

# Estudo da Fluorescência de Raios-X em um aparelho de raios X (554 811) com detector semicondutor (559 938) da LD-Didactic.

Gabriel Frones, Rafael R. de Campos

Instituto de Física - Universidade de São Paulo

28 de junho de 2012

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Tubo de Raios X
- Amostras
- Detector Semicondutor
  - Processo de Poisson

## 2 Resultados

- Espectro de Emissão do Mo: Feixe direto
- Calibração
- Tempo de Operação
- Estatística de contagens
- Posição do Sensor
- Posição da Amostra
- Limites de Detecção
- Resolução do Detector

## 3 Conclusões

## 4 Bibliografia

# Tubo de Raios-X I

- Produção de Raios X por feixe de elétrons acelerados incidindo em um alvo: Radiação característica e de freamento (Bremsstrahlung)

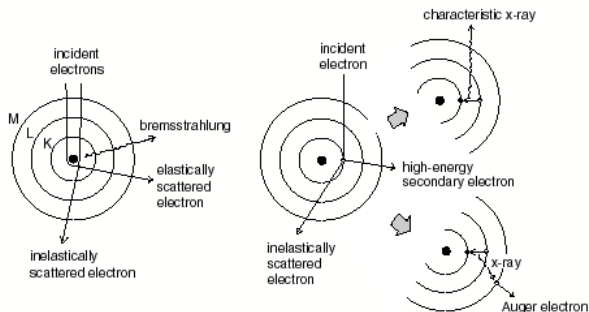


Figura : Desenho esquemático dos processos de produção de raios X característicos e de freamento [1]

## Tubo de Raios-X II

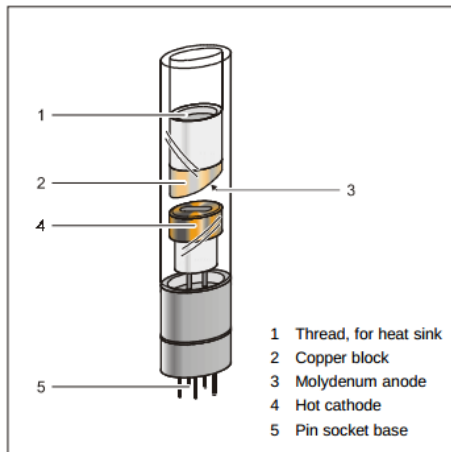


Figura : Desenho esquemático do tubo de raios-X utilizado [2]

# Fluorescência de raios-X e amostras I

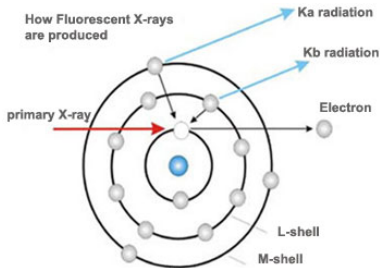


Figura : Desenho esquemático do processo de fluorescência de raios X[3]

- Energia do fóton incidente precisa ser maior que a energia de ligação nas camadas K ou L
- Radiação característica e fótons espalhados
- Amostras utilizadas: KBr,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (giz escolar), Ti (tinta), V, Cr, Mn, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Zr e Pb

# Detector semiconductor I

- Fotodiodo Si-PIN
- Corrente gerada altamente linear com a intensidade da radiação incidente
- Processo de Poisson [4]:
  - ▶  $N(0) = 0$
  - ▶ Processo com incrementos estacionários e independentes
  - ▶  $P\{N(h) = 1\} = \lambda h + o(h)$
  - ▶  $P\{N(h) \geq 2\} = o(h)$
- Detector Semicondutor Si-PIN da LD-Didactic (559 938) [5]:
  - ▶ Área ativa:  $0.8\text{mm}$  diam.
  - ▶ Espessura:  $\approx 150\mu\text{m}$
  - ▶ Compartimento: liga de ferro revestida por liga de ouro
  - ▶ Janela: plástico, absorção equivalente a grafite com  $d = 40\mu\text{m}$
  - ▶  $FWHM(E) = 2\sqrt{2\ln(2)}\sqrt{\sigma_{el}^2 + F\epsilon E}$   
 $\sigma_{el} \approx 160\text{eV}$     $F \approx 0.15$     $\epsilon = 3.8\text{eV}$

