

# INCORPORAÇÃO DE PÓ DE CAREPA PROVENIENTE DA LAMINAÇÃO A QUENTE EM CERÂMICA VERMELHA

\*

Geovana Carla Girondi Delaqua<sup>1</sup>  
Henrique Lopes Júnior<sup>2</sup>  
Lucas Fonseca Amaral<sup>3</sup>  
Sérgio Neves Monteiro<sup>4</sup>  
Carlos Maurício Fontes Vieira<sup>5</sup>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo utilizar a carepa, resíduo siderúrgico gerado em grandes proporções, como matéria-prima para indústria de cerâmica vermelha. Foram utilizadas como matérias-primas uma massa argilosa com 25% de argila vermelha de Itaboraí e 75% de argila amarela de Campos dos Goytacazes e o pó de carepa proveniente da laminação a quente, coletado na usina ArcelorMittal Tubarão. A carepa foi adicionada à argila em percentuais de 0, 2,5, 5, 10 e 20% em peso. Posteriormente, corpos-de-prova foram produzidos por meio de prensagem uniaxial a 33,78 MPa e sinterizados a 850 °C. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram: densidade relativa a seco, retração linear de queima, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Os resultados demonstraram que o resíduo altera as propriedades da cerâmica vermelha propiciando melhorias nas propriedades físicas e mecânicas.

**Palavras-chave:** Carepa; Reaproveitamento de resíduo; Cerâmica vermelha

## INCORPORATION OF MILL SCALE POWDER IN RED CLAYEY CERAMIC

### Abstract

This work aims to use mill scale, steel residue generated in large proportions at hot lamination step, as raw material for the red clayey ceramic industry. A clayey body with 25% of red Itaboraí clay and 75% of yellow clay of Campos dos Goytacazes was used as raw materials, and the mill scale powder collected at ArcelorMittal Tubarão industry. The residue was added to the clay in percentages of 0, 2.5, 5, 10 and 20% by weight. Subsequently, specimens were produced by uniaxial pressing at 33.78 MPa and sintered at 850 °C. The physical and mechanical properties evaluated were: relative dry density, linear shrinkage, water absorption and rupture bending stress. The results showed that the residue changes the properties of red ceramics, improving physical and mechanical properties.

**Keywords:** Mill scale; waste incorporation; red clayey ceramic.

<sup>1</sup> *Bióloga, Mestre, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Metalurgia e Materiais, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Industrial Madeireiro, Mestre, Doutorando, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Doutor, Professor, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil*

<sup>5</sup> *Engenheiro Mecânico, Mestre, Doutor, Professor, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos provenientes das atividades humanas e industriais vêm aumentando de forma significativa em quantidade no decorrer dos anos. O crescimento populacional que implica no aumento da demanda por produção vindo das indústrias é o ponto chave para esse crescimento. Desta forma os avanços em tecnologia e produtividade industrial são acompanhados por um grande volume de resíduos gerados, não só industrialmente, mas também de natureza doméstica.

O aço é a liga metálica mais produzida e utilizada no mundo e a indústria siderúrgica devido ao seu grande porte e produtividade é uma grande geradora de resíduos. Dentre os resíduos gerados pelas siderúrgicas pode-se destacar: lamas, pós e carepa. Dependendo do tipo e composição química de cada resíduo desses gerado, eles podem retornar ao processo, sofrendo pré-tratamentos ou não, podem ser destinados a aterros sanitários ou podem ser comercializados como matéria-prima para outros ramos industriais<sup>(1)</sup>.

A carepa é um resíduo formado nas etapas finais do processo siderúrgico, e sua geração é de 245 mil toneladas por ano no Brasil. Grande parte dessa quantidade é reaproveitada no processo siderúrgico, porém uma parte é descartada. Este resíduo é constituído basicamente por óxidos de ferro e ferro metálico, sendo assim uma interessante fonte desse metal<sup>(2)</sup>.

O pó de carepa vem sendo estudado por diversos autores<sup>(3,4,5,6,7,8,9)</sup> como matéria prima utilizada em diferentes segmentos.

