

Estudo Comparativo dos Efeitos de Aditivos Naturais sobre uma Massa para Pavimentos Cerâmicos por Via Seca

*Lineo Aparecido Gaspar Junior**, *Marcos Henrique de Oliveira Souza*,
Maria Margarita Torres Moreno

IGCE/UNESP, campus de Rio Claro
Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro - SP, Brasil
**e-mail: lingaspar@ig.com.br*

Resumo: A composição química e mineralógica das argilas utilizadas no pólo cerâmico de Santa Gertrudes (Formação Corumbataí) é muito variável, principalmente nas proporções relativas de seus componentes, assim, são encontradas argilas de comportamento fundente até as de comportamento refratário. Como as características do produto final (no caso, revestimento cerâmico) devem ser constantes, existe a necessidade de se corrigir as variações através da adição de outros materiais (não necessariamente outra argila). Um fator positivo da introdução de novos materiais seria a exploração racional das minas de argila, evitando-se a exaustão precoce das mesmas. No entanto, tais materiais devem estar localizados próximos às indústrias cerâmicas para evitar aumento nos custos de produção. Neste trabalho se fez a comparação da eficiência entre um diabásio proveniente de um dique da região de Limeira e fácies graníticas dos Complexos Itu e São Roque, coletados nas cidades homônimas, como aditivos fundentes no processo por via seca, a fim de se corrigir uma massa de comportamento refratário pertencente à Formação Corumbataí na região de Rio Claro (SP). Como ferramentas de análises utilizaram-se: difração de raios X e descrição macroscópica e microscópica para análise mineralógica; fluorescência de raios X, para análise química; e como parâmetros físicos cerâmicos, absorção de água, porosidade aparente, resistência mecânica à flexão, cor de queima e retração linear de queima. Todas as amostras apresentaram boas propriedades físico-cerâmicas utilizando proporções entre 5 e 10% de aditivos, havendo-se destacado as misturas com o leucodiabásio devido ao seu alto teor em fundentes e a sua granulometria mais fina. Todas as peças aditivadas com os granitos ficaram mais claras, melhorando o aspecto visual.

Palavras-chave: *aditivo, via seca, argila, diabásio, granito.*

1. Introdução

Apesar de, no último decênio, o Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes ter se tornado o de maior produção do Brasil, o mesmo carece de conhecimento tecnológico suficiente da principal matéria-prima utilizada, ou seja, as argilas da Formação Corumbataí, que se apresentam, em geral, adequadas para a fabricação de pisos cerâmicos por via seca, porém, sem garantia de constância na qualidade. Além da falta de estudos acerca destas argilas, ocorrem outros dois problemas graves, que certamente terão destaque a médio e a longo prazo. O primeiro problema é o esgotamento das minas de argila conhecidas atualmente na região, devido à falta de critérios na exploração que, infelizmente, tem merecido pouca atenção. Além da mistura entre níveis argilosos dentro de uma mesma mina e entre minas diferentes, uma possível solução seria a incorporação de materiais naturais, que agiriam como corretivos para as massas.

O segundo problema está na dificuldade de padronizar as massas cerâmicas com estas matérias-primas, comprometendo a constância das propriedades mineralógicas, químicas e físicas das referidas massas e, conseqüentemente, a qualidade do produto final. Numa mesma mina existem níveis argilosos com propriedades fundentes ou refratárias, plásticas ou não plásticas, assim como variações na granulometria e nos teores de contaminantes. Para melhorar a constância das massas, podem-se incorporar materiais naturais capazes de corrigir as deficiências da matéria-prima argilosa. Contudo, a incorporação de tais aditivos está obrigatoriamente condicionada a dois fatores: estes devem estar localizados próximos às indústrias cerâmicas e também devem estar disponíveis em proporções economicamente viáveis. Alguns trabalhos têm sido divulgados^{1,2} onde foram usados como aditivos materiais residuais de rochas, obtendo

