



## COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E TÉRMICA DE ARGILAS EM POLO DE CERÂMICA VERMELHA NO ES

 Elvis Pantaleão Ferreira; Instituto Federal do Espírito Santo (IFES campus Santa Teresa); Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, e-mail: elvispf@ifes.edu.br

 Alessandra Savazzini-Reis; Instituto Federal do Espírito Santo (IFES campus Vitória); Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais e-mail: alessandra.reis@ifes.edu.br

 Geovana Carla Gironi Delaqua; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais e-mail: geovanagironi@gmail.com

 Carlos Mauricio Fontes Vieira; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais e-mail: vieira@uenf.br

**Resumo:** O estado do Espírito Santo, localizado na região sudeste do Brasil, tem se destacado no cenário nacional no âmbito da indústria de transformação de minerais não-metálicos destinado à produção de cerâmica vermelha. Seu principal e mais importante conglomerado de empresas do setor está situado no polo cerâmico de São Roque do Canaã, localizado na região central do estado, marcado pelo seu pioneirismo estadual no setor de cerâmica vermelha. O presente trabalho visa apresentar a composição química, e caracterização mineralógica e térmica das argilas. Os materiais argilosos foram coletados no pátio de indústrias cerâmicas presente no polo, em seguida caminhadas ao laboratório. A composição química dos materiais foi realizada por fluorescência de raio-x (FRX), a caracterização mineralógica, por difratometria de raios-x (DRX), e a caracterização térmica, se deu por análise termogravimétrica (ATG). De forma geral, não foi registrado diferenças significativas entre as constituições das argilas, em que majoritariamente a composição química são constituídas pelos óxidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e altos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que quando comprados entre si, apresentam proporções relativamente semelhantes. A caracterização termogravimétrica apresenta comportamento típico de argilas caulínicas. Quanto as caracterizações mineralógicas apresentam estrutura cristalina semelhante com de picos agudos e bem evidentes, com destaque para os argilominerais caulinita e gibbsita.

**Palavras-chave:** Cerâmica vermelha; extração mineral; caracterização de argilas.

## CHEMICAL COMPOSITION, MINERALOGICAL AND THERMAL CHARACTERIZATION OF CLAYS IN A RED CERAMIC POLE IN ES

**Abstract:** The state of Espírito Santo, located in the southeast region of Brazil, has stood out on the national scene in the non-metallic mineral transformation industry for the production of red ceramics. Its main and most important conglomerate of companies in the sector is located in the ceramic hub of São Roque do Canaã, located in the central region of the state, marked by its state pioneering in the red ceramic sector. The present work aims to present the chemical composition, mineralogical and thermal characterization of clays. The clay materials were collected in the ceramic industry yard at the center, then taken to the laboratory. The chemical composition of the materials was carried out using x-ray fluorescence (XRF), the mineralogical characterization was carried out using x-ray diffractometry (XRD), and the thermal characterization was carried out using thermogravimetric analysis (ATG). In general, no significant differences were recorded between the constitutions of the clays, in which the chemical composition mostly consists of oxides of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and high levels of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  which, when purchased together, have relatively similar proportions. The thermogravimetric characterization shows typical behavior of kaolinite clays. As for mineralogical characterizations, they present a similar crystalline structure with sharp and clearly evident peaks, with emphasis on the clay minerals kaolinite and gibbsite.

**Keywords:** Red ceramic; mineral extraction; clay characterization.

## **1. Introdução**

No Brasil, o mercado de cerâmicas é um segmento produtivo da indústria de transformação de minerais não-metálicos, que depende da exploração de jazidas para a extração da mineral argila. Os segmentos de cerâmica branca compreendem as louças de mesa, louças sanitárias, cerâmicas artísticas, cerâmica de revestimento, incluindo porcelanatos, azulejos e pisos, e cerâmicas vermelhas, sobretudo na concepção de telhas e tijolos. Em linhas gerais são materiais produzidos a partir de processos semelhantes, com propriedades específicas (OLIVEIRA, 2011; SOUZA, et al., 2020).

