

## Obtenção de compósitos cerâmico contendo resíduo de gesso, argilito e argila proveniente da extração de gipsita em Araripina no semiárido pernambucano

Pâmela Bento Cipriano<sup>a</sup>, Ana Vitória Freire Neves<sup>b</sup>, Andréa de Vasconcelos Ferraz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Pesquisa em Ciência dos Materiais - IPCM

<sup>b</sup> Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental - CENAMB

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Juazeiro, Bahia, Brasil

\*e-mail: [pamela.ufcg@gmail.com](mailto:pamela.ufcg@gmail.com)

### Resumo

Uma alternativa para buscar o desenvolvimento regional e aumento da competitividade do Polo Gesseiro do Araripe, está relacionada à pesquisa dos recursos locais. O trabalho visa à produção de compósitos cerâmicos utilizando argila residual (C) e argilito (A) gerados em grandes volumes durante a extração da gipsita e resíduo de gesso (G) obtido da fabricação de placas. Foram incorporados 40 e 50% de argilito e teores de 5 e 10% de resíduo de gesso. Melhores resultados foram obtidos nos compósitos contendo argilito e 5% de resíduo de gesso sinterizados a 1050°C. Os resíduos apresentaram um elevado potencial para ser usado como matérias-primas de menor custo, além de contribuir com a redução do impacto ambiental na região.

**Palavras-chave:** argila, Araripina, argilito, gipsita.

## 1. INTRODUÇÃO

A extração do minério gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ocorre em nove estados brasileiros, no entanto as principais jazidas pertencem à região do Polo Gesseiro do Araripe em Pernambuco, abrangendo principalmente as cidades de Araripina, Trindade, Ouricuri, Ipubi e Bodocó. Uma das principais características da gipsita extraída do Araripe é o seu elevado teor de pureza (88% a 98%), e quando calcinada perde cerca de 1,5 moléculas de água, transformando-se em gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ), muito utilizado principalmente em aplicações na área de construção civil (Oliveira e Shinohara, 2014).

Segundo dados do Anuário Mineral do Estado de Pernambuco a produção de gipsita bruta foi de 2.115.996 toneladas em 2016 representando uma importância econômica para o Estado, no entanto essa atividade gera grandes quantidades de resíduos, durante a extração do minério e na fabricação dos seus produtos. Esses resíduos causam grandes impactos na sustentabilidade do meio ambiente e o desafio é realizar o seu aproveitamento. Estudo mostrou como alternativa para minimizar os impactos ambientais a incorporação de 5% de resíduo de gipsita em massa de cerâmica vermelha, foram produzidos corpos de prova prensados e em seguida sinterizados a 1200 e 1250°C. Os resultados mostraram uma absorção de água adequada a um material de grés, enquanto que o comportamento mecânico não atingiu o valor mínimo de 32 MPa (Lima et al., 2016).

O município de Araripina fica localizado a 683,8 km da capital, nesse local os resíduos minerais gerados após a extração da gipsita são formados basicamente por camadas de argila ou argilito que compõem o capeamento estéril ou

minério de baixo teor que são considerados como minerais de baixo valor econômico na jazida, esses materiais são motivos de problemas, pois é necessário movimentar cada vez mais material para obtenção do minério, logo estudos tem buscado o avanço tecnológico para o aproveitamento desse resíduo buscando o desenvolvimento regional (Bastos, 2013).

Estudo realizado com o material argiloso retirado da extração de gipsita coletado em uma mineradora localizada no município de Araripina utilizou a argila e teores de 5 e 10% de resíduo de gesso para produção de produtos de cerâmica vermelha. Os melhores resultados foram obtidos com a adição de 5% de resíduo de gesso nas amostras queimadas a 800°C apresentando propriedades semelhantes à argila pura. A utilização de materiais residuais permite a redução dos impactos ambientais e a possibilidade de novas formulações para produtos de cerâmica vermelha (Cipriano; Rezende; Ferraz, 2019).

