

USO DO DIAGRAMA DE WINKLER PARA DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DE UMA ARGILA *IN NATURA* MAIS ADIÇÕES DE CINZA DE CARVÃO MINERAL

Gabryella C. MENDONÇA¹; Cristiano C. FERREIRA²; Lia H. QUINTANA³; Juarez M. FONSECA⁴

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

³Universidade da Região da Campanha, lquintan@urcamp.tche.br; ⁴Universidade da Região da Campanha, juaresfonseca@ibest.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar a análise granulométrica da cinza de carvão mineral e formulações cerâmicas fabricadas com este resíduo sólido, destinando este resíduo para produtos voltados para a construção civil. Diante disso, foi misturado diferentes percentuais deste resíduo a argila *in natura*. No procedimento metodológico, inicialmente, foi realizada a análise química por fluorescência de raios-X na argila e cinza de carvão mineral e após realizou-se um pré-tratamento do resíduo sólido e a análise granulométrica dos mesmos, conforme a norma da NBR 7181 (1984). Os resultados obtidos foram avaliados no Diagrama de Winkler e percebeu-se que quanto maior a porcentagem de cinza incorporada a massa argilosa, os índices ficaram mais próximos da região destinada a fabricação de blocos vazados (vedação e estruturais). Finalmente foi possível verificar as suas possíveis aplicações na fabricação de produtos cerâmicos e concomitantemente auxiliar na redução deste resíduo no meio ambiente.

Palavras-chave: Argila *in natura*. Cinza de carvão mineral. Diagrama de Winkler.

ABSTRACT

The objective this study was accomplish the granulometric analysis of coal ash and ceramic formulations made with this solid residue, reusing it for alternative products for the civil construction. Thus, was different percentages of this residue mixed with in natura clay. In the behavior methodological, first was made the chemical analysis of X-ray fluorescence in the clay and ash of coal and after a pre-treatment of the solid residue and the granulometric analysis of the same, according to the norm of NBR 7181 (1984). The results obtained were measured in the Winkler diagram and was observed that how higher the percentage of ash incorporated into the clay, the indices were closer to the region destined to the manufacturing of cast (sealing and structural) blocks. Finally was possible verify the possible applications in the manufacture of ceramic products and concomitantly auxiliary in the reduction of this residue in the environment.

Key-Words: Clay *in natura*. Coal ash. Winkler diagram.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pracidelli (1997) a característica das matérias-primas é essencial para a fabricação de um produto, por isso, a importância da caracterização da mesma.

Segundo Da Silva (2015) a indústria cerâmica propicia a reciclagem de resíduos urbanos e industriais por conta de sua elevada produção, fazendo com que uma alta quantidade de resíduo seja utilizada.

Diversos trabalhos acadêmicos voltados para a área de produtos cerâmicos trazem diversos resíduos incorporados na massa argilosa, como por exemplo o trabalho de Leite (2016) que utiliza

resíduos como a casca de ovo e chamote, Catolico (2015) que usa o resíduo de saneamento básico, bem como, lodo de estação de tratamento de esgoto sanitário. Já Peterson (2016) adiciona cinza de lenha de eucalipto na massa de cerâmica estrutural e Barros (2015) que utiliza resíduo proveniente da indústria de petróleo (cascalho de perfuração) na fabricação da massa padrão de cerâmica vermelha.

Este trabalho avalia como resíduo a cinza pesada de carvão mineral, que existe em abundância na região da Campanha no Rio Grande do Sul. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 25,6% da geração de energia do Rio Grande do Sul advém de termoelétricas.

De acordo com o trabalho de Pozzobon (1999, *apud* Martens, p. 485, 2016) as cinzas de carvão

mineral são resíduos originados da combustão desse minério que é não metálico.

Kniess *et. al.* (2007, apud MARTENS p. 486, 2016) explica que as características físicas, químicas e mineralógicas das cinzas de carvão mineral são semelhantes a várias matérias-primas utilizadas nas indústrias cerâmicas, o que indica a possibilidade de substituição parcial ou integral de matérias-primas não plásticas por esse resíduo.

