

CBPF-NF-017/88

A UTILIZAÇÃO DE "LÂMPADAS SOLARES" PARA A ATENUAÇÃO  
ÓPTICA DA TERMOLUMINESCÊNCIA NATURAL DOS MINERAIS.  
CONSEQUÊNCIA PARA A GEOCROLOGIA POR TL.

por

G. POUPEAU<sup>1,2</sup>, A. RIVERA<sup>1</sup> e E. SOLIANI JR.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CNPq/CBPF  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150  
22290 - Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup>Institut Dolomieu de Geosciences e UA 69/CNRS (contribuição  
nº 756)

<sup>3</sup>Instituto de Geociências da UFRS, Porto Alegre, RS, (Bolsis  
ta do CNPq).

## ABSTRACT

The effect of exposure to "sunlamps" and (direct and indirect sunlight on the 380°C peak of 100 - 200  $\mu\text{m}$  quartz grains (with a blue-violet filter), from various sands last naturally illuminated by sunlight some  $\approx 1700\text{yr}$  ago to  $\approx 120000\text{yr}$  ago was studied with the following results:

- (i) for prolonged exposure ( $\geq 50$  hours) the sunlight reduces similarly the 380°C peak as our (mercury vapour) sunlamp;
- (ii) for samples presenting a saturated geological TL, about 10 hours under direct sunlight, and 50 hours for indirect exposure, are sufficient to reach a quasi-plateau level where the TL is reduced to  $\approx 10 - 15\%$  of its initial value, on sunny days. The process is much less efficient when a cloud cover is present;
- (iii) sunlight/sunlamp bleaching do not affect TL sensibility to laboratory  $\beta$ -radiation doses. This justifies the use of laboratory bleaching in the TL dating of eolian sand deposits, as in the "partial bleaching" and "regeneration" dating methods (see f.i. Poupeau et al., companion article; Aitken, 1985).

Key-words: Natural thermoluminescence; Eolian deposits; Optical bleaching; Sunlamp; Sunlight.

## RESUMO

O efeito da exposição à luz solar direta e indireta e à luz emitida por uma "lâmpada solar", sobre o pico de  $380^{\circ}\text{C}$  de grãos de quartzo de granulometria variável entre 100 - 200 $\mu\text{m}$  provenientes de várias areias iluminadas naturalmente pela luz solar pela última vez a  $\leq 1700$  anos passados à  $\geq 120\ 000$  anos passados foi estudado com os seguintes resultados:

- i ) para exposições longas ( $\geq 50$  horas), a luz solar e a nossa "lâmpada solar" (de vapor de mercúrio) produzem atenuações similares sobre o pico de  $380^{\circ}\text{C}$ .
- ii ) para amostras apresentando uma TL geológica saturada, cerca de 10 horas de exposição direta à luz solar e de 50 horas de iluminação indireta, em dias ensolarados, são suficientes para alcançar o nível de "quase-plateau" onde a TL é reduzida à  $\approx 10 - 15\%$  do seu valor inicial. O processo é menos eficiente quando o dia está nublado.
- iii) Atenuação à luz solar / lâmpada solar não afeta a sensibilidade de TL à doses de irradiação  $\beta$  de laboratório. Isso justifica o uso de atenuação em laboratório nas datações por TL de depósitos arenosos eólicos como nos métodos de datação por "atenuação parcial" e por "regeneração" (ver Poupeau et al, NF ; Aitken, 1985).

Palavras-chave: Termoluminescência natural; Sedimentos eólicos; Atenuação ótica; Lâmpada solar; Luz solar.

## INTRODUÇÃO

Sabe-se que a termoluminescência natural (TLN) dos minerais pode ser significativamente reduzida quando os mesmos ficam expostos, ainda que por curto intervalo de tempo, à luz solar. Do ponto de vista da datação por TL, este fenômeno pode representar uma dificuldade adicional quando se trata, por exemplo, de obter a idade de amostras arqueológicas (cerâmica ou pedras queimadas em fogueiras) e obriga a certas precauções durante a amostragem (Aitken, 1985; Poupeau, 1983).

Singhvi et al. (1982) propuseram a utilização desta atenuação óptica natural da TLN na geocronologia. De fato, as partículas que compõem um sedimento eólico ficam expostas, durante o seu transporte, à luz solar e, ao mesmo tempo, perdem a maior parte da, senão toda, sua TLN. Após a deposição e recobrimento por outras camadas mais recentes de sedimentos, a termoluminescência se reconstitui progressivamente. Assim, a intensidade da TL observada em uma amostra é função do tempo de seu recobrimento e, se a TLN de alta temperatura não se encontra saturada, isto pode permitir, em princípio, apontar a época em que o material ficou exposto à luz solar pela última vez.

Na datação por TL de sedimentos eólicos utilizam-se, para simular a luz do Sol, lâmpadas a vapor de mercúrio com o mesmo corte nos raios UV que aquele revelado pela luz solar ao nível do mar (~ 300nm). O emprego dessas lâmpadas representa uma vantagem do ponto de vista prático, em relação a uma exposição direta ao Sol, no que diz respeito à isenção de variações nas condições meteorológicas, e por períodos contínuos, sem as interrupções noturnas.

Neste artigo mostramos que, para o quartzo, a utilização de lâmpadas solares é viável e as mesmas reproduzem bem os efeitos do Sol sobre a TLN, além de não modificarem a sensibilidade da amostra às irradiações ambientais.

## ATENUAÇÃO ÓPTICA DA TLN DO QUARTZO

O estudo comparativo dos efeitos da luz solar, em dias sem nuvens, e da luz emitida por uma "lâmpada solar" sobre a TLN foi feito sobre diversas populações de quartzo detrítico provenientes de areias costeiras dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

As amostras foram preparadas conforme descrito em Poupeau et al.

(CBPF-NF-016/88), com a seleção de frações granulométricas entre 90 e 210 $\mu$ m, de cristais de quartzo previamente tratados pelo ácido fluorídrico. As medidas de TL foram efetuadas sobre alíquotas de ~3mg.

Utilizou-se como "lâmpada solar" um bulbo de 275 watts, fabricado pela General Electric e que a uma distância da ordem de 30cm irradiava de forma homogênea uma superfície de cerca de 70cm<sup>2</sup>. Uma dezena de amostras foi exposta à esta lâmpada por intervalos de tempo variáveis de algumas horas a algumas centenas de horas.

