

## **Blocos cerâmicos de vedação: um estudo das características físico-mecânicas ao incorporar o vidro como matéria prima**

Júnior, D. B.<sup>1</sup>; Barbosa; Bosso, A. R. S.<sup>2</sup>, Silva, F.M; Almeida, M. L. P.<sup>1</sup>; Campos, A. L.<sup>1</sup>;  
Barbosa, V. P.<sup>1</sup>; Fonseca, M. V. G.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Centro Universitário Católica do Tocantins

ACSU-SE 140 Avenida Teotônio Segurado Lt 01- Centro- Palmas Tocantins

demerval.junior@a-catolica-to.com.br

### **RESUMO**

Este estudo apresentará uma destinação aplicável de resíduos sólidos de vidro em insumos da construção civil, especificamente em blocos cerâmicos de vedação. Segundo pesquisas já realizadas, essa aplicabilidade demonstra ser uma alternativa viável, proporcionando diversas vantagens técnicas, sociais, mecânicas e ambientais, reaproveitando materiais que são descartados inadequadamente no meio ambiente. A partir do exposto, a pesquisa analisou as características físico-mecânicas de blocos cerâmicos de vedação que foram produzidos com adição de pó de vidro de garrafas *não retornáveis* recolhidas no município de Palmas, Tocantins. Foram produzidas e analisadas três percentuais de adição de vidro na fabricação dos blocos:  $T_1 = 4\%$ ,  $T_2 = 10\%$  e  $T_3 = 20\%$ . Conforme os dados obtidos, é possível realizar a produção de blocos cerâmicos de vedação com adição de resíduos de vidro, uma vez que as características geométricas e mecânicas estão compatíveis com as normas. Para as características físicas recomenda-se mais ensaios buscando atender a legislação vigente.

*Palavras chaves: Resíduos sólidos, Adição de pó de vidro, Cerâmica Vermelha, Teste de Tukey.*

### **ABSTRACT**

This study it will present an applicable destination of solid glass residues in insumos of the civil construction, specifically block-type ceramic of prohibition. According to carried through research already, this applicability demonstrates to be a viable alternative, providing to diverse advantages social, mechanical and ambient techniques, reaproveitando material that they are discarded inadequately in the environment. From the displayed one, the research analyzed the physicist-mechanical characteristics of ceramic blocks of prohibition that had been produced with glass dust addition of bottles did not return collected in the city of Palms, Tocantins. They had been produced and analyzed three percentages of glass addition in the manufacture of the blocks:  $T_1 = 4\%$ ,  $T_2 = 10\%$  and  $T_3 = 20\%$ . As the gotten data, are possible to carry through the production of ceramic blocks of prohibition with addition of glass residues, a time that the geometric and mechanical characteristics are compatible with the norms. For the physical characteristics one sends regards more assays to search to take care of the current law.

*Key words: Solid residues, glass dust Addition, Red Ceramics, Test of Tukey.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, houve um crescimento no ato de reciclar ou reaproveitar agregado miúdo reciclado proveniente de vidro de embalagens não retornáveis despejados de maneira irregular no meio ambiente, causando problemas de poluição em habitat de animais, infraestrutura de centros urbanos, lixões e aterros sanitários. Partindo desse ponto de vista e tomando por base a frase do químico Antoine Lavoisier “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, diversos pesquisadores (K.O. Godinho, J.N.F de Holanda, A.G.P da Silva), indústrias (Abividro, recitotal) e cooperativas (Cooperan, Ascampa) buscaram alternativas viáveis de transformar essa problemática em produtos inovadores que beneficiem a sociedade.

Com base nesse princípio, a Engenharia Civil tem importante papel no desenvolvimento de uma região, pois é responsável por gerar empregos diretos e indiretos através de atividades da construção civil, a qual necessita de insumos e mão de obra. Também é uma das responsáveis por reutilizar materiais, que na maioria das vezes não tem valor econômico agregado, como exemplo a incorporação de vidro em materiais cerâmicos (telhas, blocos cerâmicos estruturais e vedação), substituindo parte da matéria prima convencional por matéria prima reciclada proveniente de resíduos.

