

## APROVEITAMENTO DOS REJEITOS DE GARIMPOS DE TOPÁZIO PARA OBTENÇÃO DE VARIEDADES GEMOLÓGICAS DE QUARTZO EM ANTÔNIO DIAS - MG

Adam Barros Fernandes<sup>1</sup>, Rodson de Abreu Marques<sup>2</sup>, Felipe de Freitas Moreira Vilela<sup>1</sup>, Gabrieli Santos Boulhosa<sup>1</sup>, Fernando Soares Lameiras<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Discente do curso de Geologia, Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, [adambarrosgeo@gmail.com](mailto:adambarrosgeo@gmail.com), [felipevilelago@gmail.com](mailto:felipevilelago@gmail.com), [gabrieli.boulhosa@gmail.com](mailto:gabrieli.boulhosa@gmail.com), <sup>2</sup>Docente do Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre – ES, CEP 29500-000, [rodsonabreu@gmail.com](mailto:rodsonabreu@gmail.com), <sup>3</sup>Pesquisador do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627, Campus da UFMG – Pampulha, Belo Horizonte, CEP 31270-901, [fsl@cdtn.br](mailto:fsl@cdtn.br)

### RESUMO

O município de Antônio Dias é detentor de diversos depósitos de minerais gema, dentre eles destaca-se o topázio. No entanto, a lavra desse mineral, muitas vezes, é feita de forma rudimentar em pegmatitos graníticos por meio de garimpos e esse processo gera inúmeros tipos de rejeito, dentre eles o mais abundante são os cristais de quartzo. O objetivo do presente trabalho é determinar qual o melhor tratamento para agregar maior valor comercial aos cristais de quartzo. Sendo essa uma forma sustentável de diminuir as pilhas de rejeito nas lavras de topázio e de gerar maior renda para as mineradoras e garimpos da região de estudo. A metodologia do trabalho é dividida, basicamente em três etapas subsequentes: revisão bibliográfica, coleta de amostras em campo e análise da potencialidade do mineral para obtenção de novas cores. O quartzo fumê encontrado na região de estudo apresenta uma excelente euedria, tamanho de até 20 cm, é transparente a translúcido e apresenta uma boa qualidade gemológica. A partir dessas informações e dos resultados da espectroscopia de absorção no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), propõe-se para futuros estudos o tratamento térmico nesse mineral com o intuito de gerar novas variedades gemológicas mais valorizadas pelo mercado de gemas e jóias.

**Palavras-chave:** Gemologia, Quartzo, Beneficiamento, Sustentabilidade.

### INTRODUÇÃO

O município de Antônio Dias está situado na região leste do estado de Minas Gerais a aproximadamente 173 km de Belo Horizonte e 50 km de Ipatinga. A principal via de acesso até o município é a BR-381. Essa região é detentora de vastas ocorrências minerais com excelente qualidade gemológica, tais como: água-marinha, alexandrita, esmeralda, fluorita e topázio (Machado 1998; Iwata 2000; Padilha *et al.* 2000). Por outro lado, os cristais de quartzo são considerados rejeitos na maioria das minerações e garimpos das gemas supracitadas. Além disso, o quartzo é pouco aproveitado por se tratar de um mineral de baixo valor comercial, quando comercializado no seu estado bruto (Silva & Guedes 2015).

Vale ressaltar que o estado de Minas Gerais possui uma das maiores reservas de quartzo gemológico do mundo, tanto em quartzos beneficiáveis por irradiação gama e aquecimento quanto em minerais de coleção (Favacho 2001). Além disso, segundo Nunes (2008), esses processos de beneficiamento são bem aceitos atualmente pelo mercado de gemas e jóias. Vale ressaltar que esses tratamentos apenas aceleram o efeito que a natureza levaria milhares de anos para produzir. Após esses processos, minerais antes de baixo valor comercial podem atingir valor agregado médio em torno de 300% (Cristini *et al.* 2011).

O objetivo desse trabalho é determinar qual o tratamento mais viável para agregar maior valor comercial aos cristais de quartzo da região estudada. Sendo essa uma forma sustentável de diminuir as pilhas de rejeito nas lavras de topázio e de gerar maior renda para as mineradoras e garimpos desse local.

