

CARACTERIZAÇÃO DE ESTÉRIL ARGILOSO DA MINERAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO COMO POZOLANA

José Afonso de Matos Neto^{1*}, Francisco de Castro Valente Neto^{1†}, José Genário Keles^{1‡}, Domingos Sávio Resende^{1♣}, Augusto Cesar da Silva Bezerra^{1♦}, Antonio Maria Claret Gouveia²

1 - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus Araxá, Avenida Ministro Olavo Drummond, 25, São Geraldo, Araxá, Brasil, email: {^{*}neto, [†]fcvn, [‡]genario, [♣]savio, [♦]augustobezerra}@araxa.cefetmg.br

2 Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, email: claretgouveia@uol.com.br

Resumo

O trabalho avaliou argilas oriundas de estéril de mineração de concentrado fosfático da microrregião de Araxá como adição pozolânica. Foram utilizadas três argilas de tonalidades distintas, coletas em diferentes níveis de profundidade de escavação na mina de extração de fosfatados. Foi realizada a caracterização física das argilas observando-se suas curvas granulométricas. Estas apresentaram uma porcentagem passante na peneira de abertura 0,075mm acima de 80%. As argilas foram avaliadas por análise térmica diferencial e termogravimétrica, onde observou-se o comportamento térmico. As argilas foram calcinadas em forno elétrico do tipo mufla em três temperaturas (680, 760 e 840°C) e dois intervalos de tempo (60 e 120min), a uma taxa de aquecimento de 25°C/min. O nível de atividade pozolânica das argilas calcinadas foram medidas através da variação da condutividade elétrica em solução saturada de Ca(OH)₂, e os resultados indicaram que as argilas calcinadas apresentaram alto nível de atividade pozolânica.

Palavra-chave: estéril, argila, atividade pozolânica.

1. INTRODUÇÃO

No estado de Minas Gerais existe uma grande concentração de atividades mineradoras. A Mesorregião do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, mas especificamente a Microrregião de Araxá, possui dois complexos de mineração, existindo três mineradoras, sendo duas extratoras de fosfatados e uma extratora de pirocloro. Os fosfatados possuem como destinação principal a produção de fertilizantes. O pirocloro é beneficiado para produção de nióbio metálico e seus derivados. O complexo de Barreiro está localizado no município de Araxá – MG e existe nele atualmente duas empresas mineradoras. O Complexo de Mineração de Tapira (CMT) está localizado no município de Tapira - MG. Segundo SANTOS et al. (2002), as atividades do complexo ocupam uma área de, aproximadamente, 78 milhões de m² com uma produção anual de concentrado (em termos de P₂O₅ contido) em torno de 1,6 milhões de toneladas/ano.

Com o crescimento na demanda de produção de fertilizantes, ocorre de maneira proporcional a este o aumento do passivo ambiental, representado pelos materiais considerados rejeitos e estérís e que atualmente são acondicionados em barragens de contenção de lamas e rejeitos ou em enormes monturos que cada vez mais requerem grandes áreas para sua disposição. O processo industrial de Tapira gera rejeitos da ordem de 85% da massa alimentada na usina de concentração (SANTOS et al, 2002). Ambos complexos possuem entre os seus rejeitos materiais de natureza argilosa.

Este trabalho tem como objetivo o estudo de uma destinação nobre para estas argilas. Dada a importância do cimento para o desenvolvimento mundial, fazendo do concreto o segundo produto mais consumido no mundo, perdendo, apenas, para a água. Dados divulgados pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento em 2011, indicam que as vendas de cimento para o mercado interno brasileiro, nos últimos doze meses alcançaram a marca recorde dos 59,3 milhões de toneladas, e que a expectativa para o ano de 2011 é de um novo recorde no consumo de cimento, estima-se que o consumo alcançara os 65 milhões de toneladas, aproximando-se da capacidade instalada da indústria, que é de 67 milhões de toneladas. Sabendo-se que os produtos à base de cimento portland possuem um grande potencial de promover soluções para a imobilização de resíduos industriais, tornando-os economicamente viáveis, e ainda contribuindo para o desenvolvimento sustentável

das atividades industriais. A incorporação de resíduos industriais em compósitos cimentícios, como os materiais que possuem atividade pozolânica, tais como as argilas calcinadas, é uma das soluções para o aproveitamento de subprodutos residuais estando em acordo com os princípios da sustentabilidade.

