

Utilização de Resíduo da Exploração do Mármore Bege Bahia em Massa Cerâmica para Produção de Blocos Cerâmicos

(Use of residue from the exploitation of Marble Bege Bahia in ceramic mass for the production of Ceramic Blocks)

G. M. Miranda¹; R. T. da Silva¹; T. G. Machado¹; T. F. C. Gentil¹; R. B. de Assis²;

¹Instituto Federal da Bahia – IFBA/Campus Jacobina
Avenida Centenário, 500. Nazaré. Jacobina-BA. CEP: 44700-000.

²Instituto Federal da Bahia – IFBA/Campus Santo Amaro
Travessa São José, s/nº, Bomfim, Santo Amaro/BA | CEP: 44.200-000
e-mail: mirandanones@gmail.com

Resumo

A proposta desse trabalho é utilizar os rejeitos de mármore Bege Bahia, constituído por calcita, em incorporação em massa cerâmica para a produção de blocos cerâmicos estruturais. Neste estudo foram preparados quatro grupos de amostras com 5, 10, 15 e 20% de resíduo mineral e um grupo com a massa padrão, sem resíduo. As matérias-primas utilizadas foram caracterizadas por fluorescência e difração de raios – X (FRX e DRX). As amostras foram compactadas numa prensa uniaxial com pressão de 3 MPa, colocadas numa estufa por 24 h numa temperatura de secagem de 57°C. Em seguida foram queimadas a 850°C, 900°C e 1000°C durante 60 minutos. Após a queima, foram realizados os ensaios tecnológicos de Absorção de Água – AA, Porosidade Aparente – PA, Retração Linear – RL e resistência à flexão em três pontos. As Formulações com 15 e 20% de resíduo apresentaram os melhores resultados, demonstrando ser possível a utilização desse resíduo mineral.

Palavras chave: Resíduo mineral, massa cerâmica, Mármore Bege Bahia

Abstract

The purpose of this study is to use the tailings of marble Bege Bahia, composed of calcite, in incorporation in ceramic mass for the production of structural ceramic blocks. In this study were prepared four groups of samples with 5, 10, 15 and 20% of mineral residue and a group with the default mass, without residue. The raw materials were characterized by x-ray diffraction and fluorescence - X (FRX AND XRD). The compact pressure was the 3 MPa, placed in an oven for 24 h in a drying temperature of 57°C. Then burned at 850°C, 900°C and 1000°C during 60 minutes. After the burning, were performed technological tests of water absorption - AA, Apparent Porosity - PA, Linear Retraction - RL and resistance to flexion in three points. The formulations with 15 and 20% of residue presented the best results, demonstrating that it is possible to use this mineral residue.

Keywords: Mineral residue, ceramic mass, Marble Bege Bahia

INTRODUÇÃO

A produção mineral e os bens industrializados produzidos pelo homem atingiram números nunca vistos ou imagináveis pela humanidade. Ao lado da produção industrial em alta escala, tem-se à geração de resíduos industriais e urbanos. [1]

Resíduos sólidos ou semissólidos são subprodutos que resultaram de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. As indústrias de processamento e beneficiamento mineral se destacam pela quantidade de resíduos produzidos, que caminham paralelamente ao volume de produção[1].

A extração do mármore Bege Bahia, conhecido como mármore Travertino Nacional, iniciou-se a partir da utilização da rocha como pedra portuguesa para calçamentos na década de 50. Posteriormente passou a ser extraído na forma de blocos para recorte de chapas e utilização como mármore efetivamente. [2]

