

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE VIDRO RECICLADO NA SINTERABILIDADE DE ARGILA

K. Strecker, F. T. Ferreira, R. C. Godoy
Praça Frei Orlando, 190, CEP 36307-352 São João del Rei – MG, strecker@ufsj.edu.br
Departamento de Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ

RESUMO

Nesse trabalho estudou-se a influência da adição de 10 e 20% de pó de vidro a duas argilas de Minas Novas, no intuito de compensar o baixo teor de fundentes. Com as argilas, ("Coqueiro do Campo – CCC" e "Olaria de Minas Novas - LG") foram confeccionados corpos de prova sem e com adição de pó de vidro por prensagem uniaxial. As amostras foram queimadas a 900, 1000, 1100 e 1200 °C durante 40 min. Determinou-se a retração linear, a absorção de água, a porosidade aparente, a densidade aparente, a perda ao fogo e a resistência mecânica. Com a adição de vidro a resistência da argila LG aumentou significativamente em 25% e 70%, com 10% e 20% de adição de vidro. No caso da argila CCC a resistência aumentou 66% e 135%. Também foi observada uma grande diminuição da porosidade e da absorção de água.

Palavras-chave: argila, cerâmica artística, queima, pó de vidro, sinterabilidade

INTRODUÇÃO

Na região de Minas Novas, ao norte de Minas Gerais, a cerâmica passou a ser opção para a indução de atividade geradora de emprego e renda. Seja para iniciar a atividade onde inexistia ou para reativação de atividades anteriores (artesanato de cerâmica onde se encontram olarias desativadas, por exemplo), geralmente em comunidades carentes. Entretanto, para que se alcance confiabilidade e qualidade do produto cerâmico, se torna necessário investigar e caracterizar as propriedades de argilas promissoras na região.

No intuito de compensar o baixo teor de fundentes das argilas da região de Minas Novas, buscou-se uma fonte alternativa e acessível aos artesãos. Investigou-se a adição de pó de vidro, que contém óxidos fundentes (Na_2O , K_2O , CaO e MgO) na ordem de 20% em massa. No mais, vidro pode ser encontrado com

facilidade na forma de garrafas e embalagens de alimentos, praticamente sem custo adicional. Optou-se por estudar a influência de uma adição de 10 e 20% de pó de vidro nas argilas “Coqueiro do Campo, preto claro” – CCC e “Olaria de Minas Novas – LG”.

O pó de vidro foi obtido moendo-se garrafas e copos de vidro branco a seco e classificando o pó em peneira de malha 100. O pó foi adicionado à argila em proporções de 10 e 20% da massa. A partir dessas misturas foram preparados corpos de prova por prensagem uniaxial e queimados em forno elétrico nas temperaturas de 900, 1000, 1100 e 1200°C. Os materiais obtidos foram caracterizados em termos de retração linear, absorção de água, porosidade e resistência mecânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

As argilas utilizadas no preparo das misturas foram coletadas na região de Minas Novas – MG. O pó de vidro foi obtido através de moagem e classificação de vidro incolor de embalagem. A Tabela 1 apresenta os resultados de análise química por espectrometria de fluorescência de raios X.

Tabela 1: Análise química das argilas LG e CCC, e do Vidro

| | LG [%-massa] | CCC [%-massa] | Vidro [%-massa] |
|--------------------------------|--------------|---------------|-----------------|
| SiO ₂ | 61,90 | 63,00 | 72,17 |
| Al ₂ O ₃ | 33,28 | 30,77 | 2,12 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,18 | 1,50 | 0,08 |
| TiO ₂ | 1,78 | 1,03 | 0,06 |
| Cão | 0,03 | 0,07 | 9,77 |
| MgO | 0,07 | 0,43 | 0,31 |
| Na ₂ O | 0,00 | 0,46 | 15,27 |
| K ₂ O | 0,32 | 2,58 | 0,11 |
| MnO | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| P ₂ O ₅ | 0,04 | 0,02 | 0,01 |

As argilas foram desagregadas e secas ao ar. Torrões de no máximo de 3cm foram quebradas em moinho de martelos e moídas em moinho de bolas durante meia hora. As argilas foram passadas em peneira de MESH 100 para moldagem do corpo de prova. Para a obtenção do pó de vidro foram usadas garrafas de vidro incolor. O vidro foi quebrado manualmente e os cacos moídos em moinho de bolas.

