple compressive strength and water absorption tests were carried out. The tests revealed a variation in individual values, ranging between 4.15 MPa and 7.56 MPa, with an average of approximately 5.80 MPa, exceeding the minimum limit established by NBR 8492 (ABNT, 2012), of 2.00 MPa. . Also, according to NBR 15270-1 (ABNT, 2023), ecological bricks presented an average compressive strength (fbm) of 5.80 MPa and an estimated characteristic resistance (fbk, est) of 5.20 MPa, exhibiting performance superior to normative standards of 4 Mpa. The average water absorption was 12.28%, well below the maximum water absorption limit established by the NBR 8491 standard, which is 20%. In summary, the manufacture of ecological bricks using manual molds and alternative raw materials emerges as a promising alternative for rural communities, not only offering a sustainable and efficient option for construction, but also promoting the use of local resources and strengthening community development. .

**Keywords:** Manual mold. Eco-friendly bricks. Rural construction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tijolo maciço de solo-cimento e tijolo vazado de solo-cimento. ....	21
Figura 2: Detalhes da forma projetada. ....	22
Figura 3: Molde de aço para confecção e moldagem de tijolos maciços. (A): Parte superior, forma e fundo. (B) Fundo falso; (C) e (D) Forma de moldagem com viga I; (E): Cabeçote metálico. ....	23
Figura 4: Fluxograma da proposta de trabalho. ....	24
Figura 5: Representação digital do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral do molde; B) Vista superior do molde; C) Perspectiva do molde. ....	25
Figura 6: Representação digital da base do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral da base; B) Vista superior da base; C) Perspectiva da base do molde. ....	25
Figura 7: Representação digital do compactador do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral do compactador; B) Vista superior do compactador; C) Perspectiva do compactador. ....	26
Figura 8: Madeiras utilizadas: A) Madeiras cortadas; B) Forma fixada. ....	26
Figura 9: Chapa de aço galvanizado fixada no molde. ....	27
Figura 10: Confecção da base do molde: A) Marcação e realização dos furos para fixação dos tubos; B) Tubos PVC 50 mm; C) Tubos fixados na base. ....	27
Figura 11: Confecção do compactador: A) Dimensões compactador; B) Níveis fixados nas extremidades do molde. ....	28
Figura 12: Molde completo. ....	28
Figura 13: Área de coleta de solo. ....	29
Figura 14: Confecção dos tijolos: A) Tijolo moldado com 2400 Kg; B) Tijolo moldado com 3500 Kg. ....	31
Figura 15: Ajuste teor de umidade: A) Tijolo moldado com 8,7% de umidade; B) Tijolo moldado com 11% de umidade; C) Tijolo moldado com 16% de umidade; D) Tijolo moldado com 14% de umidade. ....	32
Figura 16: Confecção dos tijolos: A) Compactação da mistura; B) Aparência da mistura dentro molde; C) Retirada da base do molde; C) Tijolo desmoldado. ....	33
Figura 17: Moldagem dos tijolos: A) Tijolo danificado; B) Inserção do papel Kraft na base do molde; C) Papel Kraft após a remoção da base do molde; D) Tijolo no molde. ....	34
Figura 18: Tijolos na câmara úmida. ....	35

Figura 19: Teste de resistência a compressão simples: A) Corte dos tijolos; B) Nivelamento dos tijolos; C) Imersão dos corpos de prova; D) Execução do ensaio de resistência à compressão simples.....	36
Figura 20: Tijolos na estufa. ....	37
Figura 21: Tijolos imersos. ....	37
Figura 22: Curva granulométrica. ....	38
Figura 23: Valores e média da análise de resistência à compressão simples dos tijolos. ....	40
Figura 24: Valores e média da análise do ensaio de absorção de água. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resistência à compressão simples dos tijolos confeccionados.....	40
Tabela 2: Comparação das resistências.....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de $\emptyset$ em função da quantidade de blocos.....	19
Quadro 2: Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil.....	20
Quadro 3: Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento.....	21
Quadro 4: Ensaio de Caracterização Geotécnica.....	37

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MPa – Mega Pascal

RS – Estado do Rio Grande do Sul

SCA – Sílica da casca de arroz

NBR – Norma Brasileira

GRRA – Gestora de Energia Elétrica de Alegrete

FCK, est – Resistência à compressão estimada

FBM – Resistência média à compressão

LL- Limite de liquidez

LP- Limite de plasticidade

g - Gramas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 MATERIAIS ALTERNATIVOS NA CONFECÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 – ANÁLISE DE QUALIDADE DE TIJOLO ECOLÓGICOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 MOLDES ARTESANAIS PARA A CONFECÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 PROPOSTA DE MOLDE MANUAL PARA CONFECÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 CONFECÇÃO DO MOLDE .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA MISTURA.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.1 SOLO EÓLICO.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2 CIMENTO.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3 SÍLICA DA CASCA DO ARROZ.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 CONFECÇÃO DOS TIJOLOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.2. CONFECÇÃO DOS TIJOLOS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.3. TESTES DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES E ABSORÇÃO DE ÁGUA.....</b>	<b>35</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 TRABALHABILIDADE DO MOLDE E DA MISTURA.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.3 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>43</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>

<b>6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de tijolos ecológicos confeccionados de maneira artesanal para edificações rurais possui uma importância notável, pois contribui para a sustentabilidade ambiental, promove a economia local e valoriza técnicas tradicionais de construção. Em primeiro lugar, essa abordagem demonstra um compromisso com práticas sustentáveis, uma vez que os tijolos ecológicos são produzidos com materiais alternativos que permitem reduzir a utilização de materiais convencionais como cimento e tijolos de cerâmica, que causam impactos negativos no meio ambiente devido à alta emissão de CO<sub>2</sub> e ao consumo intensivo de energia em seus processos de produção. Além disso, essa prática tem a dimensão econômica significativa, pois pode reduzir os custos de construção e promover a economia local ao utilizar recursos disponíveis na região. Do ponto de vista social, a produção artesanal de tijolos ecológicos pode gerar empregos e capacitar a mão-de-obra local, fortalecendo as comunidades rurais. Por fim, existe também a dimensão técnica, pois os tijolos ecológicos, quando bem produzidos, apresentam boas características de resistência e durabilidade, contribuindo para a qualidade das construções.

O processo de confecção dos tijolos ecológicos é realizado manualmente, utilizando uma prensa manual ou hidráulica. Os materiais mais empregados na sua composição consistem em solo, cimento e água (SOARES, SOARES & LIMA, 2016). Conforme Reis (2020), o processo tradicional de fabricação de tijolos ecológicos é simples: o solo é misturado com cimento em proporções adequadas e, em seguida, a água é incorporada à mistura. Ainda segundo o autor, o material resultante é moldado em formas, que podem ter diferentes tamanhos, e, após, as peças são armazenadas, mantendo os tijolos úmidos por pelo menos sete dias para assegurar a adequada cura.

As ferramentas utilizadas na confecção de tijolos ecológicos são essenciais para garantir a qualidade e a eficiência do processo produtivo. Entre essas ferramentas, destacam-se os moldes manuais, que são dispositivos simples e de fácil manuseio, permitindo a produção artesanal dos tijolos ecológicos (MINKE, 2006). Esses moldes são geralmente feitos de metal ou madeira e são projetados para dar forma aos tijolos, garantindo uniformidade nas dimensões e na compactação do material. O uso de moldes manuais é especialmente vantajoso em contextos rurais, pois não requer um investimento significativo em equipamentos sofisticados, tornando-se uma solução acessível para pequenos produtores. Além disso, a



utilização de moldes manuais promove a sustentabilidade, pois permite a reutilização de materiais locais e a redução do desperdício Motta et al, (2014). Dessa forma, os moldes manuais não apenas facilitam a produção de tijolos ecológicos, mas também contribuem para a capacitação da mão-de-obra local e para a promoção de práticas construtivas mais sustentáveis Sampaio (2015).

Nesta pesquisa pretende-se desenvolver um molde que otimize o processo de produção de tijolos ecológicos, proporcionando maior eficiência de moldagem e contribuindo para a expansão dessa prática sustentável na construção rural.

### **1.1 Objetivo geral**

Confecção de tijolos ecológicos vazados sob utilização de molde manual de madeira.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Projetar e confeccionar um molde de madeira para confecção manual de tijolos ecológicos;
- Confeccionar tijolos ecológicos de forma artesanal sob utilização de areia eólica, cimento e sílica da casca de arroz;
- Determinar e analisar as propriedades mecânicas dos tijolos ecológicos, utilizando ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tijolos ecológicos em edificações rurais

Conforme observado por Silva e Oliveira (2015), o tijolo ecológico, também conhecido como tijolo de solo-cimento, destaca-se pelas suas consideráveis vantagens ambientais, decorrentes da abundância e baixo custo de sua matéria-prima, além de dispensar a necessidade de queima, resultando em economia de energia durante seu processo de fabricação. Neste contexto, ao discorrer sobre construções rurais, Ferreira *et al.* (2007) enfatizam que o solo, por ser um material de grande disponibilidade e baixo custo, mostrando-se como uma viável alternativa técnica e econômica, principalmente na forma de tijolos ou blocos prensados, que não exigem queima, contribuindo para uma abordagem de baixo aporte energético.

De acordo com Milani (2005), para melhorar o desempenho do solo como componente construtivo sob a perspectiva da engenharia, diversos produtos podem ser adicionados a ele, como cimento, cal, aditivos químicos e fibras vegetais, e esses aditivos proporcionam bons resultados quando aplicados em construções rurais. Silva e Ferreira (2005) destacam que os tijolos ecológicos precisam passar por processos de estabilização para atender aos requisitos mínimos de resistência e durabilidade estabelecidos pelas normas NBR 8491 (ABNT, 2012) e NBR 8492 (ABNT, 2012); uma alternativa comum para esse propósito é a utilização de aditivos químicos como o cimento Portland, que quando misturado no solo, confere aos tijolos ecológicos a resistência necessária para garantir a qualidade e a longevidade das construções.

A incrementação de materiais alternativos, como resíduos agroindustriais e resíduos do beneficiamento de arroz, entre outros, aos tijolos ecológicos busca a redução do consumo de cimento e outros materiais convencionais. Conforme Medeiros *et al.* (2002), esses resíduos, quando disponíveis nas proximidades das áreas de produção e combinados com solos locais, podem proporcionar soluções de baixo custo para a fabricação de materiais de construção à base de terra crua, como por exemplo, tijolos ecológicos.

Presa (2011) e Silva *et al.* (2014) convergem na busca por soluções sustentáveis na produção de tijolos ecológicos para construções rurais. Silva *et al.* (2014) destaca a aplicação de 6,7% de cimento e solo do Semiárido brasileiro na fabricação de tijolos ecológicos, especificamente para a construção de residências

rurais, onde a utilização desses tijolos não apenas reduz os custos de produção, mas também eleva a qualidade das moradias para os habitantes locais. Enquanto Presa (2011) ressalta a integração de tecnologias produtivas de baixo custo para atender demandas viáveis no meio rural, beneficiando fazendas produtoras com infraestrutura. Ambos compartilham a visão de práticas sustentáveis na produção de materiais de construção, considerando benefícios ambientais, viabilidade econômica e impacto social nas comunidades rurais.

## **2.2 Materiais alternativos na confecção de tijolos ecológicos**

Para Paixão *et al.* (2023), os tijolos ecológicos têm se mostrado uma solução promissora para a construção sustentável. Ao contrário dos tijolos convencionais, que são fabricados utilizando materiais como argila, areia e cimento, e que passam pelo processo de queima em fornos de alta temperatura, os tijolos ecológicos podem ser produzidos utilizando materiais alternativos ou sustentáveis, como solo-cimento, resíduos industriais, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar e plásticos reciclados.