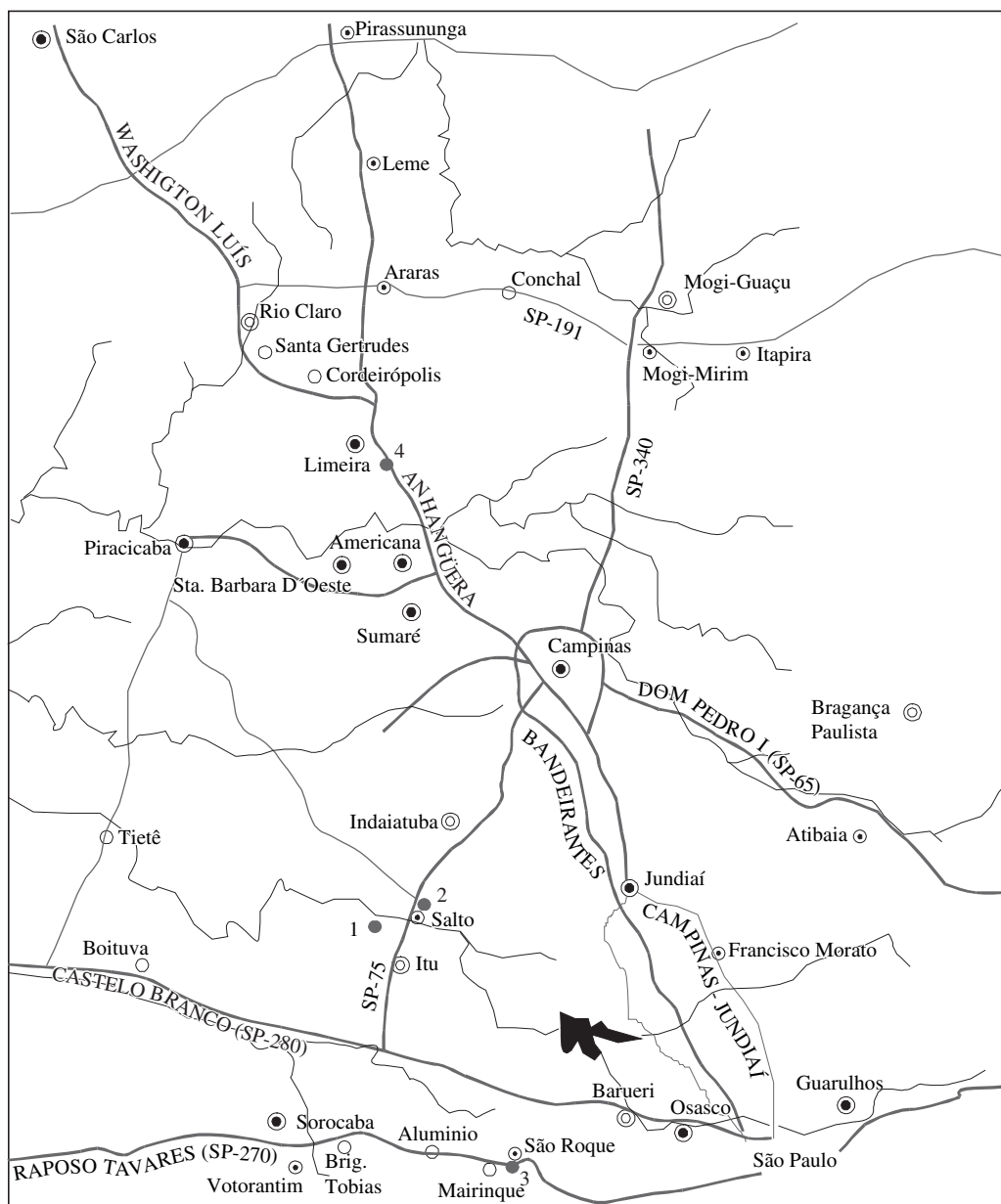
melhoria nas propriedades cerâmicas e potencializando uma aplicação benéfica do ponto de vista ambiental.

Neste trabalho foi avaliada a eficiência de um diabásio (proveniente de um dique da região de Limeira) e de fácies graníticas (dos Complexos Itu e São Roque coletados nas cidades homônimas) como aditivos fundentes, a fim de se corrigir uma massa cerâmica, de comportamento refratário, composta de níveis argilosos provenientes de uma mina próxima ao município de Rio Claro, pertencente à Formação Corumbataí.