O pó obtido foi passado em peneira de Mesh 100. As misturas de argila e pó de vidro foram feitas novamente em moinho de bolas a seco. Corpos de prova foram obtidos por prensagem uniaxial em prensa hidráulica em uma matriz de aço de 70x20mm sob pressão de 200kg/cm². Foram investigadas seis composições de amostras: as argilas puras, LG e CCC, e misturas das argilas com adições de 10 e 20% em peso de pó de vidro, respectivamente. Para cada composição e condição de queima foram preparados 10 corpos de prova, totalizando 240 amostras.

Os corpos de prova foram queimados em forno elétrico nas temperaturas de 900°C, 1000°C, 1100°C e 1200°C usando taxa de aquecimento de 3°C/min e patamar de 40 minutos na temperatura final de queima com resfriamento dentro do forno. Os materiais obtidos foram caracterizados através dos seguintes parâmetros [1-3]:

- ✓ Retração linear (%): variação das dimensões lineares após queima em cada uma das temperaturas.

$$RL(\%) = \frac{L_0 - L_f}{L_0} \times 100 \quad (\text{A})$$

Onde: L_0 = comprimento inicial e L_f = comprimento final.

- ✓ Absorção de água (%): massa de água absorvida em relação à massa total do corpo.

$$AA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (\text{B})$$

Onde: P_u = peso úmido e P_s = Peso seco

- ✓ Porosidade aparente (%): volume aparente de poros em relação ao volume total do corpo.

$$PA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_i} \times 100 \quad (\text{C})$$

Onde: P_i = peso imerso

- ✓ Perda ao fogo (%): perda de massa na queima em relação à massa do corpo seco antes da queima.

$$PF(\%) = \frac{P_{so} - P_{st}}{P_{so}} \times 100 \quad (E)$$

Onde: P_{so} = peso seco antes da queima e P_{st} = peso seco após queima.

- ✓ Tensão de ruptura à flexão (MPa): é um indicador quantitativo da resistência mecânica das argilas depois de queimada nas diversas temperaturas. Foi medida a força de ruptura quebrando os corpos com uma carga crescente, na máquina EMIC DL 500, segundo a Norma ASTM C 674 – 88 [4].

$$\sigma_r(\text{MPa}) = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (F)$$

Onde: P = força de ruptura (N), b = largura do corpo de prova (mm), L = distância entre os apoios (50 mm) e h = altura do corpo de prova (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra fotos dos corpos de prova após queima.

