

MEDIDA DE CONDUTIVIDADE NO ESCURO EM MATERIAIS FOTORREFRATIVOS

Rodrigo Kumamoto e Jaime Frejlich

Laboratório de Óptica – IFGW, UNICAMP, Campinas-SP, Brasil

INTRODUÇÃO

Materiais fotorrefrativos são utilizados para gravar informações e processar sinais ópticos. O registro de uma imagem ou holograma depende da fotocondutividade e do efeito eletro-óptico. Porém, a permanência dessa gravação depende da condutividade no escuro do material. É por este motivo que essa propriedade distingue a viabilidade prática dos fotorrefrativos.

Para evitar efeitos de polarização ao se aplicar um campo elétrico durante um longo período sobre o material e ter melhor precisão nas medidas, optamos por medir a condutividade usando corrente alternada. Neste trabalho apresentaremos um modo de se extrapolar os resultados em ac para frequência zero e obter a condutividade dc numa certa temperatura. Com estes dados pode-se construir a curva de Arrhenius e obter a energia de ativação do processo, que é a barreira de potencial a ser vencida pelos portadores de carga por excitação térmica. Os materiais analisados são cristais de $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (puros e também dopados com Pb, V e Ga).

EXPERIMENTAL

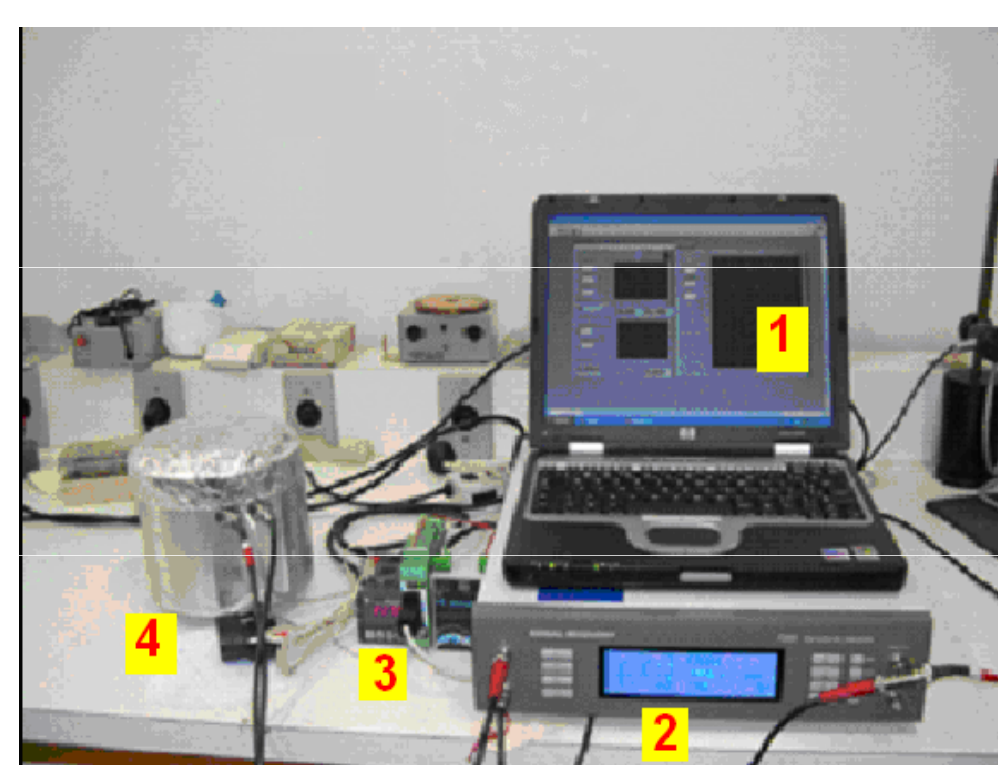


Figura (1) – Equipamento utilizado:

- 1- computador para monitoramento; 2 – amplificador lock-in;
3-controlador de temperatura; 4 – câmara escura de aquecimento.