Em um estudo realizado por Correa *et al.* (2013), foi investigado o uso de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar na composição dos tijolos de solo-cimento. Os resultados mostraram que é possível substituir até 20% do cimento Portland por cinzas sem comprometer a resistência à compressão simples do material.

O estudo da composição ideal da mistura para a fabricação de tijolos ecológicos é fundamental para garantir a qualidade e sustentabilidade desses materiais de construção. Aguiar (2017) realizou a fabricação de tijolos ecológicos vazados, utilizando uma mistura composta por cimento, papel de imprensa, argila e água, com o objetivo principal de analisar seus parâmetros físicos e mecânicos. Os tijolos foram submetidos a uma variedade de métodos de avaliação, incluindo análise dimensional, determinação da massa específica, resistência mecânica individual e de prisma, capacidade de absorção de água, durabilidade sob molhagem e secagem. Os resultados encontrados pelo autor sugerem que o papel imprensa pode representar uma alternativa viável aos tijolos ecológicos, apresentando potencial para minimizar os impactos ambientais e sociais associados à indústria da construção civil.

Campagnolo (2022) em sua pesquisa objetivou estudar a melhoria geotécnica de um solo eólico sob adição de cimento e sílica da casca de arroz (SCA), com o propósito de fabricar tijolos ecológicos maciços. A autora avaliou a trabalhabilidade da

mistura solo-cimento-SCA sob diversas proporções, submetendo a ensaios de compactação pelo método Proctor. Após a fase de cura, foram realizados testes de resistência à compressão simples nos corpos de prova cilíndricos. Com base na eficácia da moldagem e nos resultados dos testes, três composições da mistura (80%-10%-10%, 80%-12%-8% e 80%-8%-12%) foram selecionadas para a produção dos tijolos maciços, seguindo as diretrizes estabelecidas pela NBR 8491 (ABNT, 2012). Os testes de controle, incluindo análise de resistência à compressão simples e absorção de água, demonstraram que todas as três proporções atenderam aos requisitos das normas NBR 8491 (ABNT, 2012) e NBR 8492 (ABNT, 2012), apresentando uma resistência à compressão simples média superior a 2,0 MPa e uma taxa de absorção de água inferior a 20%.

Ainda neste contexto Vessozi (2016) em seu estudo focou na viabilidade técnica de estabilizar um solo arenoso por meio da adição de cinza de casca de arroz (CCA) e cimento Portland para a produção de tijolos ecológicos vazados. Para determinar a melhor proporção de materiais para a confecção dos tijolos ecológicos a autora realizou ensaio físico-químico. Por meio deste ensaio a autora identificou, qual o mínimo teor de cimento necessário para se obter uma máxima interação físico química entre o solo e o cimento, bem como qual a proporção onde ocorrerá uma maior interação entre o cimento e a cinza. Embora os resultados de absorção encontrados pela autora tenham sido satisfatórios, os de resistência à compressão simples não atenderam plenamente aos requisitos da norma.

### **2.3 Ensaio laboratoriais para controle e qualidade dos tijolos ecológicos**

A resistência à compressão simples é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade estrutural dos tijolos ecológicos, sendo essencial para garantir sua capacidade de suportar cargas. De acordo com a norma NBR 8491 (ABNT, 2012), o ensaio de resistência à compressão simples consiste em submeter amostras de tijolos a uma carga compressiva crescente até o ponto de ruptura. O teste é realizado em uma prensa hidráulica, onde a carga máxima suportada pela amostra é registrada. Em seguida, a resistência à compressão é calculada dividindo-se essa carga máxima pela área da seção transversal do tijolo. Dessa forma, a norma NBR 8491 (ABNT, 2012) especifica os valores mínimos de resistência que os tijolos devem alcançar para serem considerados adequados para uso na construção civil ou rural, que é de 2 MPa.

Além disso, o ensaio de absorção de água é um procedimento essencial na avaliação da qualidade dos tijolos ecológicos, pois influencia diretamente sua durabilidade e resistência a condições ambientais adversas. De acordo com a norma NBR 8491 (ANBT, 2012), este ensaio envolve a determinação da quantidade de água absorvida pelos tijolos após um período de imersão. Inicialmente, os tijolos são secos até atingirem massa constante. Em seguida, são submersos em água por um período determinado, após o qual a diferença de massa antes e depois da imersão é medida. Esta diferença, expressa como um percentual da massa seca do tijolo, indica a quantidade de água absorvida. Portanto, a norma especifica um limite máximo de absorção de água de 20%, para garantir que os tijolos mantenham a integridade estrutural e a resistência necessárias em ambientes úmidos.

Por fim, a estimativa da resistência característica da amostra ( $f_{ck, est}$ ) é outro parâmetro na avaliação de tijolos e blocos cerâmicos, assegurando que eles possuam a resistência necessária para aplicações estruturais, podendo ser utilizada para avaliar tijolos ecológicos devido ao seu formato e propósito. Conforme especificado pela norma NBR 15270-1 (ABNT, 2023), a determinação do  $f_{ck}$  envolve a realização de ensaios de compressão em amostras de tijolos, onde os resultados obtidos são utilizados para calcular a resistência média e o coeficiente de variação. O  $f_{ck}$  é definido como o valor da resistência à compressão que é superado por 95% dos tijolos testados, garantindo uma margem de segurança para o uso em construção. A média das resistências obtidas, ajustada pelo coeficiente de variação, fornece o valor do  $f_{ck}$ , que é determinado de acordo com a Equação 1. Este processo é essencial para certificar que os tijolos ecológicos atendam aos requisitos mínimos de resistência, conforme estipulado pela NBR 15270-1 (ANBT, 2023), que é de 4 Mpa garantindo sua adequação para o uso em edificações seguras e duráveis.

$$f_{bk,est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$f_{bk}$ , est é resistência característica estimada da amostra, em mega pascal;

$f_b(1)$ ,  $f_b(2)$ , ... $f_b(i-1)$  são os valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, em ordem crescente;

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

$i = (n-1) /2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  é a quantidade de blocos da amostra.

Além disso após o cálculo de  $f_{bk}$ , est, de acordo com a norma deve-se proceder à seguinte análise:

- se o valor for  $f_{bk}$ , est  $\geq f_{bm}$  (média da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adotar  $f_{bm}$  como a resistência característica do lote ( $f_{bk}$ );
- se o valor for  $f_{bk}$ , est  $< \emptyset \times f_b(1)$  (menor valor da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adotar a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ) determinada pela equação  $\emptyset \times f_b(1)$ , estando os valores de  $\emptyset$  indicados no Quadro 1;
- se o valor calculado de  $f_{bk}$ , est estiver entre os limites mencionados em 5.8.2-a) e 5.8.2-b) ( $\emptyset \times f_b(1)$  e  $f_{bm}$ ), adotar este valor como a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ).

Quadro 1 - Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos.

Quantidade de blocos ou tijolos	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\emptyset$	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1

Fonte: ABNT, 2023

## 2.4 Moldes artesanais para a confecção de tijolos ecológicos

Pisani (2002) destaca que no mercado brasileiro, existe uma ampla variedade de tijolos de solo-cimento disponíveis. Esses tijolos são escolhidos e utilizados em construções considerando uma série de fatores, tais como o projeto, a disponibilidade de mão de obra, os materiais e equipamentos locais, entre outras especificidades. Além disso, o autor ressalta que os principais tipos e dimensões desses tijolos podem ser fabricados com diferentes finalidades, como evidenciado no Quadro 2. Essa

diversidade de opções proporciona flexibilidade na escolha de tijolos adequados para atender às necessidades específicas de diferentes projetos construtivos.

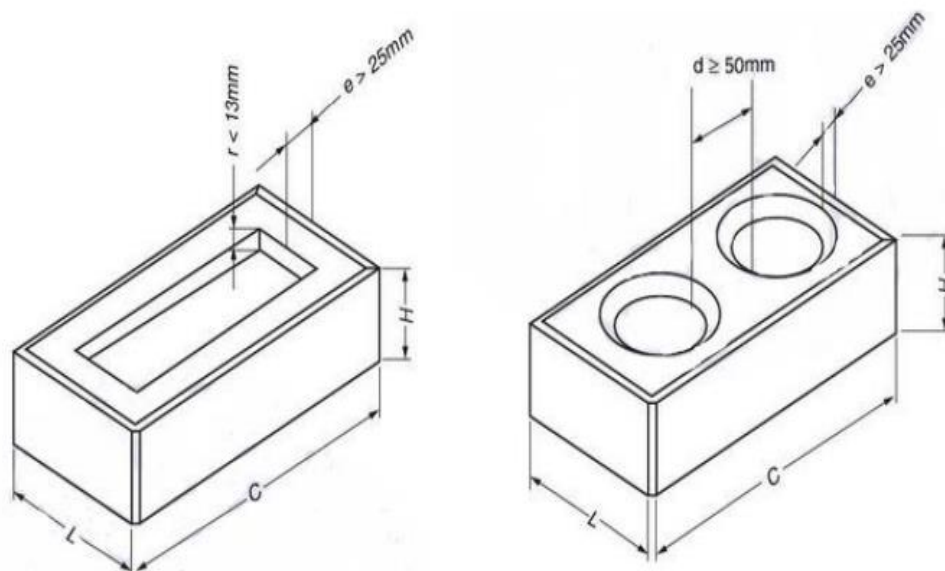
Quadro 2 - Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil.

Tipo	Dimensões	Características
Maciço Comum	5 cm x 10 cm x 20 cm 5 cm x 10 cm x 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns
Maciço com encaixes	5 cm x 10 cm x 21 cm 5 cm x 11 cm x 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa
½ tijolo com encaixes	5 cm x 10 cm x 10,5 cm 5 cm x 11 cm x 11,5 cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolo com dois furos e encaixes	5 cm x 10 cm x 20 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 25 cm 7,5 cm x 15 cm x 30 cm	Assentamento à seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical
½ tijolo com furo e encaixe	5 cm x 10 cm x 10 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 12,5 cm 7,5 cm x 15 cm x 15 cm	Elemento para acertar os aparelhos, sem necessidade de quebras

Fonte: Pisani (2002).

De acordo com norma NBR 8491 (ABNT, 2012) os tijolos ecológicos de solo-cimento devem possuir forma de paralelepípedo, com dimensões especificadas em milímetros, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Tijolo maciço de solo-cimento e tijolo vazado de solo-cimento.



Fonte: ABNT, 2012 (1)

Além disso a norma supracitada destaca as dimensões nominais que os tijolos devem atender conforme apresentadas no Quadro 3. No entanto, podem apresentar

dimensões diferentes das estabelecidas, desde que o tijolo permaneça com a altura (H) menor que a sua largura (L).

