

Prática VII - Medida do tempo de vida média dos múons

Aluno: Mapse Barroso Ferreira Filho
Professores: Hélio Nogima, Wagner Carvalho

30/11/2019

1 Objetivos

A finalidade desse experimento é a medida do tempo de vida média e do espectro do sinal de cintilação dos múons cósmicos. Tais medições, serão feitas através do ajuste de um arranjo experimental utilizando três detectores cintiladores e por meio da configuração de um trigger para a medida. Será utilizado um TDC (*Time to Digital Converter*) para a medida de tempo e de um QDC (*Charge to Digital Converter*) para a medida de carga elétrica.

2 Procedimentos

- a. Os três detectores funcionarão como um telescópio vertical de múons, sendo que entre os dois inferiores, deve ser colocado o chumbo para absorção da energia remanescente de múons de baixa energia. Peça a ajuda do professor/instrutor para essa montagem..
- b. Inicialmente, para a medida de tempo de vida média, desenhe um esquema em blocos da eletrônica apenas para a medida com o TDC.

O diagrama elaborado é apresentado na Fig. (1),

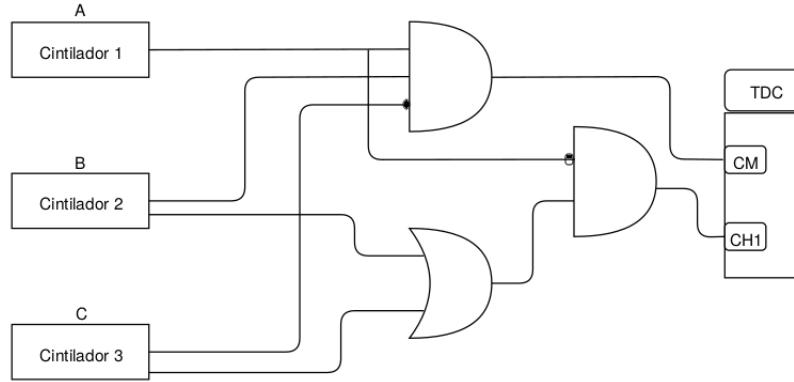


Figura 1: Esquemático projetado.

Como o evento procurado é o decaimento do múon em elétron e neutrino, espera-se que o múon do evento procurado não gere sinal no terceiro cintilador. Sendo assim, o sinal que inicia cronômetro do TDC é dado pelos sinais que passam pelos dois primeiros cintiladores, mas não no terceiro. Em linguagem lógica, o sinal é $AB\bar{C}$. Dessa forma, espera-se que o múon decaia na chapa de chumbo que fica entre os cintiladores 2 e 3. Daí, o elétron emitido (o neutrino, é claro, não pode ser detectado) pode ser detectado em um desses dois cintiladores, mas não no primeiro, pois para ele chegar até lá, deveria passar pelas madeiras que fazem parte do cintilador 2 e pelo ar, o que seria um evento fortuito. Portanto, deve-se fazer uma seleção com a porta lógica *or* para o sinal dos possíveis elétrons. Ademais, faz-se necessário que seja negado os sinais que chegam do primeiro cintilador, pois isso, provavelmente, não seria o elétron procurado no decaimento. Portanto, a lógica de parada do cronômetro é $\bar{A}(B + C)$.

c. **Monte o sistema desenhado. Escolha valores de discriminação (tensão e tempo) compatíveis com a medida e anote os valores escolhidos.**

Os valores foram,

$$10 \text{ mV e } 10 \text{ ns.} \quad (1)$$

d. **Faça uma aquisição de dados com o programa “testegeral.TDC.cz_HN.vi”. Verifique o bom funcionamento do sistema, sem a necessidade de uma coleta de alta estatística.**

O sistema foi utilizado por duas oportunidades, sendo que a média de tempo em que se fez a aquisição dos dados foi de aproximadamente 10 horas por dia. Com isso, obtêm-se o histograma da Fig. (2).