# Detector semiconductor II

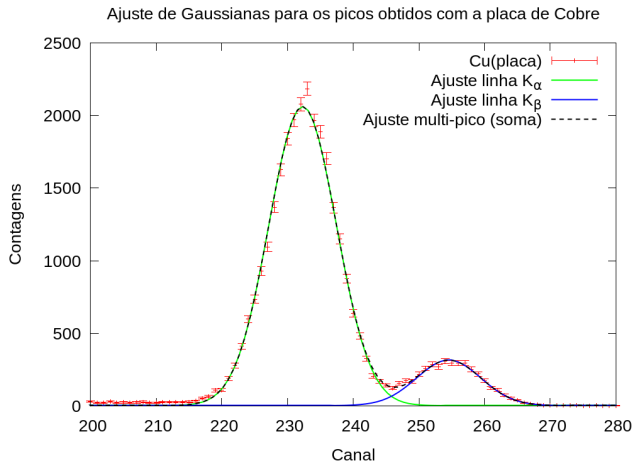


Figura : Espectro de fluorescência do Cobre ilustrando ajuste gaussiano nos picos

# Resultados I

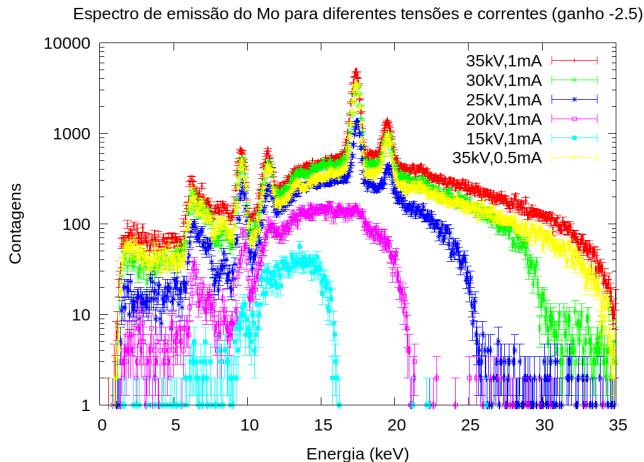


Figura : Espectro de emissão do tubo de Mo, como medido pelo detector Si-PIN



# Resultados II

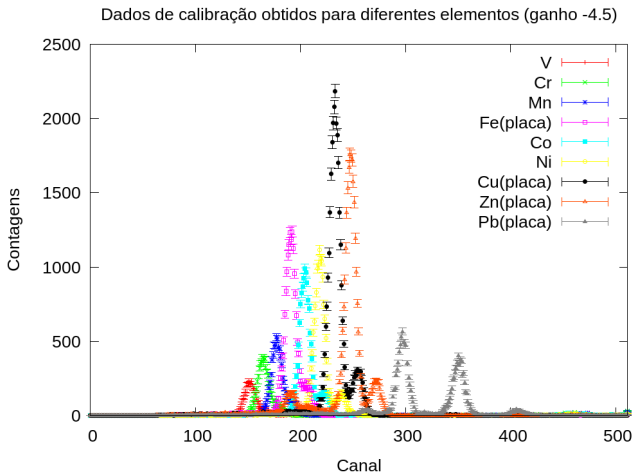


Figura : Espectros de fluorescência usados na calibração do detector (ganho -4.5)

# Resultados III

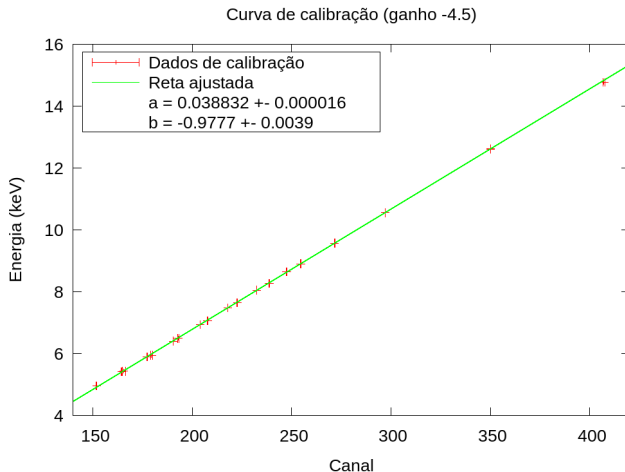


Figura : Reta de calibração do detector (ganho -4.5)

