

O detector ATLAS e a participação portuguesa (resumo não exaustivo)

Agostinho Gomes
LIP-Lisboa



- | | |
|----------------|-------------|
| Argentina | Netherlands |
| Armenia | Norway |
| Australia | Poland |
| Austria | Portugal |
| Azerbaijan | Romania |
| Belarus | Russia |
| Brazil | Serbia |
| Canada | Slovakia |
| China | Slovenia |
| Czech Republic | Spain |
| Denmark | Sweden |
| France | Switzerland |
| Georgia | Taiwan |
| Germany | Turkey |
| Greece | UK |
| Israel | USA |
| Italy | CERN |
| Japan | JINR |
| Morocco | |

ATLAS Collaboration





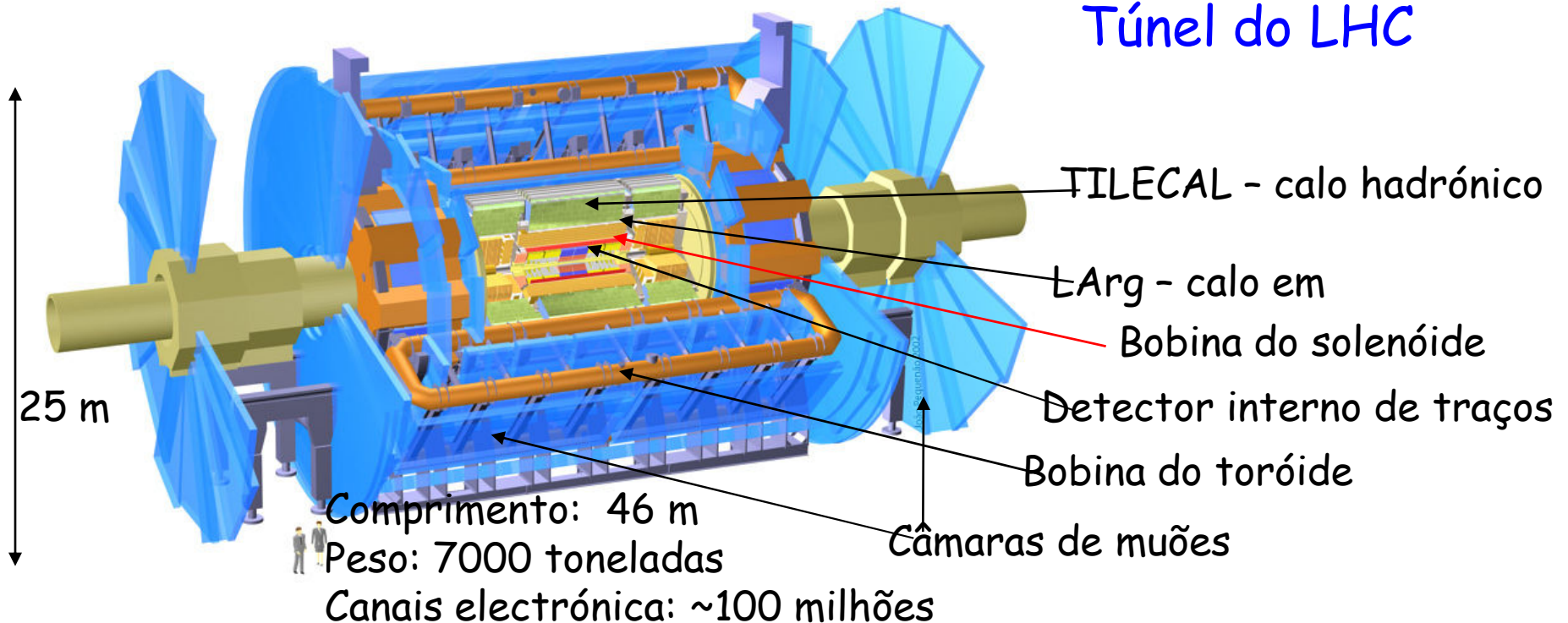
Pequena fracção dos mais de 2500 colaboradores de ATLAS

O detector ATLAS

O detector ATLAS vai funcionar no LHC no CERN, onde vão colidir feixes de protões, cada um com energia de 7 TeV (3.5 TeV este ano)



