



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SERGIO LIMA VILHENA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO E
ABSORÇÃO DE ÁGUA ENTRE BLOCO CERÂMICO E TIJOLO
ECOLÓGICO**

Sinop/MT

2024

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SERGIO LIMA VILHENA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO E
ABSORÇÃO DE ÁGUA ENTRE BLOCO CERÂMICO E TIJOLO
ECOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Engenharia Civil, do Centro Universitário - UNIFASIPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof^o. Letícia Reis Batista
Rosas

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Andréia Alves
Botin

Sinop/MT

2024

SERGIO LIMA VILHENA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO E
ABSORÇÃO DE ÁGUA ENTRE BLOCO CERÂMICO E TIJOLO
ECOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Engenharia Civil – do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ___/___/_____

Professor Orientador: Letícia Reis Batista Rosas
Departamento de Engenharia Civil - UNIFASIPE

Professor (a) Avaliador (a)
Departamento de Engenharia Civil - UNIFASIPE

Professor (a) Avaliador (a) Departamento de
Engenharia Civil – UNIFASIPE

Departamento de Engenharia Civil –
UNIFASIPE Coordenador (a) do Curso de
Engenharia Civil

Sinop/MT

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso para minha família, que pacientemente contribuiu para o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente; a minha família, que sempre me apoiou; a minha namorada, que sempre esteve ao meu lado acreditando na minha capacidade.

LIMA VILHENA, SÉRGIO. **Análise comparativa de resistência a compressão e absorção de água entre bloco cerâmico e tijolo ecológico.** 2024. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia civil) – Faculdade Fasipe, Sinop, 2024.

RESUMO

Este trabalho descreve as vantagens de um material ecologicamente correto alternativo para a utilização de blocos cerâmicos tradicionais, destacando a importância da sustentabilidade na construção civil. A pesquisa avalia a possibilidade dos tijolos de solo-cimento como uma solução ecológica alternativa, considerando os benefícios ecológicos que esses materiais apresentam. O estudo teve como objetivo demonstrar que o tijolo solo-cimento é tão eficiente quanto o bloco cerâmico, através de ensaios de resistência a compressão e absorção de água, apresentando resultados satisfatórios para ambos os testes. Embora a representatividade dos tijolos ecológicos ainda seja pequena no Brasil, esse cenário tem avançado, indicando que esses materiais podem ser amplamente adotados e aplicados em qualquer canteiro de obra. O objetivo é incentivar os profissionais da construção civil a se qualificarem e adotarem técnicas sustentáveis, proporcionando alternativas mais ágeis e ecologicamente viáveis ao mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil; sustentabilidade; bloco cerâmico; tijolo solo-cimento.

LIMA VILHENA, SÉRGIO. **Comparative analysis of compression resistance and water absorption between ceramic block and ecological brick.** 2024. Graduation Thesis (Civil Engineering) – Faculdade Fasipe, Sinop, 2024.

ABSTRACT

This work describes the advantages of an alternative environmentally friendly material to the use of traditional ceramic blocks, highlighting the importance of sustainability in civil construction. The research evaluates the possibility of soil-cement bricks as an alternative ecological solution, considering the ecological benefits that these materials present. The study aimed to demonstrate that the soil-cement brick is as efficient as the ceramic block, through compression resistance and water absorption tests, presenting satisfactory results for both tests. Although the representation of ecological bricks is still small in Brazil, this scenario has advanced, indicating that these materials can be widely adopted and applied on any construction site. The objective is to encourage construction professionals to qualify and adopt sustainable techniques, providing more agile and ecologically viable alternatives to the market.

KEYWORDS: Civil construction; sustainability; ceramic block; soil-cement brick.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Processo de extrusão de blocos + corte do material.....	18
Figura 2: Exemplar de modelo atual Prensas Hidráulicas.....	21
Figura 3: Tijolo solo-cimento já finalizado durante o período de secagem.	21
Figura 4: Tijolo maciço de solo-cimento (NBR 8491:2012).....	22
Figura 5: Tijolo vazado de solo-cimento (NBR 8491 : 2012).....	23
Figura 6: Portfólio Casus Construtora.	27
Figura 7: Portfólio 2 Casus Construtora.	28
Figura 8: Portfólio Santana Projetos e Construções.	28
Figura 9: Obra em alvenaria estrutural do Programa Minha Casa Minha Vida em Fortaleza.	29
Figura 10: Amostras de bloco cerâmico, laboratório Fasipe.	31
Figura 11: Amostras de tijolo solo-cimento, laboratório Fasipe.	32
Figura 12: Prensa hidráulica Pavimétrica.	33
Figura 13: Balança de precisão.....	34
Figura 14: Estufa de secagem.....	34
Figura 15: Bloco cerâmico adequadamente posicionado durante o ensaio de resistência a compressão.	35
Figura 16: Tijolo solo-cimento no momento em que ocorre a falha registrando sua carga máxima suportada.	36
Figura 17: Tijolo solo-cimento posicionados dentro da estufa para secagem.	37
Figura 18: Tijolo solo-cimento posicionado sobre balança de precisão após processo de imersão em água.....	38
Figura 19: Gráfico da variância entre resultados registrados para o teste de absorção de água para tijolo solo-cimento e bloco cerâmico.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	19
Tabela 2 - Valores de Ø em função da quantidade de blocos.	26
Tabela 3 - Resultados registrados para o teste de compressão do bloco cerâmico.	39
Tabela 4 - Resultados registrados para o teste de compressão do tijolo solo-cimento.....	40
Tabela 5 - Resultados registrados nos intervalos de 1 hora para o bloco cerâmico.	41
Tabela 6 - Resultados registrados nos intervalos de 1 hora para o tijolo solo-cimento.....	41
Tabela 7 - Registro pesagem massa úmida (mu) para amostras bloco cerâmico e tijolo solo-cimento.	42
Tabela 8 - Resultados registrados para o teste de absorção de água para bloco cerâmico.	42
Tabela 9 - Resultados registrados para o teste de absorção de água para tijolo solo-cimento.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
MPa	Megapascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problemática	14
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Geral.....	15
1.3.2 Especificos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Bloco cerâmico	17
2.1.1 Processo de produção	17
2.1.2 Dimensões	19
2.2 Tijolo solo-cimento	20
2.2.1 Processo de produção	20
2.2.2 Dimensões	22
2.2.3 Vantagens e desvantagens tijolo solo-cimento	23
2.3 Normatização	24
2.3.1 Resistência à compressão	24
2.3.1.1 Resistência à compressão em tijolos solo-cimento.....	24
2.3.1.2 Resistência à compressão em blocos cerâmicos	25
2.3.2 Absorção de água.....	26
2.3.2.1 Absorção de água em blocos cerâmicos.....	26
2.3.2.1 Absorção de água em tijolos solo cimento.....	26
2.4 Aplicações dos tijolos	27
2.4.1 Tijolo ecológico	27
2.4.2 Bloco cerâmico	28
3. METODOLOGIA	30

3.1 Amostra.....	31
3.2 Aparelhagem.....	32
3.3 Ensaio de resistência à compressão.....	34
3.3.1 Índices de resistência à compressão	35
3.3.2 Execução.....	35
3.3.3 Cálculo.....	36
3.4 Ensaio de absorção de água.....	36
3.4.1 Índices de absorção de água	37
3.4.2 Execução.....	37
3.4.3 Cálculo.....	38
4. RESULTADOS	39
4.1 Resultados ensaio de resistência a compressão.....	39
4.2 Resultados ensaio de absorção de água.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de obras civis tem sido uma constante no decorrer da história da humanidade com a construção de estradas, pontes, edifícios e outras infraestruturas para atender às necessidades da sociedade. No entanto, nas últimas décadas esse processo de construção tem se intensificado e as obras civis estão cada vez mais dominando o espaço terrestre. Segundo o relatório "*World Urbanization Prospects 2018*", da Organização das Nações Unidas (ONU), mais de 50% da população mundial já vive em áreas urbanas e estima-se que essa proporção aumente para cerca de 68% até 2050. Isso significa que a demanda por infraestrutura urbana, como edifícios, estradas, sistemas de transporte e energia, está em constante crescimento, o que tem um impacto no meio ambiente e na paisagem urbana.