2. Metodologia

Os trabalhos de coleta de amostras foram realizados em quatro áreas: 1) no Distrito de Assistência próximo ao município de Rio Claro (SP), onde foram coletados três níveis argilosos de uma mina da Formação Corumbataí, 2) nos arredores da cidade de São Roque para a coleta de uma fácies granítica do Complexo São Roque³; 3) na região de Itu para a coleta das rochas graníticas do Complexo Itu⁴ e 4) na periferia da cidade de Limeira para a coleta do diabásio⁵ proveniente de um dique. A coleta das fácies graníticas foi efetuada em afloramentos, ao passo que a coleta do diabásio foi efetuada amostrando o rejeito do material britado de uma mina em atividade. A Figura 1 mostra os pontos de coleta.

Os trabalhos de laboratório se dividiram em: análise mineralógica (composta por Descrição Macroscópica, Descrição Microscópica e Difração de Raios X), análise química (por Fluorescência de Raios X) e ensaios tecnológicos cerâmicos. A descrição macroscópica consistiu na análise visual das amostras ao passo que a descrição microscópica



Legenda

- 1- Jazida de Granito Vermelho próximo a cidade de Salto
- 2- Jazida de Granito Rapakivi próximo a cidade de Salto
- 3- Jazida de Granito Cinza próximo a cidade de São Roque
- 4- Jazida de Leuco-Diabásio Cavinato próximo a cidade de Limeira

Figura 1. Mapa de localização dos pontos de coleta.

na confecção de lâminas delgadas que foram observadas com o auxílio do microscópio óptico CARL ZEISS JENA.

Para a realização da análise mineralógica e química, as amostras foram britadas, quarteadas e moídas a uma granulometria passante em peneira de abertura 74 µm (peneira 200 mesh, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas). A análise mineralógica foi realizada por Difratometria de Raios X utilizando radiação CoK α . A análise química foi efetuada pelo método de Fluorescência de Raios X, sendo que as amostras foram fundidas com metaborato e tetraborato de lítio.

Com as três amostras de argila foram formuladas quatro massas para escolher a de melhor comportamento cerâmico (M4), segundo Gaspar Junior⁶, a qual foi aditivada com duas fácies graníticas do

Complexo Itu (amostras GI-1 e GI-2), com uma fácies granítica do Complexo São Roque (amostra GSR) e com o diabásio coletado (amostra DB), sob três proporções: 5, 10 e 15%. As argilas componentes da massa básica foram moídas em moinho de cruzeta a uma granulometria passante em peneira ABNT 30, ao passo que os aditivos foram moídos em moinho de tungstênio até uma granulometria passante em peneira ABNT 200. Tais combinações resultaram nas massas cerâmicas MGI1-5, MGI1-10 e MGI1-15 (para massas aditivadas com o granito GI-1), MGI2-5, MGI2-10 e MGI2-15 (para massas aditivadas com o granito GI-2), MGRS-5, MGRS-10 e MGRS-15 (para massas aditivadas com o granito GSR) e MDB-5, MDB-10 e MDB-15 (para massas aditivadas com o diabásio DB). Com estas massas foram prensados corpos de prova com controle da densidade

aparente a verde ($1,75 \text{ g.cm}^{-3}$), por meio de prensa manual, com dimensões de $7 \times 2 \times 1 \text{ cm}$ e umidade controlada a 8%. Os corpos de prova foram então queimados em forno gradiente de laboratório a temperaturas de 1020, 1070 e 1120 °C. Os corpos de prova queimados foram submetidos aos ensaios de resistência mecânica, absorção de água, porosidade aparente e retração linear de queima.

3. Resultados e Discussões

As duas fácies graníticas do Complexo Itu (GI-1 e GI-2) possuem características macroscópicas relativamente diferentes: enquanto a primeira possui textura inequigranular (cristais de tamanhos diferentes), coloração avermelhada, com feldspato potássico, quartzo e plagioclásio perfazendo a mineralogia, a segunda possui textura porfiróide (matriz fina composta de quartzo e feldspatos com grandes cristais de feldspatos imersos nesta), com fenocristais de feldspato potássico avermelhado, freqüentemente ou parcialmente manteados por coroas de plagioclásio, constituindo textura tipo *rapakivi* (textura anelar mais grossa); a coloração é rósea, e os minerais identificáveis a olho nu são quartzo, microclínio e plagioclásio.

A fácies granítica do Complexo São Roque (GSR) é representada por um granito inequigranular médio de coloração cinzenta, sendo identificáveis a olho nu quartzo, feldspato potássico e plagioclásio.

