Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE MATÉRIAS-PRIMAS, DO ESTADO DO PIAUÍ, PARA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

STUDY OF THE POTENTIAL OF RAW MATERIALS FROM THE STATE OF PIAUÍ FOR CERAMIC COATING PRODUCTION

Yudson Samuel Vasconcelos Lima
Especialista, Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: yudsonlima@gmail.com

Roberto Arruda Lima Soares
Doutor, Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: robertoarruda@ifpi.edu.br

Leandro Josuel da Costa Santos
Mestre, Universidade Federal do Piauí, Brasil
E-mail: leandrosantos.educ@gmail.com

Recebido: 01/04/2025 – Aceito: 15/04/2025

Resumo

Um dos principais motivos para o crescimento da indústria das cerâmicas brasileiras se deve ao fato da enorme quantidade de matérias-primas naturais que existem no país, por isso é de suma importância a escolha correta e ideal das matérias-primas. Dessa forma, o trabalho tem por objetivo estudar a potencialidade do pó das rochas muscovita monzogranito, zoisita anfibolito e calcário na massa cerâmica utilizada para fabricação do revestimento, analisando suas possíveis influência nas propriedades tecnológicas e microestruturais. As matérias-primas serão submetidas a caracterização granulométrica, plasticidade, análise química, mineralógica e térmica. Os resultados obtidos nesta etapa preliminar de caracterização indicam que as matérias-primas avaliadas são tecnicamente promissoras para aplicação na indústria cerâmica

Palavras-chave: matérias-primas; revestimento; rochas; cerâmica.

Abstract

One of the main reasons for the growth of the Brazilian ceramic industry is the large availability of natural raw materials found in the country. Therefore, the correct and appropriate selection of raw materials is of great importance. In this context, the present study aims to evaluate the potential of the rock powders — muscovite monzogranite, zoisite amphibolite, and limestone — in ceramic bodies used for tile manufacturing, analyzing their possible influence on the technological and microstructural properties of the final product. The raw materials were subjected to particle size distribution analysis, plasticity tests, chemical, mineralogical, and thermal characterization. The

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

results obtained in this preliminary characterization stage indicate that the raw materials evaluated are technically promising for application in the ceramic industry.
Keywords: raw materials; tiles; stones; ceramics.

1. INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica nacional destaca-se pela sua diversidade, tanto em relação às empresas distribuídas em diferentes regiões do país, quanto pela variedade de fontes de energia utilizadas e pela ampla disponibilidade de matérias-primas naturais. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2018), esse setor possui relevante representatividade econômica, contribuindo com cerca de 1% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, além de apresentar expressiva atuação no comércio internacional, com constante crescimento nas exportações.

Segundo Hotza (2007) esse desenvolvimento expressivo da indústria cerâmica brasileira está fortemente associado à vasta oferta de matérias-primas presentes no território nacional. Nesse contexto, torna-se essencial a seleção adequada desses materiais, assim como o correto processamento e formulação das massas cerâmicas, uma vez que tais fatores exercem influência direta sobre as propriedades finais dos produtos, especialmente pelas transformações físico-químicas que ocorrem durante as etapas de fabricação.

Considerando esse cenário, observa-se que o mercado consumidor tem se tornado cada vez mais criterioso quanto à qualidade dos produtos cerâmicos, o que estimula a busca por matérias-primas alternativas que possam substituir total ou parcialmente os materiais tradicionalmente empregados. De acordo com Soares (2010), muitas vezes, a argila, por si só, não apresenta características suficientes para atender a todos os requisitos técnicos necessários à fabricação de determinados revestimentos cerâmicos, exigindo assim a incorporação de outros componentes na massa.

Diante disso, a utilização de matérias-primas alternativas como a Muscovita Monzogranito, Zoisita Anfibolito e Calcário, atuando como fundentes no desenvolvimento de novas formulações cerâmicas, mostra-se uma estratégia promissora. Essa abordagem pode contribuir significativamente para a obtenção de um produto final com maior qualidade e competitividade no mercado. Além disso, o

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

aproveitamento desses materiais, abundantes na região do Piauí, representa uma oportunidade de potencializar o interesse de investidores no setor cerâmico local, valorizando os recursos minerais disponíveis e fomentando o desenvolvimento industrial regional.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

- Analisar a potencialidade das matérias-primas: Argila, Muscovita Monzogranito, Zoisita Anfibolito e Calcário na massa cerâmica utilizada para a fabricação de revestimento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar mineralogicamente, quimicamente e termicamente as matérias-primas, antes das formulações, utilizando as técnicas:, difratometria de raios-X (DRX), espectometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva (FRX) e análise térmica gravimétrica (TG);
- Realizar ensaio granulométrico das matérias-primas e índice de plasticidade (IP) da argila;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 REVESTIMENTO CERÂMICO

Conforme estabelece a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR ISO 13006: 2020 Placas cerâmicas – definições, classificação, característica e marcação) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os revestimentos cerâmicos correspondem ao sistema formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte. As placas cerâmicas, por sua vez, são materiais produzidos a partir de argila associada a outras matérias-primas de origem inorgânica, amplamente empregadas na aplicação de pisos e paredes. Esses materiais podem ser conformados por processos como prensagem, extrusão ou outras técnicas específicas, sendo posteriormente submetidos às etapas de secagem e queima até atingirem a temperatura de sinterização. Destaca-se ainda que tais produtos podem apresentar ou não uma camada de esmalte e possuem características como incombustibilidade e resistência à ação da luz.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

A classificação das placas cerâmicas para revestimento pode ser realizada a partir de diferentes critérios, como o percentual de absorção de água que é diretamente relacionado à porosidade do material, o método de fabricação (prensagem, extrusão ou outros), a presença ou ausência de esmalte, o grau de resistência à abrasão superficial (dividido em classes, sendo a máxima a classe 5), a resistência ao ataque químico e também características visuais ou de aspecto superficial (NBR ISO 13006:2020).

De acordo com as especificações das normas NBR ISO 10545-3:2020 e NBR ISO 13006:2020, a classificação das placas cerâmicas em relação à absorção de água divide-se nos seguintes grupos: grês porcelanato, grés, semigrês, semiporoso e poroso. Na Tabela 1 são apresentados os diferentes tipos de produtos cerâmicos, classificados segundo o método de fabricação e o grupo de absorção de água (AA).

Tabela 1 – Classificação das cerâmicas de revestimento

Produto	**Absorção de água (%)**	**Métodos de fabricação**		
		Extrudado	**Prensado**	**Outros**
Grês porcelanato	Abs ≤ 0,5	AI	BIa	CI
Grês	0,5 < Abs ≤ 3		BIb	
Semigrês	3 < Abs ≤ 6	AIIa	BIIa	CIIa
Semiporoso	6 < Abs ≤ 10	AIIb	BIIb	CIIb
Poroso	Abs > 10	AIII	BIII	CIII

Fonte: NBR ISO 13006: Placas cerâmicas - Definições, classificação, características e marcação (2020)

A Tabela 2 apresenta a classificação dos revestimentos cerâmicos obtidos por prensagem, considerando suas características físicas, especialmente em relação à resistência à flexão (MPa) e ao percentual de absorção de água. Observa-se que esses parâmetros se comportam de maneira inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o valor do módulo de resistência à flexão apresentado pelo material, menor tende a ser sua capacidade de absorver água.

Tabela 2 – Classificação das placas prensadas segundo suas características físicas

Produto	**Absorção de água (%)**	**Módulo de resistência à flexão (Mpa)**

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Grês porcelanato	Abs ≤ 0,5	≥35
Grês	0,5 < Abs ≤ 3	≥30
Semigrês	3 < Abs ≤ 6	≥22
Semiporoso	6 < Abs ≤ 10	≥18
Poroso	Abs > 10	≥15 para espessura ≥7,5mm

Fonte: NBR ISO 13006: Placas cerâmicas - Definições, classificação, características e marcação (2020)

Segundo Soares (2010), de modo geral, as propriedades finais dos revestimentos cerâmicos estão diretamente condicionadas à criteriosa seleção e ao preparo adequado das matérias-primas utilizadas, à correta dosagem dos componentes na formulação da massa cerâmica e às condições de processamento, principalmente nas etapas de compactação e queima. O controle de qualidade desses materiais é realizado por meio de ensaios físicos e químicos, que têm o objetivo de avaliar o desempenho dos produtos cerâmicos, identificar possíveis defeitos oriundos do processo produtivo e garantir que as peças atendam às especificações normativas.