### METODOLOGIA

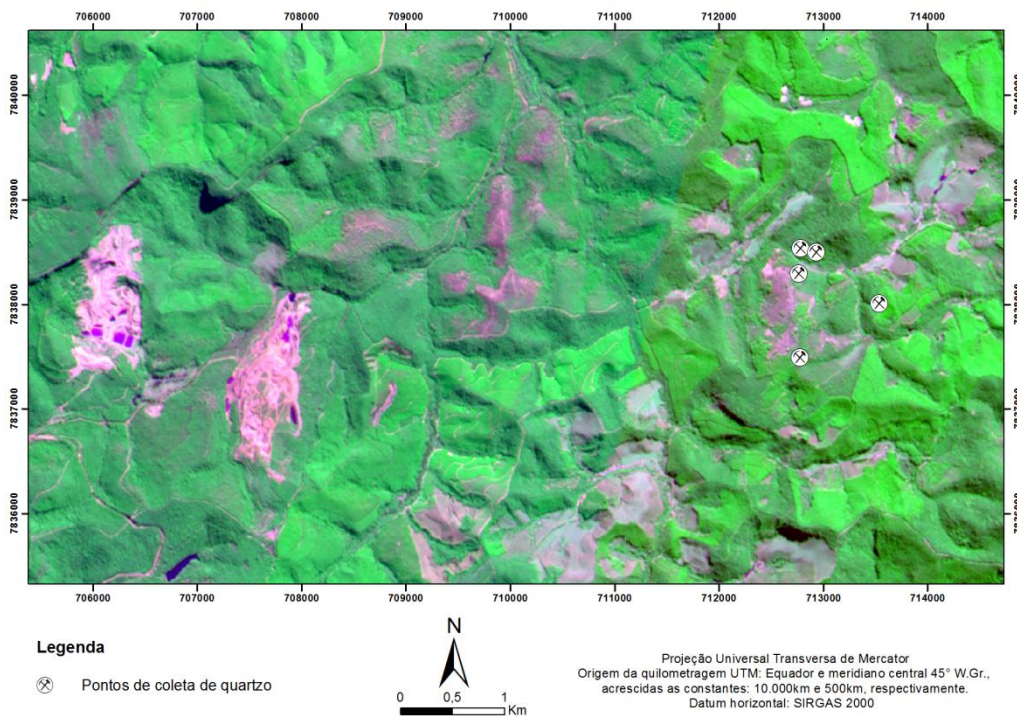
O estudo é dividido em 3 etapas principais. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos geológicos de forma regional e local, envolvidos na gênese dos cristais de quartzo, sua distribuição espacial e variação de cores desse mineral na região de estudo. Além disso, foi feito um levantamento de informações sobre as principais técnicas de tratamento de gemas, mas com destaque para o tratamento por irradiação gama e tratamento térmico. Bem como, sobre a espectroscopia de absorção no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) sendo essa a técnica utilizada para a determinação se é possível ou não a obtenção de novas cores nos cristais de quartzo após a irradiação gama.

Durante a segunda etapa, foi realizada a atividade de campo, onde foram amostrados cristais de quartzo cristalino de origem pegmatítica, em Hematita, distrito do município de Antônio Dias – MG (Figura 1). Além disso, foram coletadas as coordenadas no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) dos 5 pontos de amostragem, com o auxílio de um aparelho de GPS do modelo Garmin GPSMAP64. Em cada ponto foi determinada a coloração predominante do quartzo.

Já na terceira etapa, primeiramente, foi feita a limpeza das amostras de quartzo em água corrente e detergente. Logo após foi feita a separação dos cristais de quartzo em grupos de acordo com a localidade de ocorrência e com a respectiva cor (incolor, leitoso, fumê, etc.). Posteriormente eles receberam identificações distintas, com o objetivo de organizar as amostras. Com o intuito de determinar de forma numérica as cores, os

cristais foram classificados macroscopicamente segundo o Sistema de cores Munsell. De acordo com Barbosa (2009), o Sistema de cores Munsell é um sistema de ordenamento de cores que possibilita um arranjo tridimensional das mesmas num espaço cilíndrico de três eixos e que permite especificar uma determinada cor através de três dimensões, constituído de escalas numéricas com três atributos, chamados de matiz “hue” (H), luminosidade “value” (V) e saturação “chroma” (C).