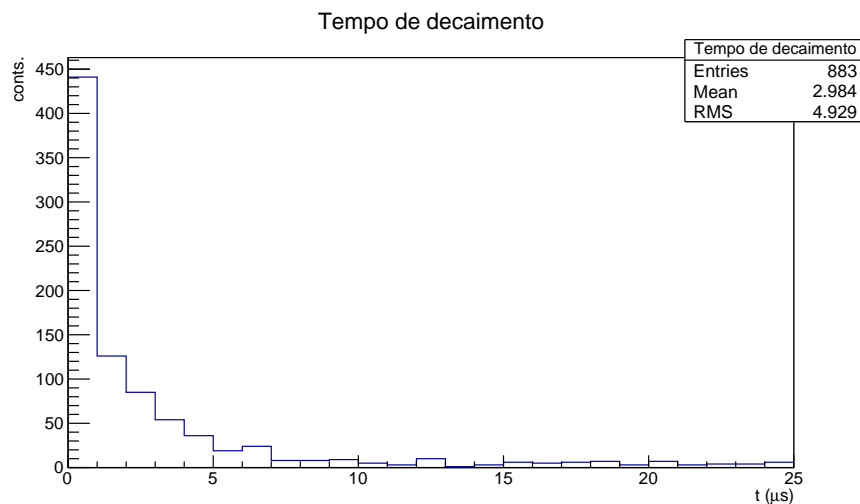


Figura 2: Dados coletados para verificação do funcionamento do sistema.

Observando o histograma, percebe-se que a distribuição tende a ser exponencial. Contudo, desde já, é notado uma grande quantidade de eventos para tempos menores do que $1 \mu s$, que pode ser indício de erro sistemático. Levando em consideração tal falto, pode-se fazer um fit para se determinar uma estimativa do tempo de vida média do múon tomando valores maiores do que $1 \mu s$. Daí, o primeiro valor estimado é $2,016 \mu s$, que fica bem próximo do valor esperando. Assim, constata-se que o experimento montado, ao que tudo indica, está coletando dados de forma confiável.

e. **Com base na funcionalidade do QDC, adicione ao projeto a medida de carga do detector superior (se possível também do intermediário). A aquisição será feita simultaneamente com o TDC através de outro programa fornecido.**

Nessa etapa da montagem, foi observado que o programa para a aquisição simultânea dos dados não estava funcionando corretamente. Sendo assim, optou-se por realizar primeiro a montagem apenas do sistema com o TDC e depois a montagem do sistema com o QDC.

f. **Verifique o bom funcionamento do sistema com uma curta aquisição de dados.**

g. **Ajuste o sistema para uma medida do pedestal do QDC. Fale com o professor/instrutor. Colete dados de pedestal.**

h. **Retorne o sistema para o funcionamento normal (TDC+QDC) e**

faça uma tomada de dados suficiente para a medida da vida média dos múons. Sem interromper a aquisição, verifique de a qualidade dos dados de tempos em tempos.

3 Análise

1. Analise as distribuições de tempo encontradas. Encontre a região candidata a distribuição de decaimentos de múons e, através de um ajuste de função, estime a vida média.

A partir dos dados obtidos se obtêm o histograma da Fig. (3),

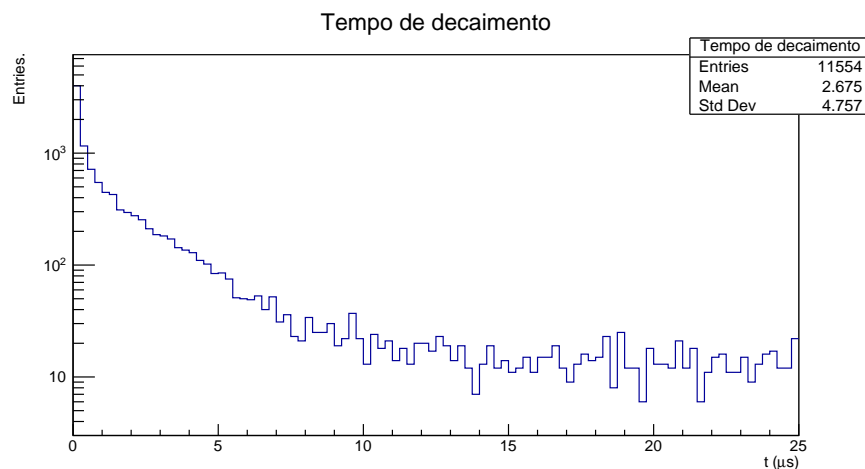


Figura 3: Dados coletados para a obtenção da vida média dos múons.