Além disso, ressalta-se que as propriedades das placas cerâmicas estão associadas não apenas à composição química das matérias-primas empregadas, mas também às suas características estruturais, sejam elas amorfas ou cristalinas, bem como às transformações físico-químicas que ocorrem ao longo das diferentes etapas de processamento do material.

2.2 INDÚSTRIA DE REVESTIMENTO CERÂMICO BRASILEIRO

Por volta da década de 70 a produção de revestimentos cerâmicos no Brasil passou a apresentar números significativos, impulsionados pela crescente demanda do setor da construção civil, o que resultou no surgimento e expansão de diversas empresas especializadas nesse segmento. A tecnologia construtiva brasileira, baseada no projeto e na construção com sistemas de vedação majoritariamente em alvenaria de blocos, assegura um elevado potencial de utilização da cerâmica de revestimento, o que reflete a preferência do consumidor brasileiro e a expansão da sua utilização em vários ambientes das construções (OLIVEIRA; HOTZA, 2015).

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

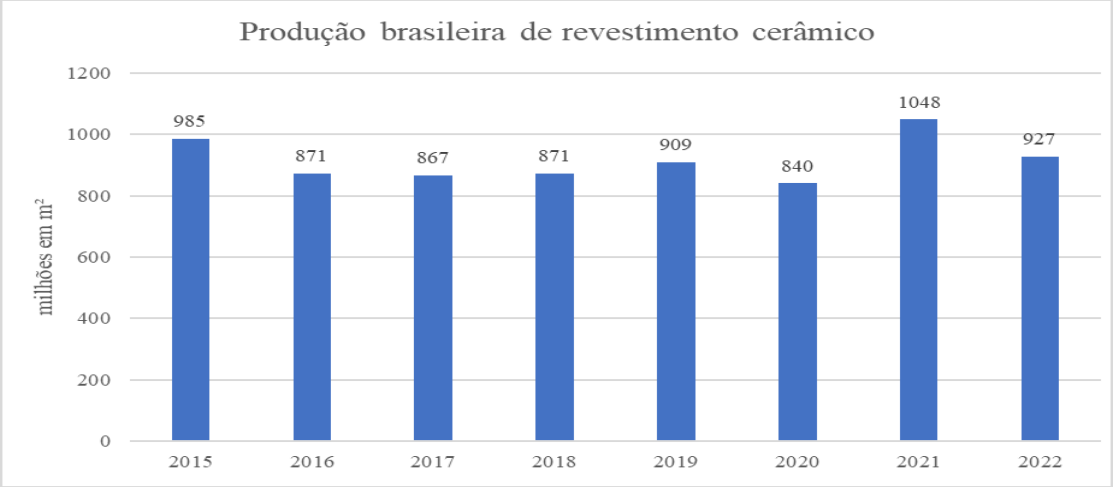
Segundo Constantino, Rosa e Corrêa (2006) a indústria de revestimentos cerâmicos está inserida no setor de produtos derivados de minerais não-metálicos da indústria de transformação, sendo responsável pela fabricação de pisos e azulejos. Este segmento, aliado à cerâmica estrutural vermelha, composta por materiais como tijolos, telhas e outros produtos refratários, representam uma cadeia produtiva que fazem parte do complexo industrial de materiais de construção.

Nos últimos quinze anos, o setor cerâmico brasileiro tem apresentado um crescimento expressivo em sua capacidade produtiva, alcançando a terceira posição no ranking mundial de produção de revestimentos cerâmicos. Em 2019, por exemplo, o Brasil produziu aproximadamente 909 milhões de metros quadrados de revestimentos, ficando atrás apenas da China, com 5.187 milhões de m², e da Índia, com 1.266 milhões de m² (ANFACER, 2019).

Segundo o levantamento feito pela ANFACER em 2022, o Brasil produziu 927 milhões de m² de revestimento cerâmico e as vendas no mercado interno foram de 736 milhões de m². De 2015 à 2022, a média de produção e consumo interno do Brasil foram aproximadamente de 915 e 809 milhões de m², respectivamente, conforme ilustram os Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Produção brasileira de revestimento cerâmico

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781



Fonte: Adaptado de ANFACER (2022)

Gráfico 2 – Vendas de revestimento cerâmico no mercado interno do Brasil



Fonte: Adaptado da ANFACER (2022)

3.3 INDÚSTRIA CERÂMICA PIAUIENSE

De acordo com Almeida et al. (2014) a indústria cerâmica do estado do Piauí ainda apresenta um nível de desenvolvimento inferior quando comparada aos polos industriais consolidados das regiões Sudeste e Sul do Brasil, como é o caso dos estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro. Vale ressaltar que a produção de cerâmica no estado do Piauí encontra-se restrita à fabricação de produtos como telha e tijolos, sendo baixa a produção de revestimento cerâmico, e que existe em algumas indústrias a falta de modernização, com processos de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

fabricação ultrapassados, baixo nível tecnológico, sem controle de variáveis nos processos de produção. Soma-se a isso a baixa qualificação da mão de obra empregada, com um nível de escolaridade reduzido, o que compromete diretamente a qualidade dos produtos fabricados e dificulta sua competitividade em mercados de outros estados, tanto em termos de qualidade quanto de preço.

Apesar das adversidades mencionadas, o panorama das indústrias cerâmicas no Piauí voltadas para produção de cerâmica vermelha estrutural é de grande relevância, e isso se deve ao fato da enorme disponibilidade da matéria-prima apropriada, além de um menor custo de instalação que esse segmento exige para a fabricação do produto final, que são de fácil penetração no mercado interno (ALVES, 2016).

Por possuir grandes jazidas de argila de boa qualidade para cerâmica vermelha, principalmente nas margens dos rios Poti e Parnaíba, sendo responsável por 70% da extração de argila do estado, em torno de 800.000 mil toneladas, o polo cerâmico de Teresina é o mais importante do Piauí, que acaba abastecendo também as cerâmicas localizadas em Timon, no estado do Maranhão (CEPRO, 2005).

3.4 MATÉRIAS-PRIMAS

Segundo Gibertoni, Paulin e Morelli (2005) na produção dos revestimentos cerâmicos, não existe uma matéria-prima que, sozinha, apresente todas as características necessárias para se ter uma boa formulação (boa fundência, estabilidade dimensional, cor de queima). Dessa forma, é imprescindível a preparação de uma composição cerâmica a partir da combinação de diferentes matérias-primas, cada uma delas com características específicas, com o objetivo de otimizar o desempenho do produto final. As massas cerâmicas para revestimento são formuladas por uma mistura triaxial de matérias-primas plásticas, que são os minerais argilosos, não plásticas, que são os fundentes e refratárias, e pelos aditivos, favorecendo a formação de fases cerâmicas e vítreas (TARVORNPANICH; SOUSA; LEE, 2008).

Segundo Cabral Júnior et al. (2019) as matérias-primas plásticas desempenham um papel fundamental na fase de conformação das peças

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

cerâmicas, conferindo-lhes resistência mecânica e plasticidade adequada, e além disso, na etapa de processamento térmico (sinterização) conferem características como estrutura e cor. Já as matérias-primas não plásticas atuam nas fases de conformação, ao ajustar a plasticidade do material; na secagem, ao reduzir a retração das peças e minimizar defeitos; e na etapa de queima, ao controlar deformações, transformações e a sinterização.

Em processos que se busca reduzir o ponto de fusão dos materiais cerâmicos, a adição de materiais fundentes é indispensável, visto que as impurezas têm ponto de fusão acima da temperatura de operação do forno. Assim, os fundentes atuam quimicamente, promovendo a formação de compostos com menor ponto de fusão do que o das escórias presentes, além de influenciar diretamente na viscosidade dessas escórias, visto que a diminuição dessa viscosidade facilita da cal pela escória e dificulta a formação de uma camada composta de silicato (SILVA, 2011).

