

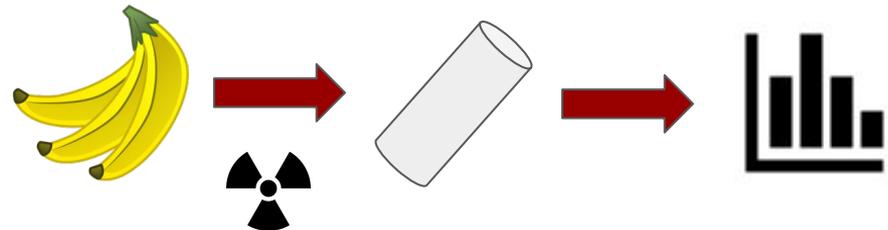
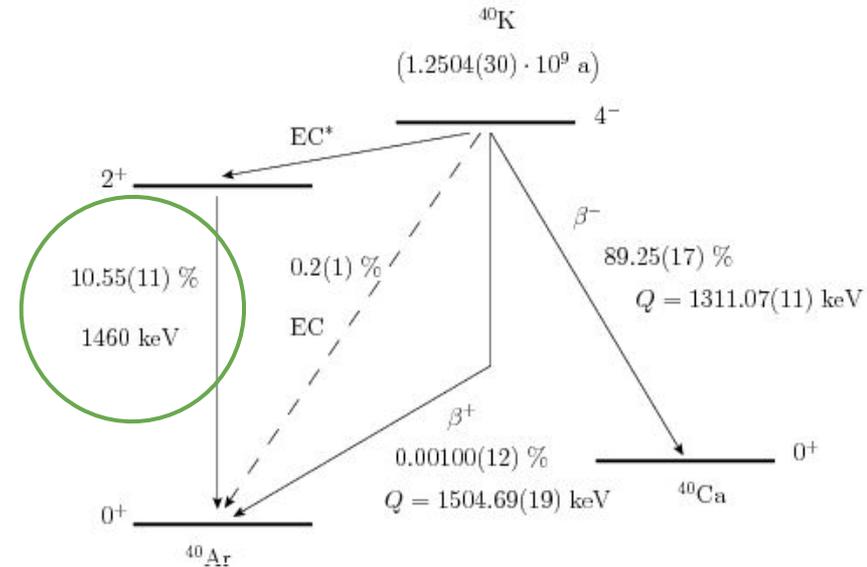
# Detecção da radiação gama em bananas



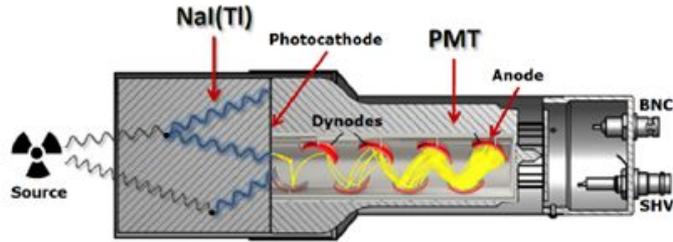
# Objetivos

- Detectar o pico de 1460,8 keV proveniente do decaimento do  $^{40}\text{K}$  presente nas bananas através de um cintilador de NaI(Tl);
- Realizar a calibração do detector utilizando-se fontes de radiação gama de energias conhecidas:  $^{137}\text{Cs}$  (661,7 keV) e  $^{60}\text{Co}$  (1173,2 keV e 1332,5 keV);
- Analisar o espectro de radiação de fundo e o espectro de radiação com as bananas;
- Ver o impacto do  $^{40}\text{K}$  das bananas no nosso cintilador através dos espectros.

## Decaimento do K-40

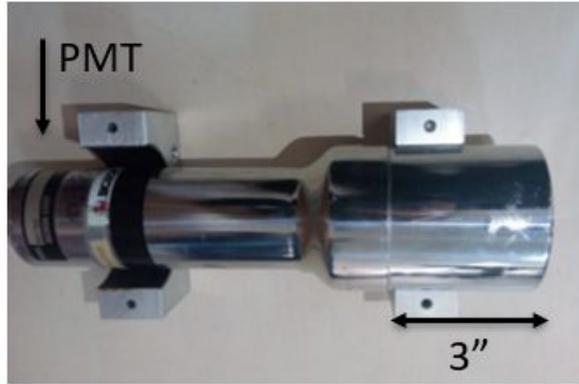
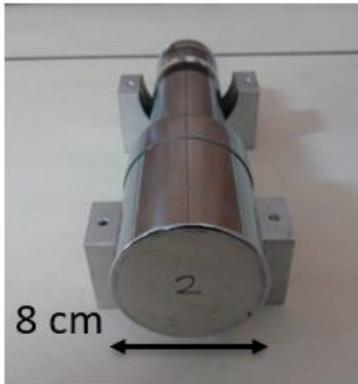


# Cintilador de NaI(Tl)



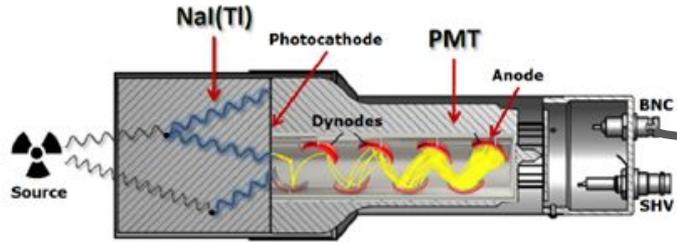
## Funcionamento do detector:

- Radiação incide no detector;
- Átomos são excitados fazendo com que o material emita fótons;
- Estes fótons chegam até a fotomultiplicadora, liberando elétrons no fotocátodo por efeito fotoelétrico;
- Esses elétrons são multiplicados e chegam até o anodo, onde detectamos uma corrente;
- Com isto foi possível analisar o sinal através do *digitizer* CAEN.