Neste sentido, este trabalho contribui para o uso de um resíduo industrial, constituído essencialmente de argilas, que quando termicamente ativado possui um considerável potencial pozolânico e que pode ser utilizado como substituição parcial do cimento portland.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material de pesquisa abordado neste trabalho foi o estéril gerado no complexo de mineração da Tapira (CMT). Analisando o processo minerador deste complexo foi detectada a presença de três tipos de argilas bem distintas. Estas se apresentam em tonalidades distintas, uma apresenta-se na cor amarela clara, outra na cor vermelha e outra intermediária. As argilas foram coletadas em três níveis de profundidade de escavação na mina de extração de fosfatados. Na Figura 1 é possível observar bancadas da mina do CMT que apresenta uma camada superficial de solo mais avermelhado, denominado argila vermelha (AV), logo abaixo do solo vermelho apresenta-se um solo de cor mais amarelada, conhecido por argila amarela (AA). Entre a zona de estéril (solo amarelo-avermelhado) e a zona de mineralização (solo acinzentado) está o solo intermediário que contém a argila chamada de intermediária (AI) neste trabalho.



Figura 1 - Vista frontal da mina de fosfatados do CMT

Após a coleta do material de pesquisa, o mesmo foi secado a temperatura ambiente e homogeneizado em laboratório (Figura 2).



Figura 2 - Argila vermelha durante o processo secagem

Após o processo de secagem o material foi quarteado com auxílio de um Quarteador tipo Jones para se obter uma amostra em quantidade suficiente para os ensaios que garantisse uma unidade representativa do todo e o restante foi arquivado como reserva e para estudos futuros.

Foi realizada a preparação de amostras para os ensaios de caracterização de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 1986), o material foi separado para os ensaios de umidade, granulometria por peneiramento, módulo de finura, massa específica, massa unitária, perda ao fogo, determinação da liquidez e plasticidade.

Após a caracterização o material foi moído, peneirado na peneira com abertura de 0,075mm e algumas porções serão calcinadas. Estes processos de beneficiamento foram necessários para a adequação da granulometria e reatividade desejada para a utilização como pozolana.

Após a moagem e peneiramento o material passante na peneira com abertura de 0,075mm será calcinado, em laboratório, em forno elétrico do tipo mufla com temperatura controlada, com câmara de aquecimento de dimensões internas de 200x150x150mm, potência de 3,5kw, tensão de alimentação 220v e aquecimento máximo de 1200°C. O material será colocado em cadinhos de porcelana e submetido às condições de queima em três temperaturas e dois intervalos de tempo conforme a Tabela 1 e uma taxa de aquecimento fixa de 25°C/min.

Tabela 1 - Condições de calcinação.

Identificação da amostra	Tipo de argila	Temperatura (°C)	Tempo de queima (min.)
AA.680.60	Argila Amarela	680	60
AI.680.60	Argila Intermediária	680	60
AV.680.60	Argila Vermelha	680	60
AA.760.60	Argila Amarela	760	60
AI.760.60	Argila Intermediária	760	60
AV.760.60	Argila Vermelha	760	60
AA.840.60	Argila Amarela	840	60
AI.840.60	Argila Intermediária	840	60
AV.840.60	Argila Vermelha	840	60
AA.680.120	Argila Amarela	680	120
AI.680.120	Argila Intermediária	680	120
AV.680.120	Argila Vermelha	680	120
AA.760.120	Argila Amarela	760	120
AI.760.120	Argila Intermediária	760	120
AV.760.120	Argila Vermelha	760	120
AA.840.120	Argila Amarela	840	120
AI.840.120	Argila Intermediária	840	120
AV.840.120	Argila Vermelha	840	120

A caracterização física das argilas beneficiadas contou com os ensaios de granulometria e massa específica. As argilas beneficiadas com moagem, peneiramento e não calcinadas foram analisadas termicamente através de ensaios de Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimetria (TGA).