Dentre os principais materiais fundentes utilizados na produção de revestimentos cerâmicos destacam-se o feldspato, calcário (calcita e dolomita), óxidos de potássio, óxidos de sódio, areia (quartzo), filito e resíduos de mineração são os principais fundentes na produção de revestimento cerâmico (AVELINO, 2017).

3.4.1 Argila

De acordo com Rocha, Suarez e Guimarães (2014) a argila é uma matéria-prima natural comumente utilizada na preparação de uma grande quantidade de massas cerâmicas de revestimento cerâmico, sendo a principal matéria-prima para sua produção. As argilas são compostas por partículas inferior a 0,005 mm, com alta plasticidade quando úmida e que, quando seca, formam torrões que são dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos (NBR 6502:2022)

Segundo Ramos et al. (2019) em relação à composição química, as argilas são constituídas predominantemente por argilominerais de silicatos, além de óxidos de ferro, magnésio e alumínio. Em virtude dessas diversidades as argilas se caracterizam por sua elevada heterogeneidade, cujas propriedades estão diretamente associadas ao seu processo de formação geológica e ao local de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

extração, sendo, portanto, classificadas pela sua origem, composição química, limites de Atterberg e concentração dos argilominerais.

De acordo com Biffi (2006) no processo de preparação das massas cerâmicas para revestimento, é comum a utilização de diferentes tipos de argilas, ou seja, é realizada a combinação de argilas com distintas características, como as argilas ilíticas, que apresentam elevada plasticidade, e as cauliníticas, de menor plasticidade. Isso permite um desenvolvimento de diversas funções no processamento e no desempenho do produto após a queima, como a melhoria da fluidez da massa, em razão das propriedades fundentes das argilas, que contribuem para uma maior densificação durante a queima e, consequentemente, para o aumento da resistência mecânica do material, podem proporcionar cor de queima mais clara, além de atuarem como agentes ligantes e plastificantes no processo cerâmico.

As propriedades do produto final estão estreitamente relacionadas às características iniciais das matérias-primas, como plasticidade, granulometria, e composição química e mineralógica. Além de melhorar das propriedades do produto final, possibilita ao fabricante flexibilidade, aumento no valor agregado de seu produto e redução de custos de produção.

3.4.3 Rocha granítica

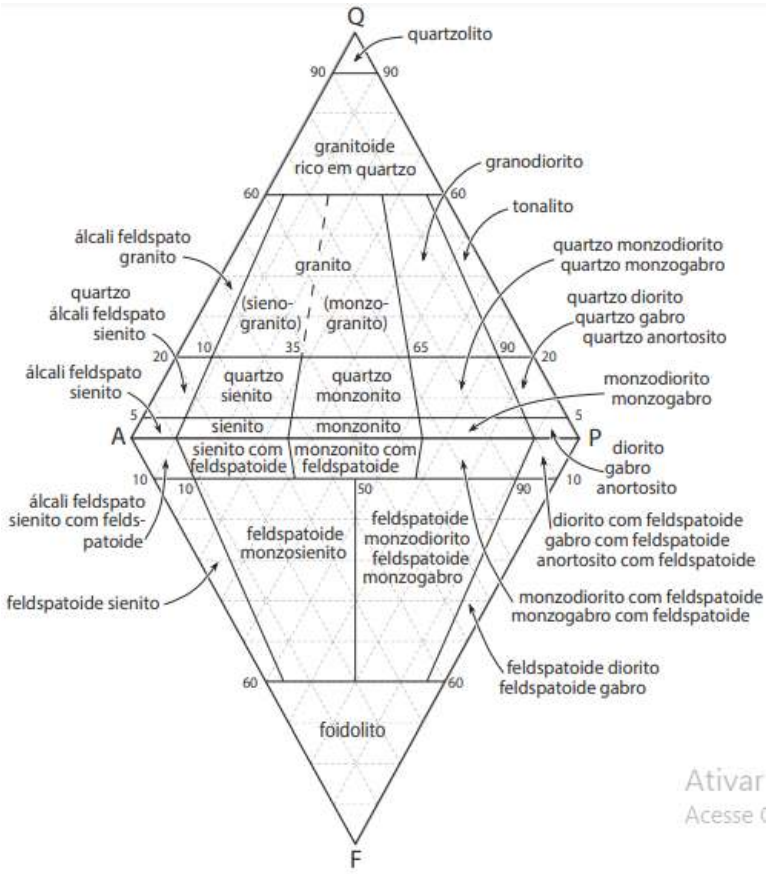
Segundo o Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP, 2022), o granito, bem como as demais rochas pertencentes à sua família, constitui um material de elevada dureza e resistência, amplamente empregado na construção civil, especialmente em revestimentos de pisos, pavimentações e como brita. Essas rochas apresentam ampla distribuição na crosta terrestre, representando o maior percentual dentre os tipos rochosos encontrados. O processo de formação do granito ocorre a partir do resfriamento lento do magma em profundidade, o que favorece o crescimento e a cristalização dos minerais constituintes.

As rochas graníticas são rochas magmáticas plutônicas, constituídas essencialmente por feldspato e quartzo que em conjunto, correspondem a aproximadamente 80% da composição mineralógica do granito. Para além desses

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

minerais também pode ocorrer a presença de minerais característicos como a biotita, muscovita e epídoto. A classificação dessas rochas é feita a partir do diagrama QAPF, concebido por Streckeisen (1967), a Figura 1 ilustra as rochas plutônicas.

Figura 1 – Classificação das rochas ígneas plutônicas



Fonte: Streckeisen (1967) e Wernick (2003)

O Monzogranito é um tipo de rocha ígnea granítica que é considerada produto do fracionamento final do magma e pode ser utilizada como fundente, dentro da indústria de cerâmica, quando em sua composição possuir mineralogia primária. Se caracteriza por possuir uma textura de granulação média a grossa, com coloração variada, que pode incluir tonalidades de preto, cinza, laranja, branco e rosa. Essa diversidade cromática está relacionada, à coloração do feldspato alcalino presente em sua constituição. Devido ao seu processo de cristalização em ambiente de profundidade o monzogranito apresenta também um elevado teor de sílica (SiO_2) em sua composição (IGc-USP, 2022).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

3.4.4 Rocha Anfibolito

Atualmente, segundo as recomendações da Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks (SCMR) da International Union of Geological Sciences (IUGS), o anfibolito é classificado como uma rocha metamórfica gnáissica ou granofélsica consistindo principalmente de anfibólio verde (horblenda), marrom ou preto e plagioclásio (incluindo albita), que combinados constituem mais de 75% da rocha, e é resultado do metamorfismo de rochas ígneas máficas (FETTES; DESMONS, 2007; IGc-USP, 2022).

A análise da química mineral em anfibolitos tem se revelado uma ferramenta eficaz para determinar as condições metamórficas, especialmente no que diz respeito à pressão e temperatura. Tal eficiência está associada à presença de minerais como plagioclásio e hornblenda, cuja combinação fornece importantes indicadores geotermométricos e geobarométricos. (KOCAK *et al.,* 2007).

Além de sua relevância em âmbito cientíico, o anfibolito é amplamente utilizado na construção civil, por conta de sua elevada resistência mecânica e durabilidade, o que o torna apropriado para o uso como brita, revestimento de pisos e paredes, bem como em obras de pavimentação. Do ponto de vista geológico, essa rocha possui significativo valor em estudos de ambientes metamórficos, uma vez que sua presença e características mineralógicas indicam condições específicas de pressão e temperatura, contribuindo de maneira expressiva para a compreensão e reconstrução de processos geodinâmicos.

3.4.5 Calcário

O calcário é uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos, é composta principalmente de carbonato de cálcio e pode aparecer na forma de aragonita ou calcita ($CaCO_3$). Segundo o Senai (2006) o uso do calcário nas massas melhora a dilatação térmica, provoca uma coloração mais clara e aumenta a resistência mecânica, sendo introduzidos sob forma de pó fino e às vezes até mesmo pelas próprias argilas como composto de cálcio. Na indústria de revestimento cerâmico os calcários são usados para fabricação de alguns tipos de azulejos e pisos.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

As matérias-primas carbonáceas, como a calcita, possuem papel fundamental na produção do biscoito cerâmico poroso, contribuindo para um controle dimensional rigoroso, elevação da resistência mecânica, porosidade adequada e redução da capacidade de absorção de água das peças (SOARES, 2010).

