

Simulações de Monte Carlo para preparar a procura de matéria escura na experiência LZ

Frederico Simões

Nuno Brito

LIP - Estágios de Verão de 2019

Tópicos

- Fontes de background do LZ
- Simulações de Monte Carlo
- Atividades

Fontes de background do LZ

1. Contaminação dos componentes exteriores ao volume de xénon (decaimentos gama são detetados)
2. Contaminação do xénon (decaimentos gama e beta são detetados)

2.1. Rádón-222 e 220

- parte da cadeia de decaimentos do urânio-238 e do tório-232, existentes nos componentes exteriores ao volume de xénon
- como o radon é um gás inerte, viaja até ao volume de xénon

2.2 Krypton-85

- está presente no ar captado de onde o xénon é extraído

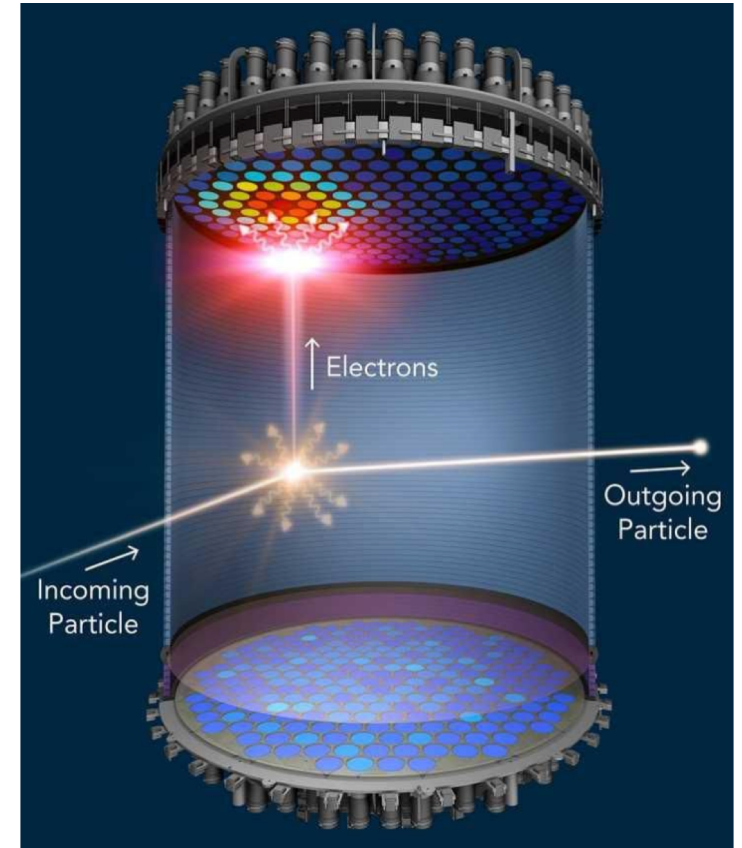


Figura 1 - Esquema de uma interação no detector

Simulações de Monte Carlo

- Conjunto de métodos baseados em amostras aleatórias que permitem obter resultados numéricos, que de outra forma seriam muito difíceis de calcular
- GEANT4 - simulações de Monte Carlo de interação entre partículas e matéria
- BACCARAT - “library” que estrutura GEANT4 para as necessidades do LZ (geometria, composição, ...)
- Root - análise dos dados da simulação
- C++ - linguagem de programação usada

