

Detectores de Partículas

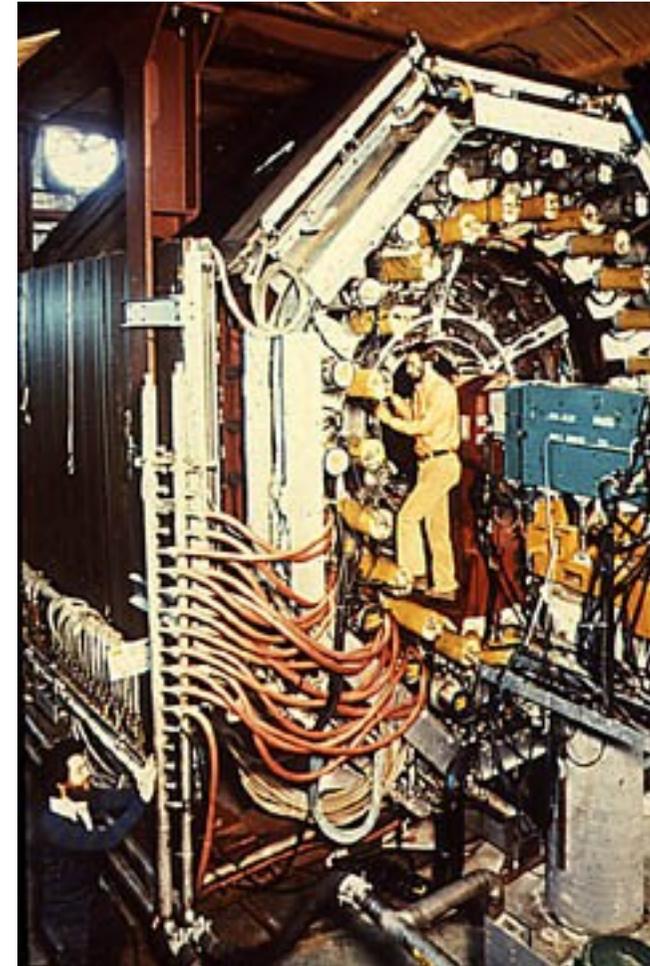
*Thiago Tomei
IFT-UNESP
Março 2009*

Sumário

- ❑ *Detectores Herméticos.*
- ❑ *Componentes de um Detector Hermético.*
 - *Sistema de Trajetória.*
 - *Calorímetros.*
 - *Identificação de Partículas.*
- ❑ *Combinando os Componentes.*
- ❑ *Conclusões.*