## Resultados IV

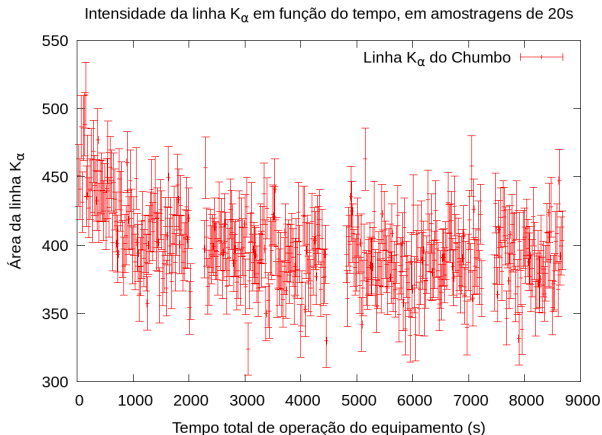


Figura : Gráfico da Intensidade da Linha  $K_{\alpha}$  do Pb em função do tempo de funcionamento do tubo de raios X

# Resultados V

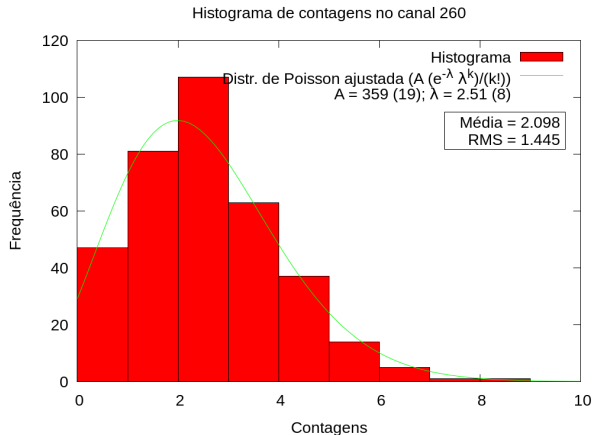


Figura : Histograma de contagens no canal 260 para 355 diferentes espectros de Pb (20s)

# Resultados VI

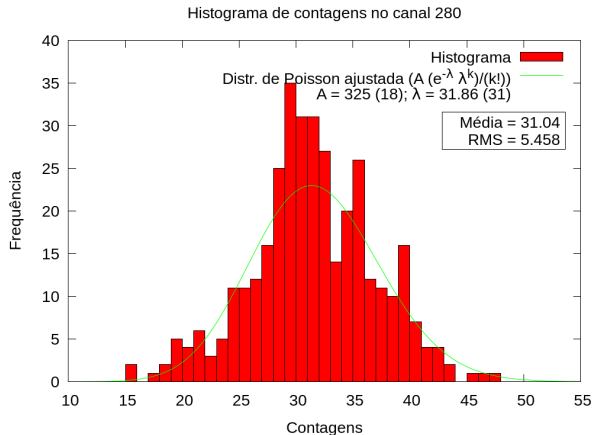


Figura : Histograma de contagens no canal 280 para 355 diferentes espectros de Pb (20s)

# Resultados VII

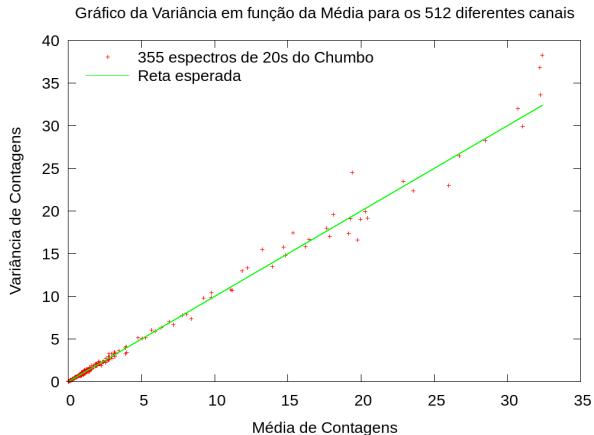


Figura : Gráfico da variância em função da média dos 355 espectros do Pb, com um ponto por canal