Após a caracterização das argilas tiveram sua atividade pozolânica avaliada pelos os métodos de determinação da condutividade elétrica em solução saturada de hidróxido de cálcio (LUXAN, 1989).

3. RESULTADOS

São apresentadas as curvas de distribuição granulométrica por peneiramento das argilas amostradas em estado natural (Figura 4). Verifica-se que argilas estudadas apresentaram 80% de partículas com diâmetro equivalente inferior a 0,075mm.

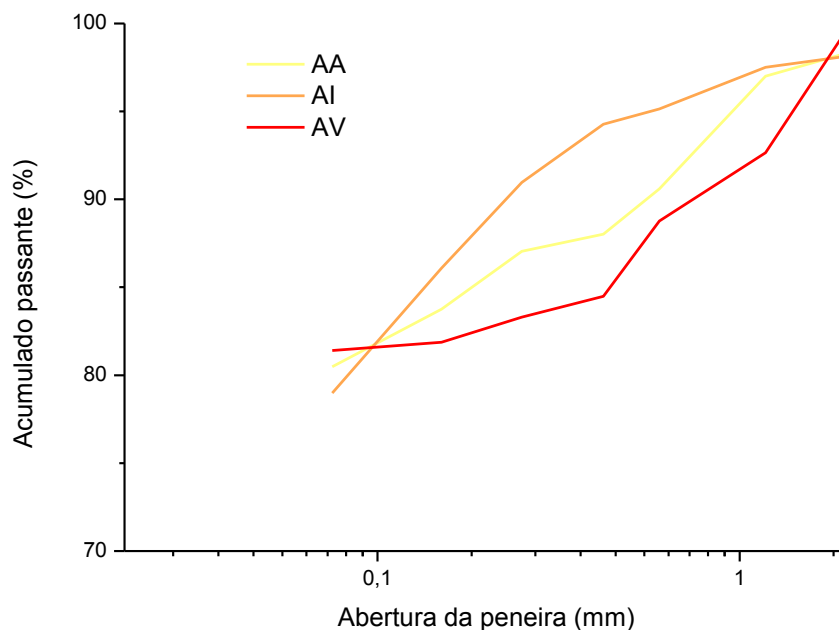


Figura 3 - Distribuição granulométrica por peneiramento

A Tabela 2 apresenta a medida de perda de massa das argilas após o processo de calcinação de amostras de 20g de material. Observa-se que as argilas vermelhas foram as que apresentaram maiores percentuais de perda de massa (14 – 15,3%) enquanto as argilas amarelas perderam em torno de (6,6 – 7,3%) e as argilas intermediárias (2,45 – 3,15%) com as menores perdas.

Tabela 2 - Perda de massa das argilas durante a calcinação

Identificação da amostra	Massa após queima (g)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
AA.680.60	18,64	1,36	6,8
AI.680.60	19,51	0,49	2,45
AV.680.60	17,18	2,82	14,1
AA.760.60	18,68	1,32	6,6
AI.760.60	19,48	0,52	2,6
AV.760.60	17,2	2,8	14
AA.840.60	18,72	1,28	6,4
AI.840.60	19,38	0,62	3,1
AV.840.60	16,97	3,03	15,15
AA.680.120	18,61	1,39	6,95
AI.680.120	19,41	0,59	2,95
AV.680.120	17,09	2,91	14,55
AA.760.120	18,54	1,46	7,3
AI.760.120	19,37	0,63	3,15
AV.760.120	16,94	3,06	15,3
AA.840.120	18,52	1,48	7,4
AI.840.120	19,32	0,68	3,4
AV.840.120	16,96	3,04	15,2

