



## INCORPORAÇÃO DE PONTAS DE CIGARRO EM CERÂMICA VERMELHA: ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

Cássio R. Paulista<sup>1,2\*</sup>, Geovana C. G. Delaqua<sup>2</sup>, Grazielle M. Pinto<sup>1</sup> e Carlos M. F. Vieira<sup>2</sup>

1 – Área de Indústria, Instituto Federal Fluminense (IFF Campos Centro). Rua Dr. Siqueira, 273,  
Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28030-130

2 – Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV), Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro (UENF).  
cassio.paulista@iff.edu.br

### RESUMO

As guimbas de cigarro (GC's) são a fonte de resíduo pessoal mais comum no mundo, sendo equivalente ao plástico, em termos de quantidade de itens descartados diretamente no espaço urbano. Isso representa um grave risco ao meio ambiente, que fica exposto a componentes químicos capazes de contaminar a vida urbana e aquática. No entanto, tem se tornado cada vez mais comum a incorporação de resíduos sólidos em peças de cerâmica vermelha, como uma alternativa de otimização tecnológica de produtos cerâmicos aliada à sustentabilidade. Este trabalho analisou o efeito da incorporação de GC's em peças de cerâmica vermelha tradicional, verificando a alteração nas propriedades físicas e mecânicas após a queima. Foram utilizadas argilas coletadas em São Roque do Canaã/ES e GC's coletadas em vias urbanas e diretamente com os fumantes em Campos dos Goytacazes/RJ. As argilas e GC's foram secas a 110°C e peneiradas para passagem em peneira com aberturas de 0,355 mm. Os corpos-de-prova foram feitos por prensagem uniaxial nas composições de 0%, 2,5% e 5% em relação à massa total e queimados a 900 °C. Após a queima, foram determinadas as propriedades: a absorção de água, porosidade aparente, densidade, retração linear de queima e resistência a flexão. O índice de absorção de água aumentou de 19,86% para 23,24%, porém se manteve nos limites permitidos por norma. Os resultados mostraram que a densidade reduziu em até 7,2% (1,785 g/cm<sup>3</sup> para 1,657 g/cm<sup>3</sup>), contribuindo com a redução do peso e uma possível redução de condutividade térmica do material. A maior retração linear de queima observada foi de 1,39%. A resistência à flexão reduziu em até 18,7% (4,33 MPa para 3,52 MPa). Os resultados deste trabalho indicaram que a incorporação desse resíduo em cerâmica vermelha é viável em quantidades de até 5% em massa, sendo uma alternativa econômica e sustentável para a disposição final desse resíduo.

**Palavras-chave:** cerâmica vermelha, incorporação de resíduos sólidos, cigarros.

### INTRODUÇÃO

As guimbas de cigarro (GC's), também conhecida como “bitucas” ou “pontas” de cigarro são a parte do cigarro não queimado que sobra no momento em que a fumada é finalizada<sup>(1)</sup>. Elas são a fonte de resíduo pessoal mais comum no mundo<sup>(2,3)</sup>, sendo equivalente ao plástico, em termos de quantidade de itens descartados diretamente no meio ambiente<sup>(4)</sup>. A cada ano 6,5

trilhões de cigarros são consumidos em todo o mundo, e apenas um terço dessa quantidade é descartada corretamente, enquanto o restante é destinado ao meio ambiente<sup>(5)</sup>. No Brasil, 27,9 milhões de pessoas são fumantes e consomem cerca de 110 bilhões de cigarros por ano<sup>(6)</sup>.

Em contrapartida, tem se tornado cada vez mais comuns os estudos voltados para a incorporação de resíduos sólidos em cerâmica vermelha, indústria com grandes volumes de produção e com grande potencial de reaproveitamento de resíduos. Essa abordagem é interessante pelo fato das argilas – matéria-prima dos produtos de cerâmica vermelha – possuírem grande variabilidade em relação a sua composição. Logo, os corpos cerâmicos, como tijolos e telhas, toleram a presença de diferentes tipos de resíduos, até mesmo em altas porcentagens<sup>(7,8)</sup>.

