

ANÁLISE DA PERDA AO FOGO DE CORPOS DE PROVA CERÂMICOS FORMULADOS COM CINZA LEVE PROVENIENTE DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL PULVERIZADO

Gabryella C. MENDONÇA¹; Cristiano C. FERREIRA²; Flávio A. PAVAN³

¹Universidade Federal do Pampa, gcerrim@hotmail.com; ²Universidade Federal do Pampa, cristiano.ferreira@unipampa.edu.br;

³Universidade Federal do Pampa, flavio.pavan@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o resultado do ensaio de perda ao fogo de corpos de prova cerâmicos, formulados com cinza leve proveniente da gaseificação, em leito fluidizado, do carvão mineral pulverizado. Os corpos de prova cerâmicos foram formulados com um tratamento sem adição de cinza (formulação A0) e quatro tratamentos com percentuais crescentes de cinzas (CG5 – 5% de cinza, CG10 – 10% de cinza, CG20 – 20% de cinza, CG30 – 30% de cinza). Os produtos foram fabricados por prensagem, após, foram secos de forma natural e artificial e queimados na temperatura de 800°C onde a rampa de aquecimento foi de 80°C por hora, e quando foi atingida a temperatura desejada permaneceram no forno por 3 horas. O ensaio da determinação de perda ao fogo seguiu os procedimentos da norma M - CIENTEC – 028 (1995). O resultado final mostra que a medida que se aumenta a porcentagem de cinza leve adicionada aumenta-se também a perda ao fogo, isto ocorre de forma mais evidente a partir da formulação CG5. Pode-se dizer também que é viável utilizar a cinza leve proveniente da gaseificação em função dos índices de perda ao fogo obtidos.

Palavras-chave: perda ao fogo. Cerâmica vermelha. Gaseificação. Carvão mineral.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the results obtained by the fire loss test of ceramic test pieces, formulated with fly ash from fluidized gasification of pulverized mineral coal. The clay samples were formulated with five percent fly ash: clay in natura (A0), clay plus 5% fly ash (CG5), clay plus 10% fly ash (GC10), clay plus 20% fly ash (GC20) and Clay plus 30% fly ash (CG30). The products were manufactured by pressing, then were dried in a naturally and artificially, and burned at a temperature of 800°C where the heating rate was 80°C per hour, and when the desired temperature was reached, they remained in the oven for 3 hours. The fire loss determination test followed the procedures of standard M - CIENTEC - 028 (1995). The final result shows that as the percentage of fly ash added increases, the fire loss also increases, and becomes more evident from the CG5 formulation. It can also be said that it is feasible to use the light ash from gasification as a function of the fire loss indexes obtained.

Key-Words: Loss to fire. Red ceramic. Gaseification. Mineral coal.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Peterson (2016) a incorporação de resíduos às massas argilosas pode ser benéfica tanto para o material quanto para o meio ambiente, reduzindo, dessa forma, os impactos ambientais.

De acordo com Domenico (2013) a gaseificação é uma tecnologia limpa e interessante, pois é eficiente e ambientalmente correta. O processo de gaseificação via leito fluidizado tem alta eficiência na troca de calor (Eichler, 2015). Porém, uma de suas desvantagens é a produção de cinzas com altos teores de carbono (Lora, 2013).

Dias (2017) apresenta na sua investigação que as cinzas leves ou volantes contendo granulometria entre 0,01 e 100 µm, são compostas heterogeneamente de silicatos, aluminossilicatos e outros óxidos metálicos além de carbono não convertido (*char*), que é arrastado junto às cinzas por gases produzidos.

A sinterização é um processo que ocorre sob elevadas temperaturas e transforma um conjunto de partículas em um corpo íntegro de maior resistência. Já, o processo de queima é uma reação química exotérmica para a liberação de calor. De acordo com Nicolau (2014) a distribuição de temperatura imposta aos produtos ao longo do tempo desempenha um papel muito importante na qualidade final esperada.

A perda ao fogo é a quantificação da perda de massa do material cerâmico após a etapa de queima. (M-CIENTECC – 0 – 28,1995.)

Diante disso, a pesquisa visa adicionar resíduo (cinza leve gaseificada) à massa argilosa, com o intuito de verificar as alterações nos índices de perda ao fogo, bem como, avaliar possíveis aplicações na fabricação de produtos para a construção civil.