O argilito é uma rocha de origem sedimentar de grãos finos e laminados, contendo feldspato, quartzo, argilominerais e clorita, a sua composição química e mineralógica é similar às das argilas podendo atuar como um inerte durante a secagem e apresenta, durante a queima, comportamento físico-químico similar ao da argila (Candido, 2012). Estudos mostraram propriedades adequadas em aplicações do argilito em formulações para fabricação de telhas (Vieira; Emiliano, 2013; Vieira; Pinheiro, 2013). Foi desenvolvida uma massa cerâmica contendo argilas cauliniticas, chamote e argilito para a obtenção de pavimento intertravado tipo adoquim. Os resultados indicaram que a adição de 50% de argilito diminuiu

a absorção de água e a retração dos corpos de prova, enquanto o chamote não alterou de forma significativa as propriedades (Candido et al., 2013). O argilito de Santa Gertrudes-SP apresentou resultados satisfatórios na substituição de feldspato potássico em formulações para produção de porcelanato. Este proporcionou a gresificação em temperaturas menores, redução na absorção de água e maior resistência mecânica e deformação piropelástica (Hoffmann; Santos; Morelli, 2012).

Neste contexto, este trabalho avaliou a incorporação de 40 e 50% de argilito em corpo de prova contendo 5 e 10% de resíduos de gesso proveniente da indústria de placas e argila residual obtida durante a extração da gipsita para produção de compósitos buscando viabilizar a utilização desses materiais como alternativa para aplicação na indústria de cerâmica vermelha. Foram avaliados o efeito do teor de resíduo de gesso e argilito adicionados nas propriedades físicas e mecânicas das amostras, visando agregar valor a esses materiais de baixo custo e reduzir a quantidade de resíduos descartados no meio ambiente.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais residuais utilizados foram: argilito (A), argila (C) e resíduo de gesso (G). O argilito e a argila foram obtidos na etapa de extração da gipsita e fornecidos pela Ecogesso Indústria e Comércio LTDA, no município de Araripina-PE. O resíduo de gesso foi coletado em uma empresa de produção de placas em Juazeiro-Ba.

A argila foi seca em estufa à temperatura de 60°C durante 24 h. Em seguida, a homogeneização e a desagregação da amostra foram realizadas manualmente em um almofariz. Enquanto que o argilito e o resíduo de gesso foram submetidos à moagem em um moinho de bolas (Pavitest).

O teor de umidade da argila e do argilito *in natura* foi determinado de acordo com a norma NBR 6457 (1986). A composição química da argila e do argilito foram obtidos através da espectroscopia dispersiva de energia (EDS) em um equipamento Oxford (X-act) acoplado ao microscópio eletrônico de varredura e complementada pela análise química para determinação dos elementos (Cu, Fe, Mn, Zn), matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC) e pH.

A morfologia da argila e do argilito *in natura* foi analisada por microscopia ótica em um estereoscópio da marca Marte usando luz refletida e através da microscopia eletrônica de varredura em um microscópio (Tescan, modelo Vega 3XMU) com ampliações de 10.000x. As amostras foram recobertas com ouro durante 10 min com uma corrente de 15mA·5min<sup>-1</sup>, utilizando um equipamento Quorum (Q150R ES).

Para a confecção dos corpos de prova as matérias-primas foram utilizadas nas granulometrias: passante na peneira ABNT N° 80 para a argila, na peneira ABNT N° 100 para o resíduo de gesso e na peneira ABNT N° 16 para o argilito. Foi adicionado 10% de água destilada no preparo da massa para a conformação dos corpos de prova por prensagem uniaxial em forma de barras retangulares de

60 x 20 x 5mm<sup>3</sup>, em molde de aço sob pressão de 20 MPa. A Tabela 1 mostra as composições dos corpos de prova.

Os corpos de prova preparados com argila contendo 40 e 50% de argilito, e adicionados 5 e 10% de resíduo de gesso, foram secos em estufa a 110°C por 24 h e sinterizados em forno do tipo mufla a 800 e 1050°C durante 2 h. Após a queima, os corpos de prova foram submetidos às seguintes caracterizações: a densidade aparente a seco, a porosidade, a absorção total de água, a perda ao fogo, a retração linear de queima, tensão de ruptura à flexão em três pontos e a superfície de fratura foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura com magnificação de 8.000x.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os teores de umidade obtidos da argila e do argilito conforme recebido. A amostra A apresentou um menor teor de umidade devido à sua característica de rocha. Enquanto que na amostra C observou-se um teor médio de 13%, característico de materiais argilosos, pois a retenção de umidade do solo sofre interferência da quantidade de argilominerais presentes na composição mineralógica (Mile e Mitkova, 2012).