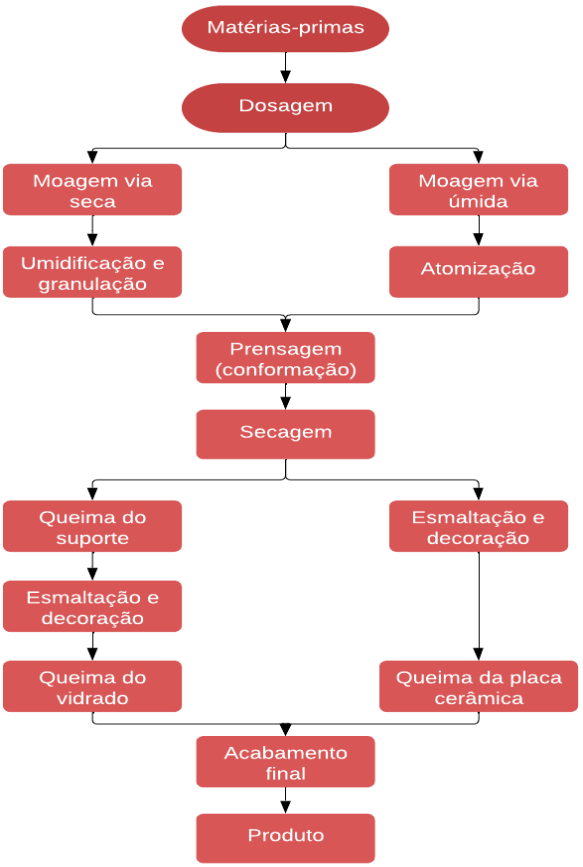
3.5 PROCESSO PRODUTIVO DO REVESTIMENTO CERÂMICO

Segundo Framinan, Leisten e García (2014) o processo de produção do revestimento cerâmico é constituído por diversas etapas, que podem variar em função das características específicas de cada produto final. Essas etapas envolvem desde a obtenção das matérias-primas, especialmente a argila, até a obtenção do produto acabado, passando por transformações de natureza química e física. Além da seleção adequada das matérias-primas que compõem a massa cerâmica, o controle do processo produtivo e de suas variáveis operacionais é fundamental, visto que tais parâmetros interferem diretamente nas interações entre os aspectos tecnológicos e as condições de processamento de cada etapa produtiva, por exemplo, os baixos valores de absorção de água e porosidade, e para obter esses teores é implicado na determinação do processamento da massa, como secagem e queima (EMMERICH; STEUDEL, 2016).

Os processos de fabricação empregados pelos diversos segmentos cerâmicos assemelham-se parcialmente ou totalmente, geralmente possuindo etapas como: a preparação da matéria-prima e da massa, prensagem, secagem, queima, e pôr fim a inspeção, estocagem e expedição dos produtos acabados. A Figura 2 apresenta o fluxograma de fabricação das placas cerâmicas com a massa preparada tanto por via seca como por via úmida (ABCERAM, 2023).

Figura 2 – Processo produtivo das placas cerâmicas

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781



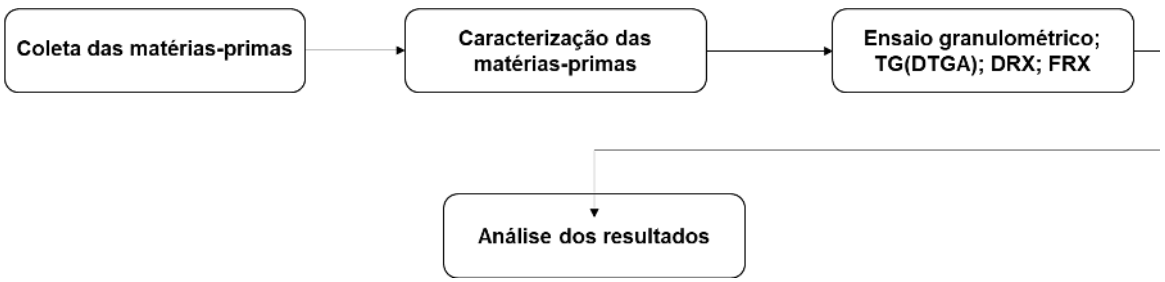
Fonte: Autor (2023)

3. METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

São apresentados os materiais, a metodologia e as técnicas de caracterização que serão utilizadas no experimento. O fluxograma do procedimento experimental utilizado no trabalho é descrito pela Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do procedimento experimental



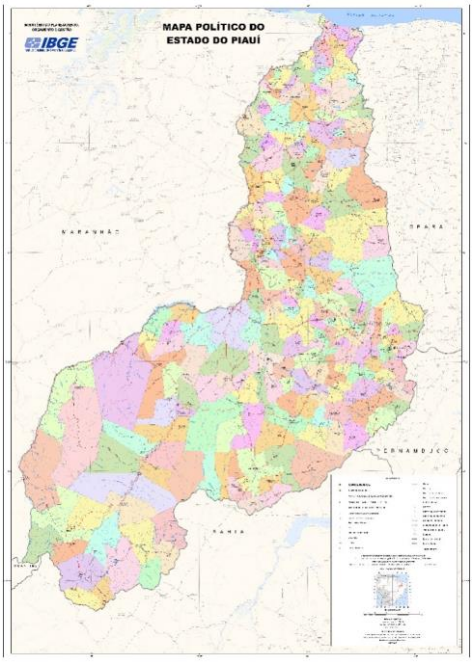
Fonte: Autor (2023)

3.2 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa básica de revestimento cerâmico empregada e fornecida por uma indústria de revestimento localizada na cidade de João Pessoa (PB) e as rochas Zoisita Anfibolito, Calcário e Muscovita Monzogranito, provenientes do estado do Piauí (PI), nas cidades de Capitão Gervásio Oliveira, Dom Inocêncio e Lagoa do Barro do Piauí, respectivamente. Na Figura 4 é apresentado a localização das cidades onde foram coletadas as rochas, e nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentadas as matérias-primas coletadas.

Figura 4 – Mapa do Piauí, destacando as cidades de Lagoa do Barro do Piauí, Capitão Gervásio Oliveira e Dom Inocêncio.





Fonte: IBGE (2023)

Figura 5 – Zoisita Anfibolito



Fonte: Autor (2023)

Figura 6 – Calcário



Fonte: Autor (2023)

Figura 7 – Muscovita Monzogranito



Fonte: Autor (2023)

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

As matérias-primas serão caracterizadas por técnicas de: índice de plasticidade (IP), somente argila, análise granulométrica (AG), análise química por fluorescência de raios X (FRX), análise mineralógica por difração de raios X (DRX), e análises térmicas por termogravimétrica (TGA).

As matérias-primas foram moídas a seco, separadamente, utilizando-se o britador martelo com raio de giro de 200mm, conforme ilustra a Figura 8, e posteriormente o moinho de bolas com esferas de aço com 30mm e 40mm, apresentado pela Figura 9.

Figura 8 – Britador martelo



Fonte: Autor (2023)

Figura 9 – Moinho de bolas



Fonte: Autor (2023)

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

A Figura 10 apresenta as matérias-primas após passar pelo processo de moagem.

