UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

SAMYRA LETÍCIA CUSTÓDIO DA SILVA

# ANÁLISE INTEGRADA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ARGILAS E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE LOUÇAS SANITÁRIAS

Recife
2025

SAMYRA LETÍCIA CUSTÓDIO DA SILVA

# ANÁLISE INTEGRADA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ARGILAS E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE LOUÇAS SANITÁRIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do grau Bacharel em Química Industrial.

Orientador (a): Daniella Carla Napoleão

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Samyra Letícia Custódio da.
Análise integrada da matéria orgânica em argilas e seus efeitos na produção de louças sanitárias / Samyra Letícia Custódio da Silva. - Recife, 2025.
40p., tab.

Orientador(a): Daniella Carla Napoleão
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Química Industrial - Bacharelado, 2025.
Inclui referências.

1. Cerâmica. 2. Controle de qualidade. 3. Matéria orgânica. 4. Processo de queima. I. Napoleão, Daniella Carla . (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

SAMYRA LETÍCIA CUSTÓDIO DA SILVA

# ANÁLISE INTEGRADA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ARGILAS E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO DE LOUÇAS SANITÁRIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do grau Bacharel em Química Industrial.

Aprovado em: 11/08/2025

## BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
DANIELLA CARLA NAPOLEAO
Data: 23/09/2025 21:38:01-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

Profa. Daniella Carla Napoleão (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

gov.br Documento assinado digitalmente
GLORIA MARIA VINHAS
Data: 24/09/2025 10:45:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

Prof. Glória Maria Vinhas (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco

gov.br Documento assinado digitalmente
INGRID LARISSA DA SILVA SANTANA
Data: 23/09/2025 20:37:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

Ingrid Larissa da Silva Santana (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo privilégio de realizar mais um dos meus sonhos. Por me conceder sabedoria, força e serenidade para trilhar o propósito que me confiou. Sem Ele, nada seria possível!

Agradeço, com todo meu amor, à minha mãe, Eliete Maria, e à minha avó, Letícia Maria, mulheres que sempre estiveram ao meu lado. Obrigada por me apoiarem, incentivarem e por sempre priorizarem minha educação. Graças a vocês, pude estudar com dignidade e conforto, desde o básico ao superior. Amo e sou grata a vocês com todo meu coração, essa conquista não se faz só minha, mas nossa.

À minha tia, Maria do Carmo (*in memoriam*), que tanto me incentivou e que sempre acreditou que eu seria capaz de ter um futuro próspero. Você foi luz na minha vida e hoje é luz no meu coração. Seu amor me fortaleceu, sua fé me guiou. Essa vitória também é sua.

Aos meus amigos de curso, e com certeza futuros excelentes profissionais, Fábio Gabriel e Maria Eduarda, que concluíram ao meu lado essa graduação, e a Gabriel Eliseu, que cruzou meu caminho durante esse percurso. Essa conquista não é feita apenas de páginas escritas e noites em claro. Ela é feita de mãos estendidas e abraços silenciosos. Sem o apoio contínuo de vocês, eu não teria chegado até aqui. Obrigada por todos esses anos, vivemos dias intensos, entre livros e cadernos abertos, sorrisos largos, silêncios cansados e lágrimas sinceras. Vocês tornaram essa jornada mais leve e sempre terão um espaço especial no meu coração.

Aos professores e profissionais que fizeram parte da minha formação, deixo minha gratidão. Em especial à professora Daniella Carla, que acompanhou meu crescimento de forma mais próxima. Obrigada por acreditar em mim, confiar no processo e compartilhar ensinamentos que levarei para a vida.

Por fim, agradeço a cada pessoa que, de alguma forma, fez parte dessa trajetória. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada olhar de confiança me trouxeram até aqui. Essa conquista é resultado de muitas mãos, corações e presenças que acreditaram em mim. Muito obrigada!

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a avaliação do teor de matéria orgânica presente em diferentes tipos de argilas utilizadas no processo de fabricação de louças cerâmicas. A presença de compostos orgânicos nas argilas pode comprometer a qualidade do produto, especialmente durante a etapa de queima, gerando defeitos como trincas, porosidade e variações de cor. Dessa forma, torna-se essencial o monitoramento periódico dessa propriedade para garantir estabilidade no processo produtivo. Para isso, foram realizadas análises mensais de quatro diferentes amostras de argilas, utilizando o método de oxidação via peróxido de hidrogênio, com cada ensaio executado em duplicata. Os resultados obtidos demonstraram que todas as amostras apresentaram teores de matéria orgânica abaixo do limite de 5%, valor considerado adequado para produção de cerâmica. As médias variaram entre 1,35% e 2,57%, indicando um comportamento estável e satisfatório das matérias-primas analisadas. A constância dos resultados ao longo dos três meses avaliados reforça a adequação das argilas para uso na indústria cerâmica, contribuindo para a produção de peças com maior uniformidade, menor risco de falhas térmicas e melhor desempenho funcional. Ressalta-se que a apresentação dos resultados esteve condicionada às normativas internas da empresa, as quais estabelecem diretrizes específicas para a divulgação de dados. Em razão dessas restrições, determinadas informações não puderam ser expostas integralmente, visando à preservação de aspectos estratégicos e de confidencialidade corporativa.



Palavras-chave: Cerâmica; Controle de qualidade; Matéria orgânica; Processo de queima

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the organic matter content in different types of clays used in the production of ceramic sanitary ware. The presence of organic compounds in clays can affect the quality of the final product, especially during the firing stage, leading to defects such as cracks, porosity, and color inconsistencies. Therefore, regular monitoring of this parameter is essential to ensure stability in the production process. Monthly analyses were carried out on four different clay samples using the hydrogen peroxide oxidation method, with each test performed in duplicate. The results showed that all samples had organic matter contents below the 5% threshold, a value considered suitable for industrial applications. The average values ranged from 1.35% to 2.57%, indicating a stable and satisfactory behavior of the raw materials. The consistency of the results over the three-month period confirms the suitability of the clays for use in the ceramic industry, supporting the production of more uniform products with reduced risk of thermal defects and improved functional performance. It is noteworthy that the presentation of results was subject to the company's internal regulations, which established specific guidelines for data disclosure. Due to these restrictions, certain information could not be fully presented in order to preserve strategic aspects and corporate confidentiality.



Keywords: Ceramics; Quality control; Organic matter; Firing process.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teor de matéria orgânica em diferentes tipos de argila 28

## LISTA DE SIGLAS

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

COT – Carbono Orgânico Total

FEAM –

FIEMG –

PAF – Perda ao Fogo

PIB – Produto Interno Bruto

POP – Procedimento Operacional Padrão

**SUMÁRIO**


**1 INTRODUÇÃO** **11**

**2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** **13**

2.1 INDÚSTRIA CERÂMICA DE LOUÇA SANITÁRIA 13

2.2 MATÉRIAS-PRIMAS CERÂMICAS 14

**2.2.1 Matérias-primas plásticas** **14**

**2.2.2 Matérias-primas não plásticas** **15**

2.3 PROPRIEDADES E COMPOSIÇÃO DAS ARGILAS 16

**2.3.1 Características gerais das argilas: plasticidade, mineralogia** **17**

**2.3.2 Tipos de argilas utilizadas na indústria de louça sanitária** **17**

**2.3.3 Composição físico-química e comportamento térmico das argilas** **18**

**2.3.4 Argilas contendo matéria orgânica** **19**

2.4 MÉTODOS ANALÍTICOS E CONTROLE DE QUALIDADE 21

2.5 ETAPAS DO PROCESSO CERÂMICO 23

**3 METODOLOGIA** **25**

3.1 COLETA, SECAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS 25

3.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA 26

**4 RESULTADOS E DISCUSSÃO** **28**

**6 REFERÊNCIAS** **34**

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria de cerâmica, especialmente o segmento voltado à fabricação de louças sanitárias, tem grande relevância na economia nacional, destacando-se pela produção de itens como bacias, lavatórios, tanques e acessórios diversos. Esse setor demanda uma ampla variedade de matérias-primas, tanto naturais quanto sintéticas, cuja qualidade interfere diretamente na eficiência dos processos e no desempenho final dos produtos (Cabral Junior *et al.* 2010).