A amostra de diabásio coletada (DB) é leucocrática (coloração mais clara), fanerítica (os cristais são visíveis a olho nu), pouco inequigranular apresentando cristais pequenos a médios, sendo identificáveis a olho nu quartzo, plagioclásio e piroxênio.

A análise microscópica das lâminas é concordante com a mineralogia obtida por Difração de Raios X para todas as amostras. Para a amostra GI-1, observou-se a presença de microclínio, quartzo, oligoclásio e,

secundariamente, biotita. Como minerais traços foram observados titanita, apatita e zircão, e como minerais de alteração foram encontrados a caulinita, epidoto, clorita e illita. A ocorrência de máficos é muito restrita e a quantidade de microclínio e oligoclásio são equivalentes.

Para a amostra GI-2, observou-se a presença de quartzo, microclínio e oligoclásio como minerais essenciais e biotita como mineral acessório. Apatita, titanita e zircão são encontrados como traços e ocorre clorita como produto de alteração da biotita. A proporção entre o microclínio e o plagioclásio é de aproximadamente 2:1.

Para a amostra GSR tem-se quartzo, microclínio e oligoclásio como minerais essenciais e biotita como mineral acessório. Notam-se veios de epidotos preenchendo fraturas e também traços de titanita, apatita, allanita e opacos. O teor de minerais máficos nesta amostra é maior do que o teor de máficos das amostras do Complexo Itu.

A amostra DB apresenta teores de máficos bem menores do que outras rochas básicas encontradas na região⁵; este fato, aliado à coloração clara do diabásio (leucodiabásio), indica que este corpo de diabásio sofreu uma segregação magmática. A textura varia de subofítica (cristais de plagioclásio envolvidos por piroxênios) a intergranular (ripas de plagioclásio intercalados com cristais granulares de piroxênios). Observou-se quartzo, plagioclásio (labradorita), augita, pigeonita, clorita, hornblenda e opacos.

A análise mineralógica por Difração de Raios X coincidiu, em linhas gerais, com a análise microscópica. Os difratogramas das duas fácies graníticas do Complexo Itu são semelhantes entre si, sendo que o principal fator diferencial é o tamanho dos picos de microclínio e oligoclásio. Nos difratogramas correspondentes às amostras GI-1 (Figura 2) e GSR, o pico de oligoclásio (feldspato sódico) é maior que o pico de microclínio (feldspato potássico), ao passo que para a amostra GI-2, a situação é inversa. Observou-se também magnetita