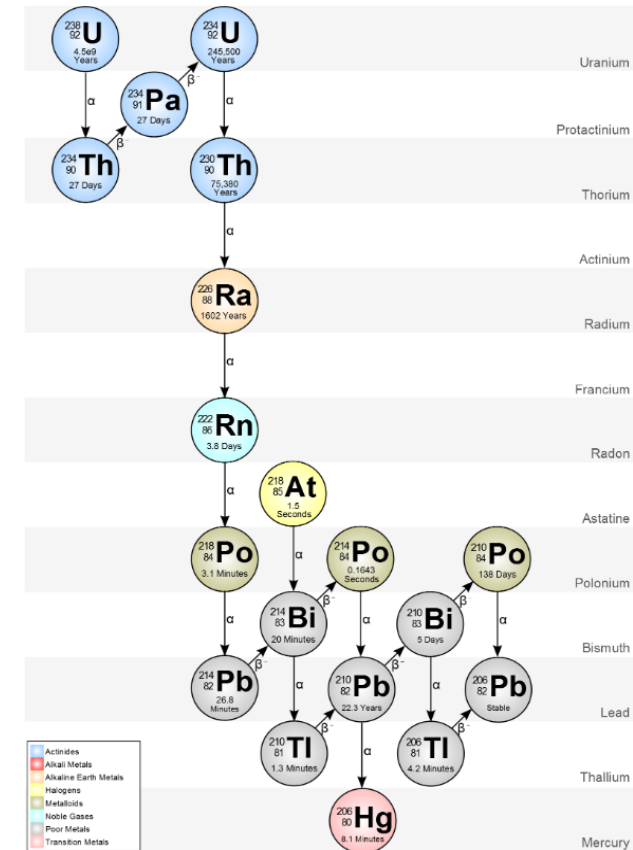


Figura 4 - Cadeia de decaimento do urânio

Atividades 1 e 2

- Simular uma fonte pontual monoenergética de radiação em diferentes posições
- Tratar os dados com Root e criar um histograma 1D da energia depositada e um histograma 2D da posição r^2 -h onde tal acontece

```
/gps/particle gamma
/gps/ene/mono 1000 keV
/gps/position 100 0 75 cm
/gps/pos/type Point
/gps/ang/type iso

/Bacc/physicsList/useOpticalProcesses false

/Bacc/beamOn 100
```