Constatou-se que, como mostram as figuras 1 e 2, o pico de termoluminescência de 380 $\mu$ C do quartzo degrada-se muito rapidamente de início, bastando a exposição da amostra à lâmpada solar por apenas algumas horas. Com o prosseguimento do processo, o decréscimo da TLN realiza-se cada vez mais lentamente. Nota-se, na figura 2, que o essencial da atenuação óptica da termoluminescência é obtido em 4 ou 5 horas de exposição, correspondendo a uma perda da ordem de 90% da TLN total. Para a redução de mais alguns pontos percentuais (-5%) passa-se a necessitar agora de períodos de exposição superiores a 350 horas. Este comportamento repetiu-se para todas as amostras estudadas, representando assim um fenômeno típico.

Com o intuito de verificar a eficácia das lâmpadas UV na simulação da luz solar, no que diz respeito à TL, realizaram-se alguns estudos comparativos. Expôs-se simultaneamente duas alíquotas de uma mesma amostra, a primeira diretamente aos raios solares e a outra, colocada à sombra, foi indiretamente iluminada. As análises decorrentes permitiram a confecção da figura 3 onde constata-se que a lâmpada UV é, de início, mais eficiente do que a luz do Sol, provocando uma diminuição mais acentuada da TLN. O mesmo nível residual é, no entanto, atingido pelas duas modalidades de exposição após cerca de 10 horas. O escoamento da TLN da amostra colocada à sombra foi mais lento, igualando-se às demais após 50 horas de ensolação indireta. Resultados semelhantes foram obtidos com outras amostras, o que demonstra que uma exposição à luz UV de mais de 10 horas de duração, nas condições experimentais em que foram realizadas, equivale, em termos de atenuação óptica da TL, a uma exposição direta ao Sol.

## INFLUÊNCIA DA ATENUAÇÃO ÓPTICA ARTIFICIAL DA TLN SOBRE A RESPOSTA DO QUARTZO À DOSE DE IRRADIAÇÃO RECEBIDA

A utilização da atenuação óptica da TLN por lâmpadas UV nas datações por termoluminescência (ver, por exemplo, Poupeau et al., CBPF-NF-016/88) só é aceitável se este procedimento não alterar a resposta do material analisado às radiações ionizantes. Possíveis efeitos foram investigados sobre o pico de alta temperatura de frações quartzosas derivadas de várias amostras apresentando TLN pouco ou muito intensas.

A areia RMG-07, pertencente ao primeiro grupo, mostra um pico de 380°C ainda pouco desenvolvido (fig. 4), face ter ficado naturalmente protegida da luz solar apenas nos últimos 1.000 anos, de acordo com as análises geocronológicas realizadas nas frações granulométricas 100 - 125µm (Poupeau et al., op.cit.). Para a datação por TL, esta amostra foi exposta à luz UV durante 15 horas. A figura 5 mostra o crescimento da altura do pico de 380°C, medido pela intensidade da luz emitida após irradiações derivadas de uma fonte de 50 mCi de  $^{90}\text{Sr}$  (~500 rads/min). Constatou-se que a sensibilidade à dose de irradiação, expressa pela declividade das retas representadas, é essencialmente a mesma, seja para a alíquota exposta à lâmpada UV, seja para a não exposta. Mesmo estendendo-se as irradiações a valores superiores a 400 krads (fig. 6), observa-se que, pelo menos até 250 krads, nenhuma diferença de comportamento em relação às doses recebidas pôde ser detectada.

A amostra RMG-08, por sua vez, apresenta um pico de TL de alta temperatura bem desenvolvido (fig. 7) e foi dividida em duas frações com granulometria entre 210 e 250 µm. Uma delas foi submetida à luz UV por 50 horas e depois, em conjunto com a parcela não iluminada, receberam doses  $\beta$  crescentes. Os resultados, normalizados à curva TLN + dose, são apresentados na figura 8. Fica claro que, ao menos até ~30 krads, a resposta a dose de irradiação não é modificada após a exposição à "lâmpada solar".

Resultados semelhantes aos precedentes foram obtidos em uma dezena de amostras e levam a pensar que o uso de simulações pelas lâmpadas UV nas datações por TL é bem justificada.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As medidas do fenômeno da atenuação óptica, por iluminação artificial e solar, da TLN de frações quartzosas de granulometria variável entre 100 e 200  $\mu\text{m}$ , derivadas de depósitos arenosos eólicos, bem como sua resposta às irradiações feitas em laboratório, permitem que se chegue às seguintes conclusões:

- o uso da técnica da atenuação óptica da TLN com lâmpadas UV na datação por termoluminescência de sedimentos eólicos (Poupeau et al., CBPF-NF-016/88) é plausível. Exposições de amostras à lâmpada UV ou à luz solar produzem efeitos similares no comportamento da TLN. Nas condições em que foram realizadas as experimentações, a intensidade residual do pico de 380°C, após ficar sujeita à luz UV, é indistinguível daquela produzida pela luz do Sol em ~10 horas de exposição:

- exposições à luz solar, por um período da ordem de 10 horas, são suficientes para reduzir o pico de 380°C a um valor menor ou igual a cerca de 10% da TLN inicial, em amostras que ficaram sujeitas à ensolação há  $\geq 80.000$  anos passados. Exposições maiores, da ordem de 350 horas ou mais, apenas diminuem a altura desse pico em cerca de 5%. É esta pronta resposta à ensolação, comparada ao tempo de intemperismo e de transporte, que permite os avanços na datação de sedimentos eólicos pelo método da termoluminescência. A maior fonte de incertezas na determinação de idades TL desse tipo de sedimentos, especialmente importante no caso de amostras jovens, resulta do fato de que o verdadeiro nível da TL residual, conseqüente da última exposição à luz solar, permanece desconhecido se apenas um único tipo de mineral é analisado. Um método de datação por TL utilizando-se dois tipos de minerais com sensibilidades diferentes à luz do Sol, como quartzo e feldspato, foi recentemente proposto por Mejdahl (1985). Esta nova abordagem poderá permitir, em programas futuros, o contorno do problema da avaliação da intensidade da atenuação solar:

- exposições à lâmpada UV não modifica a sensibilidade do quartzo às irradiações. Com o intuito de avaliar os limites deste método, em termos de quais seriam as maiores idades passíveis de serem medidas, foram estudadas as respostas à irradiação de uma série de amostras previamente expostas à iluminação solar ou artificial até valores da ordem de algumas centenas de krads. Observou-se (1) que, em geral, mesmo acima de 400 krads, o pico de 380°C não havia atingido ainda seu nível de saturação e (2) que o incremento desse pico não obedecia a um aumento exponencial simples até a saturação, como previamente comentado por outros autores (e.g.

