

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

OBTENÇÃO DE DISCOS PADRONIZADOS DE QUARTZOS ORIUNDOS DO SUL DE MINAS GERAIS PARA POTENCIAL UTILIZAÇÃO COMO DOSÍMETROS.

FELIPE ALCÂNTARA LIMA¹, CARLOS ANTONIO DA ROCHA²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, aluno PIVICT, IFSP, Campus São Paulo, felipe.alcantara@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor, Professor EBT, IFSP Campus São Paulo, carlosrocha@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.09.01.03-0 Instrumentação para medida e controle da radiação

RESUMO: Este trabalho explora o uso do quartzo rosa como dosímetro de radiação, destacando suas propriedades de termoluminescência (TL). A TL ocorre quando um material previamente exposto à radiação emite luz ao ser aquecido. Este fenômeno é utilizado para medir a dose de radiação absorvida. O presente trabalho se concentra na caracterização de pastilhas de quartzo rosa originárias da região Sul de Minas Gerais, usando técnicas como Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios-X (DRX). Essas técnicas permitem analisar defeitos no material e a presença de contaminantes. Após serem caracterizadas, as pastilhas de quartzo são irradiadas com uma dose padrão e em seguida aquecidas para a emissão da luz. Os resultados mostraram que o quartzo apresenta boa termoluminescência, com quatro picos principais, sendo o segundo o mais proeminente. A energia de ativação variou entre 0,41 e 0,87 eV, indicando que o quartzo pode ser considerado um bom dosímetro, embora fatores como reprodutibilidade e estabilidade do sinal TL precisam ser avaliados para confirmar sua adequação. Em resumo, o quartzo mostra potencial como dosímetro de radiação devido à sua alta termoluminescência e a estabilidade de suas propriedades físicas, o que justifica a continuidade dos estudos para confirmar sua viabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: dosimetria da radiação; termoluminescência; quartzo como dosímetro; parâmetros cinéticos; DRX, MEV.

PRODUCTION OF STANDARDIZED QUARTZ DISCS FROM SOUTHERN MINAS GERAIS FOR POTENTIAL USE AS DOSIMETERS.

ABSTRACT: This paper explores the use of pink quartz as a radiation dosimeter, highlighting its thermoluminescence (TL) properties. TL occurs when a material previously exposed to radiation emits light when heated. This phenomenon is used to measure the absorbed radiation dose. This work focuses on the characterization of rose quartz pellets from the southern region of Minas Gerais, using techniques such as Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Diffraction (XRD). These techniques make it possible to analyze defects in the material and the presence of contaminants. After being characterized, the quartz tablets were irradiated with a standard dose and then heated to emit the light. The results showed that quartz has good thermoluminescence, with four main peaks, the second being the most prominent. The activation energy ranged from 0.41 to 0.87 eV, indicating that quartz can be considered a good dosimeter, although factors such as reproducibility and stability of the TL signal need to be evaluated to confirm its suitability. In summary, quartz shows potential as a radiation dosimeter due to its high thermoluminescence and the stability of its physical properties, which justifies continuing studies to confirm its viability.

KEYWORDS: radiation dosimetry; thermoluminescence; quartz as a dosimeter; kinetic parameters; XRD, SEM.

INTRODUÇÃO

A dosimetria pode ser definida como a quantificação da energia depositada em um objeto vivo ou inanimado proveniente da interação com radiação eletromagnética ou partículas em alta velocidade, tendo em vista estimar, prever ou limitar os efeitos da radiação (Yukihara et al., 2022). A quantificação da radiação é importante a fim de evitar danos severos em estruturas biológicas, por meio da quebra de ligações químicas, geração de radicais livres e entre outros efeitos, que por sua vez, podem acarretar graves problemas de saúde nos seres vivos (Dance et al., 2014).

Segundo Yukihara (2001), em detectores cristalinos, a ionização da radiação induzida ocorre por conta da presença de elétrons livres ou buracos - orbitais desocupados em uma banda de energia - que podem ser capturadas pelos defeitos das células unitárias, criando uma população de cargas presas e centros opticamente ativos. A luminescência pode ser estimulada quando uma das cargas são libertas pela absorção da energia necessária de uma fonte óptica ou termal, e assim recombina com um 'trapped hole'. A Luz é emitida durante o processo de recombinação.

