

**Obtenção de quartzo citrino a partir de tratamentos térmicos de ametistas procedentes do distrito de Brejinho (BA)****Citrine quartz obtained from thermal treatments of amethysts from the district of Brejinho (BA)**

DOI:10.34117/bjdv6n7-245

Recebimento dos originais: 07/06/2020

Aceitação para publicação: 10/07/2020

**Maria Helena Teles Lopes**

Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Montes Claros

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

Endereço: Campus Universitário Prof. Darcy Ribeiro, Av. Prof. Rui Braga, s/n – Vila Mauriceia,  
39401-089, Montes Claros, MG, Brasil  
mariahelenat123@gmail.com**Álvaro Barbosa de Carvalho Júnior**

Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Montes Claros

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

Endereço: Campus Universitário Prof. Darcy Ribeiro, Av. Prof. Rui Braga, s/n – Vila Mauriceia,  
39401-089, Montes Claros, MG, Brasil  
alvaro.junior@unimontes.br**Maurício Prado Martins**

Curso de Graduação em Engenharia Civil das Faculdades Santo Agostinho

Instituição: Faculdades Santo Agostinho – FASA.

Endereço: Av. Osmane Barbosa, 937, Conj. Res. Jk, 39404-007, Montes Claros, MG, Brasil  
mauricioprado.engcivil@gmail.com**Ana Caroline Nery Munõz Carvalho**

Curso de Graduação em Engenharia Civil das Faculdades Santo Agostinho

Instituição: Faculdades Santo Agostinho – FASA.

Endereço: Av. Osmane Barbosa, 937, Conj. Res. Jk, 39404-007, Montes Claros, MG, Brasil  
carolinenmunoz@gmail.com**RESUMO**

Esse trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade de obtenção do quartzo citrino a partir de cristais de ametista tratados apenas termicamente. Para isso, cristais de ametista procedentes do distrito de Brejinho no estado da Bahia foram submetidos a diferentes tratamentos térmicos realizados entre 300°C e 450°C. Nesse estudo foi constatada uma dificuldade na obtenção de gemas de quartzo citrino com temperaturas acima de 400°C. Entretanto, os resultados preliminares obtidos com temperaturas em torno de 400°C mostraram a viabilidade de obtenção do quartzo citrino para fins de joalheria por meio de uma técnica simples e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Ametista, Quartzo Citrino, Tratamentos Térmicos.

**ABSTRACT**

The aim of this work was to verify the feasibility of obtaining citrine quartz from amethyst crystals with heat-treatments. For this, amethyst crystals from the district of Brejinho in the state of Bahia were submitted to different thermal treatments performed between 300°C and 450°C. In this study, it was observed a difficulty in obtaining citrine quartz with temperatures above 400°C. However, the preliminary results obtained with temperatures around 400°C showed the feasibility of obtaining citrine quartz for jewelry purposes using a simple and low-cost technique.

**Keywords:** Amethyst, Citrine Quartz, Heat-Treatments.

**1 INTRODUÇÃO**

Sabe-se que altas doses de radiação gama e tratamentos térmicos podem causar mudanças na coloração de muitos cristais naturais, os quais são utilizados para fins gemológicos. Entre os cristais naturais utilizados para fins de joalheria, o quartzo vem se destacando ao longo dos anos por apresentar uma grande variedade de cores, quando submetido às altas doses de radiação gama (da ordem de kGy), seguidas ou não de tratamentos térmicos (LAMEIRAS, 2006; DRUMMOND, MENDES, LAMEIRAS, 2010). Entretanto, nem todos os quartzos naturais podem desenvolver coloração por esses processos. Isto porque sua coloração é muito dependente de algumas impurezas intersticiais e substitucionais, que estão presentes no retículo cristalino (DRUMMOND, MENDES, LAMEIRAS, 2010; ROSSMAN, 1994).

O quartzo é um mineral formado por átomos de silício e oxigênio ( $\text{SiO}_2$ ) e geralmente se apresenta na natureza como incolor ou esfumado. As impurezas de alumínio (Al), ferro (Fe), manganês (Mn), cromo (Cr) e titânio (Ti), que podem ser introduzidas durante a formação do cristal, resultam em variedades polimórficas tais como: morion, róseo, prasiolita, leitoso, ametista e citrino (DRUMMOND, MENDES, LAMEIRAS, 2010; ROSSMAN, 1994). A variedade violeta do quartzo, também conhecida como ametista, normalmente é associada à presença de impurezas de átomos de Fe. O modelo mais aceito considera a presença de impurezas férricas no estado tetravalente ( $\text{Fe}^{4+}$ ), com coordenação tetraédrica resultante da dissociação de centros do tipo  $[\text{FeO}_4/\text{Li}]^0$  pela radiação ionizante (ROSSMAN, 1994; TRINDADE et al., 2006).