Quadro 3 - Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento\*

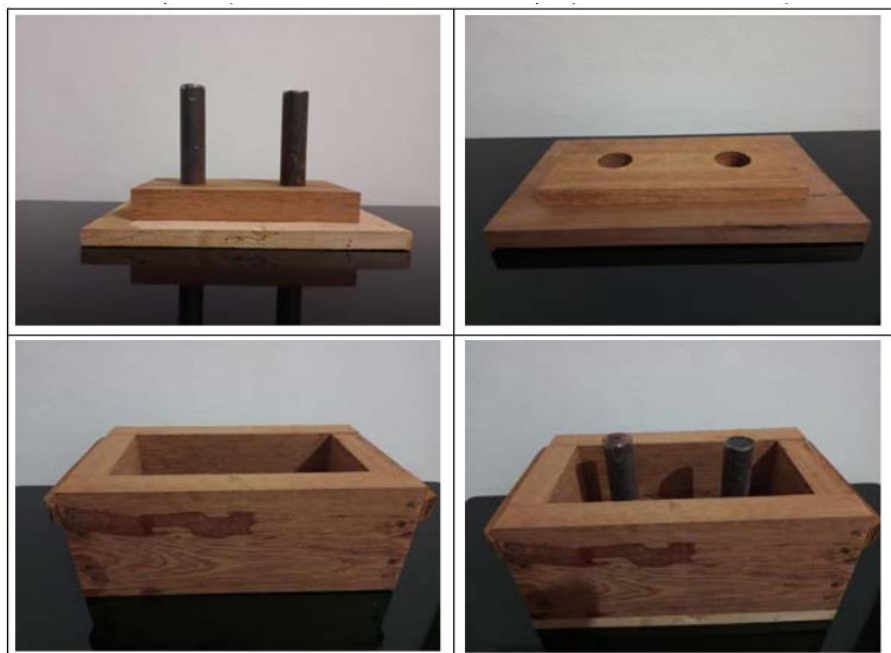
Tipos	Comprimento (C)	Largura (L)	Altura (H)
A	200	100	50
B	240	120	70

\* Dimensões em milímetros

Fonte: ABNT, 2012 (1)

Francisco (2016) propõe uma abordagem para a confecção de tijolos ecológicos, enfatizando a importância do trabalho artesanal no processo de fabricação desses materiais. A autora descreve detalhadamente o procedimento, começando pelo projeto e produção do molde baseados na norma NBR 8491 (ANBT, 2012), incorporando estratégias específicas para otimizar tanto o processo de moldagem quanto a remoção dos tijolos resultantes. Conforme ilustrado na Figura 2, o molde prático apresenta uma base robusta e uma forma em madeira Angelim, garantindo durabilidade e facilidade de manuseio. Os cilindros centrais de metal reciclado não apenas contribuíram para a sustentabilidade, mas também asseguraram a uniformidade e a compactação adequada dos tijolos durante o processo de fabricação.

Figura 2 - Detalhes da forma projetada.

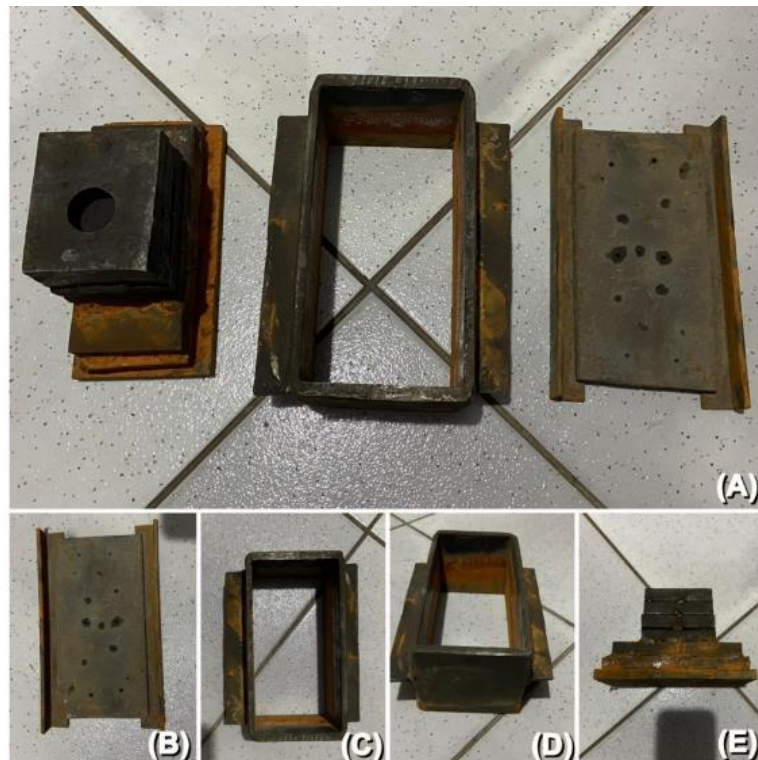


Fonte: Francscisco (2016).



Campagnolo (2022) projetou e confeccionou um molde metálico para a moldagem de tijolos maciços de solo-cimento (Tipo A) com medidas de 20,0 cm x 10,0 cm x 5,0 cm, conforme a normativa NBR 8491 (ABNT, 2012). O molde, feito de aço comum, é composto por várias partes essenciais. A parte superior inclui a forma e o fundo, que sustentam e definem o contorno dos tijolos, conforme mostrado na Figura 3(A). Na Figura 3(B), o fundo falso facilita a remoção dos tijolos moldados sem danos. A forma de moldagem é reforçada com uma viga em I, conforme ilustrado na Figura 3(C), proporcionando resistência e estabilidade durante a prensagem. A Figura 3(E) apresenta o cabeçote metálico, responsável pela aplicação da pressão uniforme necessária sobre o material no molde. Para a confecção dos corpos de prova, a autora utilizou uma prensa hidráulica, que garante a pressão adequada para a compactação do solo-cimento, resultando em tijolos com a densidade e resistência requeridas.

Figura 3 - Molde de aço para confecção e moldagem de tijolos maciços. (A): Parte superior, forma e fundo. (B) Fundo falso; (C) e (D) Forma de moldagem com viga I; (E): Cabeçote metálico.

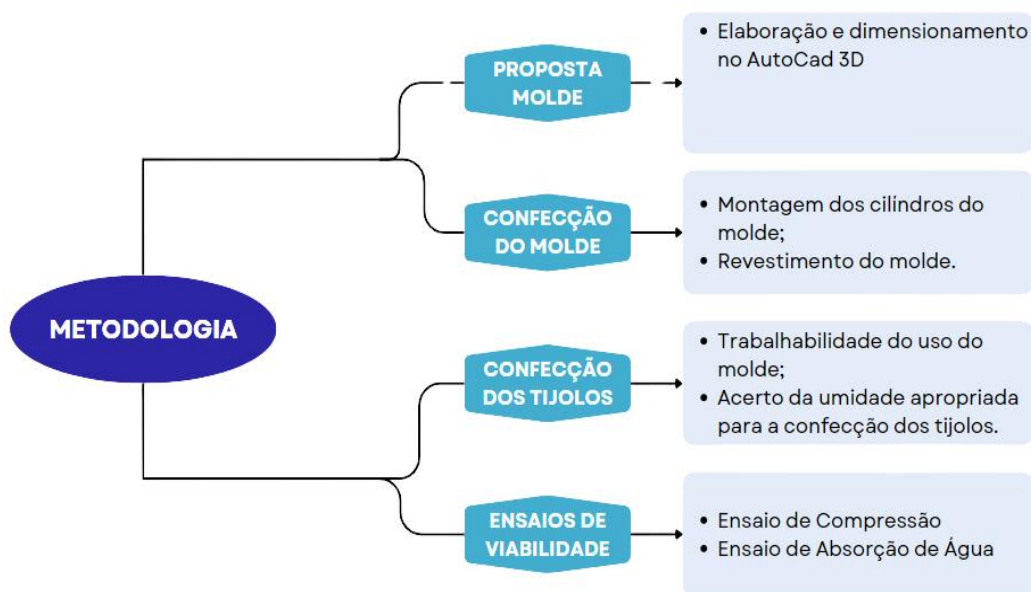


Fonte: Campagnolo (2022).

### 3 METODOLOGIA

Com o objetivo de viabilizar a montagem do molde e sua utilização na fabricação de tijolos ecológicos vazados de forma manual, o fluxograma a seguir apresenta as atividades realizadas neste trabalho. O fluxograma detalha as principais etapas, que incluem a proposta do molde, a confecção do molde manual de madeira, a produção dos tijolos ecológicos vazados e os ensaios de viabilidade realizados nos tijolos produzidos.

Figura 4 - Fluxograma da proposta de trabalho.



Fonte: O autor, 2024

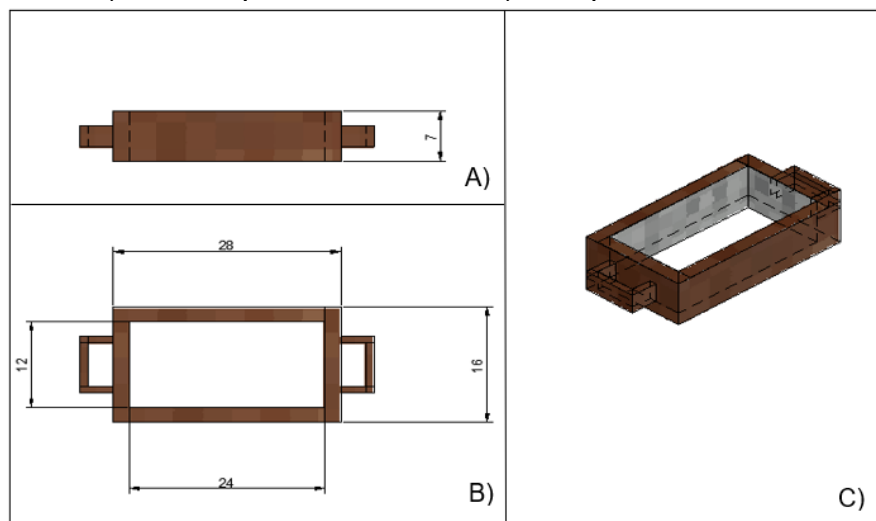
#### 3.1 Proposta de molde manual para confecção de tijolos ecológicos

Na elaboração da proposta para o desenvolvimento do molde manual as dimensões foram determinadas seguindo as orientações da norma NBR 8491 (ABNT, 2012), especificada para o tijolo do tipo B com dimensões de 24,0 cm x 12,0 cm x 7,0 cm (comprimento x largura x altura) e distância entre furos de 5 cm.

O desenvolvimento do molde começou com a representação digital criada no *software* AutoCad® 3D na escala (1:1), como é possível observar nas Figuras 5, 6 e 7. É importante destacar que nessa etapa foram consideradas orientações da norma NBR 8491 (ABNT, 2012), focando não apenas na precisão das medidas, mas também na otimização do design para uma moldagem e fabricação eficaz. A Figura 5 apresenta a representação digital da forma do molde, etapa crucial para garantir que

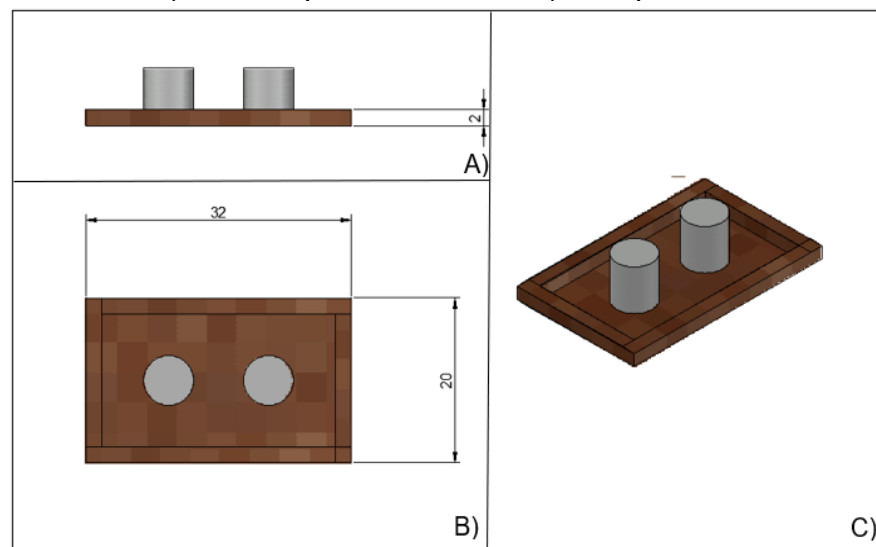
todas as dimensões e características estruturais estejam de acordo com os padrões exigidos, garantindo a qualidade dos tijolos ecológicos produzidos. Na Figura 6 é possível observar a representação digital da base do molde, que é responsável por proporcionar estabilidade e suportar a pressão aplicada durante a compactação dos materiais. A Figura 7 ilustra a representação digital do compactador do molde, peça essencial para garantir que o material seja pressionado de maneira uniforme e adequada dentro do molde.

