

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE PEDRA CARIRI EM MASSAS DE TELHAS CERÂMICAS

Barroso, M.D.B.¹; Marinho, R.M.M.²; Pereira, F.M.¹; Santos, I.S.¹; Melo, P.S.¹;

Universidade Federal do Cariri – UFCA¹

Universidade Regional do Cariri – URCA²

Vieira, F.M.¹;

Rua L 09,83,Cirolândia,Barbalha-CE,63180-000

fiana.vieira@aluno.ufca.edu.br

RESUMO

As operações de mineração e beneficiamento de calcário laminado denominado Pedra Cariri, situada na bacia sedimentar do Araripe, no sul do estado representa um importante segmento econômico do Estado do Ceará. Como resultado dessa exploração produz-se grande quantidade de resíduos. Esse trabalho objetiva avaliar o efeito da incorporação desse resíduo na cerâmica vermelha como matéria-prima alternativa para produção de telhas. Foram formuladas as composições e confeccionados corpos de prova com teores de 0%,5%,10%,12%,15% e 20% em peso de resíduo. A determinação das propriedades físicas e mecânicas tais como: perda ao fogo, retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão foi realizada em corpos de prova prensados uniaxialmente a 27 MPa e queimados à 900 °C. Os resultados indicaram que para um teor até 10% em peso de resíduo há uma melhora das propriedades físicas e mecânicas. Por outro lado quantidades maiores de resíduo comprometem suas propriedades mecânicas.

Palavras-Chave: resíduo, mineração, Incorporação, Pedra Cariri, Telhas cerâmicas.

INTRODUÇÃO

No mundo milhões de toneladas de resíduos inorgânicos são descartados a cada dia nas atividades de mineração e beneficiamento mineral. Normalmente esses

resíduos são depositados em aterros sem qualquer processo de tratamento ou imobilização. Todavia, alternativas de reciclagem e/ou reutilização devem ser investigadas e, sempre que possível, implementadas (1). A abordagem ambiental mais recente, objetiva, exatamente, o desenvolvimento sustentável, com a minimização do descarte dos materiais oriundos das atividades industriais (2).

A ocorrência em abundância da Pedra Cariri –Calcários Laminados- constitui a mais importante e representativa área de mineração situada na bacia sedimentar do Araripe, no sul do estado do Ceará. De acordo com dados oficiais do DNPM (2004), e do CETEM, (2005) as reservas do calcário laminado nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri (área estudada) atingem 114,5 milhões de metros cúbicos, o equivalente a 275 milhões de toneladas. A extração e beneficiamento da lavra são feitos em bancada, de modo seletivo e conduzida a céu aberto. O avanço da extração se dá através de cortes horizontais das camadas que quando formadas por pedras freáveis, arqueadas ou trincadas são rejeitadas e empilhadas próximo à frente da pedreira, compondo pilhas de materiais rejeitados. Estima-se, nesta operação, um rejeito médio entre 60% a 80% do material extraído. O rejeito gerado tem o seu emprego restrito a aterros e melhorias das estradas vicinais. Levantamentos feitos por técnicos da CODECE, apontam para reservas de rejeitos estocados da ordem de 2,4 milhões de toneladas, cuja composição entre outros óxidos destacam-se os teores médios de 54% de CaO e 0,9% de MgO.

A adição dos resíduos num ciclo produtivo deve constituir uma opção de recuperação alternativa desses materiais, que é atrativa tanto no aspecto ambiental, como no econômico. Nesse sentido, a indústria cerâmica vem demonstrando grande potencial para a reutilização de resíduos inorgânicos (3).