Cintilador de NaI (Iodeto de Sódio)

# Cintilador de NaI(Tl)



## Funcionamento do detector:

- Radiação incide no detector;
- Átomos são excitados fazendo com que o material emita fótons;
- Estes fótons chegam até a fotomultiplicadora, liberando elétrons no fotocátodo por efeito fotoelétrico;
- Esses elétrons são multiplicados e chegam até o anodo, onde detectamos uma corrente;
- Com isto foi possível analisar o sinal através do *digitizer* CAEN.

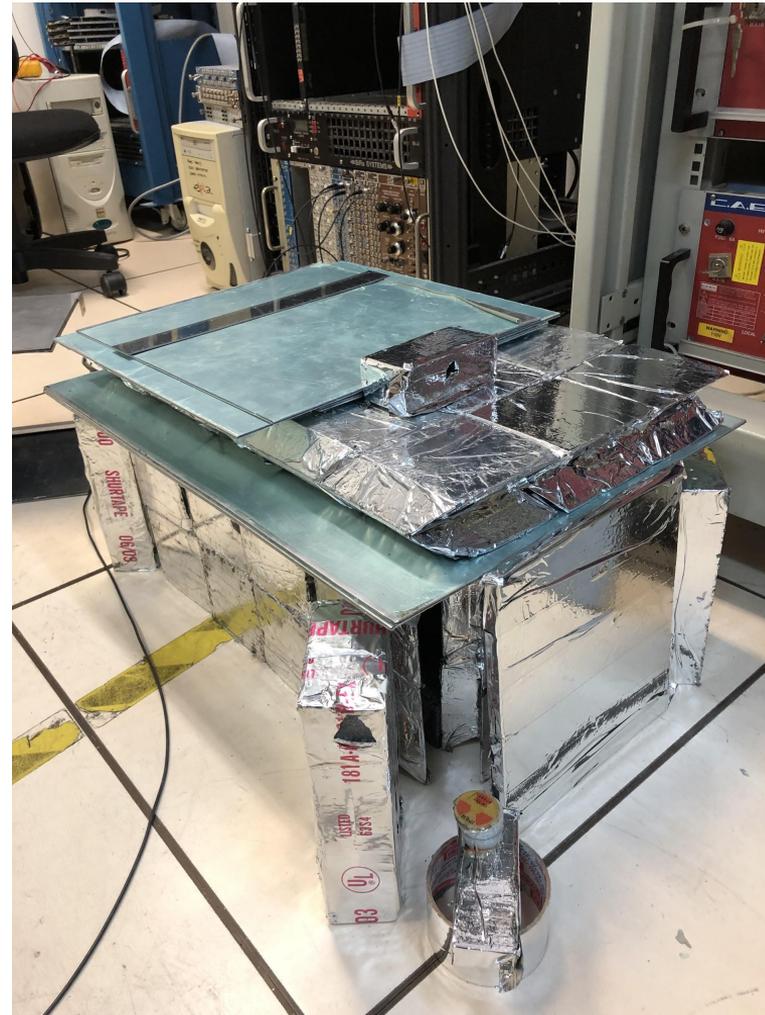
# Metodologia

- Blindou-se o cintilador com  $\sim 200$  kg de chumbo para atenuar-se a radiação de fundo;
- Cada bloco de chumbo com 5 cm de espessura, barra 94,8 % da radiação do  $^{40}\text{K}$  presente no ambiente.



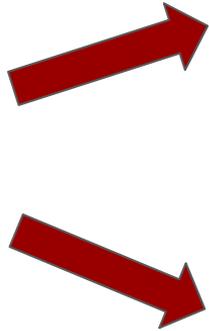
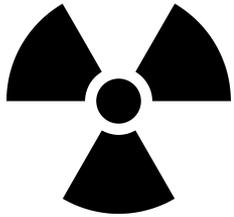
# Metodologia

- Obteve-se o espectro de calibração utilizando-se fontes de  $^{137}\text{Cs}$  e de  $^{60}\text{Co}$  para calibração.



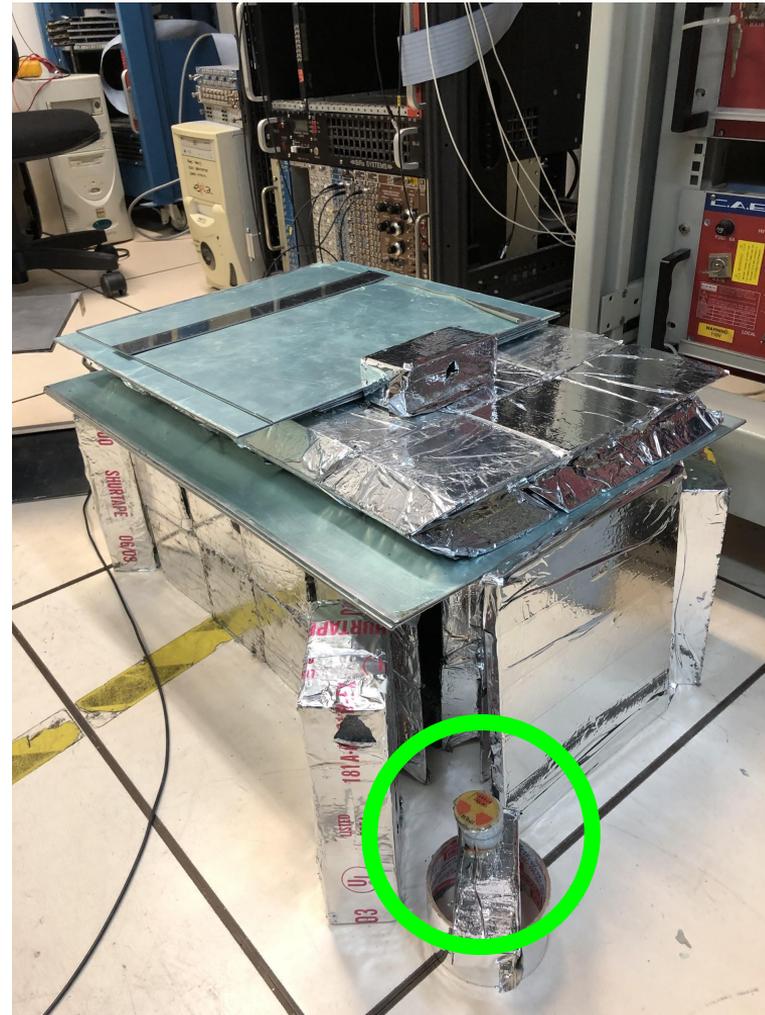
# Metodologia

- Obteve-se o espectro de calibração utilizando-se fontes de  $^{137}\text{Cs}$  e de  $^{60}\text{Co}$  para calibração.