Figura 5 - Representação digital do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral do molde; B) Vista superior do molde; C) Perspectiva do molde.



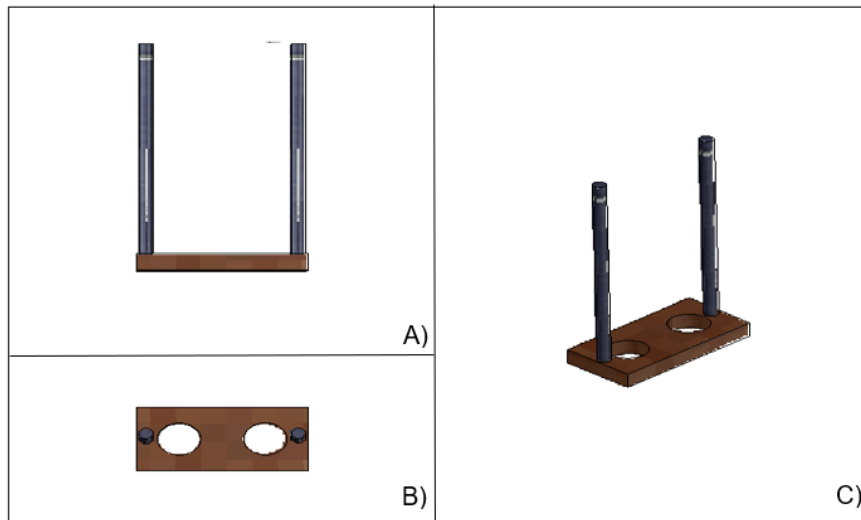
Fonte: O autor, 2024.

Figura 6 - Representação digital da base do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral da base; B) Vista superior da base; C) Perspectiva da base do molde.



Fonte: O autor, 2024

Figura 7 - Representação digital do compactador do molde para tijolos ecológicos vazados: A) Vista lateral do compactador; B) Vista superior do compactador; C) Perspectiva do compactador.



Fonte: O autor, 2024

### 3.2 Confeção do molde

Para a confecção do molde, utilizou-se madeira de cedrinho adquirida em uma madeireira local na cidade de Alegrete/RS. Foram escolhidas tábuas com 2 cm de espessura, que foram cortadas e plainadas, conforme ilustrado na Figura 8 (A). Essa escolha garantiu a precisão e a uniformidade necessárias para a montagem do molde, como demonstrado na Figura 8 (B).

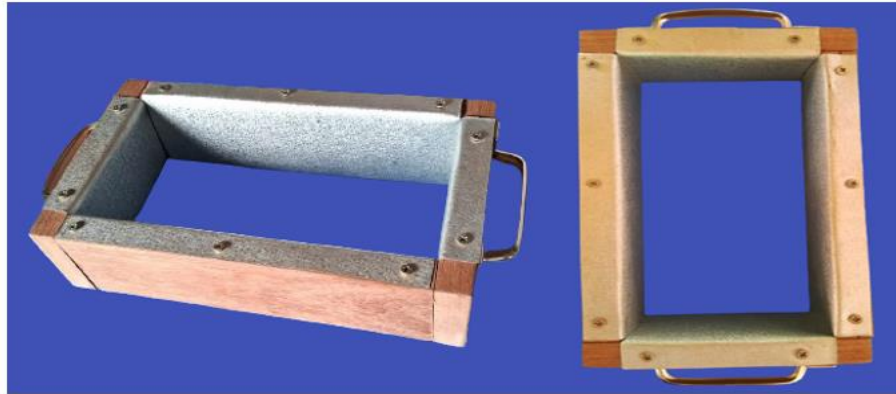
Figura 8 - Madeiras utilizadas: A) Madeiras cortadas; B) Forma fixada.



Fonte: O autor, 2024.

Depois de fixar a estrutura externa do molde com parafusos, a chapa de aço galvanizado foi cortada utilizando uma tesoura específica para ferro. Em seguida, a chapa foi inserida nas paredes internas do molde, conforme evidenciado na Figura 9.

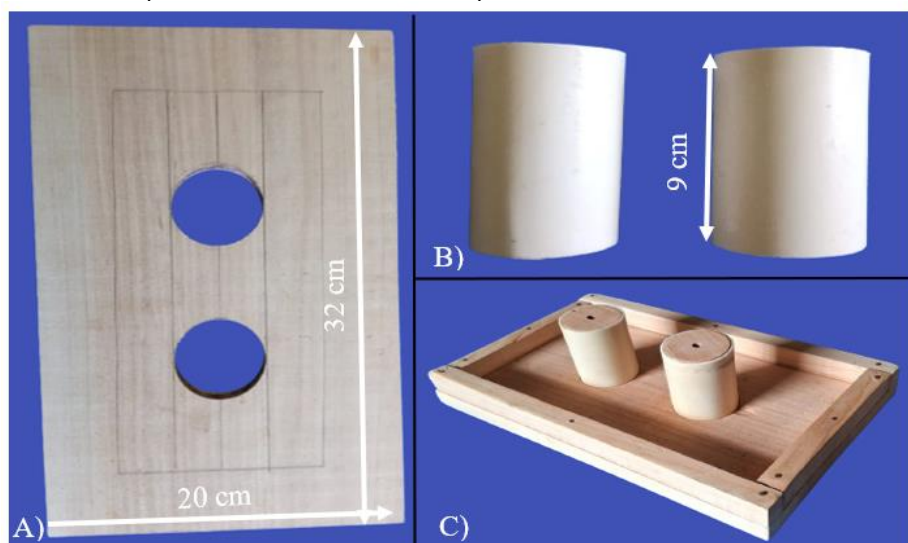
Figura 9: Chapa de aço galvanizado fixada no molde.



Fonte: O autor, 2024.

Para a confecção da base do molde, utilizou-se uma madeira com dimensões de 32 cm x 20 cm (comprimento x largura). Além disso, foram realizadas marcações para fazer furos de 50 mm com o auxílio de uma serra copo, destinados à fixação dos tubos de PVC, conforme ilustrado na Figura 10 (A). Na Figura 10 (B), encontram-se representados os tubos de PVC de 50 mm utilizados para criar os cilindros do molde. Já na Figura 10 (C), é possível observar os cilindros já inseridos na base.

Figura 10 - Confecção da base do molde: A) Marcação e realização dos furos para fixação dos tubos; B) Tubos PVC 50 mm; C) Tubos fixados na base.

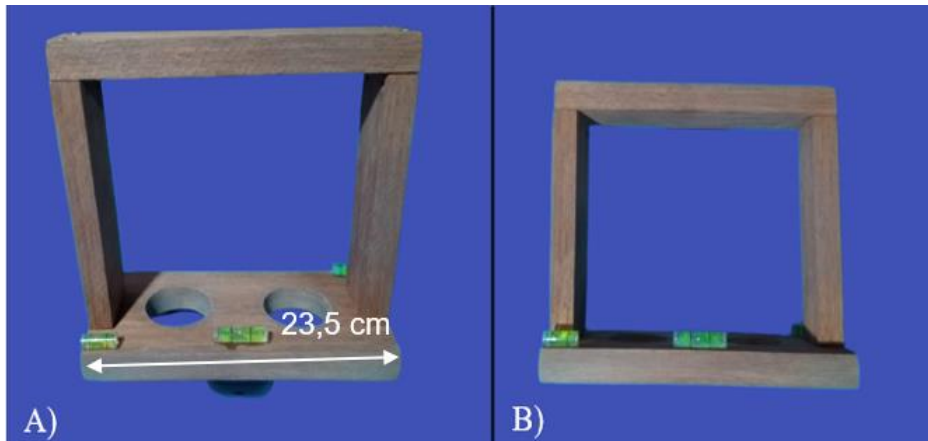


Fonte: O autor, 2024.

O compactador do molde foi fabricado a partir da mesma madeira utilizada para produção da forma, com dimensões de 23,5 cm x 11,5 cm (comprimento x largura),

como é possível observar na Figura 11 (A). Foram efetuados furos com diâmetro de 6 cm para encaixar nos cilindros e realizar a distribuição uniforme da mistura sobre o molde. Além disso, foram fixados alguns níveis nas extremidades do compactador para proporcionar um acompanhamento em nível da distribuição da mistura no molde, conforme a Figura 11 (B).

Figura 11 - Confeção do compactador: A) Dimensões compactador; B) Níveis fixados nas extremidades do molde.



Fonte: O autor, 2024.

A montagem do molde revelou-se eficiente, com a estrutura externa firmemente fixada por parafusos e a chapa de aço galvanizado devidamente cortada e inserida nas paredes internas. O resultado final fornece um molde robusto e funcional, preparado para a produção de tijolos ecológicos, como é possível observar na Figura 12.

Figura 12- Molde completo.



Fonte: O autor, 2024



### 3.3 Materiais utilizados na mistura

#### 3.3.1 Solo Eólico

O local selecionado para a coleta de solo está situado no subdistrito de Durasnal, no município de Alegrete, no sudoeste do Rio Grande do Sul, com coordenadas geográficas  $29^{\circ}54'51.10''\text{S}$  e  $55^{\circ}29'11.91''\text{O}$ . A Figura 13 apresenta uma imagem de satélite da área de coleta.

Figura 13 - Área de coleta de solo.



Fonte: Google Earth (2024).

Considerando os resultados dos ensaios geotécnicos realizados por Campagnolo (2022) na produção de tijolos maciços de solo eólico, cimento e sílica da casca de arroz (SCA), bem como os estudos de Almeida (2019) sobre estabilização granulométrica e química de areias eólicas aplicadas na construção de estradas rurais, neste trabalho foi conduzido um ensaio de análise granulométrica do solo eólico coletado, seguindo as diretrizes da NBR 7181 (ABNT, 2012), com o objetivo de avaliar sua aplicação na confecção de tijolos ecológicos.

#### 3.3.2 Cimento

Para a preparação da mistura, foi utilizado como material aglomerante o Cimento Portland CP IV-32 RS, pois é amplamente utilizado e comercializado na região.

### **3.3.3 Sílica da casca do arroz**

A sílica da casca do arroz empregada neste trabalho foi cedida pela empresa Gestora de Energia Elétrica de Alegrete (GRRRA), comercializada sob a marca empresarial Silcca® Nobre – SBI.

## **3.4 Processo de fabricação dos tijolos ecológicos**

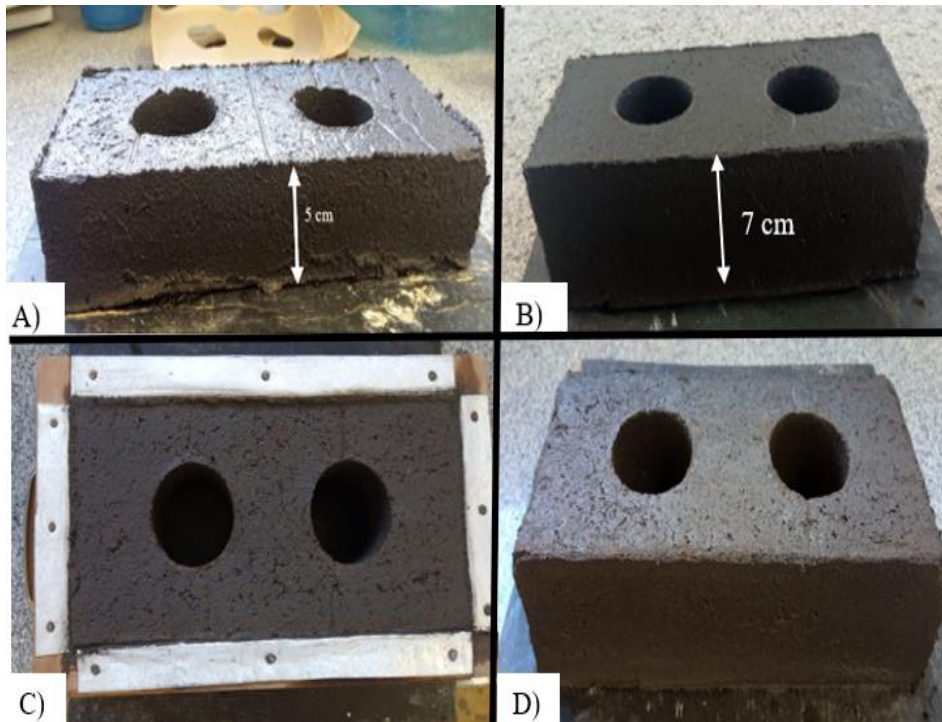
### **3.4.1. Preparo das misturas**

Com base em uma análise abrangente de diversos autores (Correa *et al.*, 2013; Aguiar, 2017; Campagnolo, 2022; Vessozi, 2016), optou-se por adotar e trabalhar com materiais e proporções de mistura sugeridas por Campagnolo (2022). Devido aos excelentes resultados que a autora encontrou nos ensaios de resistência e absorção dos tijolos, além da disponibilidade dos materiais na região, nesta pesquisa utilizou-se para a confecção dos tijolos, 80% de solo eólico, 10% de cimento e 10% de sílica da casca de arroz.