Cristais de BTO dopados com Pb, V e Ga e não dopado foram analisados.

O amplificador lock-in (PerkinElmer 7265) aplica uma tensão de determinada frequência sobre o cristal (cuja temperatura é fixada pelo controlador digital Coel HW 4200) e mede a corrente obtida. A faixa de temperatura analisada é 30-120°C e a de frequência 10-50 Hz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

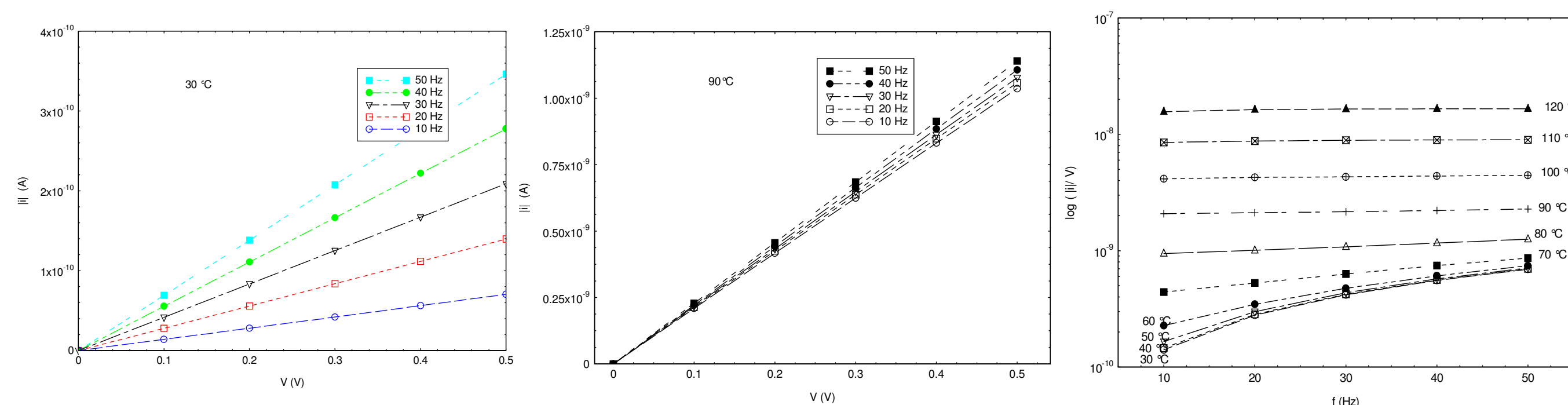


Figura (2) – Influência da frequência sobre a magnitude da corrente no cristal de BTO: V. Esta influência diminui conforme a temperatura aumenta

O ajuste linear desses pontos fornece a magnitude da condutância em regime ac. Para se obter a condutância dc, é necessário extrapolar à zero dados de gráficos da magnitude da condutância pela frequência. Alguns trabalhos sobre vidros calcogenetos [1] e sobre cristais de BTO [2], mencionam a variação da condutância com a frequência, sendo que a parte real é proporcional a ω^s (s um valor menor do que 1) e a imaginária é linear. Portanto, para se obter a condutância do cristal é necessário ajustarmos os pontos experimentais segundo a equação:

$$\text{Mag}^2[C(\omega)] = [C_{DC} + A\omega^s]^2 + [B\omega]^2 \quad (1)$$

onde C_{DC} é o valor da condutância para frequência zero, A e B são constantes com as devidas dimensões.

O valor de “s” foi escolhido (valor menor que 1) de modo a se obter o menor desvio máximo dos pontos.