Por outro lado, o  $\text{Fe}^{3+}$  substituindo o  $\text{Si}^{4+}$  no retículo cristalino não assegura a coloração violeta, tendo em vista que temperaturas acima de 400°C podem provocar a descoloração da ametista, ou ainda, sua transformação para o quartzo citrino [ROSSMAN, 1994; NASSAU, 2001]. Adicionalmente, ametistas extraídas de geodos sofrem fotodecaimento, ou seja, perda de coloração quando expostas à luz do sol durante longos períodos (SILVA e NASCIMENTO, 2012).

O quartzo citrino é uma variedade de quartzo, na qual a cor varia entre o amarelo e o amarelo-alaranjado, passando pelo amarelo-esverdeado e laranja. O valor comercial do quartzo citrino é

relativamente baixo em relação às ametistas, mas essa variedade do quartzo é muito apreciada no comércio devido à sua raridade como ocorrência natural (LAMEIRAS, 2006; ROSSMAN, 1994).

Atualmente, muitas empresas do ramo joalheiro utilizam processos que envolvem tratamentos térmicos entre 300°C e 500°C para transformar cristais de ametista em quartzo citrino. Nessa faixa de temperatura, a ametista pode se transformar em citrino, onde sua coloração amarelada também é atribuída às impurezas de  $\text{Fe}^{3+}$ , porém, na forma de precipitados de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) decorrentes do tratamento térmico da ametista [HOSAKA, 1990; VASCONCELOS, WENK, ROSSMAN, 1994; LIZ, 2008]. O fotodecaimento das ametistas e a menor ocorrência na natureza do quartzo citrino são fatores que incentivam a produção do quartzo citrino artificial por meio de tratamentos térmicos. Além disso, cabe ressaltar que o Brasil se destaca como um dos principais fornecedores de quartzo natural, possuindo as maiores reservas desse insumo mineral (LUZ e LINS, 2008).

Com base nesses conhecimentos o objetivo desse estudo foi desenvolver uma metodologia simples para obtenção de quartzo citrino a partir do tratamento térmico de ametista, uma vez conhecida à disponibilidade desse mineral no município de Brejinho, no estado da Bahia. Um outro objetivo seria fornecer informações que contribuam com procedimentos de obtenção de quartzos citrinos com diferentes tonalidades de cores, permitindo a aplicação desses cristais para fins de joalheria.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo foram utilizados cristais de ametista procedentes do distrito de Brejinho das Ametistas, localizado ao sul da cidade de Caetité, no estado da Bahia. Esses cristais foram identificados visualmente e divididos em grupos, sendo suas dimensões aproximadas de 1 cm x 1 cm x 2 cm. A Figura 1 apresenta alguns dos cristais utilizados nesse estudo.

Figura 1. Cristais naturais de ametista procedentes de Brejinho (BA).



Depois de serem lavados com água e detergente os cristais foram colocados em um béquer com 50 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), onde permaneceram durante um período de 4 horas. Após o ataque

químico os cristais foram lavados com água destilada e secos com acetona para a realização dos tratamentos térmicos.

Os tratamentos térmicos foram realizados em um forno tipo mufla da marca *Spencer*, modelo *Scientific*, com taxa de aquecimento de 10°C/min. As temperaturas de tratamento investigadas para a transformação da ametista em quartzo citrino variaram entre 300°C e 450°C, com duração de 1 hora, seguido de resfriamento lento até a temperatura ambiente de 25°C. Depois de identificar a melhor condição de tratamento, alguns cristais de quartzo citrino foram encaminhados para lapidação em disco rotativo refrigerado a água. A alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na faixa granulométrica de 5 µm foi utilizada como material abrasivo. Depois de lapidadas, as gemas foram limpas com acetona e posteriormente fotografadas para efeito comparativo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos cristais de ametista tratados termicamente a 300°C está apresentado na Fig. 2. Nessa figura, observa-se que os cristais sofreram uma descoloração da tonalidade violeta típica das ametistas. O aspecto dos cristais sugere que o tratamento térmico utilizado dissocia os centros de cor violeta, formados por íons de Fe<sup>3+</sup>, os quais possuem neutralidade de cargas devido à atração de íons monovalentes de Li<sup>+</sup> (ROSSMAN, 1994). Supostamente, a dissociação dos centros de cor está associada à difusão dos íons de Li<sup>+</sup>, que ocorre a 300°C, relatado previamente por alguns estudos (LAMEIRAS, 2006; ROSSMAN, 1994; SILVA e NASCIMENTO, 2012; LEHMANN e MOORE, 1966). Esse resultado também sugere que a temperatura de 300°C não é suficiente para que ocorra a formação considerada de precipitados de hematita, responsáveis pela formação da cor amarelada.

Figura 2. Cristais de ametista após tratamento térmico a 300°C.



Com o aumento da temperatura para 350°C, nota-se o surgimento de setores amarelos em algumas regiões centrais das amostras, conforme observa-se na Fig. 3. Isso indica que o aumento da temperatura para 350°C favoreceu a formação de precipitados de hematita.