# Resultados VIII

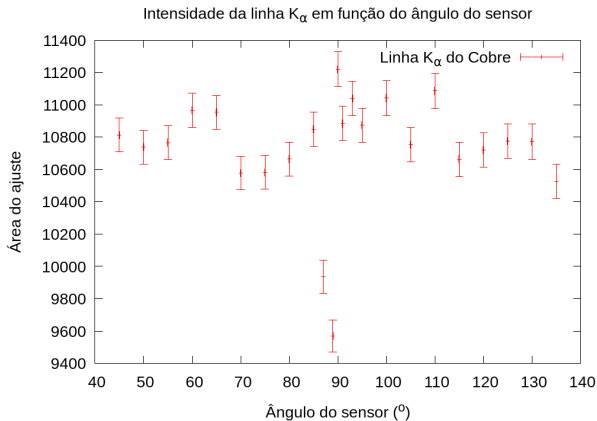


Figura : Gráfico da intensidade da linha  $K_{\alpha}$  do Cu em função do ângulo do sensor

# Resultados IX

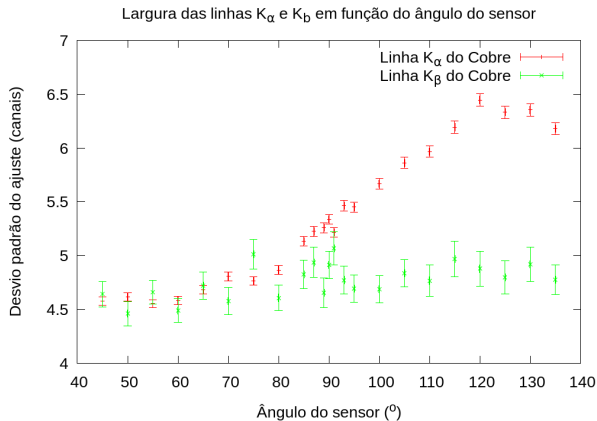


Figura : Gráfico da largura das linhas  $K_\alpha$  e  $K_\beta$  do Cu em função do ângulo do sensor



# Resultados X

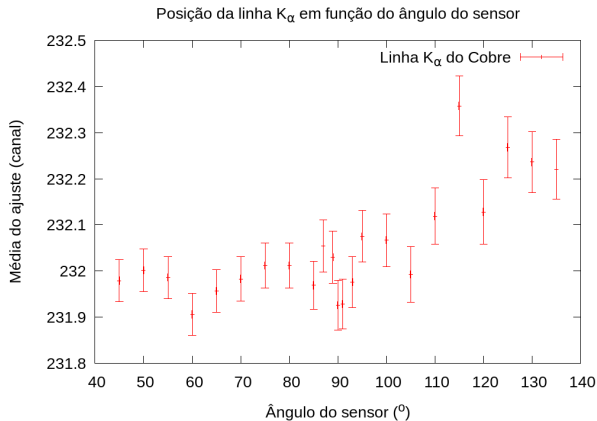


Figura : Gráfico da posição da linha  $K_{\alpha}$  do Cu em função do ângulo do sensor

