ISSN: 2358-8829

O QUARTZO COMO MINERAL ESSENCIAL: PROPRIEDADES, FORMAÇÃO E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Pâmela Tainara de Oliveira Austríaco [1]
Anna Jullia Rodrigues Maciel [2]
Andressa Gabrielle Cantanhede Vieira [3]
Alex de Sousa Lima [4]

1. INTRODUÇÃO

O quartzo é um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre e apresenta grande importância para diferentes setores industriais. Sua composição química, constituída por dióxido de silício (SiO_2) e suas propriedades físicas permitem sua utilização na fabricação de vidros, cerâmicas, materiais de construção e componentes tecnológicos de ponta. Além dessas aplicações, o mineral está diretamente relacionado à produção de silício metálico, elemento fundamental para o desenvolvimento das indústrias eletrônica, de semicondutores e de energia renovável.

Apesar de sua ampla ocorrência na natureza, o quartzo não apresenta características homogêneas. A variação em sua composição, o grau de pureza cristalina, a presença de elementos contaminantes e as condições termodinâmicas de sua formação influenciam diretamente sua qualidade técnica e suas possibilidades de aproveitamento comercial. Por esse motivo, compreender suas propriedades mineralógicas e seus contextos geológicos é indispensável para otimizar seu aproveitamento industrial e viabilizar economicamente os depósitos minerais.

O presente estudo justifica-se pela necessidade de mapear a importância estratégica desse mineral em um cenário de transição energética e avanço tecnológico global, onde o Brasil figura como um dos principais detentores de reservas naturais de alta pureza. Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar as principais propriedades físicas e químicas do quartzo, explicar seus processos de formação geológica e analisar suas aplicações

[1] Graduanda do Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Humanas-História da Universidade Federal do Maranhão- UFMA, CCCO, pamela.tainara@discente.ufma.br;
[2] Graduanda do Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Humanas-História da Universidade Federal do Maranhão- UFMA, CCCO, anna.jullia@discente.ufma.br;
[3] Graduanda do Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Humanas-História da Universidade Federal do Maranhão- UFMA, CCCO, andressa.gabrielle@discente.ufma.br;
[4] Professor orientador: Prof. Dr. Alex de Sousa Lima, Universidade Federal do Maranhão- UFMA, CCCO. alex.lima@ufma.br;

industriais e tecnológicas de alta especificação, considerando também os impactos econômicos e os aspectos ambientais atrelados à sua cadeia produtiva.

2. METODOLOGIA

Este trabalho possui caráter bibliográfico e adota uma abordagem qualitativa, fundamentando-se no levantamento, seleção e análise crítica de livros, artigos científicos, relatórios técnicos e publicações especializadas em mineralogia, geologia econômica e minerais industriais. A coleta de dados concentrou-se na busca por produções que discutissem as propriedades estruturais do quartzo, seus ambientes genéticos e os padrões exigidos pelos mercados consumidores modernos. A fundamentação teórica baseia-se principalmente nas contribuições clássicas e contemporâneas de Barbosa e Porphírio (1995), Luz e Lins (2004), Cabral Jr. et al. (2005), Guzzo (2008) e Calvo (2011). Essas obras foram utilizadas de forma integrada para sustentar a linha de raciocínio do artigo, cruzando as características geológicas de formação do mineral com os processos de beneficiamento físico e purificação química necessários para atender às exigências normativas da indústria de base e de tecnologia avançada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O quartzo é constituído essencialmente por dióxido de silício (SiO_2). Sua estrutura molecular é formada por tetraedros de silício e oxigênio interligados em uma organização tridimensional contínua, que confere alta estabilidade ao arranjo. À temperatura ambiente, o mineral se organiza em um sistema cristalino trigonal. Entre suas propriedades físicas macroscópicas, destaca-se a dureza de grau 7 na escala de Mohs. Essa classificação indica que ele apresenta elevada resistência a riscos e arranhões; contudo, a alta dureza mineralógica não deve ser confundida com tenacidade, de modo que o quartzo não é inquebrável e se fragmenta sob impactos mecânicos, exibindo fratura predominantemente concóidea e ausência de clivagem verdadeira. Apresenta ainda densidade aproximada de 2,65 g/cm³ e brilho geralmente vítreo.