Figura 3. Cristais de ametista após tratamento térmico a 350°C.



Para tratamentos térmicos realizados a 400°C, constatou-se que os cristais de ametista sofrem um completo amarelamento, onde a coloração das amostras apresenta variedades entre o amarelo claro e o amarelo alaranjado, conforme ilustra a Fig. 4. Esse resultado indica que os cristais de ametista procedentes de Brejinho se transformam em quartzo citrino, quando tratados com temperatura de 400°C. O resultado apresentado na Fig. 4 também foi observado por alguns autores em cristais de ametista de outras procedências, entretanto, com temperaturas de tratamento superiores a 400°C e por períodos acima de 1 hora (SILVA e NASCIMENTO, 2012; LIZ, 2008; LEHMANN e MOORE, 1966).

Figura 4. Cristais de quartzo citrino obtidos a partir de ametistas Brejinho tratadas a 400°C.



Para verificar se os cristais de ametista de Brejinho apresentam outras colorações de quartzo citrino, algumas amostras foram tratadas com temperatura de 450°C. Como resultado, as amostras apresentaram-se extremamente fraturadas, conforme mostra Fig.5. Esse fato pode estar associado à presença de microtrincas contidas nos cristais, que diminuem a resistência à fratura quanto submetidos ao aumento de tensões térmicas. Além disso, a taxa de aquecimento rápida utilizada nesse estudo também pode ter contribuído para a fratura desses cristais, sendo recomendada em estudos futuros taxas de aquecimento inferiores à de 10°C/min.

Figura 5. Fraturas nos cristais de ametista tratados a 450°C.



A partir da condição ideal de tratamento apresentada na Fig. 4, os cristais de quartzo citrino foram encaminhados para a lapidação manual em disco rotativo. Como resultado, foi possível a obtenção de gemas com diferentes formas e tamanhos, em várias tonalidades de amarelo. A Figura 6 apresenta algumas gemas após o processo de lapidação.

Figura 6. Gemas obtidas após lapidação.



O processo de lapidação beneficia as gemas brutas por meio de etapas de corte e de polimento que visam realçar a beleza dos minerais. Além disso, a qualidade da lapidação resulta em um maior aproveitamento, reduzindo a perda de material em peso e elevando seu valor para fins gemológicos. Entretanto, o manuseio e o tratamento da superfície irregular da gema bruta são atribuições individuais dos lapidários, sendo a orientação ideal para o corte um fator fundamental para a obtenção de uma boa gema.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo permitiram concluir que os cristais de ametista procedentes de Brejinho apresentam potencialidade para obtenção de gemas de quartzo citrino. A simplicidade do método proposto, a baixa temperatura de tratamento em períodos mais curtos e à quantidade de ocorrência do insumo mineral, corroboram a viabilidade de obtenção do quartzo citrino por meio do tratamento térmico de cristais de ametista.



**REFERÊNCIAS**

LAMEIRAS, F. S. et al. Identificação de quartzos incolores para joalheria. **REM: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto - MG, v. 59, n. 1, p. 129-133, 2006.

DRUMMOND, N. F.; MENDES, J. C.; LAMEIRAS, F. S. Caracterização de quartzo para obtenção de suas variedades gemológicas por irradiação gama e/ou tratamento térmico. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto – MG, v. 63, n. 3, p. 449-456, 2010.

ROSSMAN, G. R. Colored varieties of the silica minerals. **Reviews in Mineralogy**, v. 29, p. 433-467, 1994.

TRINDADE et al. Absorção óptica de ametistas tratadas termicamente. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 25, n. 2, p. 59-63, 2006.

NASSAU, K. **The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons Ltd, 2001. 496 p.

SILVA, V. X. S.; NASCIMENTO, C. T. C. Mudança de cor em cristais de ametista por meio de tratamento térmico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIENCIA, 64., 2012, São Luiz. **64ª Reunião Anual da SBPC**. São Luiz: UFMA, 2012.

HOSAKA, M. Hydrothermal growth of gem stones and their characterization. **Progr. Crystal Growth and Charact.**, Grã-Bretanha, v. 21, p. 71-96, 1990.

VASCONCELOS, P. M.; WENK, H. R.; ROSSMAN, G. R. The Anahí Ametrine Mine, Bolívia. **Gems & Gemology**, Gemological Institute of America, v. 30, n. 1, p. 4-23, 1994.

LIZ, O. S. R. Dossiê Técnico: **Técnicas para tratamento de gemas**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC: Copyright, 2008. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações**, 2. ed. Rio de Janeiro: Copyright, 2008. 989p.

LEHMANN, G.; MOORE, W. J. Optical and paramagnetic properties of iron centers in quartz. **Journal of Chemical Physics**, v. 44, n. 5, 1966; doi: 10.1063/1.1726932.