Hutt & Smirnov, 1982). Algumas amostras, no entanto, como já observado, mostram marcantes mudanças na sensibilidade à TL, no caso de doses elevadas, como se vê nas figuras 6 e 9;

- considerando como típica uma taxa de irradiação natural da ordem de 70 mrad/ano para as areias costeiras do Brasil Meridional (Poupeau et al., CBPF-NF-016/88; Rivera et al., 1987), pode-se estimar que a datação por TL é possível para amostras com idades entre ~1.000 e até mais de  $4 \times 10^5$  anos, se a estabilidade dos elétrons nas armadilhas responsáveis pela emissão da TL do quartzo for suficientemente longa. Esta parece ser uma assertiva razoável quando se considera (1) a estabilidade térmica do pico de 380°C (Aitken, 1985) e (2) o controle geológico da estabilidade desse pico além dos últimos 600.000 anos, como mostrado por Huntley et al. (1985), a partir de uma seqüência de dunas praias da Austrália.



## LEGENDA DAS FIGURAS

- Figure 1: Efeitos sobre a TLN da fração quartzosa (90-125  $\mu\text{m}$ ) de a reias costeiras do Estado do Paraná resultantes da exposição à lâmpada UV por intervalos de 1:30h, 11h e 352h.
- Figure 2: Decréscimo da intensidade residual do pico de TL de 380°C da amostra M2 (Fig. 1), com o tempo de exposição à lâmpada UV.
- Figure 3: Comparação entre os efeitos da iluminação artificial (lâmpada UV) e natural sobre o pico de TL de 380°C da amostra RMG-04A (ver texto).
- Figure 4: TLN da amostra RMG-07. Observa-se que (1) o pico de 380°C não está ainda desenvolvido, acentuando-se sob os efeitos de irradiação, e (2) mesmo a baixa intensidade da TLN pode ser reduzida pela exposição à lâmpada UV. A curva BB ("black body") representa a luz emitida pelo forno de TL à altas temperaturas.
- Figure 5: Resposta da fração quartzosa (90-125  $\mu\text{m}$ ) da amostra RMG-07 à irradiação beta em laboratório. A curva superior resulta das somas da TLN com irradiações beta, enquanto a inferior provém de irradiações efetuadas sobre uma alíquota previamente exposta à lâmpada UV por 15 horas. O paralelismo entre ambas as curvas de crescimento da TL indica que a exposição à luz UV não modifica a sensibilidade do quartzo às irradiações beta.
- Figure 6: Curva de crescimento do pico de TL de 380°C com a irradiação da amostra RMG-07. Observa-se que a sensibilidade à irradiação beta de alíquotas expostas e não expostas à lâmpada UV parece ser, pelo menos até cerca de 250 krads, essencialmente a mesma.
- Figure 7: Curva da TLN da amostra RMG-08, que apresenta um pico de 380°C bem desenvolvido.

Figure 8: Curva de crescimento do pico de TL de  $380^{\circ}\text{C}$  da amostra RMG-08, com as irradiações beta normalizadas à curva TLN +irradiação. A sensibilidade às irradiações de alíquotas expostas e não expostas à lâmpada UV parece ser, pelo menos até cerca de 30 krads, essencialmente a mesma.

Figure 9: Curva de crescimento do pico de TL de  $380^{\circ}\text{C}$  da amostra RMG-04A, com as irradiações beta normalizadas à curva TLN +irradiação. Observa-se que (1) ambas as alíquotas expostas e não expostas à lâmpada UV mostram uma resposta similar às irradiações, pelo menos até cerca de 300 krads, mas (2) há uma significativa mudança na sensibilidade às irradiações beta acima de cerca de 20 krads.