O segmento da indústria de cerâmica vermelha brasileira é composto por cerca de 7 mil empresas. São empresas com perfil predominante de pequenos e médios empreendimentos formais e informais, caracterizado pelo gerenciamento familiar, com processos produtivos tradicionais, pouca automação e poucos investimentos em tecnologias modernas (ANICER, 2020; BRASIL, 2021). Contudo, é um segmento industrial importante para o suporte e atendimento as demanda do mercado interno, para o desenvolvimento econômico e social local e regional.

Pesquisas apontam que no geral a indústria cerâmica brasileira apresenta participação na ordem de 1,0% em no PIB – Produto Interno Bruto, e no PIB industrial 2,5%, representando grande importância econômica para o país. Especificamente o segmento de Cerâmica Vermelha representa cerca de 0,4% do PIB nacional, valor equivalente a pouco mais R\$ 7 bilhões/ano (BUSTAMANTE E BRESSIANI, 2000; ANICER, 2011).

Especificamente o Espírito Santo, estado da região sudeste do Brasil, com uma extensão territorial de 46.074,447 km<sup>2</sup>, possui uma grande quantidade de jazidas de argilas, conforme o Anuário Mineral Brasileiro e o Anuário Mineral Estadual do Espírito Santo publicados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2018), o estado possui reservas de argilas estimadas em pouco mais de 186 milhões de toneladas, destes 99,68% sendo de argilas comuns, 0,2% e 0,12% de argilas plásticas e refratárias, respectivamente. As indústrias atuantes no setor cerâmico, situadas no estado, produzem revestimentos cerâmicos, e sobretudo, cerâmica vermelha, sobretudo telhas e tijolos.

O município de São Roque do Canaã, localizado na região central do estado, se destaca como o maior polo produtor de cerâmica vermelha, com a maior concentração estadual de empreendimentos de dedicado ao setor, conforme discutido por Ferreira et al. (2023), segmento industrial que foi pioneiro no estado, atualmente bastante consolidado, responsável pela grande oferta de emprego e renda no município.

Contudo, o conhecimento de propriedades química, mineralógica e térmica das argilas, matérias-primas destinadas a confecção de peças cerâmicas, é de fundamental importância pois, essas propriedades conferem primordiais características no preparo da massa, conformação e queima (OLIVEIRA et al., 2022; FERREIRA et al., 2023). Sabe-se também que estes conhecimentos das argilas são fatores primordiais no processo de fabricação de cerâmica, por retratar propriedades dos minerais presentes na amostra, que dinamizam o processo de fabricação devido os diferentes atributos de cada mineral.

O presente trabalho teve como objetivo apresentar estudo de cunho técnico-científico no tocante a composição química, caracterização mineralógica e térmica de argilas em polo de cerâmica vermelha no estado do Espírito Santo. Almejando assim, fornecer subsídios para maximizar as propriedades desejadas das peças produzidas, contribuindo para potencializar a qualidade dos produtos e fortalecer este importante polo cerâmico.

## 2. Materiais

Os materiais argilosos foram coletados no pátio de seis indústrias de cerâmica vermelha presente no polo de cerâmica vermelha na região central do estado do Espírito Santo, Brasil. Os materiais coletados foram devidamente identificados e caminhados ao laboratório de tecnologia em cerâmica presente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – campus Santa Teresa. Inicialmente os materiais foram secos ao sol, e posteriormente secos em estufa de circulação de ar forçado – SL102 a 110°C por 24h para retirar a umidade do material, e a fim de diminuir o tamanho das partículas, inicialmente os materiais foram desagregados com em moinho de rotor com martelo móvel – modelo SL 39, e em seguida com uso de moinho analítico modelo IKA A10 a 20.000 rpm para então obter as granulometrias necessárias as análises.

## 2. Métodos

A composição química dos materiais argilosos foi realizada por fluorescência de raio-x (FRX), técnica não destrutiva que permite a identificação da composição e concentração em que cada elemento se encontra presente na amostra, para tanto as amostras foram passadas em malha 200 *mesh*. Para esta caracterização o equipamento utilizado foi o espectrômetro por fluorescência de raios – x (WDS), modelo AXIOS da Panalytical, os resultados semiquantitativos foram expressos em %, calculados como óxidos normalizados a 100%.