Este trabalho tem o objetivo de analisar o efeito da incorporação de pontas de cigarro em peças de cerâmica vermelha tradicional, verificando a alteração nas propriedades físicas e mecânicas após a queima das peças.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas foram três tipos de argilas coletadas em São Roque do Canaã/ES (Figura 1a) e pontas de cigarro de diferentes tamanhos e marcas coletadas em vias urbanas e diretamente com fumantes em Campos dos Goytacazes/RJ (Figura 1b).

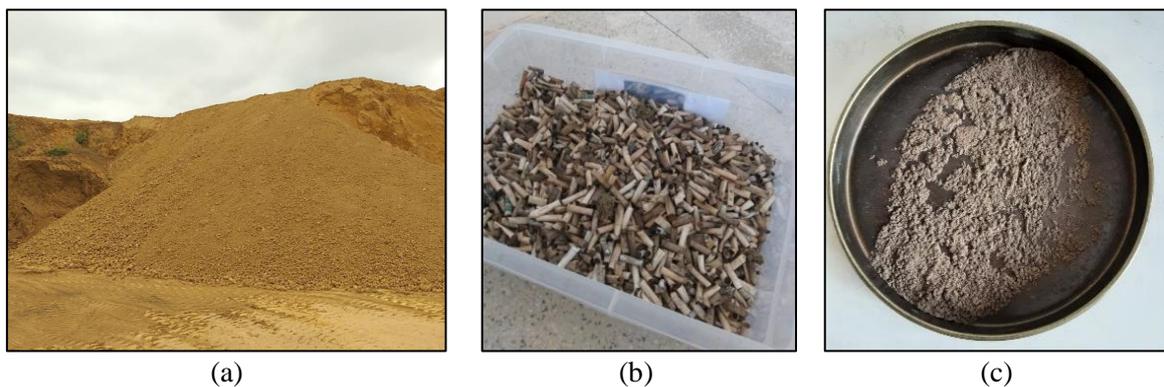


Figura 1: Argilas (a) e GC's inteiras (b) e trituradas (c) usadas como matérias-primas.

As argilas foram secas em estufa a 110°C por 24 horas e desagregadas manualmente com almofariz para passagem em peneira de 0,355 mm. As GC's foram utilizadas de forma integral (cinzas, papéis, tabaco não queimado e filtros), sendo aquecidas a 110°C por 24h para desinfecção e retirada de umidade, misturadas em sacola plástica e trituradas em um moinho de facas até passagem em peneira de 0,355 mm. A Figura 1c mostra o resíduo após o pré-tratamento mecânico de trituração e peneiramento. As massas argilosas foram misturadas em um moinho de bolas durante 20 minutos para se obter uma maior homogeneização, nas proporções de 0%, 2,5% e 5% em relação à massa total. Em seguida, elas foram umedecidas com 7% em peso de água e misturadas manualmente. Os corpos-de-prova foram feitos por prensagem uniaxial numa matriz metálica com dimensões de 115 x 25 x 10 mm, com uma carga de 12 toneladas. Foram feitas 5 amostras para cada composição e todas elas foram queimadas a 900 °C numa taxa de aquecimento de 3 °C/min permanecendo por 180 min na temperatura patamar. O resfriamento foi feito por convecção natural, e as propriedades verificadas foram o índice de absorção de água, porosidade aparente, retração linear de queima e resistência mecânica à flexão. Todas as medidas foram feitas com o uso de um paquímetro digital com resolução de  $\pm 0,01$  mm. A pesagem foi feita com balança digital da marca Shimadzu, modelo S3000, com precisão de  $\pm 0,01$  g.