Cerâmicas tradicionais como telhas, blocos e revestimento cerâmicos usualmente apresentam grande variação de composição devido ao largo intervalo de composições das argilas utilizadas como matérias-primas para sua fabricação, o que possibilita uma grande tolerância para a incorporação de grandes quantidades de resíduos inorgânicos. O potencial de incorporação de resíduos nas formulações de cerâmicas tradicionais, aliado às elevadas quantidades de recursos naturais consumidos a cada dia por esse segmento industrial, ressalta a importância da reutilização de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas, racionalizando o uso dos recursos naturais (5). A diminuição gradual na abundância dos recursos minerais fez com que fosse estudada a possibilidade em substituir

minerais por fontes alternativas de matérias-primas, como os resíduos industriais de mineração (8), o que está em acordo com uma das mais importantes e difíceis tarefas para o futuro e o desenvolvimento sustentável, a minimização do consumo das matérias-primas tradicionais (3).

Nos últimos anos, várias pesquisas têm sido dedicadas ao estudo da reutilização de resíduos da indústria da mineração e de beneficiamento de rochas ornamentais, com a finalidade de transformar tais resíduos em matérias primas alternativas para a indústria de cerâmicas (10,11).

Assim, esse trabalho tem por objetivo caracterizar os resíduos do beneficiamento da Pedra cariri e avaliar a viabilidade de sua utilização para produção de telhas cerâmicas objetivando melhorar as suas propriedades físicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de rejeito de pedra cariri e amostras de argila provenientes de empresas do município de Barbalha e Crato, Ceará, respectivamente. Os resíduos foram caracterizados por fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (em aparelho Rigaku - ZSXMini II) e difração de raios X utilizando-se um difratômetro Rigaku, operando com intervalo angular de varredura de 17° a 91°, velocidade de 0,5°/min e um passo de 0,02° (2 θ).

A massa cerâmica foi seca a 110°C, desaglomerados em moinho de bolas e peneirados em peneira com abertura de 149 μ m (ABNT N° 100). Formulações foram preparadas através da mistura a seco no moinho de bolas por 2 horas, com proporções de resíduos de 0%, 5%, 10%, 12%, 15% e 20%. Em seguida, foram confeccionados corpos-de-prova de 80 mm x 20 mm x 5 mm por prensagem uniaxial a 27 MPa de forma que a densidade aparente a seco das peças fosse de 1,905 g/cm com desvio-padrão de 0,03 g/cm. Desta forma, há uma garantia que as propriedades de queima avaliadas não foram influenciadas pelo grau de empacotamento das diferentes massas. Tais corpos-de-prova foram queimados a 900°C, mantidos na temperatura de patamar durante 2 horas. Os corpos-de-prova queimados foram submetidos a ensaio de caracterização física e mecânica, através da determinação da absorção de água, cor após a queima, perda ao fogo, retração linear, porosidade aparente e módulo de ruptura a flexão (3 pontos).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela I apresenta as composições químicas, semiquantitativas, dos resíduos estudados.

Tabela I - Composição química das amostras.

Materiais	Composição- %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	CaO	TiO ₂	Outros
Argila	45,717	30,019	9,8082	7,3934	0,2812	1,4661	3,2146	2,1005
Pedra Cariri	2,7488	4,9099	0,6849	0,2286	0,9369	89,453	---	1,039

Pode-se notar que a argila possui uma composição típica de material utilizado para fabricação de cerâmica vermelha, com predominância de SiO₂ e Al₂O₃ possuindo também um alto teor de Fe₂O₃, um óxido corante em quantidade suficiente para dar a coloração avermelhada da peça cerâmica. A coloração avermelhada se dá pela presença de hematita (Fe₂O₃) e a marrom se dá pela presença de magnetita (Fe₃O₄). O titânio caracteriza uma cor mais clara, alaranjado. A amostra de pedra cariri obteve um teor elevado de CaO, um fundente que ajuda a diminuir a temperatura de queima dos tijolos e aumenta densidade da peça, melhorando sua resistência mecânica.

As amostras apresentaram alto teor de álcalis (fundentes), padrão que caracteriza a redução do ponto de fusão da massa e a densificação da peça. A relação entre a sílica e a alumina mostra a quantidade de sílica livre existente, possibilitando medir a plasticidade, a liberação de gases, a estabilidade dimensional e a permeabilidade da argila.