A incorporação de agregado miúdo reciclado proveniente de vidro de embalagens não retornáveis em bloco cerâmico de vedação é uma alternativa considerada normal e viável por se tratar de material inerte (sem reação química), o qual pode ser utilizado para produção dos blocos, unindo assim questões ambientais, no que tange quantidade de matérias primas disponíveis na natureza e em paralelo resolvendo problemas que compreendem a geração e reaproveitamento dos resíduos.

No presente trabalho foi abordada a questão da incorporação de resíduos sólidos proveniente de vidros de embalagens não retornáveis obtidos em centros comerciais da cidade de Palmas – TO, para fabricação de blocos cerâmicos de vedação, uma vez que essas embalagens seriam despejadas de qualquer maneira no meio ambiente, causando graves problemas ambientais. É possível verificar através de vários trabalhos acadêmicos que a incorporação do vidro em peças cerâmicas é viável em vários quesitos, como destacado na tese: Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha realizado por Caldas, 2012. Outro exemplo está no trabalho de Galvão, 2013, com o tema: Viabilização de rejeitos de vidro para produção de tijolos cerâmicos.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar a influência da incorporação de agregado miúdo reciclado proveniente de embalagens não retornáveis na produção de blocos cerâmicos de vedação a fim de obter um produto com características dentro da legislação vigente e de acordo com as políticas de sustentabilidade, através de ensaios estabelecidos pela norma brasileira (NBR) 15270 partes 1 e 3 dos blocos cerâmicos de vedação em proporções de 4%,10% e 20 % de adição em massa.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente pesquisa é classificada em duas partes: bibliográfica e exploratória experimental. A primeira foi realizada através de artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, onde foram verificadas as características específicas de cada estudo, analisando os resultados obtidos para ter referência no desenvolvimento dos experimentos e ensaios. A segunda parte foi desenvolvida no chão de fábrica de uma empresa parceira que produz objetos cerâmicos desde o ano de 1990 na cidade de Palmas – TO e nos laboratórios da Católica do Tocantins. As respostas experimentais analisadas foram as características geométricas, físicas e mecânicas dos blocos de acordo com a NBR 15270 partes 1 e 2.

## 2.1 Materiais

Para realização do estudo foram utilizados as seguintes matérias primas: embalagens de vidro não retornáveis e argila. O vidro foi recolhido em estabelecimentos comerciais de Palmas –TO. A matéria prima convencional, argila, usada na produção dos blocos cerâmicos foi retirada de uma jazida natural de propriedade da empresa parceira da Católica do Tocantins nessa pesquisa. A argila foi classificada por método tátil-visual como argilo-siltoso, sendo apta para fabricação dos blocos.

## 2.2 Métodos

Os resíduos oriundos de vidro de embalagens não retornáveis após recolhidos de estabelecimentos comerciais no município de Palmas - TO, foram transportados até o pátio da Católica do Tocantins, onde passaram por um processo de limpeza para remoção de rótulos, impurezas e lavagem com água. Em seguida, permaneceram no pátio da instituição por 24 h para secar naturalmente antes da trituração, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1** - Embalagens de vidro antes e após processo de limpeza

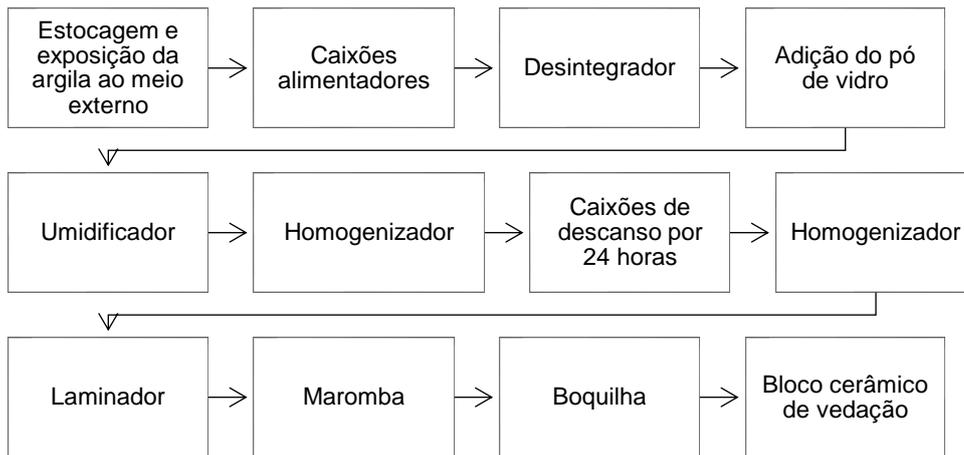


**Fonte:** Autores, 2019

As garrafas secas foram colocadas no moinho Abrasão Los Angeles, uma quantidade média de 20 kg de vidro durante 50 minutos, no laboratório de Materiais e Estruturas da Católica do Tocantins. Após a moagem, maior parte do material já se encontrava em forma de pó, e o restante dos fragmentos foram levados novamente ao triturador. O pó de vidro foi armazenado em recipientes de alumínio com capacidade de 200 L.