Trabalhos como os de Martins (2014) e Flores (2016) utilizam a cinza de carvão mineral na síntese de novos produtos, sendo que o primeiro usa a cinza pesada de carvão de carvão mineral para produzir materiais vitrocerâmicos e o segundo usa a cinza leve na obtenção de zeólitas sintéticas para serem usadas como fertilizantes.

A análise granulométrica de partículas sólidas compreende a determinação do tamanho das mesmas, bem como da frequência com que ocorrem em uma determinada classe ou faixa de tamanho (Angulo, 1998).

Moura (2014) informa que o tamanho das partículas influencia diretamente nas características finais dos produtos, todas as suas etapas devem ser seguidas com atenção para evitar qualquer erro de granulometria.

A granulometria por peneiramento pode ser realizada via seca ou via úmida, dessa forma, essa última é aplicada para partículas muito finas, pois a separação por via seca é ineficiente (Costa, 2014).

O Diagrama de Winkler auxilia visualmente no modo de apresentar os resultados, de acordo com Vieira (2013) ele identifica as regiões adequadas de processamento de produtos de cerâmica vermelha de acordo com a granulometria do material utilizado.

Trabalhos como os de Souza (2002) e Vieira (2011) utilizam o Diagrama de Winkler como uma importante ferramenta para classificação de materiais cerâmicos.

O objetivo deste trabalho é analisar a granulometria das formulações através do Diagrama de Winkler.

2 DESENVOLVIMENTO

A argila utilizada neste trabalho foi coletada em uma olaria de pequeno porte, localizada na região de Bagé, Rio Grande do Sul. Ela tem características caulinitas e não sofreu o processo de sazonalidade,

ou seja, tem elevados percentuais de matéria orgânica.

A cinza pesada de carvão mineral provém da queima do carvão mineral de uma usina termoeletrica localizada na região da Campanha, Rio Grande do Sul.

Primeiramente a argila foi seca a temperatura ambiente por três semanas e destorroada para a diminuição da granulometria, após, passou pelo moinho de martelos que a pulverizou e depois foi quarteada e homogeneizada.

A cinza pesada de carvão mineral foi seca em estufa à 105°C por 24 horas e após foi peneirada em um conjunto de peneiras de até 80 mesh, a fração utilizada foi a que ficou retida e também a que passou nesta malha.

Na Tabela 1, encontram-se as formulações feitas com a argila *in natura* e a cinza pesada de carvão mineral (CCM).

Tabela 1 – Nomenclatura das formulações.

Formulações	% em peso de argila	% em peso de CCM
A0	100	0
CG5	95	5
CG10	90	10
CG20	80	20
CG30	70	30

Fonte: O autor, 2017.

Através da Tabela 1 percebe-se que a formulação A0 possui 100% de argila *in natura*, assim como a CM0 possui 100% de cinza pesada de carvão mineral. Já a formulação CM5 possui 95% de argila *in natura* e 5% de cinza pesada de carvão mineral, a

CM10 possui 90% de argila *in natura* e 10% de cinza, assim, respectivamente, para as formulações CM20 e CM30.

O procedimento experimental da análise granulométrica seguiu os padrões da norma NBR 7181 (1984).

Inicialmente pesou-se aproximadamente 80 gramas de cada amostra (A0, CM0, CM5, CM10, CM20 e CM30) e colocadas na mufla, em formas de alumínio, por 4 horas para garantir que não exista umidade presente nas amostras. Para a determinação da umidade higroscópica, 40 gramas de cada amostra foram transferidas para um béquer e foi adicionado 125 ml de hexametáfosfato de sódio, agitando-se com um bastão de vidro e deixando-o em repouso por 16 horas Figura 1 (a).

Após, o conteúdo do béquer foi transferido para o copo de dispersão e agitado durante 15 minutos Figura 1 (b). O conteúdo do copo de dispersão foi transferido para uma proveta de 1000 ml, e se preencheu com água destilada até completar o volume correspondente da proveta Figura 1 (c).

