



INCORPORAÇÃO DE CASCA DE OVO EM MASSA CERÂMICA

Tercio Graciano Machado¹
Maicon Breno N. Silva²
Djalma Valério R. Neto³
Flanelson Maciel Monteiro⁴
Beliato Santana Campos⁵
Raimison Bezerra de Assis⁶

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

Resumo

A incorporação do cálcio presente nas cascas de ovos é uma alternativa de baixo custo à calcita utilizada como matéria prima em massa cerâmica, cujo processo de extração possui um elevado consumo energético. Dessa forma, a proposta deste trabalho é incorporar as cascas de ovos cominuídas em moinho de bolas em massa cerâmica. Para tanto foram preparadas três grupos de amostras com 10, 15 e 20% de cascas de ovos com granulometria inferior a 200 mesh em massa cerâmica. As matérias primas utilizadas (argila e casca de ovo) foram caracterizadas por FRX e DRX. As amostras foram compactadas numa prensa uniaxial com pressão de 3 MPa, sendo em seguida identificadas e colocadas numa estufa por 24 h, com temperatura de 54°C. Em seguida foram queimadas a 850, 900 e 1000°C durante 60 minutos, com taxa de aquecimento de 10°C/min. Após a queima, foram realizados os ensaios tecnológicos de Absorção de Água – AA, Porosidade Aparente – PA, Retração Linear – RL e Perda ao Fogo - PF. As Formulações com 10 e 15% de resíduo de casca de ovo apresentaram os melhores resultados, indicando ser possível a utilização desse resíduo com ganhos técnicos e ambientais.

Palavras-chave: Reciclagem; Resíduo; Meio ambiente

¹Prof. Dr.. IFRN – Campus Natal Central/DIACIN, gracianomil@hotmail.com.

²Discente. IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, tercio@ifba.edu.br

³Técnico. IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

⁴Prof. Dr. IFRN – Campus Natal Central, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

⁵Prof. Dr. IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, belycampos10@gmail.com

⁶Prof. Dr. IFBA – Campus Santo Amaro/DEPEN, raimisondeassis@gmail.com

INTRODUÇÃO

Atualmente é perceptível a crescente necessidade de preservação ambiental, existe uma tendência de escassez dos recursos naturais e a utilização de novos produtos cerâmicos dotados de propriedades funcionais cada vez melhores, tem de maneira especial estimulado a pesquisa em direção à aplicação de materiais de baixo custo (CASAGRANDE *et al.*, 2008). Desta forma, podemos observar que, o setor de cerâmica se revela como uma alternativa na busca da valorização e aproveitamento de grande quantidade de materiais descartados, de diversos tipos e origens, quando comparado aos métodos tradicionais.

Para Dondi *et al.* (1997) e Menezes *et al.* (2007), as principais razões que tornam o setor cerâmico atrativo para a valorização e aproveitamento de resíduos sólidos são relacionados como: a disponibilidade da indústria cerâmica, particularmente o setor voltado para materiais para construção civil, devido à utilização de grandes quantidades de matérias-primas naturais; a possibilidade de menor consumo de matérias-primas naturais; não causa grandes modificações no processo produtivo; tem uma larga variabilidade da composição química e mineralógica; e a possibilidade de inertização do resíduo poluente na matriz cerâmica.

É notadamente evidente que a indústria de cerâmica vermelha no Brasil tem grande importância no cenário da construção civil devido à expressiva produção nacional de blocos cerâmicos, telhas, manilhas e elementos vazados.

No Brasil o ovo galináceo é um produto de baixo custo e largamente consumido pela maioria da população. É sabido que a industrialização deste produto gera vantagens econômicas, porém produz no Brasil cerca 172.000 toneladas de resíduo em forma de casca por ano (FREIRE *et al.*, 2008). Em geral, a maioria do resíduo de casca de ovos gerado no Brasil tem sido descartado no meio ambiente. Embora o resíduo de casca de ovos não seja considerado perigoso, ele não pode ser simplesmente descartado em aterros

Realização



Apoio





sanitários e lixões. Isto se deve ao fato de atrair ratos e vermes causando problemas ambientais e de saúde pública. O resíduo de casca de ovo é composto principalmente de carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo uma importante fonte de CaO (FREIRE, 2008).