A cerâmica vermelha se apresenta como um setor da indústria que mais tem utilizado resíduos industriais atualmente em seu processamento. Isto é benéfico, uma vez que os impactos ao meio ambiente podem ser minimizados, com a utilização de resíduos como matéria-prima em substituição a outros materiais.

Desta forma este trabalho tem como objetivo a incorporação da carepa em diferentes percentuais para analisar sua influência em propriedades tecnológicas da cerâmica vermelha, numa região considerada promissora para este setor.

## 2. MATERIAIS E METODOS

### 2.1. Materiais

Para a realização desse trabalho foram utilizados como matérias-primas o resíduo de pó de carepa proveniente do processo de laminação de tiras a quente (LTQ) da usina siderúrgica ArcelorMittal Tubarão e uma massa argilosa contendo 25% de argila vermelha e 75% de argila amarela.

A argila vermelha é proveniente de Itaboraí - RJ e a amarela de Campos dos Goytacazes - RJ, ambas foram cedidas pela empresa Arte Cerâmica Sardinha localizada no município de Campos dos Goytacazes. O resíduo de pó de carepa foi coletado no pátio de carepa seca (dry bed) na Estação de Tratamento de Água(ETA) do LTQ na ArcelorMittal.

#### 2.1.1. Caracterização das matérias-primas

O ensaio de plasticidade foi realizado de acordo com o método de Atterberg seguindo as normas da ABNT NBR-7180<sup>(12,13)</sup>.

A análise química foi realizada por meio do método de fluorescência de raios-X no equipamento da marca Unicam modelo Solar 969, de forma a computar os principais elementos, em forma de óxidos, presentes nas matérias-primas.

Para a determinação da densidade real dos grãos, as amostras das matérias-primas foram submetidas aos ensaios em conformidade com as normas NBR 6508<sup>10</sup> e NBR 6457<sup>11</sup>.

### 2.1.2. Preparação das formulações

Foram elaboradas cinco composições com incorporação do resíduo em massa argilosa nos seguintes percentuais: 0; 2,5; 5; 10 e 20% em peso, conforme representado na Tabela 1. A massa argilosa e o resíduo de carepa foram peneirados em 20 mesh e posteriormente as composições foram homogeneizadas a seco em um moinho de bolas durante 20 minutos.

Tabela 1. Formulações das massas cerâmicas.

Formulações	Composições	
	Massa Argilosa (%)	Carepa (%)
RC0	100	0
RC2,5	97,5	2,5
RC5	95	5
RC10	90	10
RC20	80	20

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Conformação das peças cerâmicas

As formulações foram umedecidas com 8% em peso de água, passadas novamente em peneira 20mesh e acondicionadas em sacos plásticos para uniformização da umidade. Foram preparados 10 (dez) corpos de prova para cada lote por prensagem uniaxial em prensa hidráulica, aplicando pressão de 33,78 MPa. A matriz utilizada neste processo foi uma matriz retangular (114,3 x 25,4 x 10mm) e pistões de aço. Após, os corpos de prova confeccionados foram secos em estufa à 110°C até peso constante.

Posteriormente, os corpos de prova foram sinterizados na temperatura de 850°C em forno laboratorial tipo mufla da Maitec, modelo FL 1300. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 5°C/min, até atingir a temperatura de patamar, mantida por 180 min. O resfriamento foi realizado por uma taxa de 5°C/min, até atingir a temperatura ambiente.

### 2.2.2. Avaliação das propriedades

A densidade relativa aparente foi medida por meio da relação entre a densidade aparente dos corpos de prova e a densidade real média dos grãos que compõem a massa cerâmica, de forma a obter a densidade de empacotamento das peças.

A retração linear das peças queimadas (RL) foi determinada de acordo com a norma por meio da Equação 1:

$$R_{Lq} (\%) = \frac{(L_s - L_q)}{L_s} 100 \quad (1)$$

Onde  $L_s$  representa o comprimento do corpo de prova após conformação e secagem e  $L_q$  representa o comprimento do corpo de prova após queima.

