



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PEÇAS CERÂMICAS ESMALTADAS COM CINZAS DE LENHA DOS FORNOS DA CERÂMICA ESTRUTURAL: UMA OPÇÃO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL

Maria Vitoria Beatriz da Silva¹

Barbara Maria Silva do Nascimento²

Mauro Froes Meyer³

Djalma Valério Ribeiro Neto⁴

Tércio Graciano Machado⁵

Flánelson Maciel Monteiro⁶

Tecnologia Ambiental

Resumo

O município de São Gonçalo do Amarante é conhecido por possuir no seu território um polo de cerâmica estrutura e artística. Contudo, o setor ceramista é responsável por gerar resíduos sólidos, especificamente cinzas oriundas da queima de lenha para abastecer os fornos cerâmicos. Em pesquisas realizadas mostram que as cinzas vegetais podem ser incorporadas em massas cerâmicas sem trazer prejuízo para as peças. Dessa forma, este trabalho possui como objetivo analisar as propriedades tecnológicas de peças cerâmicas esmaltadas com um esmalte produzido com adição de cinzas da queima de lenha de fornos cerâmicos e um esmalte convencional/industrial. Para tanto, foram produzidos 60 (sessenta) corpos de prova, usando uma prensa hidráulica, com pressão de 21MPa. As amostras foram sinterizadas na temperatura de 950° e 1050°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min e isoterma de 60 minutos na temperatura. Os corpos de prova tiveram suas propriedades averiguadas através dos ensaios de absorção de água (AA%), porosidade aparente (PA%), retração linear (RL) e perda ao fogo (PF%). O processo de esmaltação se deu por imersão, sendo 30 (trinta) corpos de prova foram esmaltados com o esmalte produzido com cinzas vegetais e 30 (trinta) peças com esmalte industrial. A sinterização dos corpos de prova esmaltados foi realizada nas temperaturas de 1100°C e 1200°C. Após essa etapa, os corpos de prova tiveram, novamente, suas propriedades tecnológicas aferidas. Os resultados apontam para novas possibilidades para produção ceramista no polo cerâmico, agora usando a esmaltação para agregar valor ao produto final.

Palavras-chave: Esmaltação, Artesanal, Região Metropolitana de Natal, inovação.

¹Aluna do Curso Técnico em Segurança do Trabalho, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN, beatriz.vitoria1@escolar.ifrn.edu.br.

²Aluna do Curso Técnico em Mineração, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN, barbaramaria3105@gmail.com.

³Prof. Me. Instituto Federal, do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN. mauro.meyer@ifrn.edu.br.

⁴Técnico Laboratorista do IFRN, Gestor Ambiental, Mestrando em Recursos Naturais – PPGUSRN, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br.

⁵Prof. Dr. Instituto Federal, do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica da Indústria – DIACIN. gracianomil@hotmail.com.

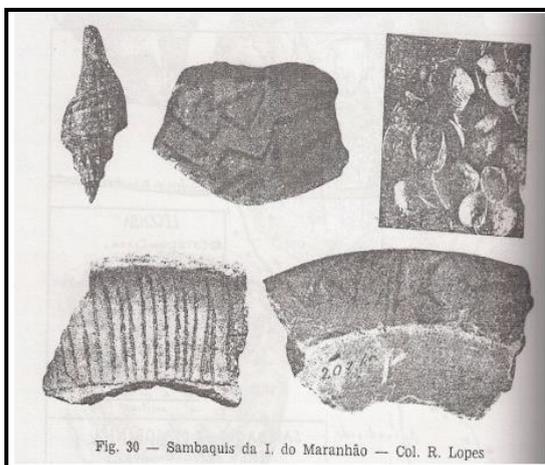
⁶Prof. Dr. Instituto Federal, do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN. flanelson.monteiro@ifrn.edu.br.

INTRODUÇÃO

A técnica de transformar argila ou, como é conhecida popularmente, “barro” em peças cerâmicas teve como seus primeiros adeptos os povos originais do Brasil, especialmente na produção de peças utilitárias e para outras finalidades. Contudo, a técnica de moldar a argila, que já era conhecida pelos habitantes do Brasil ancestral, foi aperfeiçoada com a chegada dos povos que colonizaram o País. Dessa maneira, as peças cerâmicas permaneceram imprescindíveis para o dia a dia da população miscigenada que agora habitava as terras brasileiras. É possível citar, por exemplo, os artefatos indígenas fabricados com terracota, assim como, a cerâmica portuguesa que era importada do velho continente para a corte europeia que atracou nas terras tupiniquins. Portanto, a cerâmica sempre esteve presente na maioria das civilizações, cumprindo funções importantes na vida cotidiana dos povos.