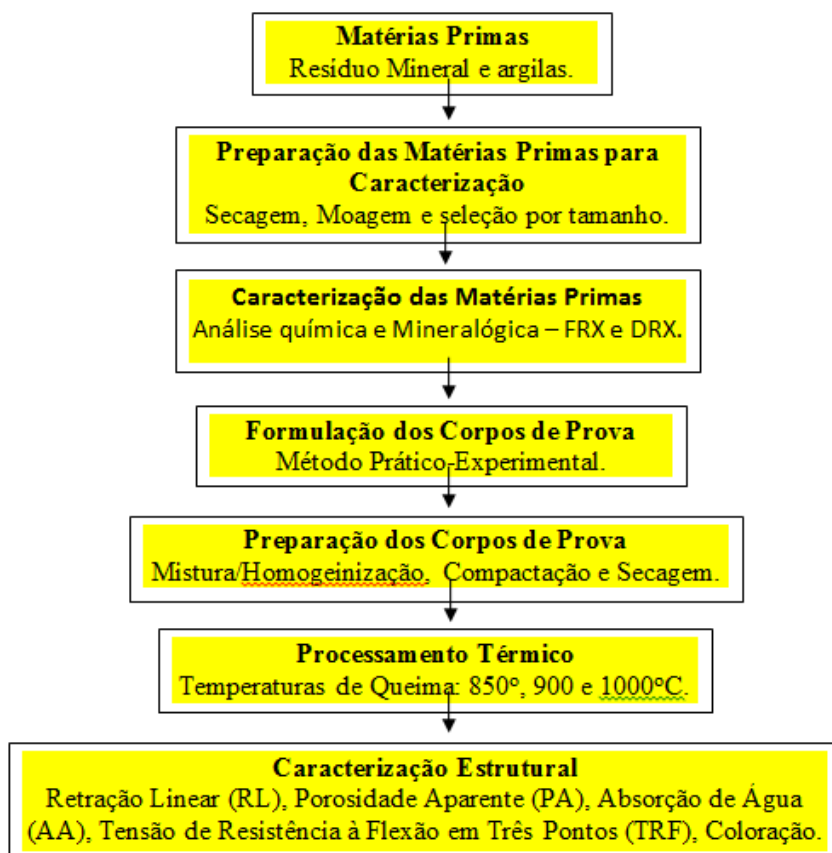
A exploração do mármore Bege Bahia é marcada por dois períodos distintos. O primeiro vai da sua descoberta, nos idos da década de 50, até o final dos anos 90 e caracterizou-se essencialmente pela produção de blocos brutos com extração feita com uso de fio helicoidal e até com produção manual. O segundo período iniciou-se no ano de 2000 com a instalação, por uma mineradora, do primeiro tear diamantado, seis vezes mais produtivo que o tear convencional. Assim, o que antes funcionava basicamente como um grande polo produtor de materiais em bruto, transformou-se em um promissor polo de desdobramentos de blocos e, com a instalação de novos teares diamantados, a produção passou a ser quase toda ela industrializada. A partir daí, o mármore Bege Bahia passa a ser beneficiado nas proximidades das minas, reduzindo custo de frete e agregando valor significativo à rocha. [2]

Na região do Piemonte da Chapada o destaque na extração de blocos de Bege Bahia se dá na cidade de Ourolândia, sendo o beneficiamento realizado na cidade de Jacobina-BA. Durante a extração desse mineral (mármore), ocorrem impactos ambientais como, lançamento de efluentes líquidos provenientes da lavagem das rochas, manutenção de equipamentos, manutenção da estrutura local, a remoção da cobertura vegetal do solo que contribui para o aumento da concentração de sólidos e turbidez das águas, devido ao carreamento, principalmente em período chuvoso. A disposição inadequada das pilhas de rejeitos também favorece o assoreamento de cursos d'água e obstruções de nascentes. [3]

A proposta desse trabalho foi utilizar os rejeitos de mármore Bege Bahia, constituído por calcita, em incorporação em massa cerâmica para a produção de blocos cerâmicos estruturais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma simplificado apresentado na Figura 1 apresenta a sequência adotada para obtenção e análise da influência do resíduo da exploração de mármore bege Bahia em massa cerâmica para a produção de blocos cerâmicos, atingindo-se os objetivos propostos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1 – Fluxograma para a produção de blocos estruturais cerâmicos com resíduo de mármore bege Bahia.