O ensaio de absorção de água (AA) foi realizado de acordo com a norma ASTM C373-72<sup>(14)</sup>. Neste ensaio, os corpos de prova queimados foram pesados, e em seguida foram colocados em um recipiente com água fervente, onde foram mantidos por 2 horas. Em seguida, a água superficial de cada peça foi retirada e registrou-se a massa dos corpos de prova. Os valores foram calculados por meio da Equação 2:

$$AA(\%) = \frac{(P_u - P_s)}{P_s} 100 \quad (2)$$

O ensaio de tensão de ruptura à flexão em três pontos ( $\sigma$ ) foi realizado de acordo com a norma ASTM C674-77<sup>(15)</sup>. A carga aplicada pelo cutelo superior tem velocidade de 1mm/min e a distância entre os cutelos de apoio é de 90 mm. A tensão foi calculada com auxílio da Equação 3:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

Onde  $\sigma$  é a tensão de ruptura à flexão (MPa);  $P$  é a carga aplicada no corpo de prova no momento da ruptura (N);  $L$  é a distância entre os cutelos de apoio (mm);  $b$  é a largura do corpo de prova (mm); e  $d$  é a espessura do corpo de prova (mm).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Caracterização das matérias-primas

Na Tabela 2 está representada a composição química das argilas vermelha de Itaboraí e amarela de Campos dos Goytacazes. Observa-se uma pequena diferença na composição entre argilas. O óxido predominante em ambas é o  $\text{SiO}_2$ , este óxido está presente formando a estrutura cristalina dos diversos minerais que compõem as argilas, e também, como o próprio mineral quartzo que é naturalmente encontrado nas argilas como mineral acessório. Devido ao seu alto ponto de fusão, o quartzo pouco contribui para a sinterização durante a queima da cerâmica vermelha. De outra forma ele pode ser prejudicial à resistência mecânica, devido às transformações alotrópicas que acontecem durante o tratamento térmico, capazes de gerarem trincas na peça<sup>(16)</sup>. Por não atuar como componente efetivo no processo de sinterização o quartzo tende a influenciar negativamente na resistência mecânica. Em contrapartida, pode atuar como material de preenchimento de forma a reduzir a porosidade das peças<sup>(17)</sup>.

O segundo óxido com maior predominância é o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que em conjunto com outros óxidos forma o argilomineral predominante nessas argilas, a caulinita. Esse argilomineral sofre transformações que contribuem para mudanças na densificação do material<sup>(18)</sup>. A presença de argilominerais está relacionada à perda ao fogo (PF) que é detectada durante o aquecimento pela eliminação de água de constituição, de matéria orgânica, quando presentes, e de carbonatos e sulfatos, devido à decomposição durante o aquecimento<sup>(17)</sup>. Observa-se valores de PF semelhantes entre as argilas que compõem a massa cerâmica, podendo inferir que os teores de argilominerais também são semelhantes. A presença de óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) é desejável, uma vez que contribui para formação de fase líquida, por meio da reação eutética, permitindo a densificação do material. Nota-se um percentual adequado de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  capaz de conferir coloração avermelhada após a sinterização. Além disso, baixos teores de carbonatos ( $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ ) são observados

Tabela 2 - Composição química das argilas vermelha de Itaboraí e amarela de Campos dos Goytacazes (% em peso)

Componente	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PF*
<b>Argila Vermelha</b>	26,53	0,05	8,6	0,81	028	<0,05	<0,05	0,12	52,72	1,18	9,63
<b>Argila Amarela</b>	23,76	0,33	9,00	1,92	0,99	<0,05	0,50	0,14	53,58	1,14	8,60

\*PF – Perda ao fogo.

A Tabela 3 apresenta a composição química do pó de carepa, que foi disponibilizada pelo laboratório da aciaria da usina siderúrgica ArcelorMittal Tubarão em Serra - ES. Observa-se uma composição coerente com a apresentada por UMADEVI et al. (2012)<sup>(5)</sup>, que diz que o teor total de ferro deve se encontrar na faixa de 65-70%. Em termos de preponderância do óxido de ferro observa-se uma concordância com IDT (2006)<sup>(19)</sup>, uma vez que o óxido FeO é encontrado em maior quantidade.