A Tabela 3 apresenta a composição química elementar média da argila e do argilito analisadas por EDS. As composições químicas, mineralógicas e a textura das argilas vermelhas interferem nas propriedades do produto final, logo o conhecimento dessas características é importante para aumentar a qualidade e diminuir os defeitos das peças acabadas, além de reduzir a perda de matéria-prima (Hettiarachchi; Motha; Pitawala, 2010). As amostras apresentam os elementos prioritários oxigênio, silício, alumínio, ferro e potássio em teores semelhantes. Nas argilas geralmente o silício está associado à sílica podendo estar na forma livre, como quartzo, ou combinada com a alumina para formar os aluminossilicatos. Os compostos de ferro estão predominantemente presentes nas argilas na forma de hidróxidos. O potássio na forma de óxido tem a função de fundente agindo na formação de fase líquida importante durante a etapa de densificação do

**Tabela 1.** Composições dos corpos de prova.

Amostra	C (%)	A (%)	G (%)
CA40	60	40	0
CA50	50	50	0
CA40G5	55	40	5
CA40G10	40	40	10
CA50G5	45	50	5
CA50G10	40	50	10

\*C – argila, A – argilito e G – resíduo de gesso

**Tabela 2.** Teor de umidade da argila e do argilito.

Amostra	Teor de umidade (%)
A	8,40 ± 0,27
C	13,30 ± 0,04

corpo cerâmico que ocorre na sinterização (Souza; Vieira; Monteiro, 2008).

A Tabela 4 apresenta a análise química das amostras obtidas por métodos químicos. Os resultados complementam a análise semi-quantitativa realizada por EDS. Foi observado pH ácido nas amostras. A maior quantidade de matéria orgânica foi da amostra C. Os elementos (Cu, Mn e Zn) complementam a composição química das amostras. Quanto maior a capacidade de troca de cátions (CTC) maior será a facilidade de reações desses cátions com o meio. A capacidade de troca catiônica é uma propriedade importante das argilas, pois pela troca de cátions pode-se modificá-las quimicamente interferindo diretamente sobre suas propriedades físico-químicas e possíveis aplicações tecnológicas (Teixeira-Neto e Teixeira-Neto, 2009).

A Figura 1 apresenta as micrografias dos resíduos de argilito e argila. As características dos materiais naturais que contém argila dependem dos locais de origem e das condições em que se formaram, pois a composição dos argilominerais pode variar (Teixeira-Neto e Teixeira-Neto, 2009). A amostra A apresenta uma coloração cinza e estrutura em forma de lâminas paralelas e a amostra da argila C apresenta uma coloração avermelhada sem a presença de restos vegetais sugerindo ser uma camada mais interna em relação à superfície.

A Figura 2 apresenta as micrografias referentes às amostras de argila e argilito *in natura*. Observou-se nas micrografias a presença de pequenos aglomerados com textura característica das argilas e presença possivelmente de grãos de quartzo (Vieira e Monteiro, 2003). As composições mineralógica e química dos solos apresentam influência na dispersão da argila (Vitorino et al., 2003). Resultados semelhantes obtidos na literatura corroboram com as características dos materiais estudados devido à provável resistência para dispersar dos materiais argilosos, pois os microagregados de alta estabilidade formados na presença de agentes cimentantes como matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio, geralmente não fragmentam durante as etapas de desaglomeração e as partículas possuem um diâmetro correspondente ao das frações silte ou areia (Corá; Fernandes; Garrido, 2009).