em que os valores do eixo y estão na escala logarítmica. Sendo assim, como o comportamento é exponencial, espera-se que os tempos de decaimento dos múons estejam com comportamento linear nesta escala. Dessa forma, utilizando uma exponencial e uma função linear, obtêm-se o *fit* para os dados,

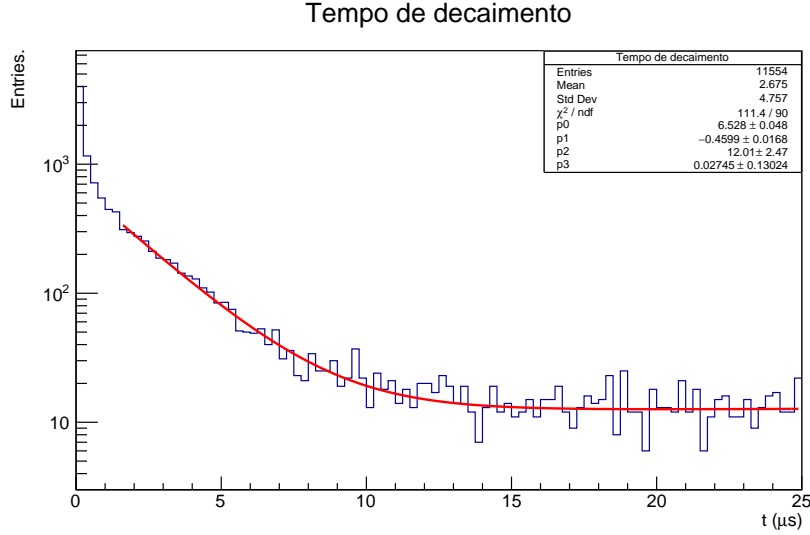


Figura 4: Fit para os dados da vida média dos múons.

O intervalo escolhido para a realização do *fit* foi de $1,5 \mu s$ até $25 \mu s$. Os valores menores do que $1,5 \mu s$ não foram considerados pois entram em uma região de grande erro instrumental, como se pode ver no histograma obtido. Como o decaimento é do tipo $e^{-t/\tau}$, e o parâmetro p_1 do *fit* é $1/\tau$, o tempo de vida médio é $2,1743857 \mu s$. Para a obtenção da incerteza associada, precisa-se propagar o erro através de

$$\sigma_\tau = \frac{\sigma_t}{t^2} = 0,0168/0,4599^2 = 0,0794 \mu s \quad (2)$$

resultando em uma precisão de 3,47 %. Dessa forma, a vida média estimada é,

$$(2,1744 \pm 0,0794) \mu s \quad (3)$$

2. Verifique a compatibilidade do valor obtido com a referência $\tau = 2,1969811(22) \mu s$.

Fazendo,

$$|\tau - \tau_{ref}| = |2,1744 - 2,1970| = 0.0226 \quad (4)$$

e

$$2 \cdot \sigma_\tau = 2 \cdot 0,0794 = 0,1588 \quad (5)$$

percebe-se que $|\tau - \tau_{ref}| < 2\sigma_\tau$, garantindo a compatibilidade do resultado obtido.

3. Analise a distribuição de carga elétrica do(s) cintiladores(es), verifique o

espectro na região temporal em que ocorre o decaimento e fora dessa região.

Para montar o histograma de distribuição de cargas foi preciso considerar que o manual do QDC utilizado associa a cada contagem um total de -125 fC , sendo assim, o histograma é dado pela Fig. (5).