$^{137}\text{Cs}$   
661,7 keV

$^{60}\text{Co}$   
1173,2 keV  
1332,5 keV



# Metodologia

- Dados de contagens devido à radiação de fundo foram coletados por 24h;

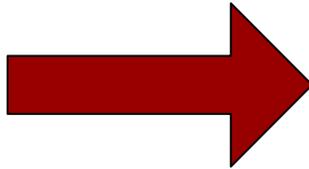


# Metodologia



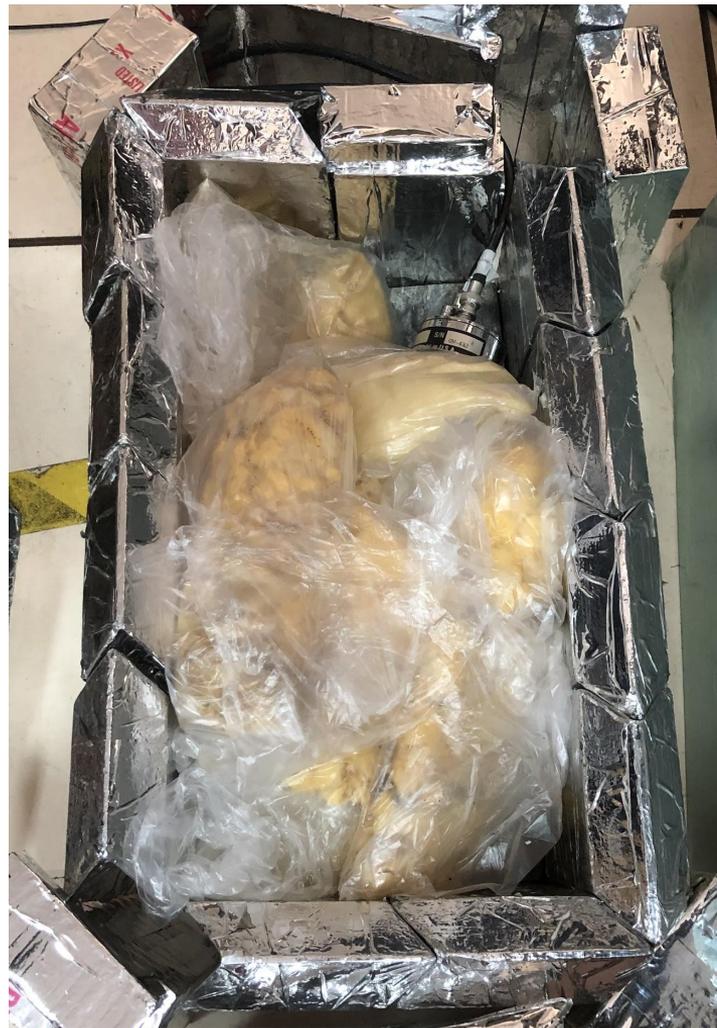
6,047 kg de banana

- Descascadas;
- Amassadas;
- Embaladas.



# Metodologia

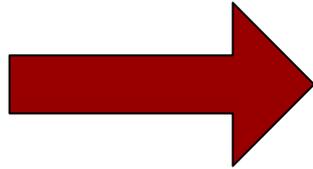
- Pacotes posicionados de maneira a cobrir a maior parte do cintilador;
- Desta forma, o cintilador de NaI(Tl) ficou praticamente todo envolvido pelas bananas amassadas.



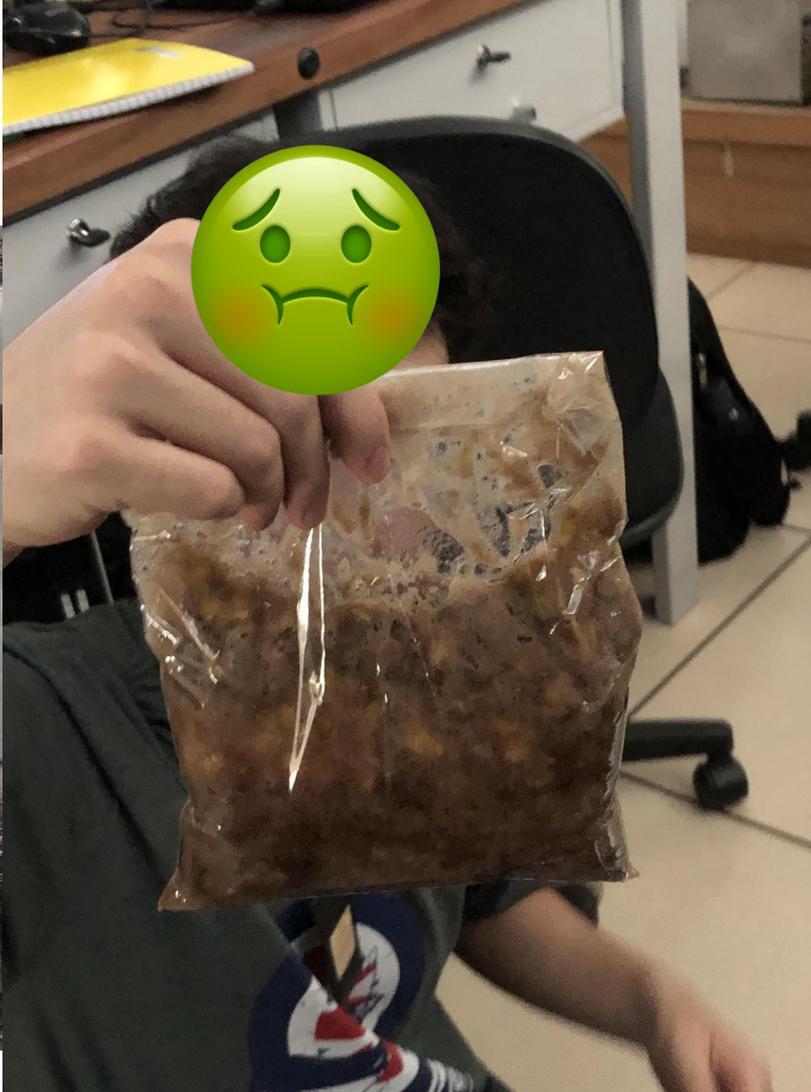
# Metodologia



- Coleta de dados de contagens com a banana também por 24h.