Matérias Primas

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram uma argila, obtida numa jazida no município de Miguel Calmon – BA, e o resíduo da exploração de mármore bege Bahia obtido na região de Jacobina-BA. Ambos passaram por processo de secagem em estufa com temperatura de 57°C, durante 24 horas; sendo cominuídos em moinho de bolas (esferas de aço) durante 1 hora. Posteriormente foram processados em almofariz com pistilo para desaglomeração do material formado.

O peneiramento da argila e do resíduo foi realizado numa peneira com malha de 200 mesh, equivalendo a peneira ABNT nº 200. Em seguida foram encaminhados amostras para análise de fluorescência e difração de raios – X.

Formulação dos Corpos de Prova

Na formulação das massas cerâmicas é comum se utilizar do Planejamento Experimental e Estatístico com o intuito de diminuir o número de experimentos necessários para a otimização das mesmas. A escolha do procedimento deve-se as características das matérias primas utilizadas, bem como da aplicação das mesmas. [4]

Neste trabalho optou-se pelo procedimento experimental prático para a montagem das formulações, produzindo-se um total de 04 (quatro) formulações distintas, conforme Quadro I.

Quadro I – Composição e nomenclatura das formulações.

| NOMENCLATURA DAS AMOSTRAS | RESÍDUO MINERAL % | ARGILA % |
|--|------------------------------|---------------------|
| G | 5 | 95 |
| M | 10 | 90 |
| F | 15 | 85 |
| A | 20 | 80 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Preparação dos Corpos de Prova

Na preparação dos corpos de prova, combinando-se percentuais de argila e resíduo de mármore bege Bahia, conforme Quadro I, foram preparados três amostras por formulação e temperatura de queima, totalizando 36 (trinta e seis amostras).

As amostras foram pesadas (12 g cada), umedecidas e misturadas com água destilada (percentual próximo de 10% em peso), adquirindo consistência plástica para o processo de conformação. Em seguida foram colocadas em sacos plásticos, preservando sua umidade, pelo período de descanso de 24 horas.

O processo de conformação dos corpos de prova foi realizado através de prensagem uniaxial com uma prensa hidráulica com capacidade para 15 toneladas, utilizando uma matriz metálica com dimensões 60 mm x 20 mm x 2 mm. Foi utilizada uma pressão de compactação de 3 toneladas, durante 30 segundos.

Após a compactação os corpos de prova foram identificados e colocados para secagem numa estufa elétrica por um período de 24 horas, numa temperatura de 110°C.

Processamento Térmico

Os corpos de prova foram queimados num forno tipo Mufla. A taxa de aquecimento adotadas foi de 10°C/min. A isoterma foi de 1 hora nas temperaturas de 850°, 900° e 1000°C.

Caracterização Estrutural

As propriedades tecnológicas dos corpos de prova foram determinadas através das análises dos resultados dos ensaios de Absorção de Água (AA%), Porosidade Aparente (PA%), Retração Linear de Queima (RLq%) e Tensão de Ruptura em Três Pontos (TRF); além da análise visual da coloração obtida.

Na análise da coloração dos corpos de prova, os mesmos foram agrupados de acordo com a temperatura de queima, perfazendo três grupos e, em seguida, sendo fotografados; percebendo-se a variação de tonalidade das peças com o aumento na temperatura de queima e teor de resíduo mineral utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

A argila utilizada neste trabalho (Miguel Calmon – BA) apresenta um $9 < IP < 15$, sendo considerada medianamente plástica. O resíduo mineral, por sua vez, é um material não plástico.

As matérias-primas utilizadas neste trabalho passaram pelo processo de cominuição mecânica, seguido pela etapa de peneiramento; sendo utilizado material particulado com granulometria passante na peneira de 200 mesh.

A Tabela I mostra o resultado de fluorescência de raios – X realizado na argila de Miguel Calmon – BA e a Tabela II no resíduo mineral do mármore bege Bahia.

