

Análise de materiais em edificações antigas de Sobral por fluorescência de raios X.

**Antonio de Abreu Pereira¹;
Agnelo Fernandes de Queirós², Jerônimo Brito Aragão³,
Kariny de Almeida Gabriel⁴, Juscelino Chaves Sales⁵**

¹ Engenharia Civil, CCET, UVA; Email: abreuantonio8119@gmail.com

² Pesquisador Coordenador, PGPA; Email: agnelofqueiros@gmail.com

³ Pesquisador, PGPA; Email: jeronimoaragao@hotmail.com.br

⁴ Pesquisador, PGPA; Email: karinyalmeida26@gmail.com

⁵ Docente, CCET, UVA; E-mail: juscelinochaves@hotmail.com

Resumo:

As edificações históricas representam um tesouro cultural, permitindo a compreensão das raízes e da cultura de uma sociedade. Para desvendar essa riqueza, a arqueologia desempenha um papel crucial, empregando escavações para revelar estruturas antigas ocultas ao longo da história. Diante da necessidade de comparar os materiais de construção utilizados ao longo dos séculos, incluindo edifícios centenários e construções recentes, destaca-se a importância dos métodos de análise não destrutivos, como a fluorescência de Raios X, na análise desses materiais. Este projeto visa compreender amostras de materiais coletadas de vestígios estruturais de edifícios históricos em Sobral, construídos nos séculos XVIII e XIX, por meio de ensaios realizados em um Laboratório de Materiais de Construção. Essa pesquisa, integrada ao Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico (PGPA) e associada às obras de internalização subterrânea da rede elétrica no Centro Histórico de Sobral, contribui significativamente para a preservação e valorização do patrimônio histórico da região.

Palavras-chave: Edificações antigas, arqueologia urbana, Sobral, materiais de construção civil, Fluorescência de Raios X

INTRODUÇÃO

Os materiais como blocos, tijolos, argamassas e tubos cerâmicos são peças essenciais na construção civil, e sua importância histórica e cultural é imensurável. Desde a antiguidade, várias civilizações reconheceram a utilidade desses materiais e os empregaram para criar estruturas impressionantes. Os egípcios utilizavam tijolos de adobe secados ao sol para construir pirâmides e templos, os romanos desenvolveram técnicas avançadas de produção de tijolos e concreto, que foram fundamentais para a expansão de seu império, já na Europa medieval, os tijolos de barro cozido ganharam destaque na construção de castelos, catedrais e fortificações. Através dos séculos, esses materiais foram meticulosamente refinados e novos foram desvelados, catalisando a evolução contínua dos métodos construtivos. A análise dos materiais utilizados nas edificações antigas de Sobral no século XVIII nos dá a possibilidade de entendermos como se deu esse processo, sua evolução, a seleção desses materiais e até as técnicas construtivas empregadas.

Localizada na região norte do Ceará, e a 235 quilômetros da capital Fortaleza, Sobral destaca-se significativamente como referencial em crescimento nas áreas da economia, saúde, educação e cultura. Fundada em 1757, seu povoamento se deu a partir da vinda de fugitivos de invasores estrangeiros, do litoral do nordeste, instalando-se as margens do Rio Jaguaribe e Acaraú, e logo depois foi instalado a Fazenda Caiçara, onde depois seria considerada o berço

do Município. Com um vasto acervo histórico e cultural, contribuindo para o desenvolvimento do estado do Ceará, Sobral conta com mais de 1200 imóveis tombados pelo IPHAN em todo o seu município, como a Igreja Nossa Senhora das Dores, a Casa do Capitão-Mor, Teatro São João, dentre outros, o que nos permite compreender como se deu seu crescimento e as origens de seus monumentos.

No Plano Diretor Participativo de Sobral, com relação à Política de Patrimônio Cultural no Art. 21 inciso X, diz o seguinte: elaborar e implementar o Plano de Reabilitação e Conservação de áreas degradadas, em especial a área do Centro Histórico de Sobral e seu entorno. No Art. 24 - Constituem diretrizes para a manutenção e preservação do Patrimônio Histórico (LEI COMPLEMENTAR, 2008).