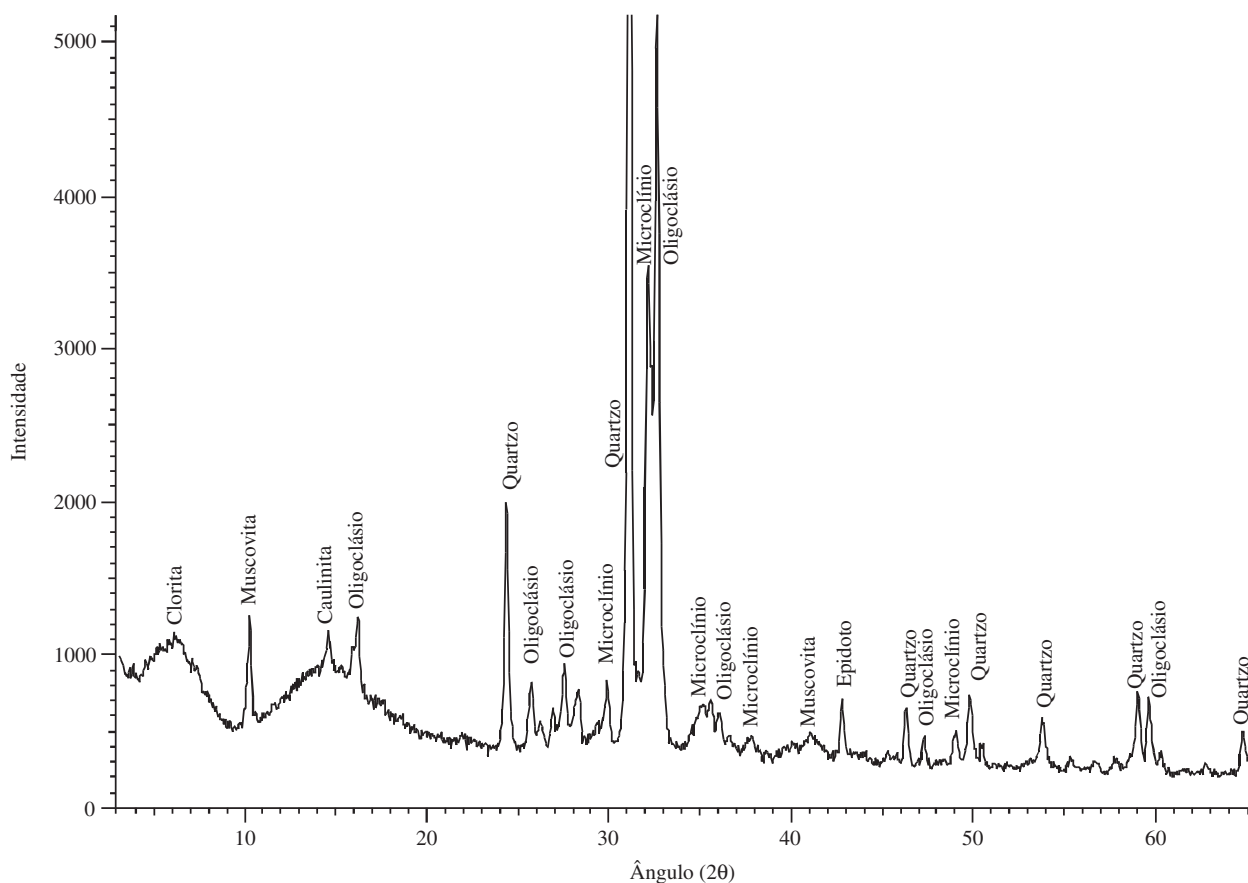


Figura 2. Difratograma do granito GI-1 (CoK α), onde nota-se a presença de quartzo, microclínio, oligoclásio (sendo este predominante sobre o microclínio), muscovita, caulinita, clorita e epidoto.

na amostra GI-2, mineral não identificado na análise microscópica. O difratograma da amostra DB (Figura 3) aponta quartzo, plagioclásio (labradorita), augita, pigeonita, magnetita, ilmenita e argilomineral a 14Å podendo ser clorita ou esmectita. Os picos possuem dimensões semelhantes, sendo que nenhum deles se destaca particularmente.

Com relação à análise química, o teor de SiO₂ das três fácies graníticas é similar, sendo um pouco menor na GSR; em compensação, o teor de Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO e MgO é bem maior, devido à maior quantidade de máficos e de minerais de alteração (clorita, muscovita e caulinita) sendo que estes últimos proporcionam maior valor de perda ao fogo. O Na₂O é maior nas amostras GI-1 e GSR, porque nestas amostras predomina o oligoclásio (feldspato sódico); por outro lado, o K₂O é maior na amostra GI-2, onde o microclínio (feldspato potássico) é dominante. No caso do diabásio, percebe-se que o teor em SiO₂ é bastante alto para uma rocha básica⁵ (por volta de 51%); possui um teor de Fe₂O₃ bastante elevado (cerca de 16%), devido à ocorrência dos piroxênios, magnetita e esmectita. O teor de CaO é o mais elevado dentre todas as amostras, relacionado à ocorrência nesta de piroxênios (augita e pigeonita). O teor de MgO apresenta valor anômalo por causa da ocorrência associada de piroxênios, clorita e esmectita. As altas proporções de Na₂O e K₂O são devidas aos feldspatos. A perda ao fogo é relativamente baixa devido à pequena concentração de minerais hidratados. Estas características levam a

classificar o diabásio como um aditivo com propriedades fundentes. A Tabela 1 exhibe o resultado completo da análise química.

Com relação aos ensaios físicos cerâmicos (Figura 4), as misturas que apresentaram os melhores resultados (em relação ao módulo de ruptura à flexão, porosidade aparente e absorção de água) foram aquelas aditivadas com o diabásio (MDB1, MDB2 e MDB3); em seguida as misturas MGI1-5, MGI-10, MGI2-5, MGSR-5 e MGSR-10. Com valores não tão bons, mas ainda adequados, estão as misturas MGI-15, MGI2-10, MGI2-15 e MGSR-15. Estes resultados indicam que, em escala laboratorial, exceto no caso do diabásio, a aditivação de materiais a essa massa cerâmica básica (M4), pelo método da via seca, pode atingir até aproximadamente 10%.

