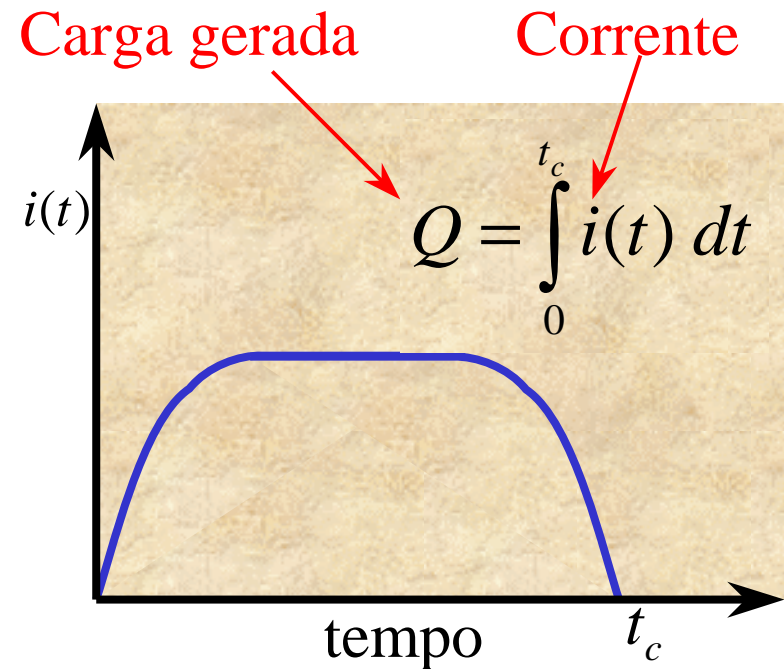
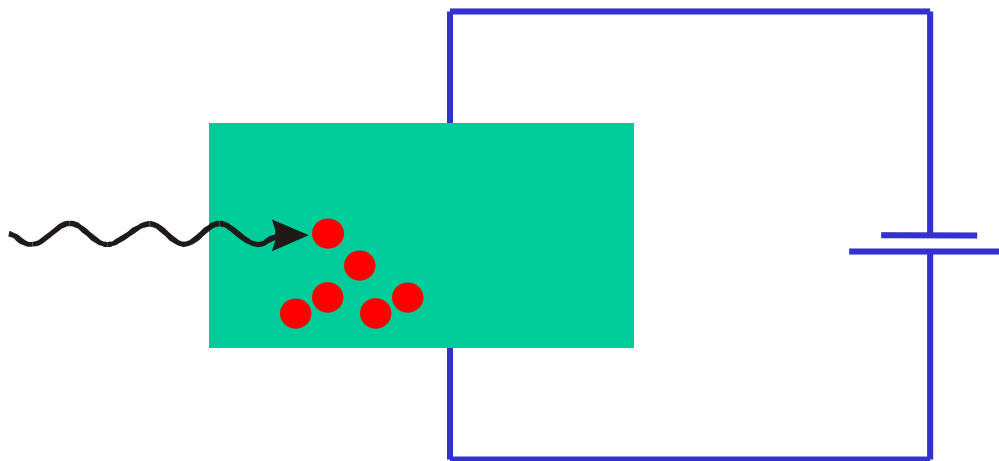


# INSTRUMENTAÇÃO NUCLEAR

## PROPRIEDADES GERAIS DE DETECTORES DE RADIAÇÃO

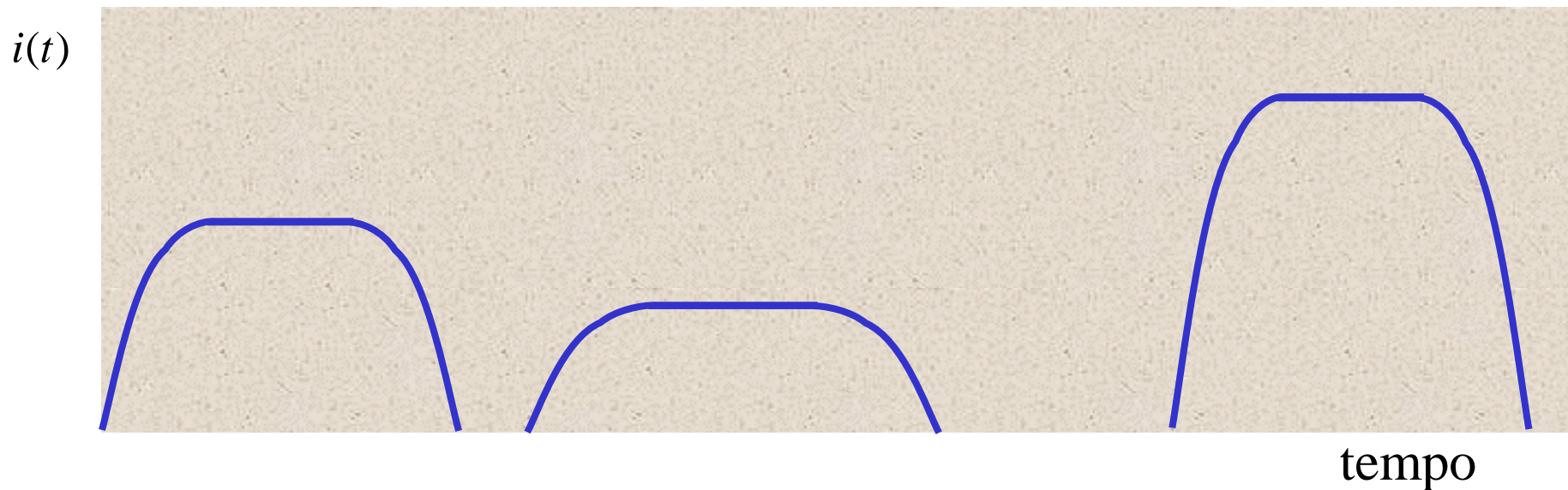
# Propriedades gerais de um detector

1. Para que seja possível a detecção é imprescindível que ocorra uma interação da radiação com o material do detector.
2. O resultado final da interação deverá ser a produção de elétrons para, através de uma diferença de potencial, que as cargas sejam coletadas com a produção de um sinal elétrico.