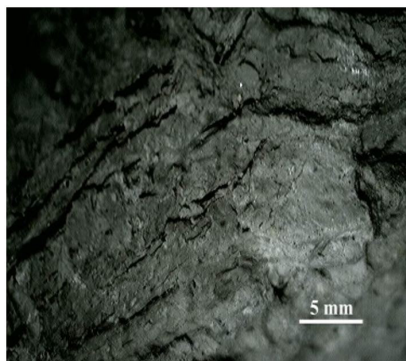
A Tabela 5 mostra a retração linear de queima e a perda ao fogo das amostras sinterizadas a 800 e 1050°C. Foi observada em todas as amostras uma maior retração linear com o aumento da temperatura de queima, esse comportamento era esperado e indica uma melhor sinterização dos corpos de prova em temperaturas maiores (Gaspareto e Teixeira, 2017). Logo, ocorreu uma melhor densificação dos corpos de prova reduzindo a porosidade e a absorção de água. O aumento na retração foi mais significativo com a incorporação do resíduo de gesso

**Tabela 3.** Resultado semi-quantitativo dos elementos presentes analisados por EDS.

Amostra	Teores de elementos presentes (% em massa)										
	O	Si	Al	Fe	K	Mg	Pb	Ba	Co	Ni	Tl
A	52,9	22,2	10,4	4,0	1,8	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3
C	58,5	26,6	9,0	4,6	1,3						

**Tabela 4.** Análise química do argilito e da argila.

Amostra	pH (H <sub>2</sub> O)	Matéria orgânica (g·kg <sup>-1</sup> )	CTC (cmol·dm <sup>-3</sup> )	Cu (mg·dm <sup>-3</sup> )	Fe (mg·dm <sup>-3</sup> )	Mn (mg·dm <sup>-3</sup> )	Zn (mg·dm <sup>-3</sup> )
A	5,90	2,60	16,42	3,10	46,60	28,30	23,80
C	6,3	9,30	20,77	8,10	196,00	31,00	7,50



(a)

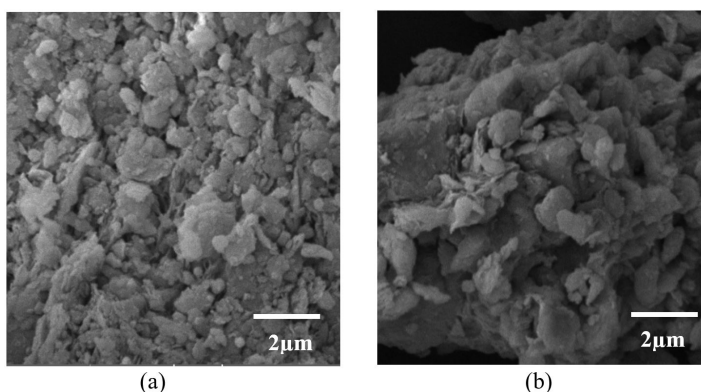


(b)

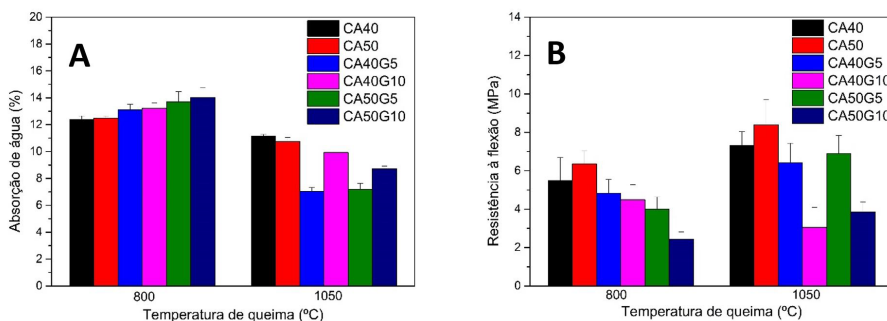
**Figura 1.** Micrografias obtidas por microscopia ótica das amostras *in natura* com magnificação de 20x: a) argilito (A) e b) argila (C).

**Tabela 5.** Retração linear de queima e perda ao fogo dos corpos de prova sinterizados.

Amostra	Retração linear de queima (%)		Perda ao fogo (%)	
	800 (°C)	1050 (°C)	800 (°C)	1050 (°C)
CA40	0,69 ± 0,41	1,50 ± 0,24	8,83 ± 0,18	12,96 ± 0,15
CA50	0,58 ± 0,40	1,45 ± 0,41	9,05 ± 0,17	13,43 ± 0,06
CA40G5	0,97 ± 0,28	3,68 ± 0,22	12,25 ± 0,73	10,93 ± 0,21
CA40G10	0,88 ± 0,24	3,05 ± 0,27	12,48 ± 0,38	13,07 ± 0,39
CA50G5	1,02 ± 0,35	4,13 ± 0,43	12,72 ± 0,28	11,19 ± 0,25
CA50G10	1,37 ± 0,27	4,01 ± 0,39	12,79 ± 0,42	12,76 ± 0,19



**Figura 2.** Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura de argilito e da argila *in natura* com aumento de 10.000x: a) A; b) C.