Tabela I – Análise semi-quantitativa da argila de Miguel Calmon – BA – FRX.

| ÓXIDOS | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | SO ₃ | MgO | Cl | P ₂ O ₅ | Outros |
|--------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------|-----------------|------|------|-------------------------------|--------|
| % | 56,14 | 32,33 | 1,76 | 6,41 | 0,96 | 0,38 | 0,22 | 1,40 | 0,07 | 0,07 | 0,26 |

Tabela II – Análise semi-quantitativa do resíduo do mármore bege Bahia – FRX.

| ÓXIDOS | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | MgO | Cl | Outros |
|--------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|------|--------|
| % | 5,79 | 1,04 | 0,48 | 0,34 | 0,08 | 82,02 | 9,70 | 0,44 | 0,11 |

Na argila observa-se que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com teor de 56,14%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, propiciando redução na plasticidade da argila. O outro óxido em maior

proporção é o Al_2O_3 com 32,33%, geralmente combinado formando os argilominerais. O feldspato com teor de 1,76% é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando queimado entre 950° e 1000°C . O óxido de ferro – Fe_2O_3 possui teor de 6,41%, propiciando uma tonalidade escura na massa cerâmica após a queima. O teor de 1,40% de MgO está associado a presença de dolomita.

No resíduo de mármore bege Bahia o óxido presente em maior quantidade é óxido de cálcio – CaO , com 82,02%, seguido pelo óxido de magnésio – MgO , que são agentes fundentes e propiciam uma diminuição na refratariedade dos corpos cerâmicos; indicando a presença de dolomita e massas calcárias que requerem moagem e temperaturas de queima aproximadamente a 1100°C . [5]

O outro óxido presente é a sílica (SiO_2) com 5,79% e a alumina (Al_2O_3) com 1,04%, constituindo os argilominerais.

A Figura 2 mostra o difratograma da argila de Miguel Calmon – BA utilizada neste trabalho.

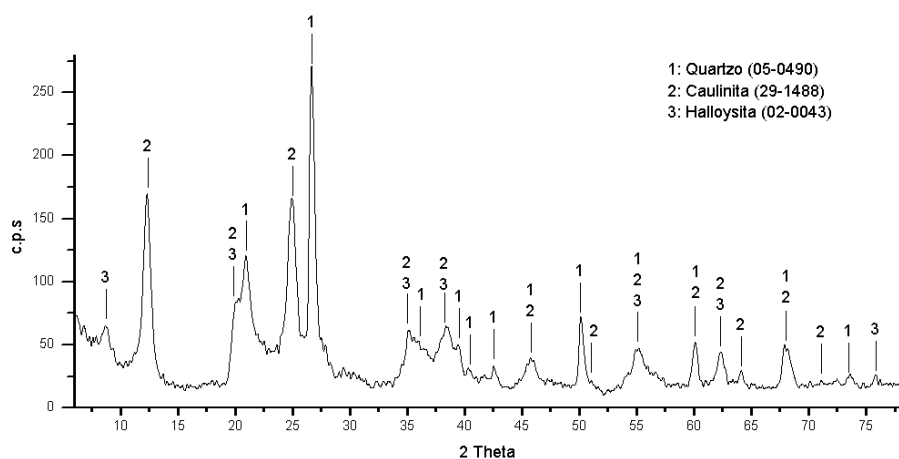


Figura 2 – Difratograma da argila de Miguel Calmon-BA.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO_2), caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por fluorescência de raios-X. A halloysita presente indica a presença de dolomita.

A Figura 3 mostra o difratograma do resíduo mineral do mármore bege Bahia utilizado neste trabalho, apresentando a análise mineralógica dessa matéria prima.