A degradação ambiental é um tema que tem recebido cada vez mais atenção, especialmente no contexto das obras civis. A construção de estradas, pontes, edifícios e outras estruturas pode ter impactos significativos sobre o meio ambiente em diversos aspectos. É indiscutível a importância da busca por arquiteturas mais sustentáveis ao meio ambiente, pois os recursos do planeta são finitos e o crescimento da população e de suas atividades têm gerado grandes impactos contra o meio ambiente há séculos (Pisani, 2005).

Cerca de 30% do uso de recursos naturais do mundo está ligado às edificações nas cidades. Estima-se também que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção civil (MMA, s.d.).

A fim de reduzir os danos causados à natureza em decorrência de obras civis, a prática de materiais sustentáveis na construção civil vem se tornando uma tendência promissora e necessária, principalmente com o intuito de reduzir o impacto ambiental causado e atender às necessidades do mercado (Queiroz, 2016).

Diante desses impactos negativos, é fundamental que sejam adotadas medidas que amenizem e reparatórias afim de minimizar os efeitos das obras civis sobre o meio ambiente

e garantir a sustentabilidade das atividades humanas. No Brasil, de acordo com Schenini, Bagnati e Cardoso (2004), a falta de consciência ecológica no ramo das construções civis tem acarretado em danos ambientais irreparáveis.

Na construção civil, a utilização de materiais inovadores capazes de gerar o menor impacto possível ao meio ambiente e que estimulem o conforto térmico ou a redução do consumo de energia não é diferente e a diversidade de novas tecnologias construtivas com essa finalidade é imensurável (Yemal et al., 2011). Um exemplo que visa minimizar os problemas em decorrência das construções é o tijolo solo-cimento que é um tijolo ecológico que não passa pela etapa de queima em fornos como o tijolo convencional, evitando assim cortes de grande número de árvores e também a emissão de gases poluentes na atmosfera, reduzindo o descarte de materiais e fazendo com que, conseqüentemente, haja uma redução do desperdício.

O estudo tem como objetivo apresentar uma alternativa ecologicamente sustentável para o bloco cerâmico utilizando do tijolo solo-cimento, o trabalho busca provar através de ensaios de resistência a compressão e absorção de água a eficiência do material ecológico em comparativo com o bloco cerâmico.

1.1 Problemática

A geração de resíduos e os impactos ambientais decorrentes das atividades da indústria da construção civil estão entre os principais desafios enfrentados pelo setor, consumindo cerca de um terço dos recursos naturais do mundo. Embora o termo "sustentabilidade" só tenha sido introduzido nas atividades da construção civil na década de 1990, a necessidade de aprimorar o processo construtivo tornou-se primordial para o desenvolvimento sustentável (Araújo et al., 2023).

Como citado por Lima Júnior et al. (2003), além dos fatores ambientais, um dos principais desafios enfrentados pelas populações dos países em desenvolvimento é a carência de habitações adequadas, principalmente devido aos altos preços dos materiais de construção. Para tornar as construções mais acessíveis à população, é necessário utilizar materiais mais baratos, sem comprometer a qualidade e integridade da obra. Esse tem sido um grande desafio a ser superado.

De acordo com Pinto (1999), a necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais têm levado a construção civil a adquirir novos conceitos e buscar soluções técnicas que visem à sustentabilidade de suas atividades.

Tendo ciência dos prejuízos causados em decorrência das construções civis, é necessário que haja alternativas ecologicamente sustentáveis, sendo um exemplo a utilização de tijolos ecológicos produzidos a partir da combinação de solo e cimento, que são prensados sem a necessidade de queima em forno a lenha. Esse processo de fabricação evita o desmatamento e a poluição do ar, uma vez que não há liberação de resíduos tóxicos no meio ambiente (Sala, 2006).

Apesar da existência de materiais alternativos para o bloco cerâmico, ele permanece sendo o material mais utilizado em obras de alvenaria devido a sua dominância no setor comercial, dificultando a venda e popularização de métodos ecológicos.

1.2 Justificativa

Segundo Mota (2010), o tijolo ecológico de solo-cimento, possui uma qualidade estrutural final superior quando comparado ao bloco cerâmico, com dimensões regulares e faces planas, possui também resistência à compressão semelhante à do bloco tradicional. Dada esta afirmação, e tendo em vista que seu processo de fabricação gera menos resíduos poluentes ao meio ambiente, é válido realizar o estudo comparativo entre os dois materiais ofertados no mercado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Em razão da relevância do assunto, visto que é possível estabelecer conexões entre aspectos ambientais e sociais, o objetivo deste trabalho é conduzir uma análise comparativa entre o bloco cerâmico e o tijolo ecológico, realizando testes de resistência à compressão e de absorção de água.

1.3.2 Específicos

- Realizar os ensaios de compressão simples e de absorção de água de acordo com a NBR 8492:2012 em blocos cerâmicos e tijolos ecológicos;
- Verificar se os resultados atendem aos requisitos normativos previstos pela NBR

8492/2012.

- Fazer uma análise comparativa entre os blocos cerâmicos e ecológico, com base nos resultados obtidos nos ensaios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bloco cerâmico

Tratando de matéria prima para produção, o bloco cerâmico tem grande destaque no Brasil devido ao fato de sua matéria prima ser abundante em todo país, se torna barato o custo e, conseqüentemente, o mais procurado pelas construtoras para reduzir seus custos de obra.

Os tijolos são elementos básicos em qualquer obra de alvenaria na engenharia civil, tanto na alvenaria de vedação como paredes, pias, armários e lavatórios, onde não precisam suportar grandes cargas, quanto na alvenaria estrutural, essas dimensionadas com blocos com maior resistência para que suporte toda a edificação.

2.1.1 Processo de produção

Para a produção do bloco cerâmico são necessários materiais básicos: argila e água. Após uma manutenção restrita à limpeza onde são retirados os materiais orgânicos e outros componentes inconvenientes são expostos igualmente a uma quantidade de água.

Após essa etapa o material é destinado para a extrusão, que é responsável por dar formato ao produto, onde a massa através de um propulsor é impulsionada por meio de uma chapa de aço perfurada, lançando adentro de uma câmara de vácuo. Após a retirada de ar do material, ele é expelido através de uma boquilha com o formato desejado da peça.

Logo em seguida, o material vai para o corte, onde a peça é cortada nos tamanhos padronizados de forma automatizada como visto na figura 1, que em conjunto com a boquilha obtém-se os tijolos, lajotas, tubo cerâmico e outros produtos de forma regular (Silva, 2009).

Figura 1: Processo de extrusão de blocos + corte do material.



Fonte: Silva (2009).

Em seguida são postos para a secagem ao ar livre, normalmente perto das fornalhas para aproveitar o calor emitido por elas e, posteriormente, conduzidos aos fornos para a queima, que é dividida em 3 etapas, sendo elas: a 1ª é o aquecimento, que dura em torno de 8 a 13 horas, atingindo a temperatura de 650 °C; na 2ª etapa a temperatura chega aos seus 1200C°, essa é a fase onde se é possível observar as alterações nas propriedades do bloco e dura, em média, 3 dias; a 3ª etapa é o resfriamento gradativo, de 24 a 36 horas (Costa, 2017).

Segundo Van Vlack (1973), nos produtos cerâmicos, o esqueleto dos grãos minerais formados durante a queima é o responsável pelas propriedades mecânicas. Dessa forma, o material resultante é leve, resistente e poroso. O resultado de diversos fenômenos físicos que ocorrem durante a queima é consequência da aproximação e contato das partículas, reduzindo a porosidade.