A quantidade de óleo na carepa fornecida pelo laboratório da coqueria da ArcelorMittal Tubarão, foi em torno de 0,71%. Este valor está de acordo com Martín et al. (2012)<sup>(2)</sup>, que relata que normalmente a carepa apresenta entre 0,1 e 2% de óleo.

Tabela 3 - Composição química do pó de carepa (% em peso).

Componente	Carepa (%)	Componente	Carepa (%)
<b>FeTotal</b>	71,92	<b>MgO</b>	0,169
<b>FeO</b>	60,16	<b>ZnO</b>	0,011
<b>FeMetálico</b>	6,21	<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,014
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5,55	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,356
<b>SiO<sub>2</sub></b>	1,776	<b>P</b>	0,04
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,606	<b>S</b>	0,029
<b>CaO</b>	1,854	<b>C</b>	0,698

## 3.2. Propriedades das massas formuladas

### 3.2.1. Plasticidade

A plasticidade da massa cerâmica é um parâmetro de grande interesse tecnológico por representar a quantidade de água necessária para que uma argila ou misturas delas alcance a consistência para ser conformada no estado plástico. O limite de plasticidade (LP) indica a quantidade de água mínima que a argila deve conter para ser conformada. O limite de liquidez (LL) indica a máxima quantidade de água que a argila ou massa cerâmica pode conter para ainda ser conformada. O índice de plasticidade (IP) representa a diferença entre o LL e LP, indicando a faixa de consistência plástica.

Na Figura 1 está representada a localização das composições, correspondentes à quantidade de resíduo, em um gráfico elaborado a partir dos limites de Atterberg que indica regiões de extrusão ótima e aceitável<sup>(20)</sup>. Observa-se que a argila pura apresenta-se fora da região de extrusão aceitável, o que indica que a massa argilosa é de alta plasticidade. Com adições de 2,5, 5, 10 e 20% de carepa ocorre uma diminuição no IP e no LP da massa cerâmica, movimentando a localização das formulações com 10 e 20% de carepa para região de extrusão aceitável, porém as de 2,5 e 5% ainda permaneceram fora dessa região. Dessa

forma, a tendência é que o aumento do teor de carepa incorporada à massa cerâmica tende a posicioná-la na região de extrusão ótima. Porém, nota-se ainda que com 20% de resíduo ela não é capaz de alcançar a extrusão ótima. Estes resultados reforçam que a massa argilosa utilizada possui alta plasticidade e que o resíduo atua como material não plástico que tende a ajustar a plasticidade da massa cerâmica. Isso se mostra benéfico quando o resíduo for adicionado à argila de excessiva plasticidade, onde poderá possibilitar melhora na conformação, pois reduzirá a quantidade necessária de água para extrusão.

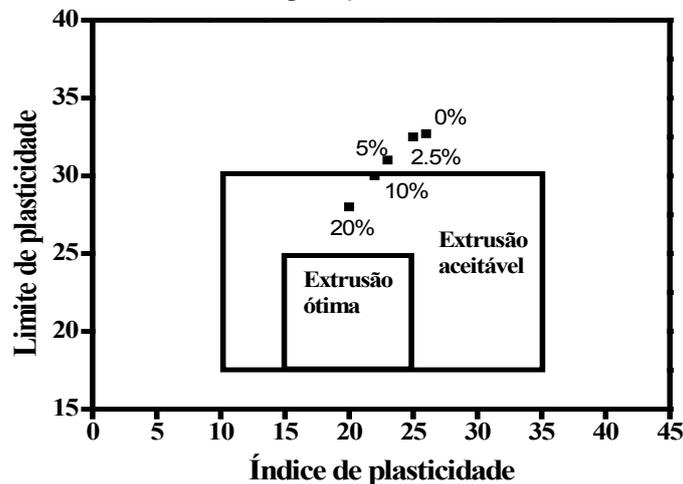


Figura 1. Prognóstico de extrusão das massas estudadas

### 3.2.2. Propriedades físicas e mecânicas das peças cerâmicas

Encontra-se na Tabela 4 os valores para densidade real dos grãos das matérias-primas empregadas neste trabalho. Considerando a densidade real dos grãos para massa cerâmica de  $2,76 \text{ g/cm}^3$  e para carepa de  $4,26 \text{ g/cm}^3$ , procedeu-se ao cálculo da densidade relativa dos corpos de prova, a fim de verificar a influência do resíduo na densidade de empacotamento das peças cerâmicas.