Para a incorporação do pó de vidro na massa cerâmica, foi utilizado um funil adaptado que apresenta furos com vazões distintas para regular o percentual de pó de vidro que cai sobre o material em função do tempo. Neste estudo as adições foram de  $T_1 = 4\%$ ,  $T_2 = 10\%$  e  $T_3 = 20\%$  em massa em comparação de um bloco padrão. A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo de produção dos blocos cerâmicos. Já a Figura 3 apresenta o funil adaptado e os blocos cerâmicos após retirados da boquilha.

**Figura 2** - Processo de produção dos blocos cerâmicos



**Fonte:** Autores, 2019

**Figura 3** - Funil adaptado para incorporação do pó de vidro e blocos cerâmicos após retirados da boquilha



**Fonte:** Autores, 2019

Os blocos retirados da boquilha foram organizados em prateleiras e levados ao secador, no qual permaneceram de 24 a 36 h em temperatura ambiente até atingirem uma umidade predeterminada antes de serem levados ao forno para o processo de sinterização. Esse período de secagem é essencial, pois é capaz de diminuir o aparecimento de fissuras no produto final.

A seguir os blocos foram levados ao forno para serem sinterizados. Essa etapa é necessária para a qualidade do produto, por exemplo, na resistência do produto, e outros parâmetros. A Tabela 1 apresenta os experimentos que foram efetuados na Católica do Tocantins.

**Tabela 1** – Procedimentos Experimentais

Procedimentos Experimentais realizados nos blocos cerâmicos de vedação 14 x 19 x 29 cm
--

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS			
Dimensões Efetivas		Dimensões dos Septos		Massa dos Blocos				Resistência a Compressão	
Blocos	Dimensões (cm)	Internos (cm)	Externos (cm)	Área Bruta (Ab) (cm²)	Massa Seca (g)	Massa úmida (Blocos submersos por 24h) (g)	Índice de Absorção (%)	Capeamento das faces (1cm) (cm)	Rompimento (considerando os blocos submersos por 24h) (Mpa)
	L/H/C								

**Fonte:** Autores, 2019

Para realização de todos os ensaios, foi considerado como base a ABNT NBR 15270:1. Para os ensaios de características geométricas foram utilizados esquadros metálicos, trena métrica e paquímetro de forma a verificar o esquadro, planeza das faces e dimensões efetivas dos septos internos e externos dos blocos produzidos respectivamente.

Já para as características físicas foram determinados a massa seca dos blocos, onde os mesmos foram submetidos a temperaturas que variaram entre  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  com pesagens consecutivas até atingirem variação de 0,25%. Em seguida, foi executado a pesagem dos blocos, os quais foram submersos por 24h de forma a caracterizar a massa úmida. Posteriormente executado o cálculo do índice de absorção de água seguindo a seguinte formulação:

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \cdot 100, \text{ onde } m_u \text{ significa Massa úmida (g) e } m_s \text{ significa Massa seca (g).}$$

Por fim, para executar o ensaio das características mecânicas, as duas faces dos blocos que entram em contato com o equipamento de compressão uniaxial, deverão ser capeadas, para que exista planeza, nivelamento e conformidade. Para que exista aplicação de tensões em iguais proporções em toda a área do bloco.

### 2.3 Análise Estatística

A partir dos dados experimentais obtidos, foi realizado a análise estatística descritiva, sendo representada pela média, variância amostral, desvio padrão, coeficiente de variação e tabelas estatísticas. Além disso foram utilizadas ferramentas, como o teste de Tukey e intervalo de confiança para agregar ainda mais a pesquisa.