O processo de fabricação do bloco cerâmico, apesar de simples, exige muita qualidade de serviço para que o material tenha o melhor desempenho possível. Segundo a ABNT 15270-2 (2005), são requisitos de qualidade para este material as informações apresentadas no quadro 1.

Quadro 1: Requisitos de qualidade para o bloco cerâmico.

O bloco deve ser fabricado sem defeitos, como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações ou desuniformidade de cor.
As dimensões do bloco (largura, altura e comprimento) devem estar dentro das dimensões padronizadas e não apresentam diferenças superiores às tolerâncias admitidas.
Os blocos atenderem a resistência e a compressão para eles especificadas, em função do seu tipo e classificação.

Fonte: Adaptado de a ABNT 15270-2 (2005).

Segundo a ABNT 8042, não devem ser consideradas peças defeituosas as que contiverem as ocorrências apresentadas no quadro 2.

Quadro 2: Características consideradas como não defeituosas para o bloco cerâmico.

Pequenas fissuras, com comprimento não superior a 20% da maior dimensão da face ou parede do bloco em que estão situadas, são aceitáveis desde que não comprometam a resistência ou a estabilidade do bloco.
Pequenas lascas nas paredes dos blocos que não atingem 20% da sua espessura e descolorações pouco acentuadas em relação à coloração da maioria dos blocos produzidos podem ser toleradas, desde que não afetem a aparência ou a durabilidade do bloco.
Pequenas deformações, especialmente localizadas nos cantos dos blocos, podem ser aceitas desde que não prejudiquem o assentamento adequado do bloco.

Fonte: Adaptado de a ABNT 8042.

Assim, a qualidade do material vai depender de suas características físicas e mecânicas.

2.1.2 Dimensões

As dimensões dos blocos cerâmicos são regidas pela NBR 15270-2 (2005) e as dimensões de fabricação são indicadas na tabela 1.

Tabela 1- Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.

Dimensões L x H x C*	Dimensões de fabricação cm					
	Comprimento (C)					
Módulo dimensional M = 10 cm	Largura (L)	Altura (H)	Bloco principal	1/2 Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M		11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4) M x (2) M x (5/2) M	11,5		24	11,5	-	36,5
(5/4) M x (2) M x (3) M		19	29	14	26,5	41,5
(5/4) M x (2) M x (4) M			39	19	31,5	51,5
(3/2) M x (2) M x (3) M	14	19	29	14	-	44
(3/2) M x (2) M x (4)M			39	19	34	54
(2) M x (2) M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2) M x (2) M x (4) M			39	19	-	59

Bloco L - bloco para amarração em paredes com formato em L.

Bloco T - bloco para amarração em paredes com formato em T.

*L = largura; H = altura; C = comprimento. **Fonte:** NBR 15270-2 (2005)

O tamanho comumente adotado para a maior parte no Brasil é 15x20x40 cm nominais, pois considera-se 1 cm como camada de argamassa de assentamento, seu tamanho real considera-se 14x19x39 cm.

2.2 Tijolo solo-cimento

O tijolo solo-cimento é composto de uma mistura homogênea básica de solo, cimento e água. O insumo principal para sua confecção é o solo, que se trata de uma matéria prima de vasta abundância no meio ambiente e também fácil extração. Outra vantagem é que para uma fonte alternativa à extração do solo, utilizam-se do uso de resíduos da construção civil, como os reciclados de classe A que são aqueles provenientes da construção, demolição, reformas e reparos de edificações, o que os torna uma fonte de desenvolvimento sustentável (Lira, 2020).

Segundo Castro et al. (2016) o destaque do tijolo solo-cimento se dá justamente por esse motivo, como não é necessário passar pelo processo de queima evita-se a emissão de poluentes e gases no meio ambiente, gerando uma economia de energia, e utilização de materiais de baixo custo para sua fabricação.

2.2.1 Processo de produção

Para a produção do tijolo solo-cimento primeiramente é necessária a escolha do solo ideal e nessa etapa deve-se analisar o teor de cada componente granulométrico.

Para garantir a qualidade do tijolo, é importante que o solo exiba plasticidade e seu limite de liquidez não seja excessivamente alto, ou seja inferior a 40-45%. Além disso, o solo deve conter de 10% a 20% de argila, de 10% a 20% de silte e de 50% a 70% de areia (Motta et al., 2014).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (1999) define o solo-cimento como o resultado da mistura íntima de solo, água e cimento Portland. São compactados na umidade ideal e sob a máxima massa específica seca. Quando preparado corretamente, esse material adquire resistência e durabilidade por meio do processo de hidratação do cimento.

A fabricação do tijolo ecológico é basicamente feita a partir de uma mistura de terra úmida e cimento. Essa mistura é comprimida em uma prensa (figura 2), a mistura comprimida é moldada de acordo com a forma desejada ao tijolo, que é posteriormente retirado para maturação (figura 3), conforme descrito por Motta et al. (2014).

Figura 2: Exemplar de modelo atual Prensas Hidráulicas.



Fonte: Adaptado de ecomaster (2023).

Figura 3: Tijolo solo-cimento já finalizado durante o período de secagem.



Fonte: Agência Brasileira de Cooperação (2020).

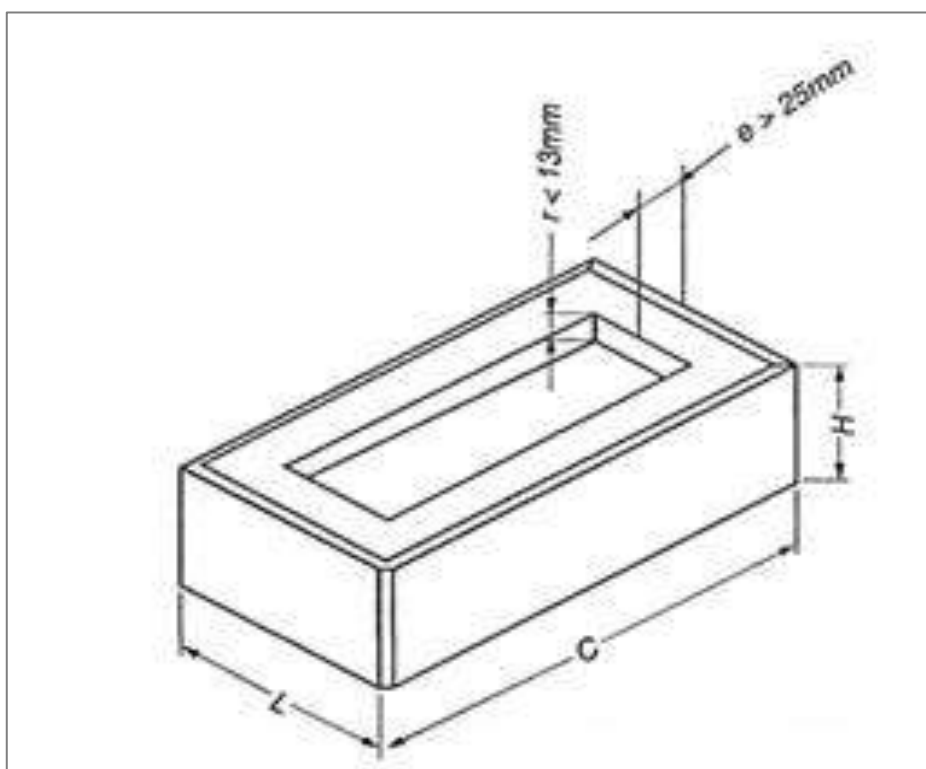
A qualidade do tijolo de solo-cimento prensado é em função do empacotamento dos grãos do solo depois de compactado. O material resultante tem baixa porosidade tendo assim poucos espaços vazios em sua estrutura resultando em uma maior resistência à compressão e alta densidade. O equipamento utilizado para a moldagem do tijolo desempenha papel fundamental, pois ele condiciona a taxa de compactação do material e as características produtivas em si, conforme avaliações de Faria (1990).