Na Figura 2 estão representados graficamente os resultados da densidade relativa a seco obtidas para as formulações em estudo. Observa-se que ocorreu aumento gradativo desta propriedade conforme se aumenta o teor de carepa incorporado. Isso demonstra que a incorporação deste resíduo alterou positivamente a densidade de empacotamento da massa cerâmica durante a prensagem dos corpos de prova, de forma a reduzir a porosidade e tornando o material mais denso.

Tabela 4. Densidade real dos grãos relativos às matérias-primas estudadas.

Matéria-prima	Densidade real dos grãos ( $\text{g/cm}^3$ )
Argila amarela	2,79
Argila Vermelha	2,68
Carepa <sup>21</sup>	4,26

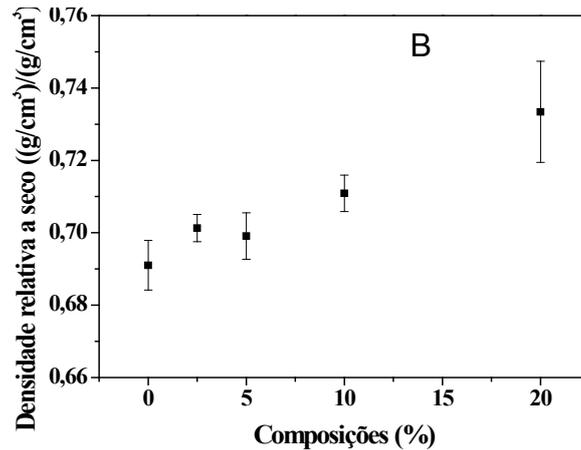


Figura 2. Densidade relativa a seco dos copos de prova com incorporação de resíduo.

Na Figura 3 estão representados graficamente os valores de retração linear das peças sinterizadas. Observa-se que com o aumento do teor de carepa incorporada há uma redução da retração linear de queima. Este efeito é consequência do fechamento da porosidade da peça cerâmica e possui correlação como grau de sinterização. Não obstante, esta propriedade também possui relação direta com o teor de argilominerais presentes na massa cerâmica, em que, devido à desidroxilação destes minerais com eventual perda de massa, consequentemente ocorrerá a retração da peça. Dessa forma, em razão do aumento no teor de resíduo incorporado, haverá redução proporcional no teor de argilominerais presentes na massa, conduzindo à menor retração de queima.

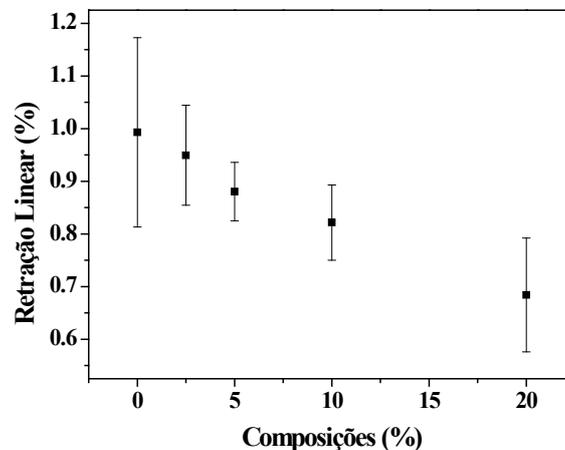


Figura 3. Retração linear das peças queimadas.

Na Figura 4 estão contidos os valores da absorção de água das peças queimadas em função do percentual de carepa adicionado. É possível notar a tendência de redução da absorção de água à medida que aumenta o teor de resíduo na massa cerâmica. Isso está relacionado com a diminuição da porosidade proporcionada pela melhor acomodação das partículas, e com consequente aumento da densidade relativa a seco.