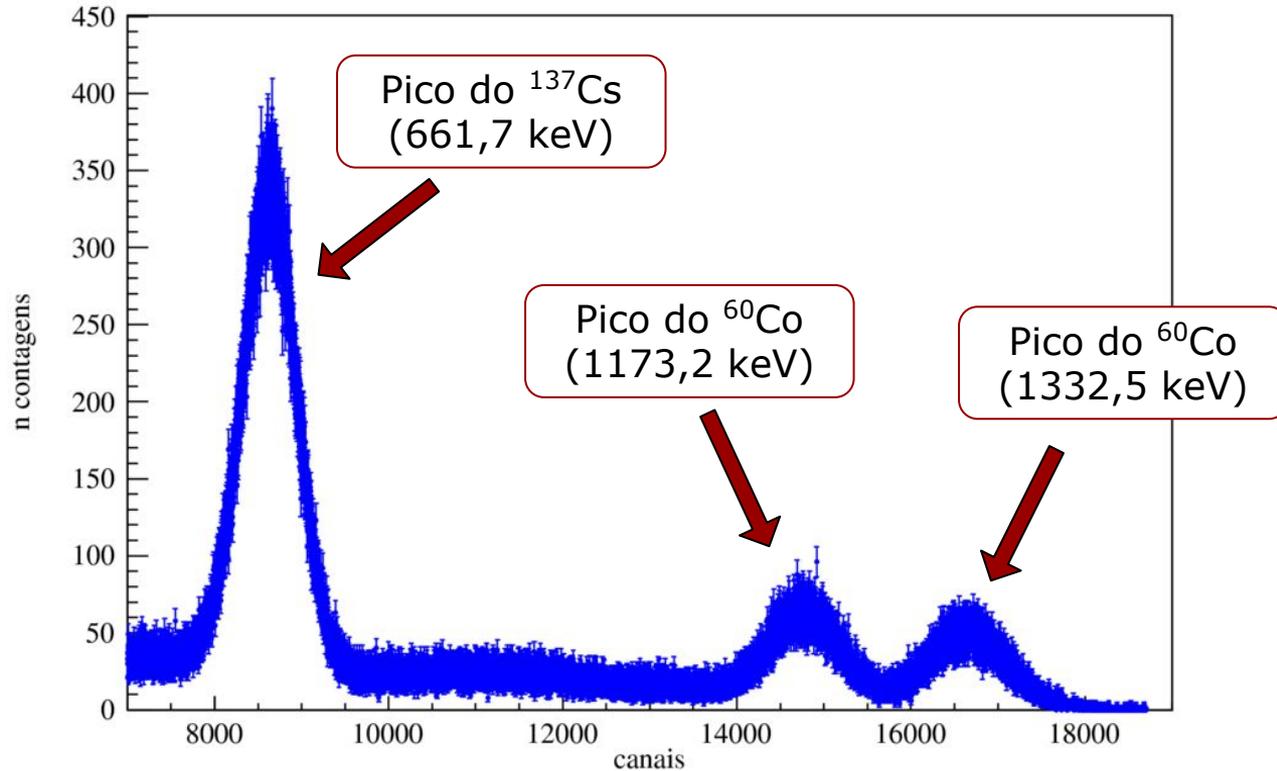


# Metodologia



# Resultados - Calibração

Espectro de Calibração



# Resultados - Calibração

- A cada pico, ajustou-se a função:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-[1]}{[2]}\right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (Poisson):  $\sqrt{n}$

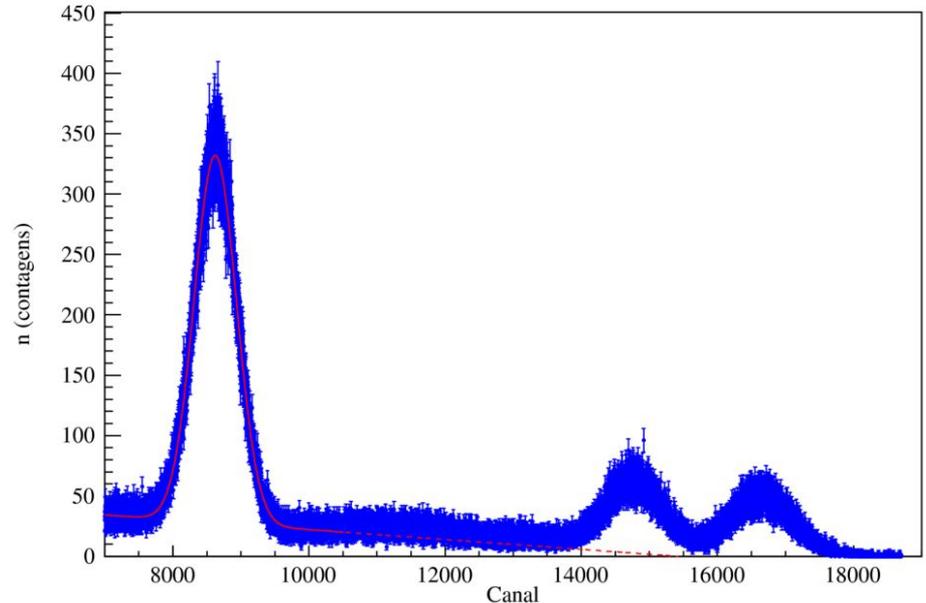
Parâmetros do pico de  $^{137}\text{Cs}$ :

Parâmetros	Valor
[0]	304,3 (8) contagens
[1]	8624,4 (8) canais
[2]	311,0 (7) canais
[3]	-0,00407 (10) contagens/canal
[4]	27,69 (13) contagens

-  $\chi^2 = 3652$ ;

-  $\nu = 3496$ .