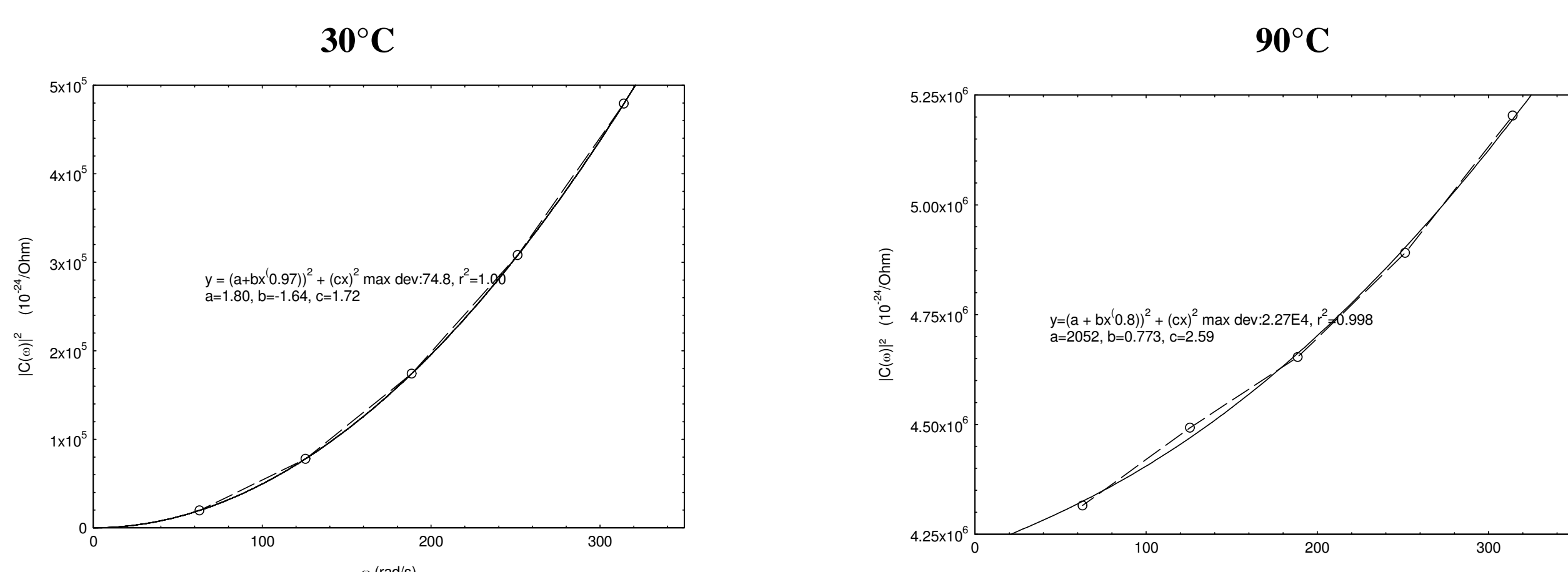


Figura (3) – Obtenção da condutância DC a partir dos dados dos gráficos da figura (2) para o BTO: V. O valor “a” fornece, após os devidos cálculos, a condutividade DC numa certa temperatura.