# Propriedades gerais de um detector

Na situação real, muitos fótons interagem com o detector em certo intervalo de tempo.



A altura do pulso dependerá do número de elétrons liberados que, por sua vez, dependerá da energia transferida para o material do detector.

## Energia /par de íons (W) e fator de Fano (F)

| Material | W(eV) |
|----------|-------|
| Gases    | 30    |
| NaI(Tl)  | 20    |
| Ge       | 3     |

| Material | F    |
|----------|------|
| Gases    | 0.2  |
| NaI(Tl)  | 1    |
| Ge       | 0.05 |

$$N = \frac{E}{W}$$

$$\sigma_N^2 = F \cdot N$$

# Modos de operação de detectores

Modo  
corrente



mede a média da  
corrente no tempo

Modo pulso



registra cada interação  
individualmente



mede a energia

não mede a energia



ESPECTROSCOPIA

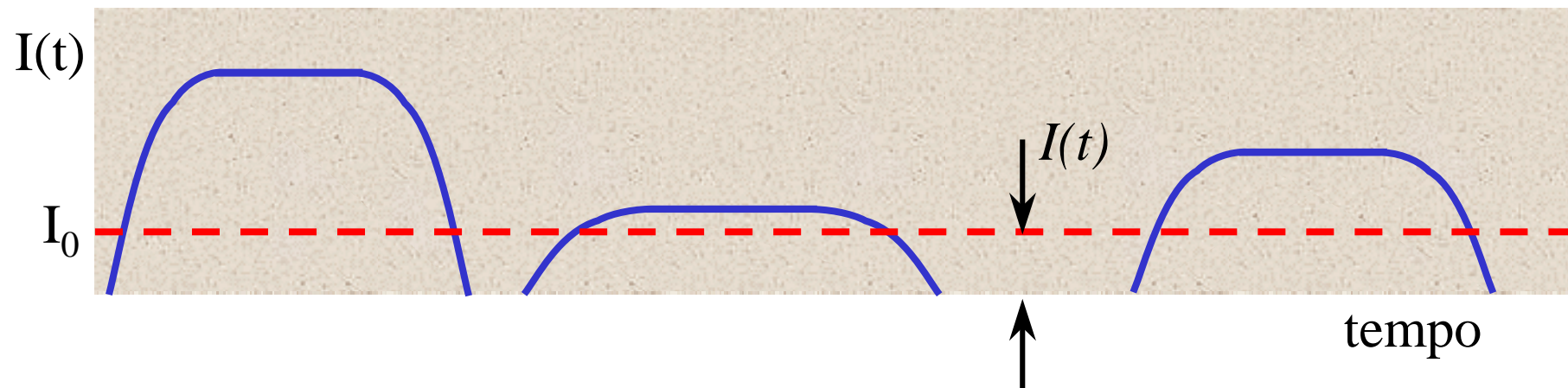
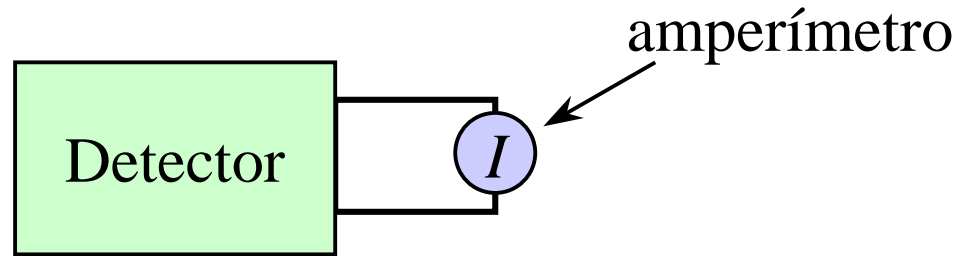


CONTADOR

Em campos de  
radiação muito  
altos, o modo  
pulso é  
impossível de ser  
aplicado.

# Modos de operação de detectores

a. Modo corrente



$$I_0 = rQ = r \frac{E}{W} q$$

$r \rightarrow$  taxa de eventos

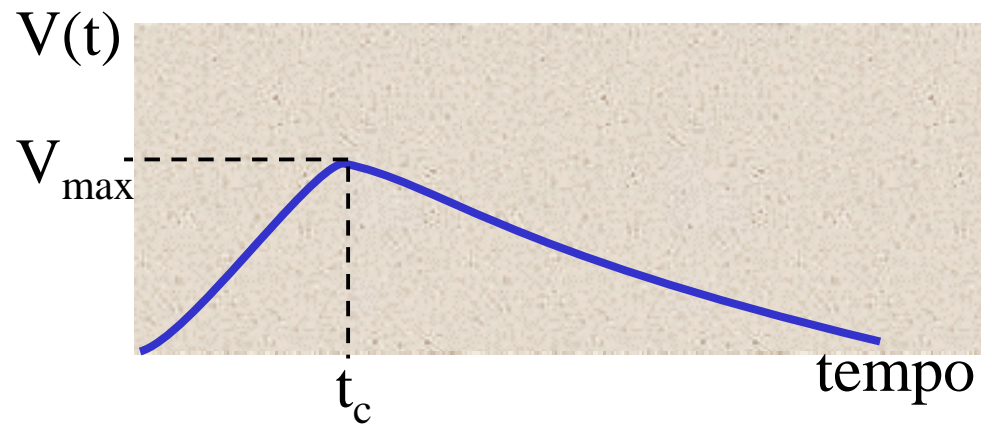
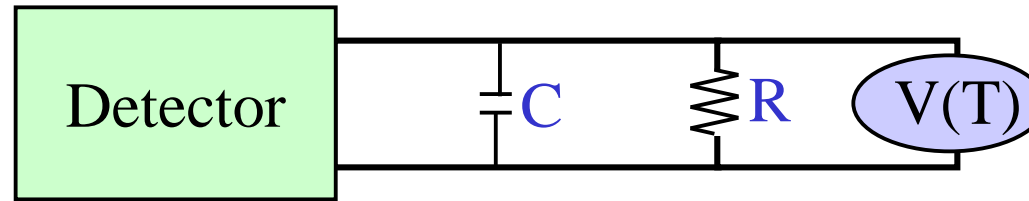
$Q = Eq/W \rightarrow$  carga produzida por evento