Na produção de cerâmica, as matérias-primas são tradicionalmente classificadas em dois grupos: plásticas e não plásticas. As matérias-primas plásticas, como as argilas, apresentam boa trabalhabilidade e capacidade de modelagem quando misturadas com água, sendo fundamentais na conformação das peças. Já as matérias-primas não plásticas, como caulim, feldspato e quartzo, são adicionadas com a função de ajustar características específicas das massas, como retração, resistência mecânica e comportamento durante a queima (Motta, 2002).

Entre os insumos utilizados, a argila destaca-se por suas propriedades plásticas, abundância e viabilidade econômica. No entanto, seu uso exige atenção especial quanto à composição química e mineralógica, pois podem comprometer etapas cruciais do processo cerâmico, como a preparação da barbotina, a fundição e, principalmente, a queima (Tanno *et al.* 2003).

Durante o processamento, as matérias-primas plásticas são geralmente desagregadas em água, peneiradas e misturadas com materiais não plásticos previamente moídos a seco. Essa mistura, transformada em barbotina com auxílio de aditivos como o silicato de sódio, precisa apresentar características controladas para garantir a aderência adequada das peças nos moldes de gesso e, posteriormente, uma queima sem defeitos. Assim, o controle rigoroso das matérias-primas torna-se essencial para evitar problemas como porosidade, manchas e perda de resistência nos produtos cerâmicos (Cabral Junior *et al.* 2010).

Dentre os diversos fatores que influenciam o comportamento das argilas, a presença de matéria orgânica é um dos mais críticos (Ribeiro *et al.* 2004). Substâncias orgânicas naturais, como ácidos húmicos e fúlvicos e resíduos vegetais, podem interferir na estabilidade térmica da massa, causando liberação de gases e defeitos como porosidade, manchas escuras e até fragilidade mecânica nos

produtos acabados (Damiani *et al.* 2001). Além disso, a degradação da matéria orgânica durante a queima pode comprometer a uniformidade do material e aumentar os custos de produção devido à necessidade de ajustes no ciclo térmico (Neves; Alberton, 2004).

Diferentes tipos de argilas são empregados principalmente na fabricação de louças sanitárias e revestimentos, e apresentam composições físico-químicas distintas que influenciam diretamente no seu desempenho durante o processamento cerâmico. A investigação sobre o conteúdo de matéria orgânica visa compreender como esses compostos naturais interferem nas propriedades térmicas e estruturais das massas cerâmicas, especialmente durante a etapa de queima (Monteiro; Vieira, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal determinar o teor de matéria orgânica presente em argilas utilizadas em uma indústria produtora de louça cerâmica, visando a melhoria da qualidade do produto e a diminuição do número de não conformidades no processo produtivo. Como objetivos específicos, buscou-se, por meio de ensaios laboratoriais, quantificar o percentual de matéria orgânica presente em cada amostra, correlacionando esses dados com possíveis impactos no produto acabado. A partir dos resultados obtidos, também foram propostas recomendações técnicas que auxiliem no uso seguro e eficiente dessas matérias-primas no processo produtivo cerâmico, contribuindo para o aprimoramento do controle de qualidade e a redução de perdas durante a fabricação.

# 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo deste item serão abordados os principais conceitos relacionados à produção de cerâmica, com foco específico no segmento de louças sanitárias. Serão discutidas as características e classificações das matérias-primas empregadas nesse setor, especialmente as argilas, além de aspectos sobre sua composição química e mineralógica. Também será dada ênfase à influência da matéria orgânica presente nas argilas, considerando seus efeitos nos diferentes estágios do processo produtivo.

## 2.1 INDÚSTRIA CERÂMICA DE LOUÇA SANITÁRIA

A indústria cerâmica de louça sanitária desempenha um papel fundamental na economia brasileira, destacando-se pela produção de itens como bacias sanitárias, lavatórios, tanques e acessórios diversos. O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de louça sanitária, com uma produção anual que ultrapassa 20 milhões de peças, sustentada principalmente pelo crescimento do mercado interno (ANFACER, 2022).

Historicamente, a produção de louças sanitárias no Brasil teve início na década de 1920, com a fusão de duas indústrias do setor de cerâmicas, uma especializada em potes e panelas de barro e outra em louça de mesa. Essa união marcou o surgimento da indústria cerâmica de sanitários no país, estabelecendo as bases para o desenvolvimento e expansão do setor (Tanno *et. al.* 2003).

A evolução tecnológica e a busca por eficiência operacional, energética e econômica levaram à predominância de plantas industriais de grande escala de produção, apoiadas em fornecedores de insumos minerais, tanto naturais quanto sintéticos. Esse modelo produtivo permitiu atender à crescente demanda por produtos cerâmicos de qualidade, consolidando o Brasil como um dos principais *players* no mercado global de louça sanitária (IBGE, 2022; Cabral Junior *et al.* 2010)

Além disso, a indústria de cerâmica brasileira é uma atividade industrial que fornece insumos para diversas outras indústrias no país, principalmente para a construção civil (Prado, 2013). Com uma variedade de participantes, desde pequenos estabelecimentos até grandes empresas com altos graus de

mecanização, o setor contribui significativamente para a geração de empregos e para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional (ANICER, 2020).

## 2.2 MATÉRIAS-PRIMAS CERÂMICAS

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica, as matérias-primas naturais são definidas como aquelas que podem ser utilizadas em seu estado natural ou após passarem por processos físicos simples, cujo objetivo é remover impurezas, sem que haja modificação na composição química ou mineralógica de seus constituintes principais (ABCERAM, 2009).

As matérias-primas utilizadas na indústria de cerâmica podem ser classificadas, de maneira geral, em plásticas, não plásticas e fundentes, de acordo com suas características físico-químicas e com o papel que desempenham nas formulações das massas cerâmicas. Essa classificação visa otimizar o desempenho do corpo cerâmico ao longo das etapas produtivas, desde a conformação até a queima final (Silva, 2008).

### 2.2.1 Matérias-primas plásticas

As matérias-primas plásticas, com destaque para as argilas, desempenham papel essencial na indústria de cerâmica devido à sua capacidade de conferir plasticidade às massas. Essa plasticidade é o que permite a mistura cerâmica ser moldada e fundida, mantendo sua forma após a conformação e antes da queima (Crozetta, 2016). As argilas são compostas, predominantemente, por minerais do grupo das esmectitas, caulinitas e ilitas, sendo que a proporção entre esses minerais influencia diretamente na trabalhabilidade, na retenção de água e no encolhimento durante a secagem. Além das propriedades plásticas, a argila também atua como agente ligante, garantindo a coesão entre as demais partículas da massa cerâmica (Sabino, 2016).

Do ponto de vista químico e mineralógico, as argilas apresentam variações consideráveis em função da sua origem geológica, podendo conter impurezas como óxidos de ferro, matéria orgânica e sais solúveis (Moreno *et al*. 2016). Essas impurezas afetam o desempenho da argila nas etapas produtivas, principalmente na queima, onde podem causar defeitos como manchas escuras, aumento de

porosidade e perda de resistência mecânica (Tanno *et al.* 2003). Por essa razão, o conhecimento detalhado sobre a composição das argilas é imprescindível para o controle de qualidade das formulações. Além disso, a escolha da argila deve levar em consideração a coloração desejada do produto após a queima, já que a presença de ferro, por exemplo, pode escurecer a peça, sendo indesejável em produtos que exigem coloração branca, como as louças sanitárias (Delforge, 2017).