E por fim, as amostras foram submetidas à espectroscopia de absorção no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do Laboratório de Irradiação Gama - LIG - CDTN/CNEN. Além do espectro gerado pelo FTIR é possível obter o fator de lítio nas amostras. Segundo Lameiras (2005), se o fator de lítio, fLi estiver na faixa  $1,0 \leq fLi \leq 2,0$ , as amostras podem desenvolver cores intensas, dependendo da área abaixo do espectro entre  $3000 \text{ cm}^{-1}$  e  $3600 \text{ cm}^{-1}$ . Se  $fLi < 1,0$ , as amostras desenvolveram cores fracas e sem valor comercial. Esse método foi utilizado, pois segundo Silva & Guedes (2015), a partir dos espectros de FTIR é possível determinar o potencial de desenvolvimento de cor do quartzo, antecipando os resultados sem haver realizado a irradiação e tratamento térmico.



**Figura 1:** Mapa com a localização dos pontos de coleta das amostras de quartzo (branco), em Hematita, distrito de Antônio Dias – MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cristais de quartzo, coletados em campo, são euédricos a subédricos, bem facetados, podem chegar a 20 cm de comprimento e apresentam cor variando do hialino ao fumê escuro (Figura 2). Vale ressaltar também que, nos garimpos visitados, os garimpeiros usam o quartzo fumê como mineral guia para a prospecção de topázio. Além disso, é necessário que esse mineral seja muito euédrico e facetado para indicar proximidade com o topázio gemológico. O quartzo, desse local, tem sua gênese relacionada a corpos pegmatíticos graníticos centimétricos a métricos, que são muito comuns na região de estudo.



**Figura 2:** Amostras de quartzo coletadas de garimpos em Hematita, distrito de Antônio Dias – MG, com destaque para a variação de cores que vai do quartzo hialino ao fumê escuro, o que define a divisão em 4 grupos (HEM1, HEM2, HEM3 e HEM4, da esquerda para direita, respectivamente).

A classificação das cores dos cristais de quartzo foi realizada de forma macroscópica com o auxílio do Sistema de cores Munsell. Essa classificação é feita para determinar numericamente a cor dos minerais antes de qualquer tipo de tratamento que tem o intuito de modificar a sua respectiva cor do mineral (Tabela 1). Os grupos de quartzo encontrados em Hematita foram divididos em ordem crescente de intensidade de cor, ou seja, do cristal mais incolor para o fumê mais escuro. Vale ressaltar que o quartzo hialino (incolor) não recebeu nenhuma classificação no Sistema de cores de Munsell pelo fato desse mineral ser incolor e não possuir nenhum correspondente nesse sistema de cores.

**Tabela 1:** Classificação de cores dos cristais de quartzo do município de Antônio Dias – MG, macroscopicamente, no sistema de cores de Munsell.

Variedade de quartzo	Classificação no Sistema de cores de Munsell
Quartzo hialino – HEM1	-
Quartzo levemente fumê – HEM2	N6/0
Quartzo fumê – HEM3	N4/0
Quartzo fumê escuro (morion) – HEM4	N2/0

Após a utilização das amostras no FTIR, foram gerados gráficos a partir dos resultados e foi obtido o fator de lítio (fLi) das amostras de quartzo. Com base nesses dados é possível observar que os grupos HEM1, HEM2 e HEM3 apresentam o espectro característico de um cristal de quartzo e apresenta fator de lítio (fLi) igual a 0,0, ou seja, dificilmente as amostras obterão novas cores a partir das impurezas do elemento químico Lítio (Li). Porém, a presença do elemento químico Alumínio (Al) é marcante nas amostras desses grupos, o que gera a cor fumê bem escura, após o processo de irradiação gama. Já as amostras do grupo HEM4 não geraram resultados a partir do FTIR, pois se encontram muito escuras, tendendo ao opaco e o equipamento não consegue realizar a análise nos cristais desse grupo. Essa ausência de impurezas de Lítio já era esperada, pois as rochas e minerais da região de estudo não apresentam o Li em sua composição.