A análise termogravimétrica (TGA) estuda a variação de massa de uma amostra devido a transformações físicas ou químicas em função do tempo ou temperatura. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), segundo a UFSCAR (2024), utiliza um feixe de elétrons emitido termoiônica para interagir com uma amostra cerâmica, revelando sua superfície e fases. Com o Detector de Energia Dispersiva (EDS), é possível determinar a composição química elementar qualitativa da amostra.

Dessa forma, o estudo busca (a) caracterizar as pastilhas de quartzo obtidas a partir de cristais oriundos da região Sul de Minas Gerais por meio das técnicas MEV, TGA e DRX, bem como (b) avaliar os quartzos como potenciais dosímetros e definir sua faixa de termoluminescência.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, cabe destacar o aparato utilizado para a obtenção das pastilhas de quartzo, a saber:

- Cortadora Geológica Teclago;
- Máquina de lapidação de pedras;

A cortadora geológica profissional foi utilizada para a obtenção de lâminas de quartzos de espessura constante. Foram estudadas as metodologias possíveis para obtenção das lâminas padronizadas, tanto pela literatura disponível quanto pelo curso comprado pela Teclago, no qual os bolsistas e colaboradores aprenderam a utilizar a máquina para a produção das lâminas de quartzo, além da adaptação da máquina para corte de pedras pela troca do disco de corte, mostradas na Figura 1-esquerda. Após a redução do tamanho das pedras de quartzo, foram selecionados os fragmentos com dimensões ideais para a utilização na máquina de lapidação de pedras mostrada na Figura 1 – direita.

Figura 1- Esquerda: Corte do quartzo na cortadora Geológica do IFSP-SPO. Direita: Máquina portátil de lapidação modelo Faceting-head (ULTRATEC INC, 2013).



Fonte: Esquerda: Arquivos do autor. Direita: Dinis (2026).

Em seguida, as lâminas do quartzo rosa foram moldadas na lapidadora de pedras para obtenção dos discos padronizados de quartzo, medindo 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, com o objetivo de atingir as dimensões necessárias para inserir na bandeja de suporte, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Amostras de quartzo lapidadas e encaixadas na bandeja padrão.

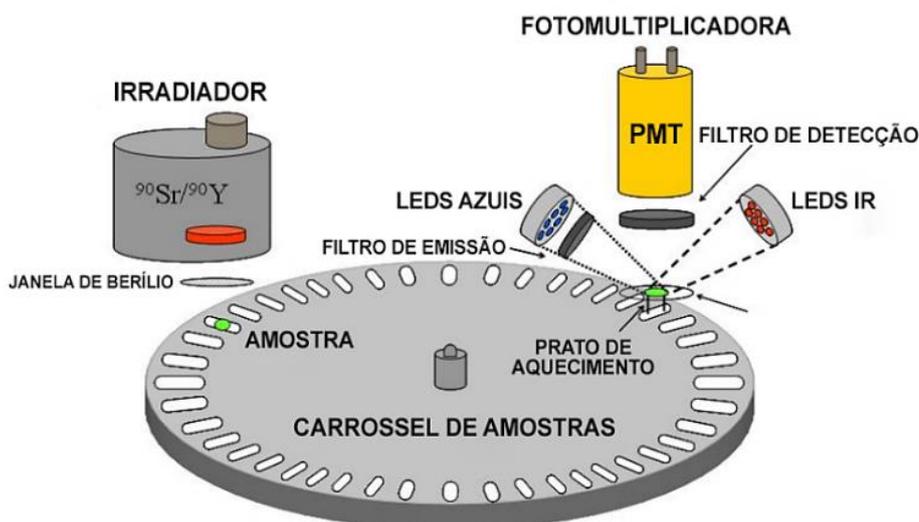


Fonte: Arquivos do autor

Após a obtenção da pastilha, as amostras foram encaminhadas para a realização de MEV e DRX. Com essas técnicas, foi possível obter os resultados para a caracterização.