Outro aspecto importante está relacionado ao comportamento térmico das argilas. Durante a queima, elas sofrem transformações físico-químicas significativas, como a perda de água de constituição, reorganização mineralógica e início da formação de fase vítrea. A temperatura e o tempo de queima devem ser ajustados conforme a mineralogia da argila, para evitar retrações excessivas, trincas ou colapsos estruturais (Fernandes, 1998).

### 2.2.2 Matérias-primas não plásticas

As matérias-primas não plásticas têm papel complementar, porém é indispensável, na formulação das massas cerâmicas. Sua principal função é modificar as propriedades físicas e térmicas da massa, ajustando características como retração, resistência mecânica e fusibilidade durante o processo de queima. Ao contrário das matérias-primas plásticas, essas substâncias não conferem plasticidade à mistura, mas contribuem para melhorar sua estabilidade dimensional e resistência final após a sinterização (Maliska, 2018).

Dentre os aditivos não plásticos mais utilizados na indústria de louças sanitárias destacam-se a areia, o feldspato e o caulim (Cabral Junior *et al.* 2019). A areia é composta essencialmente por dióxido de silício ($SiO_2$) e é empregada principalmente para controlar a retração linear da massa durante as etapas de secagem e queima, além de contribuir para a estabilidade dimensional das peças. Seu ponto de fusão elevado também ajuda a evitar deformações excessivas em temperaturas altas, funcionando como esqueleto refratário (Qaidi, 2022).

O feldspato, por sua vez, é um fundente natural, ou seja, atua na redução da temperatura de vitrificação da massa cerâmica. É composto majoritariamente por alumino-silicatos de potássio ou sódio e promove a formação de fase vítrea durante a queima, aumentando a densificação e conferindo resistência mecânica e impermeabilidade às peças. A proporção de feldspato nas formulações é

criteriosamente ajustada para equilibrar o comportamento de fusão com a estabilidade térmica dos outros componentes da massa (Motta, 1998).

Já o caulim é um mineral de natureza plástica intermediária, rico em caulinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), e possui coloração branca, sendo essencial para a obtenção de produtos cerâmicos com acabamento claro e uniforme (Assis, 2024). Embora tenha certa plasticidade, o caulim é classificado como não plástico no contexto cerâmico sanitário, por ser geralmente adicionado para reduzir a plasticidade das massas muito argilosas, além de contribuir para a tonalidade clara, estabilidade térmica e retração controlada (Castro *et al.* 2015).

A correta proporção e seleção dessas matérias-primas não plásticas são fundamentais para garantir a qualidade final das peças cerâmicas, especialmente em produtos como bacias sanitárias e lavatórios, que exigem alta resistência e uniformidade estética. Além disso, a granulometria e a pureza desses materiais influenciam diretamente o desempenho da barbotina e a eficiência dos ciclos térmicos (Natreb, 2023).

Embora as matérias-primas não plásticas sejam essenciais para ajustar propriedades específicas da massa cerâmica, são as argilas — matérias-primas plásticas — que garantem a moldabilidade e coesão necessárias à conformação das peças. Assim, torna-se necessário aprofundar a análise de suas propriedades e características.

## 2.3 PROPRIEDADES E COMPOSIÇÃO DAS ARGILAS

A argila é um material natural amplamente utilizado na indústria de cerâmica, caracterizado por ser composta por partículas extremamente finas, geralmente com diâmetro inferior a 4 micrômetros. Trata-se de um sedimento formado predominantemente por minerais do grupo dos filossilicatos, que possuem estrutura em lâminas, baixa dureza e boa capacidade de clivagem. Embora algumas argilas sejam compostas por um único tipo de mineral, é comum encontrá-las como misturas de diversos minerais argilosos. Além disso, rochas sedimentares como o folhelho e o siltito também podem ser consideradas fontes argilosas devido à sua granulometria e composição, especialmente no contexto comercial e industrial (SGB, 2014).

As argilas são matérias-primas fundamentais na formulação de massas cerâmicas, especialmente na indústria de louça sanitária, devido à sua abundância, plasticidade e comportamento térmico controlado. Compreender suas propriedades físicas, composição mineralógica e desempenho durante o processamento é essencial para garantir a qualidade e a eficiência dos produtos finais (Senna, 2003).

### 2.3.1 Características gerais das argilas: plasticidade, mineralogia

As argilas utilizadas na indústria de louça sanitária apresentam uma combinação de propriedades tecnológicas e físico-químicas que influenciam diretamente na performance da massa cerâmica. Dentre essas propriedades, a plasticidade é uma das mais relevantes, pois permite a moldagem da massa na forma desejada sem que ocorra fissuras. Essa característica está diretamente relacionada à mineralogia da argila, especialmente à presença de filossilicatos como caulinita, ilita ou esmectita, que possuem estruturas lamelares capazes de reter água e permitir deslizamento entre partículas (Motta, 2002).

A presença de minerais não argilosos como quartzo, feldspato e óxidos de ferro também é comum, e sua proporção pode afetar significativamente a retração da massa, a resistência mecânica e a coloração após a queima (Santos, 1989). A predominância de caulinita, por exemplo, é geralmente associada a argilas mais refratárias e de coloração clara, enquanto a ilita confere maior plasticidade e fusibilidade, mas pode gerar coloração mais escura (Toledo, 2003).

Além das propriedades técnicas, a viabilidade econômica da argila é um fator crucial na sua seleção. Argilas que necessitam de menor beneficiamento, como secagem, moagem ou classificação granulométrica, são preferidas por reduzir os custos operacionais (Crozetta, 2016). Outro fator relevante é a proximidade geográfica dos depósitos às indústrias, o que diminui despesas com transporte e favorece o uso contínuo e sustentável do insumo (Cabral Junior *et al.* 2010).

### 2.3.2 Tipos de argilas utilizadas na indústria de louça sanitária

Na indústria de louça sanitária, utiliza-se uma combinação de argilas com diferentes propriedades para atingir a formulação ideal da massa. As argilas plásticas são normalmente selecionadas pela sua boa moldabilidade e coesão,

enquanto as argilas de menor plasticidade e coloração clara são incluídas para equilibrar o comportamento térmico e estético da massa (Miranda, 2008).

Geralmente, essas argilas são extraídas de regiões específicas e identificadas por nomes comerciais ou códigos internos pelas indústrias. Cada tipo de argila possui uma curva de queima distinta, o que influencia na escolha dos percentuais usados na formulação (Oliveira, 2022). As argilas mais refratárias contribuem para a estabilidade dimensional durante a queima, enquanto as argilas fundentes aceleram a formação de fase vítrea e reduzem a porosidade do produto final (Motta, 2004).

A combinação adequada entre esses tipos de argilas busca otimizar parâmetros como densidade da barbotina, velocidade de secagem, resistência mecânica e acabamento superficial das peças, atendendo aos rigorosos padrões de qualidade exigidos pelo setor sanitário cerâmico (Crozetta, 2016; Santos, 1989).

### 2.3.3 Composição físico-química e comportamento térmico das argilas

A composição físico-química das argilas influencia diretamente seu comportamento durante as etapas de secagem e queima (Oliveira, 2022). A análise química via fluorescência de raios X (FRX) é usada para quantificar os principais óxidos presentes, como $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $K_2O$, $Na_2O$ e $TiO_2$. O teor elevado de $SiO_2$ está geralmente associado ao quartzo e contribui para a retração térmica controlada. O $Al_2O_3$ está relacionado à estrutura dos filossilicatos e afeta a resistência térmica e mecânica do material (Silva, 2019).