Figura 5 – Parte do ficheiro macro de uma das simulações

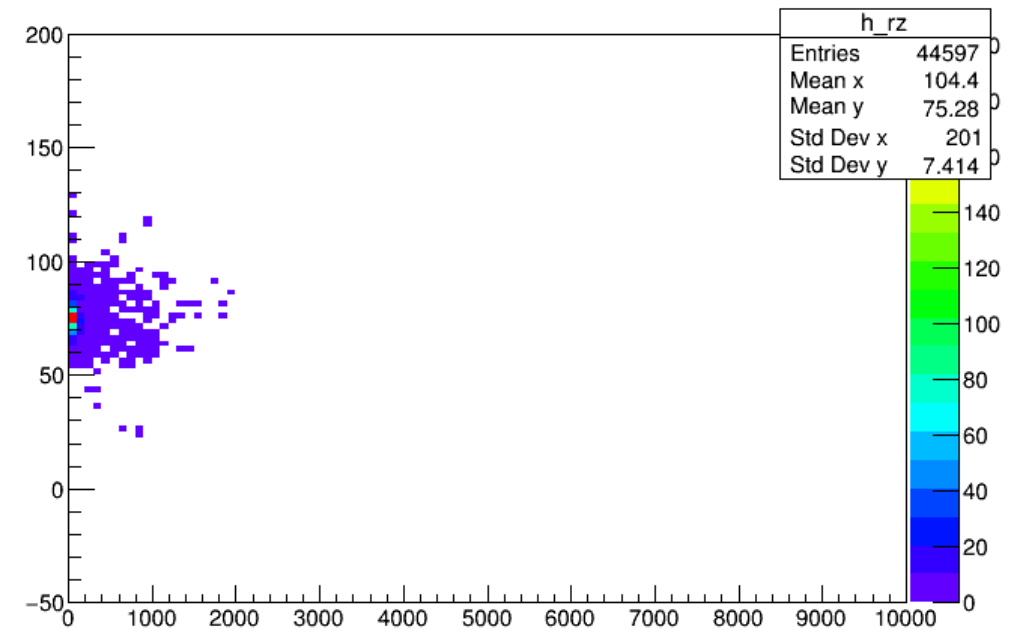
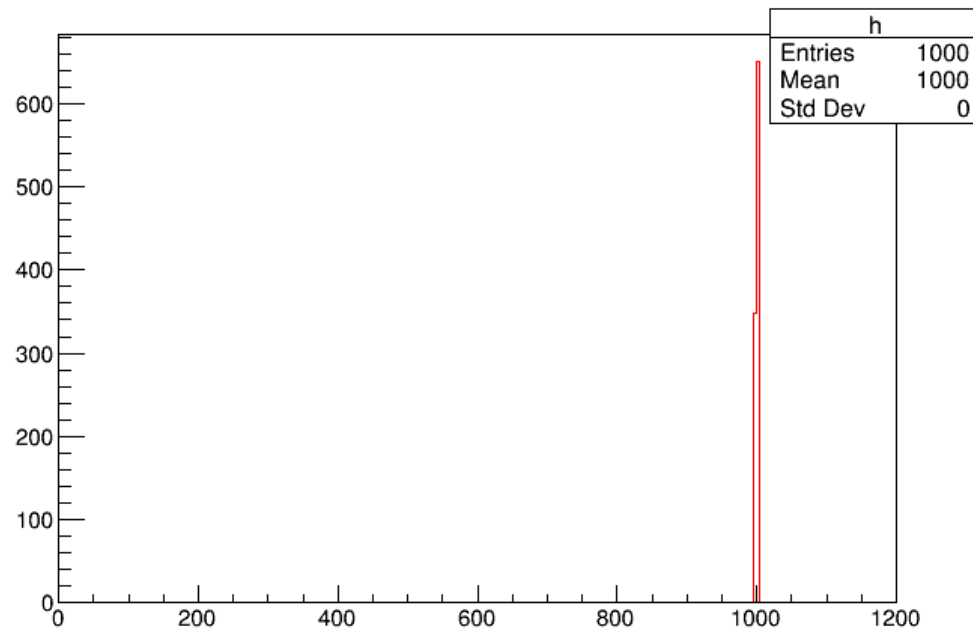
Atividades 1 e 2

```
for (unsigned int i = 0; i < t->GetEntries(); i++){  
    b->GetEntry(i);  
    if (ev->volumes.size() < 1) continue;  
    h_E->Fill(ev->volumes[0].dTotalEnergyDep_keV);
```

```
for (unsigned int tr = 0; tr < ev->tracks.size(); tr++){  
    if (ev->tracks[tr].iParticleID != 11 && ev->tracks[tr].iParticleID != 22) continue;  
  
    for (unsigned int st = 0; st < ev->tracks[tr].steps.size(); st++){  
        rr = pow(0.1*ev->tracks[tr].steps[st].dPosition_mm[0], 2)+pow(0.1*ev->tracks[tr].steps[st].dPosition_mm[1], 2);  
        w = ev->tracks[tr].steps[st].dEnergyDep_keV/ev->primaryParticles[0].dEnergy_keV;  
        h_rz->Fill(rr, 0.1*ev->tracks[tr].steps[st].dPosition_mm[2], w);}}}
```