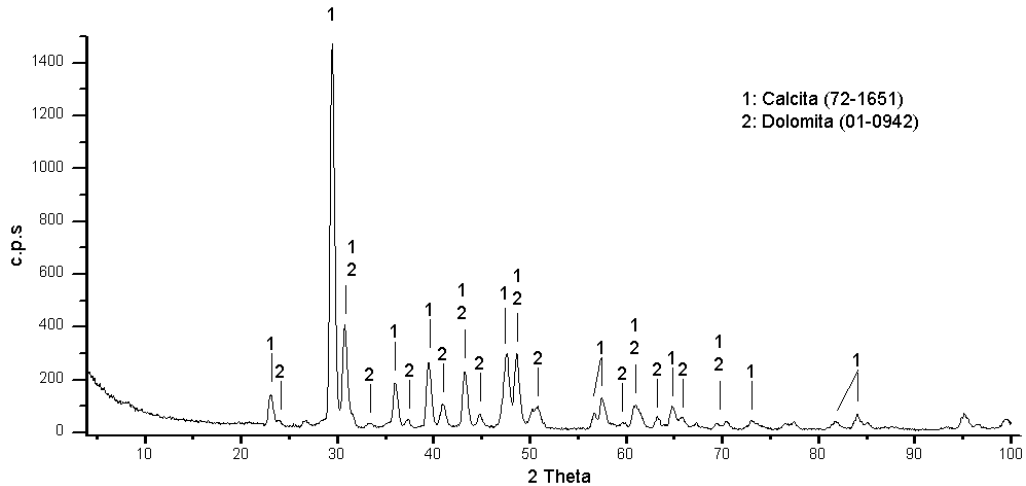


Figura 3 – Difratoograma do resíduo mineral do mármore bege Bahia.

No difratograma realizado no resíduo percebe-se a presença dos minerais calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], minerais da classe dos silicatos; estando de acordo com a análise por fluorescência de raios-X.

Ensaio Tecnológicos

A Figura 4 mostra o resultado do ensaio de Retração Linear, com desvio padrão de no máximo 0,5%, realizado nas formulações nas diferentes temperaturas de queima.

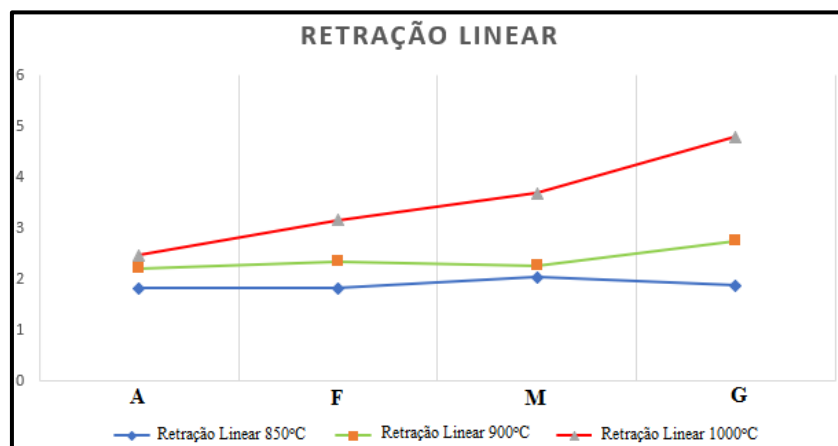


Figura 4 – Gráfico de retração linear nas formulações.

É perceptível que os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente na retração linear com o aumento de temperatura de queima, apresentando os menores valores a 850°C e os maiores a 1000°C.

Notadamente, quanto maior o percentual de resíduo de mármore bege Bahia maior será a retração linear; fato este não verificado na formulação M a 900°C e formulação G a 850°C, embora encontrando-se dentro da margem de erro.

A Figura 5 mostra o resultado do ensaio de absorção de água (AA) nas formulações estudadas, com desvio padrão de no máximo 1%.

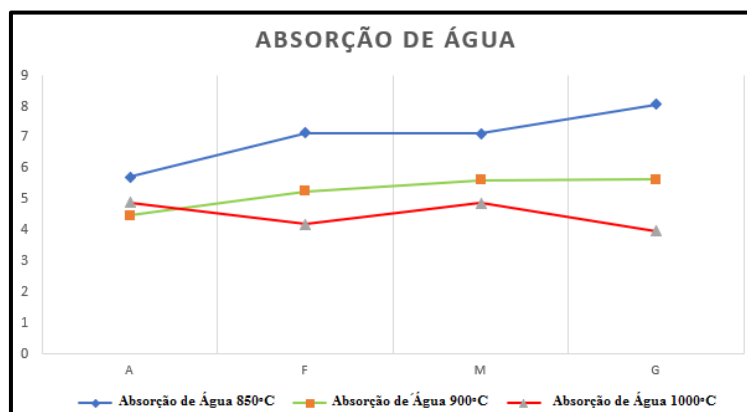


Figura 5 – Gráfico de absorção de água nas formulações.