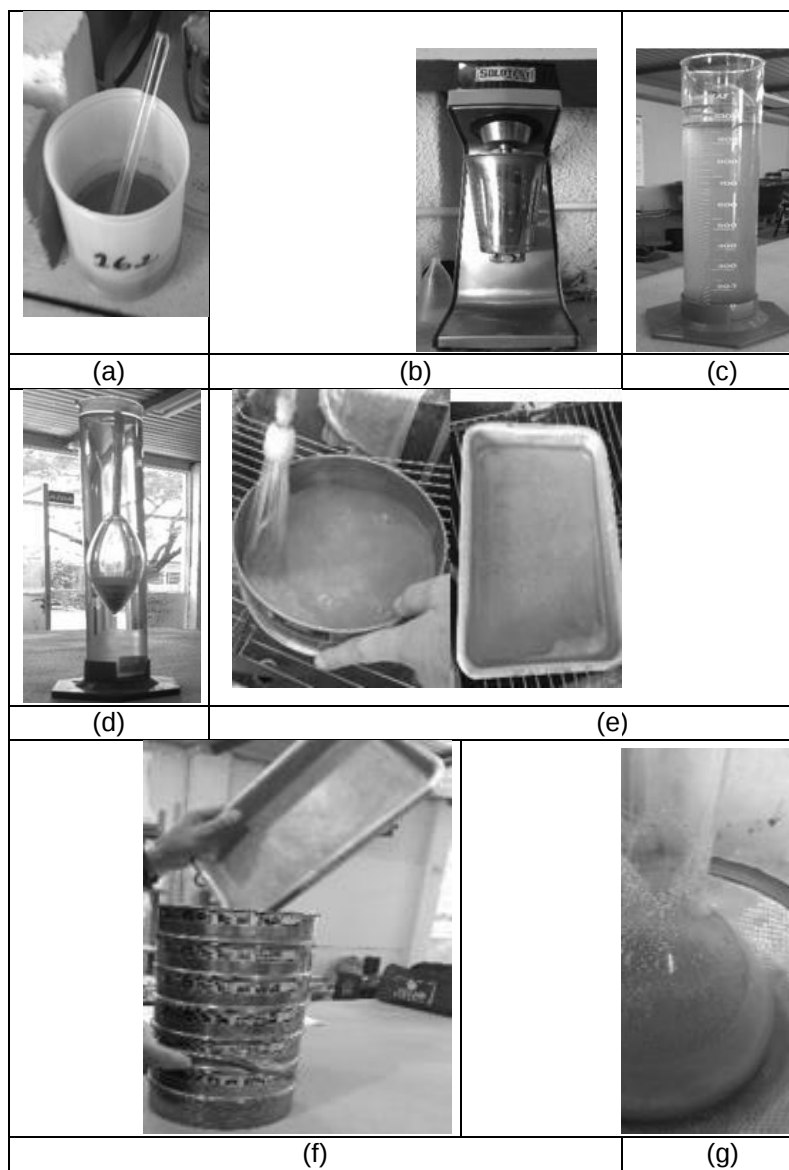
Em seguida, agitou-se a proveta por 1 minuto e iniciou-se a cronometragem da etapa de sedimentação. O densímetro foi imerso na proveta para a leitura dos tempos de sedimentação, nos tempos de 0, 5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 480 e 1440 minutos, realizando sempre juntamente a leitura da temperatura após a cada leitura do densímetro Figura 1 (d).

Após a última leitura, a amostra da proveta foi despejada em uma peneira de 200 mesh, lavada e depois colocada em uma forma de alumínio onde esperou a amostra decantar Figura 1 (e). A seguir retirou-se o excesso de água da forma de alumínio e colocou-se na mufla a 105°C para secagem da amostra.