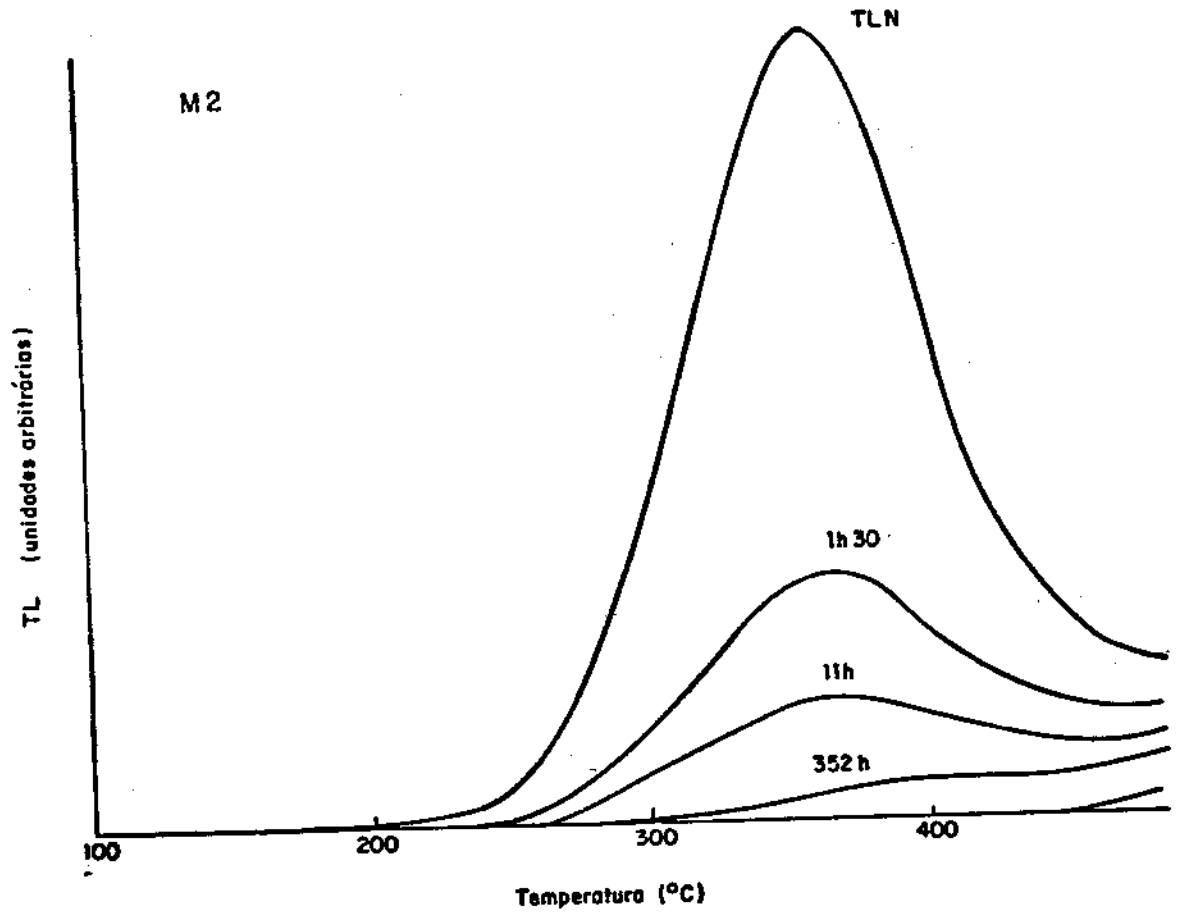


Figure 1

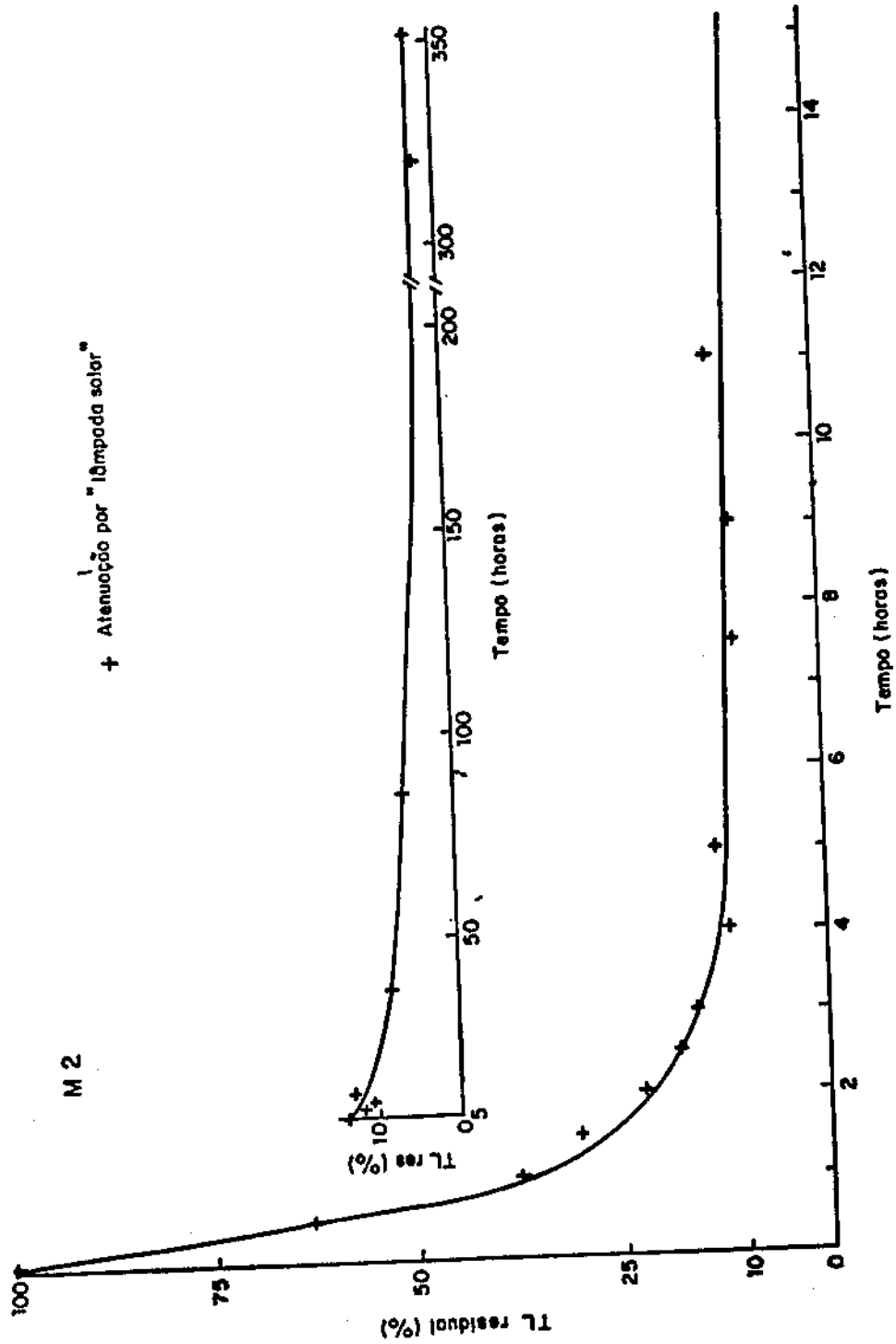


Figure 2

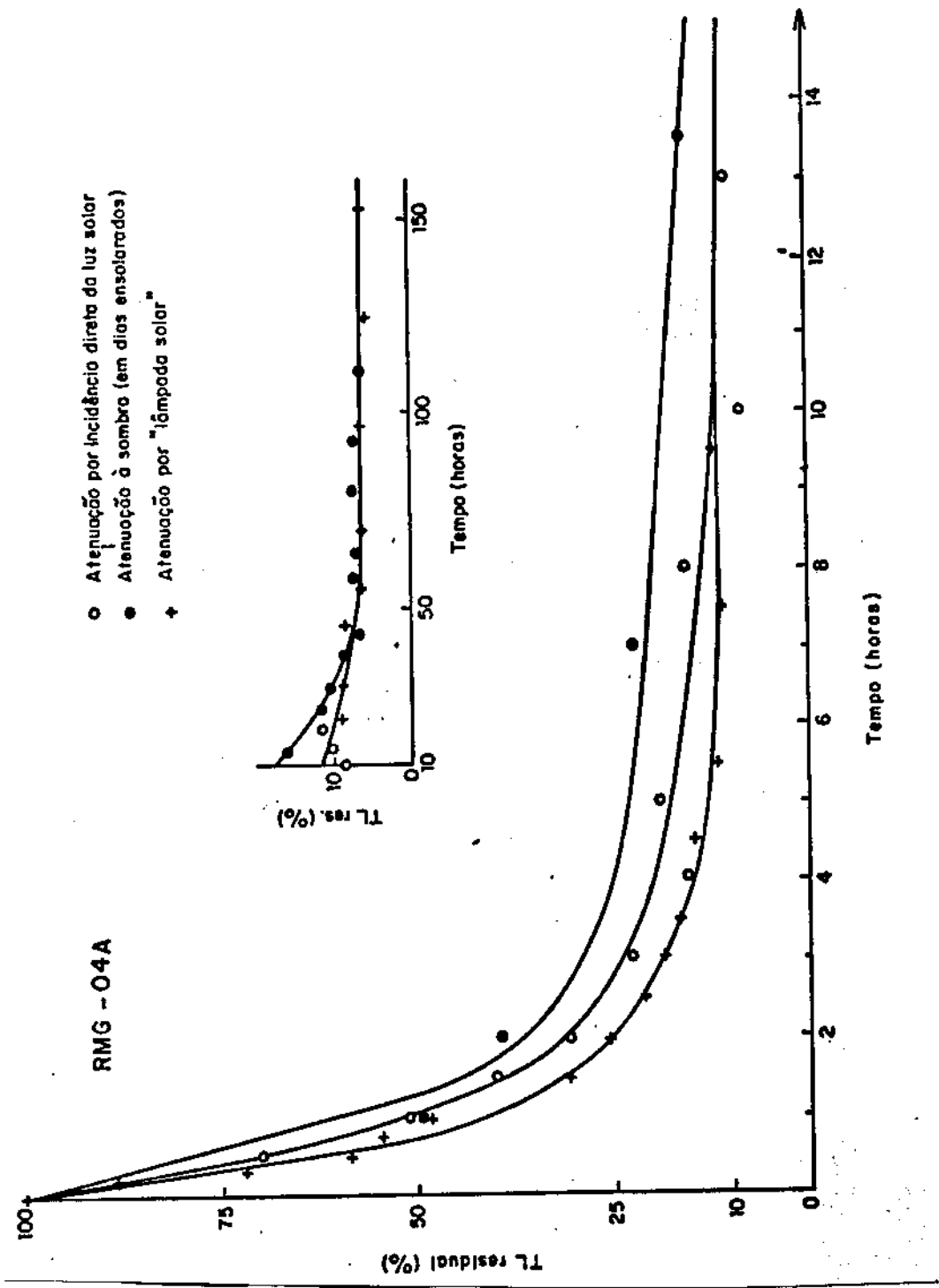


Figure 3

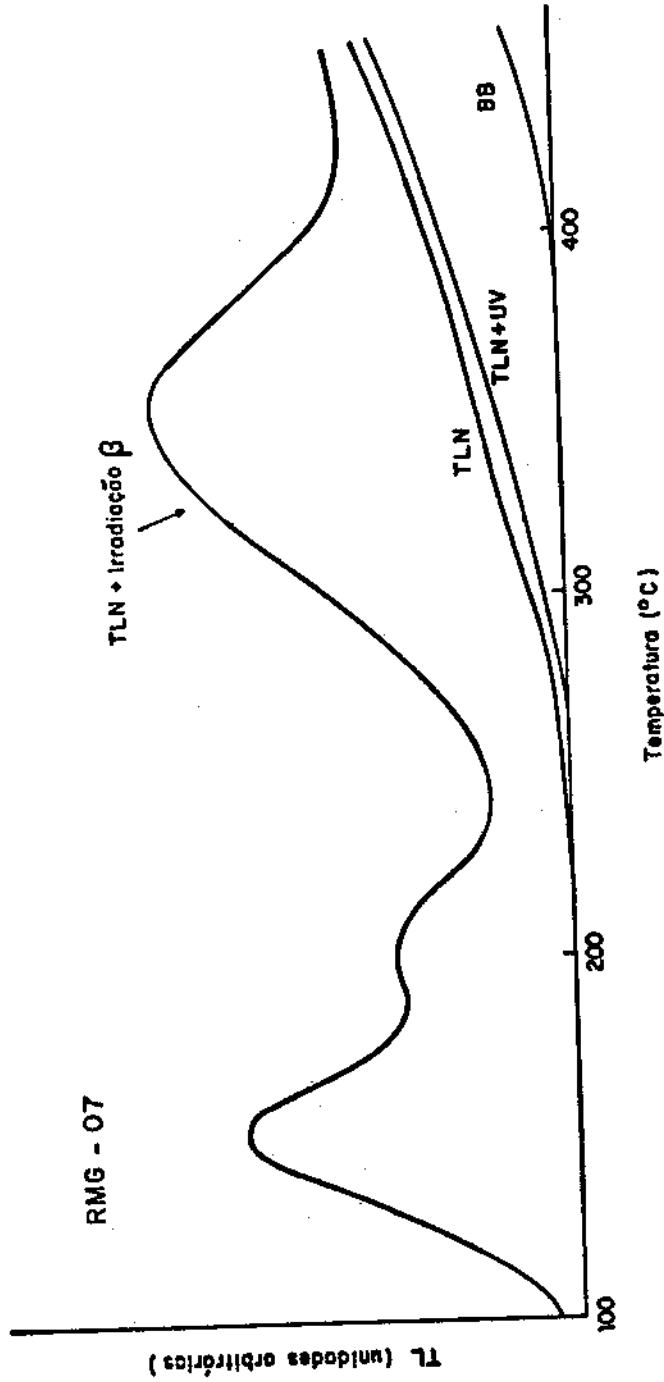


Figure 4

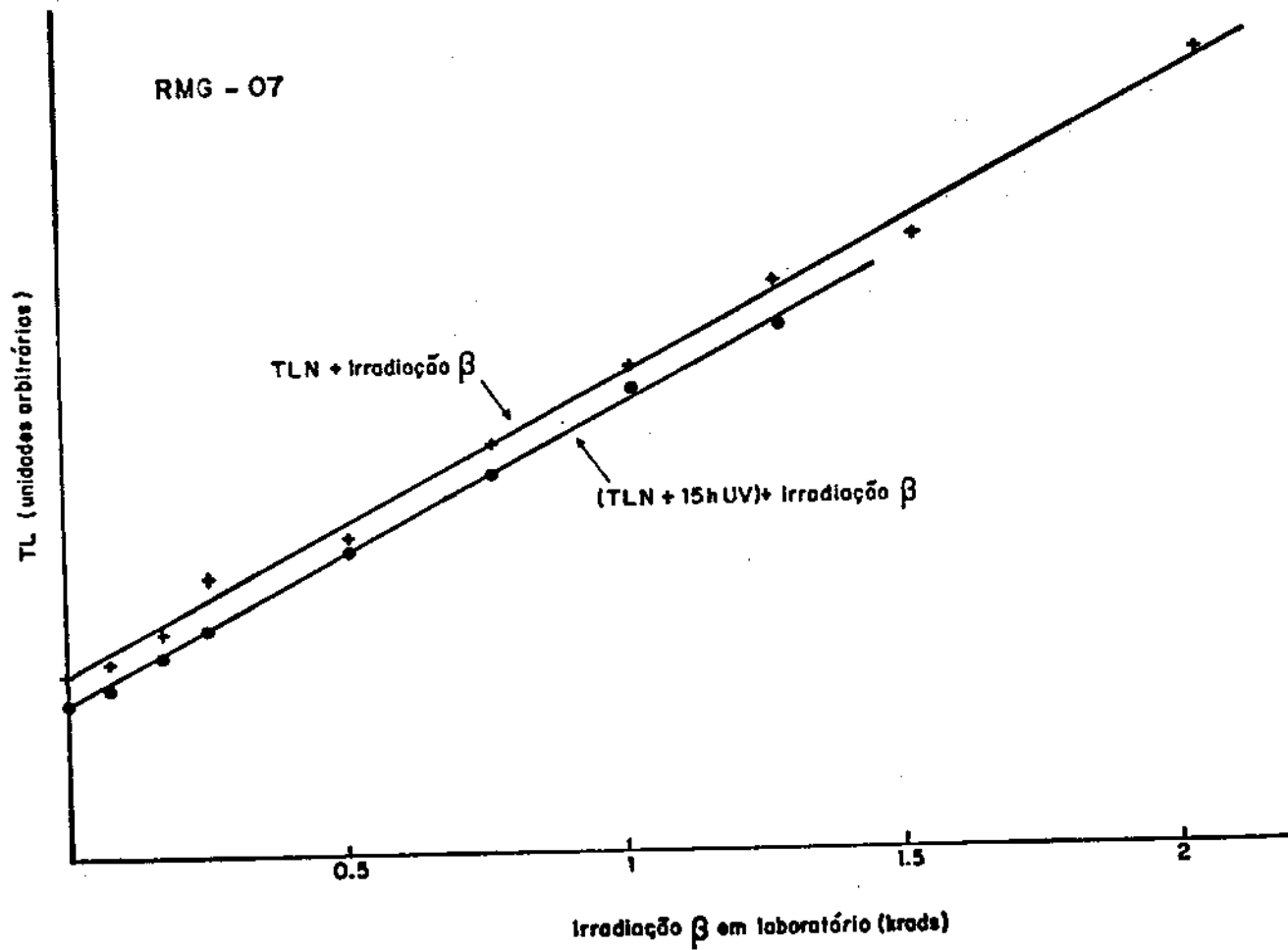


Figure 5

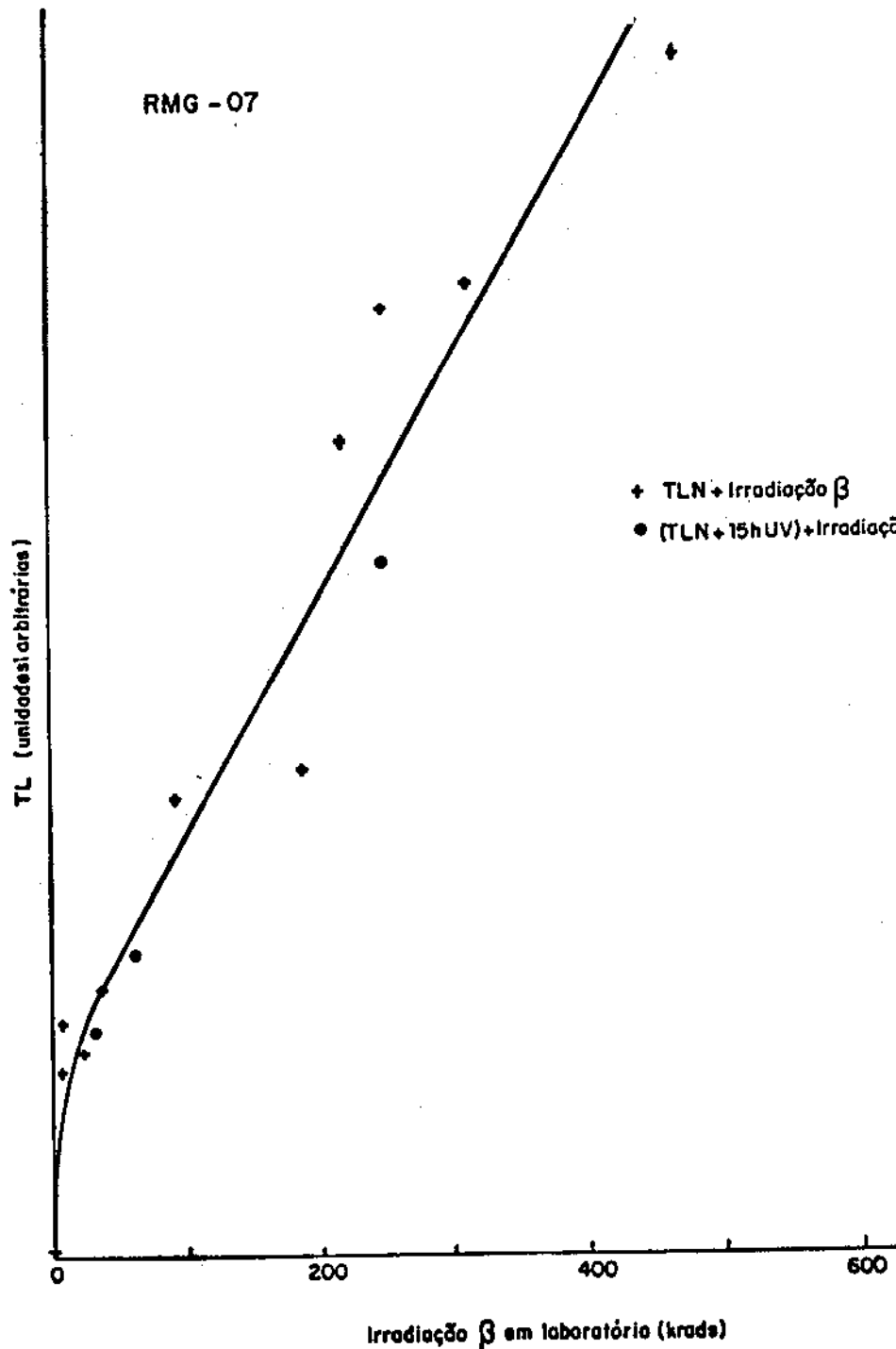


Figure 6



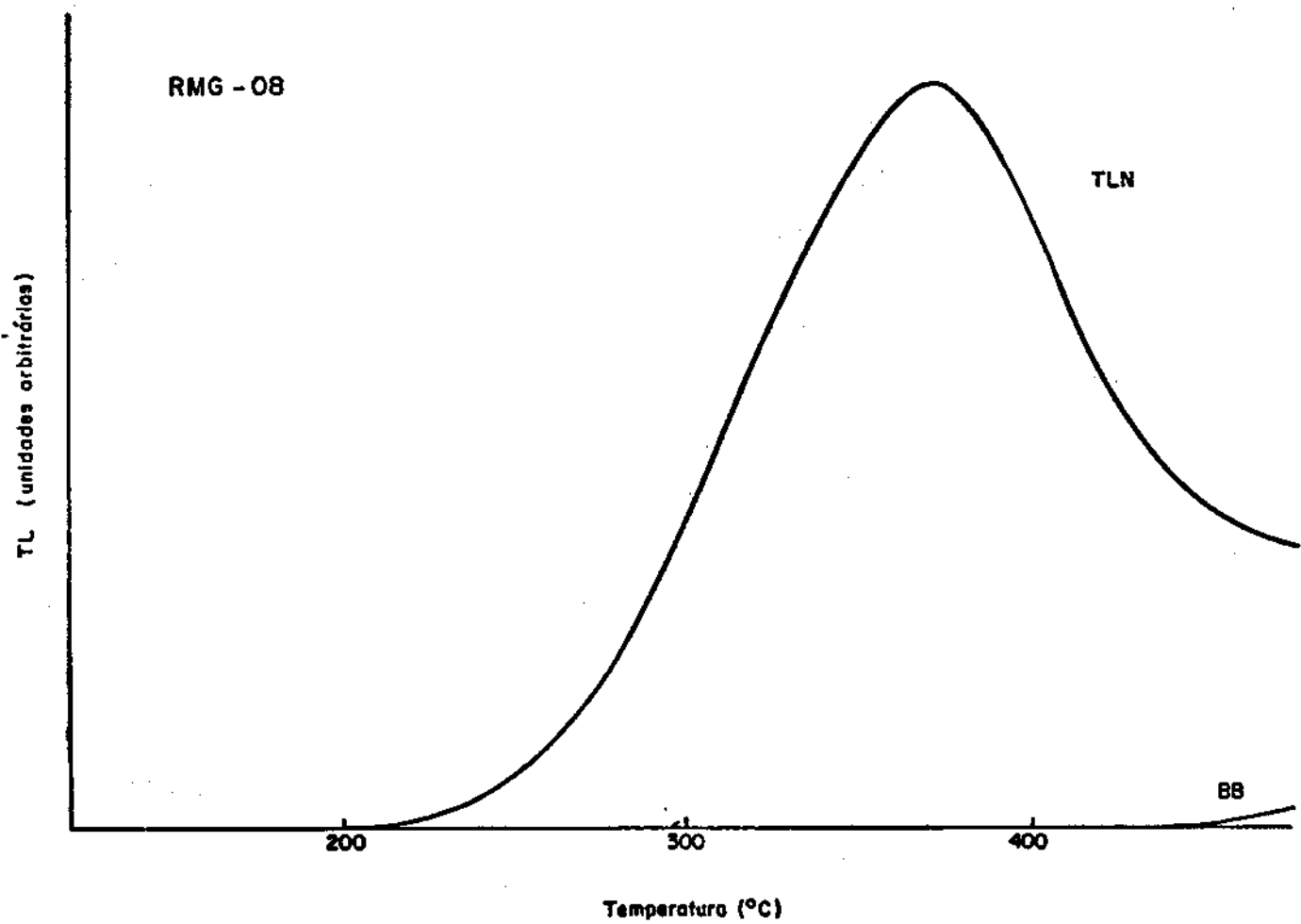


Figure 7