A proposta central deste artigo é incorporar as cascas de ovos cominuídas em moinho de bolas em massa cerâmica e verificar sua eficácia para utilização em materiais cerâmicos. O resíduo será aplicado em substituição ao material fonte de cálcio, o mineral calcita.

METODOLOGIA

O fluxograma simplificado apresentado na Figura 01 mostra a sequência adotada para a incorporação de cascas de ovos em massa cerâmica.

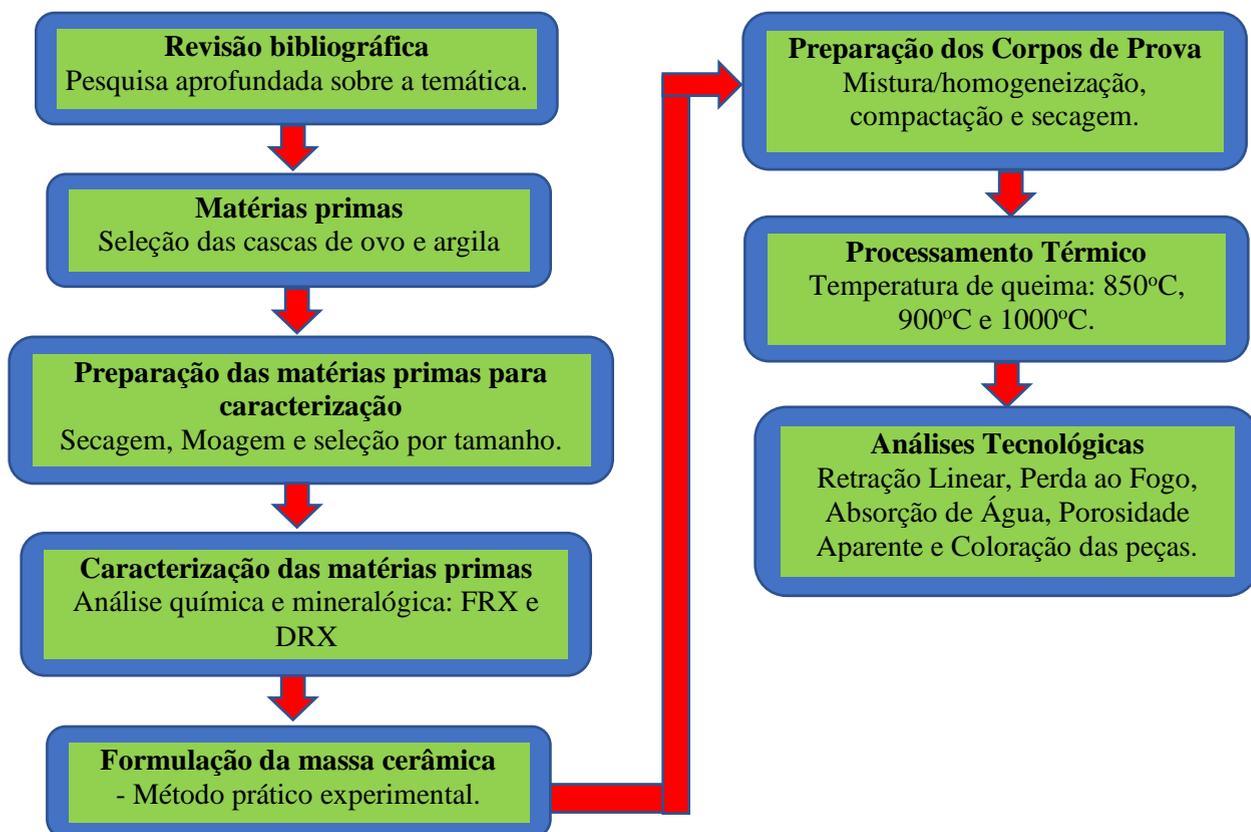


Figura 01: Fluxograma da metodologia adotada no projeto.

Realização

Apoio

Matérias Primas

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram uma argila, obtida numa jazida no município de Miguel Calmon – BA, e resíduos de cascas de ovos. 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 desaglomerarão do material formado. O peneiramento da argila e das cascas de ovos foi realizado em peneira com malha de 200 mesh (normalização da ABNT). Em seguida, a argila foi encaminhada 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 amostras. A escolha do procedimento deve-se as características das matérias primas utilizadas, bem como da aplicação das mesmas (MACÊDO, 2007).