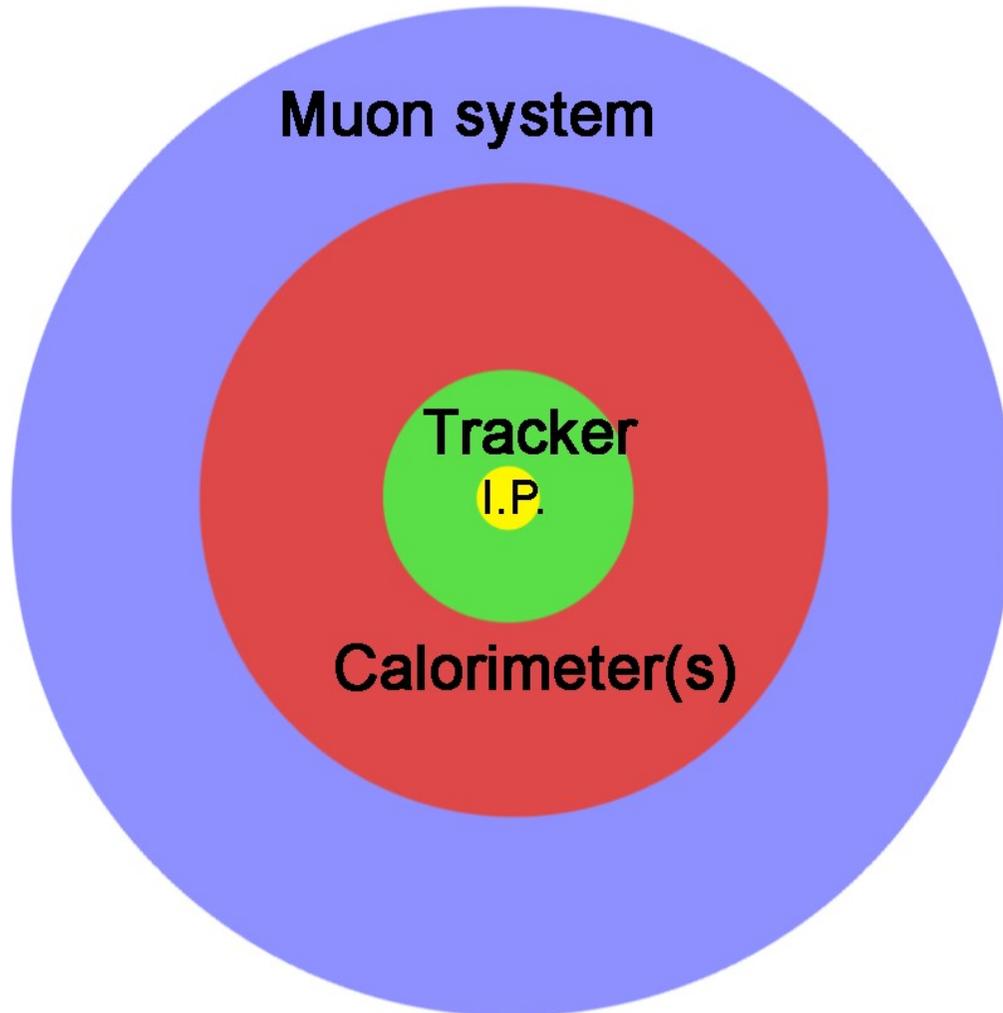
Detectores Herméticos

- ❑ *Detector projetado para observar ~ todos os possíveis produtos de decaimento em uma colisão de partículas.*
 - *Cobertura de ângulo sólido tão grande quanto possível ao redor do ponto de interação.*
 - *Diferentes tipos de subdetectores para observar todas os tipos de partículas.*



- ❑ *Detector Mark I, localizado no ponto de interação do colisor SPEAR (1971-1977).*

Detectores Herméticos



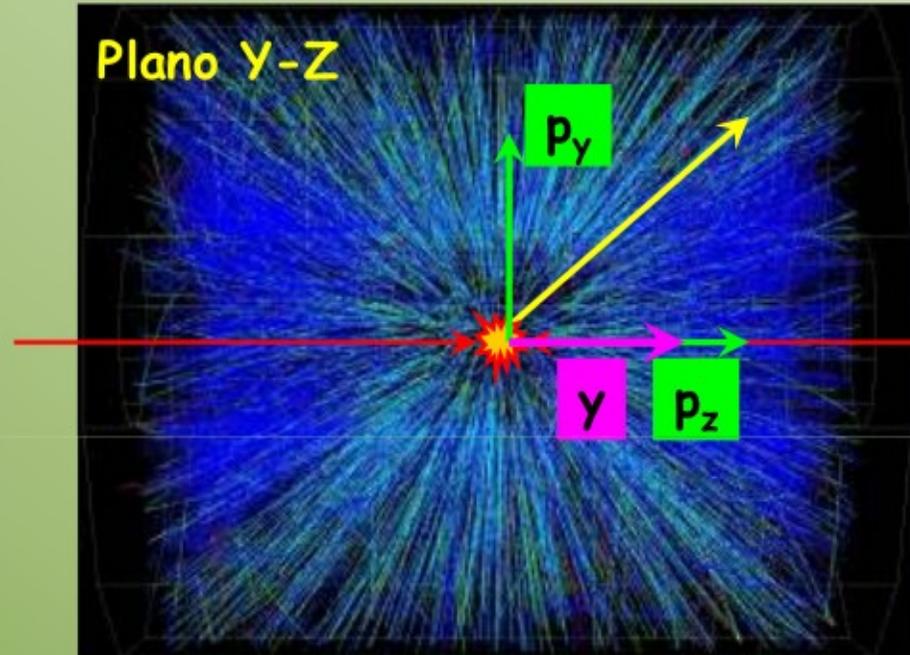
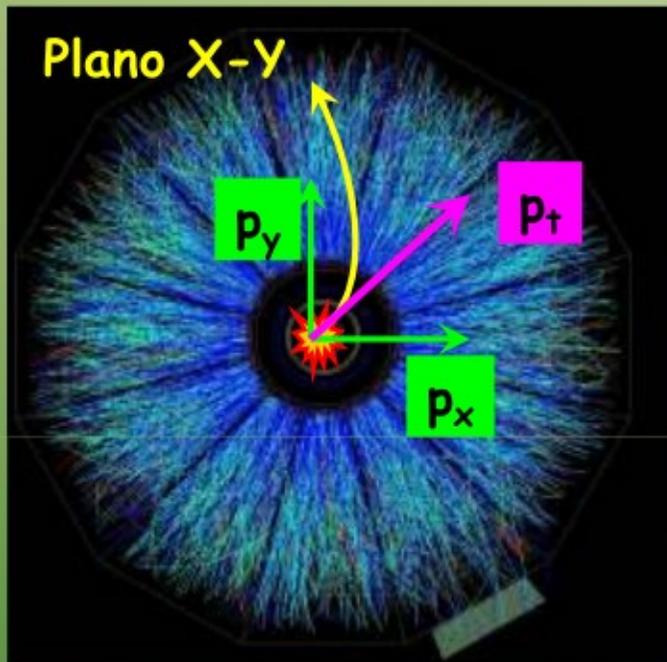
□ Visão geral de um detector hermético.

- Medida não-destrutiva de momento através de trajetória.
- Medida destrutiva de energia através de chuveiros.
- Outros detectores.
 - Sistema de múons.
 - Cherenkov, transição.
 - Tempo de voo.

Uma Partícula Especial: o Múon.