O campo do conhecimento tem crescido de maneira substancial nos últimos tempos, com a ciência evoluindo para uma abordagem multidisciplinar, principalmente através da colaboração de especialistas. Nesse contexto, a química analítica desempenha um papel proeminente, atendendo à crescente demanda por abordagens que quantifiquem e qualifiquem espécies químicas em várias amostras. Isso levou ao desenvolvimento de técnicas analíticas instrumentais avançadas, que não apenas impulsionam a química analítica, mas também contribuem para o avanço de várias áreas da ciência.

A análise química dos materiais utilizados na construção civil desempenha um papel crucial na garantia da qualidade, durabilidade e segurança das estruturas construídas, sendo indispensável em áreas onde é necessário obter rapidamente o perfil dos constituintes metálicos e não metálicos. Exemplos paradigmáticos disso incluem setores industriais (Christensen e Drabaek, 1986), que frequentemente necessitam de métodos analíticos ágeis para assegurar a qualidade de seus produtos, bem como investigações exploratórias empregadas em campos como geologia (Civici e VanGrieken, 1997), arqueologia (MANTLER, 2000), artes (MANTLER, 2000), (CESAREO et al., 1996), ciência dos materiais (TÖRÖK et al., 1998) e até análises *in vivo* (Bradley e Farquharson, 1999). Dessa forma, a técnica de Fluorescência de Raios-X (FRX) tem se destacado como uma ferramenta fundamental para a determinação precisa e não destrutiva da composição química de materiais. Os métodos de Ensaio Não Destrutivo (END) são cruciais na análise de materiais antigos com alto valor histórico e cultural, como, por exemplo, blocos, telhas, tijolos e revestimentos, a fim de averiguar sua composição química ou mesmo seu estado de preservação, sem causar quaisquer danos aos objetos de estudo, possibilitando uma análise mais segura desses tipos de materiais.

O método de FRX baseia-se na interação entre a radiação de raios-X e os átomos do material em análise. Quando o material é irradiado com raios-X de alta energia, os elétrons internos dos átomos são excitados, e quando esses elétrons retornam aos níveis de energia mais baixos, ocorre a emissão de raios-X característicos (Mantler e Schreiner, 2000). A análise desses raios-X permite identificar os elementos presentes e determinar suas concentrações. Os principais componentes de um sistema de FRX incluem a fonte de raios-X, o detector de raios-X, o sistema de dispersão de energia e o software de análise.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo aborda a análise de amostras de materiais construtivos provenientes de antigas edificações situadas no Centro Histórico de Sobral, uma área protegida pelo IPHAN. Essas amostras foram obtidas por meio de escavações arqueológicas, e o objetivo principal do estudo é avaliar a aplicabilidade de métodos não destrutivos na caracterização desses materiais históricos.

Para a realização das análises, utilizou-se a técnica de Fluorescência de Raios X, conforme as diretrizes estabelecidas pela norma ABNT NBR ISO 12677:2014. A escolha dessa técnica se deve à sua eficácia como ferramenta não destrutiva para a análise de materiais cerâmicos,

incluindo tijolos e telhas, coletados como parte deste estudo. É fundamental ressaltar que esses materiais pertencem ao acervo histórico do Centro Histórico de Sobral, e sua integridade não pode ser comprometida por métodos destrutivos.

O equipamento utilizado na análise, **Figura 1**, trata-se de um microscópio eletrônico de varredura, marca HITACHI, modelo TM3030, contém módulo EDS SwiftED3000.

Figura 1: Microscópio Eletrônico de bancada acoplado a um EDX.