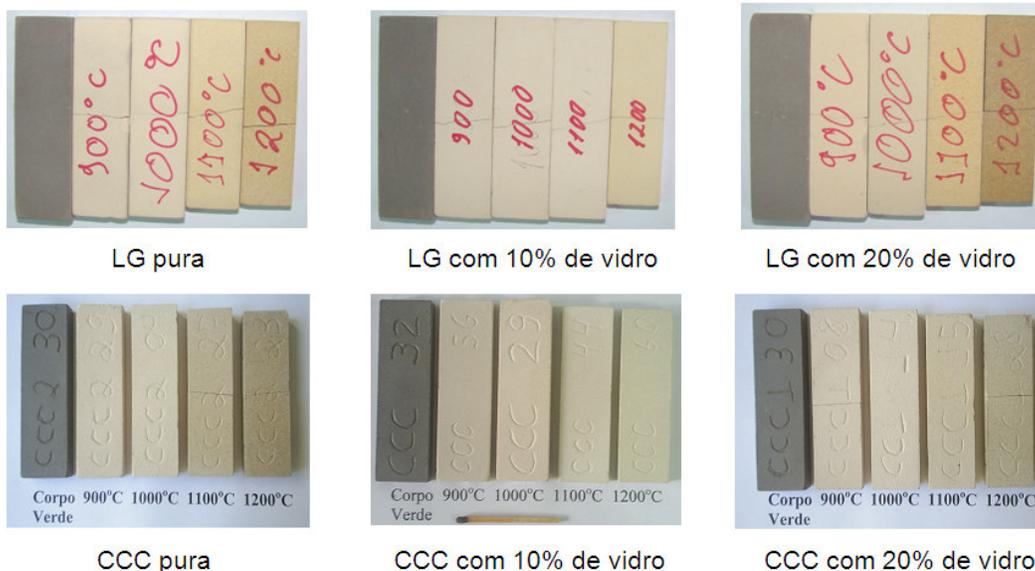


Figura 1: Corpos de prova após queima

As duas argilas empregadas nesse trabalho são de coloração cinza-preto no estado cru, Figura 1. A cor preto da argila CCC indica alto teor de material orgânico. Após queima a argila LG tem coloração clara, ficando com cor de creme, já a argila CCC tem coloração clara cinzenta. A cor creme da argila LG é devido ao teor de óxido de ferro em torno de 2%. No mais, a adição de vidro não altera a cor da cerâmica quando queimada nas temperaturas de 900 e 1000°C, somente a partir da temperatura de 1100°C para a argila LG e a partir de 1200°C para as argila CCC nota-se um escurecimento.

A perda ao fogo das duas argilas, mostrada na Figura 2, demonstra que as reações que levam a formação de compostos voláteis, tais como transformação da caulinita em meta-caulim e a queima de compostos orgânicos, já foram completadas em temperaturas abaixo de 900°C, levando a perdas de massas praticamente constantes no intervalo de 900 a 1200°C. A adição de pó de vidro reciclado leva a uma diminuição da perda de massa porque foi adicionado um componente que não contribui para esse efeito. Portanto, a perda de massa das composições diminui com aumento da quantidade de vidro adicionado.

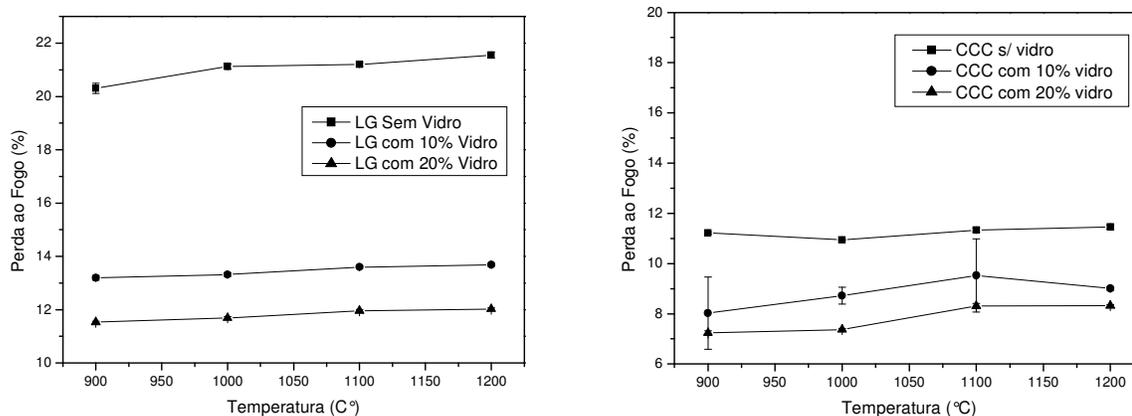


Figura 2: Perda ao fogo das composições estudadas em relação da temperatura de queima

A retração linear, Figura 3, dos corpos de prova aumenta com o aumento da temperatura de sinterização, refletindo um aumento da densificação. Observa-se um aumento mais acentuado entre 1000 e 1100°C, em todas as composições estudadas. Nota-se também a influência benéfica da adição de pó de vidro, levando

à uma retração linear maior com aumento do teor de vidro. O vidro adicionado forma uma fase líquida durante a sinterização dos corpos de prova, promovendo a densificação do material e conseqüentemente levando a uma retração maior.