- ❑ *Descoberto por Carl D. Anderson em 1936.*
- ❑ *Características:*
 - *Lépton (não sofre a interação forte).*
 - *Massa 105.66 MeV. ($\sim 200 m_e$, $\sim 0.1 m_p$).*
 - *Férmion (spin $\frac{1}{2}$).*
 - *Carga elementar.*
 - *$\tau = 2.2 \mu\text{s} \rightarrow c\tau = 660 \text{ m}$.*
 - *Decaimento: $\mu \rightarrow e + \nu_e + \nu_\mu$*
- ❑ *Lépton pesado de longo vôo com decaimento bem-definido \rightarrow sinal muito claro.*

Variáveis Cinemáticas



Momento Transversal:
$$p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$$

Massa Transversal:
$$m_T = \sqrt{m_0^2 + p_T^2}$$

Rapidez:
$$y = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{E + p_z}{E - p_z}\right)$$

Pseudo-Rapidez:
$$\eta = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{p + p_z}{p - p_z}\right)$$

17/11/2008

Detecores de Partículas: Uma
introdução ao CMS

4

24/03/09

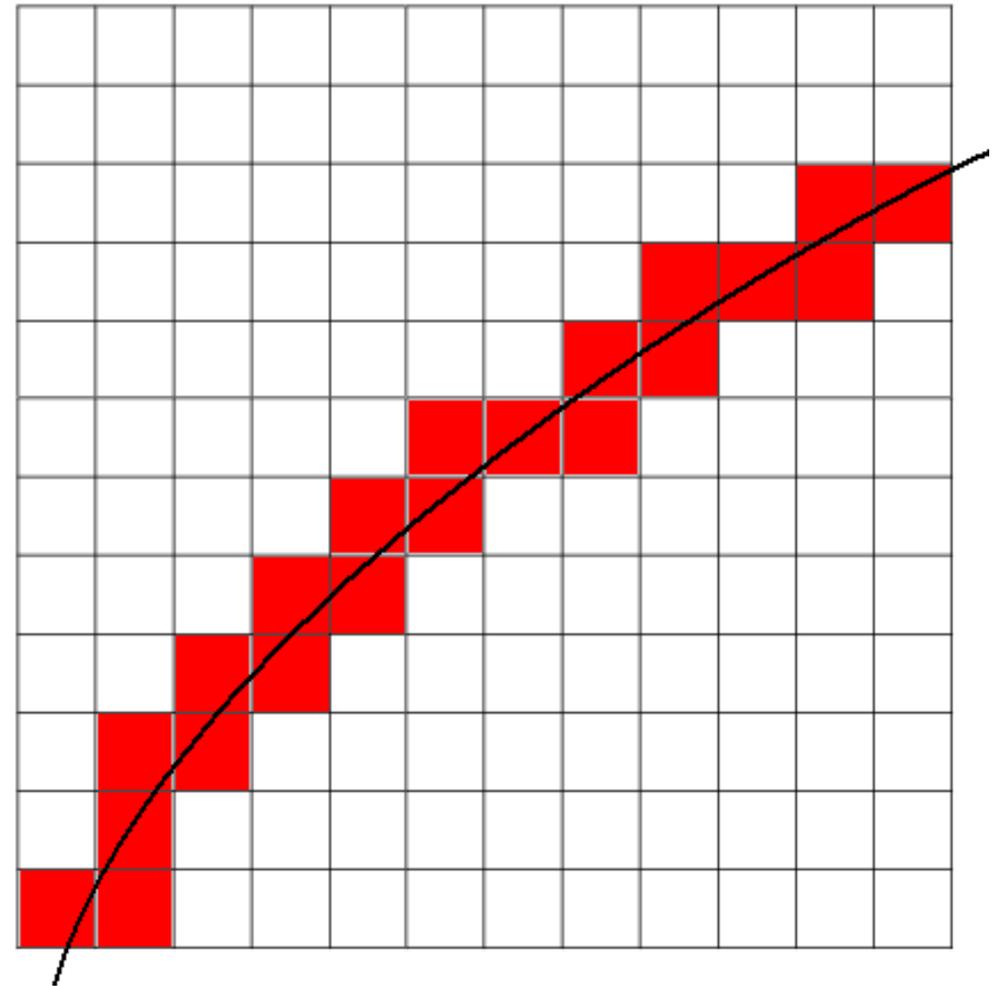
Partículas I, Thiago Tomei

6

Componentes do Detector Hermético

Detector de Trajetória

- ❑ *Objetivo: registrar o caminho percorrido por uma partícula carregada, aproximando sua posição por uma série de elementos discretos.*
- ❑ *Partícula passa por um elemento → ativa o elemento.*
 - "Centros" dos elementos fornecem primeira aproximação para a trajetória real.
 - Ajuste de função:
 $T(x_0, y_0, z_0, R, \eta)$.
 - Novos pesos para os elementos → ajuste iterativo.