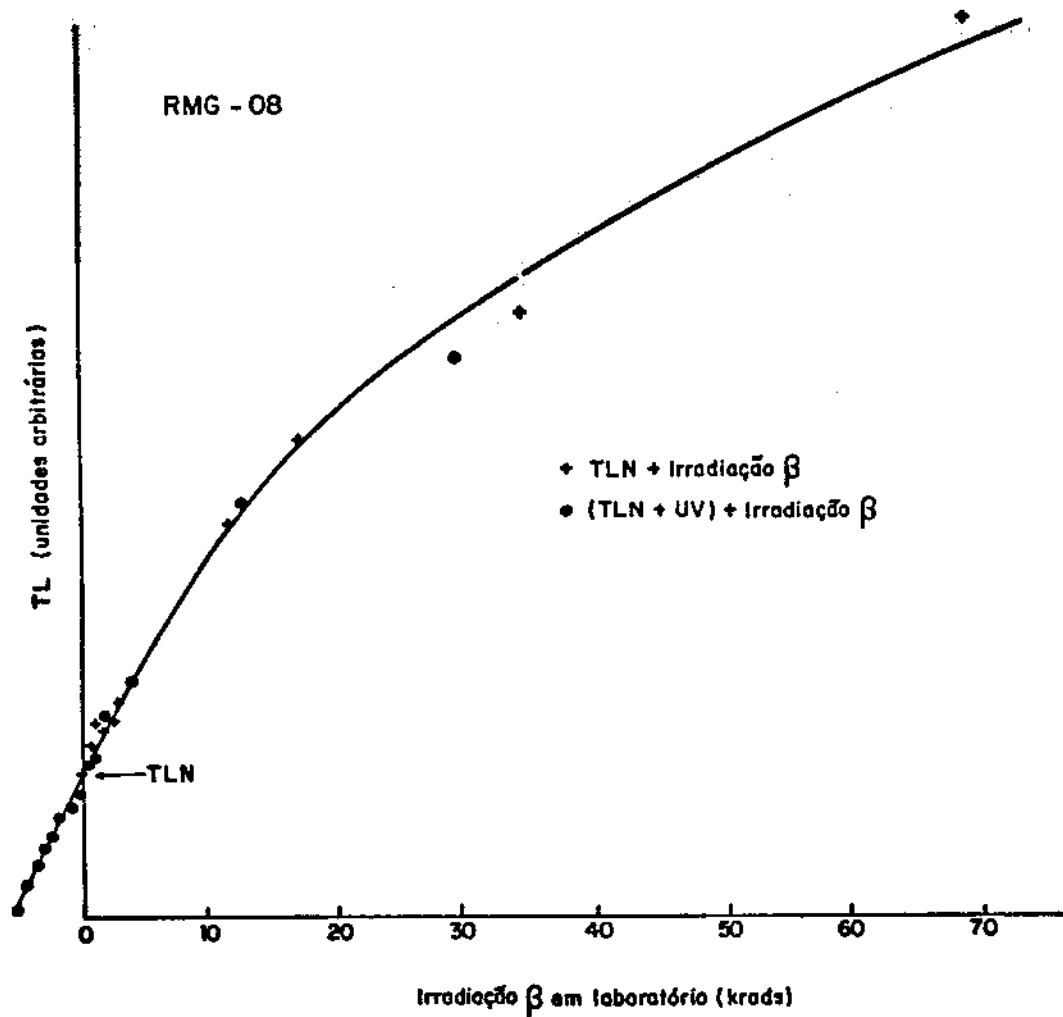


Figure 8

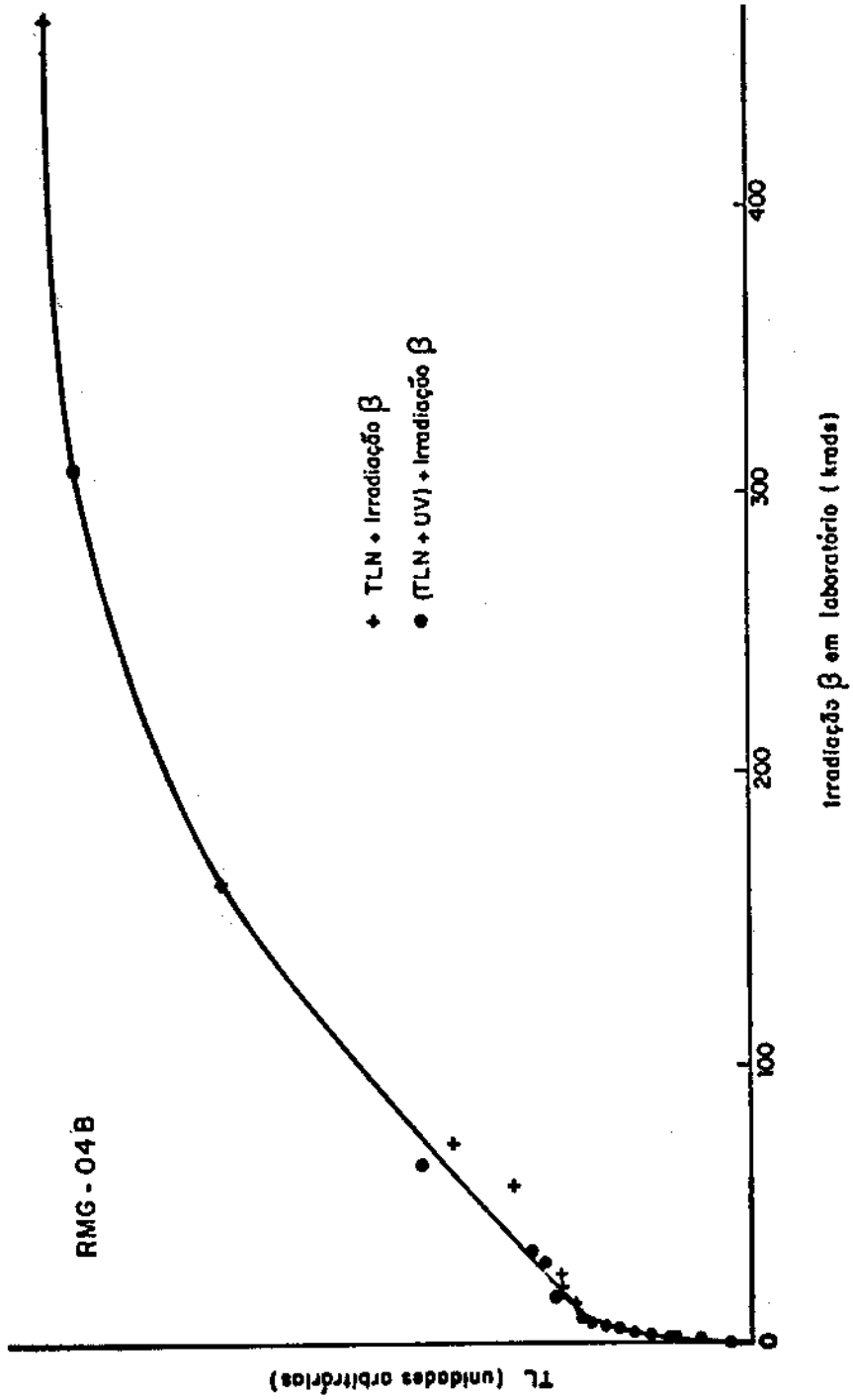


Figure 9

## BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, M.J. (1985) Thermoluminescence Dating. Academic Press, 351 p., - London.
- HUNTLEY, D.J.; HUTTON, J.T. & PRESCOTT, J.R. (1985) South Australian sand dunes: a TL sediment test sequence - preliminary results. Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 10: 757-758, Oxford.