O índice de absorção de água e a porosidade aparente dos corpos-de-prova foram determinados de acordo com a norma NBR 15270-2:2017<sup>(9)</sup>. A retração linear de queima (em %) foi determinada para verificar a variação dimensional ocorrida nos corpos-de-prova desde sua conformação mecânica até o término da queima. O comprimento após a secagem e antes da queima e o comprimento após a queima foram determinados com o uso de um paquímetro digital com resolução de  $\pm 0,01$  mm. O ensaio para determinar a tensão de ruptura à flexão foi feito para se ter um indicativo da resistência mecânica das peças cerâmicas, e foi baseado na norma ASTM C674:2018<sup>(10)</sup>. A carga a ser aplicada pelo cutelo superior foi submetida com velocidade de 1 mm/min e a distância entre os cutelos de apoio foi de 90 mm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de absorção de água e a porosidade aparente de peças cerâmicas estão intimamente associadas à formação de poros abertos na matriz argilosa, e foram mostradas na Figura 2.

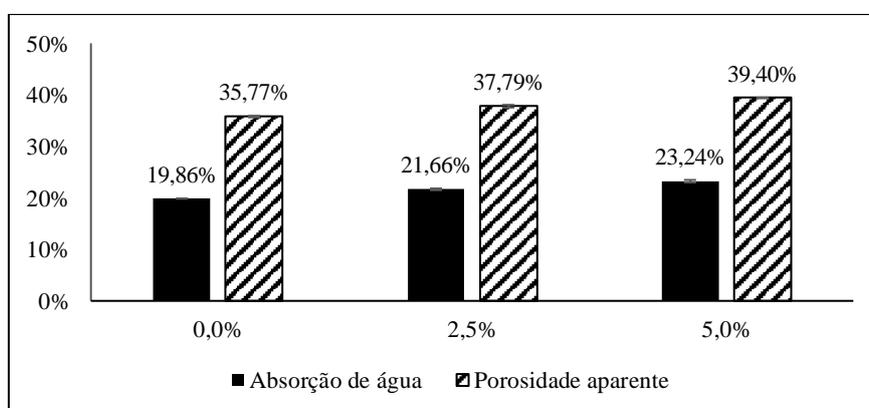


Figura 2: Índice de absorção de água e porosidade aparente das amostras cerâmicas.

Quando os corpos-de-prova foram feitos com 2,5% de resíduo, o índice de absorção de água aumentou de 19,86% para 21,66% (aumento relativo de 9,10%), e para a quantidade de 5,0% de GC's incorporadas, esse valor subiu para 23,24% (aumento relativo de 17,01%). Delaqua *et al.*<sup>(11)</sup> mostrou que a absorção de água para amostras cerâmicas com 2,5% de GC's incorporadas em forma de pó foi de 20,4%, e para 5,0% de GC's, o valor subiu para 22,5%, aproximadamente. Esses valores estão coerentes com os obtidos nesta pesquisa durante os experimentos realizados. A ABNT NBR 15270-1:2017<sup>(12)</sup> especificou que o índice de absorção de água para blocos cerâmicos com furos horizontais ou maciços pode variar na faixa de 8-25%. Logo, todas as amostras utilizadas atenderam a este requisito. O aumento do índice de absorção de água com o acréscimo de resíduo de cigarros pode ser explicado por dois fatores: o primeiro diz respeito à combustão do acetato de celulose contido nos filtros do cigarro durante a sinterização das amostras<sup>(13)</sup>. O segundo motivo está relacionado à liberação de gases durante a queima, aumentando a porosidade aparente.

Quanto à densidade dos corpos-de-prova (Figura 3), os valores foram definidos de forma dimensional através da razão entre a massa da amostra queimada e seu volume. Para as amostras sem resíduo, o valor médio da densidade foi de 1,765 g/cm<sup>3</sup>. Para as amostras com 2,5% de GC's incorporadas, a densidade reduziu para 1,700 g/cm<sup>3</sup>. Já as amostras com 5,0% de GC's incorporados, o valor da densidade foi de 1,657 g/cm<sup>3</sup>. Logo, o aumento da quantidade de resíduo fez com que a densidade reduzisse. Isto ocorreu devido à criação de poros fechados nas amostras cerâmicas, em função da combustão do material orgânico contido no resíduo de cigarro. As principais vantagens obtidas com a redução da densidade são a possibilidade de

fabricação de produtos finais mais leves, otimizando seu transporte, e a redução da condutividade térmica do material.