Fonte: Autor, 2023

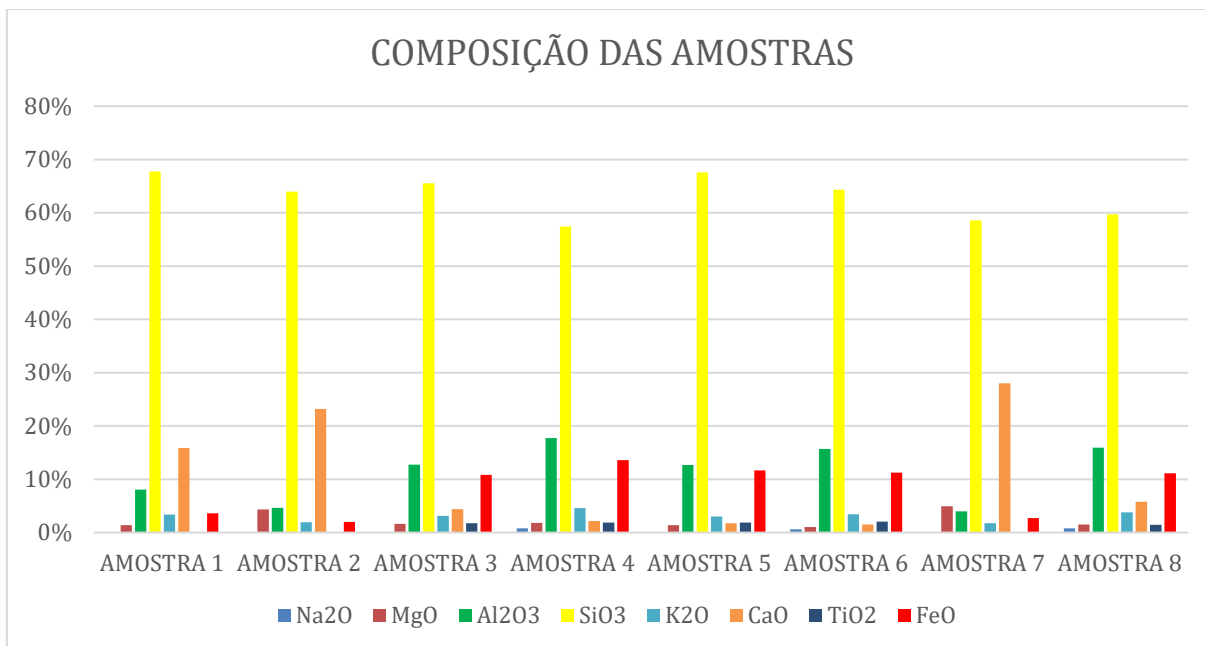
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudos envolvendo o patrimônio histórico, sob a ótica da Engenharia Civil, têm crescido significativamente no Brasil. Diante desse fato, podemos presumir que em um futuro breve haverá maior participação de engenheiros civis no setor de preservação das edificações históricas. Para as áreas de Engenharia e Arquitetura, a preservação do patrimônio histórico vai muito além de prolongar a vida útil; envolve também o resgate e a manutenção da memória histórica e o desenvolvimento de projetos e obras de restauração com alto padrão técnico, a fim de analisar os resultados e planejar as intervenções.

Na análise de materiais de construções históricas antigas, é necessário enfatizar a preservação e a integridade dos materiais. Diante dessa necessidade, são recomendados diversos métodos de análise não destrutivos, como ensaios de ultrassom, inspeção em campo e análises químicas. As amostras a seguir pertencem ao Centro histórico de Sobral e foram obtidas a partir de escavações que ocorreram nas pesquisas em Arqueologia Urbana do Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico (PGPA). Elas foram enviadas para análise em laboratório, onde foram submetidas ao método não destrutivo Fluorescência de Raios X, que consiste no exame da energia da radiação de fluorescência emitida por um material após sua excitação com Raios X, tornando possível identificar os elementos químicos presentes.

No **Gráfico 1** e nas seguintes tabelas temos os valores correspondentes as composições químicas obtidas pelo método FRX

Gráfico 1: Composição das Amostras



Fonte: Autor, 2023

As argamassas são misturas de materiais essenciais na construção civil, e desempenham um papel crucial na estabilidade, durabilidade e estética das estruturas. A composição química das amostras de argamassa é um fator crítico que determina suas propriedades físicas e funcionais.

Amostra 1: Essa argamassa é composta principalmente por sílica (SiO_2) e óxido de cálcio (CaO), representando 67,737% e 15,841% da composição, respectivamente. A sílica contribui significativamente para a resistência mecânica da argamassa, formando ligações cruzadas que aumentam a sua durabilidade. O óxido de cálcio confere à argamassa resistência à água. Além disso, a presença de óxido de potássio (K_2O), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de ferro (FeO) sugere complexidade na composição e a possibilidade de impurezas.

Amostra 2 e Amostra 3: Essas amostras de argamassa compartilham semelhanças com a Amostra 1 em termos de teor de sílica (SiO_2) e óxido de cálcio (CaO). Isso as torna resistentes mecanicamente e à água. A presença de óxido de alumínio (Al_2O_3), óxido de ferro (FeO) e óxido de potássio (K_2O) é menor do que na Amostra 1.