2.2.2 Dimensões

A produção do tijolo solo-cimento é regida pela norma ABNT NBR 8492 (2012), no qual o tijolo deve possuir forma externa de um paralelepípedo retangular, sendo suas dimensões comprimento largura e altura respectivamente 200x100x50 ou 240x120x70 cm. A norma implica que para a construção de alvenaria os tijolos devem ter no mínimo 14 dias de idade.

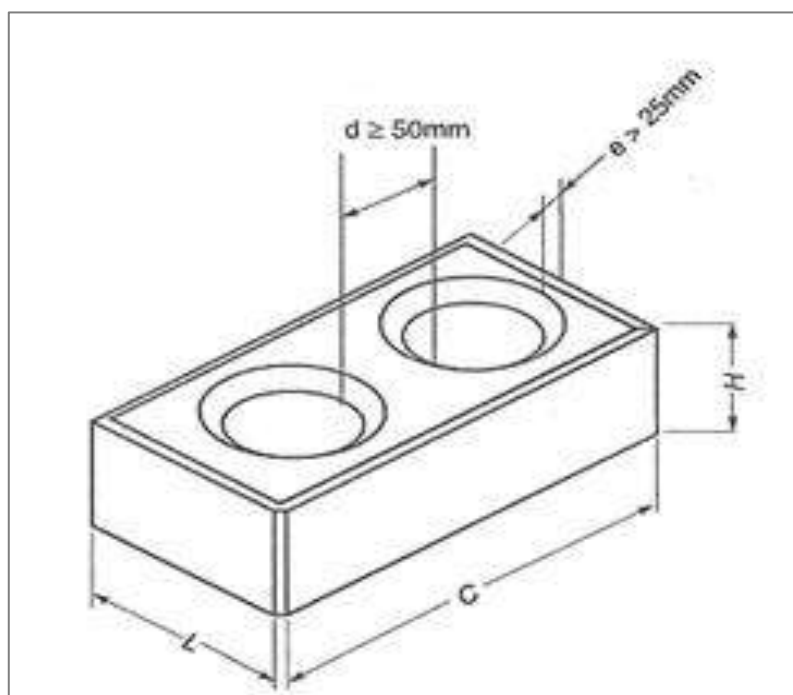
Para as dimensões, a norma impõe que no caso de tijolos portadores de reentrâncias, estas devem situar-se a 25 mm a partir das arestas e ter uma profundidade (r) de no máximo 13 mm, conforme a figura 4. Caso os tijolos possuam furos, estes devem ter eixo perpendicular à superfície de assentamento a espessura mínima das paredes e no seu entorno deve ser de 25 mm e a distância mínima entre os dois furos de 50 mm, como ilustrado na figura 5.

Figura 4: Tijolo maciço de solo-cimento (NBR 8491:2012).



Fonte: NBR 8491 (2012).

Figura 5: Tijolo vazado de solo-cimento (NBR 8491 : 2012).



Fonte: NBR 8491 (2012).

Para a NBR 10833 (ANBT, 2013), as características adequadas do solo para produção de tijolos solo-cimento estão descritas no quadro 3.

Quadro 3 - Características adequadas do solo para produção de tijolos solo-cimento.

100% do solo deve passar por peneira 4,8 mm
10% a 50% do solo deve passar pela peneira 0,075 mm
O limite de liquidez seja igual ou inferior a 45%
O índice de plasticidade seja igual ou inferior a 18%

Fonte: Adaptado de a ABNT 10833 (2013).

2.2.3 Vantagens e desvantagens tijolo solo-cimento

O tijolo solo-cimento é um material de construção que tem ganhado destaque nos últimos anos devido às suas vantagens ambientais e econômicas. Produzido a partir de materiais naturais como solo, cimento, água e aditivos orgânicos, dentre outras vantagens.

Estudos realizados em todo o Brasil indicam que os tijolos ecológicos trazem uma economia de 20% a 40% em relação às construções convencionais (SEBRAE, p.3). Essa eficiência construtiva é atribuída ao sistema modular, no qual os tijolos são simplesmente encaixados ou assentados com uma quantidade menor de argamassa quando comparado ao

bloco cerâmico. Além disso, os tijolos podem ser fabricados com furos internos, permitindo assim a passagem de tubulações sem que haja a necessidade de cortes ou quebras (Grande, 2003).

Comparados aos blocos cerâmicos, os tijolos ecológicos possuem várias vantagens. Não necessitam de queima, o que reduz a emissão de gases, evita o corte de árvores e diminui a quantidade de resíduos na obra (Fias e Souza, 2017). Além disso, seu formato facilita a passagem de fiação elétrica, questões hidráulicas e o preenchimento das vigas de sustentação (França, Simões e Gomes, 2018), os furos no interior da peça, melhora o isolamento termoacústico, pois os furos formam câmaras de ar no interior das alvenarias (Motta, 2014).

No entanto, assim como qualquer material de construção, ele também apresenta algumas desvantagens que precisam ser consideradas na hora de decidir pelo seu uso, ainda há uma barreira a ser vencida, que é a resistência dos consumidores a novos produtos, exigindo grandes investimentos em divulgações e propagandas (SEBRAE, p.4). Além disso, o erro de dosagem pode favorecer o surgimento de patologias na construção (Motta, 2014). O Brasil ainda está muito atrasado na implantação de métodos sustentáveis, tornando o mercado interno desfavorável à inserção de produtos ecológicos (SEBRAE, p.4). Outro ponto crítico é o uso do solo, que, quando feito indiscriminadamente, pode favorecer processos erosivos ao meio ambiente (Motta, 2014).

2.3 Normatização

2.3.1 Resistência à compressão

2.3.1.1 Resistência à compressão em tijolos solo-cimento

A Norma ABNT NBR 8492 (2012), Tijolo solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio - explica que o corpo de prova deve apresentar uma resistência média de ensaio à compressão com valores maiores ou iguais a 2,0 Megapascal (MPa). Já os valores individuais devem ser iguais ou maiores que 1,7 MPa.

A norma referenciada indica também que os ensaios devem ser feitos após o período de 28 dias de cura do material.

2.3.1.2 Resistência à compressão em blocos cerâmicos

Segundo a Norma ABNT NBR 15270-2 (2005) - Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos, a resistência característica à compressão (f_{bk}) dos blocos cerâmicos destinados a função estrutural deve ser levada em consideração a partir de 3,0 MPa, referida à área bruta. Para obter uma estimativa da resistência à compressão das amostras dos blocos, é utilizada a equação 1.

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

Onde:

- $f_{bk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, em MPa;
- $fb(1)$, $fb(2)$ e assim por diante são os valores de resistência à compressão individual dos corpos-de-prova da amostra, ordenados crescentemente;
- $i = n/2$, se n for par;
- $i = (n - 1)/2$, se n for ímpar;
- n é a quantidade de blocos da amostra.

Após realizar o cálculo da resistência característica à compressão estimada ($f_{bk,est}$) dos blocos cerâmicos estruturais, é importante proceder à análise dos resultados para determinar a resistência característica do lote (f_{bk}). Para isso, devem ser considerados os seguintes critérios:

- Se o valor de $f_{bk,est}$ for igual ou maior que a média da resistência à compressão de todos os corpos-de-prova da amostra (f_{bm}), o valor de f_{bm} é adotado como a resistência característica do lote (f_{bk});
- Se o valor de $f_{bk,est}$ for menor que um valor determinado (\emptyset) vezes o menor valor da resistência à compressão de todos os corpos-de-prova da amostra ($fb(1)$), então adota-se a resistência característica à compressão (f_{bk}) determinada pela expressão $\emptyset \times fb(1)$. Os valores de \emptyset são indicados na tabela 3;
- Se o valor calculado de $f_{bk,est}$ estiver entre os limites mencionados acima ($\emptyset \times fb(1)$ e f_{bm}), então esse valor é adotado como a resistência característica à compressão (f_{bk}).

Tabela 2 - Valores de \emptyset em função da quantidade de blocos.

Quantidade de Blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	≥ 18
\emptyset	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: ABNT NBR 8492 (2012).