Detector de Trajetória

❑ *Realização prática:*

– *Elemento que localiza a partícula em uma determinada região do espaço.*

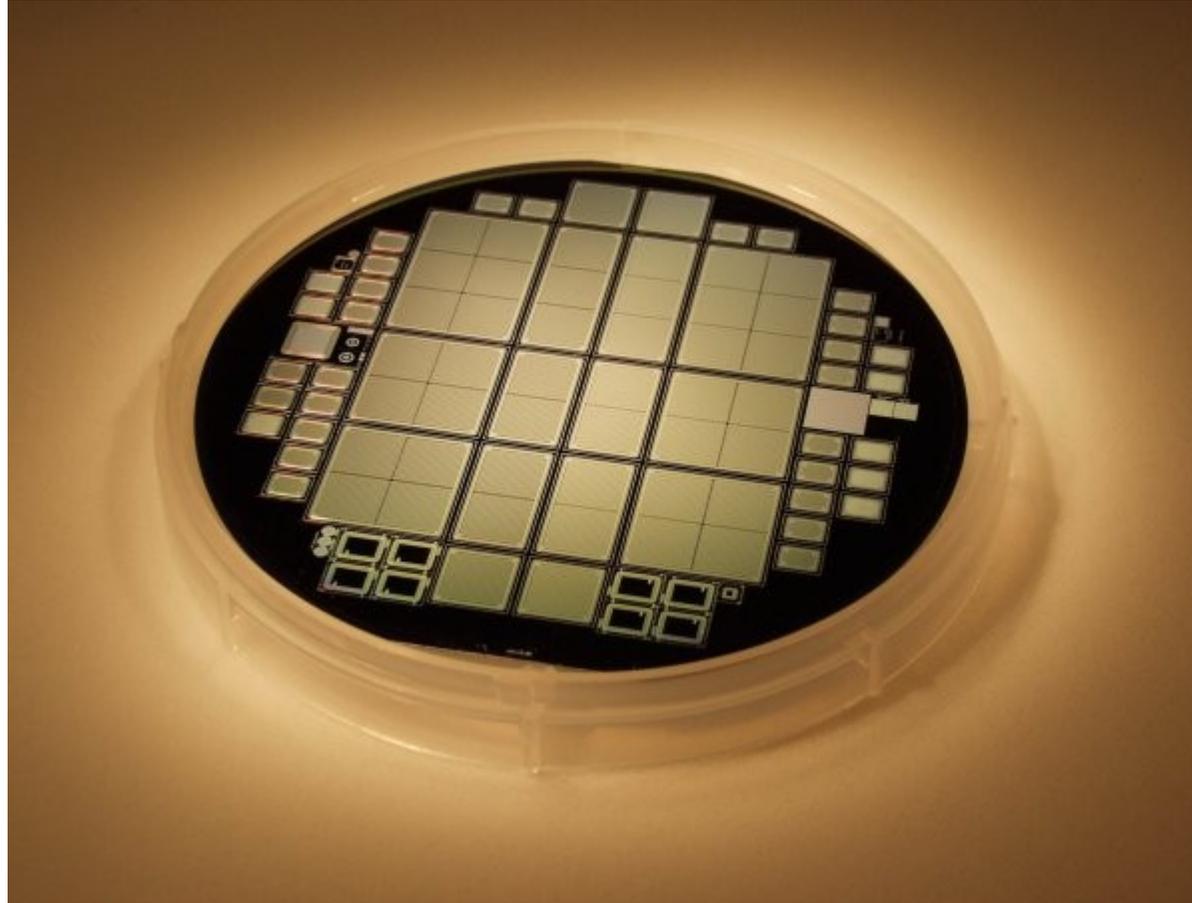
- Conjunto de câmaras de ionização.
- Multiwire Proportional Chamber.
- Cristais cintiladores.
- Matriz de pastilhas de silício.