Amostra 4: Este bloco de argamassa é composto principalmente de sílica, alumínio e óxido de cálcio, mas também inclui magnésio, potássio e ferro em concentrações variadas. A presença de cálcio sugere boas propriedades de ligação e endurecimento, cruciais para a resistência mecânica da argamassa. A presença de ferro pode contribuir para a coloração avermelhada da argamassa.

Blocos cerâmicos (Amostras 5, 6 e 7): Estes materiais cerâmicos apresentam um teor significativamente elevado de óxido de ferro (FeO), que confere uma coloração avermelhada acentuada. A composição química dos blocos cerâmicos varia com base no tipo de bloco e no processo de fabricação, mas essa característica é notável. A alta presença de ferro pode afetar as propriedades estéticas e mecânicas desses blocos.

Em resumo, a composição química das argamassas e blocos de argamassa é um fator crucial para determinar suas propriedades e desempenho em aplicações na construção civil, incluindo resistência mecânica, resistência à água e estética. A presença de elementos como sílica,

cálcio, alumínio, potássio e ferro desempenha papéis específicos nesses materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados examinados, é notório que a análise dos materiais de construção das edificações históricas de Sobral revela a notável qualidade dos materiais utilizados para a época em que foram erguidas. Tais estruturas foram construídas com argamassas e blocos cerâmicos que demonstram uma composição química diversificada, incluindo óxidos de silício, alumínio, cálcio, magnésio, potássio e ferro, com destaque para a predominância de sílica, o que lhes confere boa resistência mecânica, e cálcio nas argamassas, e a presença significativa de óxido de ferro nos blocos cerâmicos, conferindo-lhes uma coloração avermelhada.

A preservação desses materiais é de suma importância, não apenas para manter a integridade das estruturas, mas também para conservar a rica identidade cultural da cidade de Sobral. Além disso, a pesquisa deve avançar, incluindo análises mais detalhadas, como ensaios de compressão, para melhor compreender as propriedades mecânicas desses materiais e informar futuras intervenções de restauração. Também desenvolvimento de projetos de preservação do patrimônio histórico, baseados em padrões técnicos elevados e na análise minuciosa dos resultados, que é fundamental para garantir a continuidade e a valorização desse valioso legado histórico. Conforme os estudos sobre o patrimônio histórico continuarem a crescer, espera-se uma maior participação dos engenheiros civis nesse setor, contribuindo para a preservação e o enriquecimento da herança cultural de Sobral.

AGRADECIMENTOS

Ao PGPA pelo acervo de materiais específicos utilizado na pesquisa e a Universidade Estadual Vale do Acaraú pelo apoio e oportunidade de desenvolver o projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 12677: **Análise química de produtos refratários por fluorescência de raios X (XRF)**. Rio de Janeiro, 2014.

Christensen, L. H.; Drabaek, I.; **Anal. Chim. Acta** 1986, 188, 15.

Cesareo, R.; Gigante, G. E.; Castellano, A.; Rosales, M. A.; Aliphath, M.; DeLaFuente, F; Meitin, J. J.; Mendoza, A.; Iwanczyk, J. S.; Pantazis, J. A.; **J. Trace Microprobe Tech.** 1996, 14, 711.

Civici, N.; VanGrieken, R.; **X-Ray Spectrom.** 1997, 26, 147.

Ellis, A. T.; Holmes, M.; Kregsamer, P.; Potts, P. J.; Strelis, C.; West, M.; Wobrauschek, P.; **J. Anal. At. Spectrom.** 1998, 13, 209R.

Henderson, C. M. B.; Cressey, G.; Redfern, S. A. T.; **Radiat. Phys. Chem.** 1995, 45, 459.

LEI COMPLEMENTAR. (2008). **Lei nº 028 de 15 de dezembro de 2008**. Câmara Municipal de Sobral. Ceará.

Mantler, M.; Schreiner, M.; **X-Ray Spectrom.** 2000, 29, 3.

Török, S. B.; Lábár, J.; Schmeling, M.; Van Grieken, R. E.; **Anal. Chem.** 1998, 70, 495R.