É importante ressaltar que, todas as formulações atendem à norma técnica para telhas, segundo a norma NBR15310<sup>(22)</sup>, em que o limite máximo admissível deve ser de 20%. Para blocos de vedação, de acordo com a norma NBR15270-1<sup>(23)</sup>, a A.A. não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

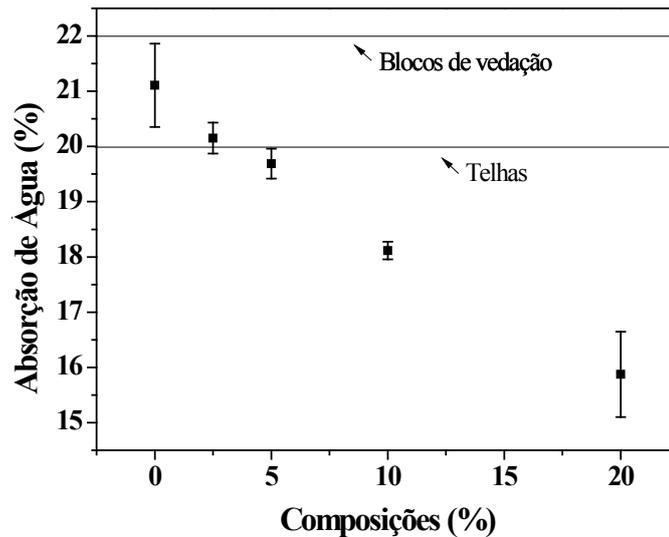


Figura 4. Absorção de água dos corpos de prova .

Na Figura 5 estão representados os valores de tensão de ruptura à flexão das peças cerâmicas em função do teor de resíduo incorporado. Verifica-se que a incorporação de carepa acarreta na tendência de aumento da resistência à flexão das peças contendo até 10% de resíduo. Esta tendência pode ser explicada devido à redução da porosidade verificada no ensaio de AA e densidade relativa à seco. Assim, quanto menor a porosidade mais pontos de contato há entre os grãos do material conduzindo ao aumento da resistência mecânica.

Observa-se também que todas as composições atingem os valores especificados nas normas para a fabricação de tijolos maciços de 2,0MPa e que nenhuma das composições atinge o valor especificado em norma para a fabricação de blocos cerâmicos de 5,5MPa, embora a formulação com 2,5% de carepa tenha situado próximo a este valor.

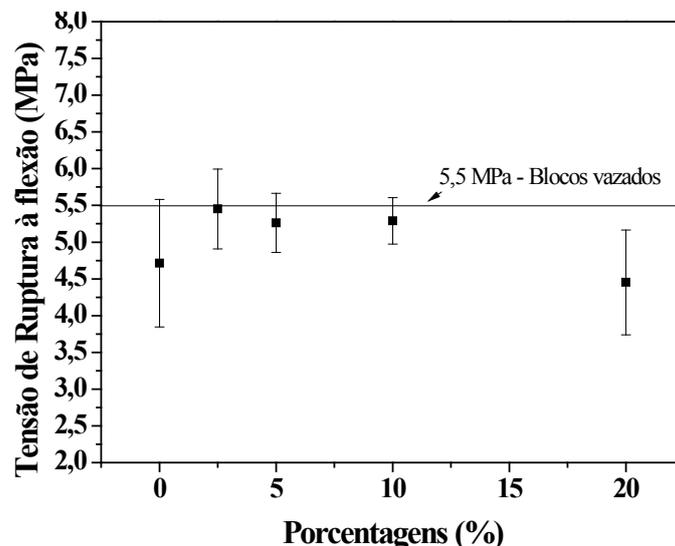


Figura 5. Tensão de ruptura à flexão dos corpos de prova com diferentes teores de resíduo incorporado.