Figura 10 – Matérias-primas cominuídas



Fonte: Autor (2024)

3.3.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica seguirá o método de peneiramento por gravimetria descrito na ABNT NBR 7181 (2018), em que foram utilizadas seis peneiras, mais o fundo, ordenadas da maior malha para a menor malha (#16, #30, #40, #50, #100, #200, fundo), realizado em mesa agitadora de peneiras redondas da Lucadema, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 – Mesa agitadora e as peneiras





Fonte: Autor (2023)

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

3.3.2 Análise de plasticidade

Será determinada a plasticidade da massa argilosa coletada através dos limites de Atterberg, limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), de acordo com as NBR's 6459 (2017) e 7180 (2016) da ABNT. Estes valores serão determinados através do ensaio Casagrande, realizado em aparelho de mesmo nome, conforme ilustra a Figura 12. O índice de plasticidade é obtido através da Equação 1, abaixo:

$$IP = LL - L\,P \tag{1}$$

Onde:

IP = índice de plasticidade

LL = limite de liquidez

LP = limite de plasticidade

Figura 12 – Aparelho de Casagrande



Fonte: Autor (2023)

4.3.3 Análise química

A composição química das matérias-primas foi feita através de uma análise quantitativa em espectrofotômetro de fluorescência de raios-X em equipamento Panalytical, modelo Epsilon 3 XL do Laboratório de Materiais (LabMat) do Programa de Pós-graduação em Engenharia dos Materiais (PPGEM) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI. Na Figura 13 é apresentado o aparelho utilizado na realização da fluorescência de raios X.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Figura 13 – Espectômetro de fluorescência de raios X



Fonte: Autor (2023)

4.3.4 Análise mineralógica

Para analisar a mineralogia das matérias-primas, bem como as fases formadas após a queima dos corpos-de-prova, análises de DRX serão realizados com material moído e passantes pela peneira de 200 mesh. A avaliação das fases de cada matéria-prima e produto final analisados será dada por comparação entre os picos gerados no difratograma. A análise das fases cristalinas foi feita em difratômetro Rigaku SmartLab SE, com intervalo angular de 5° a 80°, passo de 0,02° e com velocidade de 7°/min.

4.3.5 Análises térmicas

Para avaliação térmica das matérias-primas em estudo, será utilizado o Analisador Termogravimétrico TGA-51H Shimadzu para o tipo de análise, serão utilizadas massas em torno de 15 mg, com granulometria inferior a 200 mesh, a taxa de aquecimento será de 10 ºC/min entre 30ºC e 1200ºC, sob um fluxo de ar sintético de 50ml/min. A análise dos resultados e a obtenção da curva derivada da TG denominada DTG, serão realizadas utilizando o programa de computador denominado TA-60, para análises térmicas da Shimadzu. A Figura 14 apresenta o aparelho que foi utilizado no experimento térmico das matérias-primas.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Figura 14 – Aparelho TGA-51H Shimadzu



Fonte: Autor (2023)

4. Resultados e Discussão

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

4.1.1 Análise granulométrica

A análise da distribuição granulométrica das quatro matérias-primas utilizadas no estudo evidenciou uma elevada presença de partículas finas, conforme apresentado na Tabela 3. Verifica-se que a média de material retido na peneira com abertura de 0,075 mm (200 mesh), considerando os quatro materiais analisados, foi de apenas 17,07%. Esse resultado contribui significativamente para um empacotamento mais eficiente das partículas durante a etapa de prensagem. Isso é atribuído à eficiência do processo de moagem empregado, o qual favorece a obtenção de partículas com elevada área superficial específica, promovendo uma melhor interação entre as partículas da massa cerâmica. Como consequência, este fator potencializa o processo de sinterização, permitindo a queima do material a temperaturas relativamente mais baixas. Os Gráficos 3, 4, 5 e 6 apresentam a distribuição de cada matéria-prima.

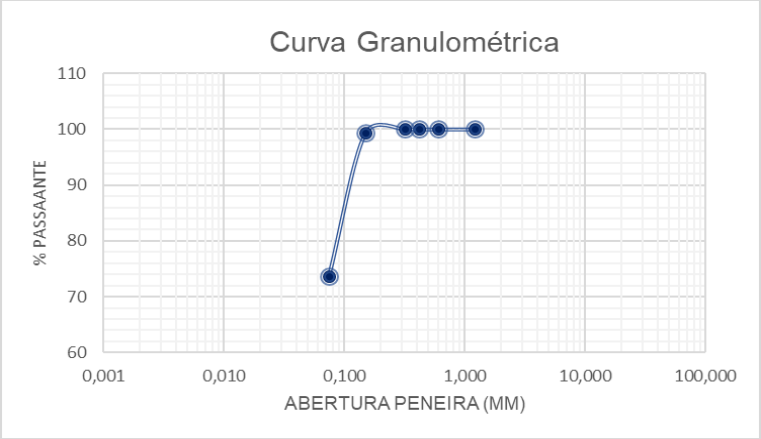
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Tabela 3 – Distribuição granulométrica das matérias-primas

Peneiras da ABNT	Abertura (mm)	Argila retida (%)	Muscovita Monzogranito retido (%)	Zoisita Anfibolito retido (%)	Calcário retido (%)
16	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
40	0,42	0,00	0,00	0,03	0,08
50	0,30	0,00	0,00	0,06	0,11
100	0,15	0,68	0,52	0,39	0,42
200	0,075	25,62	14,51	11,14	17,04
Fundo		73,70	84,97	88,38	82,35
Total		100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autor (2023)

Gráfico 3 – Curva granulométrica da Argila



Fonte: Autor (2023)

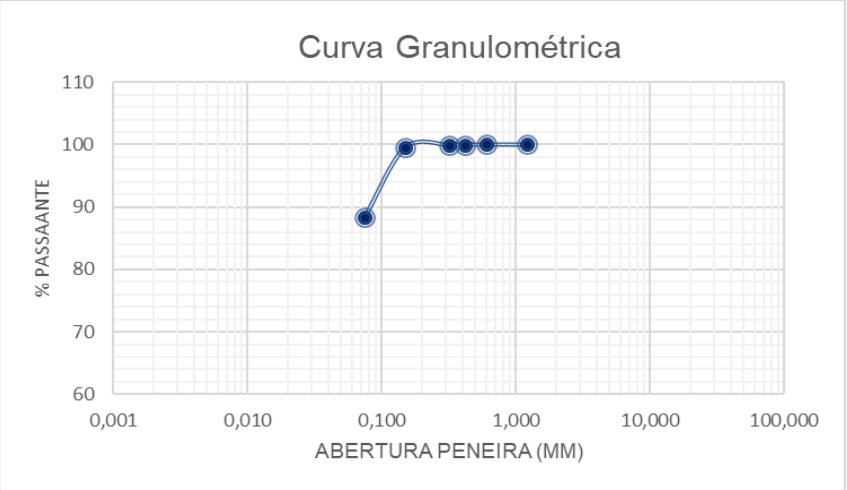
Gráfico 4 – Curva granulométrica da Muscovita Monzogranito



Fonte: Autor (2023)

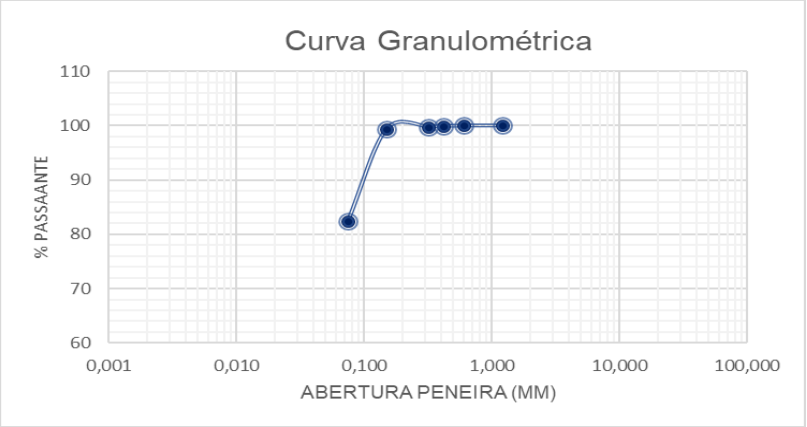
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Gráfico 5 – Curva granulométrica da Zoisita Anfibolito



Fonte: Autor (2023)

Gráfico 6 – Curva granulométrica do Calcário



Fonte: Autor (2023)

4.1.2 Limite de liquidez e plasticidade

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos da argila para a determinação do limite de plasticidade, cujo valor encontrado foi de 23,77% e do limite de liquidez, que foi de 38,64%, este último, representado graficamente no Gráfico 7. A partir desses dados, e por meio da aplicação da Equação 1, foi possível calcular o índice de plasticidade do material, que resultou em 14,87%.

