

# **CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TERMOLUMINESCENTES DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DE RIO CLARO- PIRASSUNUNGA.**

Enrique Vieira Mattos, Keizo Yukimitu, Sandra Regina Ferreira\*, Maria Rita Caetano Chang\* – Exatas – Física - Departamento de Física e Química - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira - \* IGCE – Faculdade de Ciências e Tecnologia - Campus de Rio Claro.

O presente trabalho, realizado no Laboratório de Datação Arqueológica, pertencente ao Departamento de Física e Química da Unesp de Ilha Solteira, tem como escopo caracterizar as propriedades termoluminescentes de sedimentos provenientes da formação geológica de Rio Claro-Pirassununga, com vista ao estudo da viabilidade da datação desses sedimentos.

Na datação dos sedimentos geológicos, feito neste trabalho foi utilizado o método da termoluminescência (TL). Neste método, a datação, deve-se graças à existência de um mineral termoluminescente chamado quartzo ou sílica ( $\text{SiO}_2$ ), o qual comumente faz parte da composição destes sedimentos. Nesta técnica de datação, parte-se do princípio de que no início de sua sedimentação, os grãos de quartzo estiveram expostos à luz solar intensa, e esta situação fez com que ocorresse o esvaziamento dos centros armadilhadores, eliminando assim toda TL acumulada devida à radiação ambiente absorvida antes de sua sedimentação. Este evento então determina o “marco zero”, pois toda a TL acumulada posteriormente, supõe-se que toda ela é devida à radiação ambiente absorvida, durante o seu período geológico depois de sua sedimentação

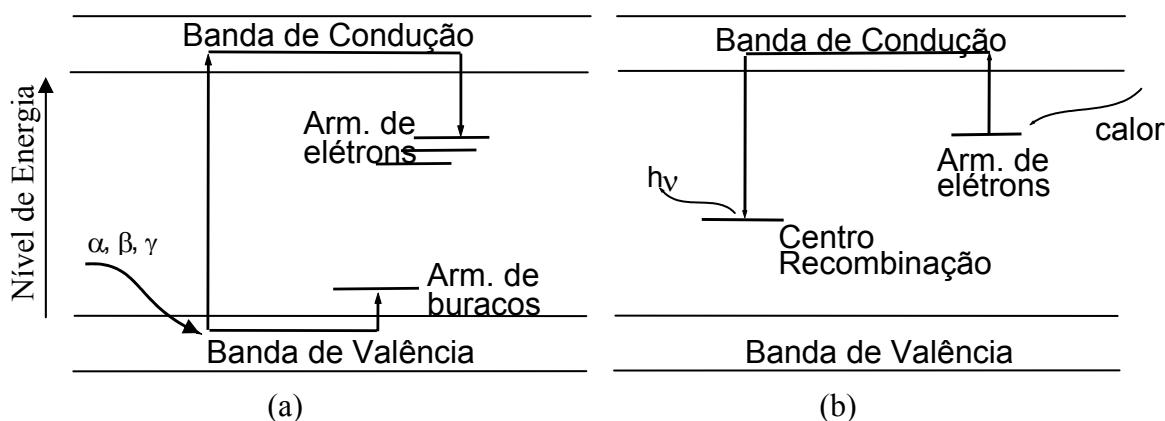
O fenômeno da termoluminescência é apresentado por materiais isolantes ou semicondutores, onde o mesmo é caracterizado pela emissão de luz devido à recombinação elétron-buraco nos centros de recombinação. O fenômeno TL ocorre quando o material previamente submetido a uma radiação ionizante (radiação  $\alpha$ ,  $\beta$ , ou  $\gamma$ ) é posteriormente aquecido, observando-se então uma luminescência. Essa emissão luminescente, estimulada termicamente, é conhecida por termoluminescência. Este fenômeno nos materiais, como reportado na literatura, foi pela primeira vez observada em 1663 por um químico inglês chamado Robert Boyle. Naquela ocasião, observou-se uma estranha emissão de luz no escuro quando se aqueceu uma pedra de diamante<sup>1</sup>.

No Brasil, a pesquisa em termoluminescência e suas aplicações foram introduzidas em 1967 por Shigueo Watanabe do Instituto de Física da USP<sup>2</sup>. Watanabe e Szmuk, na década de 70, aplicaram o método da termoluminescência para datar urnas funerárias e alguns vasos cerâmicos encontrados em Itapeva, Piraju e Angatuba no estado de São Paulo.