Ajuste do pico de Cs-137



# Resultados - Calibração

- A cada pico, ajustou-se a função:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-[1]}{[2]}\right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (Poisson):  $\sqrt{n}$

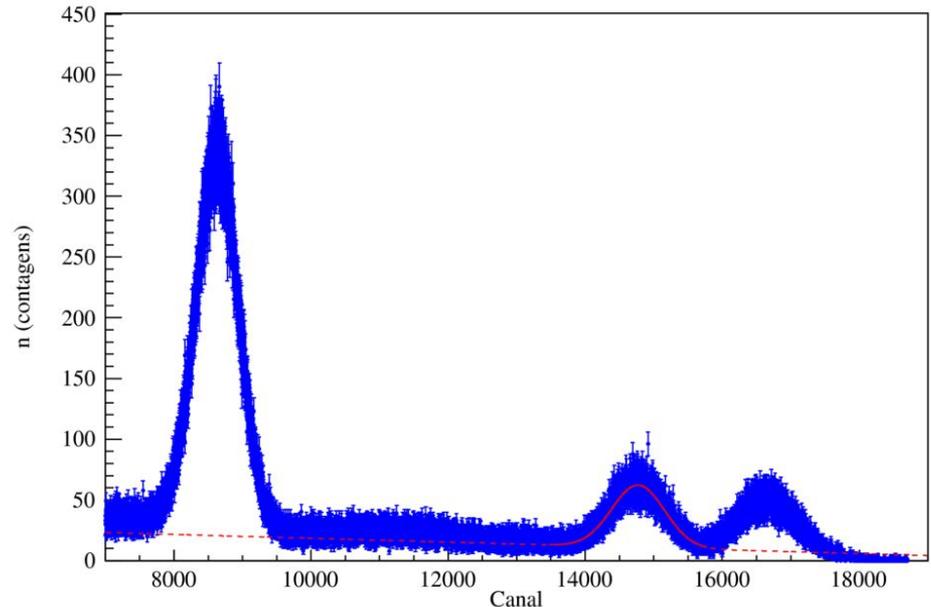
Parâmetros do 1º pico de  $^{60}\text{Co}$ :

Parâmetros	Valor
[0]	51,3 (4) contagens
[1]	14773 (3) canais
[2]	385 (3) canais
[3]	-0,00157 (20) contagens/canal
[4]	10,92 (28) contagens

-  $\chi^2 = 2172$ ;

-  $\nu = 2246$ .

Ajuste do primeiro pico de Co-60



# Resultados - Calibração

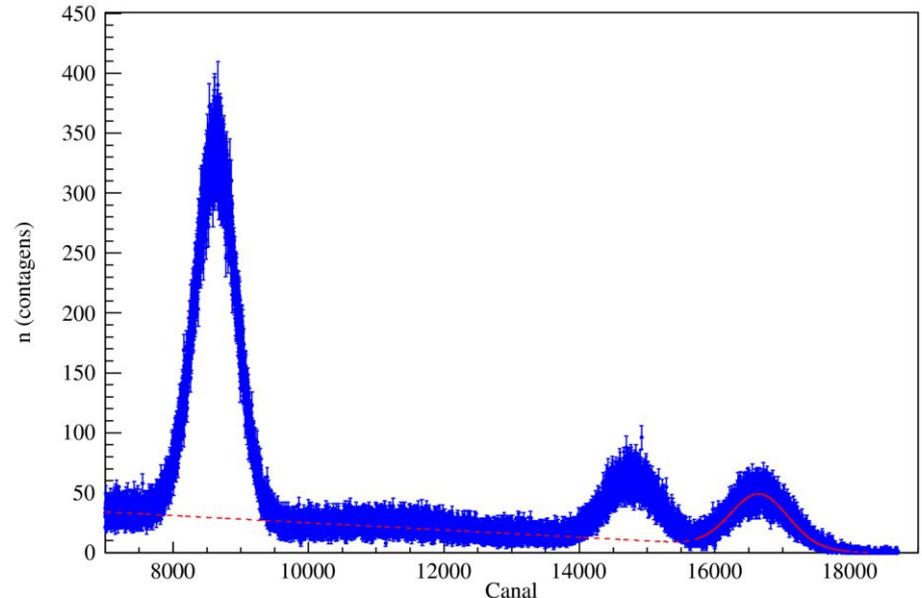
- A cada pico, ajustou-se a função:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-[1]}{[2]}\right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (Poisson):  $\sqrt{n}$

Parâmetros do 2º pico de  $^{60}\text{Co}$ :

Parâmetros	Valor
[0]	44,2 (4) contagens
[1]	16657 (4) canais
[2]	421 (5) canais
[3]	-0,00302 (27) contagens/canal
[4]	4,8 (4) contagens

- $\chi^2 = 2322$ ;
- $\nu = 2223$ .