$E \rightarrow$  energia média depositada por evento

$q \rightarrow 1.6E-19C$

# Modos de operação de detectores

b. Modo pulso

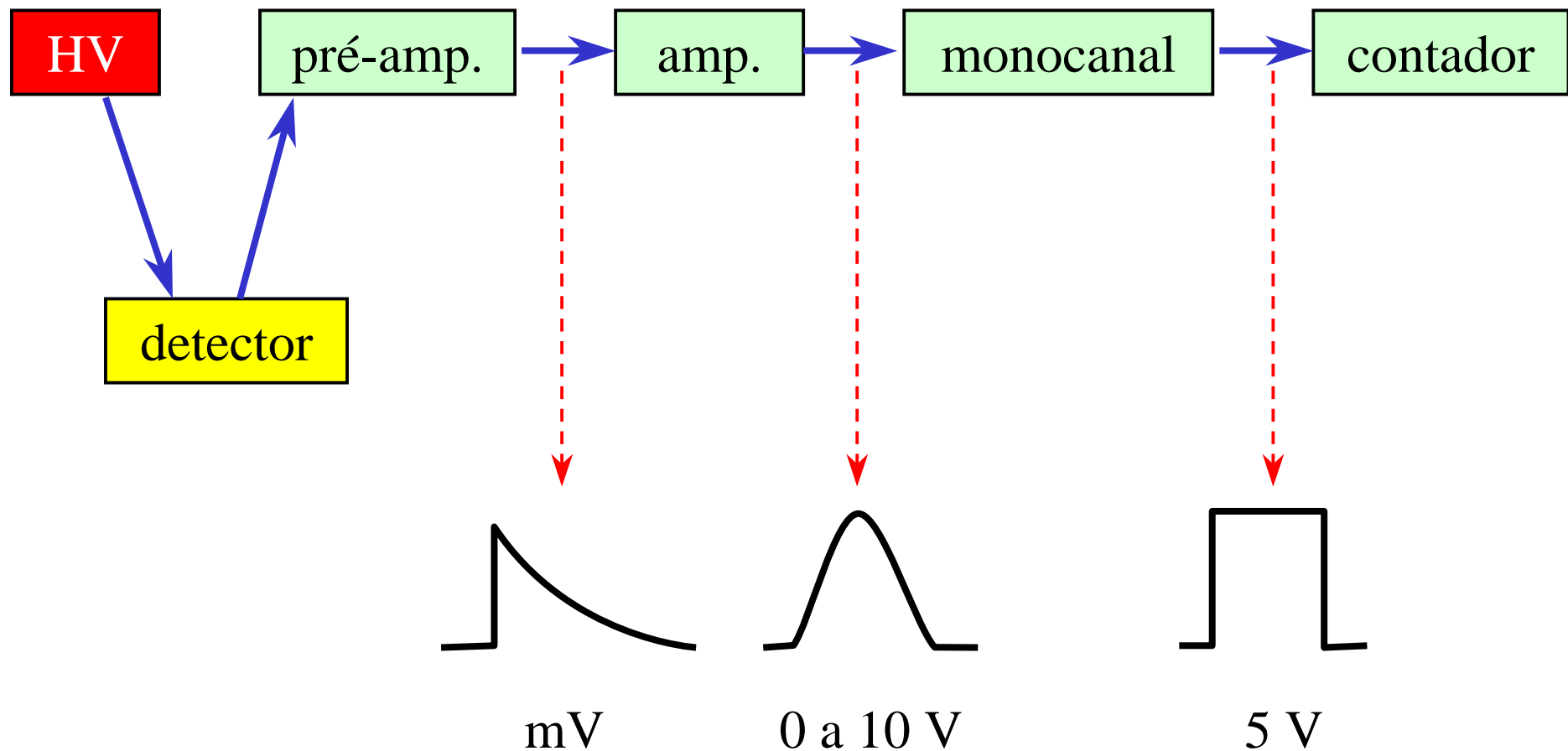


$$V_{\max} = \frac{Q}{C} = \frac{Eq}{WC}$$

Como  $q$ ,  $W$  e  $C$  (capacitância) são constantes :

$V_{\max}$  é proporcional a  $E$ .