Na Figura 1 se encontra artefatos indígenas encontrados na Ilha de São Luís, datados do século XIX e descobertos em 1920. Corrobora, portanto, com a indicação que os índios brasileiros já dominavam a arte de transformar o “barro” em peças para os fins diversos dentro das suas sociedades.

Figura 1 – Artefatos indígenas encontrados na Ilha de São Luís datados do século XIX.



Fonte: Lopes (1937 *apud* Bandeira, 2015, p. 91).

Realização

Apoio

Na atualidade, os materiais cerâmicos são classificados em razão das suas propriedades tecnológicas e funcionalidades. De acordo com Associação Brasileira de Cerâmica (2022), os produtos cerâmicos são subdivididos em cerâmica vermelha, cerâmica branca, revestimentos, isolantes térmicos, abrasivos, entre outros. A cerâmica artística é um subsetor da cerâmica branca onde possui como principal característica um corpo cerâmico branco e a esmaltação vítrea transparente ou com coloração.

No município de São Gonçalo Amarante-RN, localizado na região metropolitana do Estado do Rio Grande do Norte, o artesanato cerâmico é uma das formas mais espontâneas de expressão popular cultural, sendo evidenciado em várias partes do município. Ao longo dos anos o artesanato ceramista, principalmente no distrito de Santo Antônio do Potengi, alcançou reconhecimento regional pela qualidade das peças produzidas e por transmitir à população excelência em manter viva a cultura local. É, neste distrito, que nasceu o popular “galo branco”, figura símbolo do folclore potiguar, criado pelo artesão Antônio Soares e popularizado por Dona Neném.

Em São Gonçalo do Amarante também possui um polo cerâmico do setor da cerâmica estrutural, produzindo telhas, tijolos e lajotas. O principal combustível neste segmento cerâmico é a lenha, proveniente do desmatamento (legalizado ou não) e podas de árvores. De qualquer forma, o resultado é a produção de cinzas após o processo de sinterização das peças. As cinzas, quando inadequadamente depositadas na natureza, causam impactos ambientais irreversíveis.

Porém, os materiais cerâmicos vêm sendo estudados em razão da possibilidade de absorverem frações de resíduos sólidos nas suas estruturas sem prejuízos nas propriedades tecnológicas. Existem pesquisas que apontam à viabilidade técnica da incorporação de cinzas em massas cerâmicas para produção de blocos, telhas e outras peças. Todavia, havia uma lacuna na literatura acadêmica sobre a possibilidade de adicionar esse tipo resíduo na produção esmaltes cerâmicos.

Em razão do município de São Gonçalo do Amarante ter um polo ceramista que abrange os setores da cerâmica estrutural e artística, idealizou-se essa pesquisa. Dessa forma, este trabalho possui como objetivo analisar as propriedades tecnológicas de peças

Realização



Apoio



cerâmicas produzidas com matéria-prima do distrito de Santo Antônio do Potengi e esmaltadas com esmaltes fabricados com adição de cinzas da queima de lenha de fornos cerâmicos e um esmalte convencional.

METODOLOGIA

A produção deste trabalho se deu através das seguintes etapas, a saber: pesquisa bibliográfica, coletar da matéria-prima, confecção dos corpos de provas, sinterização, esmaltação e ensaios tecnológicos. As matérias-primas usadas neste trabalho foram coletadas no distrito de Oiteiros, localizado em São Gonçalo do Amarante. O material é usado na confecção de cerâmica artística pelos artesãos locais. Nesta etapa foram coletou-se dois tipos de argilas, sendo uma plástica e outra arenosa. Porém, usou-se para produção dos corpos de prova apenas a argila plástica. A Figura 2 apresenta o fluxograma do trabalho com todas as etapas.

Figura 2- Fluxograma do processo de fabricação do trabalho.



Fonte: Autores (2022).