Para a análise do potencial termoluminescente, as amostras serão irradiadas à temperatura ambiente utilizando uma fonte beta $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ incorporada ao leitor TL. As medidas de TL serão realizadas com leitor comercial produzido pelo Laboratório Nacional Risø (modelo DA-20). Em geral, estão disponíveis os filtros Schott BG-39 (6 mm de espessura, janela de transmissão em 340-610 nm) em frente do tubo fotomultiplicador, e o filtro Hoya U-340 (espessura de 7,5 mm; janela de transmissão dentro de 290-370 nm). A montagem do leitor pode ser vista na Figura 4.

Figura 3: Desenho esquemático do leitor de TL/OSL Risø.



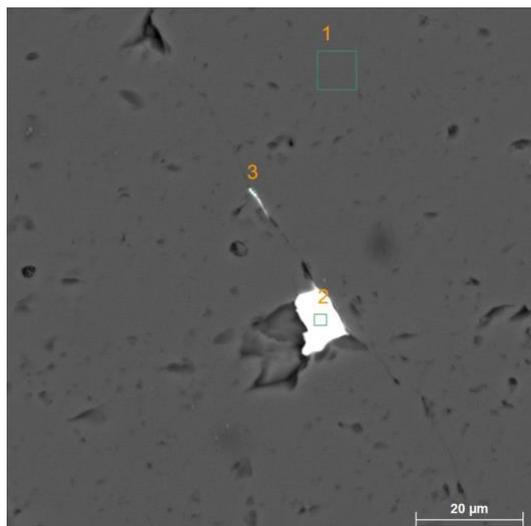
Fonte: Adaptado de Risø (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em primeira instância, cabe discutir os resultados obtidos na MEV. Com esse método, é possível analisar com mais precisão os defeitos do material. Na Figura 4 é mostrada a análise de uma região da superfície de uma pastilha.

Foram analisadas três áreas na superfície do disco, a saber: (1) Uma área perfeitamente cristalinas em defeito evidente; (2) região com uma falha e com espectro bem evidente por retroespalhamento e (3) uma área com uma microfissura presente.

Figura 4: Análise da Superfície por MEV.

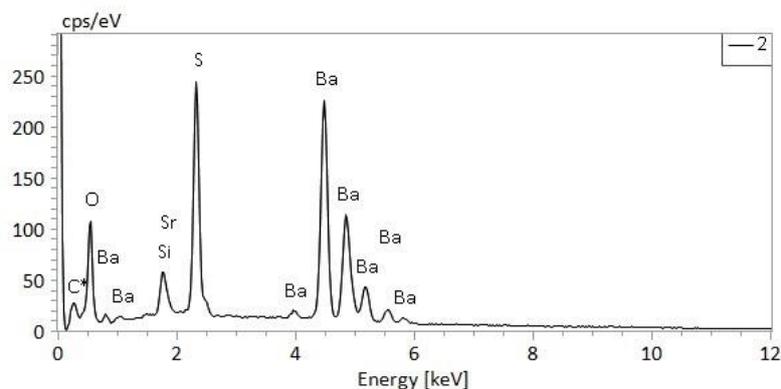


Fonte: Arquivos do autor.

A área (1) perfeitamente cristalina, apresentou maior parte da sua composição Silício, seguido por Oxigênio e Carbono.

A segunda área, (2), com retroespalhamento bem evidente, representou alguns contaminantes como o Estrôncio e Bário, tendo ainda sim o Silício como principal composto. A Figura 5 mostra o espectro de contagens por eletrôn-volt (eV) em função da energia.

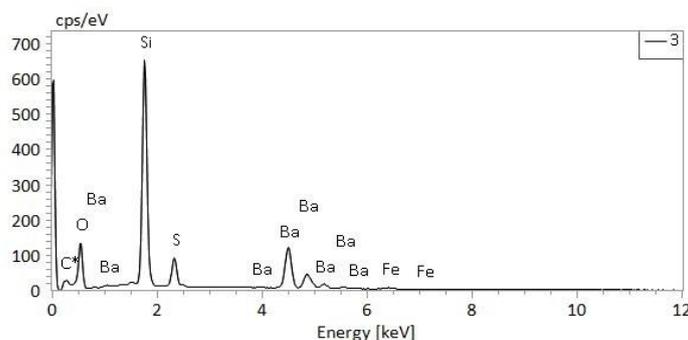
Figura 5: Espectro de contagens em função da energia para a área (2).