# Resultados XI

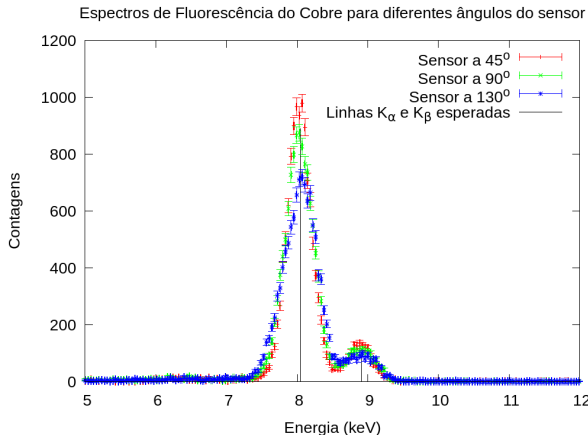


Figura : Espectros de fluorescência do Cu para três diferentes ângulos do sensor

## Resultados XII

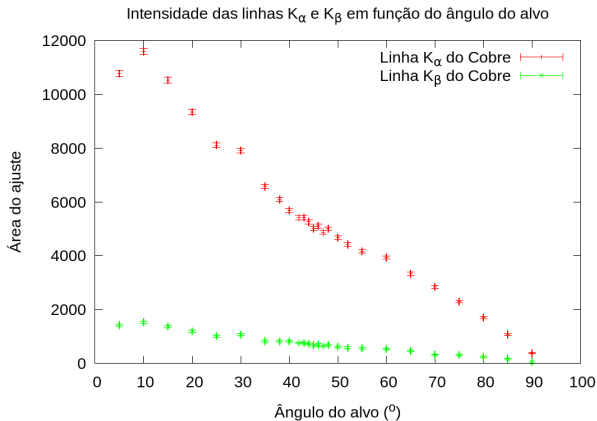


Figura : Gráfico da intensidade das linhas características do Cu em função do ângulo do alvo

# Resultados XIII

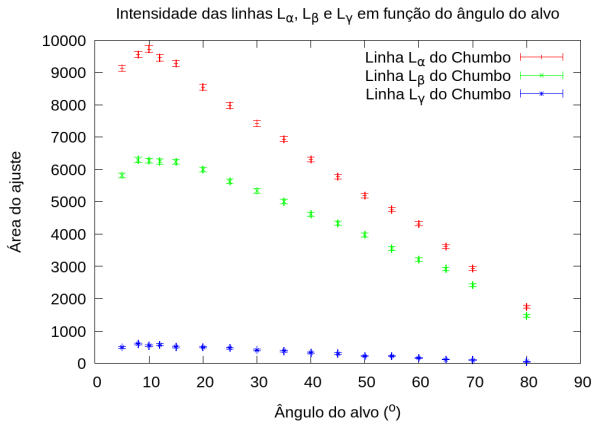


Figura : Gráfico da intensidade das linhas características do Pb em função do ângulo do alvo

# Resultados XIV

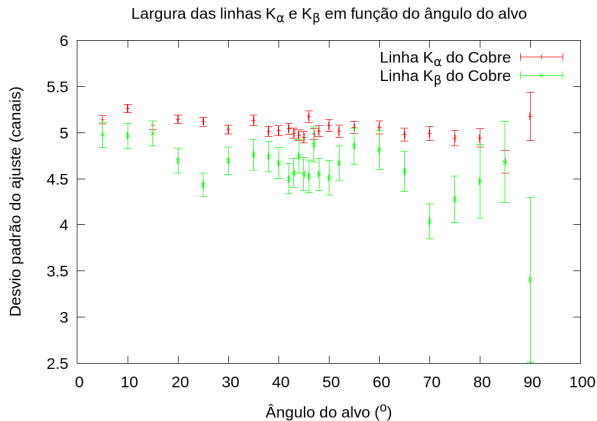


Figura : Gráfico da largura das linhas características do Cu em função do ângulo do alvo

# Resultados XV

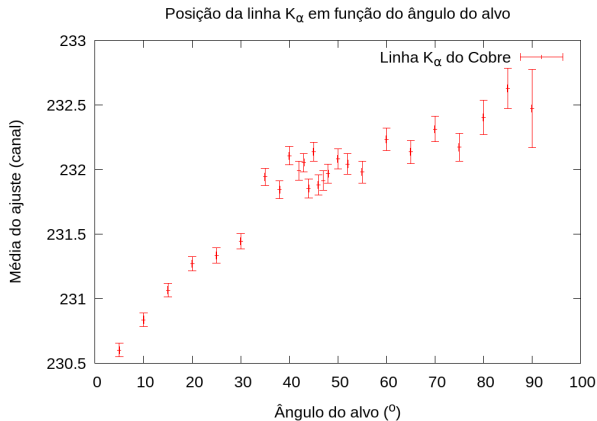


Figura : Gráfico da posição da linha  $K_{\alpha}$  do Cu em função do ângulo do alvo