Ajuste do segundo pico de Co-60



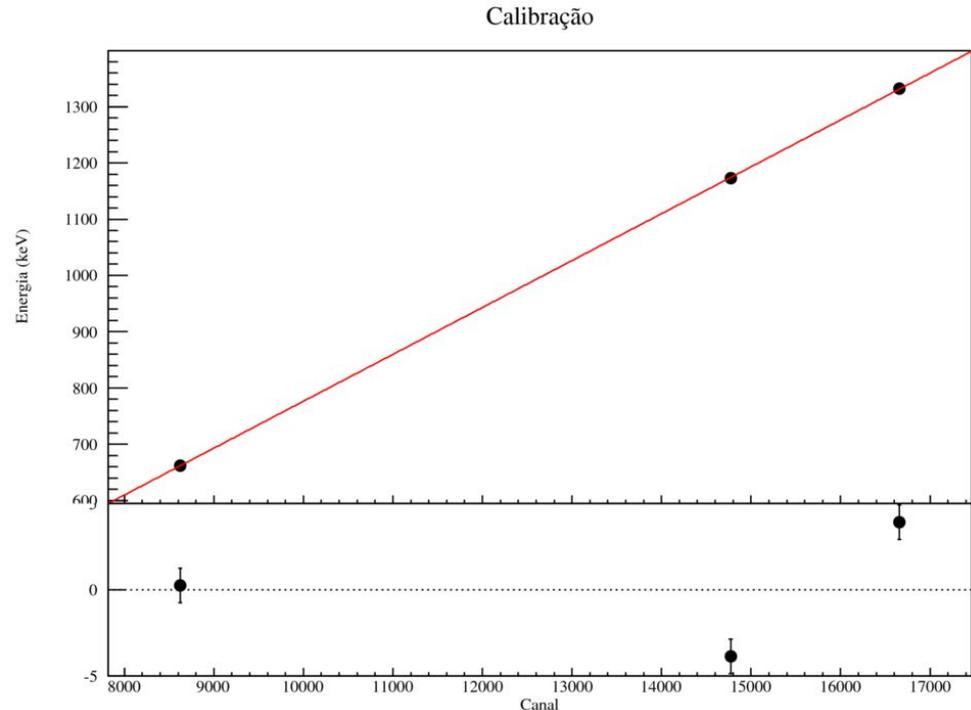
# Resultados - Calibração

- Com os parâmetros anteriores construiu-se uma curva de calibração:

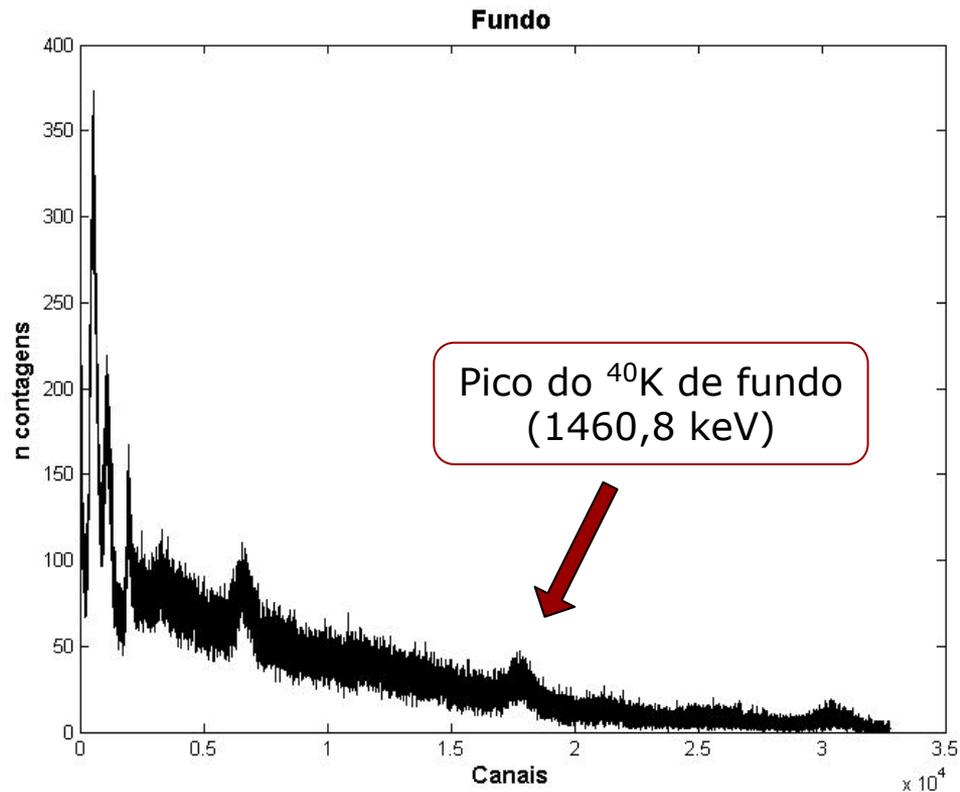
$$y = a \cdot x + b$$

Parâmetros	Valor
[0]	0,08335 (3) keV/canal
[1]	-57,2 (3) keV

- $\chi^2 = 30,28$ ;
- $\nu = 1$ .