Por fim, passou-se a amostra da forma para as peneiras correspondentes a 4, 10, 16, 30, 40, 60, 100 e 200 mesh e pesou-se o material retido em cada uma das peneiras Figura 1 (f). Para o cálculo da massa específica transferiu-se o restante do material do béquer, de aproximadamente 40 g, junto com 100 ml de água, para um balão volumétrico de 500 ml e o colocou em banho – maria por 15 minutos Figura 1 (g), após esfriar secou-se e pesou-se o balão, e mediu-se a temperatura, obtendo assim a umidade média.

A seguir, na Figura 1, são apresentadas as imagens das etapas do processo da análise granulométrica.

Figura 1 – Etapas da análise granulométrica.

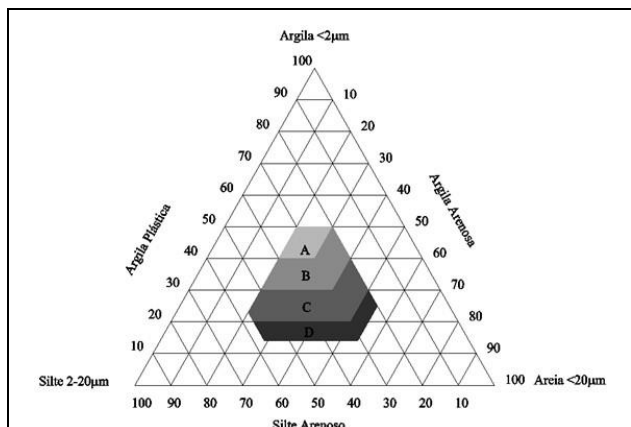


Fonte: O autor, 2017.

Após foi realizado a análise no Diagrama de Winkler, que mostra a escala em percentual a cada fração de material com suas respectivas granulometrias: fina com percentual de minerais argilosos ($<2 \mu\text{m}$), a fração silte (2 a $20 \mu\text{m}$) e areia ($> 20 \mu\text{m}$). Outras informações contidas no diagrama destacam que: a região “A” é indicada para fabricação de produtos de difícil conformação e que necessitam de uma massa com alta plasticidade, a região “B” é apropriada para fabricação de telhas, a região “C” é própria para fabricação de tijolos furados (blocos de vedação e estruturais) e a região “D” é a

ideal para a fabricação de tijolos maciços. A representação gráfica foi realizada no *software* DraftSight conforme a Figura 2.

Figura 2 – Diagrama de Winkler no *software* DraftSight.



Fonte: O autor, 2017.

Na Tabela 2, abaixo, encontra -se o resultado da análise granulométrica para a argila *in natura*, a cinza pesada de carvão mineral e as formulações.

Tabela 2 – Resultado da análise granulométrica.

Formulações	Argila (%)	Silte (%)	Areia total (%)
A0	33	59	8
CM0	3,7	29,3	67
CM5	28	62	10
CM10	27	60	13
CM20	26	58	16
CM30	24	56	20

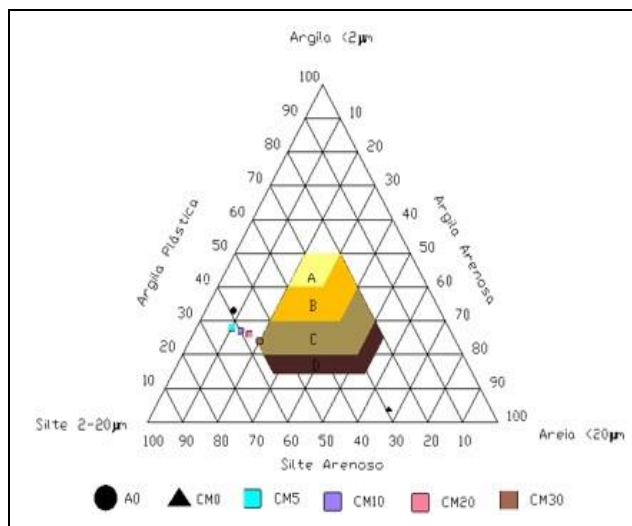
Fonte: O autor, 2017.