De acordo com Caputo, Caputo e Rodrigues (2015), o índice de plasticidade obtido, por situar-se entre 7% e 15%, classifica a argila analisada como medianamente plástica. Essa característica está associada à predominância de

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

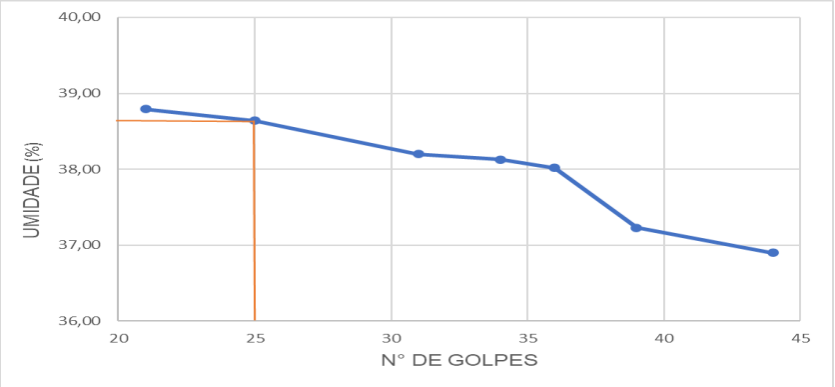
partículas finas na composição do material, conforme verificado anteriormente na análise granulométrica.

Tabela 4 – Valores do limite de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade da argila

CÁPSULA (n°)	1	2	3	4	5
PESO CÁPSULA (g)	39,1	38,95	38,9	38,88	39,05
PESO ÚMIDO COM CÁPSULA (g)	42,6	42,53	42,34	42,29	42,23
PESO ÚMIDO (g)	3,5	3,58	3,46	3,52	3,18
PESO SECO COM CÁPSULA (g)	41,91	41,87	41,6	41,82	41,62
PESO SECO (g)	2,81	2,92	2,78	2,85	2,57
UMIDADE (%)	24,56	22,60	24,46	23,51	23,74
LIMITE DE PLASTICIDADE (%)			23,77		
LIMITE DE LIQUIDEZ (%)			38,64		
INDICE DE PLASTICIDADE (%)			14,87		

Fonte: Autor (2023)

Gráfico 7 – Resultado do limite de liquidez da argila



Fonte: Autor (2023)

4.1.3 Análise química

Na Tabela 5 são mostrados os resultados da composição química das matérias-primas utilizadas, em percentual, obtidos por fluorescência de raios-x (FRX).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Tabela 5 – Composição química da argila e das rochas

	% EM PESO DOS ÓXIDOS DAS MATÉRIAS-PRIMAS								
MATÉRIA-PRIMA	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**K_2O**	**MgO**	**CaO**	**TiO_2**	**P_2O_5**	**Outros**
Argila	54,93	18,24	14,95	3,92	2,95	2,74	1,57	0,28	0,42
Muscovita Monzogranito	74,68	17,25	1,29	4,61	0,00	1,50	0,12	0,21	0,28
Zoisita Anfibolito	43,48	14,38	13,67	0,23	8,34	18,59	0,61	0,13	0,46
Calcário	1,29	0,64	0,61	0,22	1,57	94,89	0,06	0,16	0,53

Fonte: Autor (2024)

A análise química da argila utilizada revela que sua composição é predominantemente constituída por SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3. Nas argilas, a sílica aparece geralmente na condição de quartzo (sílica livre) cuja presença favorece a liberação de gases durante o processo de queima dos materiais cerâmicos, além de contribuir para a estabilidade dimensional das peças após a sinterização. Possui um teor de 14,95% de Fe_2O_3, cuja presença é responsável pela coloração avermelhada da peça cerâmica após a queima. Além disso, foi indentificado um percentual aproximado de 8,4% de óxidos alcalinos fundentes (K_2O + CaO + MgO), cuja função está associada à redução da temperatura de sinterização, sendo essenciais para a obtenção de materiais cerâmicos com baixa porosidade.

A Muscovita Monzogranito apresentou um elevado teor de óxido de silício (74,68%), que é o principal agente vitrificante e compõe as principais fases cristalinas após a queima. Cabe destacar também a presença de óxido de alumínio (17,25%), que, em conjunto com os óxidos fundentes, como o K_2O e o CaO (totalizando 6,1%), contribui para a refratariedade do material sinterizado.

A Zoisita Anfibolito apresenta uma concentração alta do fundente CaO (18,59%), além desse óxido também possui 13,67% de Fe_2O_3 e 8,34% de MgO, sendo que esse último pode se comportar como fundente. As concentrações próximas desses óxidos, junto com o Al_2O_3 (14,38%) é um forte indício da presença dos minerais zoisita e tremolita.

Por fim, o calcário apresentou composição majoritária do óxido de cálcio (94,89%), que o caracteriza como carbonato de cálcio. O CaO, além de atuar como fundente, contribui para a redução da refratariedade da massa cerâmica,

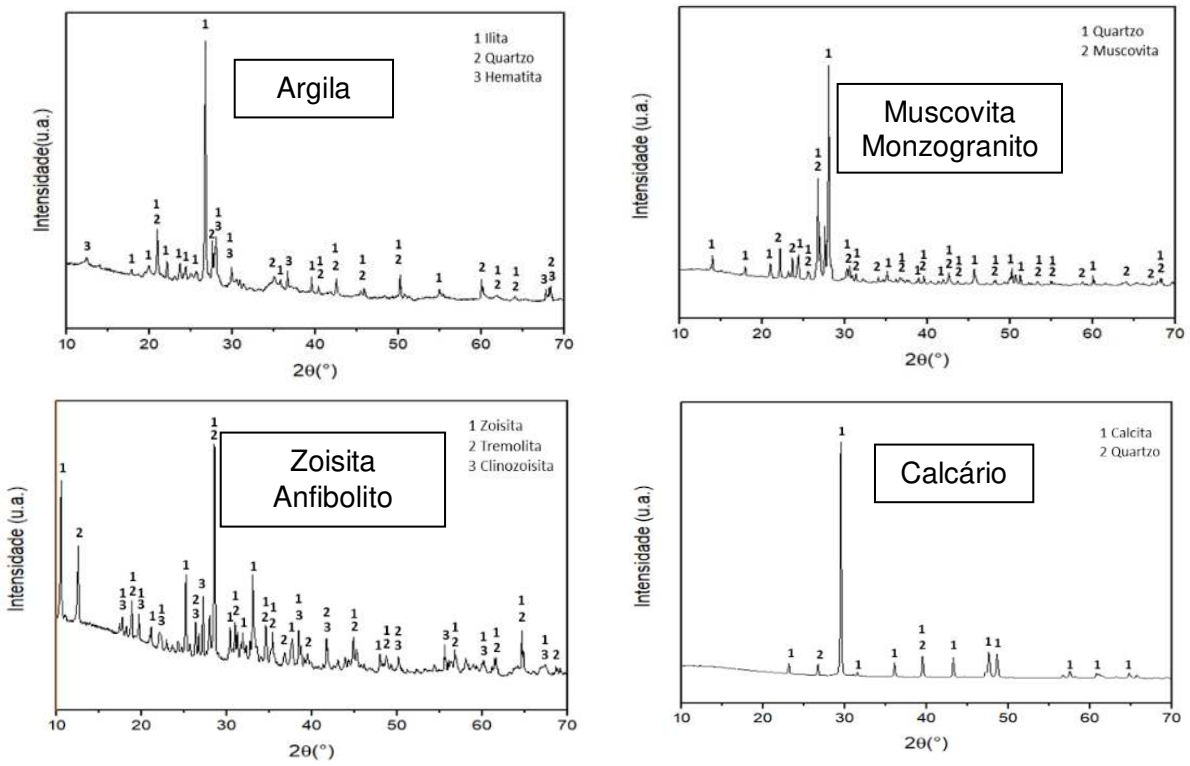
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

favorecendo a diminuição da porosidade das peças e promovendo a formação de fases líquidas viscosas em temperaturas mais baixas.

4.1.4 Análise mineralógica

A Figura 15 ilustra as fases cristalinas identificadas por difração de raio X da argila, muscovita monzogranito, zoisita anfibolito e calcário.