Para ajustar a massa total e o teor de umidade da mistura e garantir que os tijolos alcançassem as dimensões desejadas, várias alterações foram realizadas ao longo do processo. Inicialmente, foi utilizada uma massa seca de 2400 g, mas os tijolos resultantes não atingiram a altura desejada de 7 cm, conforme ilustrado na Figura 14 (A). Em resposta a essa insuficiência, a massa foi aumentada para 3500 g, o que permitiu atingir as dimensões adequadas, mas resultou em um excesso de material, como mostrado na Figura 14 (B). Para resolver esse problema de excesso, a massa foi ajustada e reduzida para 3400 g, o que possibilitou preencher o molde de forma adequada e minimizou o desperdício de material, como pode ser visto nas Figuras 14 (C) e 14 (D).



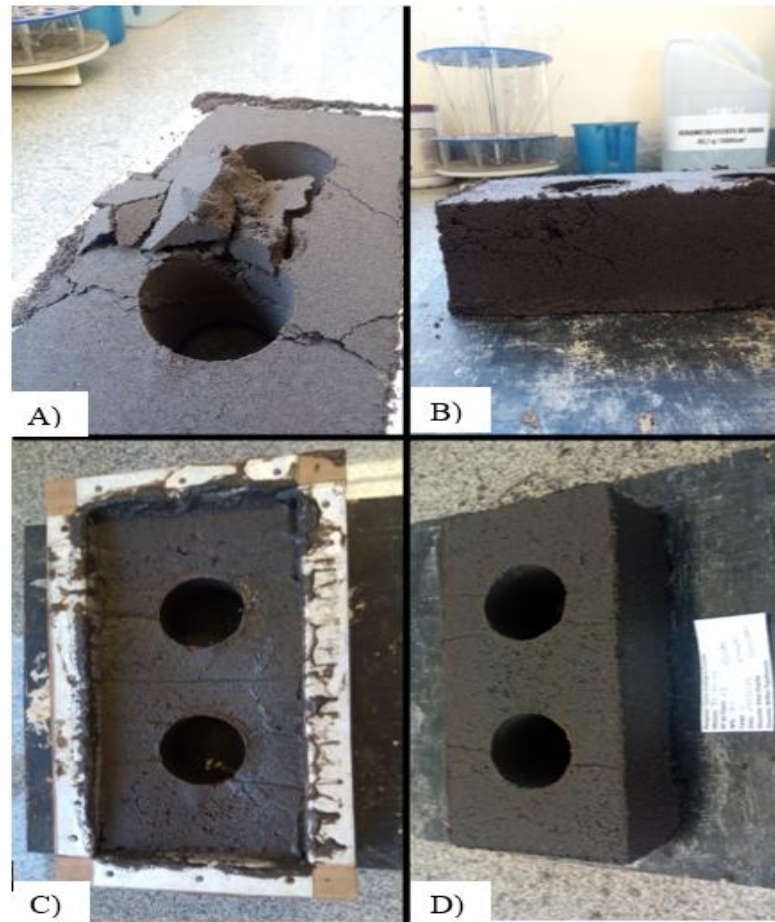
Figura 14 - Confeção dos tijolos: A) Tijolo moldado com 2400 g; B) Tijolo moldado com 3500 g. C) Molde preenchido; D) Tijolo moldado com 3400 g.



Fonte: O autor, 2024

Durante a etapa de fabricação dos tijolos ecológicos, foram realizados testes adicionais para determinar o teor de umidade ideal da mistura. Embora a umidade inicial de 8,7% sugerida por Campagnolo (2022) tenha sido considerada como ponto de partida, os resultados indicaram que essa proporção não proporcionou a consistência ideal, resultando em uma mistura muito seca e causando fraturas nos tijolos durante a desmoldagem, conforme a Figura 15 (A). Após ajustes, testou-se um teor de umidade de 11%, o que proporcionou uma textura mais adequada e de fácil manipulação, embora ainda ocorressem algumas fraturas, como mostrado na Figura 15(B). Ao aumentar a umidade para 16%, as fraturas na desmoldagem foram eliminadas, porém o excesso de umidade comprometeu a integridade dos tijolos, conforme mostrado na Figura 15 (C). Por fim, ao reduzir o teor de umidade para 14%, notou-se uma melhoria significativa na consistência da mistura, facilitando a fabricação e garantindo a integridade estrutural dos tijolos.

Figura 15 - Ajuste teor de umidade: A) Tijolo moldado com 8,7% de umidade; B) Tijolo moldado com 11% de umidade; C) Tijolo moldado com 16% de umidade; D) Tijolo moldado com 14% de umidade.

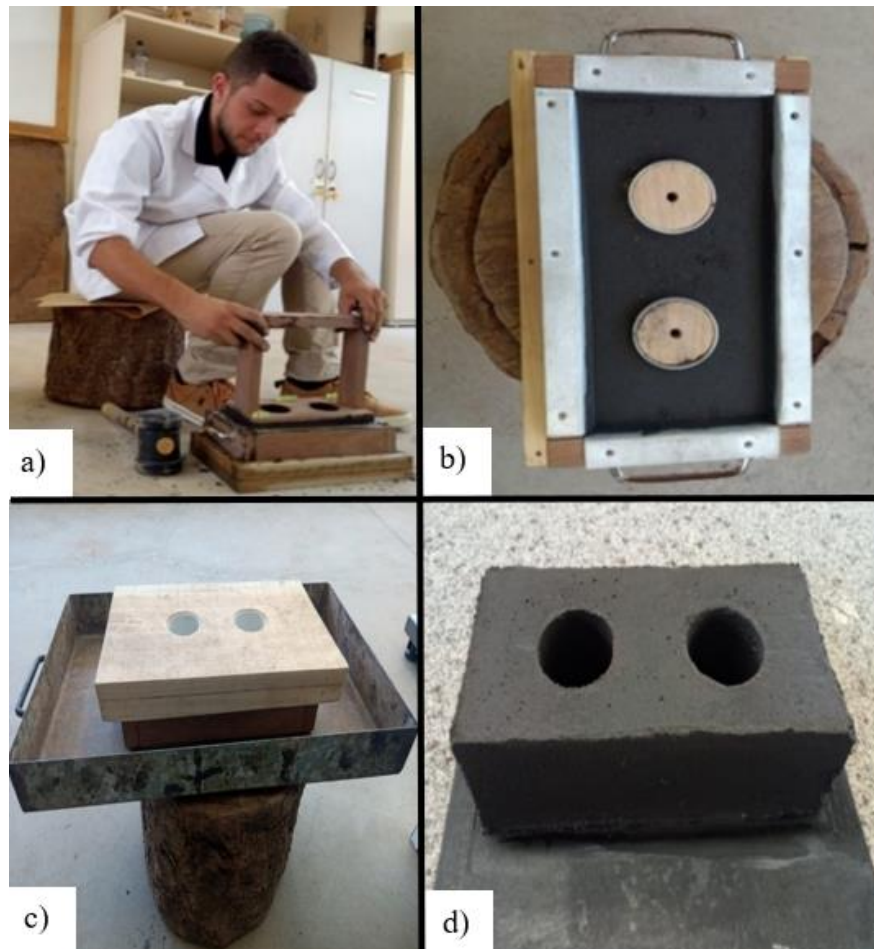


Fonte: O autor, 2024

### 3.4.2. Confeção e cura dos tijolos

O processo de moldagem dos tijolos começou com a colocação da mistura no molde, seguida pela distribuição e compressão com o uso do compactador, conforme ilustrado na Figura 16 (A). Um aspecto que contribuiu significativamente para a eficácia desse processo foi a presença de níveis de bolha fixados nas extremidades do compactador, facilitando o monitoramento do nível da mistura. Essa medida permitiu um nivelamento da mistura dentro do molde, garantindo uniformidade e consistência nos tijolos confeccionados. Como demonstrado na Figura 16 (B), uma vez preenchido e compactado, o molde apresentava uma aparência uniforme e consistente. Durante a desmoldagem, a base do molde foi cuidadosamente removida, conforme mostrado na Figura 16 (C), revelando um tijolo bem formado e compactado, conforme pode ser observado na Figura 16 (D).

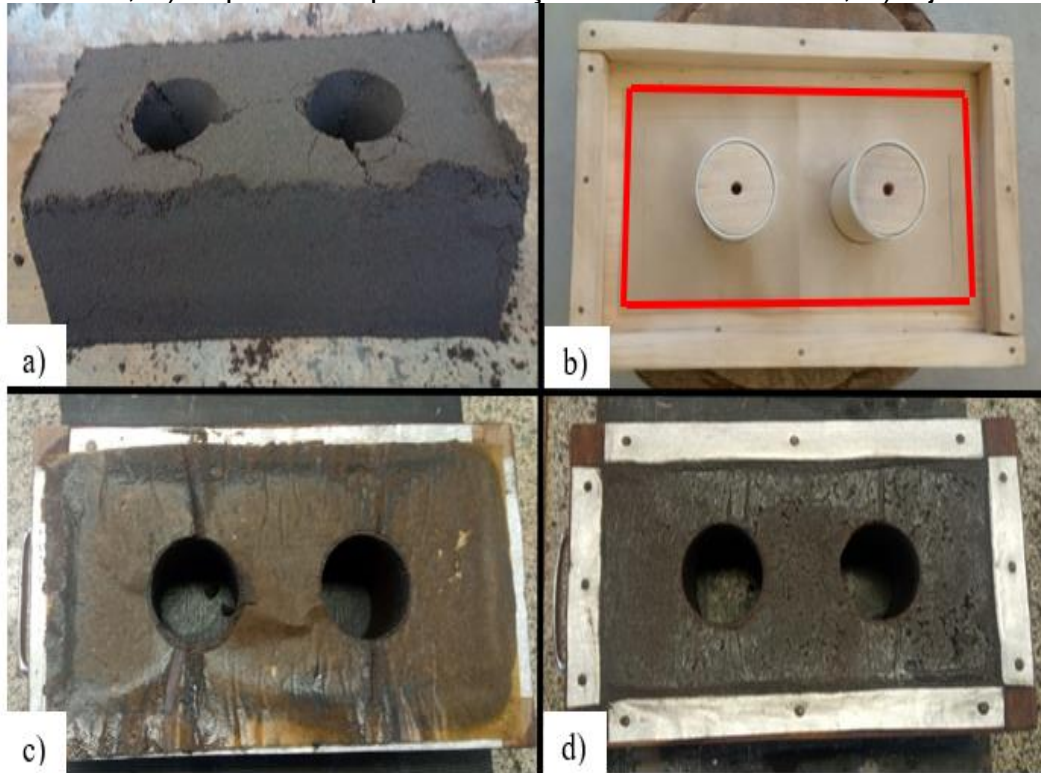
Figura 16 - Confeção dos tijolos: A) Compactação da mistura; B) Aparência da mistura dentro molde; C) Retirada da base do molde; C) Tijolo desmoldado.