# Resultados - Espectro Fundo

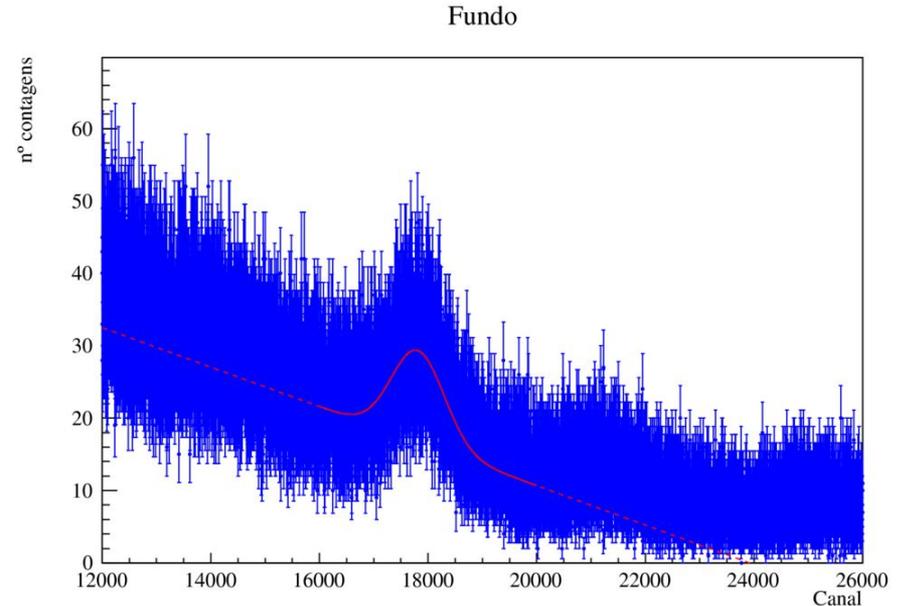


# Resultados - Fundo

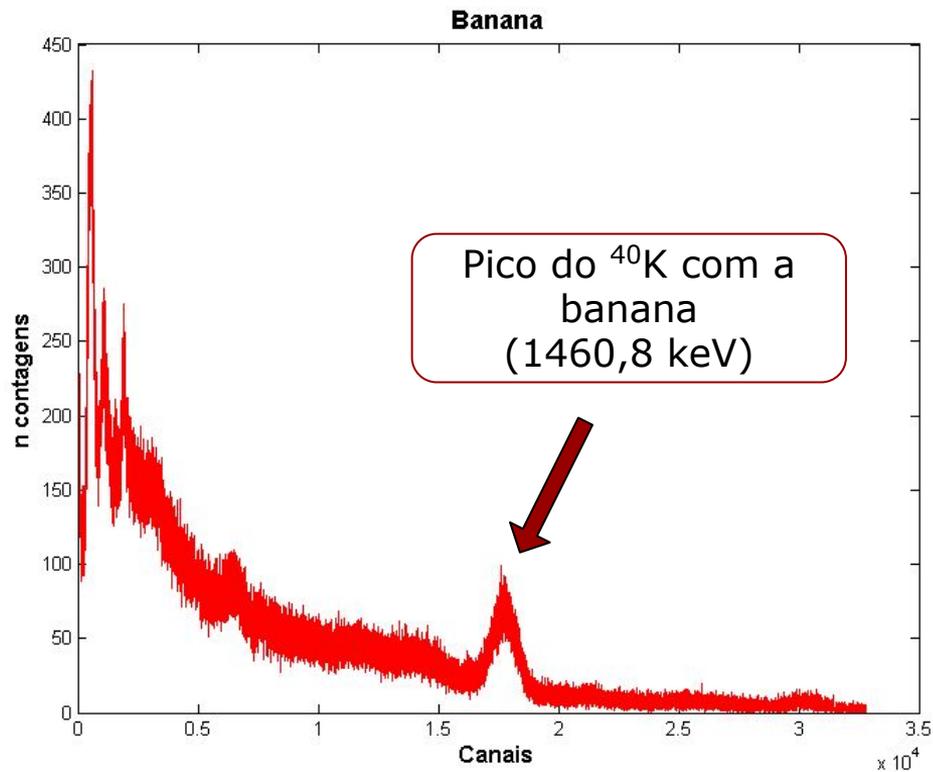
- Ajuste:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - [1]}{[2]} \right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (Poisson):  $\sqrt{n}$

Parâmetros	Valor
[0]	12,69 (23) contagens
[1]	17815 (10) canais
[2]	487 (11) canais
[3]	-0,00273 (6) contagens/canal
[4]	16,64 (12) contagens

- $\chi^2 = 4220$ ;
- $\nu = 3996$ .