A caracterização mineralógica, foi realizada por difratometria de raios – x (DRX). O procedimento para análise mineralógica por DRX foi realizado pelo método do pó, utilizando um difratômetro marca Sheifert, modelo URD 65, nas seguintes condições de operação: radiação Cu K $\alpha$  (35kV/40mA) e 2 $\theta$  variando de 5° a 60° passo de 0,02° e tempo de 5s por passo. O programa X-Pert HighScore Plus® foi utilizado para a identificação das fases presentes nas amostras, as informações sobre o grupo espacial, parâmetros de rede e das posições atômicas foram obtidas por comparação com o banco do ICDD (*International Center Diffraction Data*) e *Crystallography Open Database* (COD). Posteriormente utilizou-se o software OriginPro® para plotar os gráficos.

A Caracterização térmica, se deu por análise termogravimétrica (ATG) e sua derivada (DTG), ferramenta importante no estudo das propriedades físicas e químicas de materiais quando submetidas ao aquecimento. Para tanto, as análises termogravimétricas foram realizadas em analisador térmico, TG modelo TG 209 F1 Libra®, da NETZSCH, dentre os parâmetros de leitura foram adotados variação de temperatura entre 25 e 1100 °C em atmosfera inerte com nitrogênio (N<sub>2</sub>), sob fluxo de 15 mL.min<sup>-1</sup> e taxa de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup>. A técnica utiliza pequena quantidade de amostra (mg) para a análise foi destinado cerca de 1 g das matérias-primas na forma de pó com granulometria de 200 *mesh*.

O ensaio de perda de massa ao fogo foi realizado com amostras em triplicata, foram submetidos cerca de 50 gramas de argila e biomassa de casca de uvas passadas em peneira de 10 *mesh*, inicialmente secas a 110 °C por 24 horas, e submetidas a forno tipo mufla, marca Maitec/INTI – modelo ML1.400, com taxa de aquecimento de 2 °C/min, patamar a temperatura de 1000 °C por 4 horas.

### 3. Resultados e discussão

O estado do Espírito Santo, é um dos importantes produtores de cerâmica vermelha da região sudeste do Brasil, os empreendimentos estão presentes nas regiões Norte, Centro e Sul do estado (FERREIRA et al., 2023). O setor de cerâmica vermelha é formado por cerca de 60 empreendimentos que produzem mensalmente cerca de 30 milhões de blocos cerâmicos e 15 milhões de telhas, gerando 3.500 empregos diretos e 7.000 empregos indiretos (SINDICER-ES, 2022).

O estado possui reservas de argilas comuns estimada em, pouco mais de 184 milhões de toneladas (DNPM, 2016; 2018). As maiores demandas em ordem de importância são o segmento de cerâmico, a construção civil e indústria de cimento. Os principais municípios exploradores de jazidas de argilas comuns, são os municípios de Colatina; São Roque do Canaã e Itapemirim com 221.893; 56.445 e 42.952 toneladas extraídas, respectivamente, conforme o anuário mineral estadual do Espírito Santo (DNPM, 2018).

O Polo industrial de cerâmica vermelha da região Central do estado do Espírito Santo, é designado como polo de cerâmica de São Roque do Canaã, por ser este o município com grande destaque na produção, compreende o maior número de empresas, por possuir cerca de 25% dos empreendimentos dedicados ao setor, empresas de médio e pequeno porte, onde que muitos destas foram concebidos na metade da década de 60 (FERREIRA et al., 2023). A implantação das diversas indústrias do segmento de cerâmica vermelha presentes no município de São Roque do Canaã, iniciada na década de 60, esteja associado a abundância e qualidade da matéria-prima, disponibilidade hídrica e facilidade de escoamento da produção.

O município de São Roque do Canaã possui reserva estimada em 4 milhões de toneladas de argilas comuns, o que corresponde a 2,15% das reservas do estado, destinadas quase que exclusivamente às indústrias de cerâmica vermelha (DNPM, 2018). No polo a mineração de argilas tem a predominância de jazidas em grande parte no município, exploradas pela própria empresa cerâmica (Figura 1).