Microscopicamente, o fenômeno da TL pode ser explicado fazendo-se uso do esquema de bandas de energia. A radiação ionizante transfere aos elétrons suficiente energia para que eles possam ir da Banda de Valência (estado fundamental) para a Banda de Condução (estado excitado), onde podem se mover livremente como é ilustrada na figura 1(a), a maior parte dos elétrons ficam presos em armadilhas rasas na Banda Proibida e retornam a Banda de Valência em um intervalo muito curto de tempo ( $\sim 10^{-8}$  s), emitindo assim a luminescência, fenômeno este conhecido como Fluorescência. Alguns deles, no entanto, são aprisionados em alguns níveis de armadilhas locais (níveis de energia discretos) metaestáveis em um tempo maior ( $\sim 10^{-8}$  s) na Banda Proibida. De forma simétrica armadilhas de buracos passam a existir, devido à ausência de elétrons que estão armadilhados na BP, os elétrons e buracos armadilhados podem ser termicamente levados à Banda de Condução, movendo-se no cristal e finalmente, recombinar com buracos e elétrons aprisionados nas armadilhas emitindo um fóton ( $h\nu$ ), como é observado na figura 1(b). Logo a luminescência ocorre quando o elétron passa de um estado de maior energia para um de menor energia.

O local onde acontece essas recombinações é conhecido como centro de recombinação ou centro de luminescência.

A figura abaixo ilustra, como ocorre o fenômeno da TL, microscopicamente.



**Figura 01**-Esquema de bandas de energia do processo da TL em: (a) Irradiação na Banda de Valência e aprisionamento de elétrons e buracos na Banda Proibida. (b) Aquecimento e liberação de elétrons armadilhados na Banda Proibida e posterior recombinação elétron-buraco emitindo um fóton<sup>3</sup>.

As amostras em estudo, foram coletadas de 06 níveis de formações sedimentares diferentes. As mesmas foram denominadas de DSRC 9 Perfil 09, DSRC 10 perfil 09, DSRC 11 perfil 09, DSRC 21 Perfil 07, DSRC 22 Perfil 07 e DSRC 23 Perfil 07. Depois de separados os grãos de quartzo em laboratório, posteriormente as amostras foram submetidas à exposição aos raios gama, com o objetivo de se estudar o crescimento do sinal TL, e posteriormente determinar a dose absorvida por cada amostra de sedimentos retirados de locais distintos. As doses de radiação dada em laboratório são de 100 GY, 200 GY, 300 GY, 500 GY, 1000 GY, 5000 GY, 10000 GY e 50000 GY.

No intuito, de determinar-se o nível residual TL encerrado nas mesmas antes de sua sedimentação as amostras em estudo, foram expostas a 1 h, 3 h, 9 h, 14 h, 20 h, 40 h e 86 h a radiação solar. Este procedimento faz-se necessário para futura correção da dose absorvida de cada amostra. Para este estudo foi monitorado, o sinal TL de cada amostra em função de oito diferentes intervalos de tempos de exposição solar, para cinco diferentes temperaturas (figura 1). Os resultados mostraram, que todas as amostras apresentam uma não sensibilidade para o pico centrado em 400°C e uma sensibilidade no seu sinal TL para o pico centrado em 330°C, o qual o último deve ser levado em consideração para a determinação da dose absorvida pelas amostras.

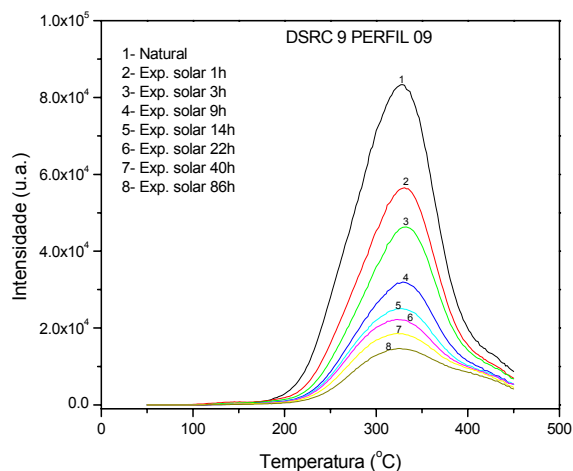
Devido a luz ultravioleta ser uma componente da luz visível, fez-se necessário estudar o comportamento da emissão TL, frente a variados intervalos de tempo de exposição UV, para cinco diferentes temperaturas. Este estudo é importante, pois, o mesmo forneceu subsídios na correção da dose absorvida por cada uma das amostras. A intercomparação entre os resultados encontrados para a exposição à luz solar e luz UV, indicou a validade de se corrigir a dose absorvida pelo material determinando-se o nível residual TL em laboratório.

No intuito de determinar a região estável da curva de emissão TL, ou seja, verificar a estabilidade da emissão TL ao longo do tempo em que o sedimento esteve exposto à radiação ambiente, foi realizado o teste de estabilidade denominado "*Teste de Plateau*". Todas as amostras apresentaram um patamar entre 330°C e 400°C. A existência destes patamares, para as seis amostras em determinada região de temperaturas, nos dá um indício que para efeito da determinação da dose absorvida natural pelos grãos de quartzo, as intensidades TL nesta região de temperaturas devem ser utilizadas. Após terem sido realizados a sequência de experimentos anteriores, para testar o grau de confiabilidade da dose absorvida a ser encontrada, partimos para a determinação da dose absorvida para cada amostra em estudo.