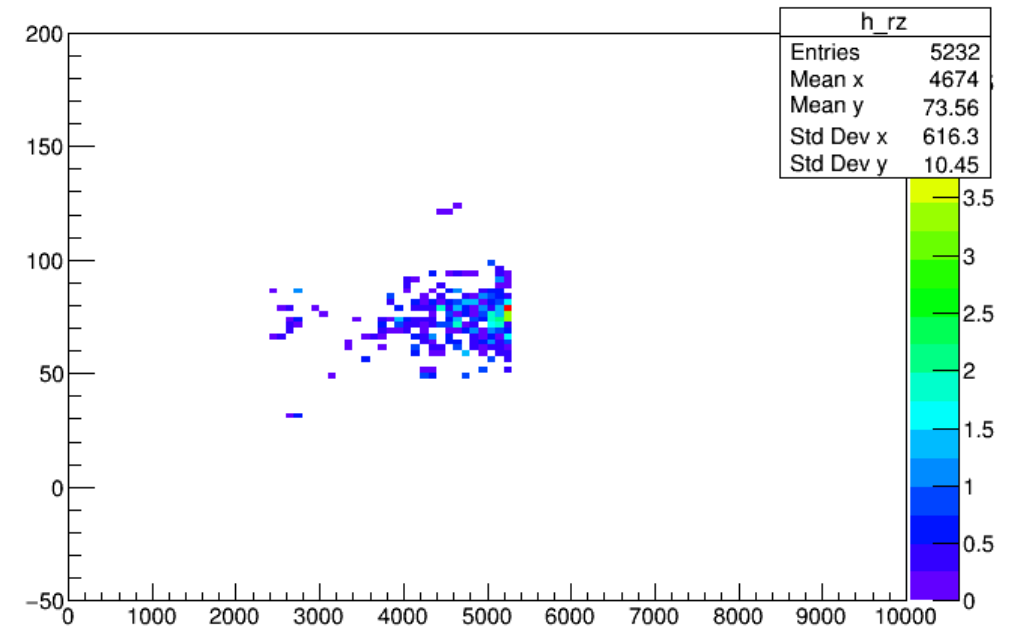
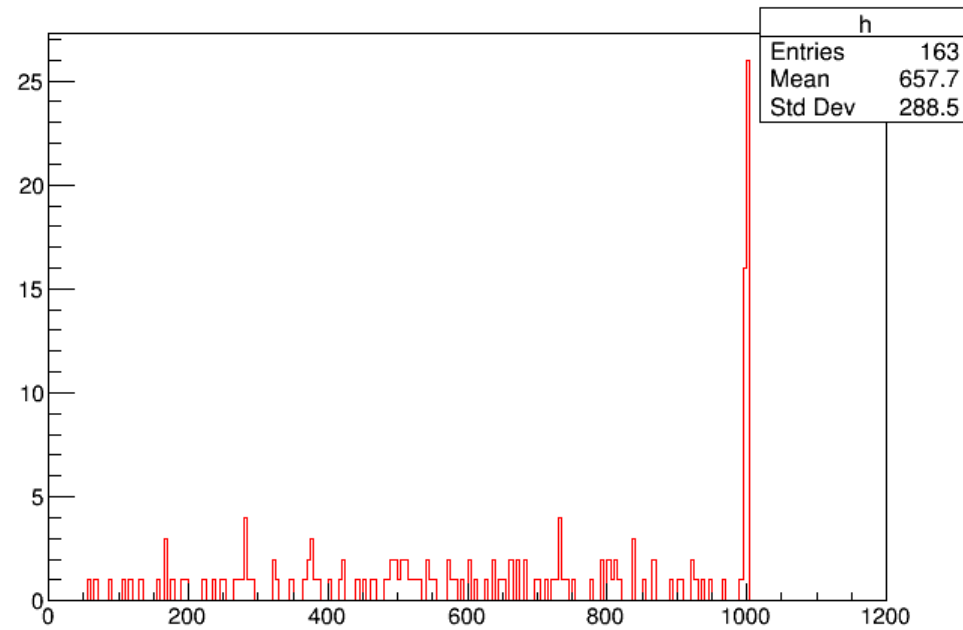
Figuras 6 e 7 – Código C++ que interpreta resultados da simulação