Túnel do LHC



Alguns dos objectivos do ATLAS

Procurar o bóson de Higgs

Procurar partículas supersimétricas

Procurar dimensões extras e buracos negros

Procurar outras partículas exóticas previstas por modelos não menos exóticos

e também

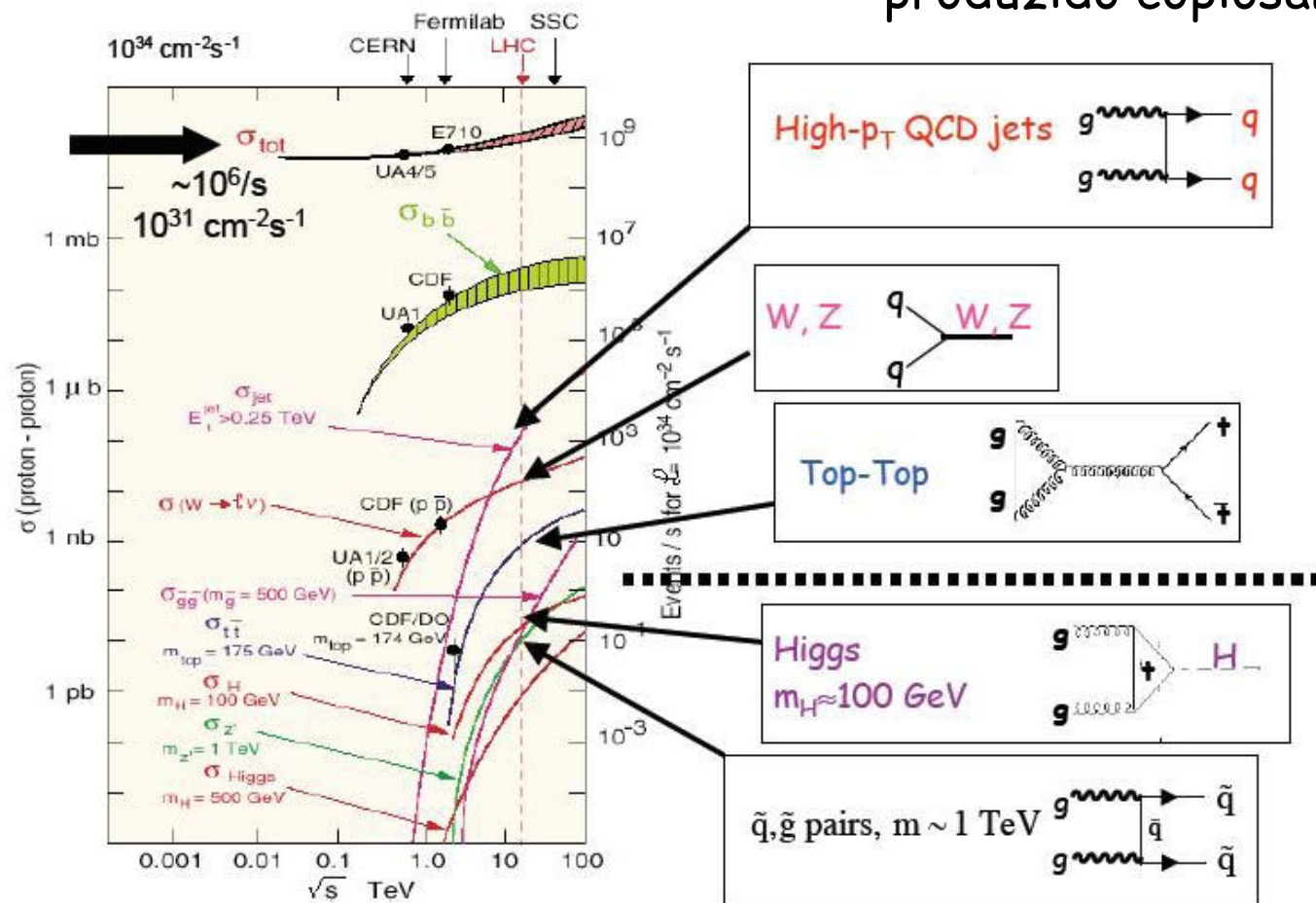
Caracterizar o quark top

Medidas de precisão do Modelo Padrão (massa e largura do W , etc)

etc

Sinal e ruído de fundo no nosso "pacote"