Neste trabalho optou-se pelo procedimento experimental prático para a montagem das formulações, produzindo-se um total de 04 (quatro) formulações distintas, conforme Quadro 01.

| NOMENCLATURA DAS AMOSTRAS | ARGILA (%) | RESÍDUO DAS CASCAS DE OVO (%) |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| C | 100 | - |
| M | 90 | 10 |
| A | 85 | 15 |
| I | 80 | 20 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 01: Composição e nomenclatura das formulações.

Realização

Apoio

Preparação dos Corpos de Prova

Na preparação dos corpos de prova, combinando-se percentuais de argila e resíduo de cascas de ovos, conforme Quadro I, foram preparadas duas amostras por formulação e temperatura de queima, totalizando 24 (vinte e quatro 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 Perda ao Fogo (PF%); 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.

Realização

Apoio

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

. Caracterização da Argila

A argila utilizada neste trabalho (argila do município de Miguel Calmon – BA) foi considerada medianamente plástica, apresentando valores de índice de plasticidade entre $9 < IP < 15$. A Tabela 01, mostra o resultado de Fluorescência de Raios X, realizado na argila de Miguel Calmon – BA.

| 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 01: Análise semiquantitativa da argila de Miguel Calmon – BA – FRX.

O principal óxido presente na argila é o SiO₂, com teor de 56,14%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, o que proporcionara na massa uma redução na plasticidade da argila.

O segundo óxido mais abundante é o Al₂O₃ com 32,33%, geralmente combinado formando os argilominerais. O óxido de potássio - K₂O (na forma do mineral feldspato potássico), com teor de 1,76%, é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando o material é queimado entre 950° e 1000°C.

O óxido de ferro – Fe₂O₃ possui teor elevado de 6,41%, propiciando na massa cerâmica uma tonalidade alaranjada, intensificando-se com o aumento progressivo na temperatura de queima. O teor de 1,40% de MgO está associado a presença de dolomita (MÁS, 2002).

Na análise química do resíduo de casca de ovo realizado via fluorescência de Raios X, percebe-se que 98,88% é de carbonato de Cálcio (CaCO₃). Os demais óxidos presentes totalizaram 1,12% (Fe₂O₃, SiO₂ e outros), sendo considerado impurezas.

A Tabela 02 mostra a análise química por fluorescência de Raios X realizado no

Realização

Apoio

resíduo de casca de ovo.

| ÓXIDOS | CaCO ₃ | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Outros |
|--------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------|
| % | 98,88 | 0,45 | 0,10 | 0,57 |

Tabela 02: Análise semiquantitativa dos resíduos de casca de ovo – FRX.

A Figura 02 mostra o difratograma da argila de Miguel Calmon – BA utilizada neste trabalho.

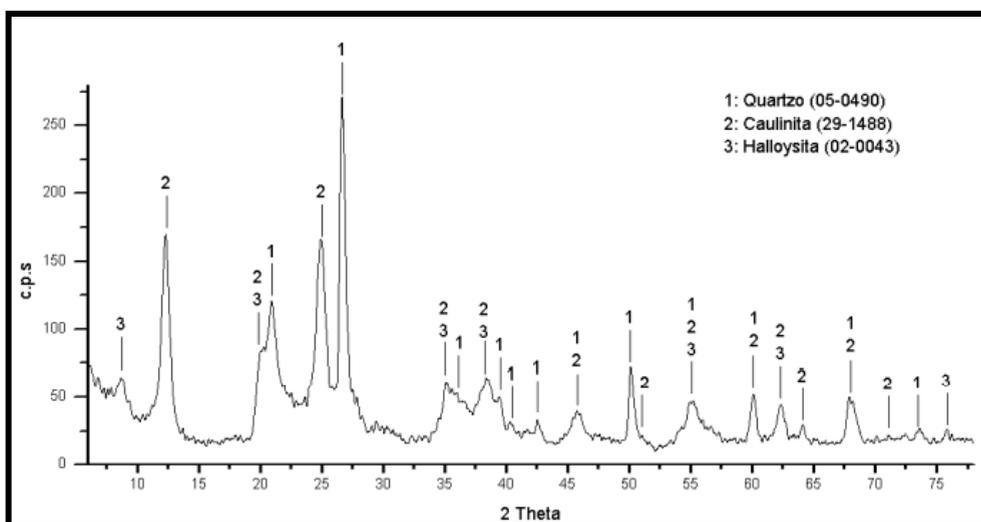


Figura 02: Difratograma da argila de Miguel Calmon-BA.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO₂) e caulinita [Al₂Si₂O₅(OH)₄], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por Fluorescência de Raios - X. A haloisita presente indica a presença de dolomita.