❑ *Vantagens e desvantagens.*

– *Tempo de resposta X precisão na localização X ruído X durabilidade X custo.*

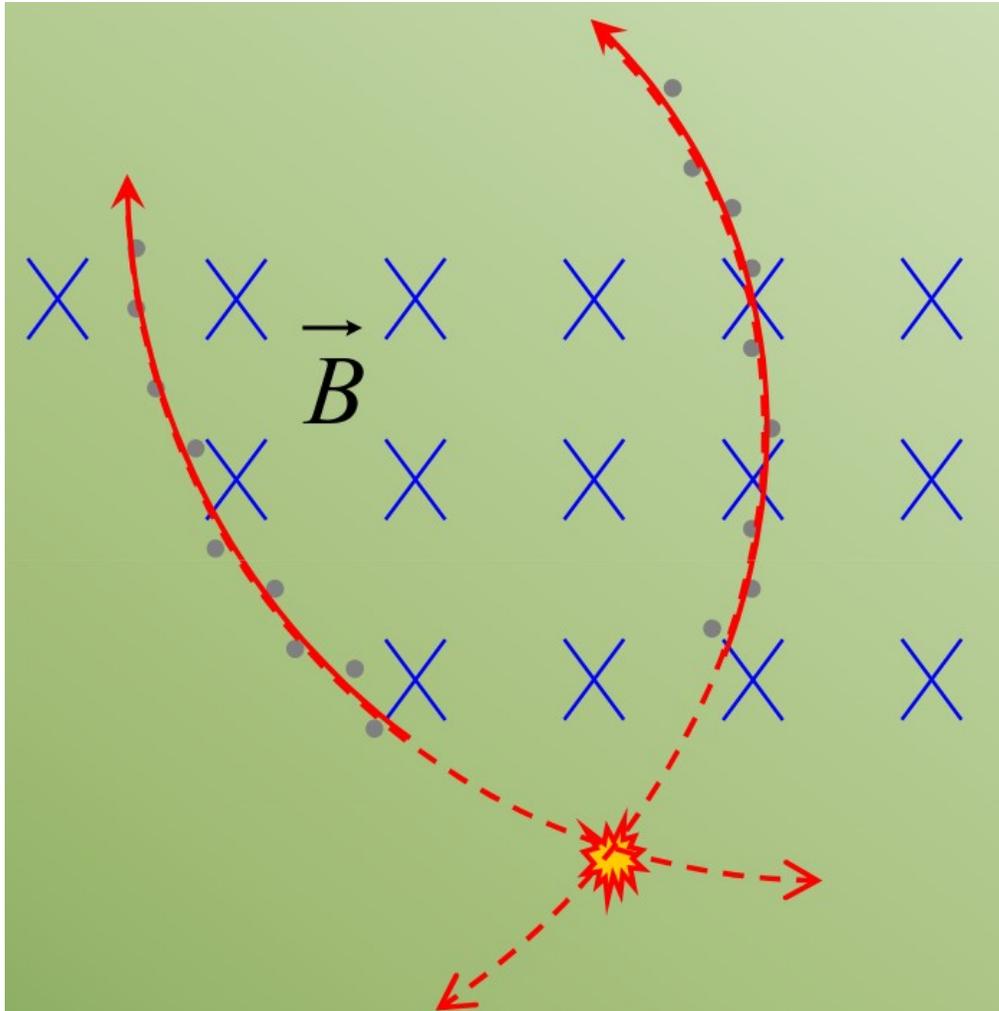
– *Medida não destrutiva.*

Detector de Trajetória



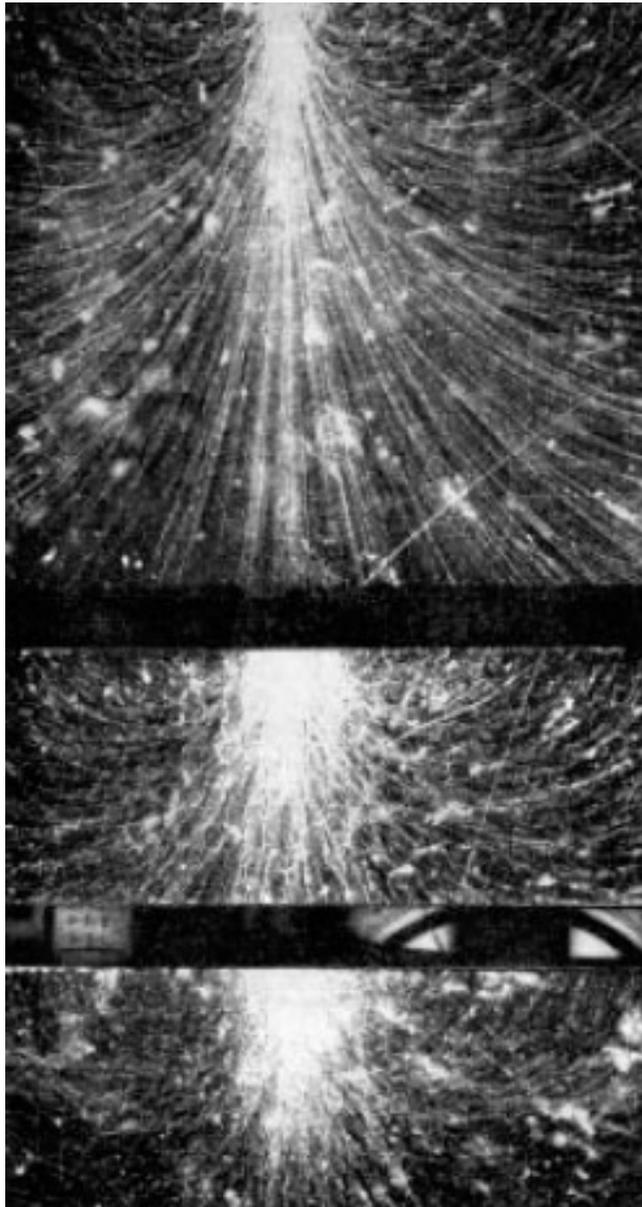
- ❑ *Wafer com pastilhas de silício para uso em detector de trajetória.*

Detector de Trajetória



- ❑ *Permite também a reconstrução do vértice primário do evento.*
 - *Interação dura do evento.*
- ❑ *Uso do vértice primário.*
 - *Novo ajuste das trajetórias → iteração.*
 - *Descarte de trajetórias não provenientes do PV.*
 - *Projeção do calorímetro (a seguir).*

Calorímetro



- ❑ *Objetivo: medida direta da energia de uma partícula, através da conversão total em sinal elétrico.*
 - *Independente de sua carga elétrica.*
- ❑ *Partícula no sistema → sinal (idealmente) proporcional à energia.*
- ❑ *Formação de chuveiros.*

Modelo para Chuveiro (E-M)

□ $X_0 \rightarrow$ comprimento de interação daquele material.