Figure 1. Extração de argila para produção de cerâmica vermelha em São Roque do Canaã – ES.

No tocante ao solo presente no município, recurso edáfico que compõe matéria prima (argila), levantamento de dados cartográficos do Serviço Geológico do Brasil, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2018) aponta que o município possui solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo, e solos da classe Latossolo Amarelo, ambos distrófico (Figura 2).

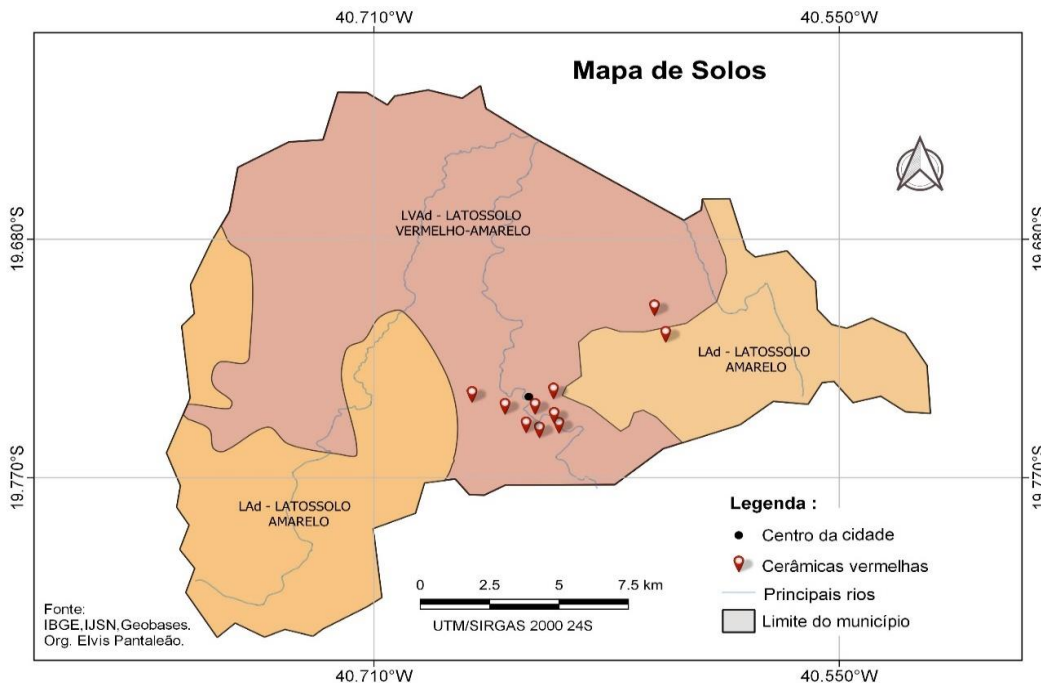


Figure 2. Classificação do solo no município de São Roque do Canaã – ES.

Os Latossolos Amarelos presentes no município nas regiões sul e leste (Figura 2), correspondem a classe de solos minerais, de textura argilosa, com incremento de argila à medida que se aprofunda o perfil, solos ácidos não hidromórficos (MELO e ALLEONI, 2009; CPRM, 2018; FERREIRA et al., 2023). Ainda conforme os autores são caracterizados por intensa intemperização, predomínio da presença de argilominerais do grupo da caulinita e de minerais primários resistentes ao intemperismo e baixa a muito baixa relação silte/argila. São solos com menor capacidade de troca de cátions e baixa saturação de bases, de baixa fertilidade natural.

Na área central do município temos os Latossolos Vermelho-Amarelo (Figura 2), são solos minerais, homogêneos em características de cor e textura, advêm de ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes, apresentam textura argilosa a muito argilosa. Solos ácidos de baixa fertilidade, associado a baixa retenção de cátions, com saturação de bases (V%) e de alumínio trocável menores < 50% e altos teores de ferro nos horizontes subsuperficiais (MELO e ALLEONI, 2009; EMBRAPA solos, 2013).