Ensaio Tecnológicos

A Figura 03 mostra o resultado do ensaio de Retração Linear, com desvio padrão de no máximo 0,4%, realizado nas formulações nas diferentes temperaturas de queima.

Realização

Apoio

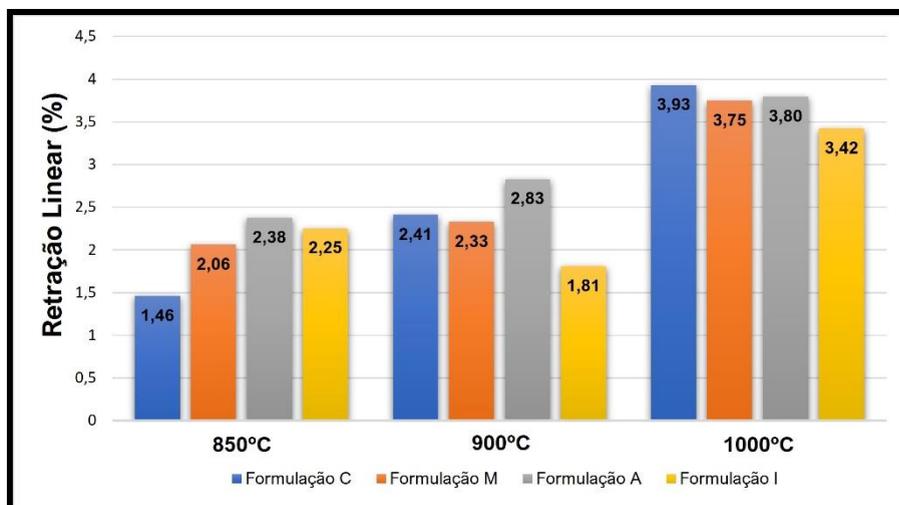


Figura 03: Gráfico de retração linear nas formulações.

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, as amostras das formulações M e A com percentual de resíduo de cascas de ovos, respectivamente de 10% e 15 %, apresentam as maiores retrações lineares; fato este não verificado na formulação M a 900°C e 1000°C, embora encontrando-se dentro da margem de erro.

A Figura 04 mostra o resultado do ensaio de perda ao fogo (PF) nas formulações estudadas, com desvio padrão de no máximo 1%.

Observa-se que os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente da perda ao fogo com o aumento de temperatura de queima, apresentando os menores valores a 850°C (exceto na formulação C, que corresponde a 100% da argila) e os maiores a 1000°C. As formulações A e I com os maiores percentuais de resíduo de cascas de ovos, também, apresentam os maiores valores de perda ao fogo. Sendo a argila (formulação C), possuindo os menores valores de perda ao fogo.

Realização

Apoio

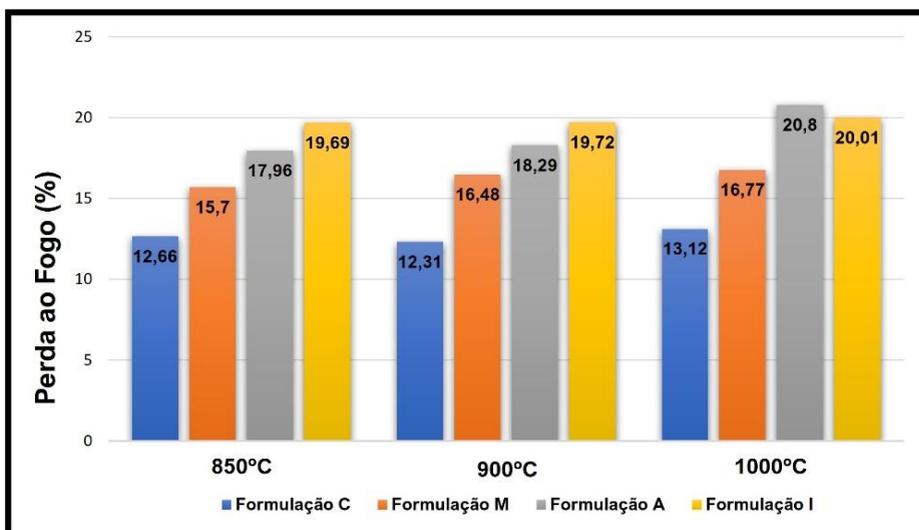


Figura 04: Gráfico de perda ao fogo nas formulações.