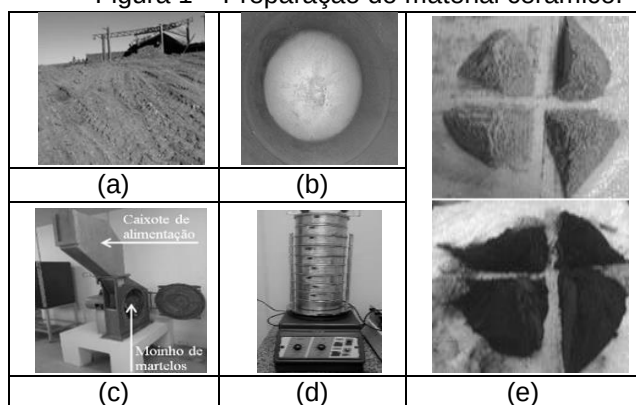
2 DESENVOLVIMENTO

Para a realização deste trabalho, primeiramente foram coletadas a argila em uma olaria de pequeno porte localizada em Bagé-RS e a cinza leve no laboratório de Carboquímica da UNIPAMPA/Bagé-RS conforme Figura 1 (a) e (b) respectivamente.

A argila não passou pelo processo de sazonalamento, ou seja, possui altos teores de matéria orgânica, e na análise química e mineralógica detectou-se a característica de caulinita.

O processo de preparação dos corpos de prova cerâmicos iniciou-se pela preparação das matérias – primas através da moagem da argila em um moinho de martelo Figura 1 (c), seguido pelo peneiramento até passar na peneira de 100 mesh Figura 1 (d). No final ocorreu o quarteamento Figura 1 (e). A cinza leve foi apenas quarteada, pois a sua granulometria já se assemelhava com a da argila.

Figura 1 – Preparação do material cerâmico.



Fonte: O autor, 2017.

A argila e a cinza foram misturadas em quantidades percentuais de massa conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Percentuais das formulações.

Formulação	Argila <i>in natura</i> (%)	Cinza leve (%)
A0	100	0
CG5	95	5
CG10	90	10
CG20	80	20
CG30	70	30

A0	100	0
CG5	95	5
CG10	90	10
CG20	80	20
CG30	70	30

Fonte: O autor, 2017.

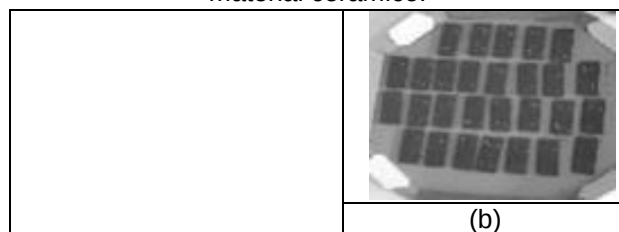
Em seguida foram adicionados 5% em peso (massa de umidade / massa seca) de água em cada formulação, e separadas em sacos plásticos por 24 horas para a sua homogeneização.

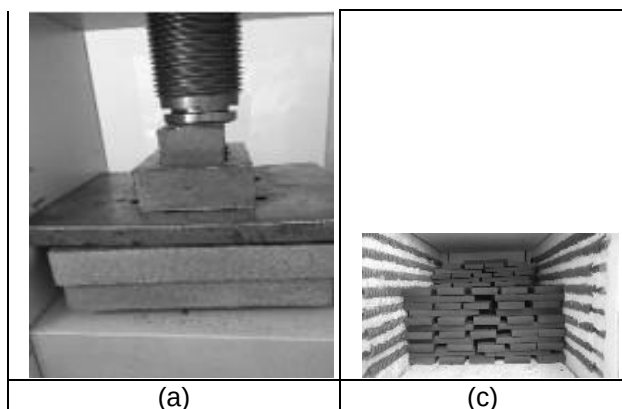
A fabricação dos corpos de prova ocorreu pelo processo de prensagem conforme Figura 2 (a). As cargas submetidas foram de 5 a 6 toneladas. Para cada formulação foram feitos 30 corpos de prova de acordo com a Figura 2 (b).

Após, na etapa de secagem, utilizou-se dois procedimentos respectivamente: de maneira natural, em temperatura ambiente de aproximadamente 28°C por 24 horas e artificialmente em mufla a uma temperatura de 110°C por 24 horas.