Na (Tabela 1) é apresentado resultados de fluorescência de raio-X (FRX); na (Figura 3) a caracterização termogravimétrica (TG) das argilas e em seguida na (Figura 4) Difração de Raio X (DRX). As análises foram realizadas em seis matérias-primas disponibilizadas por distintas empresas no polo cerâmico de São Roque do Canaã.

Tabela 1. Composição química por FRX das matérias-primas (% em massa).

Argilas	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO
Argila A	43,29	29,04	18,41	2,81	2,15	1,68	0,70	0,20
Argila B	42,11	28,77	14,08	9,06	1,55	1,63	0,79	0,36

<b>Argila C</b>	43,15	33,60	14,59	3,85	1,71	1,12	0,12	0,10
<b>Argila D</b>	41,29	29,80	16,03	5,86	2,04	1,63	0,85	0,48
<b>Argila E</b>	42,97	32,96	14,85	4,11	1,78	1,26	0,11	0,16
<b>Argila F</b>	44,33	27,57	16,89	3,54	1,91	1,60	0,80	0,81

De forma geral (Tabela 1), não foi observado diferenças significativas entre as constituições das argilas, observa-se que majoritariamente a composição química das argilas são constituídas pelos óxidos de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em proporções relativamente semelhantes, apresenta também quantidades significativas de Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> e K<sub>2</sub>O. Os altos teores de SiO<sub>2</sub> está associado às partículas de quartzo, principal impureza presente nas argilas, atuando como componente não plástico.

Dada a presença expressiva de alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> superior a 28% é possível admitir que pode estar presente na forma gibbsita Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O que é uma das formas minerais do hidróxido de alumínio (Al<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>). Os óxidos de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presentes na ordem de 40% e 30% respectivamente, estão associados à formação de aluminossilicatos, dando origem a formação da caulinita (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e quando associado ao óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) temos à presença de mica muscovita, que comumente se apresenta na forma de placas (El BOUKILI et al., 2021).

As curvas térmicas (Figura 3) apresentam semelhanças quanto a perdas contínuas de massa com o avanço da temperatura. Os eventos que ocorrem entre 110°C a 200°C são devido à presença da liberação de água livre e água absorvida, que ocasionam perda de massa, o qual variou entre 0,52% a 3,32%. Por volta de 280 °C é registrado evento térmico de perda de massa associada à desidratação da gibbsita Ca-SO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, reação que comumente é observada na faixa de temperatura de 250 – 350 °C, assim como, a processo de decomposição de matéria orgânica e sulfetos (LECHHEB et al., 2021).

A cerca de 500 °C a 600 °C ocorrem reações endotérmicas com pronunciadas perdas de massa variando de 8,7% a 9,11%. Este comportamento compreende a desidroxilação da caulinita (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), momento térmico que ocorrem várias transformações entre elas, a perda de grupos hidroxila da estrutura da argila na forma de água de constituição, e transformação da caulinita em metacaulinita, nesta ocasião as propriedades da argila associadas à plasticidade são irreversíveis. No estágio final dos eventos térmicos, apresenta variação de massa residual variando de 83,7% a 87,7% para o limite superior, desta forma exibindo perda teórica de massa na ordem de 14,3%.