O resultado de absorção de água nas formulações está coerente com os resultados obtidos no ensaio de retração linear apresentados na Figura 4. Há uma redução na absorção de água com o aumento crescente na temperatura de queima dos corpos cerâmicos, nas formulações estudadas. A maior absorção de água foi verificado na formulação G na temperatura de 850°C, ficando em torno de 8%, enquanto a menor absorção, em torno de 4%, foi verificado nessa mesma formulação na temperatura de 1000°C. Notadamente, quanto maior o percentual de resíduo mineral, em temperaturas abaixo de 900°C, maior será o teor de absorção de água.

A Figura 6 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente (PA) nas formulações estudadas, com desvio padrão não superior a 1,4%.

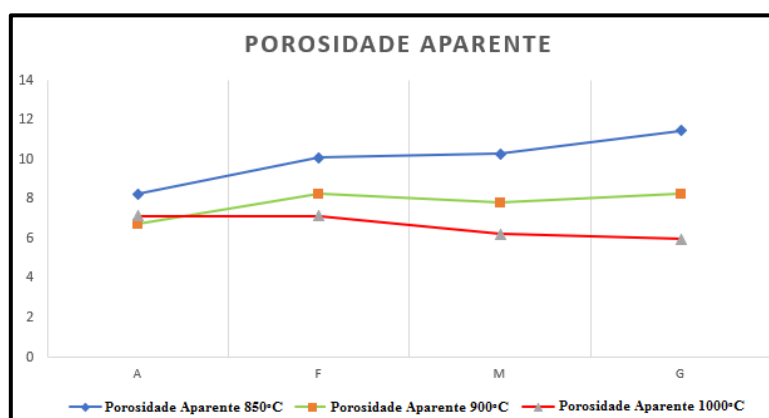


Figura 6 – Gráfico da porosidade aparente nas formulações.

Os resultados do ensaio de porosidade aparente nos corpos de prova das formulações estudadas estão em conformidade com os resultados de absorção de água e retração linear de queima. Percebe-se, no geral, uma diminuição na porosidade aparente com o aumento na

temperatura de queima. Na faixa de temperatura de queima entre 850°C e 900°C ocorre uma variação em torno de 1 a 2%; variando-se de acordo com o teor de resíduo utilizado. Na faixa entre 900°C e 1000°C, a redução maior na porosidade ocorre nas formulações com maior teor de resíduo de mármore bege Bahia.

A Figura 7 mostra o resultado do ensaio de resistência à flexão em três pontos realizada nos corpos de prova das formulações estudadas.

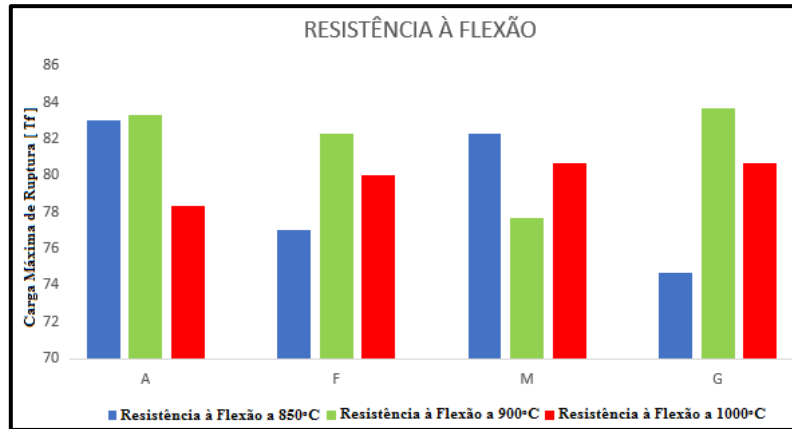


Figura 7 – Gráfico de resistência à flexão das formulações.