Logo a seguir, os corpos de prova foram pesados em uma balança eletrônica e medidos com um paquímetro, neste procedimento mediu-se a MASSA 1 (M1) e após foram colocados no forno para serem queimados [Figura 2 (c)]. Para o processo de queima utilizou-se patamar de 80°C por hora e quando chegou na temperatura de 800°C, os corpos de prova permaneceram por 3 horas. Finalmente foram pesados e medidos novamente, nos mesmos aparelhos, anotando-se a MASSA 2 (M2).

Figura 2 – Etapas de fabricação e queima do material cerâmico.





Fonte: O autor (2017).

O ensaio para determinação da perda ao fogo seguiu a norma M - CIENTEC – 028 (1995), onde primeiramente seca-se os corpos de prova naturalmente e artificialmente, pesa - os secos e determina sua massa, adotando – a de M1. Procedese a queima com regime de aquecimento controlado até a temperatura máxima em aquecimento constante, específico para materiais cerâmicos, permanente durante 3 horas nessa temperatura. Após submete-se ao resfriamento natural e a medida que a temperatura chega até aproximadamente 50°C são transferidos ao dessecador até chegar a temperatura ambiente. Por fim, pesa-se novamente os corpos de prova e obtêm-se a sua massa, adotando-a de M2. O cálculo do resultado é apresentado na Equação 01 abaixo:

$$Pf (\%) = \frac{M1-M2}{M1} \times 100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde Pf é a perda ao fogo, M1 massa do corpo de prova seco à 110 °C e M2 a massa do corpo de prova após a sinterização (M-CIENTEC, C-028, 1995). Foi realizada uma média tanto da massa 1 quanto da massa 2 para a obtenção do resultado do ensaio de perda ao fogo.

Na pesquisa também foi feita a análise química das matérias-primas (argila in natura e cinza leve gaseificada de carvão mineral) por fluorescência de raios - X de acordo com as informações da Tabelas 2.

Tabela 2 – Fluorescência de raios – X da argila *in natura* e cinza leve gaseificada.

Compostos	Argila	Cinza
SiO ₂	57,54	51,48
Al ₂ O ₃	12,15	10,88
Fe ₂ O ₃	11,77	2,73
K ₂ O	2,67	1,41

MgO	1,12	0,38
CaO	1,11	1,60
TiO ₂	0,81	0,83
Na ₂ O	0,24	0,43
P ₂ O ₅	0,09	0,43
ZrO ₂	0,07	0,023
SO ₃	0,07	3,83
MnO	0,04	-
SrO	0,03	-
Rb ₂ O	0,03	-
ZnO	0,03	-
C	-	26,80

Fonte: O autor (2017).

Na Tabela 2, observa-se que na argila há uma maior quantidade de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃. De acordo com QUINTANA (2000) e KNISS (2005) esses percentuais na composição são característicos do argilomineral caulinita. Em relação a cinza, percebe-se, a presença de uma maior porcentagem de SiO₂, seguida de C, que é devido a gaseificação efetuada via leito fluidizado. A presença de SO₃ indica que provavelmente os corpos de prova irão apresentar patologias, como eflorescência. A análise de perda ao fogo foi realizada por meio da média aritmética de 5 corpos de prova para cada formulação.

A seguir a Tabela 3 apresenta os resultados de perda ao fogo e seus respectivos desvios padrão.

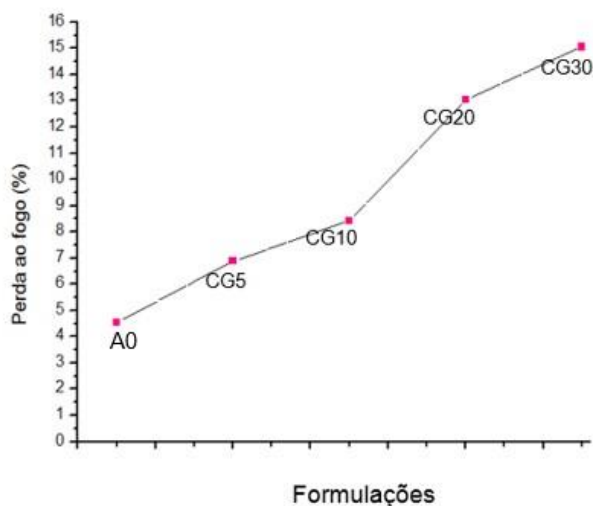
Tabela 3 – Resultado da perda ao fogo.

	A0	CG5	CG10	CG20	CG30
Pf (%)	4,530	6,890	8,418	13,043	15,061
Desvio Padrão	0,003	0,004	0,291	0,015	0,019

Fonte: O autor (2017)

A Figura 3 mostra o gráfico dos resultados apresentados na Tabela 3.