**Figura 3.** Propriedades das amostras sinterizadas a 800 e 1050°C: a) Absorção de água e b) Resistência à flexão.

independente da temperatura quando comparado com as formulações contendo apenas argilito.

A perda ao fogo foi maior com a adição de gesso quando comparado com as composições com o argilito na temperatura de 800°C independente do teor de gesso. Os corpos de prova sinterizados a 1050°C não apresentaram uma influência significativa no comportamento devido à composição. A perda ao fogo representa a perda de massa em relação à temperatura de queima atribuído principalmente pela liberação das águas presentes nos argilominerais, das transformações químicas e físicas que ocorrem no material durante a sinterização e da decomposição de compostos voláteis como matéria orgânica, carbonatos, sulfetos e sulfatos (Dutra et al., 2008).

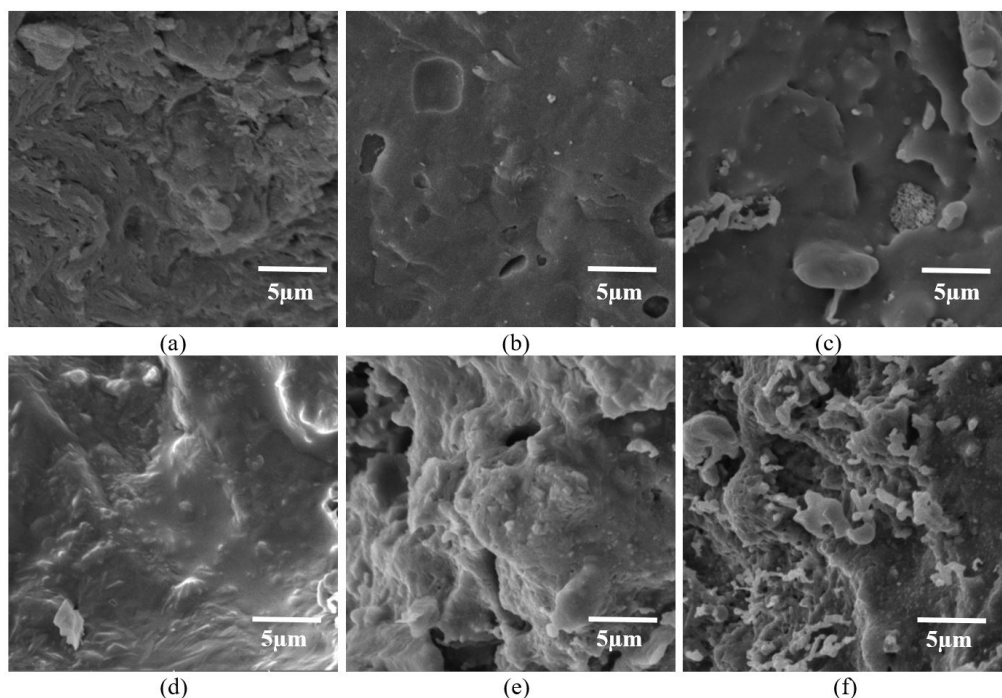
A Tabela 6 apresenta a porosidade e a densidade aparente a seco dos corpos de prova sinterizados. Em 800°C a porosidade dos corpos cerâmicos aumenta com a

incorporação do gesso, bem como a retração linear e a absorção de água. Enquanto que a 1050°C a porosidade diminui com a adição de gesso nas composições, a retração aumenta e a absorção não mostra uma tendência clara de comportamento.

A incorporação de gesso pouco influenciou a densidade aparente a seco provavelmente devido ao pequeno teor adicionado. Observou-se uma densidade aparente em média de 2g·cm<sup>-3</sup> em todas as composições estudadas. Quando a temperatura de queima aumentou de 800 para 1050°C a porosidade diminuiu indicando uma melhor sinterização na temperatura de 1050°C. Essa redução foi mais significativa com a incorporação de gesso nas formulações.