As amostras aditivadas com o diabásio apresentaram os melhores resultados porque nelas a sinterização foi mais efetiva, devido ao fato desse material ser mais rico em fundentes e possuir uma granulometria mais fina que a dos granitos. Entretanto, notou-se que para as amostras MDB2 e MDB3 (respectivamente com 10 e 15% de adição de diabásio) à temperatura de queima de 1120 °C, os corpos de prova atingiram maior grau de fusão (deformaram-se), resultando uma resistência mecânica elevada e absorção de água e porosidade aparente muito baixos (Figura 4c), significando que, para aditivações com até 5% de diabásio nessas massas cerâmicas, os corpos de prova podem ser queimados até a temperatura de 1120 °C, mas para adições com

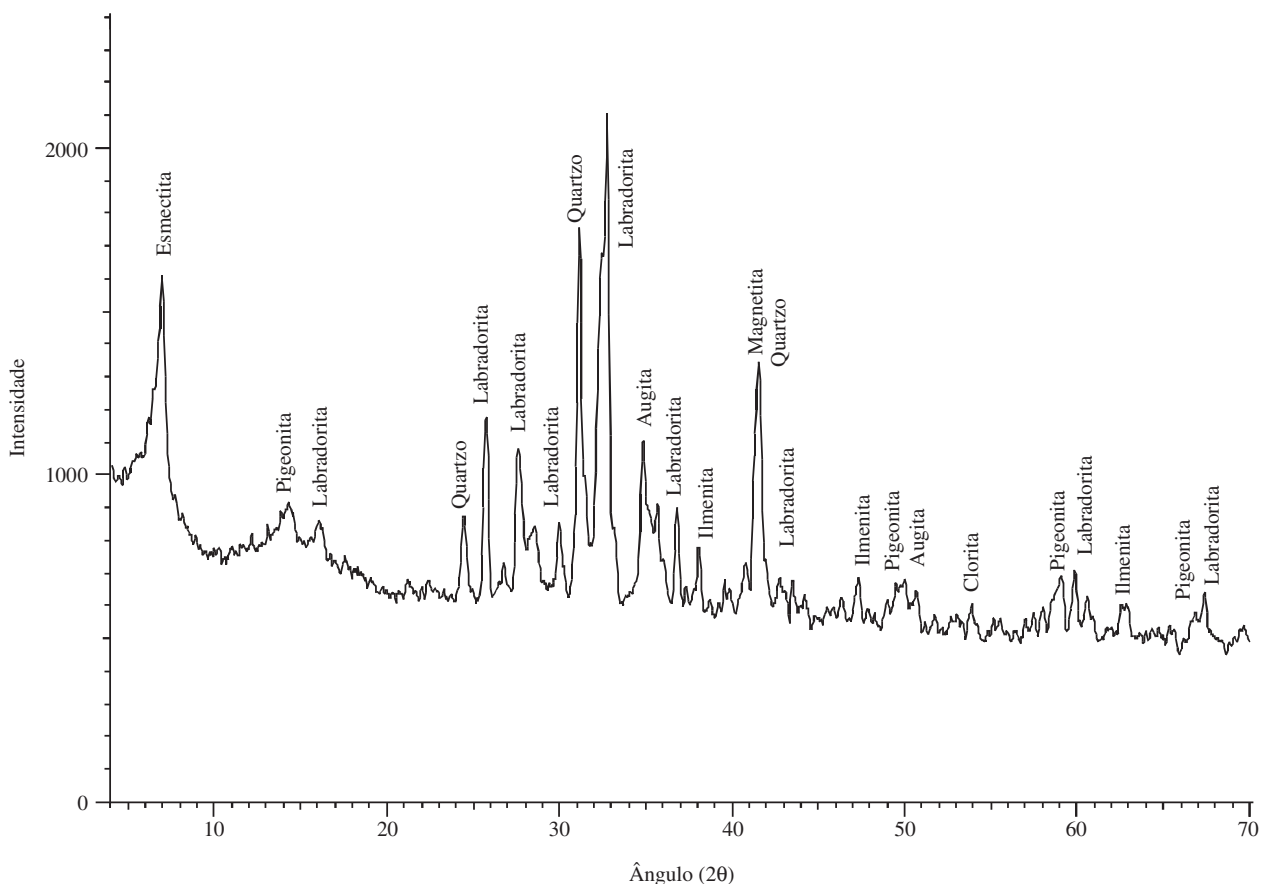


Figura 3. Difratograma do diabásio (DB) - CoK α , onde nota-se a presença de quartzo, labradorita, augita, pigeonita, magnetita, ilmenita, clorita e esmectita.