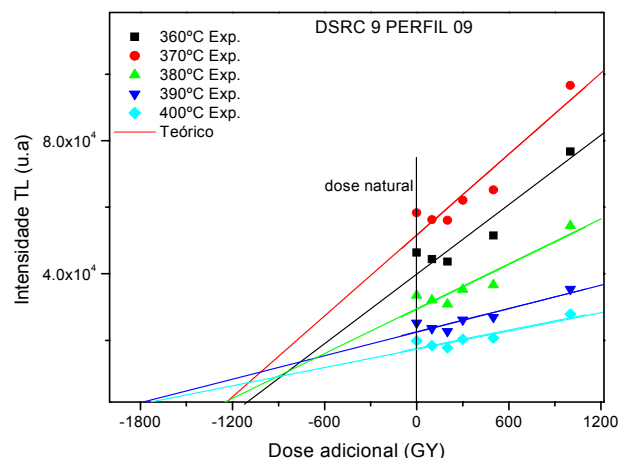
A determinação da dose encerrada natural, de cada amostra foi feita através do monitoramento, da intensidade TL em função de doses adicionais para uma determinada temperatura. As doses adicionais utilizadas neste estudo foram de 100 GY, 200 GY, 300 GY, 500 GY e 1000 GY. Na intenção de estudar o grau de convergência das doses absorvidas, foi determinada a dose absorvida natural para as temperaturas de 360°C, 370°C, 380°C, 380°C, 390°C e 400°C para cada amostra.

Abaixo, são mostrados os gráficos, referentes à exposição da amostra DSRC 9 PERFIL 09 a luz solar (figura 1) e o gráfico referente ao monitoramento da intensidade TL, em função das doses

adicionais dadas em laboratório, onde foi determinado, a dose absorvida de radiação para as seis amostras de sedimentos (figura 2).



**Figura 2:** Amostra DSRC 09 Perfil 09 natural e exposta ao sol para variados intervalos tempos.



**Figura 3:** Mostra as extrapolações para a determinação da dose absorvida para a amostra DSRC 09 Perfil 09.

A tabela abaixo, mostra os resultados encontrados para as idades, determinadas para cada amostra de sedimento, para as três temperaturas em estudo.

**Tabela 1:** Idades em anos das amostras de sedimentos em estudo

TEMP.	RC 09 PE 09	RC 10 PE 09	RC 11 PE 09	RC 21 PE 07	RC 22 PE 07	RC 23 PE 07
360°C	$(193,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(158,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(596,6 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(194,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(51,6 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(348,4 \pm 0,2) \cdot 10^3$
370°C	$(146,5 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(228,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(670,5 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(215,9 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(90,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(544,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$
380°C	$(236,6 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(391,1 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(777,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(274,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(173,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(849,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$
<b>MÉDIA</b>	<b><math>(192,2 \pm 0,1) \cdot 10^3</math></b>	<b><math>(259,2 \pm 0,1) \cdot 10^3</math></b>	<b><math>(448,1 \pm 0,1) \cdot 10^3</math></b>	<b><math>(228,0 \pm 0,2) \cdot 10^3</math></b>	<b><math>(105,1 \pm 0,1) \cdot 10^3</math></b>	<b><math>(580,7 \pm 0,2) \cdot 10^3</math></b>

Analisando a coluna dos valores médios, referente às idades encontradas para as seis amostras em estudo, observamos que os valores das idades são diferentes entre si, o que em princípio é esperado. As amostras apresentarem idades diferentes é esperado, pois as mesmas foram encontradas em níveis sedimentares diferentes, indicando que a sedimentação das mesmas ocorreram em épocas diferentes.

Para minimizarmos os efeitos, devido a não sensibilidade do pico centrado em 400°C, devem-se tomar valores de temperaturas menores que 360°C, para a determinação da dose absorvida pelas amostras de sedimentos.

Para melhor entendimento, do processo de sedimentação das amostras provenientes da região de Rio Claro- Pirassununga, deve-se datar uma maior quantidade, de amostras de sedimentos de níveis de profundidade diferentes, utilizando os mesmos procedimentos utilizado neste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- 1 BORTOLOTT, V. J. *Termoluminescence dating of art objects*. Bortolot Daybreak Corporation Guilford . Disponível em <http://www.daybreaknuclear.com/tlpaper.pdf>. Acesso em: Jun. 2004
- 2 SZMUK, P. R. *Datação de peças arqueológicas pelo método termoluminescente*. 1969. 68f Dissertação (Mestrado em Física)- Instituto de Física da USP São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, publicada na Revista do Museu Paulista, v.18, 1968/69.

- 
- 3 SIMÕES, A. P. A. *Datação de cerâmicas arqueológicas da região do Paranapanema pelo método termoluminescente*. 2003. 74f. Dissertação ( Mestrado- Ciências dos Materiais )- Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

**Bolsa:** CNPq/PIBIC