A Figura 3 mostra a absorção de água e a resistência à flexão obtida nos corpos de prova sinterizados. Nos corpos de prova sinterizados a 800°C a absorção de água não





**Figura 4.** Micrografias da superfície de fratura das amostras sinterizadas a 1050°C: a) CA40, b) CA50, c) CA40G5, d) CA40G10, e) CA50G5 e f) CA50G10.

**Tabela 6.** Porosidade e densidade aparente a seco dos corpos de prova sinterizados

Amostra	Porosidade (%)		Densidade aparente a seco (g·cm <sup>-3</sup> )
	800 (°C)	1050 (°C)	
CA40	12,39 ± 0,26	11,16 ± 0,12	2,13 ± 0,02
CA50	12,49 ± 0,16	10,74 ± 0,30	2,10 ± 0,04
CA40G5	13,10 ± 0,41	7,03 ± 0,29	2,12 ± 0,05
CA40G10	13,22 ± 0,41	9,93 ± 0,15	2,15 ± 0,15
CA50G5	13,68 ± 0,77	7,19 ± 0,45	2,08 ± 0,03
CA50G10	14,03 ± 0,71	8,71 ± 0,20	2,05 ± 0,03

foi influenciada de forma significativa em relação às composições, enquanto que a 1050°C as amostras contendo 40 e 50% de argilito e 5% de resíduo de gesso apresentaram uma redução na absorção em relação às demais composições. A absorção de água com a adição de 10% de resíduo de gesso na temperatura de 1050°C foi semelhante às formulações apenas com argilito. Resultados semelhantes para absorção de água em torno de 7% em amostras contendo 5% de gesso sinterizadas a 1050°C foram reportados na literatura para aplicação em telhas no Estado do Piauí (Monteiro; Nascimento; Martinelli, 2009).

O incremento da temperatura proporciona uma maior resistência mecânica devido aos mecanismos de sinterização que aumenta a densificação dos corpos cerâmicos. De maneira geral a resistência à flexão reduziu com a incorporação de gesso independente da temperatura de queima. Na temperatura de 800°C as composições apresentaram resultados semelhantes com

exceção do compósito contendo 50% de argilito e 10% de resíduo de gesso.

Nas amostras que foram incorporadas o resíduo de gesso tanto com 40 e 50% de argilito na temperatura de 1050°C, a adição de 5% de resíduo de gesso possibilitou maiores resistência mecânica e menor absorção de água quando comparado ao teor de 10%. Esse comportamento era esperado visto que uma menor absorção de água pode estar relacionada com um melhor o empacotamento das partículas após a conformação indicando que o teor de 5% de resíduo de gesso pode favorecer esse comportamento ou com a redução da porosidade devido à sinterização do material proporcionando uma maior resistência mecânica. Em estudo realizado pelo grupo de pesquisa utilizando as mesmas matérias-primas em compósitos contendo 5% de resíduo de gesso sinterizado a 1050°C foi reportado uma média de 2,8 MPa de resistência à flexão (Cipriano; Rezende; Ferraz, 2019). Logo, a presença do argilito

nesses compósitos proporcionou melhorias importantes no comportamento mecânico para aplicações cerâmicas.

A Figura 4 apresenta as micrografias das superfícies de fratura das amostras sinterizadas a 1050°C. As amostras com apenas argilito (CA40 e CA50) apresentaram poucos poros e regiões bem densificadas. A incorporação de 5% de resíduo de gesso nas amostras indicou uma melhor sinterização com a redução dos defeitos e da porosidade na estrutura em relação a 10% de gesso. Estas características microestruturais contribuí com os resultados da resistência mecânica (Figura 3).

#### 4. CONCLUSÕES

Os principais elementos presente no argilito e na argila forma silício, alumínio, ferro e potássio em teores semelhantes. Os compósitos contendo argilito e 5% de gesso sinterizados a 1050°C apresentaram uma redução na absorção de água e aumentou a resistência à flexão em relação ao teor de 10% de resíduo de gesso. A argila residual, o argilito e o resíduo de gesso são materiais potenciais para serem utilizados como matérias-primas de baixo custo e contribui para redução dos impactos ambientais gerados na cadeia produtiva da gipsita.