Atividades 1 e 2 - Resultados



Figuras 8 e 9 – Tratamento de dados para um fonte na posição (0,0,75) cm

Atividades 1 e 2 - Resultados



Figuras 10 e 11 – Tratamento de dados para um fonte na posição (80,0,75) cm

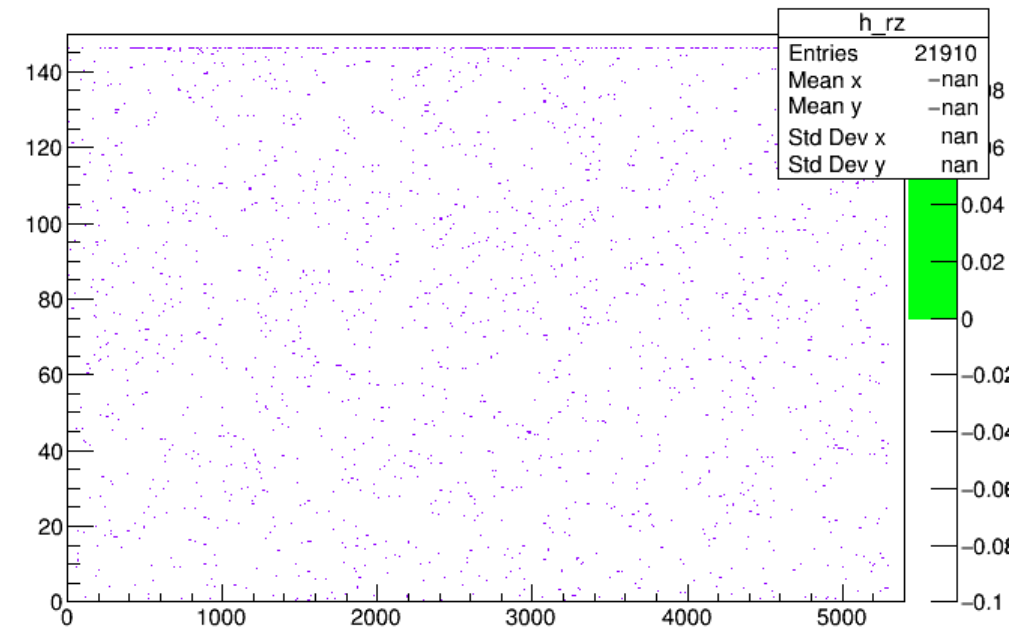
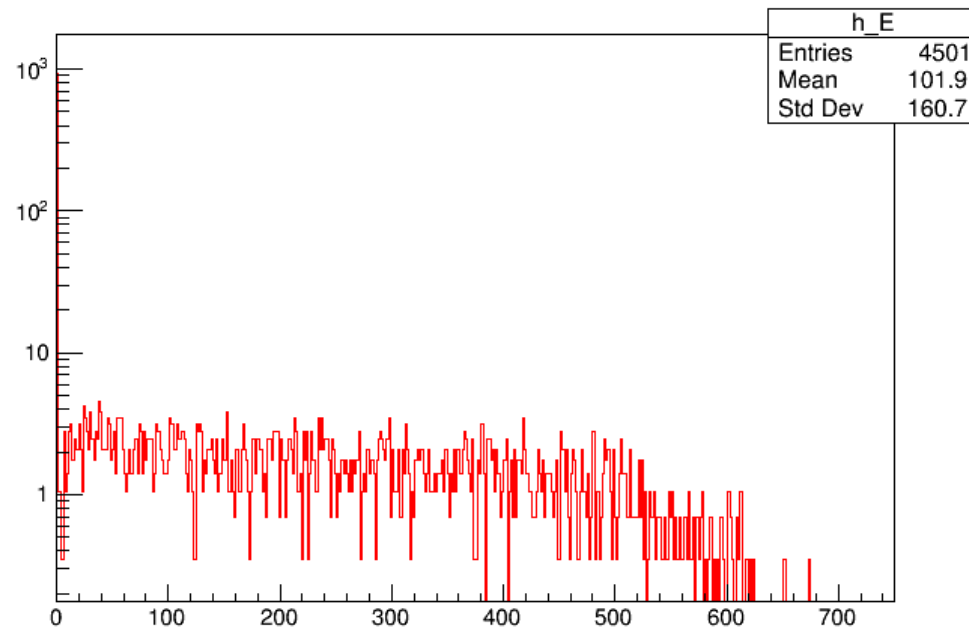
Atividade 3

- Simular uma amostra de desintegrações (beta) do ^{85}Kr no Xénon
- Tratar os dados com Root e criar um histograma 1D da energia depositada e um histograma 2D da posição r^2 -h onde tal acontece
- Normalizar o espectro de energia

```
/Bacc/source/set LiquidSkinXenon G4Decay_85_36 1 Bq  
/Bacc/source/set LiquidSkinXenonBank G4Decay_85_36 1 Bq  
/Bacc/source/set LiquidXenonTarget G4Decay_85_36 1 Bq  
/Bacc/source/set InnerGaseousXenon G4Decay_85_36 1 Bq  
/Bacc/source/set ReverseFieldRegion G4Decay_85_36 1 Bq  
  
/Bacc/physicsList/useOpticalProcesses false  
  
/Bacc/beamOn 10000
```