2.3.2 Absorção de água

2.3.2.1 Absorção de água em blocos cerâmicos

A absorção de água em blocos cerâmicos é definida como a quantidade de água necessária para encher os poros existentes em um bloco. Durante o teste de absorção (BS 3921), realizado por um período de 24 horas em água, o ar escapa através desses poros permitindo a livre passagem da água. A absorção pode variar de 4,5% a 21% por peso, sendo que os blocos desenvolvidos devem ter baixa absorção, de acordo com as normas da ASTM.

Abiko (1980), por sua vez, constatou que valores muito baixos de absorção (inferiores a 10%) podem representar problemas para a aderência da argamassa de assentamento e de revestimento, enquanto valores muito elevados (superiores a 18%) indicam materiais com grande porosidade e permeabilidade.

2.3.2.2 Absorção de água em tijolos solo cimento

Para os tijolos de solo cimento são definidas suas características de absorção de água pela norma NBR 8492 (2013), onde não pode apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valores individuais superiores a 22%.

Os valores individuais de absorção de água, expressos em porcentagem (%) segundo a norma NBR 8492 (2013), são obtidos pela equação 2.

$$A = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

- A é a absorção de água do corpo de prova, expressa em porcentagem (%);
- m_1 é a massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g);
- m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

Além disso, o valor médio da amostra é obtido pela média dos valores individuais,

expressos em porcentagem.

2.4 Aplicações dos tijolos

2.4.1 Tijolo ecológico

Quando trata-se do tijolo ecológico, apesar de suas inúmeras vantagens tanto no meio ecológico quanto no âmbito econômico, sua implementação ainda é vista como uma dificuldade por muitos pela sociedade. Isso ocorre porque a produção de tijolos convencionais é uma indústria consolidada e as pessoas tendem a resistir à mudanças em processos estabelecidos.

Além disso, há um estigma de que os tijolos ecológicos não tenham um acabamento de qualidade semelhante ao do bloco cerâmico, o que é uma forma errônea de se pensar, pois com a necessidade de medidas socioecológicas foi necessário atender um padrão de esbelteza para competir diretamente com o mercado (Figura 6 e Figura 7). O tijolo ecológico possui vantagens no acabamento pois se tratam de peças mais padronizadas em suas dimensões, podendo, assim, ficar à critério do cliente realizar o reboco ou não em seus interiores, garantindo um aspecto moderno, pronto para competir no mercado.

Figura 6: Portfólio Casus Construtora.



Fonte: casus.com.br (2023).

Figura 7: Portfólio 2 Casus Construtora.



Fonte: casus.com.br (2023).

2.4.2 Bloco cerâmico

O bloco cerâmico é um material muito utilizado na construção civil, Uma das principais aplicações do bloco cerâmico é na construção de paredes estruturais e de vedação. Nesse caso, os blocos são assentados com argamassa e podem ser utilizados tanto em construções residenciais quanto comerciais e industriais (Figura 8; Figura 9) .

Figura 8: Portfólio Santana Projetos e Construções.



Fonte: santanapre.com.br (2023).

Figura 9: Obra em alvenaria estrutural do Programa Minha Casa Minha Vida em Fortaleza.



Fonte: Souza (2014).

É bem comum sua utilização não somente na estrutura, mas também em partes exteriores como na construção de churrasqueiras, fornos e fogões a lenha. Nesse caso, os tijolos são utilizados para formar a estrutura desses equipamentos e também para isolar o calor. Os blocos cerâmicos também podem ser utilizados na construção de piscinas e além disso, na construção de jardins verticais e muros de contenção, especialmente em áreas urbanas onde o espaço é limitado.

3. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo entre a eficiência de dois materiais: o bloco cerâmico e o tijolo ecológico. Para a realização do teste comparativo, foram feitos o ensaio de resistência à compressão e o ensaio de absorção de água com base nos critérios das normas ABNT NBR 8492 (2012) e ABNT NBR 15270-2 (2005), a fim de averiguar se ambos proporcionam a mesma ou semelhante segurança e eficiência. Os testes foram realizados no laboratório presente na Fasipe - MT e o material fornecido pelos comerciantes locais de Sinop-MT e Sorriso-MT.

Para o teste de compressão do tijolo solo-cimento, de acordo com a norma, deve-se cortar o tijolo no meio, perpendicularmente à sua maior dimensão. O corpo de prova deve ser previamente imerso em água, por um período de no mínimo de 6 horas, sendo retirado logo antes do ensaio e enxugado de forma superficial com um pano levemente umedecido. Esta operação não deve ultrapassar 3 minutos. Após esse processo, o corpo de prova é direcionado à máquina responsável pelo ensaio de compressão, composta por um prato onde o material deve ser colocado diretamente centralizado. É realizada uma aplicação de carga uniforme e a carga é gradativamente elevada até ocorrer a ruptura do corpo de prova.

Tratando-se do teste de compressão do bloco cerâmico, o mesmo teste pode ser realizado com a diferença de que não é necessário que a peça seja mergulhada em água nem cortada ao meio. A resistência à compressão é determinada pela divisão da carga máxima aplicada pela área da face de cada amostra.

Para o teste de absorção de água do tijolo solo-cimento, a norma permite que ambos os materiais sejam submetidos ao mesmo teste. Nele são separadas 5 amostras que devem ser secas entre 105° C e 110° C através da estufa presente no laboratório, até a constância da massa. Obtém-se, assim, a massa m_1 do corpo de prova seco em gramas (g). Após esse processo, o corpo de prova é imerso em um tanque de água por 24 horas. A imersão deve ser feita depois que os corpos de prova atingirem a temperatura ambiente. Após retirá-lo da

água, o corpo de prova é enxugado superficialmente com um pano levemente umedecido e pesado (antes de decorridos 3 minutos), obtendo-se, assim, a massa do corpo de prova saturado em gramas (g). A absorção de água é calculada pela diferença entre a massa final do tijolo e a massa seca inicial, dividida pela massa seca inicial e multiplicada por cem.

3.1 Amostra

Para o ensaio de resistência à compressão simples, foram utilizados dois lotes de cada tijolo com 10 amostras de cada, o mesmo para o ensaio de absorção de água.

Para a realização dos experimentos de resistência à compressão e absorção de água, foram adquiridos blocos cerâmicos para alvenaria com dimensões de 14x19x29 cm (figura 10), em uma loja de ferragens localizada na cidade de Sinop-MT. Esses blocos atendem às normas exigidas para os testes, conforme os padrões de qualidade estabelecidos, uma vez que são comercializados em conformidade com as regulamentações aplicáveis.

Adicionalmente, foram adquiridos tijolos de solo-cimento para alvenaria com dimensões de 20x10x5 cm (Figura 11). As amostras de tijolos ecológicos utilizadas neste estudo foram adquiridas da empresa Eco Edificações - Tijolos Ecológicos, localizada em Sorriso-MT.

Figura 10: Amostras de bloco cerâmico, laboratório Fasipe.



Fonte: Própria (2024).

Figura 11: Amostras de tijolo solo-cimento, laboratório Fasipe.



Fonte: Própria (2024).

3.2 Aparelhagem

Para o ensaio de resistência à compressão, a aparelhagem deve garantir distribuição uniforme dos esforços, as superfícies devem ser planas e rígidas, com desníveis máximos de 0,08 mm por 400 mm. O equipamento deve seguir a ABNT NBR NM-ISO 7500-1 (2003) para laboratórios de ensaio, a máquina deve pertencer à classe 1 no mínimo, permitir leitura das cargas com precisão de $\pm 2\%$, transmitir carga progressivamente e sem choques. Foi utilizada uma prensa hidráulica da marca Pavimétrica (figura 12), com capacidade máxima de 100 toneladas,. A prensa possui um indicador digital de força que permite a leitura precisa dos valores durante o ensaio. O equipamento é operado manualmente através de um sistema de controle de pressão hidráulico, garantindo a aplicação gradual e controlada da carga.

Figura 12: Prensa hidráulica Pavimétrica.