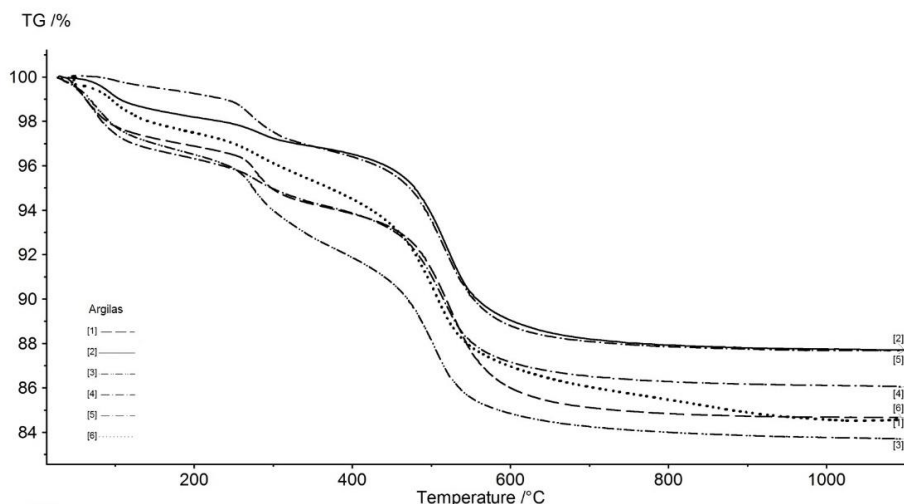


Figure 3. Caracterização termogravimétrica (TG) das argilas.

Na (Figura 4) são apresentadas as Difrações de Raio X (DRX) das argilas. De modo geral, as argilas apresentam composição química tipicamente de predominância caulinitica, uma vez que apresentam elevado relativo teor de alumina  $Al_2O_3$  e alto percentual de sílica  $SiO_2$ , associado a menores teores de óxidos alcalinos fundentes  $K_2O+Na_2O$ . Muito embora, os teores dos  $K_2O$  e  $Na_2O$  são significativos, atuando como importantes fundentes a massa cerâmica (Vieira e Pinheiro, 2011). Sabe-se que a coloração das peças cerâmicas é atribuída sobretudo aos compostos de  $Fe_2O_3$ . Portanto, os elevados percentuais de  $Fe_2O_3$  (14,08 a 18,41%), indica que os produtos quando sinterizados apresentaram cores avermelhadas.