# Sistema de medida de pulsos

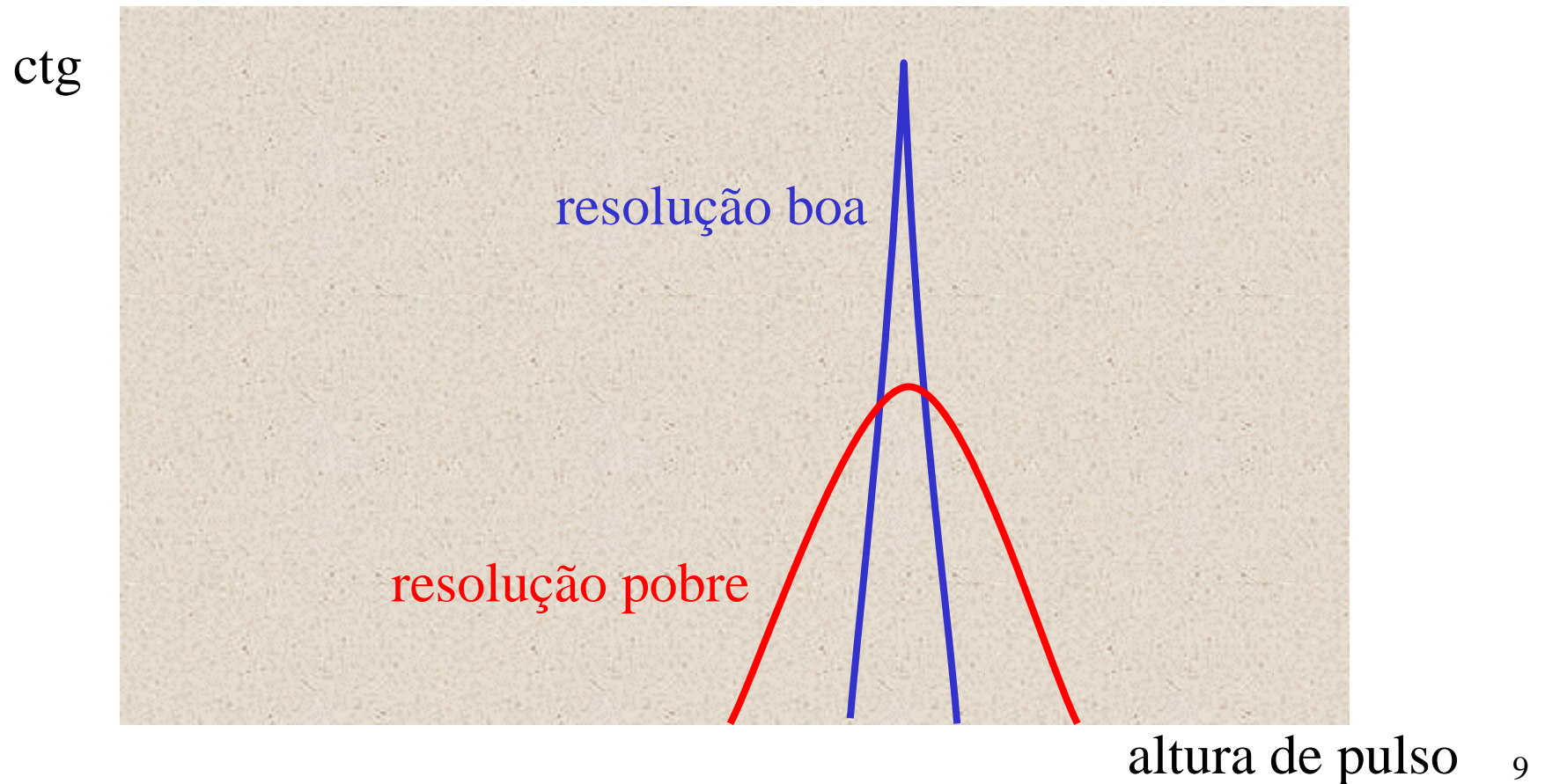




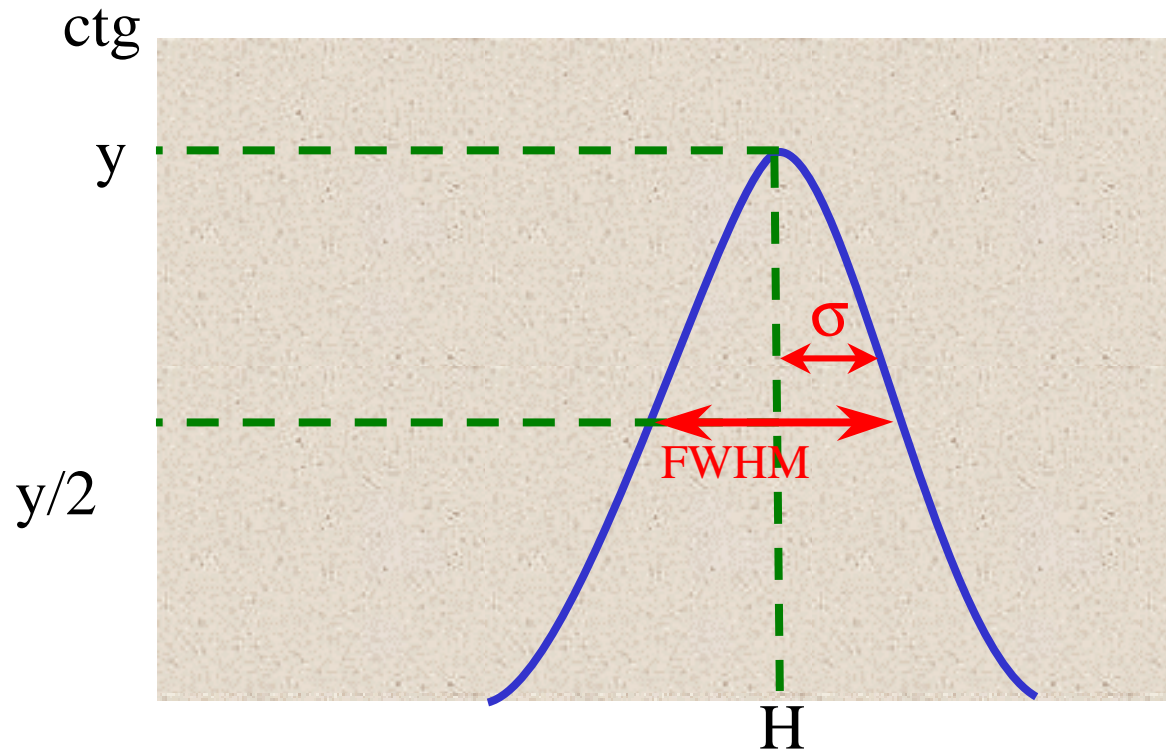
# Resolução em energia

Para a identificação de radionuclídeos é necessário a medida da distribuição em energia da radiação incidente:

**ESPECTROSCOPIA DE RADIAÇÃO.**



# Resolução em energia



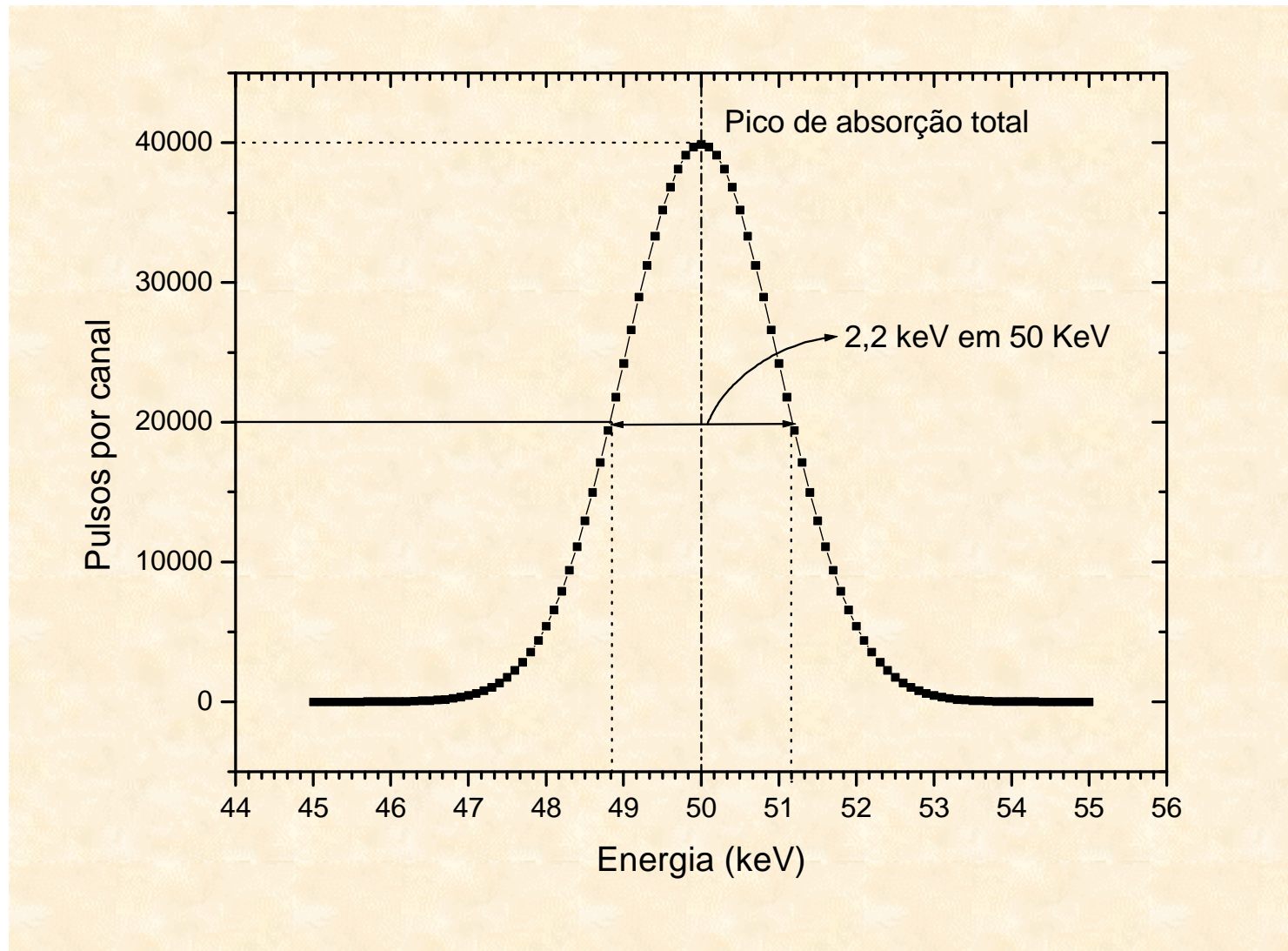
$$FWHM = 2.35\sigma$$

$$R = \frac{FWHM}{H}$$

$$(FWHM)_{TOTAL}^2 = (FWHM)_{ESTATÍSTICO}^2 + (FWHM)_{RUÍDO}^2 + (FWHM)_{DRIFT}^2 + \dots$$

Duas energias são bem distinguidas quando a diferença entre elas seja maior que uma FWHM.

# Resolução em energia - exemplo



HPGe → 0.1%

Cintilador → 5 – 10%

# Eficiência de detecção

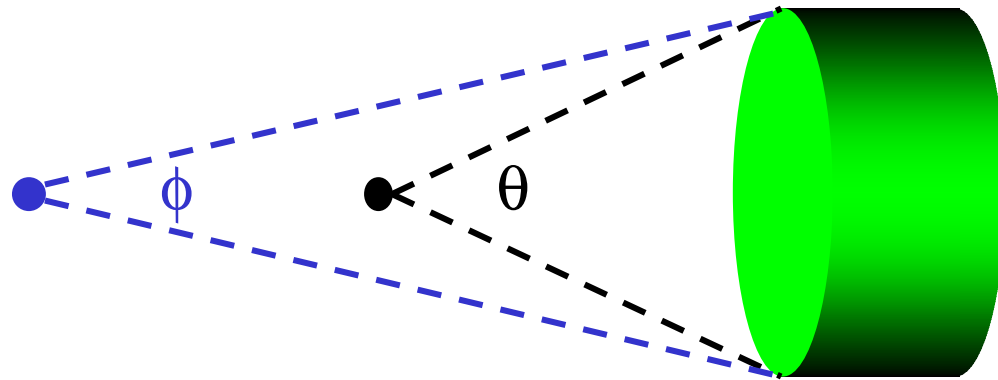
Pode ser dividida em duas classes:

1. eficiência absoluta

$$\varepsilon_{abs} = \frac{\text{número de pulsos}}{\text{número de fótons emitidos}}$$

2. eficiência intrínseca

$$\varepsilon_{int} = \frac{\text{número de pulsos}}{\text{número de fótons incidentes}}$$