- HUTT, G. & SMIRNOV, A. (1982) Detailed thermoluminescence dating studies of samples from geological reference profiles in Central Russia. PACT, 6:505-513, Strasbourg.
- MEJDAHL, V. (1985) Thermoluminescence dating of partially bleached sediments. Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 10:711-716, Oxford.
- POUPEAU, G. (1983) Les datations par thermoluminescence en Archeologie : une revue. Revista de Arqueologia, 1:44-70, Belém.
- POUPEAU, G.; RIVERA, A.; SOLIANI JR., E.; LOSS, E.L. & VASCONCELLOS, M.B. A. (nesta revista) Datação por termoluminescência de alguns depósitos costeiros do último ciclo climático, no NE do Rio Grande do Sul. Pesquisas, Inst. Geoc. UFRGS, Porto Alegre.
- RIVERA, A.; VASCONCELLOS, M.B.A.; SOLIANI JR., E. & POUPEAU, G. (1987) Concentração de U, Th, K e idades TL de areias costeiras do Nordeste do Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, 39(7):246 (Supl.- Resumos da 39ª Reunião Anual da SBPC), Brasília.
- SINGHVI, A.K.; SHARMA, Y.P. & AGRAWAL, D.P. (1982) Thermoluminescence dating of sand dunes in Rajasthan, India. Nature, 295:313-315, London.