Figura 15 – DRX das matérias-primas



Fonte: Autor (2024)

A análise mineralógica da argila revelou a presença de ilita, quartzo e hematita. A ilita, por ser um silicato de alumínio hidratado com elevado teor de potássio, favorece a formação de fase líquida durante a queima, contribuindo para a redução da porosidade e melhora da sinterização em temperaturas mais baixas. O quartzo, além de atuar na estabilidade dimensional, reduz a refratariedade da massa cerâmica. A hematita, por sua vez, com elevado teor de ferro, desempenha papel de fundente a baixas temperaturas, favorecendo a coloração avermelhada das peças queimadas. Assim, os minerais identificados estão em consonância com

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

a análise química realizada, evidenciando uma composição adequada para a produção de revestimentos cerâmicos com queima em menores temperaturas.

Na Muscovita Monzogranito foram identificados os minerais quartzo e muscovita. O elevado teor de quartzo justifica sua função na estabilidade dimensional das peças, controle da plasticidade e auxílio na liberação de gases durante a queima. A presença de muscovita, associada ao óxido fundente K_2O, além do Al_2O_3, contribui para a redução da retração da massa cerâmica e favorece a formação de mulita, mineral que confere resistência e estabilidade térmica ao produto final.

A análise da Zoisita Anfibolito revelou a presença dos minerais zoisita, clinozoisita e tremolita, caracterizados por elevados teores de CaO, Al_2O_3 e SiO_2, compatíveis com os resultados obtidos na análise química. Destaca-se a tremolita, mineral pertencente ao grupo dos anfibólios, que contém também MgO e Fe_2O_3, elementos que contribuem para melhorar a resistência da massa cerâmica e reduzir defeitos, como a laminação, durante a queima.

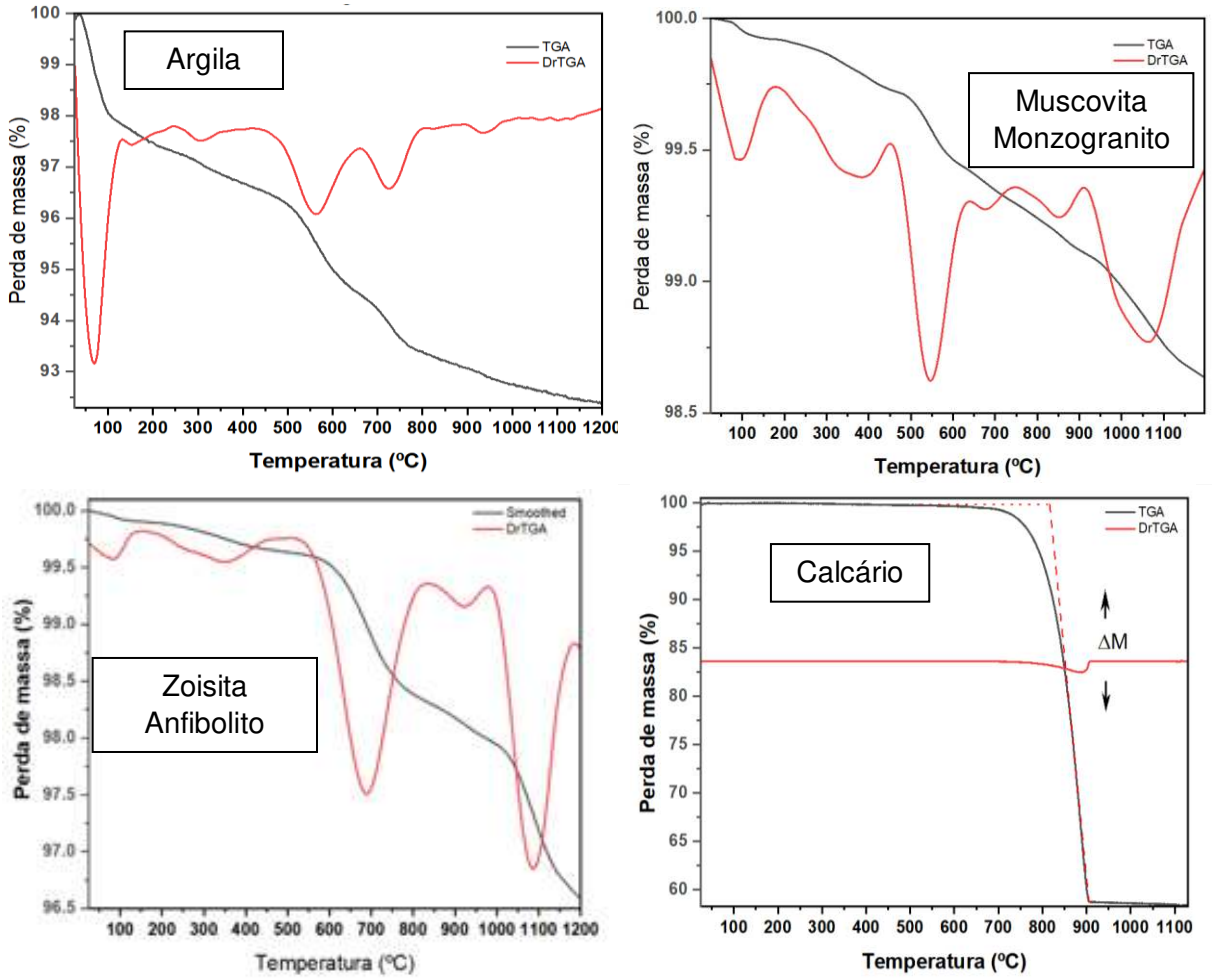
Por fim, o calcário apresentou predominância do mineral calcita, com pequenas quantidades de quartzo, confirmando sua elevada pureza, com aproximadamente 95% de CaO. A descarbonatação da calcita durante a queima gera o óxido de cálcio, que atua como fundente moderado, favorecendo a redução da temperatura de sinterização e contribuindo para a eficiência energética do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos.

4.1.5 Análise térmica

A Figura 16 demonstra a análise termogravimétrica (TGA/DrTGA) da argila, muscovita monzogranito, zoisita anfibolito e calcário.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

Figura 16 -TG e DTGA das matérias-primas



Fonte: Autor (2024)

A análise termogravimétrica (TGA/DrTGA) da argila apresentou três eventos principais de perda de massa. O primeiro, com 2,04%, ocorreu a 43,5°C, relacionado à liberação de água livre. O segundo, entre 514°C e 604,1°C, representou a maior perda, de 2,22%, associada à queima de matéria orgânica e liberação de hidroxilas dos argilominerais, sem afetar a estrutura cristalina da ilita. E o terceiro evento, entre 700,97°C e 795,89°C, indicou a destruição da estrutura cristalina da ilita, com perda de 2,09%.

Na Muscovita Monzogranito observou-se uma baixa perda de massa, inferior a 1%, evidenciando alta estabilidade térmica da amostra, o que pode ser interessante para aplicações em materiais refratários ou cerâmicos. A principal perda, de 0,45%, ocorreu entre 972,9°C e 1132°C, relacionada à decomposição da

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

muscovita, ao fato de o potássio encontrado não acumular tanta água em seu interstício tendo basicamente perda de água livre (46,7°C), e à liberação de hidroxilas.

Na análise da Zoisita Anfibolito foram identificados três eventos térmicos. O primeiro, a 50,6°C, com perda de 0,37%, correspondeu à eliminação de umidade superficial. O segundo, entre 636,8°C e 760,81°C, resultou em perda de 1,31%, devido à decomposição de zoisita e clinozoisita. O terceiro, entre 1041,7°C e 1135,6°C, com perda de 1,37%, está associado à desestabilização da tremolita, com liberação de água estrutural.

No calcário, a perda de massa total foi de 40,88%, ocorrendo predominantemente entre 847,7°C e 928,1°C, em função da descarbonatação da calcita, com liberação de dióxido de carbono (CO_2), característica típica deste material.