Fonte: Própria (2024).

As normas exigem que, para ser executado o ensaio, é necessário uma balança com sensibilidade de 1g, uma estufa com temperatura ajustável entre $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ e um reservatório d'água que possibilite deixar o bloco imerso.

Para o ensaio de absorção de água, as normas exigem uma balança com sensibilidade de 1g, neste caso foi utilizada uma balança digital de precisão da marca Prix modelo 3 Plus (Figura 13), e uma estufa de secagem, da marca Quimis (figura 14), com capacidade de 100 litros e temperatura regulável de 50 a 200°C . Para a realização do ensaio a norma exige um reservatório d'água que possibilite deixar o bloco imerso e neste caso será utilizada uma caixa d'água. A balança digital de precisão permite a medição exata do peso das amostras antes e depois da imersão em água, enquanto a estufa de secagem é utilizada para remover toda a umidade presente nos tijolos, garantindo que as medições de absorção sejam precisas e consistentes.

Figura 13: Balança de precisão.



Fonte: Própria (2024).

Figura 14: Estufa de secagem.



Fonte: Própria (2024).

3.3 Ensaio de resistência à compressão

A resistência à compressão é a habilidade do bloco de suportar cargas aplicadas sem se romper ou deformar. O ensaio de resistência à compressão é de suma importância para determinar a capacidade necessária para que haja segurança em suportar as forças mecânicas

previstas em um projeto, para blocos cerâmicos é regido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005), para tijolos solo-cimento NBR 8491 (ABNT, 2012).

3.3.1 Índices de resistência à compressão

A NBR 8491 (ABNT, 2012) determina que a resistência média dos tijolos de solo-cimento deve ser igual ou superior a 2,0 MPa, mas que os valores individuais não podem ser inferiores a 1,7 MPa. Para o bloco cerâmico a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) determina que a resistência à compressão dos blocos cerâmicos deve ser considerada a partir de 3,0 MPa para blocos usados com furos na vertical e a partir de 1,5 MPa para blocos usados com furos na horizontal.

3.3.2 Execução

Para o ensaio de resistência à compressão do tijolo solo-cimento e bloco cerâmico, os corpos de prova foram posicionados sobre a prensa, de maneira que as superfícies de contato estejam planas e uniforme. Todos os corpos-de-prova são ensaiados de modo que a carga aplicada seja na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu estado de serviço, sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento (Figura 15). A carga é aplicada gradualmente de forma axial e uniforme sobre o bloco até que ocorra a falha, como ilustrado na figura 16, onde foi captado o momento que o bloco não suporta os esforços, atingindo o seu limite último.

Figura 15: Bloco cerâmico adequadamente posicionado durante o ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Própria (2024).

Figura 16: Tijolo solo-cimento no momento em que ocorre a falha registrando sua carga máxima suportada.



Fonte: Própria (2024).

3.3.3 Cálculo

Conforme a norma A NBR 8491 (ABNT, 1984), os valores individuais de resistência à compressão das amostras são expressos em megapascals (MPa). São extraídos dividindo-se a carga máxima observada durante o ensaio, em newtons (N), pela área da face de trabalho em milímetros quadrados (mm²), conforme a equação:

$$f_t = \frac{F}{S}$$

Onde:

- f_t é a resistência á compressão simples, expressa em megapascals (MPa);
- F é a carga de ruptura do corpo de prova, expressa m newtons (N);
- S é a área de aplicação de carga em milímetros quadrados (mm²).

Para efeitos de cálculo, considera-se: 1 MPa = 10 kgf/cm²

3.4 Ensaio de absorção de água

O ensaio de absorção de água em tijolos tem como objetivo analisar as propriedades dos tijolos e blocos em relação à absorção de água, desta forma evitando patologias na construção, como bolor, manchas e fissuras.

3.4.1 Índices de absorção de água

Conforme a ABNT NBR 8491 (2013) e ABNT NBR 15270-2 (2005) o teste para verificar o índice de absorção de água é validado da mesma forma para ambos, onde sua absorção não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

3.4.2 Execução

Após os corpos-de-prova serem recebidos, identificados e limpos, têm as rebarbas retiradas e são colocados em um ambiente protegido. Cada corpo-de-prova é um bloco principal, íntegro e sem defeitos, amostrado de acordo com as normas ABNT NBR 15270-1/2 e ABNT NBR 8492.

O pó e outras partículas soltas são retirados do corpo-de-prova, com auxílio de um pano levemente úmido, sem a presença de pó e outras partículas soltas os corpos-de-prova são submetidos à secagem em estufa a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (figura 17).

Figura 17: Tijolo solo-cimento posicionados dentro da estufa para secagem.



Fonte: Própria (2024).

Os corpos de prova foram pesados imediatamente após a remoção da estufa até que haja a estabilização das pesagens. A massa individual é determinada em intervalos de 1 hora,

até que duas pesagens consecutivas de cada um deles difiram em, no máximo, 0,25%.

Após determinada a massa seca das amostras, a massa úmida (μ) é determinada, onde o corpo de prova é completamente submerso em água por 24 horas. Feita a retirada dos corpos-de-prova, devem ser posicionados em uma bancada permitindo o escoamento do excesso de água remanescente, deve ser removida com um pano limpo e úmido. Após esse processo são pesados, determinando, assim, sua massa úmida (μ) (figura 18), assegurando que o tempo entre a remoção do excesso de água na superfície e o término das pesagens não ultrapasse 15 minutos (ABNT 15270-3).

Figura 18: Tijolo solo-cimento posicionado sobre balança de precisão após processo de imersão em água.



Fonte: Própria (2024).

3.4.3 Cálculo

O índice de absorção d'água (AA), de acordo com a norma ABNT 15270-3 e ABNT NBR 8492, para cada corpo de prova é obtido pela equação:

$$AA(\%) = \frac{(\mu - m_s)}{m_s} \times 100$$

4. RESULTADOS

4.1 Resultados ensaio de resistência a compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados conforme a metodologia descrita na seção 3, as amostras de blocos cerâmicos e solo-cimento foram submetidas à compressão até a ruptura e os valores de força máxima foram registrados. As tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos através da divisão da carga máxima aplicada pela área da face de cada amostra para o bloco cerâmico e tijolo solo-cimento.

Tabela 3 - Resultados registrados para o teste de compressão do bloco cerâmico.

CORPO DE PROVA	FACE DE TRABALHO				Resistência à compressão		
	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (tnf)	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)
1	290	140	190	40600,00	13,98	137.096,97	3,37677
2	290	140	190	40600,00	13,82	135.527,90	3,33813
3	290	140	190	40600,00	12,75	125.034,79	3,07967
4	290	140	190	40600,00	14,01	137.391,17	3,38402
5	290	140	190	40600,00	13,78	135.135,64	3,32846
6	290	140	190	40600,00	13,66	133.958,84	3,29948
7	290	140	190	40600,00	13,52	132.585,91	3,26566
8	290	140	190	40600,00	13,68	134.154,97	3,30431
9	290	140	190	40600,00	13,72	134.547,24	3,31397
10	290	140	190	40600,00	13,75	134.841,44	3,32122
Média							3,3011696

Fonte: Própria (2024).

Tabela 4 - Resultados registrados para o teste de compressão do tijolo solo-cimento.

CORPO DE PROVA	FACE DE TRABALHO					Resistência à compressão		
	Comprimento original (mm)	Comprimento para ensaio (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (tnf)	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)
1	200	100	100	50	10000,00	2,15	21.084,30	2,10843
2	200	100	100	50	10000,00	1,98	19.417,17	1,94172
3	200	100	100	50	10000,00	2,02	19.809,43	1,98094
4	200	100	100	50	10000,00	1,89	18.534,57	1,85346
5	200	100	100	50	10000,00	2,24	21.966,90	2,19669
6	200	100	100	50	10000,00	1,92	18.828,77	1,88288
7	200	100	100	50	10000,00	2,20	21.574,63	2,15746
8	200	100	100	50	10000,00	2,12	20.790,10	2,07901
9	200	100	100	50	10000,00	1,94	19.024,90	1,90249
10	200	100	100	50	10000,00	2,16	21.182,36	2,11824
Média								2,0221312

Fonte: Própria (2024).