A Figura 05 mostra o resultado do ensaio de absorção de água (AA) nas formulações estudadas, com desvio padrão de no máximo 1,4%.

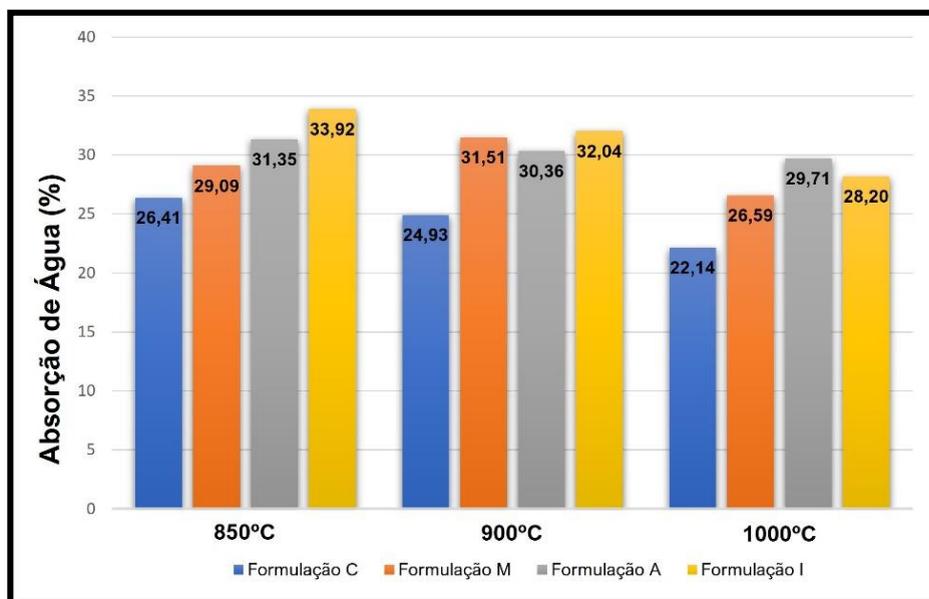


Figura 05: Gráfico de absorção de água nas formulações.

O resultado de absorção de água nas formulações está coerente com os resultados obtidos no ensaio de retração linear apresentados na Figura 03. Há uma redução na

Realização



Apoio



absorção de água com o aumento crescente na temperatura de queima dos corpos cerâmicos, nas formulações estudadas. A maior absorção de água foi verificada na formulação I na temperatura de 850°C, ficando em torno de 33%, enquanto a menor absorção, em torno de 22%, foi verificada na formulação C na temperatura de 1000°C. Notadamente, quanto maior o percentual de resíduo de cascas de ovos, em temperaturas abaixo de 900°C, maior será o teor de absorção de água.

A Figura 06 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente (PA) nas formulações estudadas, com desvio padrão não superior a 1,3%.