Os maiores valores de resistência à flexão são percebidos nas formulações com menor quantidade de resíduo. Entretanto, esses valores estão bem próximo dos alcançados nas formulações com percentual maior de resíduo mineral; estando em conformidade com os resultados tecnológicos anteriores.

Coloração dos corpos de prova após a queima

As Figuras de 8 a 10 mostram as fotos dos corpos de provas das formulações estudadas nas diferentes temperaturas de queima.

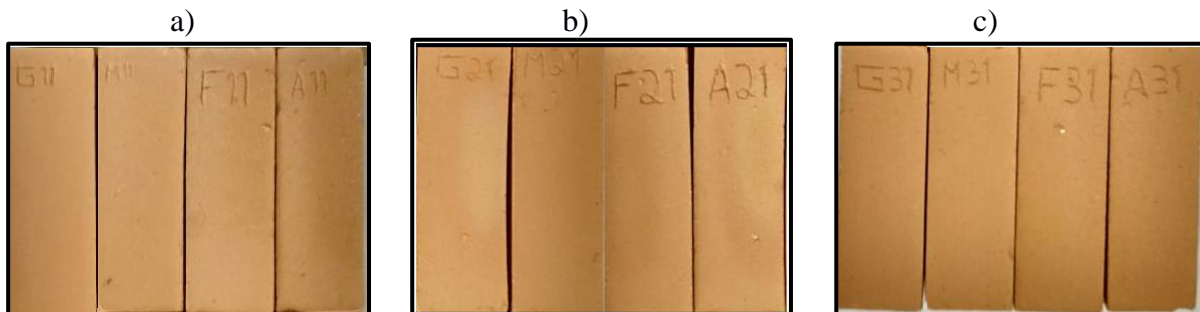


Figura 8 – Fotos dos corpos de prova das formulações estudadas na temperatura de a) 850°C, b) 900°C e c) 1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min, no tempo de 1 hora.

Percebe-se que nas temperaturas de queima estudadas praticamente não há alteração na tonalidade dos corpos de prova com aumento do teor do resíduo mineral do mármore bege Bahia; fato este explicado pelo fato do mesmo apresentar um teor de óxido de ferro – Fe_2O_3 inferior a 0,5%. Temperaturas mais elevadas propiciam a formação de um produto final com tonalidade mais escura.

CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios tecnológicos demonstram que a incorporação de resíduo de mármore bege Bahia em massa cerâmica não interferem significativamente nas propriedades tecnológicas do produto final, podendo ser utilizado em substituição à calcita em formulações cerâmicas. Os resultados obtidos indicam ser interessante a utilização deste resíduo em massa cerâmica para a produção de blocos estruturais; bem como em telhas e demais produtos cerâmicos. Comparativamente, as formulações com 15 e 20% apresentaram os melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção do IFBA – Campus Jacobina pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a PRPGI/IFBA pelo aporte financeiro na apresentação do trabalho e ao Laboratório de Caracterização de Materiais – LCM do IFBA/Campus Salvador pelas análises químicas realizadas.

REFERÊNCIAS

- [1] R. R. Menezes *et al.*. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim para a produção de corpos múltiplos. *Revista Cerâmica*, São Paulo, v. 53, n. 328, p.388-395, out./dez. 2007.
- [2] A. C. F. E. T., Magalhães; H. G. Vasconcelos.. Mármore Bege Bahia: dos tempos pretéritos ao panorama atual. *Panorama de Rochas ornamentais na Bahia*, Salvador, Superintendência de Geologia e Recursos minerais, 1994.
- [3] SEBRAE-MS (Ed.). *Gestão de resíduos sólidos: uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas*. São Paulo: Instituto Envolverde: Ruschel & Associados, 2012. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilhas/gestao_de_residuos_solidos-sebrae.pdf>. Acesso em: 20 de abril, 2018.
- [4] R. M. P. R. Macêdo.. *Aplicação da Metodologia de Planejamento de Experimentos para Formulação de Massas Cerâmicas para Telhas*. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 103 f. Natal-RN. 2007.
- [5] E. Más. *Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha*. Editora Pólo Produções Ltda. São Paulo, 2002.