### 2.4 Teste de Tukey

É utilizado para comparar médias apontando onde está a diferença entre cada par num conjunto de médias. O teste de Tukey é dado pela Equação 1 (LEVIN, 2012):

$$HSD = q_{\alpha; k; k(n-1)} \sqrt{\frac{QMR}{r}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,  $q_{\alpha; k; k(n-1)}$  é a amplitude estudentizada ao nível de significância desejada, neste caso 5%, QMR corresponde ao quadrado médio da análise de variância e r é o número de repetições.

A diferença honestamente significativa (HSD) deve ser interpretada como sendo o maior valor para que não exista diferença entre duas médias, ou seja, qualquer diferença entre duas

médias maior que o HSD significa que as médias são diferentes estatisticamente de acordo com o nível de sindicância escolhido, neste caso 5%.

## 2.5 Intervalo de Confiança para a média populacional através da distribuição de t Student

O intervalo de confiança para as médias populacionais da resistência a compressão dos blocos de vedação foram calculados usando a distribuição t Student dado pela Equação 2:

$$P\left(\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad \text{Equação 2}$$

Em que P é a probabilidade,  $\bar{x}$  é a média, s desvio padrão amostral, n é o número de repetições para cada traço, t é a distribuição de Student e  $\alpha$  é o grau de significância, adotado de 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Características Geométricas

Os ensaios realizados nos lotes de 13 amostras de cada percentual foram: altura, largura, comprimento, dimensão dos septos, esquadro e planeza das faces, obtendo os seguintes resultados: Para as porcentagens de T1 = 4%, T2 = 10% de pó de vidro adicionado à argila, verifica-se que as características geométricas dos blocos variam de 0,69% e 1,35%. Já com adição de T3 = 20% esse índice sobre para 1,97%, o que demonstra que as mudanças de características vão depender da quantidade de pó de vidro incorporado e da temperatura de queima, no entanto esses percentuais não altera suas características geométricas estando em conformidade com a NBR 15270:1:2005, que determina que a tolerância da dimensão efetiva individual seja  $\pm 5$  mm. Com relação aos septos os blocos também apresentam conformidade com as normativas, sendo 8,18 mm, 7,67 mm e 7,98 mm para T1 = 4%, T2 = 10% e T3 = 20%, respectivamente. Com relação ao esquadro, os blocos apresentam 0,85 mm, 0,81 mm e 1,15 mm para T1 = 4%, T2 = 10% e T3 = 20%, respectivamente estando dentro do limite de 3 mm que a norma 15270 estabelece, tendo uma amostra rejeitada para cada lote. Para a planeza das faces, os resultados obtidos foram: 1,00 mm, 1,5 mm e 1,31 mm para T1 = 4%, T2 = 10% e T3 = 20% estando também em conformidade com a normativa que é de até 3 mm, tendo como uma amostra rejeitada para os percentuais de T1 = 4% e T2 = 10%.

### 3.2 Características Físicas

A resposta experimental dos blocos de vedação que representa a característica física é o Índice de absorção d'água (AA) apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Características Físicas dos blocos cerâmicos de vedação com 4%,10% e 20% de pó de vidro incorporado

	<b>T<sub>1</sub>: 4%</b>		
<b>Média</b>	23,74%	24,33%	24,53%
<b>Desvio Padrão</b>	0,004	0,004	0,004
<b>Coefficiente de Variação %</b>	1,54%	1,46%	1,57%

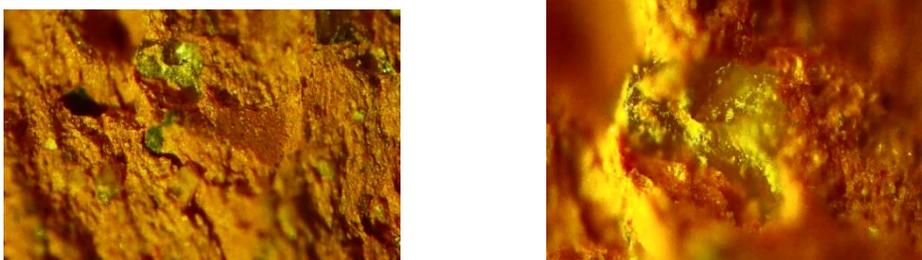
**T<sub>2</sub>: 10%**

<b>Média</b>	25,19%	26,16%	26,19%
<b>Desvio Padrão</b>	0,005	0,002	0,002
<b>Coefficiente de Variação %</b>	1,93%	0,85%	0,89%
<b>T<sub>3</sub>: 20%</b>			
<b>Média</b>	22,78%	23,55%	23,57%
<b>Desvio Padrão</b>	0,013	0,014	0,015
<b>Coefficiente de Variação %</b>	5,69%	6,11%	6,18%