O comportamento térmico é avaliado por meio de análises termogravimétricas (TGA/DSC), que identificam os eventos de perda de massa, como desidratação, desidroxilação e decomposição de matéria orgânica (Ramalho, 2014). A temperatura de início da sinterização, assim como a formação de fase líquida, é determinada por esses dados e pela dilatometria. Argilas com baixo ponto de vitrificação tendem a apresentar maior densificação a temperaturas menores, o que pode ser vantajoso energeticamente, mas exige maior controle para evitar defeitos como empenamento ou deformações (Oliveira, 2022).

Dessa forma, ao compreender as propriedades físico-químicas das argilas torna-se evidente que diversos fatores influenciam diretamente o desempenho dessas matérias-primas nos processos cerâmicos (Ribeiro *et al.* 2004). Entre esses

fatores, destaca-se a presença de matéria orgânica, que, embora geralmente encontrada em baixas concentrações, pode afetar significativamente tanto o comportamento reológico quanto os fenômenos térmicos durante a queima. Assim, a análise da matéria orgânica presente nas argilas é fundamental para um controle de qualidade mais preciso (Tozzi, 2025).

### 2.3.4 Argilas contendo matéria orgânica

A matéria orgânica presente nas argilas pode impactar significativamente o processo produtivo cerâmico, sobretudo na fase de queima, mesmo quando em concentrações baixas (Ribeiro *et al.* 2004). Os compostos orgânicos associados às partículas argilosas variam em composição química e estabilidade térmica, influenciando diretamente a formação de gases que, se liberados de forma abrupta ou incompleta, podem gerar porosidades internas, manchas escuras e fragilidades estruturais nas peças cerâmicas. Isso ocorre porque certos tipos de matéria orgânica, como fenóis, ligninas e carboidratos, apresentam curvas de decomposição distintas, que alteram o comportamento térmico da massa cerâmica (Chen *et al.* 2018).

Esses compostos orgânicos, de origem natural, se associam aos minerais de argila por meio de ligações físico-químicas, como adsorção sobre superfícies lamelares e interações com cátions funcionais, incluindo hidrogênio, cálcio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre, que pode retardar sua liberação durante o ciclo térmico. A configuração lamelar dos argilominerais facilita a fixação da matéria orgânica em suas camadas internas, aumentando a temperatura necessária para sua eliminação (Luz; Lins, 2008).

Durante o processamento cerâmico, a presença de matéria orgânica na argila, proveniente de resíduos vegetais, carbono ligado ou aditivos orgânicos, sofre decomposição térmica em diferentes etapas do aquecimento, resultando na liberação de diversos gases. Entre aproximadamente 300 °C e 500 °C, ocorre a oxidação da matéria orgânica, gerando principalmente dióxido de carbono ($CO_2$), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos voláteis (Volatile Organic Compounds, VOCs), em consequência da carbonização dos compostos orgânicos. Simultaneamente, a decomposição térmica de carbonatos minerais como calcita

($CaCO_3$), dolomita ($MgCO_3$) e siderita ($FeCO_3$) libera $CO_2$ entre cerca de 400 °C e 900 °C (Akinshipe; Kornelius, 2017).

Estas emissões gasosas são críticas para a microestrutura final do produto cerâmico, afetando propriedades como porosidade aberta, porosidade total, densidade aparente e resistência mecânica, especialmente em temperaturas entre 300 °C e 1200 °C (Toledo, 2004).

Para determinar o teor de matéria orgânica de forma precisa, utiliza-se o Carbono Orgânico Total (COT), técnica que quantifica diretamente o carbono presente em compostos orgânicos, diferenciando-os de outras frações voláteis, como carbonatos, que também podem ser detectados por métodos genéricos como a perda ao fogo (PAF) (Schumacher, 2002). O uso combinado de análises térmicas, como PAF, COT e curvas de degradação, permite determinar não apenas o percentual de matéria orgânica, mas também a faixa de tempo e temperatura em que ocorrem suas transformações térmicas (Barbosa, 2013).

Diversas metodologias são empregadas para a determinação do teor de matéria orgânica em matérias-primas cerâmicas, variando conforme o grau de precisão necessário e os recursos disponíveis. Além dos métodos padronizados em literatura científica, é comum que indústrias do setor desenvolvam procedimentos analíticos próprios, ajustados às características específicas de suas matérias-primas e às exigências do processo produtivo (Zauberas; Boschi, 2004). Esses métodos geralmente envolvem reações químicas controladas, como a oxidação com peróxidos ou a calcinação em estufas a altas temperaturas, que permitem a decomposição da fração orgânica presente na amostra. A quantificação precisa dessa fração é fundamental, pois pequenas variações no teor de matéria orgânica podem comprometer a plasticidade da massa, a liberação de gases durante a queima e, consequentemente, a integridade física das peças cerâmicas (Carmo; Silva, 2011).

Assim, a determinação rigorosa desse parâmetro permite o ajuste adequado das formulações e condições de processamento, contribuindo para a estabilidade do processo, redução de defeitos e melhoria da qualidade do produto. Considerando essas influências sobre o desempenho das argilas, é fundamental aplicar análises e métodos de controle que assegurem a qualidade do processo cerâmico (Ribeiro *et al.* 2004).

## 2.4 MÉTODOS ANALÍTICOS E CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade das matérias-primas na indústria de cerâmica é essencial para assegurar a uniformidade, o desempenho e a confiabilidade dos produtos. A composição das argilas utilizadas, bem como suas propriedades físico-químicas, influenciam diretamente características como plasticidade, retração, resistência mecânica e cor após a queima (Cruz, 2002). Por esse motivo, o monitoramento criterioso desses materiais torna-se indispensável, especialmente quando se considera a variabilidade natural das jazidas de onde são extraídos. A matéria orgânica presente nas argilas, em particular, exerce um papel crítico, pois sua queima incompleta durante o processo térmico pode liberar gases que resultam na formação de defeitos, como porosidade, manchas escuras e trincas nas peças. Assim, o conhecimento do teor de matéria orgânica e sua estabilidade entre diferentes lotes é fundamental para manter a qualidade do produto cerâmico final (Tanno *et al.* 2003).

Com o objetivo de reduzir os efeitos negativos causados por altos teores de matéria orgânica, a indústria de cerâmica adota diversas estratégias. Uma das mais eficazes é a padronização das matérias-primas, estabelecendo contratos com fornecedores que ofereçam argilas submetidas a análises periódicas de composição, granulometria e teor orgânico (Barbosa, 2013). A manutenção desses padrões assegura uma menor variação entre lotes e maior previsibilidade durante a produção. Além disso, análises internas permitem ajustes no processo produtivo. O teor de matéria orgânica pode ser determinado por métodos próprios, como o método de oxidação com peróxido de hidrogênio, que consiste em aquecer a argila com adições sucessivas do reagente até sua completa decomposição, sendo posteriormente quantificada por perda de massa (Ferraz Neto, 2015). Essa abordagem permite avaliações rápidas e reprodutíveis, auxiliando nas decisões técnicas e no controle dos indicadores de não conformidade.

Atualmente, não há uma faixa padronizada estabelecida por normas técnicas reconhecidas que delimite o teor ideal de matéria orgânica em argilas para uso cerâmico mas na prática industrial recomenda-se que esse valor seja mantido o mais baixo possível, idealmente abaixo de 1 %, especialmente em produtos sensíveis como a louça sanitária. Valores acima disso tendem a acelerar falhas térmicas, como o aparecimento de manchas na superfície, resultado da queima

incompleta e da liberação irregular de gases voláteis, e porosidade elevada (Tozzi, 2025).