5. Conclusão

Com base nos resultados obtidos e nas propriedades das matérias-primas empregadas, é possível extrair algumas conclusões que evidenciam o uso de matérias-primas diferentes do tradicional, dentro do estudo de revestimento cerâmico, e que as matérias-primas avaliadas são promissoras para aplicação na indústria da cerâmica. Esses aspectos são detalhados a seguir:

- A caracterização das matérias-primas indicou uma distribuição granulométrica bastante homogênea, o que favorece um preenchimento mais eficiente da matriz de conformação durante a prensagem, além de intensificar a reatividade entre os componentes da massa cerâmica no processo de queima.
- A argila foi classificada como medianamente plástica, devido ao valor obtido na análise de plasticidade, sendo esta classificação para a argila ideal para fabricação de revestimentos cerâmicos e pisos.
- Os resultados das análises química, mineralógica e térmica indicaram que a massa cerâmica industrial é formada por argilas fundentes de coloração avermelhada após a queima, com elevado conteúdo de ilita como principal argilomineral. Essas características são típicas das argilas utilizadas na

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3781

produção de revestimentos cerâmicos. Indicaram também que as matérias-primas Muscovita Monzogranito, Zoisita Anfibolito e Calcário, agem como fundentes, que são responsáveis pela refratariedade do material final e diminuição dos poros.

5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Preparar formulações com as matérias-primas citadas no presente artigo;
- Realizar o processo de queima de todas as formulações a temperaturas entre 1000°C à 1150°C;
- Fazer a caracterização do produto final por meio de ensaios tecnológicos como: retração linear de secagem e queima (RLS e RLQ), absorção de água (AA), perda ao fogo (PF), porosidade aparente (PA), massa especifica aparente (MEA) e Tensão de ruptura à flexão a três pontos (TRF).
- Realizar a análise macroestrutural dos corpos de prova após a etapa de queima;
- Classificar os corpos de provas de acordo com a classificação dos revestimentos cerâmicos, de acordo com a NBR ISSO 13006 (2020).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, K. S. de; OLIVEIRA, Y. L. de; LINHARES JUNIOR, Z.; ANCELMO, L.; SOARES, R.A.L. **Panorama da indústria cerâmica vermelha no Piauí**. In: 58º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Bento Gonçalves, 2014, p. 1150 -1162.

ALVES, L. R. **Reaproveitamento de resíduos de vidro em formulações de massa cerâmica vermelha**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina – PI, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **ABCERAM**, 2023. Disponível em: <http://www.abceram.org.br> Acesso em: 21 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545**: Placas cerâmicas, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-3**: Placas

cerâmicas - Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente, 2020.
.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 13006**: Placas cerâmicas - Definições, classificação, características e marcação, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: rochas e solos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – analise granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES**. ANFACER**, 2019. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/brasil>. Acesso em: 20 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES**. ANFACER**, 2021. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/brasil>. Acesso em: 20 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO. **ASPACER**., 2016. Disponível em: <http://www.aspacer.com.br/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

AVELINO, F. P. **Estudo de formulações para produção de revestimento cerâmico a partir de matérias-primas encontradas no estado do Piauí com adição de pó de vidro**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Instituto Federal do Piauí, Teresina, 2019.

BIFFI, G. **O Grês Porcelanato**: manual de Fabricação e Técnicas de Emprego. São Paulo: Faenza (Gruppo Editoriale), 2006.

CABRAL JUNIOR, M.; AZEVEDO, P. B. M. de; CUCHIERATO, G.; MOTTA, J. F. M. **Estudo Estratégico da Cadeia Produtiva da Indústria Cerâmica no Estado de São Paulo:** Parte II – Indústria de Revestimento. Revista Cerâmica Industrial, v. 24, n. 2, p. 13 – 21, 2019.

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N.; RODRIGUES, J. M. de A. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 7ª ed, Volume 1. Rio de Janeiro, LTC, 2015.

CEPRO – Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. **Diagnóstico e diretrizes para o setor mineral do estado do Piauí**. Teresina – PI: Fundação CEPRO, 2015.

CONSTANTINO, A. D.; ROSA, S. E. S.; CORRÊA, A. R. **Panorama do Setor de Revestimentos Cerâmicos**. 2006. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15303/1/Panorama%20do%20Setor%20de%20Revestimentos%20Cer%c3%a2micos_P.pdf.> Acesso em: 03 nov. 2022.

EMMERICH, K.; STEUDEL, A. **Análise Térmica de Matérias-primas Argilosas**. Cerâmica Industrial, v. 21, n. 2, mar. 2016.

Fettes D., Desmons J. 2007. **Metamorphic rocks**: a classification and glossary of terms. Cambridge, 244p

FRAMINAN, J. M., LEISTEN, R., RUIZ, R. G. **Manufacturing Scheduling Systems**: An Integrated View on Models, Methods and Tools, Springer, 2014, ISNB 987-1-4471-6271-1. European Journal of Operational Research. 249.10.1016/j.ejor.2015.09.065.

GIBERTONI, C.; PAULIN, F. P.; MORELLI, M. R. **Caracterização de Cerâmicas Sinterizadas por Fluxo Viscoso**. Cerâmica, São Paulo, v. 51, n. 320, out./dez. 2005

HOLANDA, J. N. F.; SILVA, M. A.; PAES JÚNIOR, H. R. **Reuse of ornamental rockcutting waste in aluminous porcelain**. Journal of Environmental Management, v. 92: 936-940, 2011.

HOTZA, D. **Etimologia e uso em diferentes línguas de alguns termos técnicos empregados na fabricação de cerâmica tradicional**. Cerâmica industrial, 12, 4 (2007).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Mapa Político do Piauí. Piauí: IBGE, 2023.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Seção de materiais didáticos**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://didatico.igc.usp.br/rochas/igneas/granito/ . Acesso em: 02 mar. 2024.

Kocak, Kerim & Kurt, Hüseyin & Zedef, Veysel & Ferre, E. (2007). **Characteristics of the amphibolites from Nigde metamorphics (Central Turkey), deduced from whole rock and mineral chemistry**. Geochemical Journal. 41. 241-257. 10.2343/geochemj.41.241.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos**. 2018.

OLIVEIRA, A. P. de; HOTZA, D. **Tecnologia de Fabricação de Revestimentos Cerâmicos**. Florianópolis: [s. n.], 2015.

RAMOS, S. de O.; DANTAS, G. C. B.; LIRA, H. de L.; PIMENTEL, P. M.; MARCIANO, J. E. A.. **Caracterização de argilas de novos jazimentos situados em Parelhas/RN, Brasil, visando aplicação na indústria cerâmica**. Matéria (Rio de Janeiro), [S.L.], v. 24, n. 2, p. 1-9, nov. 2019. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620190002.0667.

ROCHA, F. N; SUAREZ, P. A. Z.; GUIMARÃES, E. M. **Argilas e suas Aplicações em Utensílios e Materiais Cerâmicos**. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 4, p. 1105-1120, 2014.

SENAI. Departamento Regional do Piauí. **Especial de tecnologia de cerâmica vermelha**. Teresina – Piauí, 2006.

SILVA, P. F.; OLIVEIRA, F. das C.; SOUSA, R. M. L.; LOPES, P. D.; CONCEIÇÃO, I. G. C. da; PAZ, G. M. da; SOARES, R. A. L. Availability of raw materials in the state of Piauí for the production of ceramic coating. **International Journal for Innovation Education and Research**, Dhaka, Bangladesh, v. 9, n. 4, p. 110–119, 2021. DOI: 10.31686/ijier.vol9.iss4.3025.
Disponível em: <https://scholarsjournal.net/index.php/ijier/article/view/3025>. Acesso em: 13 jun. 2024.

SOARES, R. A. L. **Efeitos da adição de carbonatos em formulações de massa para revestimento cerâmico utilizando matérias-primas do Piauí**. 2010. 146f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

STRECKEISEN, A. L., 1967. **Classification and nomenclature of igneous rocks**. Final report of an inquiry. Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Abhandlungen, 107, 144-240.

TARVORNPANICH, T.; SOUZA, G. P.; LEE, W. E. **Microstructural Evolution in Clay-Based Ceramics II**: Ternary and Quaternary Mixtures of Clay, Flux, and Quartz Filler. J. Am. Ceram. Soc., v. 91, n. 7, p. 2272‑ 2280, 2008.

Wernick, E. 2003. **Rochas magmáticas**. Ed.UNESP, p. 336-339.