As Fig. I e II mostram os difratogramas de raios X das massas cerâmicas.

De acordo com o a análise química (difratograma) a pedra cariri apresenta, como fase cristalina, apenas a calcita (carbonato de cálcio - CaCO₃), o que fornece ao produto final uma redução nas expansões térmica e por umidade. A resistência da peça final pode diminuir pela formação de trincas decorrente da perda ao fogo de 44% que corresponde, basicamente, à liberação de CO₂. A argila apresenta uma composição mineralógica bem simples, sendo identificada apenas presença de quartzo que atua na redução da retração da queima, regula a relação SiO₂ / Al₂O₃ e caracteriza uma baixa plasticidade.

Abaixo deste valor torna-se muito perigosa a etapa de conformação, já que há um grande risco de mudança no comportamento plástico com pequena alteração na quantidade de água utilizada.

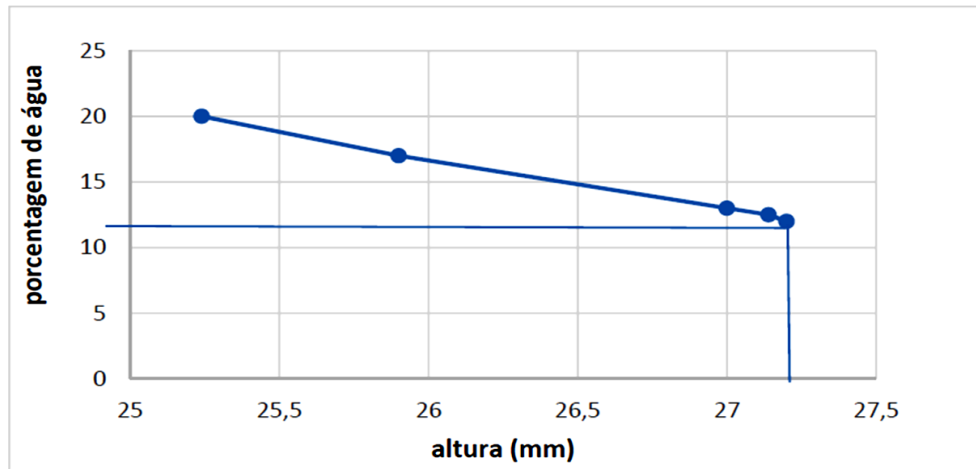


Gráfico I - Gráfico Pfefferkorn.

Quanto ao índice de plasticidade (gráfico I), a amostra argila apresentou valores dentro da faixa de plasticidade alta (27,2%) adequada para a produção de materiais cerâmicos, como blocos e telhas, segundo MACEDO, 2005 (13).

Tabela II: Absorção de água.

Absorção de água (24h)	Média (%)
0% Pedra cariri	8,83
5% Pedra cariri	9,85
10% Pedra cariri	10,61
12% Pedra cariri	11,76

A Tabela II mostra os valores em porcentagem de absorção de água após a queima das massas cerâmicas estudadas, sendo o valor máximo de absorção de água recomendável para telha 18%.

Tabela III: Porosidade aparente.

Porosidade aparente	Média (%)
0% Pedra cariri	9,72
5% Pedra cariri	10,83
10% Pedra cariri	15,34
12% Pedra cariri	16,01

Tabela IV: Perda ao fogo.

Perda ao fogo	Média (%)
0% Pedra cariri	7,28
5% Pedra cariri	13,78
10% Pedra cariri	16,12
12% Pedra cariri	17,23

Comparando as tabelas III e IV, observa-se que a elevada perda ao fogo também contribui para aumentar a porosidade das peças.