Além disso, níveis superiores a 5% tendem a provocar alterações indesejáveis nas propriedades físico-químicas das massas cerâmicas, refletindo em colorações anômalas, porosidade residual e redução da resistência mecânica do produto final (Saeta et al. 2021). Embora algumas argilas naturais contenham até cerca de 4 a 5 % de matéria orgânica, especialmente aquelas de ambientes lacustres, esses valores estão distantes de serem ideais para uso industrial sem tratamento prévio (Substrata, 2025).

Quando detectados níveis elevados de matéria orgânica, a indústria emprega estratégias como pré-oxidação, mistura com argilas mais inorgânicas ou ajustes térmicos de secagem e queima, para reduzir esse teor e evitar defeitos na produção. Outra estratégia adotada é a correção da formulação da massa cerâmica (Ribeiro *et al.* 2004).

A introdução de aditivos como o caulim, que apresenta menor teor de impurezas orgânicas, pode ajudar a modular o comportamento plástico e térmico da argila, resultando em um processo de queima termicamente estável e com mínima emissão de subprodutos indesejados. Paralelamente, ajustes no tempo e na temperatura de secagem e queima também podem ser aplicados para evitar a formação de gases antes da vitrificação da peça. Estas medidas combinadas garantem um produto com maior integridade estrutural, menor taxa de rejeição e custos reduzidos com retrabalho ou descarte (Ribeiro *et al.* 2004).

Portanto, o controle criterioso das matérias-primas estabelece as bases para que cada fase da produção cerâmica ocorra de forma estável e eficiente. Com a matéria-prima devidamente caracterizada e ajustada, o processo fabril pode ser conduzido com maior previsibilidade, desde a preparação inicial até a conformação, secagem e queima dos produtos (Fulgêncio, 2013). A compreensão das etapas que compõem esse fluxo produtivo é essencial para entender como as características das matérias-primas influenciam diretamente o desempenho e a qualidade das peças cerâmicas (ABCERAM, 2010).

## 2.5 ETAPAS DO PROCESSO CERÂMICO

O processo de fabricação de louças sanitárias envolve uma sequência de etapas interdependentes, sendo essencial que cada fase seja executada com precisão para garantir a qualidade final do produto (Cavalcante, 2005). Três fases críticas nesse ciclo são: a preparação da barbotina, a fundição nos moldes e a queima em fornos de alta temperatura. Cada uma dessas etapas é influenciada diretamente pelas características físico-químicas das matérias-primas, tanto plásticas quanto não plásticas, utilizadas na formulação da massa cerâmica (Cino, 1996).

A preparação da barbotina é o ponto de partida da conformação por fundição. Nessa etapa, as matérias-primas — como argilas, caulim, feldspato, quartzo e aditivos — são misturadas em meio aquoso, resultando em uma suspensão homogênea e fluida. A viscosidade, a densidade e a estabilidade dessa suspensão são fatores importantes que devem ser monitorados, pois influenciam o enchimento dos moldes e a espessura das peças formadas (Oliveira, 2006). A presença de impurezas orgânicas ou minerais pode alterar essas propriedades, gerando dificuldades na fundição e defeitos estruturais. O uso adequado de defloculantes, como o silicato de sódio, é indispensável para garantir uma barbotina com boa fluidez e mínima sedimentação (Link, 2013).

Na fundição, a barbotina é vertida em moldes de gesso, que absorvem a água do sistema, formando uma camada de massa sólida na parede do molde. A qualidade da matéria-prima plástica, especialmente das argilas, influencia diretamente a aderência ao molde e a resistência mecânica das peças ainda cruas (Cavalcante, 2005). Argilas com alto teor de matéria orgânica ou sais solúveis podem comprometer essa aderência, causando rachaduras ou deformações durante a secagem. Além disso, a granulometria dos componentes afeta a compactação e o tempo de formação das peças, sendo fundamental para controlar o ciclo produtivo (FIEMG; FEAM, 2013).

A etapa de queima é uma das mais críticas no processo cerâmico. Durante esse estágio, as peças passam por temperaturas que variam entre 1150°C e 1250°C, promovendo transformações físicas e químicas na massa, como a sinterização, eliminação da matéria orgânica, formação de fase vítrea e retração térmica (Tavares, 2018). A composição mineralógica das matérias-primas define o

comportamento da massa nesse momento. Feldspatos atuam como fundentes, promovendo a vitrificação; argilas e caulim influenciam a retração e a formação da estrutura final; e as impurezas orgânicas podem causar porosidades ou manchas escuras se não forem completamente eliminadas antes da vitrificação (FIEMG; FEAM, 2013).

Além disso, a composição química dos materiais deve estar rigorosamente controlada para evitar deformações, empenamentos ou perda de resistência mecânica. O equilíbrio entre os componentes plásticos e não plásticos da massa é essencial para que o processo térmico ocorra de forma uniforme e eficiente, evitando retrabalho e perdas na linha de produção. Assim, conhecer esse fluxo produtivo permite uma melhor compreensão das análises realizadas e da importância do controle rigoroso de cada variável envolvida na fabricação de louças sanitárias (Cavalcante, 2005).

# 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada está alinhada com os padrões de qualidade e regulamentações vigentes. Para determinação do teor de matéria orgânica presente nas argilas utilizadas no processo produtivo da indústria cerâmica foram seguidas as diretrizes do Procedimento Operacional Padrão (POP) vigente na indústria, garantindo que todas as etapas fossem executadas de acordo com as normas de segurança e controle de qualidade, minimizando riscos e erros operacionais.

Para obter resultados analíticos confiáveis e representativos, o preparo das amostras é uma etapa crítica dentro da metodologia laboratorial, especialmente quando se busca avaliar propriedades específicas de matérias-primas cerâmicas. Cada fase, desde a preparação das amostras das argilas, até a execução do método analítico e a coleta de dados, foi realizada com foco na reprodutibilidade e integridade dos resultados. Após a conclusão dos testes, os resultados foram revisados minuciosamente para garantir a conformidade com os critérios estabelecidos, permitindo a validação das matérias-primas para uso na produção.

Com base nesse objetivo, seguiu-se o protocolo interno padronizado de preparo das amostras, garantindo que todas estejam em condições semelhantes antes do início das análises. O procedimento analítico para a determinação do teor de matéria orgânica deve ser conduzido de forma rigorosa, seguindo uma sequência padronizada de etapas.

## 3.1 COLETA, SECAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Inicialmente, todas as amostras das argilas brutas foram coletadas, de um modo a evitar contaminação cruzada. Em seguida, foram submetidas ao processo de secagem, que consistiu em separar uma quantidade em um cadinho e colocar em estufa (Quimis Q317M-42) a 100 °C por um período de 24 h, assegurando a completa remoção da umidade.

Cada amostra de argila, após a secagem, foi desagregada e beneficiada individualmente em uma peneira de Tyler com abertura de 180 μm, a fim de assegurar a uniformidade da granulometria do material analisado. Após esse

tratamento, as amostras secas e peneiradas foram armazenadas em recipientes individuais, devidamente fechados em dessecadores, para não adquirir umidade novamente até o momento da análise.

Em seguida, foi realizada a pesagem do conjunto formado por um frasco de Erlenmeyer de 300 mL e um funil de dimensões compatíveis com o frasco de Erlenmeyer, de modo que se encaixasse de forma estável e segura, sem risco de deslocamento durante o manuseio. As vidrarias foram previamente higienizadas com água destilada.

## 3.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

Para iniciar a análise, em uma balança analítica (Ohaus Pioneer PX224), foram pesados aproximadamente 2,00 g da amostra seca e previamente beneficiada no interior do frasco de Erlenmeyer. Este valor foi registrado para ser utilizado cálculo final, onde será identificado por Peso da Amostra (PA), também foi registrado o valor do conjunto completo composto pelo frasco de Erlenmeyer, funil e a amostra bruta para determinar o peso do resíduo após o experimento, identificado por Peso do Conjunto Bruto (PCB).