Tabela 1. Composição química das amostras coletadas.

Amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
GI1	74,98	13,8	1,67	0,69	0,31	3,37	4,46	0,04	0,24	0,06	0,36
GI2	74,72	13,15	1,96	0,91	0,36	3,2	5,53	0,04	0,32	0,09	0,21
GSR	70,73	14,33	2,68	2,24	0,57	3,76	4,61	0,04	0,29	0,15	1,03
DB	51,57	13,2	16,26	6,14	1,73	3,65	2,23	0,13	2,3	1,65	1,09

10 e 15% de material a temperatura de queima deve estar abaixo de 1070 °C (Figuras 4a e 4b).

As misturas aditivadas com o granito GI-1 (MG11-5 e MG11-10) do Complexo Granítico Itu, apresentaram bons valores de propriedades físicas cerâmicas. Isto ocorreu provavelmente porque no granito GI-1 predomina o feldspato sódico (oligoclásio) sobre o feldspato potássico (microclínio), além desta amostra possuir uma granulometria mais fina que a dos demais granitos estudados. Em relação às amostras aditivadas com o granito GI-2 do Complexo Itu, uma delas apresentou bons resultados (MG12-5), enquanto em outras duas os resultados não foram tão bons (MG12-10 e MG12-15). Isto pode ter

ocasionado pelo fato de no granito GI-2 o feldspato predominante ser o potássico (microclínio) e não o sódico. Outro fator importante que pode ter gerado queda de valores das propriedades físicas é a granulometria grossa e a textura *rapakivi* (textura anelar mais grossa) deste. Portanto, para esta fácies granítica, a proporção máxima de aditivo seria de 5% aproximadamente.

As misturas aditivadas com o granito GSR do Complexo São Roque com 5 e 10% (MGSR-5 e MGSR-10, respectivamente) também apresentaram bons resultados nos ensaios físicos cerâmicos, pois também possuem feldspato sódico predominando sobre o potássico na sua composição mineralógica. Porém, seus valores ficaram um pouco mais baixos que os atingidos pelas misturas aditivadas com o granito GI-1 (MG11-5, MG11-10). Isso pode ser atribuído ao teor mais elevado de máficos presente nos granitos do Complexo São Roque³.

Os aditivos estudados, além de tornarem as massas cerâmicas mais fundentes, contribuíram para aumentar a resistência mecânica, reduzir a retração de queima dos corpos de prova e permitir o clareamento das cores de queima (para massas aditivadas com granitos), enobrecendo assim o produto final.

4. Conclusões

Do trabalho realizado podem ser extraídas as seguintes conclusões:

- As amostras adicionadas com o diabásio apresentaram os melhores resultados devido ao teor mais elevado em fundentes (em relação a todos os outros aditivos), associado a uma granulometria fina;
- Acima de 5% de diabásio aditivado à massa básica M4, o índice de absorção de água ficou menor que 0,5% não sendo adequado para ser empregado em revestimentos cerâmicos BIIb (absorção de água entre 6 e 10%). Neste caso, a temperatura de queima teria de ser diminuída, significando economia de energia na indústria cerâmica;
- As amostras aditivadas com o granito GI-1 apresentaram bons valores de ensaios físicos cerâmicos pelo fato desse aditivo possuir altos teores de fundentes e uma granulometria mais fina (dentro os granitos utilizados) o que ajudou na estruturação do produto cerâmico final;
- As misturas aditivadas com o granito GSR também apresentaram bons resultados nos ensaios físicos cerâmicos, devido aos valores elevados de fundentes. A queda nos valores em relação aos das massas aditivadas com o granito GI-1, pode ser atribuída ao teor mais elevado de máficos presente nos granitos do Complexo São Roque;
- O comportamento das amostras aditivadas com o Granito GI-2 em relação aos outros granitos não foi muito bom (mas ainda considerados adequados), provavelmente pela predominância do feldspato potássico (microclínio) sobre o sódico, além da granulometria grossa do granito GI-2, que gerou uma distribuição granulométrica de prensagem mais grossa. Para resolver esse problema seria necessário um tempo de moagem maior desse material; e
- A adição dos granitos às massas cerâmicas gerou um clareamento nos corpos de prova contribuindo na estética do produto.