Realização

Apoio



O processo de beneficiamento das matérias-primas teve início com o destorroamento em um moinho de martelos. Em seguida o material foi peneirado utilizando uma peneira de 35 Mesh. A próxima etapa foi a confecção dos corpos de prova que ocorreu usando uma prensa hidráulica com pressão de 21MPa. No total foram produzidos 60 (cinquenta) corpos de provas. A sinterização das amostras foi realizada nas temperaturas de 950° e 1050°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min e isoterma de 60 minutos na temperatura. Na Figura 3 mostra os corpos de prova antes do processo de sinterização.

Figura 3 - Corpos de prova antes do processo de sinterização.



Fonte: Arquivo pessoal (2022)

A esmaltação das peças cerâmicas se deu através do processo de imersão dos corpos de prova nos esmaltes. Os corpos de prova foram divididos em dois grupos, sendo um grupo de 30 (trinta) esmaltados com um esmalte convencional (produzido industrial) e o outro com um esmalte produzido com cinzas de lenha dos fornos cerâmicos. Após o processo de esmaltação, os corpos de prova foram sinterizados no forno do tipo mufla na temperatura de 1100°C e 1200°C, etapa conhecida como biqueima. Todos os corpos de prova tiveram suas propriedades tecnológicas aferidas nos dois processos de sinterização.

O esmalte cerâmico produzido com a cinza de lenha é resultado de uma pesquisa que vem sendo realizada que objetiva encontrar uma formulação que possua propriedades similares aos esmaltes convencionais e, portanto, seja viável para utilização na indústria

Realização

Apoio

ceramista. Na Tabela 1 se encontra a formulação do esmalte cerâmico com adição de cinzas usado neste trabalho. O esmalte convencional, ou seja, produzido industrialmente se encontrava disponível no Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M e possuía a coloração vermelha.

Tabela 1 – Formulação do esmalte cerâmico com adição de cinzas de lenha.

Matérias-primas	(%)
Cinzas Vegetais	25
Albita	30
Argila	35
Quartzo	10
Total	100

Fonte: Autores (2022).

A aferição das propriedades tecnológicas dos corpos de prova foi realizada usando os ensaios descritos na Tabela 2. Todos os corpos de prova foram analisados por absorção de água (AA%), porosidade aparente (PA%), retração linear (RL), perda ao fogo (PF), massa específica aparente (MEA).

Tabela 2 - Ensaios realizados nos corpos de prova e suas respectivas provas.

Nome do Ensaio	Fórmulas
Absorção de Água (AA%)	$AA\% = \left(\frac{Pu - Ps}{Ps} \right) * 100$
Porosidade Aparente (PA%)	$PA\% = \left(\frac{Pu - Ps}{Pu - Pi} \right) * 100$
Retração Linear (RL%)	$RL\% = \left(\frac{L0 - Lf}{Lf} \right) * 100$
Massa Específica Aparente (MEA - g/cm ³)	$MEA = \frac{Ps}{(Pu - Pi)}$
Perda ao Fogo (RL%)	$PF\% = \frac{(Pv - Ps)}{Ps} * 100$

Fonte: Autores (2022).