Além disso, de acordo com Lameiras (2012), é possível que os cristais de quartzo apresentem outros elementos cromóforos diferentes do Lítio, como o Alumínio, que pode ser evidenciado no gráfico do grupo HEM1, com um pico próximo ao nº de onda  $3381\text{ cm}^{-1}$  (Al-OH) e pode ser explicado pela relação cogenética entre os cristais de topázio e o quartzo, nesse local. Além disso, pelo contexto geológico local, é possível que essas amostras de quartzo também tenham impurezas de Ferro, no entanto, são necessárias análises mais

detalhadas. Vale ressaltar que, o tratamento térmico nas amostras do grupo HEM1 e HEM3 têm que ser realizado a temperaturas relativamente baixas para não fraturar os cristais, pois os mesmos apresentam micro fraturas.

## CONCLUSÃO

A partir da avaliação feita por meio da descrição macroscópica dos cristais e do FTIR é possível concluir que as amostras de quartzo de Hematita não vão gerar novas variedades gemológicas a partir de impurezas de Lítio. No entanto, as impurezas de Alumínio podem causar tonalidades fumê que podem valorizar o preço dos cristais de quartzo irradiado. Além disso, o tratamento térmico pode gerar variedades importantes desse mineral, propiciando um maior valor agregado e conseqüentemente maior renda para mineradoras e garimpeiros. Vale ressaltar que, é importante fazer um controle rígido com as variações de temperatura durante o tratamento, pois essa mudança repentina pode fraturar os cristais e inviabilizar esse procedimento. Esse processo de beneficiamento é totalmente sustentável, pois pode eliminar grandes pilhas de rejeito de quartzo e transformar essa matéria-prima em jóias, que podem ser comercializadas no mercado nacional e internacional. Além disso, o tratamento térmico é um método relativamente simples, rápido e barato. Então, propõe-se para futuras pesquisas a realização de tratamento térmico nesse mineral com o intuito de obter variedades gemológicas de quartzo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Espírito Santo pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) e pelo incentivo nas pesquisas. Ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) pelas análises utilizando a espectroscopia de absorção no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) no Laboratório de Irradiação Gama - LIG - CDTN/CNEN e pelo fornecimento dos dados gerados. Aos garimpeiros da região de Hematita, mais especificamente Miranda e Herlom, pelo fornecimento das amostras de quartzo e pela hospitalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa CT (2009) A cor do citrino: efeito de irradiação e tratamento térmico. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Cristini, D *et al.* (2011) Tecnologia empregada na radiologia industrial: revisão de literatura. Boletim Científico do Instituto de Ensino e Pesquisa, Hospital São Camilo 11(2): 18-24.
- Favacho MDS (2001) Capítulo 3: O Quartzo Gemológico. In: Castañeda C, Addad JE, Liccardo A, Editores. Gemas de Minas. 1. ed. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia – SBG-MG, p.52-73.
- Inpe. <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acessado em 22 de Abril de 2017.
- Iwata, AS (2000) Aspectos Genéticos e Características Mineralógicas do Crisoberilo das Lavras de Esmeraldas de Ferros e Hematita – MG. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lameiras FS *et al.* (2005) O papel do lítio na absorção óptica do quartzo natural irradiado e aquecido. 49º Congresso brasileiro de cerâmica. São Pedro- SP.
- Lameiras FS (2012) The Relation of FTIR Signature of Natural Colorless Quartz to Color Development After Irradiation and Heating. Infrared Radiation Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/infrared-radiation/the-relation-of-ftir-signature-of-natural-colorless-quartz-to-color-development-after-irradiation-an>. Acessado em 28 de fevereiro de 2017.
- Machado, GAA (1998) Jazidas de Esmeralda de Capoeirana e Belmont – MG: Geologia, Petrogênese e metalogênese. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nunes, EHM (2008) Caracterização de Ametistas naturais. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Padilha AV, Vieira VS, Bruno EM (2000) Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Carta Geológica, Carta Metalogenética/Previsional. Escala 1:100.000 (Folha SE.23-Z-D-IV Itabira) estado de Minas Gerais. Brasília, DNPM/CPRM. Mapa e texto explicativo.
- Silva CSF, Guedes HS (2015) Tratamento de Quartzo Hialino do Estado do Espírito Santo Para Obtenção de Variedades Gemológicas. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Gemologia. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. Departamento de Gemologia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.