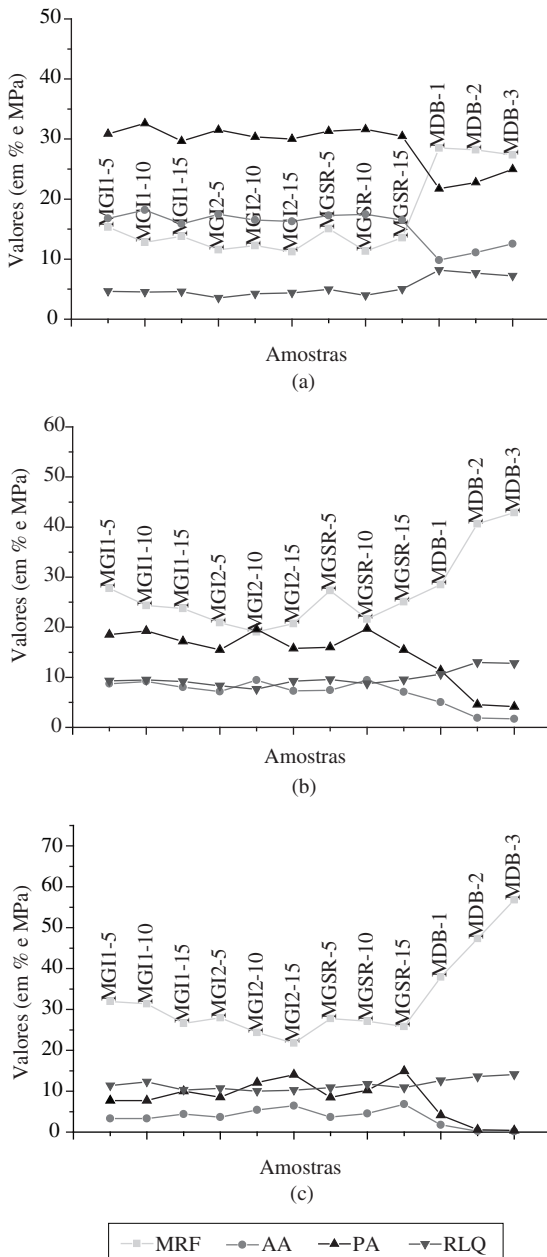


Figura 4. Gráfico dos resultados dos ensaios físicos cerâmicos a 1020 °C (gráfico a), a 1070 °C (gráfico b) e a 1120 °C (gráfico c). Legenda: MRF = módulo de ruptura à flexão (MPa); AA = absorção de água (%); PA = porosidade aparente (%); RLQ = retração linear de queima (%).

Referências

1. Rebmann, M. S.; Coelho, H. P. T.; Salvetti, A. R. Efeito da adição de filler de basalto em massa cerâmica vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABC, 2001. CD-ROM
2. Nunes R. L. S.; Ferreira, H. S.; Neves, G. A. Reciclagem de resíduos de granito para uso na indústria de revestimentos cerâmicos. In: CONGRES-

- SO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 46, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABC, 2002. CD-ROM.
3. Godoy, A. M.; Hackspacker, P. C.; Oliveira, M. A. F. Geoquímica das rochas granitóides da Folha de São Roque – SP. **Revista Geociências**, Rio Claro, v. 15, n. especial, p. 67-68, out./dez. 1996.
 4. Galembeck, T. M. B. **O Complexo múltiplo, centrado e pluriserial Itu - SP**. 1997. 374 f. Dissertação (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
 5. Monteiro, R. L.; Gomes, C. B. Características Petrográficas e Químicas de uma Intrusão Básica localizada no Município de Tanquinho – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988, v. 3, p. 1311-1325.
 6. Gaspar Jr, L. A. **Adição Experimental de novos materiais às argilas da região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes (SP)**. 2003. 170 f. Dissertação (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.



Faenza Editrice
do Brasil Ltda.

Faenza Editrice do Brasil Ltda.
Tel. 55 19 3533.5047 / Fax. 55 19 3532.1389
Av. Visconde de Rio Claro nº 1.082 - Centro - Rio Claro-SP - CEP. 13500-580