#### 4. CONCLUSÃO

- A utilização do resíduo de carepa foi capaz de melhorar a trabalhabilidade/plasticidade da massa cerâmica, possibilitando um ajuste na etapa de conformação da cerâmica de forma a reduzir a quantidade de água necessária para extrusão;
- O aumento do teor de carepa adicionado possibilitou o aumento da densidade de empacotamento das peças, e também atuou de reduzindo a retração linear de queima;
- O resíduo contribui para a redução da absorção de água da argila e aumento da resistência mecânica, propiciando valores que se enquadram dentro do estabelecido pelas normas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ArteCerâmica Sardinha, à Usina siderúrgica ArcelorMittal Tubarão, à CAPES e FAPERJ.

#### 6. REFERÊNCIAS

- 1 LOBATO, N. C. C. Gerenciamento de resíduos sólidos da indústria siderúrgica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, de Materiais e Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- 2 MARTÍN, M. I.; LÓPEZ, F. A.; TORRALBA, J. M. Production of sponge iron powder by reduction of rolling mill scale. *Ironmaking and Steelmaking*, v. 39, n. 3, p. 155-162. 2012.
- 3 CUNHA, A. F.; MOL, M. P. G.; MARTINS, M. E.; ASSIS, P. S. Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 59, n. 1, p. 111-116, jan./mar. 2008.
- 4 LEGODI, M. A.; WAAL, D. The preparation of magnetite, goethite, hematite and maghemite of pigment quality from mill scale iron waste. *Dyes and Pigments*, v. 74, p. 161-168. 2007.
- 5 UMADEVI, T; BRAHMACHARYULU, A.; KARTHIC, P.; MAHAPATRA, P.C.; PRABHU, M.; RANJAN, M. Recycling of steel plant mill scale via iron ore sintering plant. *Ironmaking and Steelmaking*, v. 39, n. 3, p. 222-227. 2012.
- 6 EL-HUSSINY, N. A.; MOHAMED, F. M.; SHALABI, M. E. H. Recycling of mill scale in sintering process. *Science of Sintering*, v. 43, p. 21-31. 2011.
- 7 BAGATINI, M. C. Estudo da reciclagem da carepa através de briquetes autorredutores para uso em forno elétrico a arco. 2011. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre.
- 8 BAHGAT, M.; PAEK, M.; PAK, J. Utilization of mill scale and recycled MoO<sub>3</sub> from spent acid for economic synthesis of nanocrystalline intermetallic Fe–Mo alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 477, p. 445-449. 2009.
- 9 DELLA, V. P. Síntese do pigmento cerâmico de hematita, obtida a partir de carepa de aço, encapsulada em sílica amorfa obtida a partir da casca de arroz. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- 10 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Grãos de solo que passam na peneira 4,8mm: determinação da massa específica. Método de ensaio: NBR 6508, 1984.

- 11 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: NBR 6457, 2016.
- 12 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação do Limite de Plasticidade, NBR 7180, 1884.
- 13 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação do Limite de Liquidez, NBR 7180, 1884.
- 14 ASTM - American Society for Testing and Materials. Test method for water absorption, bulk density, apparent porosity and apparent specific gravity of fired whiteware products. C373-72, 1977.
- 15 ASTM - American Society for Testing and Materials. Flexural properties of ceramic whiteware Materials. C674-77, 1977.
- 16 BRAGANÇA, S.R.; LENGLER, H.C.M.; BERGMANN, C.P. Análise da reação sílica-feldspato e sua influência nas propriedades de materiais cerâmicos. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC, 2001.
- 17 SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1989. 408.91p.
- 18 GONZALEZ, J. A.; CARRERAS, A. C.; RUIZ, M. C. Phase transformations in clay and kaolins produced by thermal treatment in chlorine and air atmospheres. Latin American Applied Research, v. 37, p. 133-139, 2007.
- 19 IDT - Departamento de produção de tiras a quente. ITT - Divisão de controle técnico do laminador de tiras a quente. Manual de diagnóstico de desvio de processo por ocorrência de carepa terciária. Dez. 2006.
- 20 MARSIGLI, M.; DONDI, M. Plasticità delle argille italiane per laterizi e previsione del loro comportamento in foggiatuall. L'Industria dei Laterizi, v.46, PP. 214-222, 1997.
- 21 Pereira, Verney e Lenz (2011).
- 22 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaios, NBR 15310, 2005.
- 23 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos, NBR 15270-1, 2005.