A esta amostra acrescentaram-se 25 mL de água destilada, e a solução resultante foi aquecida em chapa elétrica até que atingisse uma temperatura entre 65 °C e 70 °C.

Ao alcançar a faixa de temperatura desejada, foram adicionados 5 mL de peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) 60 volumes, sendo essencial agitar a solução antes e após cada adição, assegurando uma mistura homogênea dos componentes. Esse procedimento foi repetido a cada uma hora, durante 5 h consecutivas após a primeira adição, sempre mantendo a solução na faixa de temperatura estabelecida no POP.

Finalizadas as adições, o conjunto formado pelo frasco de Erlenmeyer, funil e a amostra na solução do peróxido de hidrogênio, foi transferido para uma estufa ajustada a 110 °C, onde permaneceu por 48 h ininterruptas para secagem completa. Após esse período, a amostra foi retirada da estufa e mantida em repouso dentro do dessecador até que sua temperatura se estabilizasse em uma faixa de 25 ± 3 ºC.

Por fim, realizou-se a repesagem do conjunto completo composto pelo

frasco de Erlenmeyer, funil e a amostra seca utilizando-se a balança analítica empregada no início do procedimento. Este valor foi registrado para determinar o peso do resíduo da amostra, identificado como Peso do Conjunto Seco (PCS).

A quantificação do teor de matéria orgânica, expresso em percentual, foi calculado a partir da Equação 1.

$$\text{Teor de matéria orgânica (\%)} = \frac{Peso\ do\ resíduo\ (PCS - PCB)}{Peso\ da\ amostra} \times 100 \qquad (1)$$

Este procedimento operacional interno de controle permite à indústria cerâmica monitorar adequadamente os teores de materiais orgânicos presentes nas argilas utilizadas, assegurando a constância das formulações e contribuindo para a previsibilidade do comportamento dos materiais ao longo do processo de produção.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados dos valores obtidos nas análises realizadas ao longo dos últimos três meses, referentes às argilas utilizadas no processo de produção de louça cerâmica. Esses resultados possibilitaram a observação de tendências e variações nos teores de matéria orgânica, permitindo uma avaliação crítica do comportamento das matérias-primas e de sua adequação ao processo fabril, contribuindo diretamente para o aprimoramento do controle de qualidade e para a redução de não conformidades no produto.

## 4.1 COLETA, SECAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As análises laboratoriais foram realizadas mensalmente com o propósito de monitorar a qualidade das argilas utilizadas no processo de fabricação de louça cerâmica, com ênfase especial na determinação do teor de matéria orgânica presente nessas matérias-primas. Essa rotina analítica permitiu o monitoramento contínuo das propriedades físico-químicas das matérias-primas, assegurando que estejam dentro dos padrões estabelecidos pela indústria. A partir desses dados, foi possível identificar variações no teor de matéria orgânica, avaliar possíveis impactos no desempenho das massas cerâmicas e, assim, subsidiar decisões técnicas voltadas à estabilidade do processo e à melhoria do produto.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

A determinação do teor de matéria orgânica das argilas utilizadas no processo de fabricação de louças cerâmicas foi realizada por meio do método de oxidação com peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$), amplamente empregado na indústria de cerâmica por sua eficácia e simplicidade operacional. Os resultados obtidos ao longo dos últimos três meses estão apresentados na Tabela 1, com médias calculadas para cada tipo de argila analisada.

**Tabela 1 -** Teor de matéria orgânica em diferentes tipos de argila.

| Tipos de Argilas | Mês 1 (%) | Mês 2 (%) | Mês 3 (%) | Desvio Padrão |
|---|---|---|---|---|
| Argila 1 | 2,44 | 2,15 | 3,11 | 0,492 |
| Argila 2 | 2,34 | 2,60 | 2,96 | 0,311 |
| Argila 3 | 2,22 | 1,96 | 1,82 | 0,203 |
| Argila 4 | 1,30 | 1,45 | 1,30 | 0,087 |

Fonte: a autora (2025)

A análise dos teores de matéria orgânica das quatro argilas avaliadas revelou variações significativas entre os diferentes tipos de argila, refletindo tanto características naturais das jazidas quanto possíveis influências do armazenamento e manejo do material. Em termos gerais, todas as argilas apresentaram valores dentro dos limites considerados seguros para aplicações industriais, garantindo a viabilidade de moldagem e queima sem comprometer a qualidade estrutural e estética das peças cerâmicas.

O estudo do desvio padrão permitiu identificar o grau de homogeneidade e estabilidade de cada lote ao longo dos meses. A Argila 1 apresentou maior variação, enquanto a Argila 4 mostrou excelente estabilidade, sendo a mais homogênea e confiável para produção em larga escala. As argilas 2 e 3 apresentaram perfis intermediários, com teores de matéria orgânica adequados e variações moderadas, não comprometendo a performance do processo produtivo.

Analisando a Tabela 1, verifica-se que a Argila 1 apresentou um perfil químico satisfatório, com teores de matéria orgânica que permanecem dentro dos limites considerados adequados para aplicações industriais. A análise dos dados sugere que, apesar de pequenas variações mensais indicadas pelo desvio padrão de 0,492, a matéria-prima mantém características compatíveis com os requisitos de moldagem e queima, permitindo um controle eficiente do processo produtivo. Esse comportamento é desejável, pois garante previsibilidade ao processo de queima, reduzindo a probabilidade de ocorrência de defeitos estruturais, como trincas, bolhas ou fissuras, que podem comprometer a integridade e o acabamento das peças cerâmicas (Tanno et al., 2003). A uniformidade na composição também contribui para a otimização de fórmulas e diminui a necessidade de ajustes

frequentes nas proporções das massas utilizadas, melhorando a eficiência da produção.

Ainda na Tabela 1, observa-se que a Argila 2 apresentou resultados coerentes com os parâmetros considerados adequados para uso cerâmico, embora com teores de matéria orgânica levemente superiores aos observados na Argila 1. O desvio padrão de 0,311 indica menor variação temporal em comparação com a Argila 1, confirmando estabilidade moderada do material. Essa variação pode ser atribuída a fatores naturais, como heterogeneidades nas camadas de extração da jazida, bem como a condições externas, como umidade e tempo de armazenamento. Ainda assim, os valores obtidos mantêm-se dentro de uma faixa segura, não comprometendo a qualidade do processo produtivo. Pequenas quantidades de matéria orgânica, quando controladas, podem até contribuir positivamente para a plasticidade da massa, favorecendo sua moldagem e conformação.

Em relação à Argila 3, os teores de matéria orgânica encontrados (Tabela 1) foram mais baixos do que os verificados nas argilas anteriores, refletindo um desvio padrão de 0,203, o que indica boa consistência. A baixa presença de compostos orgânicos reduz a geração de gases durante o aquecimento, contribuindo para uma queima mais uniforme e com menor risco de formação de porosidade ou bolhas internas. Essa característica favorece a densificação das peças e proporciona melhor controle sobre o encolhimento e o acabamento (Tozzi, 2025). Além disso, argilas com esse perfil tendem a oferecer maior reprodutibilidade de resultados, essencial para padronização em larga escala.