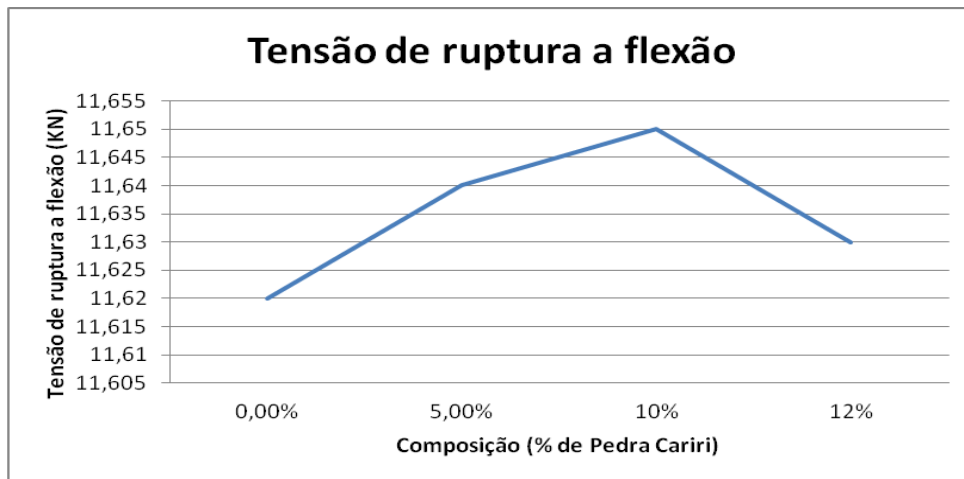


Gráfico II: Tensão de ruptura por flexão.

A tensão de ruptura dos corpos contendo resíduos apresentou um aumento com a incorporação de até 10%, e uma tendência geral de decréscimo com o aumento da porcentagem de resíduo incorporado (acima de 10%). As amostras com adição de 15% e 20% em peso de pedra cariri apresentaram problemas como perda de massa, trincas, mostrando-se bastante frágil, o que inviabilizou a caracterização mecânica. Quando se utilizam quantidades superiores a 12% observa-se que o

efeito de emissão de gases é predominante e há um aumento da absorção, em relação ao material sem resíduo. Com isso o módulo de ruptura dos corpos contendo resíduos apresentou uma tendência geral de decréscimo com o aumento da porcentagem de resíduo incorporado (a partir de 12%). Isso indica que com o aumento da absorção, observada quando da adição de maiores quantidades de resíduo, o efeito da emissão de gases, durante a queima, é superior a um melhor empacotamento do sistema, conduzindo a uma diminuição da resistência do material. A geração de gases pode gerar trincas e fissuras, que, podem comprometer significativamente, a resistência da amostra, tal como observado.

Não houve retração linear apreciável nos corpos de prova, a sílica presente atribuiu uma considerável estabilidade dimensional, juntamente com o calcário laminado (Tabela V).

Tabela V: Retração Linear.

Retração Linear	Média (%)
0% Pedra cariri	0,943
5% Pedra cariri	1,121
10% Pedra cariri	1,491
12% Pedra cariri	1,596

A cor após a queima variou com o percentual de pedra cariri colocado, entre um vermelho mais intenso e um vermelho bem mais claro. A cor vermelha na peça é devido à presença de óxido de ferro na amostra e a cor mais clara foi devido à pedra cariri.

Conforme literatura (14), as formulações com até 10% de resíduos podem ser utilizadas para a produção de blocos maciços, furados e telhas.

CONCLUSÕES

Levando em consideração que esse trabalho teve por objetivo a análise e a caracterização de resíduos da Pedra Cariri para uso como matéria-prima cerâmica alternativa para a produção de telhas cerâmicas, pode-se concluir, com base nos resultados obtidos, que os resíduos são constituídos basicamente por calcita. Conclui-se que é possível a incorporação de até 10% de resíduo em formulações para