- Isso implica que a cada X_0 existe da ordem do dobro de partículas.

- Altas energias:

- Fóton \rightarrow par elétron-pósitron.
- $e^- \rightarrow e^- +$ fóton bremsstrahlung.

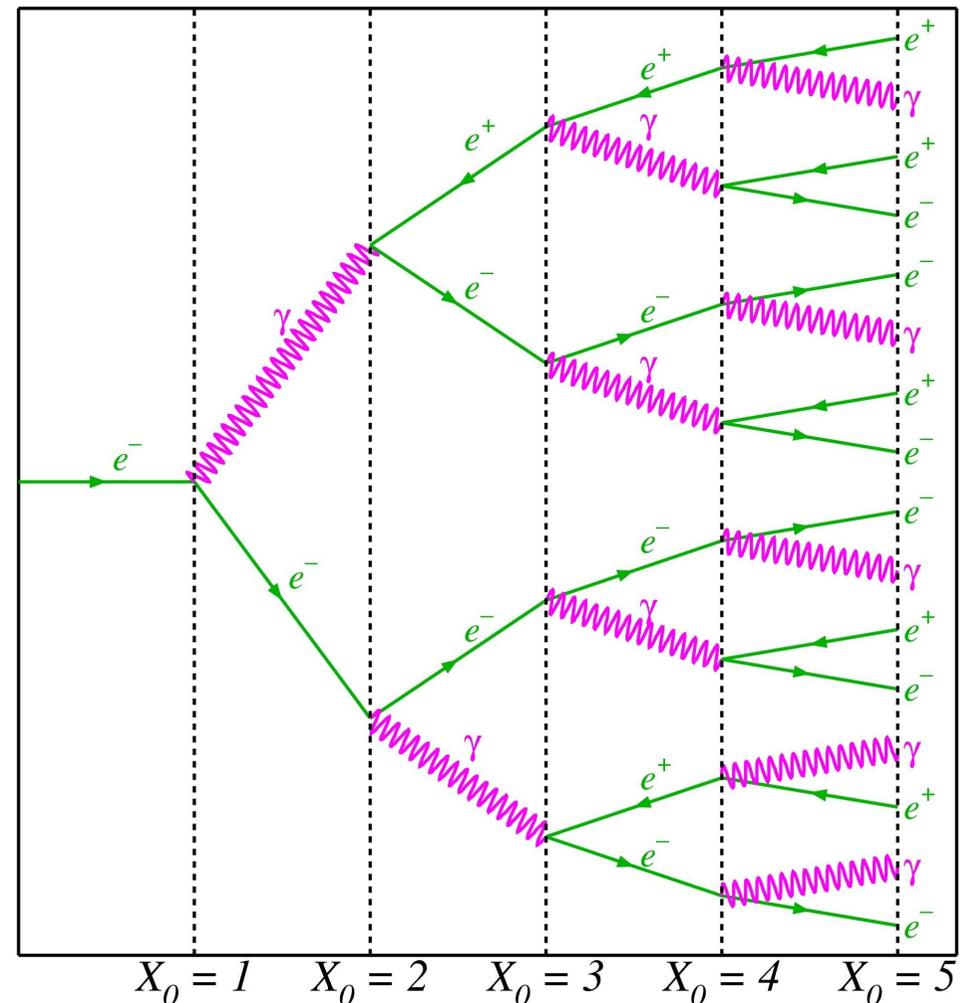
$$\xi = \frac{E}{E_c}, k = \frac{x}{X_0}$$