Fonte: O autor, 2024

Durante o processo inicial de moldagem, foi observado um problema recorrente de aderência da mistura à base do molde, especialmente porque esta não possui revestimento de chapa metálica. Essa aderência comprometia a desmoldagem dos tijolos, resultando em fraturas frequentes, como pode ser observado na Figura 17 (A). Para superar esse desafio, foi adotada uma alternativa eficaz: a utilização de papel Kraft recortado nas medidas da base do molde, conforme evidenciado na Figura 17 (B). Essa solução simples, porém, eficiente, foi capaz de eliminar a aderência da mistura à base do molde, facilitando assim a desmoldagem dos tijolos de acordo com a Figura 17 (C) e 17 (D).

Figura 17 - Moldagem dos tijolos: A) Tijolo danificado; B) Inserção do papel Kraft na base do molde; C) Papel Kraft após a remoção da base do molde; D) Tijolo no molde.



Fonte: O autor, 2024

Após o processo de moldagem e desmoldagem dos tijolos, estes foram transferidos para a câmara úmida com ambiente controlado, onde permaneceram por um período de 28 dias, conforme representado na Figura 18 . Essa etapa é crucial para o processo de cura dos tijolos, pois permite o desenvolvimento adequado de suas características físicas e mecânicas. Seguindo as orientações da Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP (2000) visando garantir uma cura uniforme e eficaz, foram realizadas molhagens sucessivas durante os sete primeiros dias após a moldagem. Essas molhagens regulares asseguraram a saturação adequada dos tijolos, promovendo a hidratação do cimento e a formação de uma estrutura sólida e durável.



Figura 18 - Tijolos na câmara úmida.



Fonte: O autor, 2024

### **3.5 Ensaios laboratoriais aplicados nos tijolos ecológicos**

#### **3.5.1 Ensaio de resistência à compressão simples**

O ensaio de resistência à compressão simples foi conduzido no Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção da UNIPAMPA-Campus Alegrete. Para preparar os tijolos para o ensaio, foram selecionados 10 tijolos, escolhendo aqueles que apresentavam maior uniformidade dimensional. Estes foram primeiramente cortados ao meio com uma serra de bancada, conforme ilustrado na Figura 19 (A). Primeiramente, foi executada uma análise dimensional de acordo com a NBR 8492 (ABNT, 2012), utilizando um paquímetro. Em seguida, foi realizada a aderência entre os dois blocos cortados do tijolo. Após essa etapa, foi feito o capeamento das faces inferior e superior utilizando uma argamassa composta de cimento Portland CP IV 32-RS e areia, na proporção 1:1, com espessura máxima de 3 mm. A argamassa foi aplicada sobre uma bancada de metal nivelada e untada, conforme mostrado na Figura 19 (B). Após 24 horas, realizou-se o capeamento da outra face e, posteriormente, após o endurecimento da argamassa, os corpos de prova foram imersos em água por um período de 6 horas, conforme demonstrado na Figura 19 (C). O ensaio de compressão simples foi realizado utilizando uma prensa hidráulica da

marca EMIC, com capacidade máxima de 200 kN. Durante o teste, a carga foi aplicada a uma velocidade constante de 1 mm/min, sendo encerrado quando a carga máxima começou a diminuir e fissuras visíveis apareceram no corpo de prova, como ilustrado na Figura 19 (D).

Figura 19 - Teste de resistência a compressão simples: A) Corte dos tijolos; B) Nivelamento dos tijolos; C) Imersão dos corpos de prova; D) Execução do ensaio de resistência à compressão simples.



Fonte: O autor, 2024.

### 3.5.2 Ensaio de absorção de água

No que diz respeito ao teste de absorção de água, foram realizados os procedimentos estabelecidos pela norma NBR 8491 (ABNT, 2012). Conforme as recomendações, três tijolos foram selecionados para representar um único lote. Inicialmente, como é possível observar na Figura 20, esses tijolos foram submetidos a um período de secagem em uma estufa a 105 °C, por 24 horas. Após o tempo

necessário, os tijolos foram retirados da estufa e deixados em repouso até atingirem uma temperatura mais baixa, permitindo então a pesagem.

Figura 20 - Tijolos na estufa.



Fonte: O autor, 2024

Uma vez secos e resfriados, os tijolos foram pesados para determinar o peso seco inicial. Em seguida, eles foram imersos em água por um período de 24 horas para alcançar a saturação de acordo com a figura 21. Após a imersão, os tijolos foram retirados da água e o excesso de umidade foi removido com a ajuda de um pano úmido. Em seguida, os tijolos saturados foram pesados e a diferença de peso entre o estado seco e o estado saturado foi utilizada para calcular a porcentagem de absorção de água de cada tijolo.

Figura 21 - Tijolos imersos.



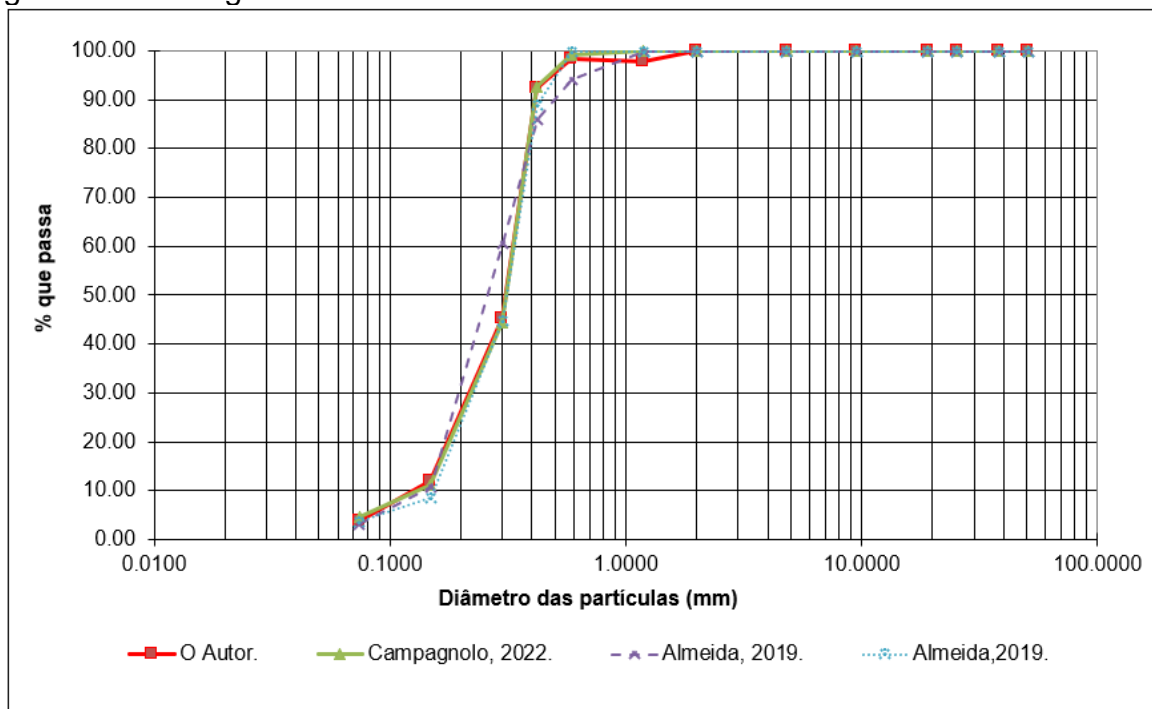
Fonte: O autor, 2024

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Caracterização do solo eólico

Para avaliar as características granulométricas do solo eólico utilizado na confecção dos tijolos ecológicos vazados, foi realizado um ensaio de granulometria conforme as diretrizes da NBR 7181 (ABNT, 2012). Como é possível observar na Figura 22, a curva de granulometria obtida a partir deste ensaio proporciona uma análise detalhada da distribuição dos tamanhos das partículas presentes na amostra. Essa informação é fundamental para compreender a adequação do material para a produção de tijolos de solo eólico, cimento e SCA, contribuindo para a qualidade e desempenho das edificações rurais.

Figura 22: Curva granulométrica.



Fonte: O autor, 2024

A partir da curva granulométrica apresentada na Figura 22, foi possível obter os coeficientes de Uniformidade ( $C_u$ ) e de Curvatura ( $C_c$ ). Comparando esses dados com os de outros autores (Campagnolo, 2022; Almeida *et al.*, 2019), é possível verificar que a granulometria dos solos coletados em diferentes locais da região da Campanha Gaúcha apresenta características semelhantes. Conforme mostrado no Quadro 4, o coeficiente de uniformidade ( $C_u$ ) indica uma semelhança entre esses solos, uma vez que todos são caracterizados por uma granulometria bastante



uniforme ( $Cu < 5$ ). De acordo com Almeida (2019), o valor da Massa Específica dos Grãos para o solo na localização do Durasnal foi de  $2,84 \text{ g/cm}^3$ , enquanto Campagnolo (2022) encontrou um valor de  $2,38 \text{ g/cm}^3$ .

Quadro 4: Ensaio de Caracterização Geotécnica.

Autores	Localização	Cu	CC	LL	LP
Autor	Durasnal	2,69	1,18	-	-
Campagnolo, 2022	Durasnal	2,67	1,04	-	-
Almeida, 2019	São João	2	0,89	-	-
Almeida, 2019	Manoel Viana	2,33	1,19	-	-

Fonte: O autor, 2024

## 4.2 Trabalhabilidade do molde e da mistura

No processo de fabricação dos tijolos ecológicos, o molde utilizado apresentou uma trabalhabilidade satisfatória, com o preenchimento da mistura ocorrendo de forma fácil e eficiente. A distribuição da mistura foi uniforme, e a compactação dentro do molde ocorreu de maneira simples. No entanto, uma dificuldade observada foi a aderência da mistura à base do molde, devido à ausência de revestimento metálico. Para solucionar esse problema, foi adotada a estratégia de utilizar papel Kraft nas medidas da base do molde, o que eliminou a aderência excessiva da mistura e facilitou a desmoldagem dos tijolos.

Quanto à compactação, o molde demonstrou ser adequado para garantir uma compactação eficaz da mistura. Não foi necessário aplicar uma força excessiva para compactar a mistura dentro do molde, pois o próprio peso da mistura e a pressão exercida pelo compactador foram suficientes para alcançar a compactação desejada. No entanto, para garantir o nivelamento adequado da mistura dentro do molde, foram realizadas algumas aplicações de força com uma marreta de borracha. Essas aplicações foram realizadas de maneira cuidadosa para evitar danos ao molde ou à mistura e foram eficazes para garantir a uniformidade e a planicidade dos tijolos produzidos.

Durante o processo de desmoldagem dos tijolos, foi observada uma aderência da mistura às extremidades do molde, causada pela união de contato das chapas metálicas. Essa aderência resultou em algumas avarias nos cantos dos tijolos, devido à dificuldade de separação da mistura das paredes do molde. No entanto, é importante ressaltar que não houve a necessidade de aplicar esforços adicionais para a

desmoldagem. Apesar das dificuldades encontradas devido à aderência, o processo de desmoldagem foi concluído de forma satisfatória e sem a necessidade de intervenções significativas. Este resultado sugere que, apesar dos pequenos detalhes a ser melhorados (contato entre as chapas metálicas das paredes e melhoramento da superfície da base), o molde utilizado demonstrou uma adequada capacidade de desmoldagem, proporcionando uma liberação eficiente dos tijolos sem danificar sua integridade estrutural.