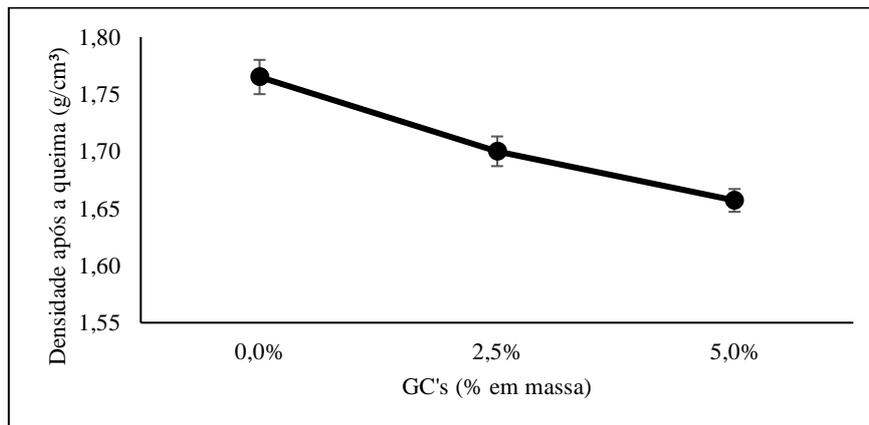


Figura 3: Densidade das amostras após a queima.

Os valores médios obtidos para a retração linear de queima (Figura 4) foram de 1,33%, 1,35% e 1,39% para as composições de 0%, 2,5% e 5,0% de GC's, respectivamente. O aumento da quantidade de resíduo incorporado não implicou em grandes variações dimensionais das amostras durante a queima. Os resultados foram análogos aos obtidos por Mohajerani *et al.*<sup>(14)</sup>, porém com menores valores, o que pode estar associado ao pré-tratamento mecânico de trituração do resíduo. Segundos os autores, essa propriedade depende dos argilominerais presentes na matéria-prima e da proporção das argilas utilizadas na massa argilosa. Segundo Delaqua *et al.*<sup>(11)</sup>, os produtos finais cerâmicos toleram uma retração linear de queima entre 1-2% e o seu aumento com o uso das GC's pode estar associado à combustão do material orgânico contido no resíduo, reduzindo assim as dimensões da amostra.

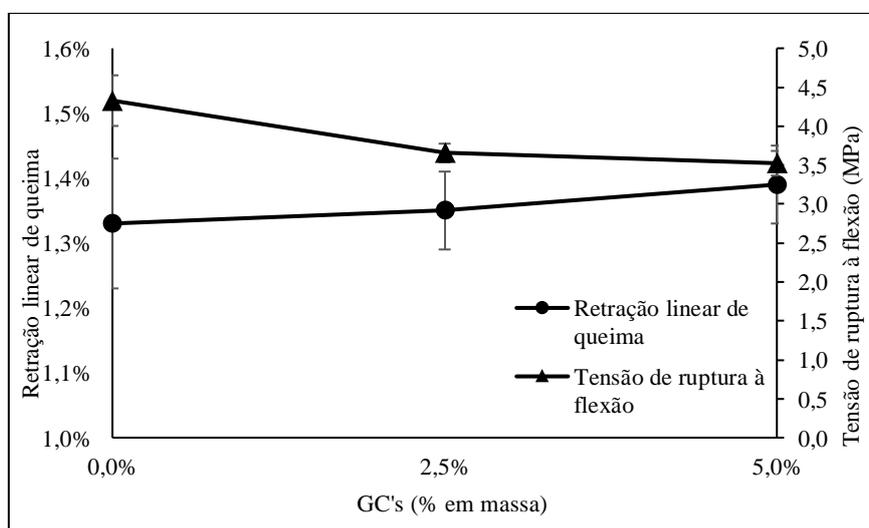


Figura 4: Retração linear de queima e tensão de ruptura à flexão das amostras cerâmicas.