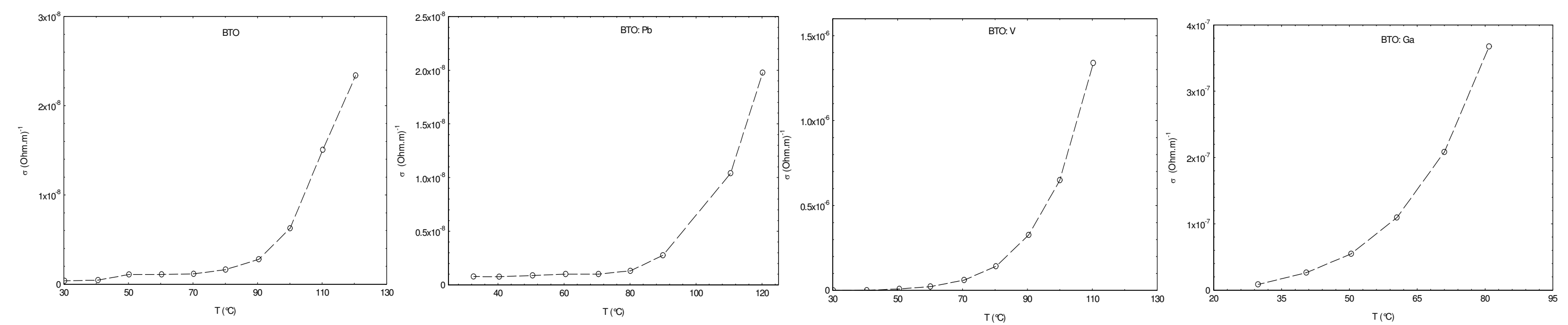


Figura (4) – Condutividade no escuro em função da temperatura para os diversos cristais de BTO analisados

Observe que a condutividade no escuro aumenta com a temperatura. Quando a condutividade é controlada por um efeito de barreira, então ela segue a equação:

$$\sigma_{DC} = \sigma_0 \exp(-E_A / k_B T) \quad (2)$$

em que σ_0 é um coeficiente, k_B é a constante de Boltzmann e T é a temperatura analisada.

O ajuste linear desses pontos baseado na equação (2) é o que se chama de curva de Arrhenius.