**Fonte:** Autores, 2019

As amostras que contemplam 10% de adição de vidro apresentam um maior índice de absorção, se comparado as demais, conforme Tabela 2. Deve ser levado em consideração que pela ABNT NBR 15270:1, os índices de absorção dos blocos cerâmicos devem variar entre 8% e 22%. Entretanto, conforme os ensaios de massa seca e massa úmida foram executados os índices de absorção apresentados na Tabela 2, os quais estão um pouco acima do preestabelecido em normativa. Uma das possíveis causas para estes resultados é o aumento da porosidade do compósito (argila +vidro), uma vez que o ponto de fusão do vidro varia de 1000°C à 1200°C, e sabendo a variação de temperatura entre os dois fornos os quais os blocos foram sinterizados varia entre 650°C e 900°C, é bem provável que o vidro não tenha sofrido qualquer mudança em sua estrutura, o que de certa forma está contribuindo para o aumento da porosidade e conseqüentemente aumento da absorção da água.

**Figura 4** – Imagens de microscópio retiradas do interior do bloco cerâmico com 10% de adição de vidro com 4x e 10x de aumento



**Fonte:** Autores, 2019

Na Figura 4 percebe-se que os vidros não sofreram nenhuma alteração em sua estrutura nos blocos analisados com 10% de adição de vidro.

### 3.3 Características Mecânicas

A característica mecânica dos blocos pode ser expressa através da resistência à compressão individual (fb) determinada conforme ABNT NBR 15270:3. Analisou-se 21 blocos de cada conjunto de adição (T<sub>1</sub> = 4%, T<sub>2</sub> = 10% e T<sub>3</sub> = 20%). Todos os corpos de prova foram capeados, ou seja, todos tiveram suas faces regularizadas por argamassa composta de cimento, areia e água. Após o período de cura da argamassa, os blocos foram armazenados em tanque com água por 24 horas para serem rompidos posteriormente. A Figura 5 representa essas atividades de capeamento, imersão e rompimento.

**Figura 5** - Blocos Cerâmicos de vedação após regularização das faces com argamassa, blocos em processo de Saturação e ensaio de resistência a compressão em prensa manual

Fonte: Autores, 2019



**Tabela 3** - Dados

estatísticos referentes a Resistência a compressão uniaxial dos Blocos Cerâmicos de Vedação 14 x 19 x 29 cm

Medidas Estatísticas	Percentual de adição de pó de vidro (%)		
	T1: 4%	T2: 10%	T3: 20%
n	21	21	21
$\bar{x}$	5,60	6,03	4,81
$s^2$	0,32	1,12	1,11
s	0,57	1,06	1,05
cv (%)	10,17	17,55	21,92

Fonte: Autores, 2019

Na Tabela 3 n é a quantidade de blocos;  $\bar{x}$  é a resistência média dos blocos a compressão;  $s^2$  é a variância amostral da resistência a compressão dos blocos; s é o desvio padrão amostral da resistência a compressão dos blocos; cv é o coeficiente de variância amostral da resistência a compressão dos blocos.

Na Tabela 3 o coeficiente de variação é classificado como baixa dispersão para T<sub>1</sub> e dispersão mediana para T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. Como o processo produtivo na empresa é influenciado por várias variáveis experimentais que não são controladas, a dispersão do coeficiente de variação pode ser justificada por esse fato. Em todos os blocos analisados as amostras superaram a resistência mínima de 1,5 MPa, conforme ABNT NBR 15270:1.

A Tabela 4 representa os resultados obtidos do teste de Tukey para analisar as médias de resistência a compressão dos blocos cerâmicos de vedação que foram ensaiados.

**Tabela 4** – Resumo do teste de Tukey para a resistência a compressão dos blocos de cerâmicos de vedação ao nível de confiança de 95%

k	Média	Diferença de médias			Código
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	
T <sub>1</sub>	5,82				a
T <sub>2</sub>	5,42	0,40			ab
T <sub>3</sub>	4,81	1,01	0,61		b
<b>HSD</b>	<b>0,69</b>				

Fonte: Autores, 2019

Com base na análise do teste realizado verifica-se que as médias de T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> são estatisticamente iguais ao nível de significância de 5%, e estatisticamente diferente para T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub>. Com base nisto, o vidro mostrou com capacidade técnica mecânica adequada para atender as características normativas sobre a resistência mecânicas nos diferentes percentuais de composição blocos cerâmicos de vedação produzidos com adição de vidro.