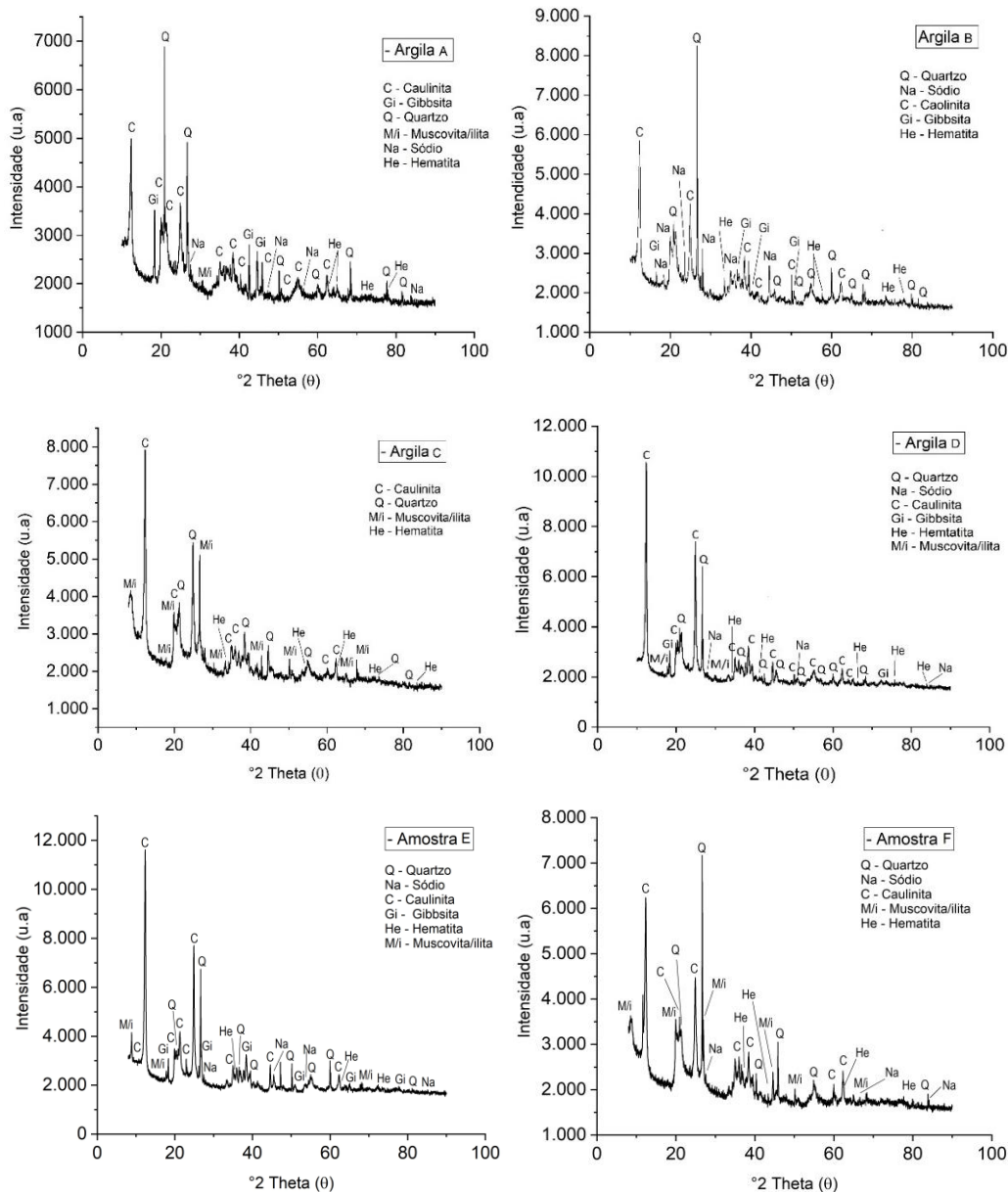


Figure 4. Classificação Difração de raio X – DRX das matérias primas.

As argilas apresentam estruturas minerais semelhantes as fases predominante identificadas foram o quartzo de ficha cristalográfica (ICOD 98-004-2498) sendo estes apresentados comumente em forma de picos agudos e bem evidentes, e os argilominerais caulinita (ICOD 98-006-8698) e gibbsita (ICOD 98-018-4003), picos de

difração característicos das fases do sódio (ICOD 00-005-0628), hematita (ICOD 00-033-0664), picos associados a muscovita/ilita (ICOD 90-016-6963; 98-018-4003).

O quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), é óxido de silício predominante em todos os solos. De modo geral, é responsável por afetar sobretudo o decrescimento na plasticidade. O quartzo é um dos minerais mais puros que nesta condição é comumente incolor, transparente ou branco com brilho vítreo. Embora, podendo conter impurezas químicas com traços de (Al, Ti, Fe, Na, K, Mg, Ca, OH) intersticiais ou oriundo de processos de substituição isomórficas, imprimindo várias cores.

O segundo elemento mais presente nas argilas foi o argilomineral caulinita. Principal representante dos argilominerais do tipo 1:1 por sua destacada ocorrência nos solos, em condições tropicais predominam os solos caulíníticos, lateríticos e ricos em óxidos de ferro, alumínio e titânio caracterizados em sua grande maioria, por serem muito intemperizados e geralmente de fertilidade baixa a muito baixa, conforme descrito anteriormente.

Os minerais micáceos ora identificados nas amostras, apontados por picos característicos de muscovita/ilita, são os minerais com  $^+K$  (potássio) mais comuns nos solos em condições tropicais, originárias especialmente das rochas ígneas. Conforme Thompson e Ukrainczyk (2002), devido ao seu caráter detrítico, as espécies de micas componentes de rochas ocorrem comumente em sedimentos. As micas quando ocorrem nas frações grosseiras dos solos pouco intemperados, ou em horizontes subsuperficiais nos solos mais intemperados são designadas de biotita.

#### **4. Conclusão**

Os materiais argilosos avaliados presentes no Polo industrial de cerâmica vermelha de polo de cerâmica de São Roque do Canaã no estado do Espírito Santo, de forma geral, não registra-se diferenças significativas entre as constituições das argilas, observa-se que majoritariamente a composição química das argilas são constituídas pelos óxidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e altos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que quando comparados entre si, apresentam proporções relativamente semelhantes, apresenta também quantidades significativas de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . A caracterização termogravimétrica apresenta comportamento típico de argilas caulíníticas. Quanto as caracterizações mineralógicas apresentam estrutura cristalina semelhante com de picos agudos e bem evidentes, com destaque para os argilominerais caulinita e gibbsita.