Figura 12 – Parte do ficheiro macro da simulação do Krypton

Atividade 3 - resultados

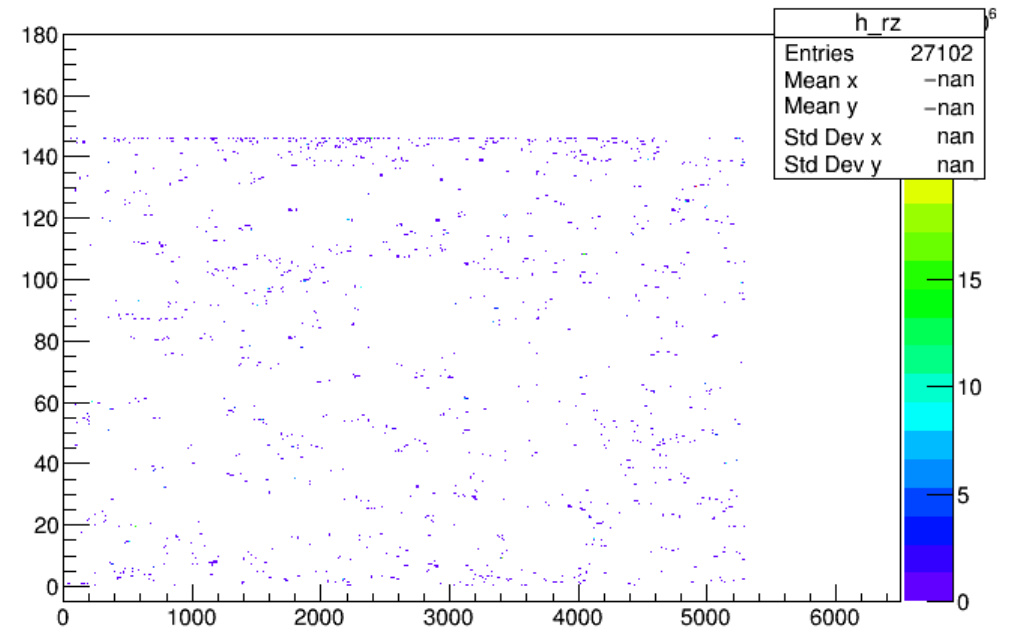
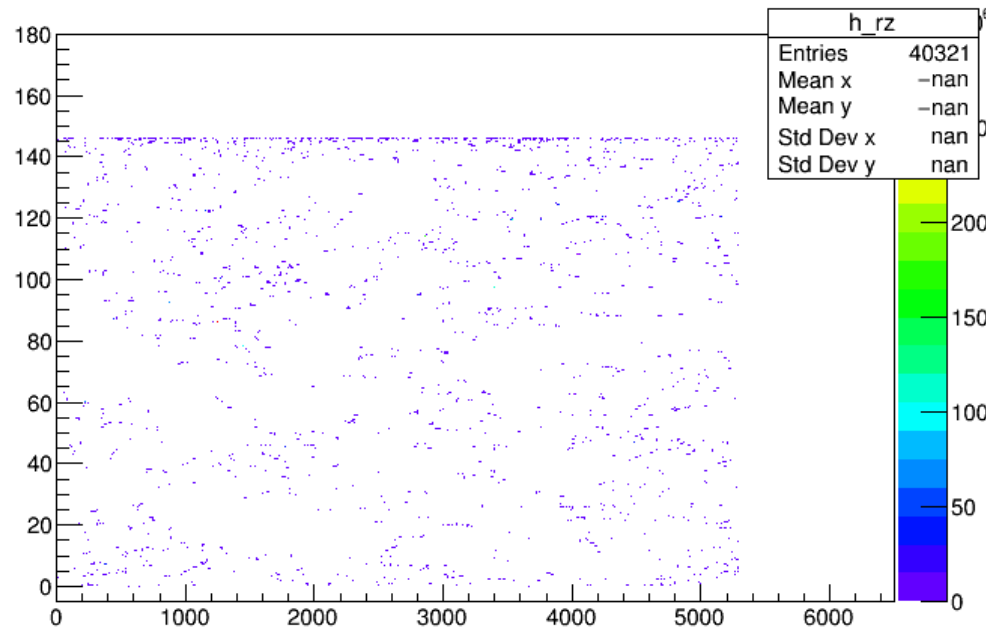