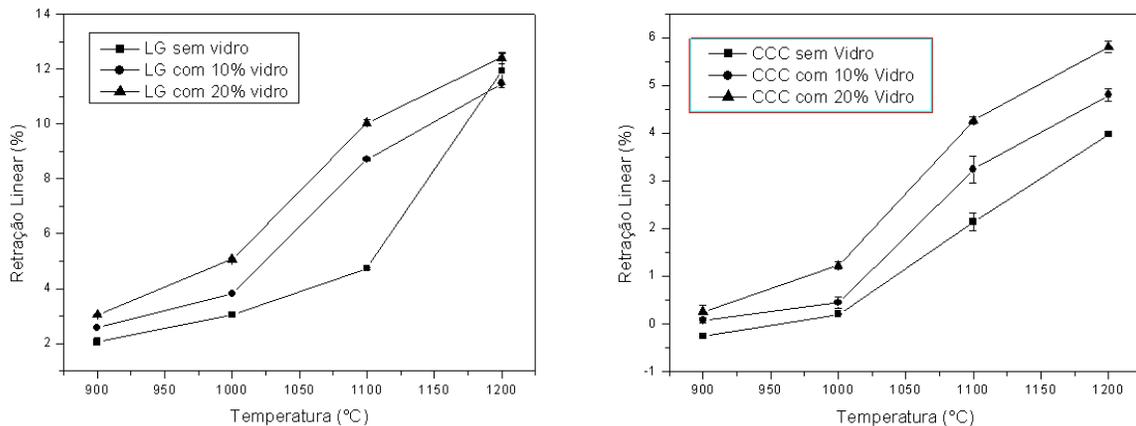


Figura 3: Retração linear das composições estudadas em relação da temperatura de queima

O aumento da densificação em relação a temperatura de sinterização e também em relação da adição de vidro reciclado é refletido diretamente pela diminuição da porosidade aparente, como pode ser observado nos gráficos mostrados na Figura 4. Claramente pode ser observado o efeito benéfico na densificação da adição de vidro. A porosidade diminui significativamente com a adição do pó de vidro, devido da formação de fase líquida em maiores proporções, como discutido anteriormente.

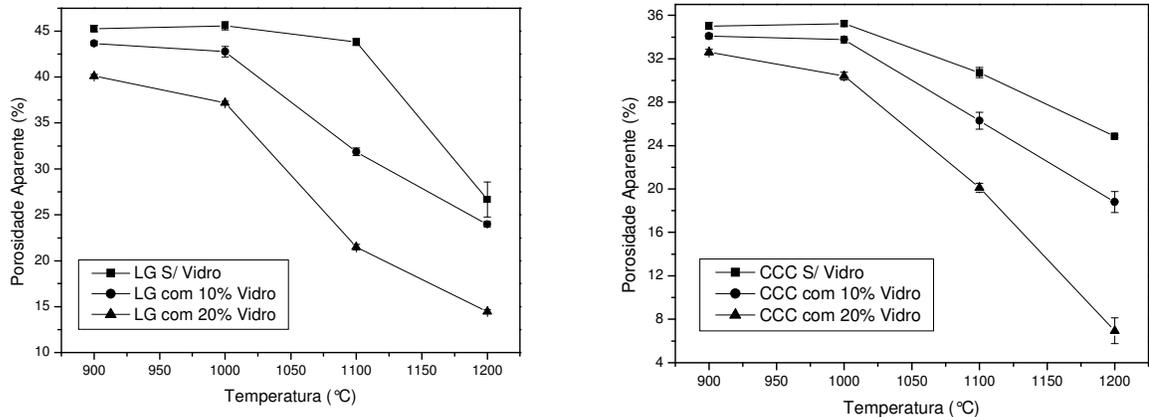


Figura 4: Porosidade aparente das composições estudadas em relação da temperatura de queima