produção de telhas, aumentando a resistência da mesma, alterando minimamente as outras propriedades físicas necessárias para tal finalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFCA (Universidade Federal do Cariri) pela concessão da bolsa de estudo para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- (1) F. Raupp-Pereira, D. Hotza, A. M. Segadães, J. A. Labrincha, **Ceramics International** **32**, 2 (2006) 173.
- (2) SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. (3. Ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 1992, v. 1. 408p
- (3) R. R. Menezes, H. S. Ferreira, G. A. Neves, H. L. Lira, H. C. Ferreira, J. Eur. Ceram. Soc. **25** (2005) 1149.
- (4) MENEZES, R. R. et al. Optimization of wastes content in ceramic tiles using statistical design of mixture experiments. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, p.3027-3039, 2008.
- (5) R. R. Menezes, G. A. Neves, H. C. Ferreira, Rev. Bras. Eng. Agr. Amb. **6**, 2 (2002) 303.
- (6) MENEZES, R. R. et al. Optimization of wastes content in ceramic tiles using statistical design of mixture experiments. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 28, p.3027-3039, 2008.
- (7) CAMPOS, M. et al. Recovered slate waste as raw material for manufacturing sintered structural tiles. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 24, p. 811-819, 2004.

(8) Macedo RS, Estudo comparativo entre massas cerâmicas industriais e aditivadas para uso em blocos cerâmicos. 2005. 125f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - CCT/UFCG, Campina Grande.

(9) MENDONÇA, L. A. R., **Diagnóstico ambiental preliminar de áreas de mineração de calcário nos municípios de Santana do Cariri, Nova Olinda, Farias Brito e Altaneira, no Sul do Estado do Ceará.** Juazeiro do Norte: CENTEC (Instituto Centro de Ensino Tecnológico), 40p. 2006

(10) ESMERALDO, A. D. S. R.; CARTAXO, A. S.; VIEIRA, F. M.; MAFRA, J. V. B.; SILVA, J. H.; BARROSO, M. D. B.. **Avaliação do uso de residuo de pedra cariri na composição de massas ceramicas para blocos de vedação.** In: ABM WEEK, 2015, Rio de Janeiro. CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2015. v. 70.

(11) CODECE. **Companhia de Desenvolvimento do Ceará,** 2005.

(12) M. F. Abajo, Manual Sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos, Ed. BERALMAR S.A., Terrassa, Espanha (2000) p.125.

(13) E. Más, Qualidade e Tecnologia em Cerâmica, Editor J. L. Francisco, Santa Catarina, Brasil (2002) p. 27.

(14) BARZAGHI, L., SALGE, A. **Resistência à flexão e moldagem de argilas.** Cerâmica, v. 28, n. 151, p. 15-17, 1982.

(15) CETEM. **Recursos do FNDCT/CT – Mineral.** Rio de Janeiro, 2005.

(16) KOPEZINSKI, Isaac. **Mineração x Meio Ambiente:** Considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Ed.Universidade/UFRGS, Porto Alegre 2000.

(17) CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA.** Resolução CONAMA nº 001/86. Publicada no D. O. U de 17/02/1986.

EVALUATION OF THE INCORPORATION OF CARIRI STONE IN MASSES OF CERAMICS TILES

ABSTRACT

Mining and laminated limestone processing operations called Cariri stone, located in the Sedimentary Basin of Araripe, in the southern state is an important economic sector of the State of Ceará. As a result of this operation produces a large amount of waste. This study aims to evaluate the effect of incorporation of this residue in the red ceramic as an alternative raw material for the production of tiles. The compositions were formulated and prepared specimens with 0% content 5%, 10%, 12%, 15% and 20% by weight of residue. The determination of physical and mechanical properties such as loss on ignition, linear shrinkage, water absorption and flexural strength was carried out on specimens uniaxially pressed at 27 MPa and sintered at 900 ° C. The results indicated that for a content to 10% by weight of waste there is an improvement of physical and mechanical properties. On the other hand higher amounts of residue compromise its mechanical properties.

Key-words: *Residue, mining, incorporation, Cariri stone, Ceramic tiles.*