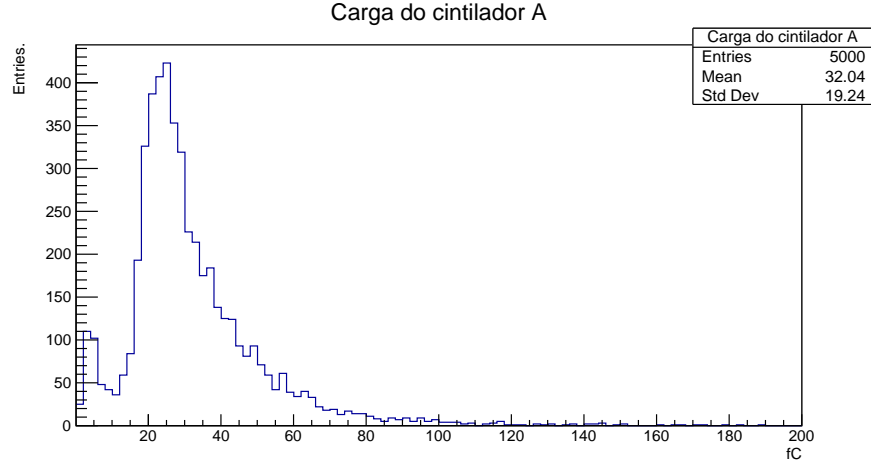


Figura 5: Distribuição de carga do cintilador A.

Assim, percebe-se que a distribuição de cargas segue uma distribuição de Landau, excetuando-se os eventos em que a carga é menor do que 10 fC . Interpreta-se esses eventos como uma zona de ruído do equipamento utilizado e, portanto, ao realizar um fit com uma *pdf* de Landau, obtêm-se a carga média de $23,63 \text{ fC}$.

4. Encontre o valor médio da carga gerada por múons incidentes nos dois casos, subtraindo da medita bruta o valor do pedestal.

Fazendo a subtração dos dados, obtêm-se o histograma da Fig. (6).

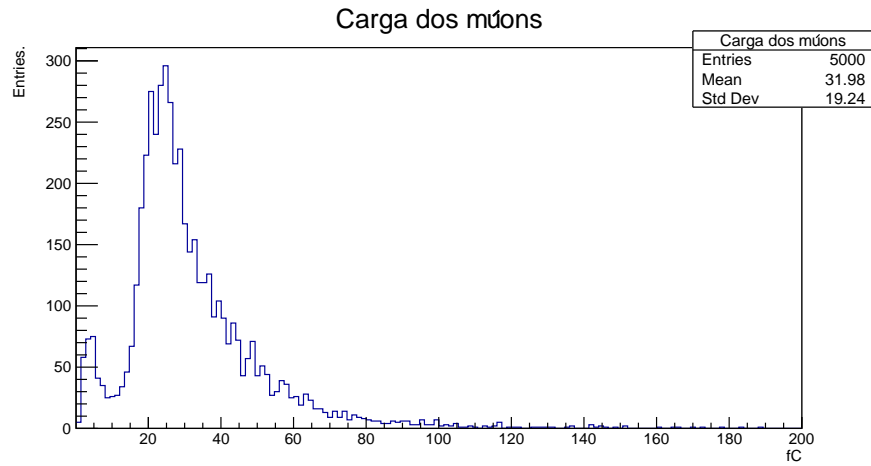


Figura 6: Distribuição de carga dos múons.

Percebe-se que a carga do pedestal é, quando não nula, a própria resolução do instrumento. Portanto, o histograma da Fig. (6) é praticamente idêntico ao histograma da Fig. (5). Ao realizar o *fit* obtêm-se uma carga média de $23,35 \text{ fC}$.

5. Conclua a respeito da eventual diferença de carga nas duas regiões.

A diferença de cargas nas duas regiões se deve ao fato de que os múons que passaram depositaram energias diferentes e, conseqüentemente o sinal da fotomultiplicadora possuirá uma tensão menor, o que incorre em uma menor carga integrada.