Os valores médios de tensão de ruptura à flexão (Figura 4) foram de 4,33 MPa, 3,66 MPa e 3,52 MPa para as amostras com 0,0%, 2,5% e 5,0% de GC's incorporadas, respectivamente. O aumento da quantidade de resíduo incorporado fez que com que a resistência mecânica reduzisse em até 18,7%. Kadir *et al.*<sup>(15)</sup> obtiveram valores de 2,48 MPa e 2,40 MPa para a resistência à flexão de amostras com 2,5% e 5,0% de GC's incorporadas em matriz argilosa. Quando o resíduo está numa forma mais reduzida, isso faz com que os poros gerados sejam

menores, e isso pode ser a razão da diferença entre os valores obtidos nos dois trabalhos. Corredor *et al.*<sup>(16)</sup> realizaram testes de resistência à flexão em corpos-de-prova com 2,5% de GC's trituradas e incorporadas em cerâmica vermelha. Conforme mostrado pelos autores, a resistência à flexão apresentou uma queda de 62% (3,39 MPa para 1,28 MPa) comparando as taxas de incorporação de 0% e 2,5% em massa de GC's. A redução observada nesta propriedade está associada à formação de poros obtidas pela degradação do material orgânico do resíduo<sup>(15)</sup>.

## CONCLUSÕES

Este trabalho analisou o efeito da incorporação de pontas de cigarro nas propriedades tecnológicas de peças de cerâmica vermelha tradicional, utilizando argilas típicas para confecção de tijolos. Foi possível observar que a incorporação do resíduo de ponta de cigarro em maiores quantidades tende a aumentar a absorção d'água e reduzir a resistência mecânica das cerâmicas queimadas. Entretanto, em pequenas quantidades, essas propriedades permaneceram praticamente inalteradas. A taxa de incorporação de 5,0% de GC's nas amostras fez com que o índice de absorção de água aumentasse de 19,86% para 23,24% devido à criação de poros na matriz cerâmica. Ainda assim, os valores se mantiveram dentro dos limites estabelecidos para confecção de blocos cerâmicos com furos horizontais ou maciços. As emissões gasosas durante a queima fizeram com que a porosidade aparente aumentasse. A retração linear de queima sofreu pequenas alterações, e o maior valor foi de 1,39%, atendendo aos critérios brasileiros. A tensão de ruptura à flexão reduziu em 18,7%, porém os valores apresentados foram maiores do que obtidos por outros autores, e isso pode estar relacionado ao melhor empacotamento do resíduo em função da sua trituração prévia. Dessa forma, os resultados deste trabalho indicaram que a incorporação desse resíduo em cerâmica vermelha é viável em quantidades de até 5% em massa, sendo uma alternativa econômica e sustentável para a disposição final desse resíduo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, proc. Nº. 301634/2018.1, e à FAPERJ, proc. Nº. E-26/200.847/2021 pelo apoio prestado à esta investigação.

## REFERÊNCIAS

1. ABNT NBR ISO 3308. ABNT NBR ISO 3308. Análise de rotina de cigarros em máquina de fumar — Definições e condições-padrão. . 16 maio 2014.
2. KURMUS, H.; MOHAJERANI, A. The toxicity and valorization options of cigarette butts. *Waste Management*, v. 104, p. 104–118, mar. 2020.
3. CURTIS, C. et al. Tobacco industry responsibility for butts: a Model Tobacco Waste Act. *Tobacco Control*, v. 26, n. 1, p. 113–117, jan. 2017.
4. CHEVALIER, Q. et al. Nano-litter from cigarette butts: Environmental implications and urgent consideration. *Chemosphere*, v. 194, p. 125–130, mar. 2018.
5. NATIONAL GEOGRAPHIC, N. G. Cigarette butts are toxic plastic pollution. Should they be banned? Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/cigarettes-story-of-plastic>>. Acesso em: 11 set. 2021.
6. ALVES, J. L. F. et al. Thermo-kinetic investigation of the multi-step pyrolysis of smoked cigarette butts towards its energy recovery potential. *Biomass Conversion and Biorefinery*, v. 12, n. 3, p. 741–755, mar. 2022.
7. DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production: A review. 3. v. 13, 1997.