# Resultados - Espectro Banana

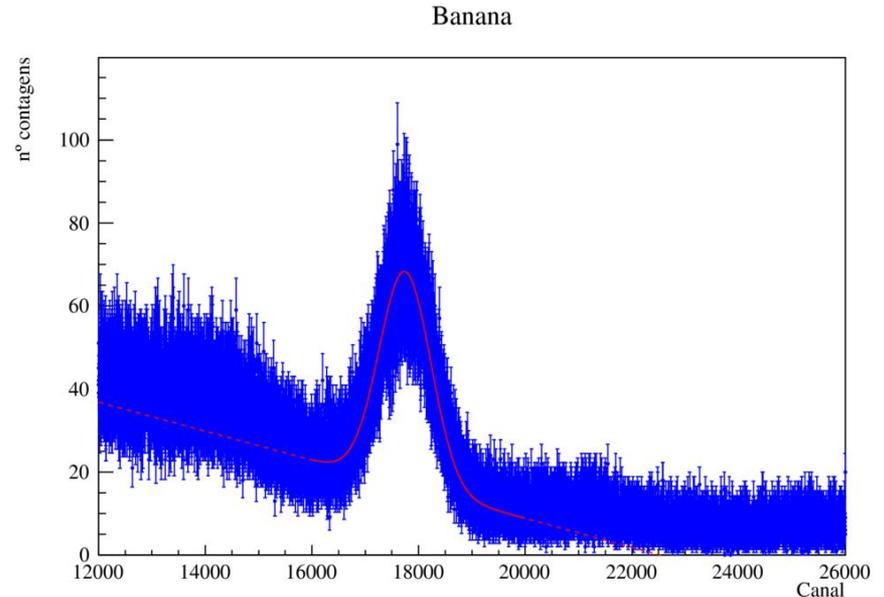


# Resultados - Banana

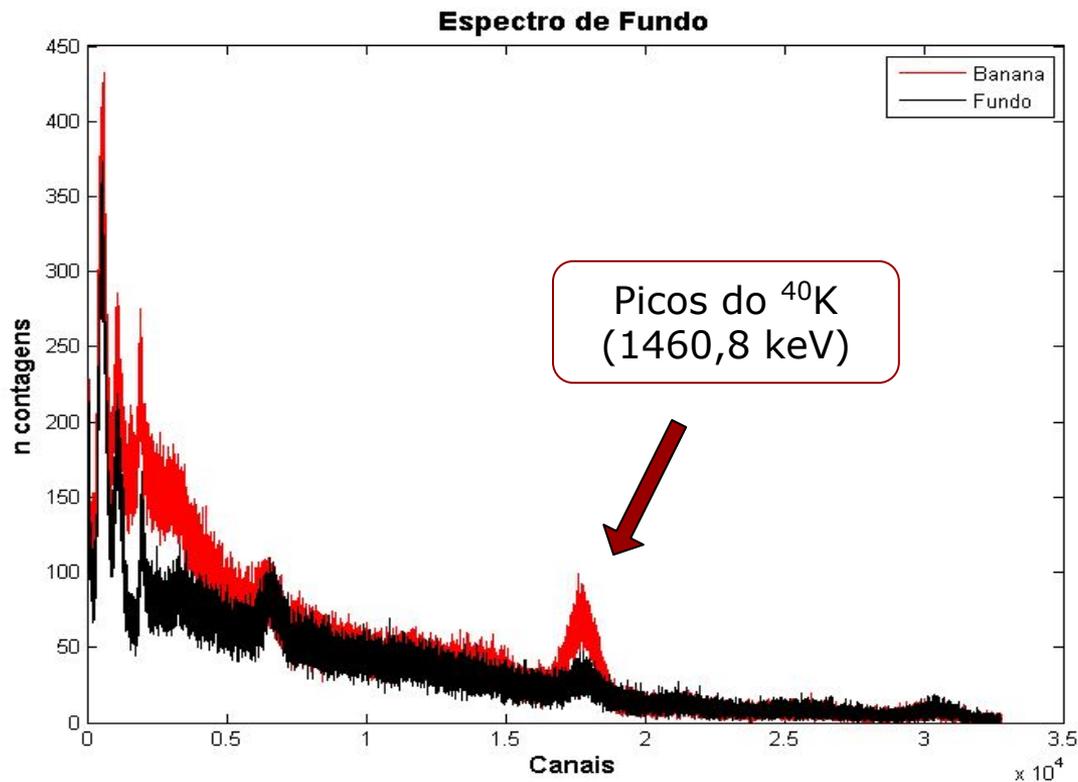
- Ajuste:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-[1]}{[2]}\right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (Poisson):  $\sqrt{n}$

Parâmetros	Valor
[0]	51,58 (32) contagens
[1]	17746,6 (31) canais
[2]	484,2 (33) canais
[3]	-0,00350 (7) contagens/canal
[4]	16,72 (13) contagens

- $\chi^2 = 4137$ ;
- $\nu = 3996$ .



# Resultados - Subtração

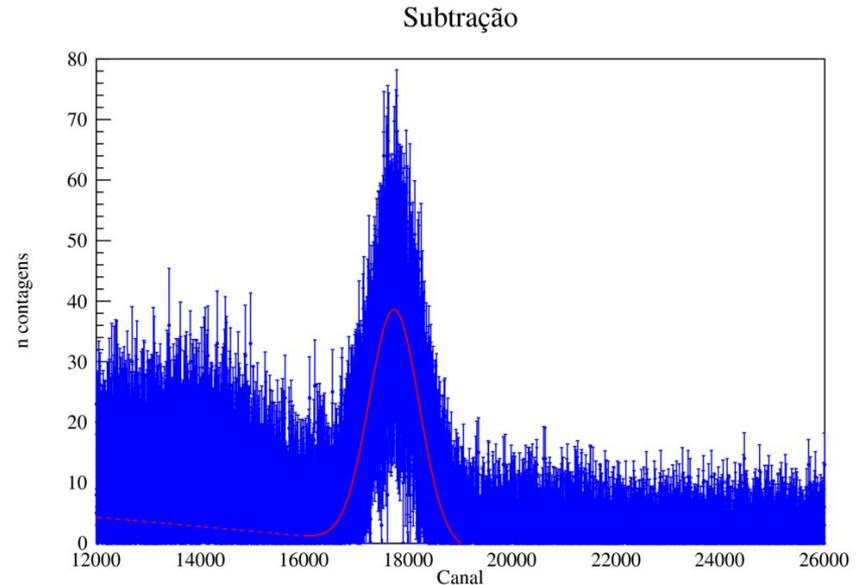


# Resultados - Subtração

- Ajuste:  $f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-[1]}{[2]}\right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$
- Incerteza de cada canal (propagação):  $\sqrt{n_b + n_f}$

Parâmetros	Valor
[0]	38,7 (4) contagens
[1]	17726 (5) canais
[2]	480 (6) canais
[3]	-0,00077 (10) contagens/canal
[4]	-0,12 (18) contagens

- $\chi^2 = 3888$ ;
- $\nu = 3996$ .



# Resultados - Energia

- Parâmetros da reta de calibração:

Parâmetros	Valor
[0]	0,08335 (3) keV/canal
[1]	-57,2 (3) keV

$$y = a \cdot x + b$$

- Valor médio do ajuste da subtração:

Parâmetro	Valor
[1]	17726 (5) canais

$$f(x) = [0] \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - [1]}{[2]} \right)^2} + [3] \cdot (x - [1]) + [4]$$

# Resultados - Energia

- Energia  $^{40}\text{K}$ :

Calculada	Valor de referência
1420,3 (5) keV	1460,8 keV

Causas da discrepância entre os valores:

- Taxa de contagens diferente na calibração e na tomada dos dados;
- Variação nas condições do ambiente do laboratório;
- Problemas na reta de calibração.

# Conclusões

- O cintilador de NaI (TI) permitiu a detecção da radiação gama emitida pelo  $^{40}\text{K}$  em bananas;
- Nos espectros obtidos, ajustou-se as funções utilizando-se incertezas de  $\sqrt{n}$  já que, por se tratarem de eventos com baixa probabilidade, a função de densidade de probabilidade é dada por uma Poisson;
- Os valores de  $\chi^2$  nos ajustes dos espectros obtidos apresentaram valores próximos do número de graus de liberdade indicando que as incertezas utilizadas para cada canal eram apropriadas.
- Energia do  $^{40}\text{K}$  foi calculada, evidenciando os problemas da reta de calibração.

# Obrigad@!

## **ALUNOS:**

Luis Eduardo França  
Luana Cantarin  
Chiara Le Roux  
Matheus Tolentino