O aumento da densificação e redução da porosidade dos corpos cerâmicos resulta em aumento da resistência mecânica. Os resultados da caracterização da resistência através de ensaios de flexão em três pontos, usando máquina universal de ensaios da EMIC DL 500, segundo a Norma ASTM C 674 – 88 [2], são resumidos nas Tabelas 2 e 3 e representadas graficamente na Figura 5 para as composições a base das argilas LG e CCC, respectivamente. Observa-se que a resistência de todos os corpos de prova aumenta com o aumento da temperatura. No caso das argilas puras, LG e CCC, nota-se um aumento de 2,9 a 14,6 MPa e de 2,9 a 8,1 MPa, respectivamente, quando comparamos as amostras em 900 e 1200°C.

A adição do pó de vidro também teve um efeito positivo, nota-se que a resistência das amostras com adição do pó de vidro é sempre superior à resistência da argila pura, em todas as condições de queima estudadas. Verificou-se também que uma quantidade maior de pó de vidro – compara os resultados das amostras com 10 e 20% - resulta em uma maior resistência. No caso das composições formuladas com a argila LG a resistência das amostras de LG pura, sinterizadas a 1200°C, aumenta de 14,6 MPa para 18,2 MPa com adição de 10% de vidro e para 24,8 MPa com adição de 20 %, correspondendo a um aumento de 24 e 69 %, respectivamente. No caso das composições formuladas com a argila CCC a resistência das amostras de CCC pura, sinterizadas a 1200°C, aumenta de 8,1 MPa para 13,5 MPa com adição de 10% de vidro e para 19,1MPa com adição de 20 %, correspondendo a um aumento de 66 e 135 %, respectivamente.

Tabela 2: Resistência à flexão da argila LG, sem, com 10 e 20% de pó de vidro.

| | Resistência à Flexão [MPa] | | |
|------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| Temperatura [°C] | LG | LG+ 10% vidro | LG + 20% vidro |
| 900 | 2,9 ± 0,3 | 3,5 ± 0,3 | 5,3 ± 0,3 |
| 1000 | 4,5 ± 0,6 | 4,9 ± 0,7 | 7,5 ± 0,7 |
| 1100 | 5,8 ± 0,5 | 9,9 ± 1,2 | 15,6 ± 1,1 |
| 1200 | 14,6 ± 0,8 | 18,2 ± 1,4 | 24,8 ± 2,8 |

Tabela 3: Resistência à flexão da argila CCC, sem, com 10 e 20% de pó de vidro.

| | Resistência à Flexão [MPa] | | |
|------------------|----------------------------|----------------|-----------------|
| Temperatura [°C] | CCC | CCC+ 10% vidro | CCC + 20% vidro |
| 900 | 2,9 ± 1,0 | 3,6 ± 0,4 | 3,5 ± 0,5 |
| 1000 | 4,0 ± 0,4 | 4,4 ± 1,3 | 6,0 ± 0,5 |
| 1100 | 6,2 ± 0,8 | 9,2 ± 0,3 | 11,4 ± 0,9 |
| 1200 | 8,1 ± 0,9 | 13,5 ± 1,1 | 19,1 ± 1,1 |