Fonte: Laboratório de Caracterização Tecnológica – EPUSP.

A área (3), que é representada pela microfissura, também apresentou alguns contaminantes, sendo eles Ferro, Enxofre e Bário, conforme mostra a figura 6.

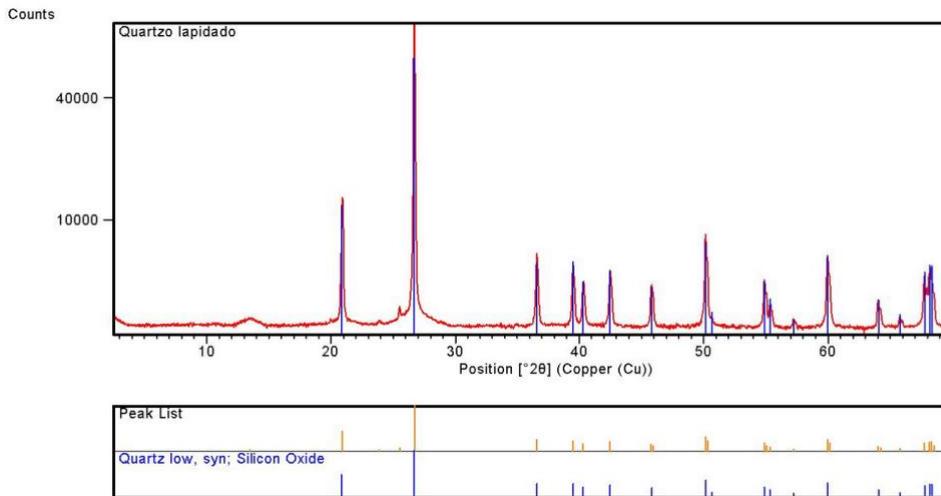
Figura 6: Espectro de contagens em função da energia para a área (2).



Fonte: Laboratório de Caracterização Tecnológica – EPUSP.

No Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT – também foi realizada a análise DRX (difratograma de Raios-X), que colaborou para a caracterização do material. A figura 7 apresenta a análise de DRX para a pastilha lapidada de quartzo rosa.

Figura 7: Análise de DRX do quartzo.

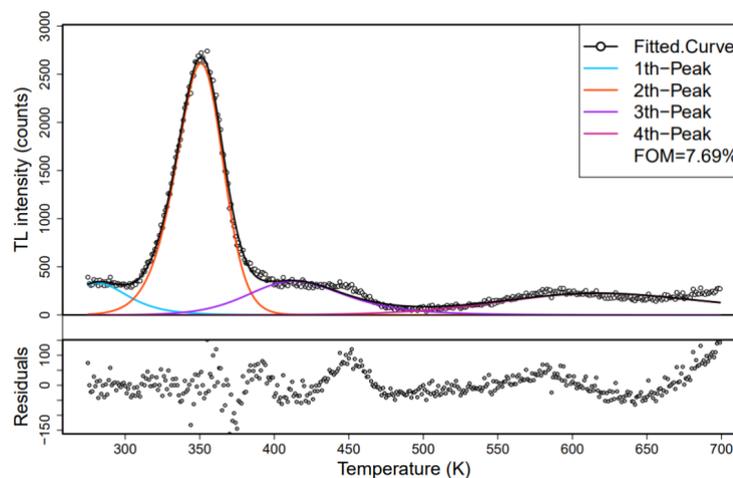


Fonte: Laboratório de Caracterização Tecnológica – EPUSP.

Na figura 6, na parte inferior, é mostrada a lista de picos obtida no espectro e, logo abaixo, o padrão esperado para os picos de quartzo. Pode-se observar que a coincidência das linhas em mais de 90%, atestando que o material é quartzo puro.