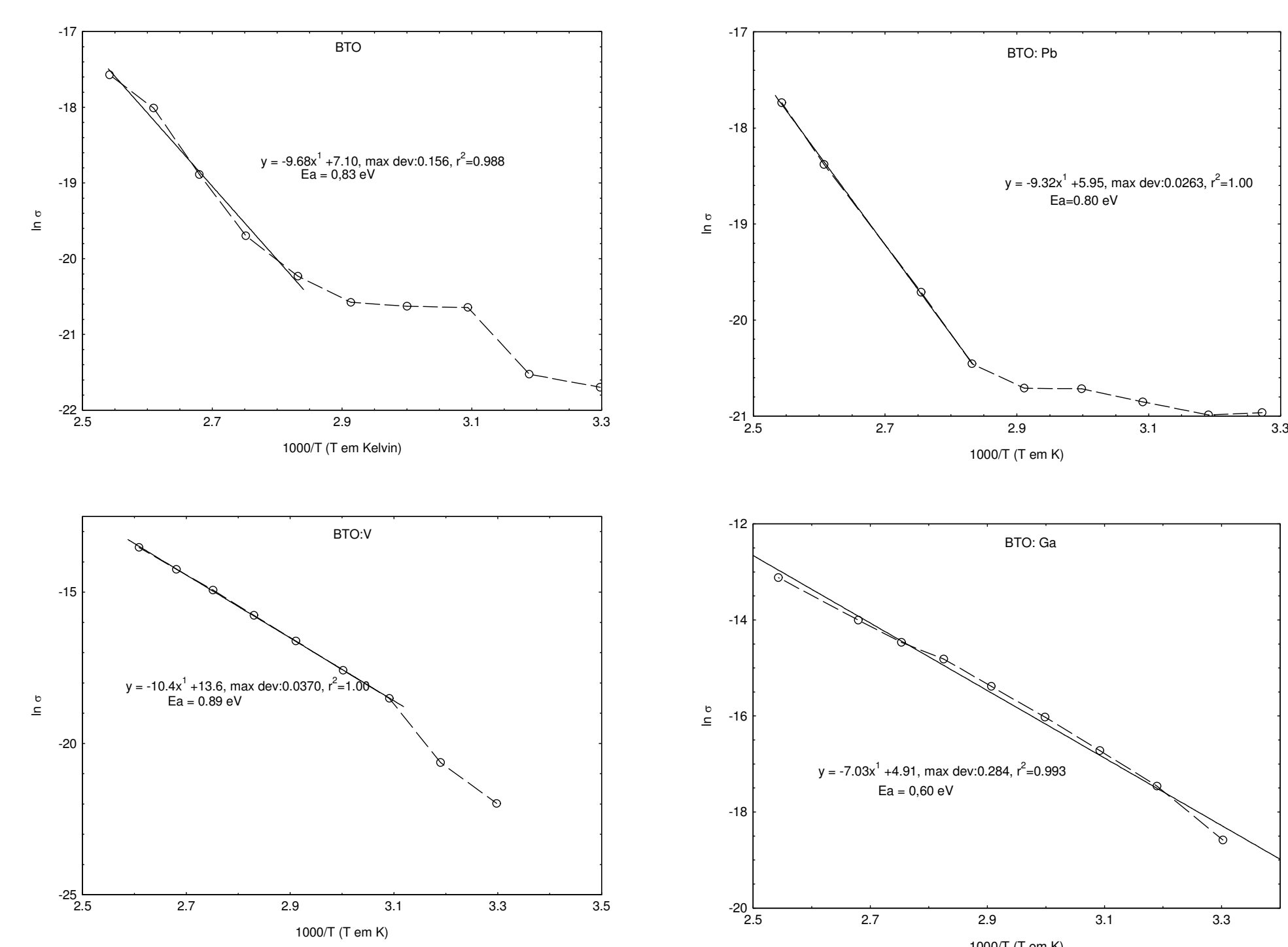


Figura (5) – Curva de Arrhenius para os cristais analisados e a energia de ativação resultante

Observe que quanto mais condutor é o cristal de BTO (caso dos cristais dopados com vanádio e gálio) melhor é a curva de Arrhenius. Para os outros dois cristais (puro e dopado com chumbo), em temperaturas baixas, não se pode calcular a energia e nesse caso levamos em conta apenas a faixa de temperatura mais alta onde o comportamento segue o padrão de Arrhenius.

	BTO	BTO: Pb	BTO: V	BTO: Ga
E_A (eV)	0,83	0,80	0,89	0,60
$\sigma_{30^\circ\text{C}}/10^{-10}$ (Ohm.m) ⁻¹	3,77	7,86	2,84	85,10

CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um método para se calcular a condutividade no escuro para cristais de $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ e obtenção da energia de ativação. De fato a extrapolação da condutância ac à frequência nula só foi possível devido a se assumir que a parte real da condutância sofre a influência de um termo ω^s , fato que é explicado assumindo-se um mecanismo de “hopping”. Coerentemente com este mecanismo de “hopping” também, encontramos valores da energia de ativação sempre abaixo do de 1 eV que corresponderia ao mecanismo de bandas (condução e/ou valência) [3,4] que é não obstante o referido em quase toda a literatura [5] ainda que para temperaturas acima de 500K. Em definitivo, nossos resultados sugerem que a condução nestes materiais ocorra por “hopping” e não por bandas.

REFERÊNCIAS

- [1] - S. R. Elliott, “A theory of AC conduction in chalcogenide glasses”, Philosophical Magazine, 1977, vol. 36, n° 6, 1921-1304
- [2] - V. Marinova, V. Sainov, S. H. Lin, K. Y. Hsu; “DC and AC conductivity measurements of $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ photorefractive crystals doped with Ag, P, Cu and Cd”; Jpn. J. Apply. Phys. Vol 41 (2002) pp1860-1863.
- [3] – B. C. Grabmaier and R. Oberschmid. “Properties of Pure and Doped $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ and $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ Crystals”. Phys. Stat. Sol., 96:211, 1986.
- [4] – S. Riehemann, F. Rieckmann, V. V. Volkov, A. V. Egorysheva, and G. von Bally. “Optical and photorefractive characterization of BTO crystals doped with Cd, Ca, Ga and V”. J. Nonlinear Opt. Phys. And Materials, 6: 235-249,1997.
- [5] – A.R. Lobato et al. “Synthesis, crystal growth and characterization of γ -phase bismuth titanium oxide with gallium”. Mat. Res. 3:92-96, 2000.