A Tabela 5 apresenta o intervalo de confiança para a média populacional da resistência a compressão para os três percentuais de bloco cerâmicos de vedação produzidos com adição de resíduos de vidro. A informação obtida com os dados da Tabela 5 é que se houvessem uma repetição de 100 vezes nos ensaios de resistência, em 95% ela estará no intervalo definido para cada percentual na Tabela 5.

**Tabela 5** - Intervalo de confiança para a média populacional da resistência a compressão dos blocos de vedação ao nível de confiança de 95%

Bloco	$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2};n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2};n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$
T <sub>1</sub> : 4%	5,34	5,86
T <sub>2</sub> : 10%	5,55	6,51
T <sub>3</sub> : 20%	4,33	5,29

**Fonte:** Autores, 2019

#### 4. CONCLUSÃO

A análise dos resultados possibilita inferir que a avaliação preliminar acerca do reaproveitamento de resíduos de embalagens de vidro não retornável como matéria-prima para a produção de blocos cerâmicos de vedação é, sobretudo, viável. Isso pode ser confirmada pelas características mecânica dos blocos.

Em todos os ensaios técnicos de resistência a compressão os blocos obtiveram resistência superior daquela definida por norma, sendo uma resistência mínima de 1,5 MPa conforme NBR 15270:1:2005. O teste de Tukey se mostrou útil para comparar às médias de resistência a compressão dos blocos nos diferentes percentuais de composição, e apresentou estatisticamente iguais para T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> e estatisticamente diferente para T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub>.

Os ensaios de massa seca e massa úmida executados apresentaram índices de absorção d'água, conforme a Tabela 2, um pouco acima do estabelecido pela NBR 15270:1. As possíveis causas para estes resultados pode ser o aumento da porosidade do compósito (argila +vidro), uma vez que o centro informações sobre reciclagem e meio ambiente (Recicloteca) informa que no processo de reciclagem, o ponto de fusão do vidro varia de 1000°C à 1200°C, logo não houve fusão com a argila. A incorporação do vidro deixou o bloco com maior massa em comparação ao bloco sem a incorporação de vidro, e também é possível que a adição tenha aumentado a porosidade do bloco ao incorporar o vidro, o que explica os índices de absorção listados na Tabela 2.

Os blocos produzidos com a incorporação de vidro estão de acordo com as normativas em relação a resposta experimental as características geométricas e mecânicas, recomenda-se

outros ensaios complementares para as características físicas, uma vez que os índices de absorção estiveram um pouco acima do que trata a normativa 15270:1, conforme listado na tabela 2.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT NBR 15270- 1: Componentes Cerâmicos. Parte 1: para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Componentes Cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. NBR 15.270:2005. Rio de Janeiro – RJ, 2005.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT NBR 15270- 3: Componentes Cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.
- [4] GALVÃO, Álvaro César Pontes; FARIAS, Aline Cristina Mendes; SOUZA, Luiz Guilherme Meira. Viabilização de Rejeitos de Vidro para Produção de Tijolos Cerâmicos. HOLOS, 2013. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1555>. Acesso em: 16 mar. 2019
- [5] CALDAS, T. C. C. Reciclagem de Resíduo de Vidro Plano em Cerâmica Vermelha. 2012. 88f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.
- [6] H. C. FERREIRA, R. A. Andrade *et al.* Influência da expansão por umidade no comportamento mecânico de argilas para uso em blocos de cerâmica vermelha - revisão, sciELO, ano 2011, v. 57, n. 343, p. 329-337, 28 ago. 2010.
- [7] K.O. Godinho, J.N.F. de Holanda, A. G. P. da S. Efeito da adição de vidro sobre propriedades de queima de uma argila vermelha. (2005).
- [8] LEVIN, Jack; FOX, James Alan; FORDE, David R. Statistics for human sciences. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012
- [9] Centro informações sobre reciclagem e meio ambiente (Recicloteca). Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/vidro/>. Acesso em: 17 de maio 2019. 17:35:25