As amostras calcinadas foram utilizadas para a avaliação do nível de atividade pozolânica pelo método da condutividade elétrica em solução. Os resultados das medições realizadas são apresentadas na Tabela 3. Observando a diferença da condutividade inicial e final verifica-se que na maioria das condições de queima, as argilas calcinadas apresentam alto nível de atividade com a solução de hidróxido de cálcio, o que indica que estas argilas podem ser consideradas de alto índice de atividade pozolânica, com exceção das argilas AI.840.(60 – 120) consideradas moderadas.

Tabela 3 - Pozolanidade por condutividade das argilas calcinadas

Identificação da amostra	Condutividade inicial (mS/cm)	Condutividade final (mS/cm)	Δ (mS/cm)	Índice de atividade pozolânica
AA.680.60	7,338	4,403	2,935	Alta
AI.680.60	7,212	5,588	1,624	Alta
AV.680.60	7,221	3,695	3,526	Alta
AA.760.60	7,141	4,546	2,595	Alta
AI.760.60	7,474	6,065	1,409	Alta
AV.760.60	7,201	3,318	3,883	Alta
AA.840.60	7,393	5,339	2,054	Alta
AI.840.60	7,173	6,233	0,940	Moderada
AV.840.60	7,422	3,438	3,984	Alta
AA.680.120	7,312	4,427	2,885	Alta
AI.680.120	7,415	5,716	1,699	Alta
AV.680.120	7,180	3,116	4,064	Alta
AA.760.120	7,146	4,573	2,573	Alta
AI.760.120	7,401	6,097	1,304	Alta
AV.760.120	7,260	3,391	3,869	Alta
AA.840.120	7,269	5,685	1,584	Alta
AI.840.120	7,369	6,574	0,795	Moderada
AV.840.120	7,402	3,579	3,823	Alta

Nas curvas DTA e TG das figuras 4, 5 e 6 podem ser percebidos picos discretos e alguns acentuados próximos as temperatura de 300°C e 500°C. Podem ser percebidas também inflexões de ambas as curvas. Acredita-se que estes picos e estas variações nas inclinações das curvas, podem estar relacionadas com a perda de água, oxidação das impurezas orgânicas e desidroxilação, provocando a amorfização e desorganização da microestrutura do material. Para uma melhor análise térmica serão confeccionadas análises químicas e curvas derivadas no futuro.