Os testes de resistência à compressão mostraram que tanto os blocos cerâmicos quanto os tijolos solo-cimento atenderam aos requisitos das normas ABNT. Os blocos cerâmicos apresentaram uma média de resistência à compressão de 3,301 MPa, superando o mínimo exigido de 3,0 MPa para blocos cerâmicos com furos na vertical. As amostras individuais variaram entre 3,079 MPa e 3,384 MPa, indicando uma consistência na resistência.

Por outro lado, os tijolos solo-cimento mostraram uma média de resistência à compressão de 2,022 MPa, também acima do mínimo exigido de 2,0 MPa para este tipo de tijolo. As variações individuais ficaram entre 1,853 MPa e 2,196 MPa, demonstrando uma leve dispersão, mas ainda dentro dos limites normativos.

Ambos os materiais foram aprovados nos testes de resistência à compressão, com os blocos cerâmicos exibindo uma resistência ligeiramente maior em comparação com os tijolos solo-cimento. Esses resultados destacam a adequação dos blocos cerâmicos para aplicações que requerem maior resistência estrutural, enquanto os tijolos solo-cimento oferecem uma resistência suficiente para cumprir os requisitos normativos indicando limitação de tamanho de projeto, sendo indicado para utilização em projetos de pequeno e médio porte.

4.2 Resultados ensaio de absorção de água

A tabela 4 apresenta o resultado da massa seca (ms) dos corpos de prova do bloco cerâmico, na tabela 5 são observados os resultados para o tijolo ecológico, nas condições acima estabelecidas, e expressa em gramas. Note-se que para o bloco cerâmico no intervalo da segunda hora para terceira hora na estufa houve uma redução de massa inferior ao máximo de 0,25% exigido pela norma, adotando-se os valores da 3^o pesagem como sendo a massa seca dos corpos de prova. Para o tijolo de solo-cimento, a redução de massa inferior ao estipulado pela norma ocorreu durante a passagem da terceira para a quarta hora, exigindo uma hora a mais na estufa para atingir o valor da massa seca, adotando, assim, os valores da 4^o pesagem.

Tabela 5 - Resultados registrados nos intervalos de 1 hora para o bloco cerâmico.

Amostra	1 ^o pesagem (g)	2 ^o pesagem (g)	3 ^o pesagem (g)	massa seca (g)
1	5,552	5,542	5,540	5,540
2	5,550	5,538	5,536	5,536
3	5,600	5,586	5,583	5,583
4	5,544	5,534	5,533	5,533
5	5,602	5,588	5,584	5,584
6	5,570	5,558	5,556	5,556
7	5,554	5,544	5,542	5,542
8	5,556	5,546	5,544	5,544
9	5,560	5,550	5,548	5,548
10	5,588	5,578	5,554	5,554

Fonte: Própria (2024).

Tabela 6 - Resultados registrados nos intervalos de 1 hora para o tijolo solo-cimento.

Amostra	1 ^o pesagem (g)	2 ^o pesagem (g)	3 ^o pesagem (g)	4 ^o pesagem (g)	massa seca (g)
1	3,546	3,526	3,504	3,500	3,500
2	3,494	3,476	3,448	3,440	3,440
3	3,464	3,446	3,418	3,410	3,410
4	3,612	3,584	3,562	3,559	3,559
5	3,536	3,512	3,494	3,488	3,488
6	3,586	3,564	3,542	3,536	3,536
7	3,604	3,592	3,576	3,568	3,568
8	3,502	3,482	3,464	3,460	3,460
9	3,484	3,462	3,440	3,436	3,436
10	3,468	3,444	3,418	3,410	3,410

Fonte: Própria (2024).

Na tabela 6 são registrados os valores de massa úmida (mu) para os blocos cerâmicos e tijolos solo-cimento onde foi perceptível um aumento de peso próprio devido a característica de absorção do material.

Tabela 7 - Registro pesagem massa úmida (mu) para amostras bloco cerâmico e tijolo solo-cimento.

Bloco cerâmico		Tijolo solo-cimento	
Amostra	massa úmida (g)	Amostra	massa úmida (g)
1	6,022	1	4,058
2	6,776	2	3,832
3	6,439	3	3,664
4	6,366	4	3,842
5	6,446	5	4,110
6	6,376	6	3,856
7	6,660	7	4,144
8	6,382	8	3,742
9	6,748	9	4,034
10	6,410	10	3,952

Fonte: Própria (2024).

Os ensaios de absorção de água foram executados conforme a metodologia descrita na seção 3. A tabela 7 e 8 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos através da variação da massa seca (ms) e massa úmida (mu), para as amostras de blocos cerâmicos e solo-cimento.

Tabela 8 - Resultados registrados para o teste de absorção de água para bloco cerâmico.

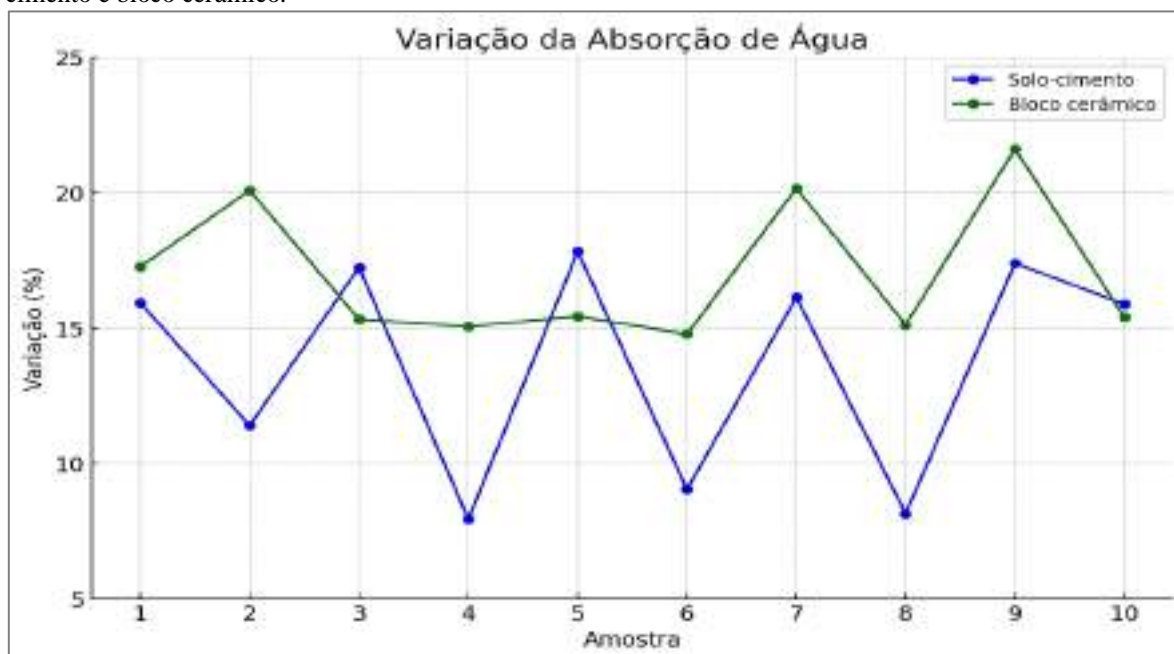
BLOCO CERÂMICO			
Amostra	Massa seca (ms) (g)	Massa úmida (mu) (g)	Variação
1	5,54	6,497	17,27%
2	5,536	6,648	20,09%
3	5,583	6,439	15,33%
4	5,533	6,366	15,06%
5	5,584	6,446	15,44%
6	5,556	6,377	14,78%
7	5,542	6,660	20,17%
8	5,544	6,382	15,12%
9	5,548	6,748	21,63%
10	5,554	6,410	15,41%
Média			17.03%

Fonte: Própria (2024).