No processo de fabricação dos tijolos ecológicos, utilizou-se a mistura proposta por Campagnolo, composta por 80% de solo eólico, 10% de cimento e 10% de sílica de casca de arroz, ajustando o teor de umidade para 14%. Esse ajuste foi crucial para garantir a qualidade e a integridade dos tijolos. O molde utilizado facilitou o preenchimento e a compactação da mistura de forma simples e eficiente. A compactação foi eficaz sem exigir muita força, e o nivelamento foi garantido com uma marreta de borracha. Esses resultados mostram que, com ajustes no teor de umidade e estratégias de desmoldagem, foi possível fabricar tijolos ecológicos de alta qualidade e integridade estrutural.

### 4.3 Ensaio laboratoriais aplicados nos tijolos ecológicos

#### 4.3.1 Ensaio de resistência à compressão simples

Na Tabela 1, estão apresentados os valores individuais obtidos no ensaio de resistência à compressão simples dos tijolos vazados, onde cada tijolo é acompanhado do tempo de cura e do seu respectivo teor de umidade real (W%).

Tabela 1: Resistência à compressão simples dos tijolos confeccionados.

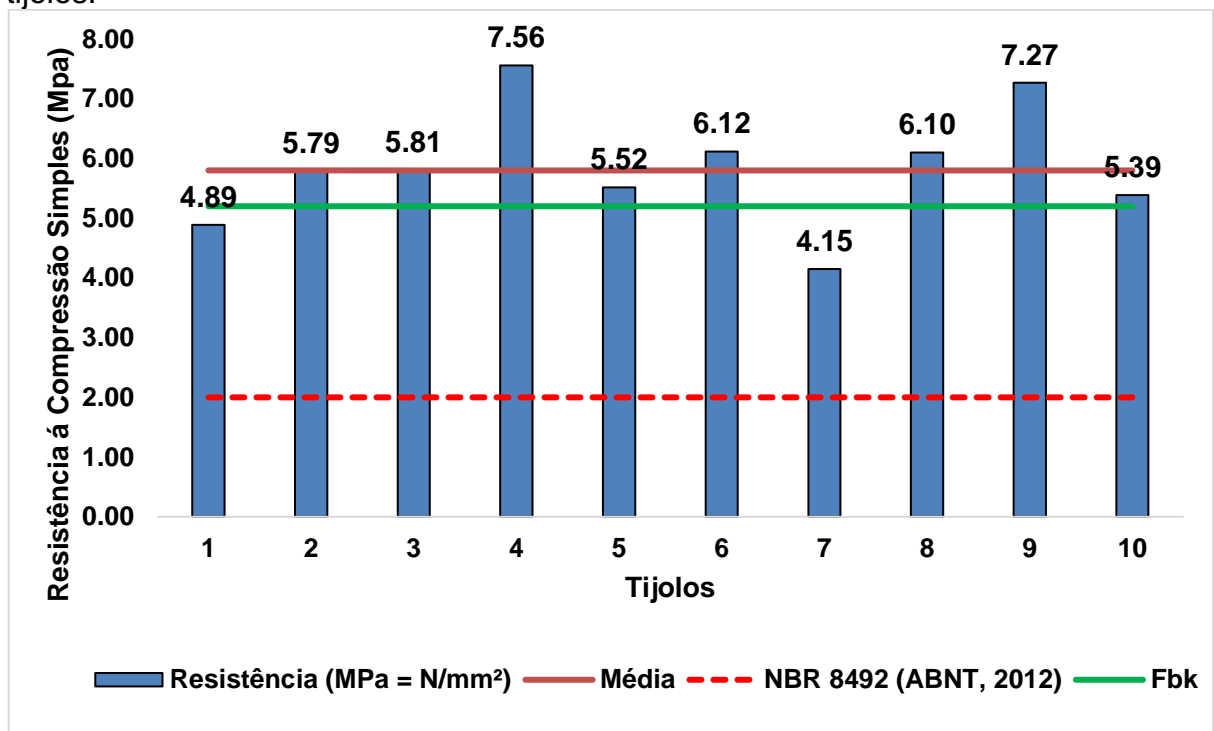
<b>Tijolo</b>	<b>Tempo de cura (dias)</b>	<b>Teor de umidade (W%)</b>	<b>Resistência (Mpa)</b>
1	28	<b>14,01</b>	<b>4,89</b>
2	28	<b>14,04</b>	<b>5,79</b>
3	28	<b>14,74</b>	<b>5,81</b>
4	28	<b>14,48</b>	<b>7,56</b>
5	28	<b>13,97</b>	<b>5,52</b>
6	28	<b>14,56</b>	<b>6,12</b>
7	28	<b>14,99</b>	<b>4,15</b>

8	28	<b>14,47</b>	<b>6,10</b>
9	28	<b>14,03</b>	<b>7,27</b>
10	28	<b>15,84</b>	<b>5,39</b>

Fonte: O autor, 2024

Como é possível observar na Figura 23, uma variação nos valores individuais da resistência à compressão simples dos tijolos, que vão de 4,15 MPa a 7,56 MPa. No entanto, a média da resistência dos tijolos foi calculada em aproximadamente 5,8 MPa, sugerindo uma consistência razoável na qualidade dos tijolos produzidos. Todos os valores de resistência estão bem acima do mínimo estabelecido pela NBR 8492 (ABNT, 2012), que é de 2,00 MPa, indicando que, no geral, os tijolos atendem aos requisitos básicos de resistência necessários para sua utilização. No entanto, é importante destacar que alguns tijolos apresentaram resistência abaixo da média, enquanto outros se destacaram com valores consideravelmente mais altos.

Figura 23 - Valores e média da análise de resistência à compressão simples dos tijolos.



Fonte: O autor, 2024

Comparando esses resultados com estudos anteriores, Campagnolo (2022) obteve uma média de 9,74 Mpa para a resistência à compressão simples em tijolos maciços do tipo A, indicando uma resistência significativamente superior. Em

contraste, Vessozi (2016) encontrou uma média de 1,36 Mpa para tijolos de solo-cimento do tipo B, um valor bem abaixo dos tijolos analisados neste estudo. Essas comparações destacam que, embora os tijolos ecológicos produzidos apresentem resistência satisfatória para atender aos padrões normativos, há variações significativas na resistência à compressão entre diferentes tipos e estudos, evidenciando a importância dos materiais e métodos de fabricação utilizados.

A resistência média à compressão ( $f_{bm}$ ) do lote foi determinada utilizando os valores individuais de resistência dos corpos de prova. Em seguida, a resistência característica estimada da amostra foi calculada conforme a Equação 1, seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 15270-1 (ABNT, 2023). Os resultados dessa análise foram organizados e apresentados na Tabela 2, que inclui a resistência média à compressão ( $f_{bm}$ ), a resistência à compressão estimada ( $f_{bk, est}$ ) e a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ).

Tabela 2 - Comparação das resistências.

<b>Amostra Tijolos</b>	<b>F<sub>bm</sub> (Mpa)</b>	<b>F<sub>bk</sub> (Mpa)</b>	<b>F<sub>bk, est</sub> (Mpa)</b>
10	5,80	4	5,20

Fonte: O autor, 2024

Conforme estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2023), a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ) representa a resistência mínima que os blocos e tijolos para alvenaria devem atender em ensaios laboratoriais, sendo de 4,0 MPa. A resistência à compressão estimada ( $f_{bk, est}$ ) é calculada com base em parâmetros como materiais constituintes e dimensões dos blocos, e é utilizada como uma estimativa da capacidade de carga.

$$f_{bk,est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i - 1} \right] - f_{bi}$$

Onde:

$f_{bk, est}$  é resistência característica estimada da amostra, em mega pascal;

$f_b(1), f_b(2), \dots, f_b(i-1)$  são os valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, em ordem crescente;

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

$i = (n-1) / 2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  é a quantidade de blocos da amostra.

Em comparação, os tijolos ecológicos vazados confeccionados artesanalmente apresentaram resistência superior aos mínimos exigidos tanto pela NBR 8492 (ABNT, 2012) para tijolos solo-cimento, que é de 2,00 MPa, também foram superiores à resistência exigida pela NBR 15270-2 (ABNT, 2023) para blocos e tijolos de alvenaria, que é de 4,0 MPa. Com a resistência média à compressão ( $f_{bm}$ ) do lote, encontrada em 5,80 MPa e a resistência característica estimada ( $f_{bk, est}$ ) de 5,20 MPa, os tijolos artesanais demonstraram desempenho notavelmente superior aos requisitos normativos. Esses resultados destacam a alta qualidade e a adequação dos tijolos para uso em construção, superando significativamente os valores mínimos de resistência à compressão estabelecidos pelas normas vigentes.

Com base nas condições da NBR 15270-1 (ABNT, 2023), após o cálculo de  $f_{bk, est}$  foi possível realizar a análise dos valores obtidos de resistência. No presente caso, o valor encontrado para  $f_{bk, est}$  foi de 5,20 MPa, enquanto o valor médio da resistência ( $f_{bm}$ ) foi de 5,80 MPa. De acordo com a norma se  $f_{bk, est}$  está entre os limites indicados nas condições a e b, ou seja, entre  $\emptyset \times f_b(1)$  (onde  $\emptyset$  é o fator de correção específico indicado No Quadro 1) e  $f_{bm}$ , deve-se adotar este valor calculado como a resistência característica do lote ( $f_{bk}$ ). Considerando que 5,20 MPa está dentro do intervalo entre  $\emptyset \times f_b(1)$  e 5,80 MPa, podemos afirmar que o valor de 5,20 MPa é adotado como a resistência característica do lote ( $f_{bk}$ ), conforme a condição "c" da norma.

#### 4.3.2 Ensaio de absorção de água

Seguindo as instruções estabelecidas pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012), a porcentagem de absorção de água foi calculada individualmente para três tijolos. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte equação:

$$A(\%) = \left( \frac{M_2 - M_1}{M_1} \right) * 100$$

Onde:

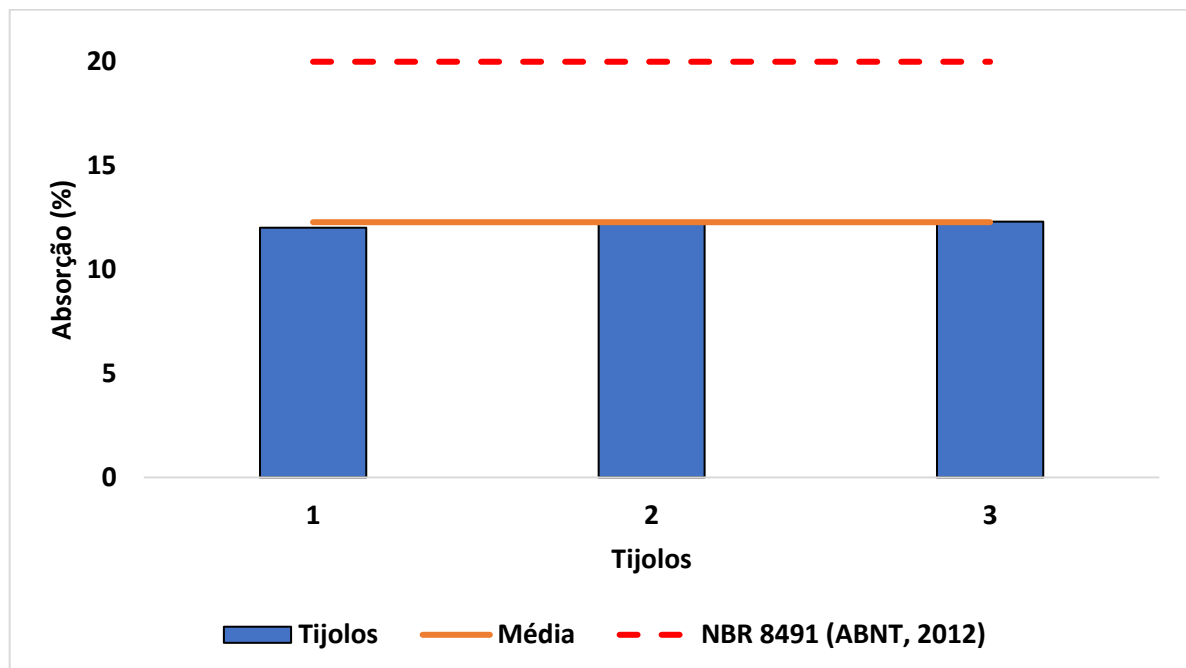
A: absorção de água, em porcentagem (%);

M1: massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas (g);

M2: massa do corpo de prova saturado, em gramas (g).