Por fim, a Argila 4 apresentou os menores teores de matéria orgânica (Tabela 1) entre todas as amostras analisadas e o menor desvio padrão (0,087), evidenciando ser a mais estável e homogênea. Esse desempenho é altamente desejável do ponto de vista industrial, refletindo uma matéria-prima com excelente estabilidade térmica, ideal para processos de queima mais curtos, limpos e eficientes. Com menor geração de resíduos voláteis, a operação torna-se mais segura, econômica e ambientalmente adequada. Além disso, argilas com baixos teores orgânicos contribuem para a obtenção de peças com melhor resistência mecânica e acabamento superficial mais homogêneo (Ribeiro et al., 2004). Dessa forma, a Argila 4 se destaca como a opção mais confiável para composições

técnicas que priorizam qualidade e desempenho no produto, sem comprometer a produtividade.

Quando o teor de matéria orgânica na argila ultrapassa 5%, é esperado que ocorram alterações significativas nas propriedades físico-químicas do corpo cerâmico. O excesso de material orgânico pode levar à formação de gases durante a queima, como $CO_2$ e CO, resultando em porosidade excessiva, *black coring* e inchaços. Tais defeitos comprometem a densidade aparente, resistência mecânica e uniformidade dimensional das peças cerâmicas, podendo prejudicar o acabamento superficial, o desempenho estrutural e a qualidade estética do produto final.

No entanto, é importante destacar que não é apenas o teor de matéria orgânica que define a aptidão de uma argila para uso industrial. A classificação da matéria-prima envolve uma caracterização completa, incluindo parâmetros como granulometria, plasticidade e presença de sais solúveis, a fim de garantir uma performance adequada durante todas as etapas do processamento cerâmico. Essa análise integrada permite avaliar o comportamento da argila em todas as etapas do processamento cerâmico, garantindo que os lotes atendam aos requisitos de qualidade e desempenho exigidos pelo processo produtivo.

Recomenda-se também a adoção de um sistema de rastreabilidade das jazidas de origem, permitindo identificar possíveis variações sazonais ou pontuais na composição das argilas. Do ponto de vista operacional, o armazenamento das matérias-primas deve ser feito em ambientes cobertos, com controle de umidade, para evitar alterações que comprometam a estabilidade dos lotes. Por fim, a realização de testes piloto antes da incorporação de novos lotes no processo pode atuar como uma barreira preventiva contra falhas, assegurando a produção de peças com alta qualidade e eficiência térmica. Essas medidas técnicas contribuem para o uso seguro, consistente e sustentável das argilas no ambiente industrial.

# 5 CONCLUSÃO

A avaliação do teor de matéria orgânica em argilas utilizadas no processo cerâmico industrial revelou-se fundamental para o entendimento da qualidade e da estabilidade dessas matérias-primas, bem como de seu impacto direto nos parâmetros operacionais e no desempenho dos produtos. Este trabalho permitiu comprovar que o controle rigoroso da composição das argilas é essencial para garantir a eficiência do processo produtivo e a excelência dos materiais cerâmicos obtidos, sobretudo quando se busca uniformidade na queima, redução de defeitos estruturais e sustentabilidade ambiental.

As análises realizadas ao longo dos últimos três meses demonstraram que todas as amostras apresentaram teores de matéria orgânica inferiores a 5%, valor considerado adequado para aplicações industriais. Essa constatação reforça o bom desempenho das argilas avaliadas, uma vez que teores acima desse limite podem comprometer seriamente o processo térmico, favorecendo a formação de bolhas, fissuras e retrações descontroladas durante a queima.

A comparação entre os quatro tipos de argila analisados evidenciou diferenças sutis, porém significativas, que devem ser consideradas na formulação das massas cerâmicas. A Argila 1 demonstrou estabilidade e desempenho satisfatório, com baixos teores de matéria orgânica e comportamento consistente, o que favorece sua utilização em larga escala com mínima necessidade de correções. A Argila 2, apesar de apresentar valores um pouco mais elevados, ainda se manteve dentro dos padrões aceitáveis, exigindo apenas atenção em períodos de maior umidade ou variações sazonais. A Argila 3 destacou-se pela baixa presença de compostos orgânicos, o que potencializa sua aplicação em produtos com maiores exigências técnicas. Por fim, a Argila 4 apresentou o melhor desempenho do conjunto, com os menores teores observados, sendo considerada a mais adequada para processos que exigem alta eficiência térmica e menor impacto ambiental.

Os resultados obtidos ao longo deste trabalho também apontam para a importância de manter um monitoramento contínuo da matéria-prima, não apenas para fins de controle de qualidade, mas também como ferramenta estratégica para a tomada de decisões técnicas e econômicas dentro da indústria. O conhecimento aprofundado da composição das argilas permite ajustes mais precisos nas

formulações, otimização do consumo energético e maior controle sobre o desempenho dos produtos cerâmicos.

Conclui-se, portanto, que a caracterização do teor de matéria orgânica em argilas é uma etapa indispensável no contexto do controle de qualidade em indústrias cerâmicas, contribuindo diretamente para a estabilidade do processo, a eficiência da produção e a sustentabilidade da cadeia produtiva. Este trabalho não apenas reforça a relevância da análise sistemática das matérias-primas, como também serve de base para futuras investigações voltadas à melhoria contínua e à inovação no setor cerâmico

## 6 REFERÊNCIAS


ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações técnicas - Processos de fabricação**. 2010. Disponível em: <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 13 de jun. 2025.

AKINSHIPE, O.; KORNELIUS, G. *Chemical and Thermodynamic Processes in Clay Brick Firing Technologies and Associated Atmospheric Emissions Metrics-A Review.* ***Journal of Pollution Effects & Control***, v. 5, n. 2, 2017. DOI: 10.4176/2375-4397.1000190. Disponível em: https://www.longdom.org/open-access/chemical-and-thermodynamic-processes-in-clay-brick-firingtechnologies-and-associated-atmospheric-emissions-metricsa-review-2375-4397-1000190.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.

ALBERTON, J.; NEVES, W. F. Estudo do defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos produzidos pelo processo de biqueima. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 2, p. 34–38, mar/abr. 2005.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos. **Empresas brasileiras são destaque no ranking mundial de maiores produtores de cerâmica**. 2022. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/noticias/setor-ceramico-nacional-e-destaque-no-ranking-mundial-de-maiores-produtores>. Acesso em: 14 de jun. 2025.

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Cerâmica: a mais antiga das indústrias**. 2020. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-96/historia/> Acesso em: 15 de jun. 2025.

ASSIS, G. **A Transformação da Argila com o Calor: O Que Acontece com a Caulinita na Cerâmica Artesanal?** Cerâmicas artesanais, 2024. Disponível em: <https://gustavoassisceramicas.com.br/pt/a-transformacao-da-argila-com-o-calor-o-q

ue-acontece-com-a-caulinita-na-ceramica-artesanal/?srsltid=AfmBOopM7tOGDEFzXBNsgDi_sRvj1VOCSlcIVT3kK2cpd6g9pz1ohPeo>. Acesso em: 21 de jun. 2025.

BARBOSA, V. **Estudo do comportamento geotécnico de um solo argiloso de Cabrobó, potencialmente expansivo, estabilizado com cal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

CABRAL JUNIOR, M. *et al*. Estudo estratégico da cadeia produtiva da indústria cerâmica no estado de São Paulo: Parte III - Indústria de colorifícios, sanitários e cerâmica técnica - Isoladores. **Cerâmica Industrial**, v. 24, n. 3, p. 15–26, jul/set. 2019.

CABRAL JUNIOR, M. *et al*. Panorama da indústria cerâmica de sanitários no Brasil. **Cerâmica Industrial**, v.15, n. 5–6, p. 12–18, set/dez. 2010.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência e Solo**, v. 36, n. 4, p. 1211–1220, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/RRxVrmdpzbZxZ6Z7LnwZQ7H/. Acesso em: 06 jun. 2026.

CASTRO, R. J. S. *et al*. Estudo do efeito do feldspato e resíduo de caulim na produção de revestimento cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 20, n. 1, p. 30–36, jan/fev. 2015.