Tabela 9 - Resultados registrados para o teste de absorção de água para tijolo solo-cimento.

TIJOLO SOLO-CIMENTO			
Amostra	Massa seca (ms) (g)	Massa úmida (mu) (g)	Variação
1	3,500	4,058	15,94%
2	3,440	3,832	11,40%
3	3,410	3,998	17,24%
4	3,559	3,842	7,95%
5	3,488	4,110	17,83%
6	3,536	3,856	9,05%
7	3,568	4,144	16,14%
8	3,460	3,742	8,15%
9	3,436	4,034	17,40%
10	3,410	3,952	15,89%
Média			13,7%

Fonte: Própria (2024).

Figura 19: Gráfico da variância entre resultados registrados para o teste de absorção de água para tijolo solo-cimento e bloco cerâmico.

Fonte: Própria (2024).

Os blocos cerâmicos apresentam uma média de variação de massa de 17,03%, com valores individuais variando entre 14,78% e 21,63%.

A variação significativa nos valores de absorção de água dos tijolos solo-cimento é uma observação importante a ser considerada, embora a média de variação de massa esteja

dentro do normativo, os valores individuais variam consideravelmente, desde 7,95% até 17,83%. Essa amplitude na absorção de água entre diferentes amostras indica uma diversidade significativa nas características dos tijolos solo-cimento, possivelmente devido a variações no processo de fabricação, na composição dos materiais utilizados ou nas condições de cura do corpo de prova.

É crucial destacar que, apesar de alguns valores individuais estarem dentro do intervalo aceitável de variação de absorção de água estabelecido pelas normas da ABNT NBR 8492 (8% a 22%), a amostra 4 apresentou uma absorção de 7,95%, estando abaixo do limite imposto pela norma, este tijolo em específico, portanto, não atende aos padrões especificados pelas normas, o que sugere uma possível inconsistência na qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o crescente interesse em alternativas ecológicas na construção civil, este estudo buscou comparar o desempenho do tijolo solo-cimento em relação ao bloco cerâmico, visando identificar uma alternativa sustentável viável para a indústria da construção.

Os resultados obtidos indicam que tanto o tijolo solo-cimento quanto o bloco cerâmico demonstraram qualidades técnicas satisfatórias, tornando assim viável tecnicamente, atendendo aos padrões de qualidade exigidos para sua utilização em obras civis.

Observa-se que o tijolo solo-cimento, apesar de apresentar resultados que atendam a norma e possuir de um processo de produção menos energético e menos impactante para o meio ambiente, em comparação ao bloco cerâmico, apresentam uma inconsistência no resultado saindo e um padrão apresentando uma variância entre seus valores, sendo assim para estruturas de grande porte que necessitam de um controle de qualidade mais conciso é frequentemente preferido em estruturas de grande porte a utilização do bloco cerâmico.

Portanto, enquanto o tijolo solo-cimento pode ser uma escolha viável em certos contextos, especialmente em projetos que buscam reduzir o impacto ambiental, o bloco cerâmico estrutural continua a ser a preferência para aplicações onde a qualidade e a segurança das estruturas são prioritárias. É importante ressaltar que o Brasil possui vastas áreas de solo adequadas para a produção de tijolos solo-cimento, o que fortalece sua viabilidade como uma alternativa ecologicamente sustentável para a construção de habitações. Dessa forma, com base nos resultados apresentados e nas considerações levantadas, pode-se afirmar que o tijolo ecológico de solo-cimento emerge como uma alternativa viável e promissora para a construção civil, contribuindo para a promoção de um desenvolvimento mais sustentável e equilibrado.

REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Dosagem das misturas de solo-cimento - normas de dosagem**. São Paulo: ABCP, Estudo Técnico ET-35, 1986. 51p.

ABIKO, A. K. **Tecnologias Apropriadas: Tijolos e Paredes Monolíticas de Solo-cimento**. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1980.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE COOPERAÇÃO. **É barato, é ecológico, é a solução ideal**. 2017. Disponível em: <http://www.abc.gov.br/imprensa/mostrarConteudo/763> 22 de mar. 2023.

ARAÚJO, Mozart Hendrigo Macedo; DE SOUSA JUNIOR, Raimundo Ribeiro; DE CARVALHO SANTOS, Luanna. Estudo comparativo entre os métodos do tijolo ecológico e do bloco cerâmico na construção sustentável de residências populares no Brasil. **Revista da faesf**, v. 5, n. 1, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7500-1**: Materiais metálicos – Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial Parte1:Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração e verificação do sistema de medição de força. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento - Requisitos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

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.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima** – 2023.

CASUS CONSTRUTORA. **Portfólio Casus Construtora**. 2024. Disponível em: <<https://www.casus.com>. Acesso em 01 de julho de 2024.

CASTRO, Mário Andrean Macedo et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de blocos de solo-cimento formulados com coprodutos siderúrgicos. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 21, n. 03, p. 666-676, 2016.

ECOMAQUINAS. Disponível em: <https://www.ecomaquinas.com.br/maquina/eco-7-master/> acessado em 22 de mar. 2023.

FARIA, João Roberto Gomes de; SAWAIA, Sylvio de Barros. Unidade de produção de tijolos de solo estabilizado. 1990.

FIAIS, B. B.; SOUZA, D. S. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v.2, n.1, 2017. Disponível em: <http://www.ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2559> Acesso em: 23 de mar. 2023.

FRANÇA, A. D.; SIMÕES, M. T.; GOMES, K. N. A. E.S. Tijolo Solo-Cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais. **Revista Científica de Engenharia Civil**, v.1, n.1, p.144-155, 2018.

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

LIMA JÚNIOR, H. C.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P. Structural behavior of load bearing brick walls of soil-cement with the addition of ground ceramic waste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.552-558, 2003. p.339-345, 2003.

LIRA, Douglas S. **Tijolos ecológicos: estudo de viabilidade técnica no uso de agregados reciclados de resíduos da construção civil classe A**. 2020. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2020.

MMA (Ministério do meio Ambiente). **Construção Sustentável**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/item/8059.html>. Acesso em 10 de mar. 2023.

MOTA, J. D.; OLIVEIRA, D. F.; DE SOUSA, A. A. P.; LARANJEIRA, E.; MONTEIRO, M. R. S. Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo cimento. In: **SEMINÁRIO DA REGIÃO NORDESTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS**, 2., 2010. Anais... 2010.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solocimento: análise

das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PISANI, M. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo cimento**. São Paulo: Sinergia, 2005.

QUEIROZ, Neucy Teixeira. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 255-263, 2016.

ROTH, Caroline; GARCIAS, Carlos Mello. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em questão**, v. 7, n. 13, p. 111-128, 2009.

SALA, L. G. **Proposta de habitação sustentável para estudantes universitários**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 86f, 2006.

SANTANA PROJETOS E CONSTRUÇÕES. **Portfólio Santana Projetos e Construções**. 2024. Disponível em: <https://www.santanapre.com.br/casas-de-alven>. Acesso em 01 de julho de 2024.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. A.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de resíduos da construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 10., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBC, 2004. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/>. Acesso: 31/10/2005.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Ideias de Negócios: fabrica de tijolos ecológicos**. SEBRAE. 26p. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sbrt/fabricacao-de-tijolos-ecologicos,511ae32825f82810VgnVCM100000d701210aRCRD> Acesso em: 30 mar. 2023.

SILVA, Joselito Barbosa da. **Simulação e experimentação da secagem de tijolos cerâmicos vazados**. 2009. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/1654?show=full>. Acesso em: 30 mar. 2023.

SOUSA, Michel Wendell Silva; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Levantamentos de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural de bloco cerâmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014. p.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciência dos materiais**. In: QUÍMICA ANALÍTICA APLICADA. Editora Edgard Blucher, p. 24.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World Urbanization Prospects**. 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O.; NÃÃS, I. A. Sustentabilidade na construção civil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2011.