$$N(k) = 2^k, \epsilon(k) = \frac{E}{N(k)}$$

$$\epsilon(k_{max}) = E_c \rightarrow k_{max} \sim \ln(\xi)$$

$$N_{max} \sim \xi$$

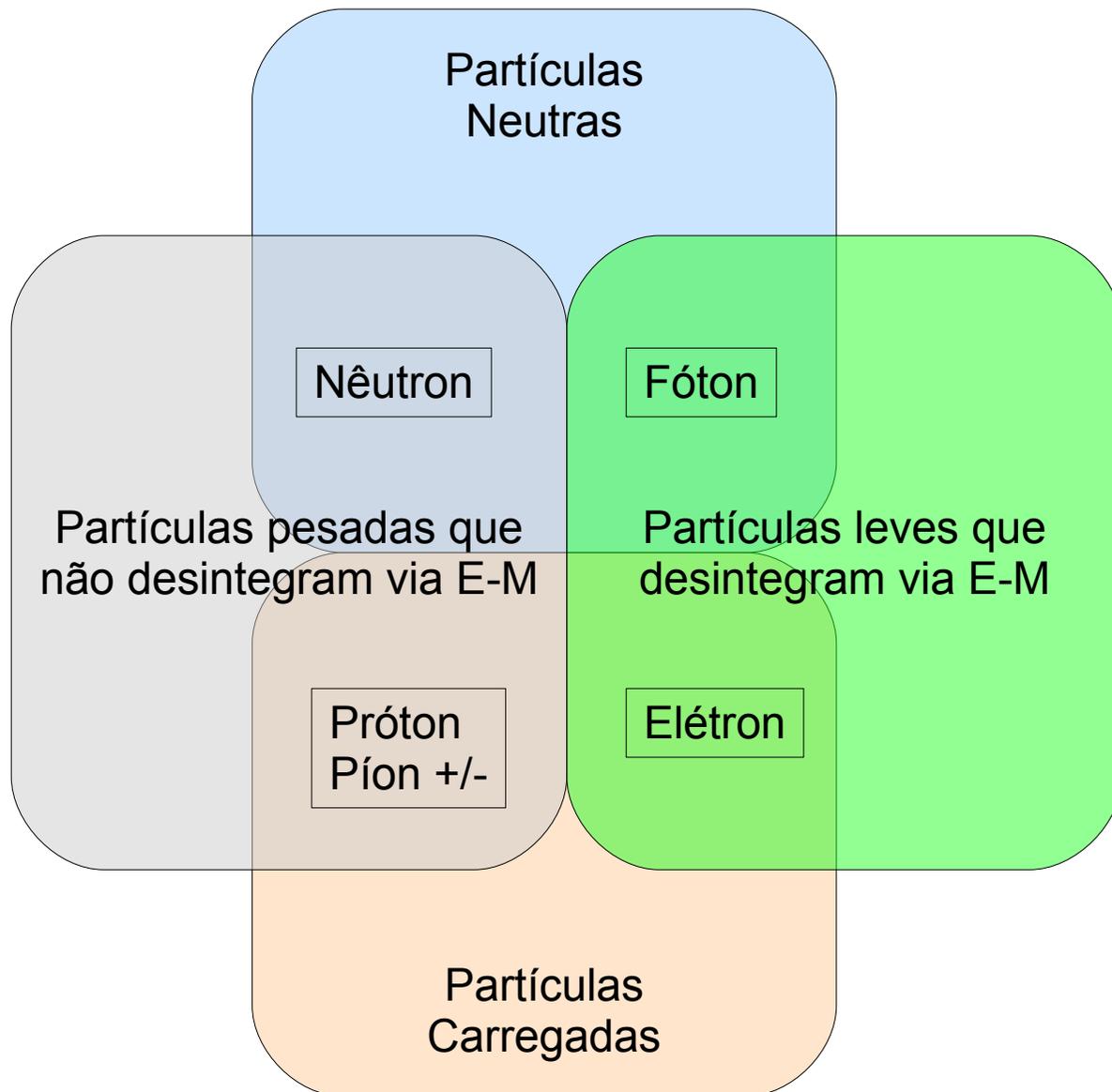
$$L \sim X_0 \sum_0^{t_{max}} N(k_{max}) \frac{X_0}{\ln 2 E_c} E$$



Calorímetro

- ❑ *Sinal proporcional à energia da radiação.*
- ❑ *Processo destrutivo.*
 - *Colocado após o sistema de trajetória*
- ❑ *Realização prática:*
 - *Calorímetro homogêneo: um só material serve, ao mesmo tempo, como absorvedor e amostrador.*
 - *Calorímetro de amostragem: camadas intercaladas de materiais absorvedor e amostrador (cintilador).*
 - O absorvedor gera o chuveiro, o cintilador mede.
- ❑ *Em geral: calorímetro E-M e hadrônico.*

Calorímetro



- ❑ *Partículas que sofrem interação E-M a ponto de serem destruídas são elétrons e fótons apenas.*
- ❑ *Partículas carregadas que sofrem interação hadrônica → mais pesadas.*
 - *Não sofrem bremsstrahlung relevante.*
- ❑ *Calorimetria permite então uma separação de partículas ortogonal àquela feita no sistema de trajetória.*

Combinando os Componentes

□ *De modo geral, em um detector hermético:*

– *Trajatória + calorimetria = quase todas as partículas detectadas.*

- Exceção: léptons neutros (neutrinos) → conservação momento transversal → missing transverse energy → MET.

– *Identificação geral de partículas:*

- Neutras X carregadas.
- Leves (elétrons, fótons) X pesadas (hádrons).

– *O múon é um caso particular: lépton "pesado" → passa por ambos calorímetros.*

- Solução: sistema de trajetória dedicado.