# Resultados XVI

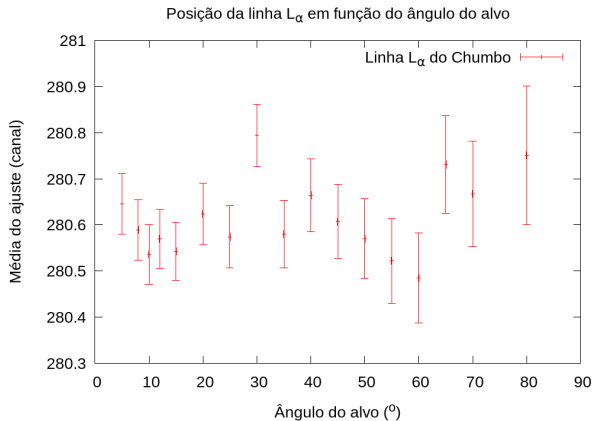


Figura : Gráfico da posição da linha  $L_{\alpha}$  do Pb em função do ângulo do alvo

# Resultados XVII

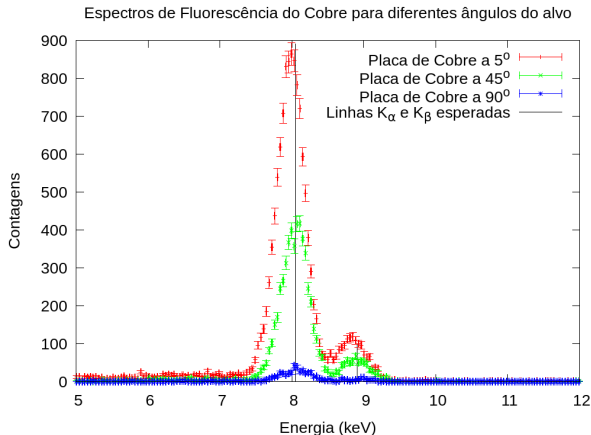


Figura : Espectros de fluorescência do Cu para três diferentes ângulos do alvo





# Resultados XIX

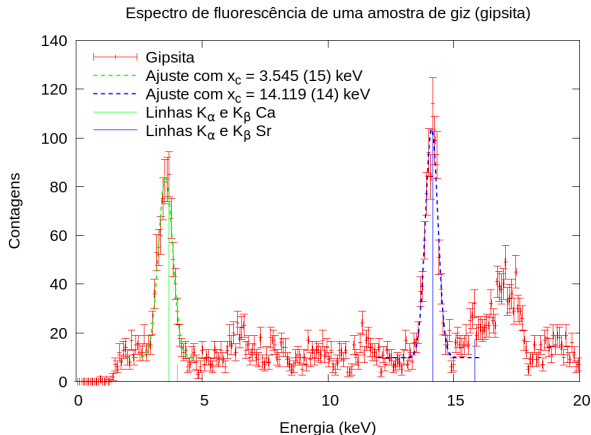


Figura : Espectro de fluorescência de uma amostra (giz escolar) de gipsita,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , com medida de 15min.

# Resultados XX

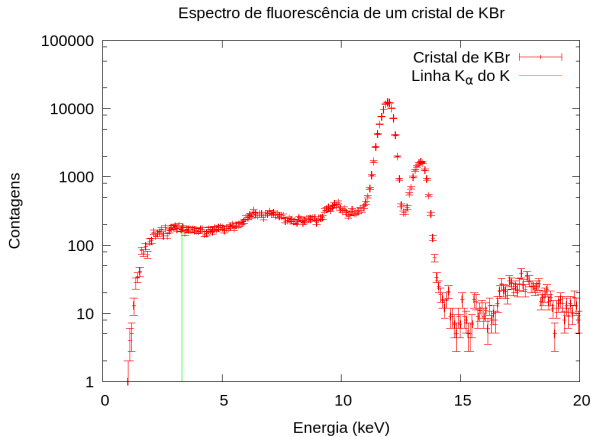


Figura : Espectro de fluorescência em escala log de um cristal de KBr, com medida de 15min.