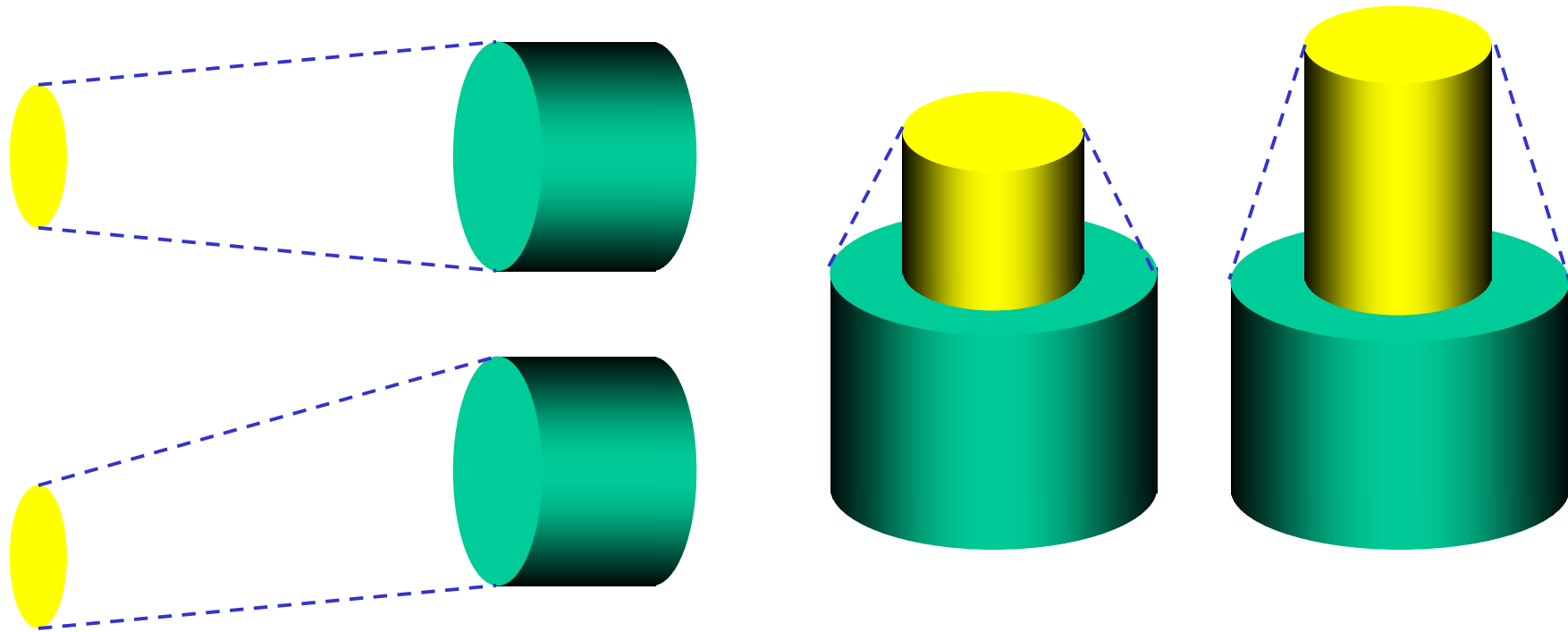
$$\theta > \phi$$

$$\varepsilon_{abs}(\theta) > \varepsilon_{abs}(\phi)$$

$$\varepsilon_{int}(\theta) \approx \varepsilon_{int}(\phi)$$

## Geometria de detecção

Existe uma forte dependência entre dimensões da fonte e distância do detector com a eficiência de detecção.