Por fim, temos a análise TL da pastilha, realizada no leitor Risø. A pastilha foi irradiada com duas doses diferentes, de 0,5 e 3,0 gray (Gy), respectivamente. Os dados foram recebidos Laboratório de Dosimetria das Radiações do Instituto de Física da USP e foram analisadas utilizando-se os programas OriginLab e R com o pacote TGCD (Peng; Dong; Han, 2016). E espectro TL para a dosagem de 3,0 GY é mostrado na Figura 8, e a lista de picos ajustados na Figura 9.

Figura 8: Espectro TL do quartzo rosa para a dose irradiada de 3,0Gy.



Fonte: Arquivos do autor.

Figura 9: Ajuste dos picos do espectro TL para o quartzo rosa para uma dose irradiada de 3,0 Gy

	INTENS(I _m)	ENERGY(E)	TEMPER(T _m)	bvalue(b)
1th-Peak	303.4137	0.4799326	284.8560	1.665184
2th-Peak	2597.1193	0.7785180	350.5329	1.421039
3th-Peak	331.9545	0.4159767	421.0781	1.000084
4th-Peak	214.2317	0.4918780	612.5375	2.000000

Fonte: Arquivos do autor.

É possível observar que a capacidade luminescente é boa, com valores de energia de ativação variando de 0,48 eV até 0,78 eV. A qualidade do ajuste pode ser medida pela soma dos resíduos, dada indiretamente no parâmetro FOM, que foi de 7,69%, e o resíduo está bem espalhado para o pico principal.

CONCLUSÕES

Nesse trabalho medimos a capacidade termoluminescente do quartzo rosa. Podemos concluir que o quartzo rosa apresenta quatro picos principais, nas temperaturas de 285K, 351K, 421K e 613K, sendo o segundo o mais proeminente dentre todos os outros. O valor de FOM de 7,69% é relativamente bom e o resíduo está espalhado.

Portanto, com base nessas observações iniciais, podemos concluir que o quartzo rosa é um bom candidato a dosímetro. No entanto, a escolha final de um material como dosímetro também depende de outros fatores, como a reprodutibilidade dos resultados, a sensibilidade à radiação, a resposta linear à dose e a estabilidade do sinal TL ao longo do tempo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

F. A. Lima contribuiu com a revisão, redação, pesquisa, análise dos resultados, metodologia e experimentos. C. A. da Rocha, contribuiu com orientação, curadoria e correção do trabalho e metodologia.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família pelo apoio incondicional durante toda a jornada deste projeto. Agradeço também ao Alexandre Mendes Aralios, Carlos Antônio da Rocha e Flávio Henrique Manarelli pelo auxílio e orientação indispensáveis na execução desta iniciação científica. Sem o suporte e a colaboração de todos, este trabalho não teria sido possível.

REFERÊNCIAS

DANCE, D. R. et al. **Diagnostic radiology physics**. v. 299, 2014.

DINIS, R. *Desenvolvimento de software pós-processador para máquinas CNC de lapidação de gemas*. Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC- 2016. Disponível em <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1196> Acesso em 12 jun. 2024.

PENG, J.; DONG, Z.; HAN, F. TGCD: An R package for analyzing thermoluminescence glow curves. *SoftwareX* 5, 112–120, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2016.06.001>. Acesso em: 12 de agosto de 2022.

RISØ TL/OSL User Manual. Guide to “The RISØ TL/OSL Reader”. RISØ DTU. Denmark. Agosto 2010. [s.d.].

UFSCAR. (2024). **Difração de Raio-X (DRX) - Fases Cerâmicas Cristalinas**. CCDM. <http://www.ccdm.ufscar.br/ensaios-tecnologicos-em-materiais/ceramicas-ensaio-tecnologico/blocos-e-artigos-ceramicos/difracao-de-raio-x-drx-fases-ceramicas-cristalinas/>

YUKIHARA, E. G. et al. **Luminescence dosimetry**. v. 2, n. 1, p. 26, 2022.

YUKIHARA, E. G.; OKUNO, E. **Desvendando a cor e a termoluminescência do topázio: um estudo dos defeitos e processos termicamente e opticamente estimulados no cristal natural**. 2001. 380 f. Tese (Doutorado em Física Nuclear) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.