CAVALCANTE, W. F. V. **Aproveitamento de resíduos cerâmicos da indústria de louça sanitária para produção de massas para revestimento cerâmico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

CHEN, C. *et al*. *The composition and stability of clay-associated organic matter along a soil profile. Soil Organic Matter Dynamics*. **Soil Systems**, v. 2, n. 1, p. 16, 2018.

CINO, F.; BROTZ, F. J. Tecnologias modernas para a produção de louça sanitária. **Cerâmica Industrial**, v. 1, n. 3, p. 23–26, jul/ago. 1996.

CROZETTA, J. R. *et al*. Influência da granulometria na plasticidade e retração de secagem das argilas. **Cerâmica Industrial**, v. 21, n. 1, p. 21–29, jan/fev. 2016.

CRUZ, T. T**.** Qualidade e variabilidade de matérias-primas cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 5, p. 40–43, 2002.

DAMIANI, J. C. *et al*. Coração negro em revestimentos cerâmicos: Principais causas e possíveis solução. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, p. 12–16, mar/abr. 2001.

DELFORGE, A. H. **O sítio arqueológico "Cerâmica Preta": estudo das técnicas e da cadeia operatória da cerâmica queimada em ambiente redutivo dos povos pré-coloniais praticantes da tradição cerâmica Aratu-Sapucaí**. Tese (Doutorado em Área de concentração: Arqueologia e Sociedade). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

FERNANDES, D. M. P. **Design e tecnologia aplicados a produtos domésticos em grês cerâmico**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

FERRAZ NETO, J. **Desenvolvimento de metodologia para determinação de matéria orgânica do solo por análise de imagens**. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

FIEMG. FEAM. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha**. 2013. Disponível em: <https://pnla.mma.gov.br/publicacoes-diversas?download=38:guia-ceramica&start=40>. Acesso em 24 de jun. 2025.

FULGÊNCIO, E. V. **Análise do processo de formação das estratégias: o caso da Pamesa do Brasil S. A.** Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em 2022, ocupação na indústria da construção cresce 4,4% e serviços especializados ganham participação no valor de obras do setor**. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/40192-em-2022-ocupacao-na-industria-da-construcao-cresce-4-4-e-servicos-especializados-ganham-participacao-no-valor-de-obras-do-setor?utm_source=>. Acesso em: 14 de jun. 2025.

LINK, M. *et al*. Influência da Razão $SiO_2$ /$Na_2O$ do silicato de sódio na defloculação de suspensões aquosas empregadas na conformação por colagem de barbotinas. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 1, p. 25–28, jan/fev. 2013.

LUZ, A. B. LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2008.

MALISKA, A. M. **Caracterização de revestimentos cerâmicos**. 2018. Disponível em: <https://www.academia.edu/35900679/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o_de_Revestimentos_Cer%C3%A2micos_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o_de_Revestimentos_Cer%C3%A2micos>. Acesso em: 15 de mai. 2025.

MIRANDA, C. M. R. **Argilas para Aplicação na Indústria de Louça Sanitária: design e fabrico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cerâmica e do Vidro), Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

MORENO, M. M. T. *et al*. Caracterização de argilas e composição de massas cerâmicas preparadas com base na análise de curvas de consistência de misturas argila-água. **Cerâmica**, v. 62, n. 361. p. 21–31, jan/mar. 2016.

MOTTA, J. F. M. *et al*. As matérias primas cerâmicas. Parte II: Os minerais industriais e as massas da cerâmica tradicional. **Cerâmica Industrial**, v.7, n. 1, p. 33–40, jan/fev. 2002.

MOTTA, J. F. M. *et al*. As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: Argilas e caulins. **Cerâmica industrial**, v. 9, n. 2, p. 33–49, 2004.

MOTTA, J. F. M. *et al*. Panorama das matérias-primas utilizadas na indústria de revestimentos cerâmicos: Desafios ao setor produtivo. **Cerâmica Industrial**, v. 3, n. 4–6, p. 30–38, jul/dez. 1998.

NATREB. **A importância na preparação da massa para cerâmica: Maior produção e vida útil de seu equipamento**. 2023. Disponível em: <https://natreb.com/a-importancia-na-preparacao-da-massa-para-ceramica-maior-producao-e-vida-util-de-seu-equipamento/>. Acesso em: 22 de jun. 2025.

OLIVEIRA, M. C. **Cerâmica branca e de revestimento**. São Paulo: CETESB, 2006.

OLIVEIRA, R. H. *et al*. Caracterização mineralógica, físico-química e tecnológica da argila de Angélica (Brasil): Adequação para aplicação e produtos de construção. **Cerâmica industrial**, v. 27, n. 1, p. e062701, 2022.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. Panorama da indústria cerâmica brasileira na última década. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 1, p. 7–11, jan/fev. 2013.

QAIDI, S. M. A. *et al*. *Ultra-high-performance geopolymer concrete: A review.* ***Construction and Building Materials***, v. 365, n. 128495, set. 2022.

RAMALHO, A. C. **Análise térmica – TGA, DSC e DMA**. 2014. Disponível em: <https://ca2.iq.usp.br/paginas_view30a1.html?idPagina=8>. Acesso em: 15 de mai. 2025.

RIBEIRO, C. G. *et al*. Estudo sobre a influência da matéria orgânica na plasticidade e no comportamento térmico de uma argila. **Cerâmica Industrial**, v. 9, n. 3, p. 1–4, mai/jun. 2004.

SABINO, A. R. **Características físico-químicas das argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha no município de Tabatinga-AM: Um estudo de caso em indústrias do município**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SAETA, J. M. T. *et al*. *Treatment of Soil Contaminated by Mining Activities to Prevent Contamination by Encapsulation in Ceramic Construction Materials.* ***Materials***, v. 14 (22), n. 6740, 2021.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1989.

SENNA, J. A. **Caracterização de argilas de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância**. Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

SGB – Serviço Geológico do Brasil. **Minerais Argilosos**. 2014. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/minerais-argilosos>. Acesso em: 27 de jun. 2025.

SHUMACHER, B. A. **Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments**. EPA/600/R-02/069, 2002.

SILVA, J. C. **Aproveitamento do lodo da estação de tratamento de efluentes de indústria cerâmica na composição de massa cerâmica para produção de louças sanitárias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SILVA, R. F. **Aplicação industrial de design de experimentos (DOE) no estudo de substituição da frita em esmaltes cerâmicos transparentes**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

TANNO, L. C. *et al*. Perspectivas para a indústria cerâmica de sanitários no Brasil. **Cerâmica Industrial**, v. 8, n. 4, p. 33–36, jul/ago. 2003.

TAVARES, F. V. S. **Otimização e controle de secadores convectivos tipo túnel. Estudo de caso: secagem de tijolos cerâmicos vazados**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.

TOLEDO, R. *et. al*. *Gas release during clay firing and evolution of ceramic properties*. ***Applied Clay Science***, v. 27, p. 151–157, mai. 2004.

TOLEDO, S. P. *et al*. Caracterização dos argilominerais do grupo da caulinita em alguns caulins e "*ball clays*" de Santa Catarina. **Cerâmica Industrial**, v. 8, n. 4, p. 19–25, jul/ago. 2003.

TOZZI, N. ***Organic Matter in Clays: Detailed Overview***. 2025. Disponível em: https://www.digitalfire.com/article/organic%2Bmatter%2Bin%2Bclays%3A%2Bdetailed%2Boverview. Acesso em: 13 de jun. 2025.

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

ZAUBERAS, R. T.; BOSCHI, A. O. Avaliação de uma metodologia para a formulação de massas para produtores cerâmicos - Parte I. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 5/6, p. 25–28, 2004.