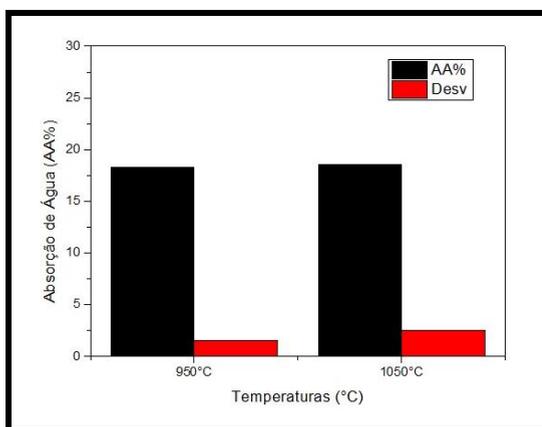
Realização

Apoio

RESULTADOS E DISCUSSÃO

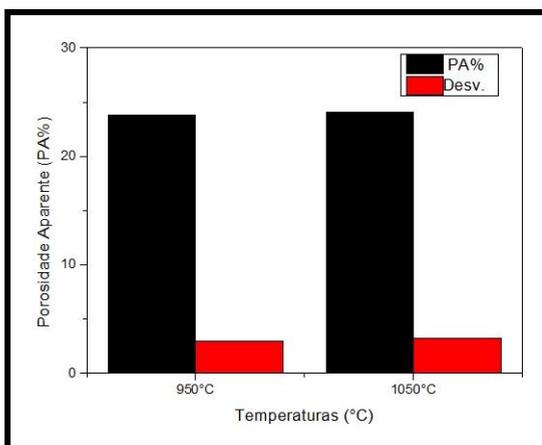
Na Figura 4 é apresentado o resultado do ensaio de absorção de água (AA%) dos corpos de prova antes da esmaltação. É observado que os corpos de prova sinterizados nas temperaturas de 950°C e 1050°C obtiveram resultados aproximados, chegando a cerca de 18% de absorção de água. Na Figura 6 se encontra os resultados da porosidade aparente (PA%).

Figura 5 - Resultado do ensaio de absorção de água (AA%) dos corpos de prova sem esmaltação.



Fonte: autores (2022).

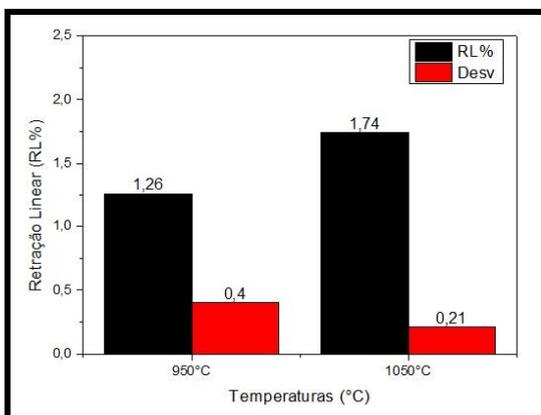
Figura 6 - Resultado do ensaio de Porosidade Aparente (PA%) dos corpos de prova sem esmaltação.



Fonte: autores (2022).

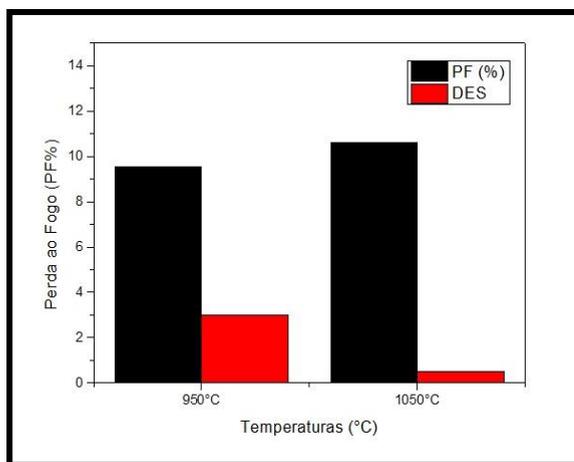
A porosidade dos corpos de prova sem esmaltação foi coerente com o resultado da absorção de água, apresentando índices aproximados entre os corpos de prova sinterizados. Na Figura 7 se encontra o resultado da retração linear dos corpos de prova antes da esmaltação. Os dados mostram que os corpos de provas sinterizados na temperatura de 1050°C tiveram uma retração superior. Esse resultado é coerente com os dados encontrados na literatura acadêmica, tendo em vista que ao aumentar a temperatura ocorre perda de massa e uma reorganização internas das partículas.

Figura 7 - Resultado do ensaio de Retração Linear (RL%) dos corpos de prova sem esmaltação.



Fonte: autores (2022).

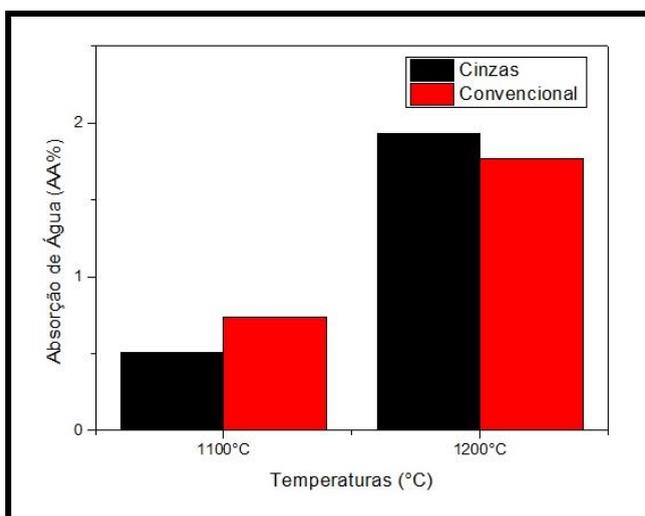
Figura 8 - Resultado do ensaio de Perda ao Fogo (PF%) dos corpos de prova sem esmaltação.