Observando-se a Tabela 2, percebe-se que em uma parcela significativa de amostras a porcentagem de silte predomina, ou seja, apenas para a CM0 a porcentagem de areia é mais elevada, no entanto,

quando misturada com a argila percebe-se que a porcentagem de areia diminui. A fração argila e silte elevada é extremamente importante para um processo de queima adequado e com baixa formação de trincas.

A Figura 3 mostra o Diagrama de Winkler, onde foram plotados os resultados da Tabela 2.

Figura 3 – Diagrama de Winkler.



Fonte: O autor, 2017.

De acordo com a Figura 3, percebe-se que quanto maior é a porcentagem de cinza adicionada, mais próxima da região C a formulação fica, sendo que é a ideal para a fabricação de tijolos furados, blocos de vedação e estruturais.

3 CONCLUSÕES

Conclui-se que a cinza pesada de carvão mineral pode ser adicionada na massa argilosa para a fabricação de blocos de vedação conforme a análise granulométrica.

4 REFERÊNCIAS

PRACIDELLI, Sebastião; MELCHIADES, Fábio G. Importância da composição granulométrica de massas para cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 2, n. 1/2, p. 31-35, 1997.

DA SILVA, C. R. L.; CHINELATTO, A. L.; CHINELATTO, A. S. A. Viability of use of sludge from sewage treatment plant in the ceramic mass production of ceramic bricks. **Cerâmica**, v. 61, n. 357, p. 31-40, 2015.

LEITE, F. H. G.; ALMEIDA, T. F.; HOLANDA, J. N. F. CARACTERIZAÇÃO DE CHAMOTE E CASCA DE OVO PARA PRODUÇÃO DE MATERIAL CERÂMICO. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 3, n. 2, 2016.

CATOLICO, A. C. C.; CARVALHO, L. C. G.; JARQUE, N. A. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO SANEAMENTO BÁSICO NA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 9, 2015.

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 UNIFEBE**, v. 1, n. 15, p. 9-17, 2016.

BARROS, R. M. M. **Incorporação do resíduo de cascalho de perfuração de poços de petróleo em formulações cerâmicas**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2008.

MARTENS, M. L. et al. Um estudo de inovação sustentável em projeto de desenvolvimento de produtos. **Exacta**, v. 14, n. 3, p. 477-494, 2016.

MARTINS, G. J. M. et al. Caracterização térmica e mineralógica de materiais vitrocerâmicos obtidos a partir de cinza pesada de carvão mineral. 2014.

FLORES, C. G. Síntese de zeólitas potássicas a partir de cinza de carvão e aplicação no cultivo de trigo. 2016.

ANGULO, S. C. Produção de concretos com agregados reciclados. **Eng. graduation report (in Portuguese), University of Londrina, Brazil**, v. 86, 1998.

MOURA, R. D. Classificação do calcário da região do Cariri Oriental paraibano usado na produção de carbonato de cálcio. 2014.

COSTA, E. N. Peneiramento de partículas finas e ultrafinas com adição de dispersantes. p. 1–78, 2014.

VIEIRA, C. M. F.; EMILIANO, J. V. Incorporação de pó de rocha sedimentar em massas para telhas cerâmicas-Parte 1: Efeitos nas propriedades físicas e mecânicas (Incorporation of sedimentary powder rock in roofing tiles body-Part 1: Effect in the physical and mechanical properties). **Cerâmica**, v. 59, p. 389-394, 2013.

SOUZA, G. P.; SANCHEZ, R.; DE HOLANDA, J. N. F. Characteristics and physical-mechanical properties of fired kaolinitic materials. **Cerâmica**, v. 48, n. 306, p. 102-107, 2002.

VIEIRA, C. M. F. et al. RECICLAGEM DE MATERIAL PARTICULADO DE UMA PLANTA DE SINTERIZAÇÃO DE UMA SIDERÚRGICA EM CERÂMICA VERMELHA. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 243-247, out.-dez. 2011.