#### AGRADECIMENTOS

A CAPES, pela concessão da bolsa de pós-doutorado (PNPD). A Ecogesso pela doação dos materiais residuais: argila e argilito.

#### REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização (Determinação do teor de umidade de solos), Rio de Janeiro, RJ (1986).

BASTOS, F. F. **Dissertação de Mestrado**, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2013.

CANDIDO, V. S. **Dissertação de Mestrado**, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

CANDIDO, V. S.; PINHEIRO, R. M.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. **Desenvolvimento de adoquim cerâmico com argilas caulínicas, chamote e argilito**. *Cerâmica*, v. 59, p. 310–316, 2013.

CIPRIANO, P. B.; REZENDE, R. T. O. DE; FERRAZ, A. DE V. **Produção de cerâmica vermelha utilizando argila da mineração de gipsita e resíduo de gesso**. *Acta Brasiliensis*, v. 3, n. 1, p. 25–29, 2019.

CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; GARRIDO, J. M. **Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, p. 255–262, 2009.

DUTRA, R. P. S.; SILVA, J. B.; VARELA, M. L.; NASCIMENTO, R. M.; GOMES, U. U.; PASKOCIMAS, C. A. **Avaliação da**

**potencialidade de argilas do rio grande do norte, brasil. parte-II: propriedades tecnológicas**. *Cerâmica Industrial*, v. 13, p. 47–50, 2008.

GASPARETO, M. G. T.; TEIXEIRA, S. R. **Utilização de resíduo de construção civil e demolição (RCD) como material não plástico para a produção de tijolos cerâmicos**. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 2, p. 40–46, 2017.

HETTIARACHCHI, P.; MOTH, J. T. S.; PITAWALA, H. M. T. G. A. **Identification of an appropriate body composition for red clay products**. *Cerâmica*, v. 56, p. 285–290, 2010.

HOFFMANN, F. S.; SANTOS, G. DOS; MORELLI, M. R. **Estudo de fundente e argilito com potencial para uso em formulações de porcelanato**. *Cerâmica*, v. 58, p. 174–185, 2012.

LIMA, T. C.; SOUZA, M. M.; ALMEIDA, A. B. D.; FARIAS, D. S. U.; NÓBREGA, L. F. P. M.; MENDES, L. B. **Aplicação de resíduos de gipsita em formulações de massas cerâmicas**. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat), Natal – RN, 2016.

MILE, M.; MITKOVA, T. **Soil Moisture Retention Changes in Terms of Mineralogical Composition of Clays Phase**. In: *Clay Minerals in Nature – Their Characterization, Modification and Application Many*. InTech, p. 101–118, 2012.

MONTEIRO, C. M. O. L.; NASCIMENTO, R. M.; MARTINELLI, A. E. **Influência da Gipsita no Surgimento de Eflorescência em Telhas Cerâmicas**. *Cerâmica Industrial*, v. 14, n. 4, p. 35–40, 2009.

OLIVEIRA, M. A. C.; SHINOHARA, A. H. **A experiência com gás natural/GLP no polo geossidero do Araripe, PE**. *Cerâmica*, v. 60, p. 243–253, 2014.

SOUZA, C. C. I.; VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. **Alterações microestruturais de cerâmica argilosa incorporada com rejeito de minério de ferro**. *Revista Matéria*, v. 13, n. 1, p. 194–202, 2008.

TEIXEIRA-NETO, É.; TEIXEIRA-NETO, Â. A. **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado**. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 809–817, 2009.

VIEIRA, C. M. F.; EMILIANO, J. V. **Incorporação de pó de rocha sedimentar em massas para telhas cerâmicas - Parte 1 : Efeitos nas propriedades físicas e mecânicas**. *Cerâmica*, v. 59, p. 389–394, 2013.

VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. **Influência da temperatura de queima na microestrutura de argilas de Campos dos Goytacazes-RJ**. *Cerâmica*, v. 49, p. 6–10, 2003.

VIEIRA, C. M. F.; PINHEIRO, R. M. **Incorporação de rocha sedimentar em pó em massas para telhas cerâmicas - Parte 2 : avaliação microestrutural**. *Cerâmica*, v. 59, p. 495–500, 2013.

VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; CURTI, N.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; MOTTA, P. E. F. **Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 133–141, 2003.