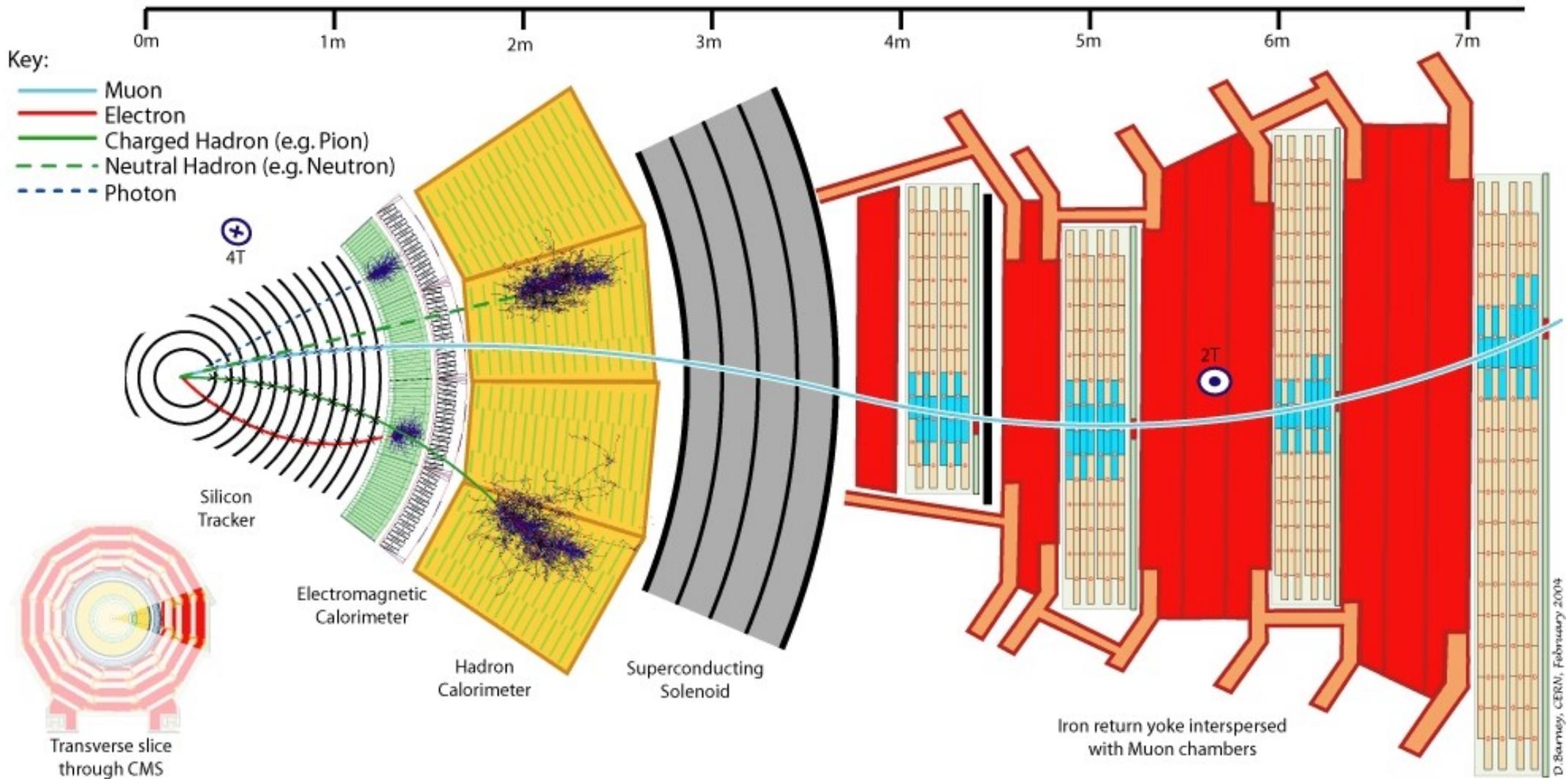
– *Outras partículas: reconstrução.*

Inventario das Partículas

Partícula	Tracker	ECAL	HCAL	Muon
Fóton	---	Absorvido	---	---
W	Desintegra	---	---	---
Z	Desintegra	---	---	---
Elétron	Trajectoria	Absorvido	---	---
Múon	Trajectoria	---	---	Trajectoria
Tau	Desintegra	---	---	---
Neutrino	---	---	---	---
Píon (+/-)	Trajectoria	---	Absorvido	---
Píon (neutro)	Desintegra	---	Absorvido	---
Próton	Trajectoria	---	Absorvido	---
Nêutron	---	---	Absorvido	---
Charm-type	Desintegra	---	---	---
Bottom-type	Desintegra	---	---	---

- *As partículas que se desintegram podem, em geral, ser detectadas através da reconstrução, i.e., através dos seus produtos de decaimento.*

Detector Hermético: CMS



Conclusões

- ❑ *Aceleradores de Partículas representam uma oportunidade para explorar estados da matéria ainda desconhecidos, graças às altas densidades de energia obtidas.*
- ❑ *Colisões de partículas têm como resultado a emissão de radiação dos mais variados tipos. Essa radiação pode ser interceptada e transformada em sinais macroscópicos através de detectores.*
- ❑ *Detectores herméticos são o paradigma de detector para Física de Altas Energias, graças à sua capacidade de detectar quase todos os produtos de uma colisão de partículas.*

Obrigado pela atenção!