Fonte: autores (2022).

O ensaio de perda ao fogo (PF%) apresentado na Figura 8, antes da esmaltação, apresenta coerência com o ensaio de retração linear. Os corpos de prova sinterizados a 1050°C perderam mais massa, um resultado que corrobora com os demais ensaios tecnológicos. A Figura 9 mostra os resultados do ensaio de absorção de água dos corpos de prova esmaltados com o esmalte de cinzas e o esmalte convencional nas temperaturas de 1100°C e 1200°C. Na Tabela 3 encontra-se os dados usados para produção do gráfico da absorção de água (AA%).

Figura 9 - Resultado do ensaio de absorção de água dos corpos de prova esmaltados.



Fonte: Autores (2022).

Tabela 3 - Dados do ensaio de Absorção de água (AA%) entre os corpos de prova com esmaltes.

Temperaturas (°C)	Esmalte Cinzas (%)	Esmalte Convencional (%)
1100°C	0,51	0,74
1200°C	1,93	1,77

Fonte: Autores (2022).

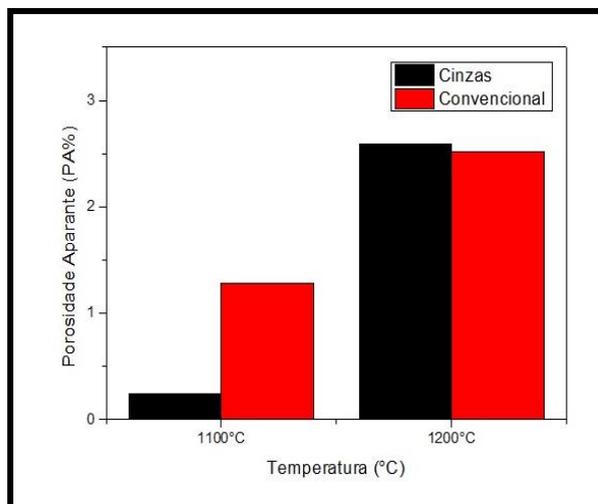
O resultado do ensaio de absorção de água dos corpos de prova esmaltados apresenta que as peças esmaltadas com cinzas na temperatura de 1100°C absorveram uma menor quantidade de água. Por outro lado, nota-se que na temperatura de 1200°C os corpos de prova absorveram mais água. Isso ocorreu, provavelmente, pela geração de porosidade interna, resultado da formação de fase vítrea dentro do corpo cerâmico que,

Realização

Apoio

em razão da velocidade, aprisiona os gases e tem como consequência à formação de poros internos. A Figura 10 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente dos corpos cerâmicos esmaltados. Os dados usados para produção do gráfico de porosidade aparente se encontram na discriminados na Tabela 4.

Figura 10- Resultado do ensaio de porosidade aparente dos corpos de prova esmaltados.



Fonte: autores (2022).

Tabela 4 - Dados do ensaio de Porosidade Aparente (PA) entre os corpos de prova com esmaltes.

Temperaturas (°C)	Esmalte Cinzas (%)	Esmalte Convencional (%)
1100°C	0,24	1,28
1200°C	2,59	2,52

Fonte: autores (2022).

O resultado da porosidade aparente (PA%) dos corpos de prova esmaltados com o esmalte produzido com adição cinzas de lenha e um esmalte convencional, é coerente com o resultado de absorção de água (AA%). Na temperatura de 1100°C as peças esmaltadas com o esmalte convencional tiveram uma porosidade. De forma coerente com o ensaio anterior, todos corpos de prova aumentaram os índices de porosidade na temperatura de 1200°C, sendo um resultado coerente com a absorção de água.