8. YUAN, Q. Possible Recycling Options of Waste Materials in Manufacturing Ceramic Tiles. *International Journal of GEOMATE*, v. 20, n. 78, 1 fev. 2021.
9. ABNT NBR 15270-2. ABNT NBR 15270-2. Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria Parte 2: Métodos de ensaios. . 29 nov. 2017.
10. ASTM C674. ASTM C674. Standard Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. . 2018.
11. DELAQUA, G. C. G. et al. Recycling potential of powdered cigarette waste in the development of ceramic materials. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 22, n. 5, p. 1672–1681, set. 2020.
12. ABNT NBR 15270-1. Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos. . 29 nov. 2017.
13. TORKASHVAND, J.; FARZADKIA, M. A systematic review on cigarette butt management as a hazardous waste and prevalent litter: control and recycling. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, n. 12, p. 11618–11630, abr. 2019.
14. MOHAJERANI, A.; KADIR, A. A.; LAROBINA, L. A practical proposal for solving the world's cigarette butt problem: Recycling in fired clay bricks. *Waste Management*, v. 52, p. 228–244, jun. 2016.
15. KADIR, A. A. et al. Density, Strength, Thermal Conductivity and Leachate Characteristics of Light-Weight Fired Clay Bricks Incorporating Cigarette Butts. v. 3, n. 5, p. 6, 2009.
16. CORREDOR, K.; GUZMÁN, Á.; TORRES, N. Factibilidad en la fabricación de ladrillos no estructurales, a partir del reciclaje de las colillas de cigarrillo *Practicability in the manufacture of non-structural bricks, from the recycling of cigarette butts*. v. 35, p. 14, 2020.

## **EFFECT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CIGARETTE BUTTS WASTE INCORPORATION IN CERAMIC CLAY MASS**

### **ABSTRACT**

*Cigarette butts (CBs) are one of the most common residue source around the world and the total urban waste amount of disposed CBs can be compared to plastics. This represents a severe environmental issue since these materials contains toxic substances and can last very long periods of time before it disappear. However, the incorporation of solid waste in clay ceramic is a good environmentally friendly alternative that usually provides enhanced properties along with a more sustainable final destination. This work aimed the study the effect on the physic and mechanical characteristics of burnt clay ceramic incorporated with CBs. The clay mass used on this study was obtained from a deposit in São Roque do Canaã – ES, and the CBs waste were collected in special stands on Campos dos Goytacazes city. The clay was dried at 110 °C and sifted sieved with steel sieve with 0.355 mm opening and samples were made with uniaxial pressure in a metallic mold with 0, 2.5 and 5 % wt of CBs incorporated on the clay and burnt at 900 °C. The samples properties of water absorption, apparent porosity, density, shrinkage after burnt and flexural strength were obtained. The results have shown an increase, however, still within standards limits in water absorption from 19.86% to 23.24% with the 5% incorporation of residue and a density reduction form up to 7.2% (varying from 1.785 g/cm<sup>3</sup> to 1.657 g/cm<sup>3</sup>). The greater shrinkage observed was from 1.39% on the 5 %wt incorporated samples. However, the flexural strength was reduced of less than 1 MPa (4.33 MPa to 3.52 MPa). The results shown that the incorporation of CBs residue in amounts from up to 5 %wt can potentially reduce the final weight of the clay burnt body without a great loss in mechanical strength. This represents a significant nobler solution to the disposal of this material.*

**Keywords:** *clay ceramic, solid waste incorporation, cigarette butts.*