Com base nos resultados do teste de absorção de água, é possível observar na Figura 24 que a porcentagem média de absorção foi de 12,28%, com valores individuais variando de 12,01% a 12,30%. Esses resultados estão bem abaixo do limite máximo de absorção de água estabelecido pela norma NBR 8491, que é de 20%. Vale ressaltar que valores semelhantes foram encontrados por Campagnolo (2022) em sua pesquisa, que obteve uma média de 9,58% de absorção de água. A autora avaliou tijolos maciços do tipo A, confeccionados com a mesma proporção de mistura de solo eólico, cimento e sílica de casca de arroz, demonstrando que essa combinação de materiais resulta em baixa absorção de água. Esses resultados indicam que os tijolos do tipo B artesanais possuem uma qualidade comparável, evidenciando a eficácia da mistura utilizada e confirmando a viabilidade de sua aplicação em construção, uma vez que atendem aos requisitos normativos e estão alinhados com achados de outras pesquisas relevantes na área.

Figura 24 - Valores e média da análise do ensaio de absorção de água.



Fonte: O autor, 2024

## 5. CONCLUSÃO

O molde projetado e construído para a fabricação dos tijolos ecológicos demonstrou excelente funcionalidade. Ele permitiu um preenchimento fácil e eficiente da mistura, além de proporcionar uma compactação adequada sem a necessidade de força excessiva. No entanto, foram observadas dificuldades na desmoldagem devido à aderência da mistura às extremidades do molde. A utilização de papel Kraft na base do molde resolveu este problema, facilitando a desmoldagem e evitando danos aos tijolos. Esses ajustes garantiram a integridade estrutural e a qualidade dos tijolos produzidos, confirmando que o molde atendeu plenamente às expectativas e objetivos da pesquisa.

Comparando com a mistura utilizada por Campagnolo (2022), a adaptação realizada nesta pesquisa mostrou-se eficaz. A mistura composta por 80% de solo eólico, 10% de cimento e 10% de sílica de casca de arroz, ajustada para um teor de umidade de 14%, resultou em tijolos com alta qualidade e integridade estrutural. A comparação com os resultados de Campagnolo (2022), que usou a mesma proporção de materiais, reforça a validade da abordagem adotada nesta pesquisa.

Os resultados da resistência à compressão simples dos tijolos ecológicos foram bastante satisfatórios, com uma média de 5,8 MPa, superior ao requisito mínimo estabelecido pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012) de 2,0 MPa. Além disso, a resistência característica estimada (fbk, est) de 5,20 MPa, mostrou-se acima dos limites normativos estabelecidos pela NBR 15270-1 (ABNT, 2023) de 4,0 MPa, o que indica um desempenho excelente dos tijolos. Além disso, o teste de absorção de água mostrou uma média de 12,28%, bem abaixo do limite máximo de 20% estabelecido pela norma NBR 8491 (ABNT, 2012). Esses resultados destacam a alta qualidade dos tijolos, evidenciando sua resistência e baixa absorção de água, o que é crucial para sua durabilidade.

Em termos gerais, a confecção de tijolos de forma artesanal utilizando um molde manual e materiais alternativos, como solo eólico e sílica da casca de arroz, mostrou-se viável e promissora, especialmente para aplicação no meio rural. A facilidade de fabricação, aliada à alta qualidade dos tijolos produzidos, indica que esta abordagem pode ser uma alternativa sustentável e eficiente para a construção em áreas rurais, onde o acesso a materiais de construção convencionais pode ser limitado. A pesquisa demonstrou que é possível obter tijolos ecológicos de alta

resistência e baixa absorção de água, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência das construções rurais.



## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como propostas para trabalhos futuros, sugere-se:

A) O Desenvolvimento de um molde metálico para a fabricação dos tijolos ecológicos. A aderência da mistura à base do molde foi uma dificuldade significativa encontrada nesta pesquisa, que foi parcialmente solucionada com a utilização de papel Kraft. No entanto, um molde metálico poderia eliminar completamente esse problema, proporcionando uma superfície mais lisa e menos propensa à aderência. Além disso, um molde metálico poderia aumentar a durabilidade e a vida útil do equipamento, resultando em tijolos de qualidade ainda superior e maior eficiência no processo de desmoldagem. Testes adicionais com diferentes revestimentos metálicos também poderiam ser explorados para otimizar a trabalhabilidade e a qualidade final dos tijolos.

B) A variação de operadores durante o processo de fabricação dos tijolos é um aspecto que poderia ser investigado em trabalhos futuros. Diversos operadores, com diferentes níveis de habilidade e experiência, podem influenciar significativamente a consistência e a qualidade dos tijolos produzidos. Estudos poderiam avaliar o impacto dessas variações na compactação, uniformidade e integridade estrutural dos tijolos. A padronização de procedimentos e a capacitação adequada dos operadores poderiam ser estratégias investigadas para minimizar as variações e garantir a produção de tijolos de alta qualidade de maneira consistente.

C) Para aumentar a robustez dos resultados, futuras pesquisas deveriam realizar mais testes com um número maior de corpos de prova. Embora os resultados atuais tenham sido promissores, um conjunto maior de dados poderia fornecer uma base estatística mais sólida, permitindo uma melhor compreensão da variabilidade e confiabilidade dos tijolos ecológicos produzidos. Ensaio adicionais poderiam incluir uma gama mais ampla de condições de teste e variáveis, proporcionando uma visão mais completa do desempenho dos tijolos em diferentes cenários e assegurando que os resultados sejam representativos e aplicáveis em larga escala.

D) A exploração de outras misturas com materiais diferentes é uma área promissora para futuras pesquisas. Além da mistura utilizada nesta pesquisa (80% de solo eólico, 10% de cimento e 10% de sílica de casca de arroz), outros materiais alternativos e resíduos agroindustriais poderiam ser investigados. Materiais como cinzas de diferentes fontes, resíduos de construção reciclados, ou até polímeros

biodegradáveis poderiam ser avaliados por suas propriedades mecânicas e ambientais. Essas novas misturas poderiam não apenas melhorar a sustentabilidade dos tijolos ecológicos, mas também potencialmente aumentar suas propriedades físicas e químicas, resultando em produtos ainda mais adequados para construção sustentável.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**. Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. (1)

ABNT – 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. (2)

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**. Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para Alvenaria Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**. Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2023.

ALMEIDA, F.R. **Estabilização granulométrica e química de areias eólicas aplicadas na construção de estradas rurais**. 2019. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Pampa. Alegrete. 2019.

BARROS, F.S. **Efeito da substituição do cimento Portland por cinza de casca de arroz e cal nas propriedades de tijolos ecológicos**. Guaratinguetá, SP, 2016.

CAMPAGNOLO, L. B. **Aplicação de solo eólico para construção de tijolos maciços**. 2022. 77p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2022.

CONI, N. H. da S. **Estudo das propriedades mecânicas do aço zincado por imersão a quente e Galvalume® produzidas na CSN-PR**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Setembro de 2004.

CORREA, J.; FERREIRA, F.F.; GUIMARÃES, R. d. **Tijolos Ecológicos de Bagaço de Cana-de-açúcar**. Revista EPeQ/Fafibe on-line, 5ª edição, 2013.

FERREIRA, R. de C.; OLIVEIRA, M. F. **Incorporação de resíduos vegetais e seus efeitos sobre as características físico-mecânicas de misturas de solo-cimento**

**para fins de construção rural.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, p.204-213, 2007.

FRANCISCO, Leidiane Oliveira. Fabricação Artesanal de Tijolos Ecológicos com Formas Artesanais sem Prensagem Mecânica. **Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso**, 2016.

JUNIOR, F.C. Z.; HOLANDA, MARCOS G.; **O PVC: Características técnicas, vantagens e relação com o meio ambiente.** II Semana nacional de ciência e tecnologia do IFPE–Campus Caruarum Brasil, 2011.

MEDEIROS, S. R. R.; ROLIM, M. R.; BRITO, F. L.; SIQUEIRA, B. B. **Estabilização de solo com misturas de cinza de bagaço de cana de açúcar e cimento.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31, 2002, Salvador, BA. Anais..., Salvador: SBEA, 2002.

MINKE, G. (2006) **Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture.** Birkhäuser – Publishers for Architecture, Basel- Berlin-Boston.

MILANI, A. P. S. **Avaliação Físico-Mecânica de Tijolos de Solo-Cimento e de Solo-Cal Adicionados de Casca de Arroz.** Dissertação de Mestrado. Campinas - SP: Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2005.

MORAIS, M.B.; CHAVES, A.M.; JONES, K.M. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea.** Revista Pensar Engenharia, v. 2, n. 2, jul. 2014.

MOTTA, J. C. S. S. 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.

PAIXÃO, G. B., SANTOS, G. S., MAROTTA, L. I. M., dos Santos, R. C. de V., de Oliveira, I. R. B., de Oliveira, C. R., de Souza, G. S., & Soares, P. A. (2023). **O Uso de Tijolos Ecológicos como Material Sustentável na Construção Civil.** *Revista Contemporânea*, 3(8), 11265–11291. <https://doi.org/10.56083/RCV3N8-073>

PEREIRA C, V.; BATISTA DE OLIVEIRA, M. **Reuso de resíduos de centrais dosadoras de concreto na produção de tijolos ecológicos: uma alternativa sustentável.** Congresso de Interdisciplinaridade do Noroeste Fluminense, [S. l.], v. 1, 2022.

PISANI, M.A.J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento.** *Sinerg. São Paulo* 2005, 6, 53–59.

PRESA, M.B. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo cimento.** Trabalho final de conclusão de curso. Brasília: UnB, 2011. p. 11

SILVA, F. H. R. F. e, OLIVEIRA, C. H. de. **Uso do tijolo ecológico para trazer economia na construção civil.** 2015. ICESP - Instituto Científico de Ensino Superior e Pesquisa. Brasília, DF.

SILVA, W. M.; FERREIRA, R. C. **Incorporação de resíduos agroindustriais e seus efeitos sobre as características mecânicas e termofísicas de tijolos modulares de solo-cimento.** In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2, 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005. 3p

STRACKE, F., JUNG, J. G., KORF, E. P., & CONSOLI, N. C. **A variação do teor de umidade de moldagem e a influência na resistência de uma areia artificialmente cimentada.** XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Porto de Galinhas, PE 2012.

SHIMIZU, J. Y. et al. **Cedrinho como alternativa para produção de madeira em pequenas propriedades rurais.** Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. 3 p. (Comunicado Técnico 172).

SOARES, R. A. L.; SOARES R. A. L. & LIMA, Y. C. C. **Avaliação do tijolo ecológico produzido em Teresina –PI.** 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica 15 a 18 de maio, Águas de Lindóia – SP, 2016.

REIS, F.M.D.; RIBEIRO, R.P.; REIS, M.J. **Propriedades físico-mecânicas de tijolos de solo-cimento com adição da fração fina do rejeito de mineração de**

**quartzito** (Estado de Minas Gerais – Brasil). Boletim de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10064-020-01765-3>

RESTELLI, Rogério Expedito. **Inovação no processo de produção de tijolos Ecológicos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato-Branco, 2021

VESSOZI, Clarissa Saldanha. **Estudo da viabilidade de fabricação de tijolos de solo-cimento com a adição de cinza de casca de arroz**. 60p. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2016.