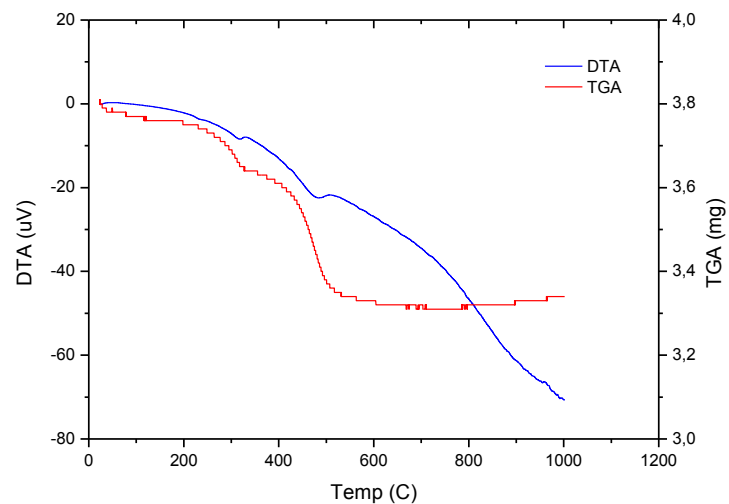


Figura 4 - Análise térmica diferencial e termogravimétrica da Argila Amarela

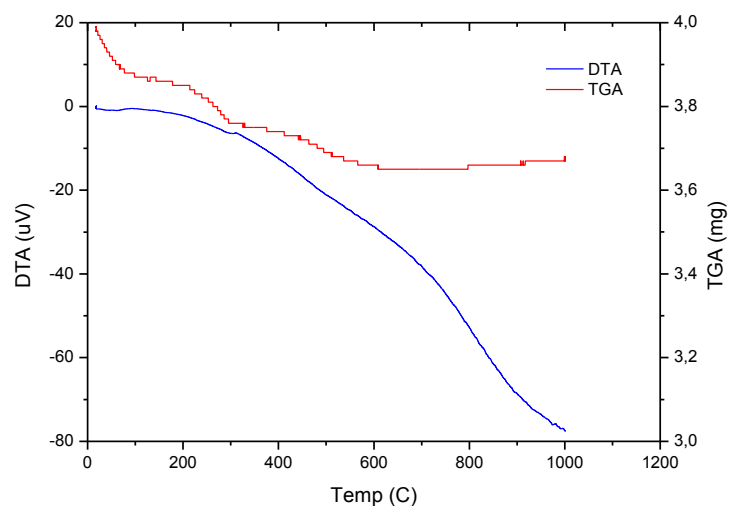


Figura 5 - Análise térmica diferencial e termogravimétrica da Argila Intermediária

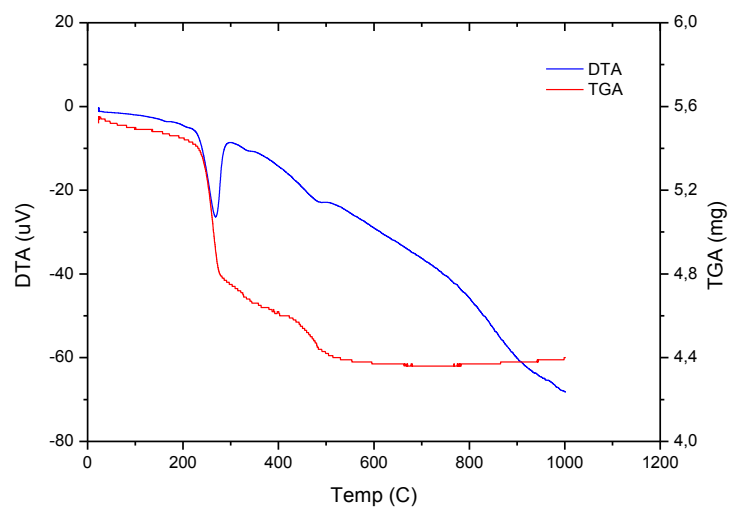


Figura 6 - Análise térmica diferencial e termogravimétrica da Argila Vermelha

4. CONCLUSÃO

As argilas estudadas apresentaram aproximadamente 80% da massa de partículas com tamanho inferior a 0,075mm. A ativação térmica das argilas se mostrou eficientes em todas as três temperaturas testadas (680, 760 e 840°C). As três argilas calcinadas apresentaram alto índice de atividade pozolânica pelo método previsto por Luxan (1985), com exceção da Al calcinada a 840°C. Os autores ressaltam que são necessários mais estudos sobre a determinação da pozolanicidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fوسفertil S/A., a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 6457. Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- LUXAN, M.P.; Madruga, F.; Saavedra, J.. Rapid Evaluation of Pozzolanic Activity of Natural Products by Conductivity Measurement. Cement and Concrete Research. Vol. 19, p.63-68, 1989. Printed in the USA. Copyright (c) 1989 Pergamon Press plc.
- SANTOS, R. L. C.; SOBRAL, L. G. S.; ARAÚJO, R. V. V. Equipe Técnica Fوسفertil/CMT. Produção de Fوسفato no Brasil: Complexo de Mineração de Tapira / Fوسفertil. Contribuição Técnica do Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia Coordenação de Metalurgia Extrativa - CETEM/MCT. XIX ENTMME – Recife, 2002.