# Resultados XXI

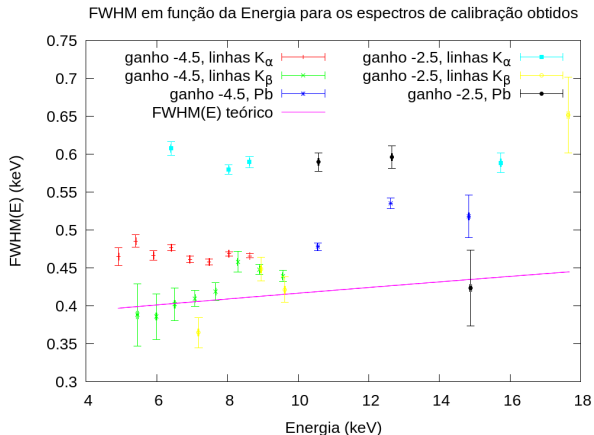


Figura : Gráfico da largura a meia altura (FWHM) em função da energia para diferentes espectros

## Resultados XXII



Figura : Radiografia de uma amostra de mercúrio em uma pequena ampola de vidro

# Resultados XXIII

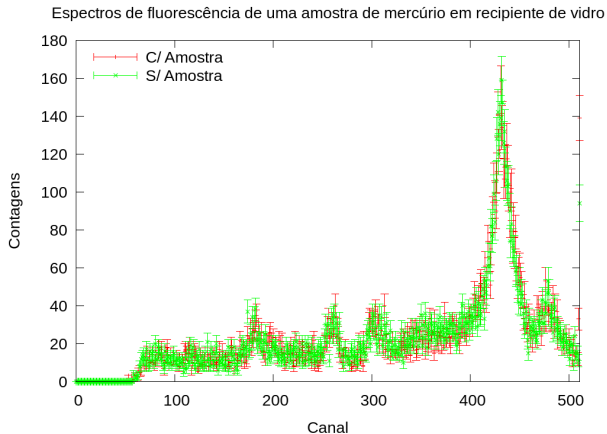


Figura : Espectro/tentativa de fluorescência de uma amostra de mercúrio em uma pequena ampola de vidro

# Conclusões I

- Queda de intensidade de  $\approx 15\%$  nos primeiros 800s
- Incerteza no número de contagens é  $\sigma_N \approx \sqrt{N}$
- Ângulos menores fornecem mais intensidade, tanto de radiação característica quanto de espalhada: espalhamento ocorre predominantemente dentro do detector
- Bons resultados foram observados a partir da energia do Ti ( $K_\alpha$  : 4.511keV [6]) até a do Zr ( $K_\beta$  : 17.668keV [6])
- Para energias menores, o detector fica com uma eficiência muito reduzida, sendo necessária uma amostra muito boa; para energias maiores, a radiação característica do Mo não tem energia para excitar a amostra
- FWHM das linhas espectrais maior que o informado pelo fabricante

# Referências I



James H. Wittke. *GLG 510 - ELECTRON MICROPROBE TECHNIQUES - Class Notes*. 2003. URL: <http://www4.nau.edu/microanalysis/Microprobe/Course%20verview.html>.



LD Didactic GmbH. *Instruction Sheet 554 82*. URL: <http://www.ld-didactic.de/ga/5/554/55482/55482e.pdf>.



Agile Technology. *Agile Knowledge Center: Physics of XRF*. URL: <http://www.agiletechworld.com/Knowledge%20Center.htm>.



Sheldon M. Ross. *Introduction to Probability Models*. Academic Press, 2007. ISBN: 9780125980623.



LD Didactic GmbH. *Instruction Sheet 559 938*. URL: <http://www.ld-didactic.de/ga/5/559/559938/559938e.pdf>.



## Referências II



Lawrence Berkeley National Laboratory. *X-ray Properties of the Elements*. 2001. URL:

[http://xdb.lbl.gov/Section1/Periodic\\_Table/X-ray\\_Elements.html](http://xdb.lbl.gov/Section1/Periodic_Table/X-ray_Elements.html).



Lawrence Berkeley National Laboratory. *X-Ray Data Booklet*. Set. de 2009. URL: <http://xdb.lbl.gov/xdb-new.pdf>.