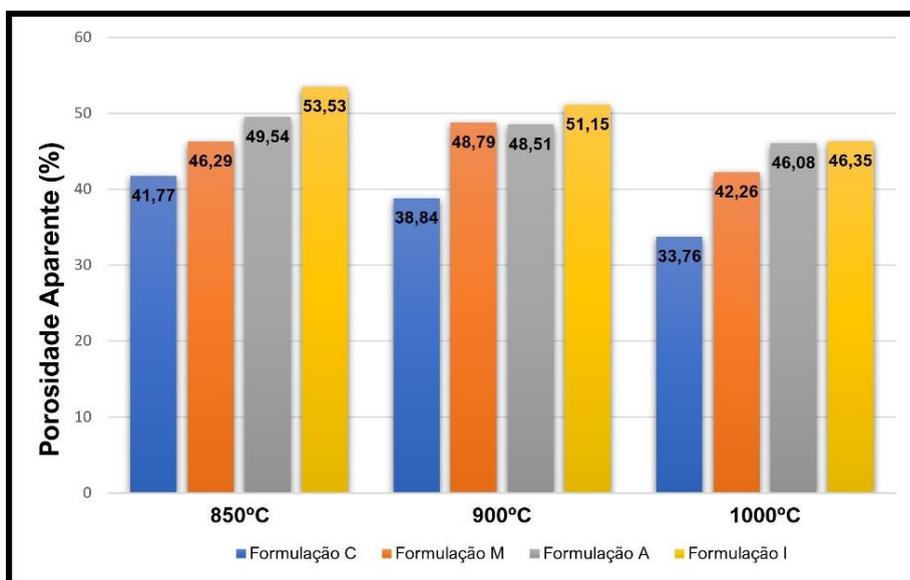


Figura 06: Gráfico de porosidade aparente nas formulações.

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. Observa-se que, na formulação C (correspondente a argila), ocorre a maior redução cerca de 33% na temperatura de 1000°C. Na faixa entre 900°C e 1000°C, a redução maior na porosidade ocorre nas formulações com menor teor de resíduo de cascas de ovos.

Coloração dos corpos de prova após a queima

As Figuras 07A, 07B e 07C mostram as fotos dos corpos de provas das formulações estudadas nas diferentes temperaturas de queima.



Figura 07: 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 há pouca alteração na tonalidade dos corpos de prova devido ao processo de oxidação da mistura da argila com o aumento do teor do resíduo de cascas de ovos. Temperaturas mais elevadas e teor mais alto de resíduo propiciam a formação de um produto com tonalidade pouco mais clara (comparação entre as amostras a 850°C e a 950°C).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que o uso de casca de ovos na matriz cerâmica apresentou dados de absorção de água e porosidade aparente elevados nas temperaturas de queima estudadas nesse trabalho (absorção de água 22,14% - 33%; porosidade aparente 33,7% - 53,5%). Teores elevados do resíduo de casaca de ovos (> 20%) propiciaram uma redução drástica nas propriedades mecânicas das peças, não sendo seu uso aconselhável para uso em peças estruturais. Além disso, no caso de peças cerâmicas extrudadas (telhas, blocos, dentre outras), poderão propiciar um desgaste de partes/componentes, reduzindo-se o tempo de vida útil delas.

Os resultados obtidos indicam ser interessante aplicar o resíduo de casca de ovos em massa cerâmica em temperaturas mais altas; em substituição a calcita.

Comparativamente, as formulações com 10% e 15% do resíduo de casca de ovos testada em temperaturas superiores a 1000°C, podem apresentar resultados interessantes e, assim, atendendo as especificações técnicas, indicando a possibilidade de aplicações diversas em corpos cerâmicos. Para tanto, seria interessante realizar a calcinação do resíduo de casca de ovo, pois nesse processo haveria a transformação do CaCO_3 em CaO ; melhorando-se a qualidade do produto.

A GRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Processamento Mineral – Campus/Natal Central pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a DIPEQ/CNAT/IFRN pelo aporte financeiro na forma de bolsa de pesquisa e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M do IFRN/Campus Natal Central.

R REFERÊNCIAS

Casagrande, M.C; Sartor, M.N; Gomes, V.; Della, V.P; Hotza, D.; Oliveira, A.P. N. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico**. Cerâmica Industrial, vol.13 (2008).

DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. **Recycling of industrial and urban wastes in brick production – a review**. Tile & Brick International, v. 13, p. 218-225 (1997).

FREIRE, M. N.; SOUSA, S. J. G.; HOLANDA, J. N. F.. **Using eggshell in red wall tiles, Waste and Resource Management**, v. 161, p. 23-27 (2008).

MACÊDO, R. M. P. R. **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).

MÁS, E.. **Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha**. Editora Pólo Produções Ltda. São Paulo (2002).

MENEZES, R. R. *et al.*.. **Utilização do Resíduo do Beneficiamento do Caulim na Produção de Blocos e Telhas Cerâmicos**. Revista Matéria, v. 12, n. 1, pp. 226 – 23 (2007).

Realização



Apoio