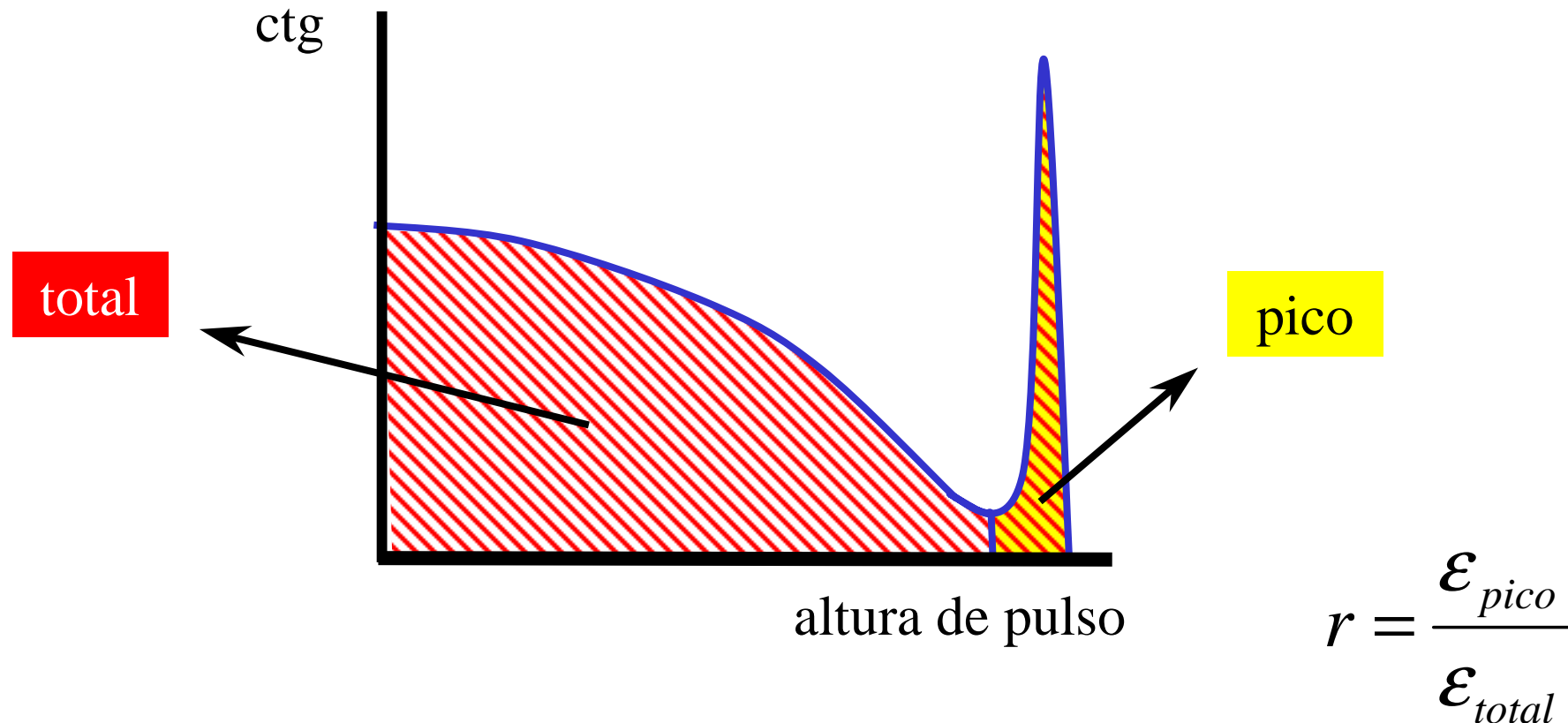


**Ao determinar uma geometria de contagem, esta deverá ser respeitada.**

## Eficiência total e pico

**Eficiência pico** – considera apenas a deposição total da energia.

**Eficiência total** – considera todos os pulsos gerados no detector.



## Tempo morto

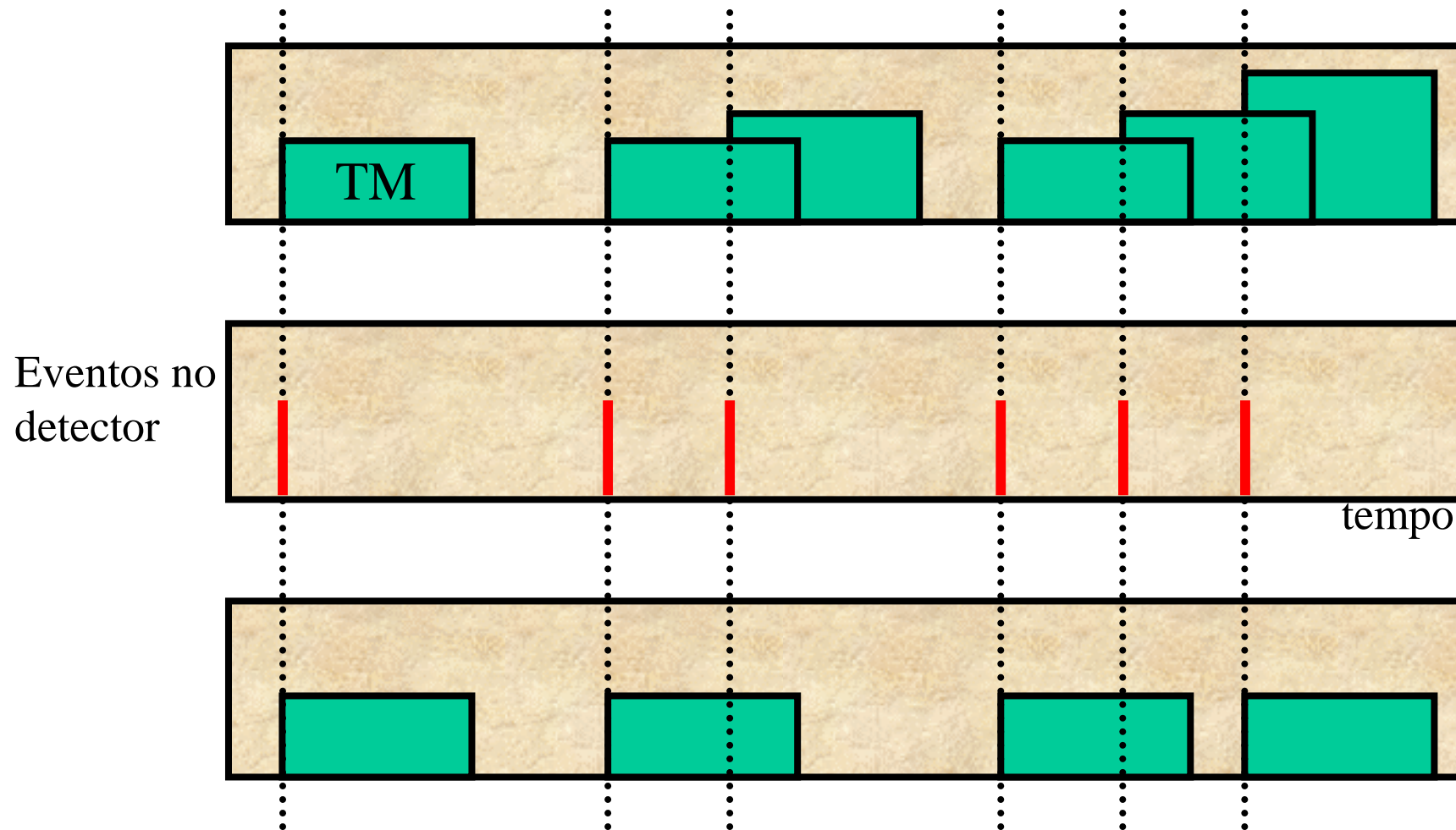
Praticamente todos os sistemas de medida necessitam de um tempo mínimo separando dois eventos para que seja possível distingui-los; seja por processos no próprio detector ou na eletrônica associada.

Devido a propriedade aleatória do decaimento radioativo, sempre haverá a possibilidade de dois eventos ocorrerem em tempo menor que o necessário. Nestes casos ocorrerá “perda” de informação que poderá se tornar muito severa conforme aumenta a taxa de contagem.

Há a necessidade de correção para o tempo morto.