Figuras 13 e 14 – Tratamento de dados para decaimentos de Krypton

Atividade 4

- Efetuar o mesmo para os isótopos ^{222}Rn e ^{220}Rn
- Criar um histograma 1D dos espectros normalizados dos 3 isótopos (^{85}Kr , ^{222}Rn e ^{220}Rn)
- Criar um histograma 2D da posição r^2 -h para os 2 isótopos de Rádion

Atividade 4 - resultados



Figuras 15 e 16 – Distribuição de energia nos decaimentos de Rádion-222 (esquerda) e Rádion-220 (direita)

Atividade 4 - resultados

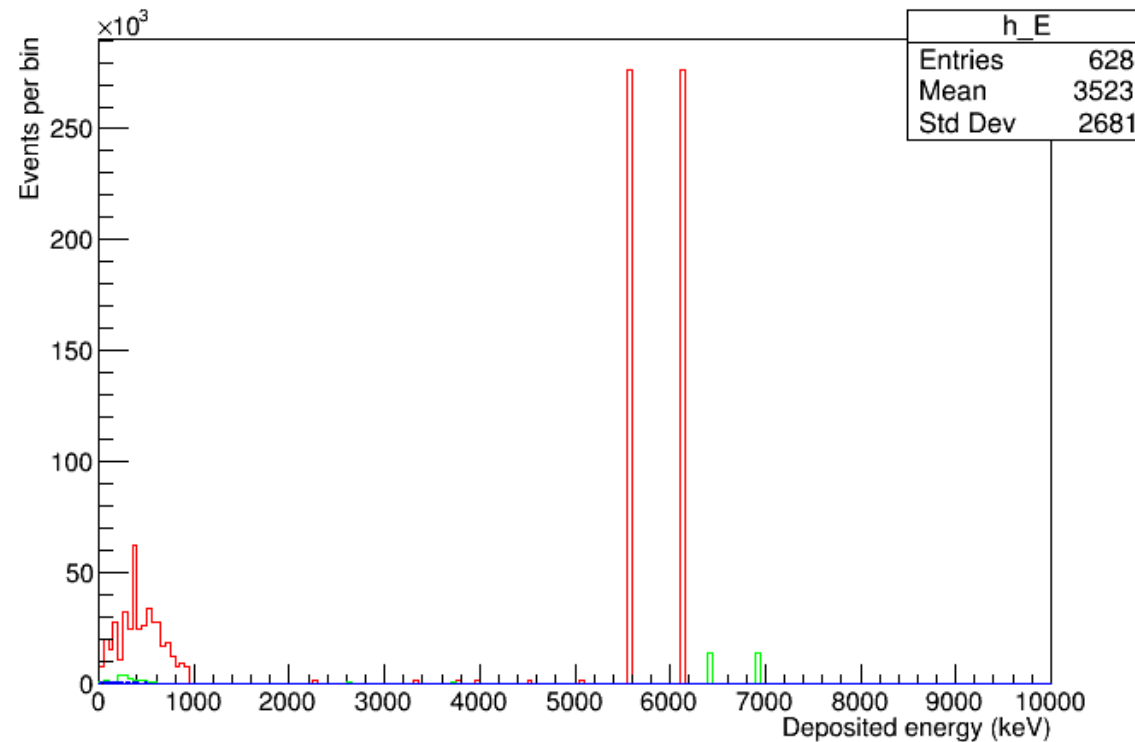


Figura 17 – Espectro de energia normalizado dos 3 isótopos, principais fontes de background.
Rádón-222 a Vermelho, Rádón-220 a preto, Krypton-85 a azul