#### **Agradecimentos**

Ao Sindicato das indústrias de cerâmica do estado do Espírito Santo – Sindicer, a Federação das indústrias do estado do Espírito Santo – Findes, as indústrias de cerâmica vermelha visitadas, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes campus Santa Teresa, e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Uenf, ambos pelo apoio laboratorial, operacional e científico.

#### **Referências**

**ANICER** - Associação Nacional da Indústria Cerâmica. *Revista da Anicer*. Ano XIV – Edição 68, Rio de Janeiro – RJ, 2011.



**BNB** – Banco do Nordeste. *Informe Setorial Cerâmica Vermelha*. Escritório técnico de Estudos Econômicos do Nordeste do Brasil – ETENE. Brasília/DF, 2010.

**BRASIL**. Ministério de Minas e Energia – MME. *Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos*. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. Departamento de Tecnologia Mineral. Brasília – DF., 2021.

**BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C.** *A indústria cerâmica brasileira*. Revista Cerâmica Industrial, vol. 5, n° 3, maio/junho, 2000.

**CPRM** – *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19513>. Acesso em 21 de abril de 2024.

**DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral. *Anuário Mineral Estadual - Espírito Santo*. Brasil, Brasília: DNPM, 2016 e 2018.

**EL BOUKILI, G.; MAHDI LECHHEB, M.; OUKARROUCH, M.; DEKAYIR, A.; KIFANI-SAHBAN, F.; KHALDOUN, A.** *Mineralogical, physico-chemical and technological characterization of clay from Bensmim (Morocco): Suitability for building application*. Construction and Building Materials. Volume 280, n° 19, 2021.

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 3ª edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília/DF, 353 p. 2013.

**FERREIRA, E. P.; DELAQUA, G. C. G. ; BARRETO, G. N. S. ; MONTEIRO, S. N. ; OLIVEIRA, E. M. ; VIEIRA, C. M. F.** *Incorporation of wine industry waste into red ceramic: study of Physical and Mechanical properties*. Journal of Materials Research and Technology-JMR&T, v. 26, p. 5748-5761, 2023.

**FERREIRA, E. P.; REIS, A. S.; DELAQUA, G. C. G.; AZEVEDO, A. R. G.; VIEIRA, C. M. F.** *Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha de São Roque do Canaã, ES*. Cerâmica Industrial (impresso), v. 28, p. e132801, 2023.

**LECHHEB, M.; HARROU, A.; EL BOUKILI, G.; AZROUR, M.; LAHMAR, A.; EL OUAHABI, M.** *Physico-chemical, mineralogical, and technological characterization of stabilized clay bricks for restoration of Kasbah Ait Benhadou-Ouarzazate (south-east of Morocco)*. Materials Today: Proceedings. V. 58, part 4, 2022.

**MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F (Ed.)**. *Química e Mineralogia do Solo. Parte I – Conceitos básicos*. SBCS – Viçosa/MG, 2009.

**SINDICER/ES** – *Sindicato das Indústrias de Cerâmica do Estado do Espírito Santo*. Disponível em: <http://www.sindicatodaindustria.com.br/sindiceres/>. Acesso em 28 jul. 2024.

**SOUZA, C. M. A.; RAFUL, L. Z. L.; VIEIRA, L. B.** *Determinação do limite de liquidez em dois tipos de solo, utilizando-se diferentes metodologias*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 4, n. 3, pp. 460-464, 2000.

**THOMPSON, M. L.; UKRAINCZK, L. MICAS. IN DIXON, J. B.; SCHULZE, D. G.** eds. *Soil mineralogy with environmentam applications*. Madison, Soil Science Society of America, p. 431-466, 2002.

**VIEIRA, C. M. F.; PINHEIRO, R. M.** *Avaliação de Argilas Cauliníticas de Campos dos Goytacazes Utilizadas para Fabricação de Cerâmica Vermelha*. Revista Cerâmica, v. 57, p. 319-323, 201.