Na Figura 11 tem-se uma amostra dos corpos de prova esmaltados e sinterizados

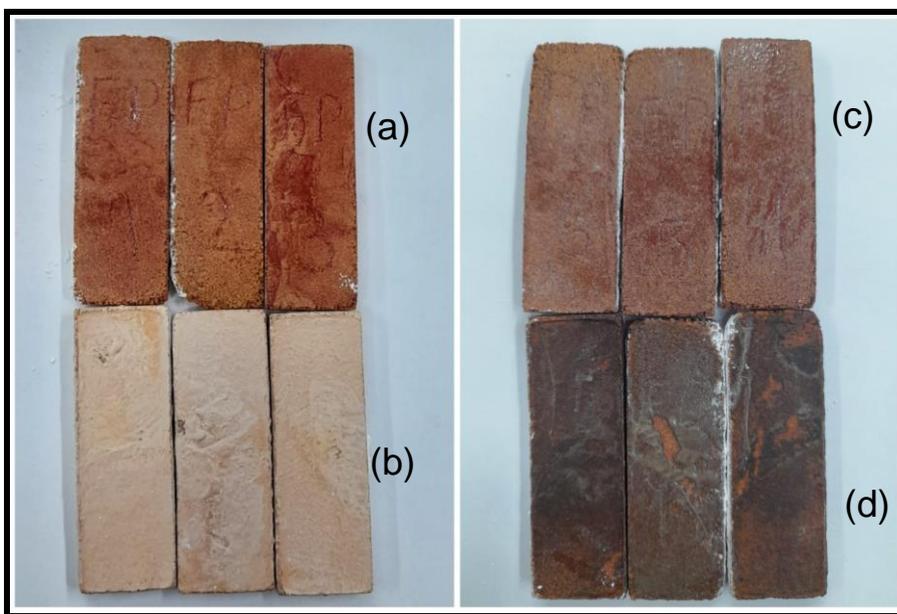
Realização

Apoio



nas temperaturas de 1100°C e 1200°C. Os corpos de prova sinterizados com o esmalte produzido industrialmente possuem coloração mais vibrante, especialmente na temperatura de 1100°C. Por outro lado, o esmalte produzido com adição de cinza torna-se quase incolor na mesma temperatura. Em 1200°C os corpos de prova apresentam coloração destorcida, porém isso pode ser resultado do processo usado para esmaltar as peças.

Figura 4 - Peças cerâmicas esmaltadas com esmaltes de cinza vegetais e esmaltes convencionais.



Legenda: (a) Amostras esmaltadas com esmalte convencional e sinterizadas na temperatura de 1100°C; (b) Amostras esmaltadas com esmalte produzindo com cinzas vegetais e sinterizadas na temperatura de 1100°C; (c) Amostras esmaltadas com esmalte convencional e sinterizadas na temperatura de 1200°C; (d) Amostras esmaltadas com esmalte produzindo com cinzas vegetais e sinterizadas na temperatura de 1200°C.

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos ensaios tecnológicos apresentados demonstram que o esmalte cerâmico produzido com cinzas de lenha dos fornos das cerâmicas possui propriedades similares ao esmalte convencional, especialmente nos ensaios de absorção de água e porosidade aparente. Além disso, conforme destacado, as matérias-primas usadas são de uma jazida dos artesãos ceramistas de São Gonçalo do Amarante. Sendo assim, destaca-se que é possível esmaltar as peças que, outrora, são apenas sinterizadas, o que poderá valorar os produtos. Contata-se, portanto, que é possível retirar do meio ambiente o resíduo em destaque e usá-lo na fabricação de peças cerâmicas com potencial de inovar o mercado local.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de iniciação à pesquisa do IFRN, que nos proporcionou a oportunidade da realização deste trabalho. Ao laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos do IFRN - Campus Natal-Central, pela disponibilização dos equipamentos e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais do qual faço parte.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **INFORMAÇÕES TÉCNICAS - DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO**. Disponível em: <https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>. Acesso em: 01 ago. 2022.

BANDEIRA, A. M. **Os Tupis na Ilha de São Luís - Maranhão: Fontes Históricas e a Pesquisa Arqueológica**. HISTÓRIA UNICAP, [S. l.], v. 2, n. 3, p. p. 79–98, 2015. DOI: 10.25247/hu.2015.v2n3.pp. 79-98. Disponível em: <https://www1.unicap.br/ojs/index.php/historia/article/view/555>. Acesso em: 1 ago. 2022.

Realização



Apoio