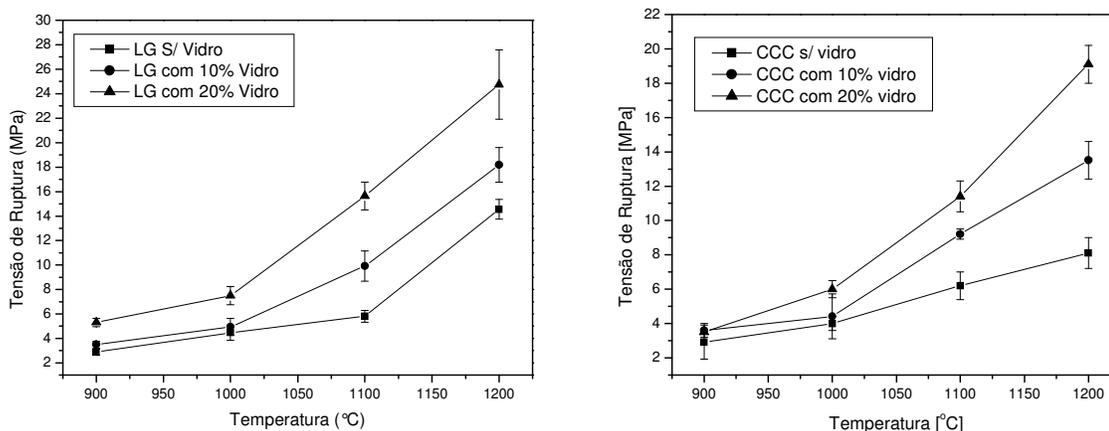


Figura 5: Resistência à flexão das composições estudadas em relação da temperatura de queima

CONCLUSÃO

Após a coleta dos dados e da análise dos resultados é possível afirmar que o acréscimo de pó de vidro na massa cerâmica LG e CCC, foi benéfico. Foi verificado que, quanto maior a porcentagem de vidro nas argilas, melhores foram os resultados obtidos. Com a adição de vidro obtivemos ganho de resistência mecânica. Nas amostras LG com adição de 10% e 20% de vidro, o ganho obtido da resistência mecânica foi de 24,66% e 69,86% relação as amostras LG pura, e nas amostras CCC com adição de 10% e 20% de vidro, o aumento da resistência mecânica foi de 66% e 135% maior do que a resistência das amostras CCC sem adição de vidro. A explicação se deve a formação de uma quantidade maior de fase líquida formada durante a sinterização, o leva a uma maior densificação e redução de porosidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido pelo CNPq e SEBRAE – MG.

REFERÊNCIAS

- [1] F. H. Norton, *Introdução à Tecnologia Cerâmica*, Edgard Blücher, Editora da Universidade de São Paulo. SP, 1973.
- [2] P. Souza e Santos, *Ciência e Tecnologia de Argilas, Vol. I*, Editora Edgar Blücher, 2ª Ed., SP, 1992.
- [3] P. Souza e Santos, *Ciência e Tecnologia de Argilas. Vol. II*, Editora Edgard Blücher, 2ª Ed., São Paulo, 1989.
- [4] Norma **ASTM, C 674 – 88**.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GLASS POWDER ADDITIONS ON THE SINTERABILITY OF CLAYS

ABSTRACT

In order to compensate for the low amount of fluxing agents of the clays found in the region of Minas Novas, an alternative and low cost source has been studied. As a possibility the addition of glass powder has been investigated, because it contains about 20 wt-% of the oxides Na₂O, K₂O, CaO e MgO. Furthermore, waste glass can be easily obtained from bottles or glass containers. An addition of 10 and 20 wt-% of waste glass to the clays has been studied.

Based on two clays ("Coqueiro do Campo, preto claro" - CCC e "Olaria de Minas Novas - LG") samples were prepared by uniaxial pressing in a steel die. The samples were sintered at 900, 1000, 1100 and 1200°C for 40 min. After sintering the linear shrinkage (%), apparent porosity (%), weight loss (%) and mechanical strength (MPa) have been determined.

The addition of waste glass resulted in a significant increase of the mechanical strength. The strength of the LG clay based samples with 10 and 20% of glass powder are approximately 25 and 70% higher compared to the samples without glass additions. In the case of the CCC clay based materials strength increased by 66 and 135%. Besides that, a significant reduction of the porosity and water absorption has been observed.

Analyzing the results we conclude that the addition of waste glass powder to the clays LG and CCC has benefited the properties of the sintered materials; mechanical strength increased and the porosity decreased under all conditions studied.

Key-words: clay, handmade ceramics, sinterization, glass powder, properties