Uma propriedade física de especial interesse tecnológico é a piezoeletricidade, que decorre da estrutura interna altamente organizada e assimétrica do quartzo, desprovida de um centro de simetria molecular. No efeito piezoelétrico direto, quando o cristal é submetido a uma pressão, compressão ou deformação mecânica externa, o arranjo de seus íons internos é deslocado. Esse deslocamento quebra o equilíbrio elétrico molecular, gerando uma polarização e, consequentemente, uma diferença de potencial elétrico (tensão) nas superfícies opostas do material. O processo opera de forma simétrica no

sentido inverso: a aplicação de um campo elétrico ou de uma corrente alternada provoca deformações mecânicas microscópicas de expansão e contração na estrutura do cristal. Sob correntes alternadas, o cristal passa a oscilar em uma frequência de ressonância natural estável e precisa, determinada pela geometria do seu corte. À medida que vibra, o quartzo devolve um sinal elétrico estável, atuando como o oscilador de alta precisão utilizado como base de tempo em relógios, circuitos eletrônicos, microprocessadores e sistemas de comunicação que exigem controle rigoroso de frequência. Em termos de gênese, o quartzo se forma em quatro ambientes geológicos principais. Nas rochas ígneas, ele se cristaliza durante o resfriamento lento de magmas ácidos e ricos em sílica, preenchendo os espaços intersticiais e atuando como componente essencial de rochas como o granito. Nas rochas metamórficas, o quartzo preexistente sofre recristalização no estado sólido decorrente de altas pressões e temperaturas na crosta terrestre, reorganizando sua estrutura cristalina sem fundir o material, o que transforma o arenito original em quartzito.

Nos ambientes hidrotermais, fluidos aquosos superaquecidos e saturados de sílica circulam por fendas e fraturas rochosas; ao migrarem para zonas mais frias e superficiais, a queda drástica de pressão e temperatura força a precipitação química da sílica, gerando veios e filões de cristais bem desenvolvidos. Por fim, nos ambientes sedimentares, sua alta dureza e estabilidade química permitem que ele resista ao intemperismo exógeno. Seus grãos são transportados pela água e pelo vento, acumulando-se como areia em praias e dunas, que posteriormente passam por diagênese e cimentação para formar o arenito.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quartzo apresenta variedades morfológicas que se diferenciam principalmente pela coloração e pelas características estruturais decorrentes de impurezas químicas em sua rede cristalina. Entre as variedades macrocristalinas mais conhecidas estão o quartzo hialino (transparente), a ametista (violeta), o citrino (amarelo), o quartzo rosa e o quartzo fumê. Existem também variedades microcristalinas e criptocristalinas, como a calcedônia, a ágata, o jaspe e o ônix. No entanto, a aparência macroscópica não determina o potencial de aproveitamento do mineral. A caracterização tecnológica considera parâmetros intrínsecos como a composição química elementar, inclusões fluidas, microfraturas e defeitos de rede. Barbosa e Porphírio (1995), ao estudarem lascas de quartzo, comprovaram a importância dessas análises para classificar e direcionar corretamente a matéria-prima no mercado. Após a extração nas minas, o quartzo passa por etapas de

beneficiamento físico que incluem seleção manual, britagem, moagem, lavagem e classificação granulométrica. Conforme exposto por Luz e Lins (2004), essas operações integram o tratamento clássico de minérios e adequam as dimensões físicas do material às necessidades do mercado consumidor. Para aplicações de alta tecnologia, a preparação física convencional não é suficiente, demandando processos complexos de purificação química e térmica para a eliminação de contaminantes como ferro, alumínio e titânio. É necessário também diferenciar o quartzo natural do cultivado (produzido artificialmente pelo método hidrotérmico para obter cristais uniformes e sem gêmeos cristalinos) e da sílica fundida, que possui composição semelhante, mas apresenta estrutura inteiramente amorfa devido ao processo de fusão térmica e rápido resfriamento.

A análise dos dados de mercado indica que uma das principais utilizações industriais em volume ocorre na indústria de vidro e fundição, na qual a sílica atua como formadora da rede vítrea, além de participar da fabricação de cerâmicas, refratários e agregados para a construção civil. Nesses setores tradicionais, as características granulométricas e a constância química são os fatores que regulam o comportamento do material durante a queima ou cura. Em contrapartida, as cadeias de tecnologia avançada demandam o chamado quartzo de alta pureza (HPQ), cujo valor agregado varia drasticamente em comparação ao mineral bruto. Enquanto o quartzo para a construção civil possui baixo valor comercial unitário, o quartzo purificado e destinado às indústrias eletroeletrônica e óptica ultrapassa a marca de € 20 mil por tonelada no mercado internacional. Ele é o insumo crítico para a redução metalúrgica que gera o silício de grau solar e eletrônico, base da fabricação de semicondutores, chips de computadores, fibras ópticas e células fotovoltaicas para geração de energia solar.