# Modelos de comportamento de tempo morto

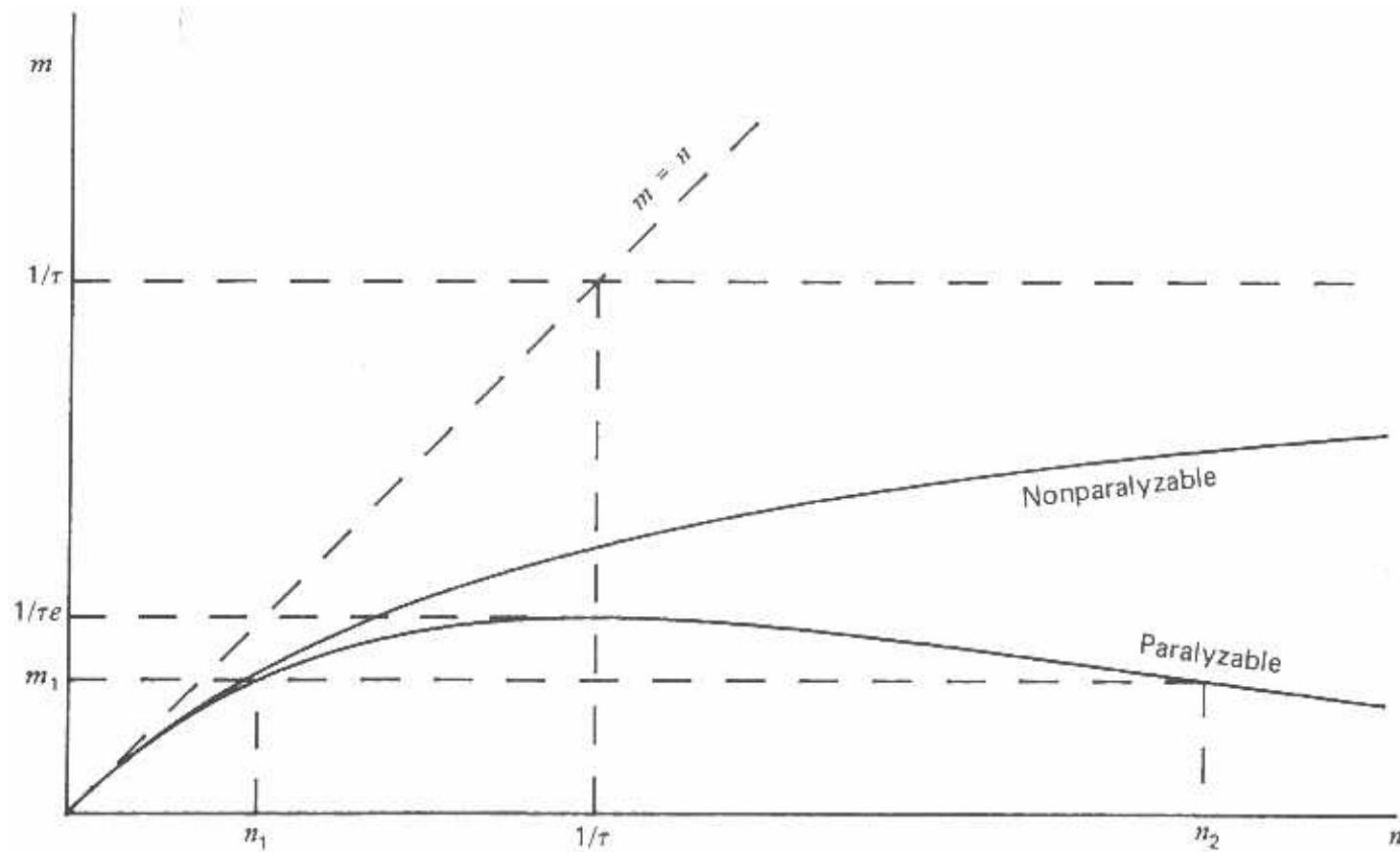
a. Paralizado: Durante o TM qualquer evento, apesar de não ser contado, alarga o TM.



b. Não-paralizado: Durante o TM qualquer evento não tem efeito.



# Efeito do tempo morto



**Figure 4.8** Variation of the observed rate  $m$  as a function of the true rate  $n$  for two models of dead time losses.

## Medida do tempo morto

Sejam  $m_1, m_2$  e  $m_{12}$  as taxas de contagens (fonte + bg) com a fonte 1, fonte 2 e ambas fontes, respectivamente; sejam  $n_b$  e  $m_b$  as taxas de contagem real e observada do bg sem fonte.

$$\tau = \frac{X \left(1 - \sqrt{1 - Z}\right)}{Y}$$

$$X \equiv m_1 \cdot m_2 - m_b \cdot m_{12}$$

$$Y \equiv m_1 \cdot m_2 \cdot (m_{12} + m_b) - m_b \cdot m_{12} \cdot (m_1 + m_2)$$

$$Z \equiv \frac{Y \cdot (m_1 + m_2 - m_{12} - m_b)}{X^2}$$

Caso  $m_b=0$ :

$$\tau = \frac{m_1 \cdot m_2 - \left[ m_1 \cdot m_2 \cdot (m_{12} - m_1) \cdot (m_{12} - m_2) \right]^{1/2}}{m_1 \cdot m_2 \cdot m_{12}}$$

## Exercício

Um espectrometro gama registra duas energias: 435 e 490 keV. Qual deverá ser a menor resolução em energia (em %) para que sejam distinguidos?

## Exercício

Em um detector com o fator de Fano igual a 0.1, qual deve ser o mínimo de cargas por pulso para uma resolução estatística de 0.5%?

## Exercício

Um detector apresenta eficiência absoluta de 5% para fótons de 1 MeV. Qual o número de contagens no pico de 1 MeV para uma fonte de 20 kBq após 100s de tempo de contagem?

## Exercício

Um detector de bg desprezível, apresenta 10000 ctg para uma fonte durante contagem de 1s. Quando uma outra fonte idêntica a primeira é posicionada, o detector registra 19000 ctg. Qual é o tempo morto do detector?