Figura 3 – Resultado da perda ao fogo.



Fonte: O autor, 2017.

Analisando a Tabela 2 e gráfico da Figura 3 percebe-se que quanto maior foi a quantidade de cinza adicionada na formulação, mais alto foi a perda ao fogo processo mais nítido a partir da formulação CG5. Além disso, o desvio padrão mais alto foi o obtido na formulação CG10. Esses valores de perda ao fogo são semelhantes aos encontrados por MEDEIROS (2014), em que na mesma faixa de temperatura a perda ao fogo variou de 5 a 10,5%.

De acordo com o trabalho de ZANIN (2013), os índices obtidos de perda ao fogo foram muito parecidos, no entanto, a temperatura de queima utilizada neste trabalho foi de 950°C. Uma explicação para o aumento da porcentagem de perda ao fogo desses produtos pode estar relacionada a elevada presença de C detectada na análise de fluorescência de raios - X.

Segundo PASCHOAL (2004, p.41 *apud* MÁ, 2002) a elevada perda ao fogo se caracteriza pela elevada quantidade de matéria orgânica presente. Na Tabela 3 é possível destacar conforme PASCHOAL (2004, p. 42 *apud* MÁ, 2002) que as formulações A0, CG5 e CG10 tem uma baixa perda ao fogo, devido a presença de componentes magros, ou seja, cerca de 60% de silte e areia, uma argila rica em quartzo e menos plástica, podendo ser caracterizada também como um material redutor de plasticidade. As formulações CG20 e CG30 têm elevada perda ao fogo, devido a uma provável taxa elevada de matéria orgânica ou calcária.

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que é viável utilizar a cinza leve proveniente da gaseificação em função dos índices de perda ao fogo obtidos. No entanto, alerta-se que é possível melhorar as propriedades dessas matérias – primas se em outras etapas fizermos o sazonalamento na argila, bem como, queimar os corpos de prova em outras temperaturas.

4 REFERÊNCIAS

PETERSON, M. et al. Estudo da incorporação de cinza proveniente da queima de lenha de eucalipto na formulação de massa de uma indústria cerâmica estrutural do sul-catarinense. **Revista da UNIFE**, v. 1, n. 15, p. 9-17, 2016.

DOMENICO, M. D. et al. Gaseificação de carvão mineral brasileiro na presença de ortossilicato de lítio visando a produção aumentada de hidrogênio. 2013.

EICHLER, P. et al. Produção do biometanol via gaseificação de biomassa lignocelulósica. **Química Nova**, v. 38, p. 828-835, 2015.

LORA, E. E. S. et al. Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis. _____ **Biocombustíveis**. 1ª. ed. Itajubá: UNIFEI, 2013.

DIAS, Y. R. et al. CARACTERIZAÇÃO PRÉVIA DAS CINZAS VOLANTES, COPRODUTO DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL DE CANDIOTA-RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2017.

NICOLAU, V. D. P. A Importância da Curva de Queima em Fornos Cerâmicos. **Cerâmica Industrial** v. 17, n. 2, p. 2–5, 2014.

Disponível em: <http://www.aulas.eagps.info/sinterizacao/SINTERIZACAO.pdf>, em 26/03/2017.

M-CIENTEC. C-028: Materiais cerâmicos - Determinação da perda ao fogo. Porto Alegre - RS, 1995.

KNISS, C. T. Desenvolvimento e caracterização de materiais cerâmicos com adição de cinzas pesadas de carvão mineral. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

QUINTANA, L. M. H. Avaliação de Matérias-Primas e Produtos Cerâmicos da Região de Bagé (RS). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

MEDEIROS, F. K.; AQUINO, R. C. A.; RODRIGUES, A. M. T.; SILVA, H. C.; DIAS, I. B. C.; FERREIRA, H. S. Produção de Tijolos Maciços e Placas Cerâmicas de Revestimento com Adição de Óleo Lubrificante Usado. *Cerâmica Industrial*, v. 19, p. 38–45, 2014.

ZANIN, T. L.; KLITZKE, W.; LUZ JR., L. F. L. Estudo da influência da adição de cinzas de carvão mineral nas propriedades da cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, n. 350, p. 231-234, June 2013 .

PASCHOAL, J.A.A. **Estudos de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha. 2004. 188 p.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.