O Brasil detém uma das maiores reservas mundiais de quartzo de alta pureza, distribuídas em províncias minerais nos estados de Minas Gerais, Pará e Bahia. Contudo, os dados discutidos revelam o desafio de reter essa riqueza, visto que o país ainda atua majoritariamente como exportador do mineral bruto ou semi-processado e importador dos componentes tecnológicos acabados.

O aproveitamento econômico dessas reservas gera impactos socioambientais locais que necessitam de fiscalização e controle. Por se tratar de lavra predominantemente a céu aberto, a extração provoca a supressão de vegetação nativa, aceleração de processos de erosão do solo, ruídos por desmonte mecânico e severas alterações na paisagem original. Casos reais no território nacional exemplificam esses conflitos, como as ações movidas

pelo Ministério Público do Estado da Bahia (2021) que pleitearam a paralisação de lavras ilegais de quartzo em remanescentes de Mata Atlântica na divisa entre os municípios de Saúde e Caldeirão Grande, apontando a supressão vegetal sem estudo de impacto ambiental (EIA/RIMA) e riscos a patrimônios arqueológicos locais.

No ambiente operacional das usinas de beneficiamento, o risco mais crítico mapeado é a intensa geração de poeira e a consequente exposição dos operários à sílica cristalina respirável. A inalação contínua dessas micropartículas durante a britagem e moagem seca do quartzo causa a silicose, uma doença inflamatória e fibrótica pulmonar crônica, incurável e restritiva. Isso torna obrigatória a instalação de sistemas de mitigação como aspersão de água nos circuitos, exaustores localizados e o fornecimento e fiscalização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Como ressaltado por Calvo (2001), os minerais industriais sustentam o avanço tecnológico moderno, mas sua extração deve conciliar a rentabilidade financeira com os parâmetros rígidos de desenvolvimento sustentável. Complementarmente, Cabral Jr. et al. (2005) asseveram que a viabilidade de longo prazo desse setor depende diretamente do planejamento técnico, da regularização institucional e do cumprimento das exigências legais para mitigar os passivos socioambientais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que as propriedades químicas, físicas e cristalográficas do quartzo explicam sua ampla ocorrência e a diversidade de suas aplicações. Sua formação em ambientes ígneos, metamórficos, hidrotermais e sedimentares resulta em materiais com características estruturais e graus de pureza distintos, tornando a caracterização tecnológica uma etapa mandatória para avaliar o potencial de qualidade de cada depósito mineral. As aplicações na fabricação de vidros e cerâmicas, na produção de componentes eletrônicos baseados em sua piezoeletricidade, nas fibras ópticas e na cadeia produtiva do silício metálico evidenciam a alta relevância desse recurso mineral para a sustentabilidade da indústria contemporânea e para a consolidação da transição energética através de painéis fotovoltaicos. Entretanto, o seu aproveitamento econômico de alto valor agregado depende diretamente da capacidade técnica de adequar a pureza da matéria-prima nacional às exigências de mercados internacionais altamente restritivos.

Conclui-se que o quartzo é um recurso essencial para o desenvolvimento tecnológico moderno, cujo uso estratégico exige profundo conhecimento geológico, controle tecnológico rigoroso nas plantas de tratamento e práticas responsáveis de extração. O

sucesso futuro da atividade minerária desse segmento está condicionado à integração entre o planejamento de lavra, o cumprimento integral das legislações ambientais vigentes e a proteção contínua à saúde ocupacional dos trabalhadores.

Palavras-chave: Quartzo; Mineral; Formação geológica; Aplicações tecnológicas; Sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

CABRAL JUNIOR, M. et al. Minerais Industriais – orientação para regularização e implantação de empreendimentos. 1. ed. São Paulo: IPT, 2005. 86 p.

CALVO, B.. As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Série Rochas e Minerais Industriais, v. 3, p. 1-37, 2001.

GUZZO, P. L.. Quartzo. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (ed.). Rochas e minerais industriais no Brasil: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 681–721. Disponível em: https://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1120 . Acesso em: 26 out. 2026.

LINS, F. A. F.. Panorama das rochas e minerais industriais no Brasil. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (ed.). Rochas e minerais industriais no Brasil: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 3–23. Disponível em: https://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1077. Acesso em: 27 out. 2026.

LUZ, A. B.; LINS, F. F.. Introdução ao tratamento de minérios. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. (ed.). Tratamento de Minérios. 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2004. p. 1-16.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA. MP pede à Justiça paralisação de extração mineral na Serra de Santa Cruz e Serra Branca. Salvador, 15 mar. 2021. Disponível em: https://gestaoestrategica.mpba.mp.br/noticias/mp-pede-a-justica-paralisacao-de-extracao-mineral-na-serra-de-santa-cruz-e-serra-branca . Acesso em: 27 out. 2026.