O que não nos interessa é produzido copiosamente



Resumo da nossa tarefa:
procurar uma agulha em
milhões de palheiros

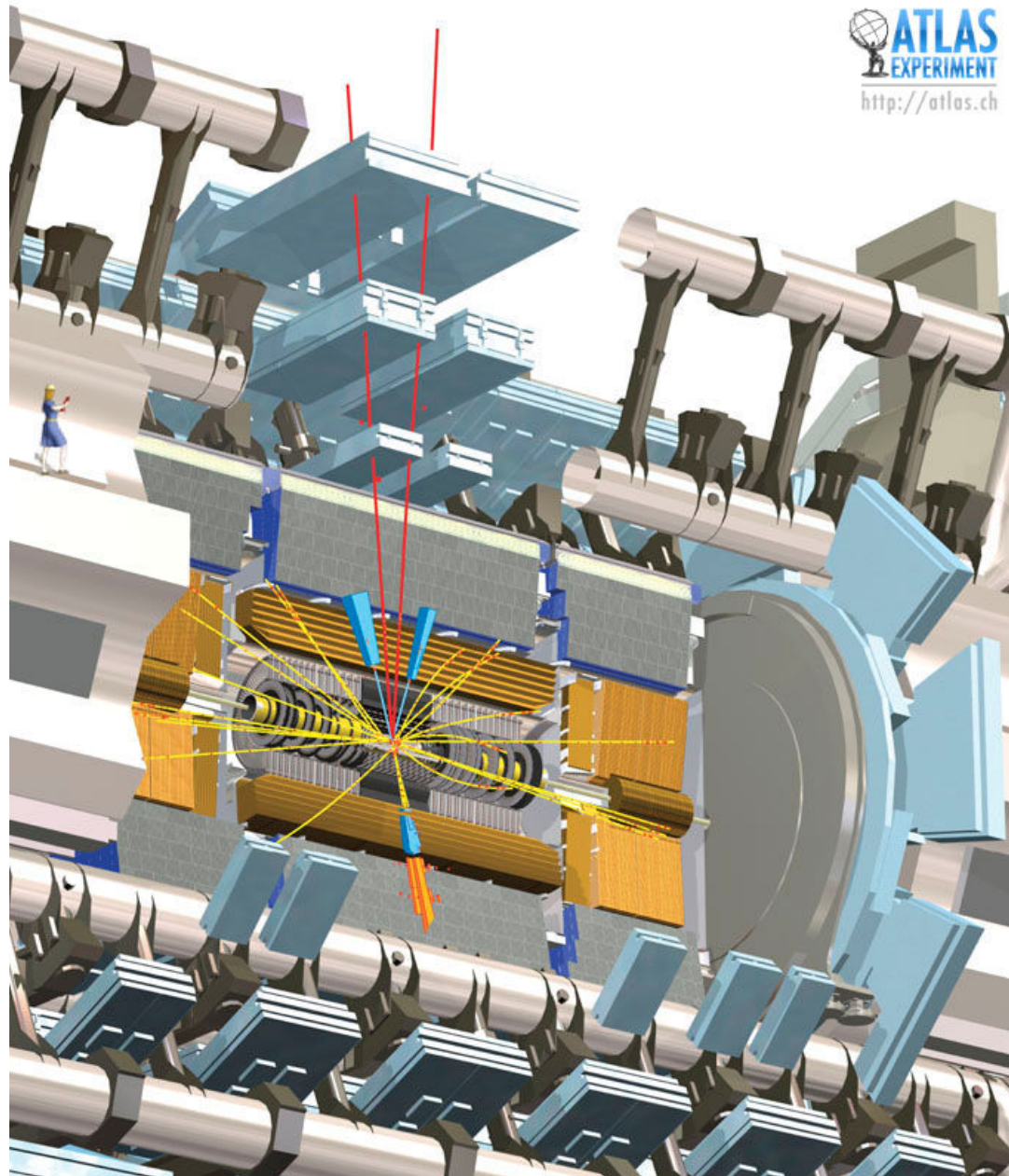
O que queremos está cá
muito em baixo na taxa de
produção

Exemplo de um acontecimento em ATLAS

Belo...
Muito limpo...
Uma verdadeira
raridade!

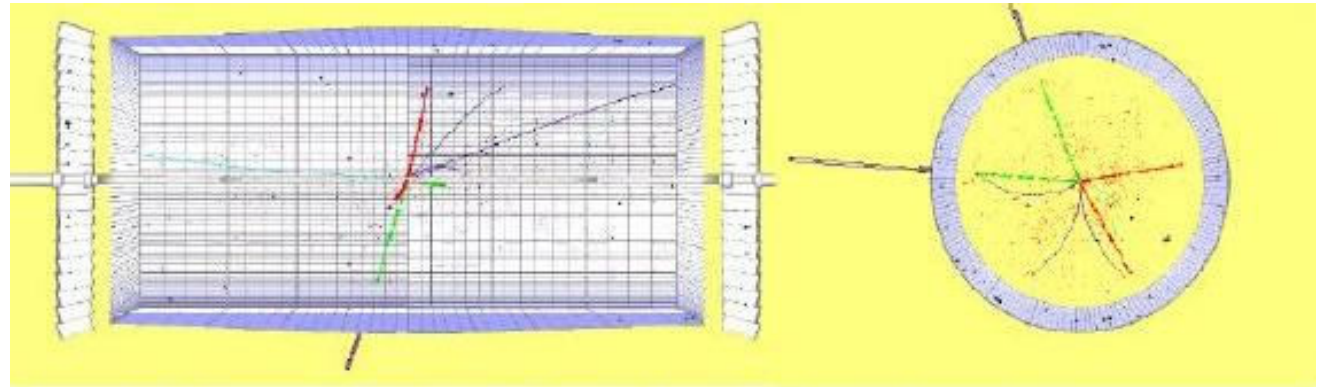
Higgs a decair
num par de Z

Um $Z \rightarrow e^+e^-$
Outro $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$

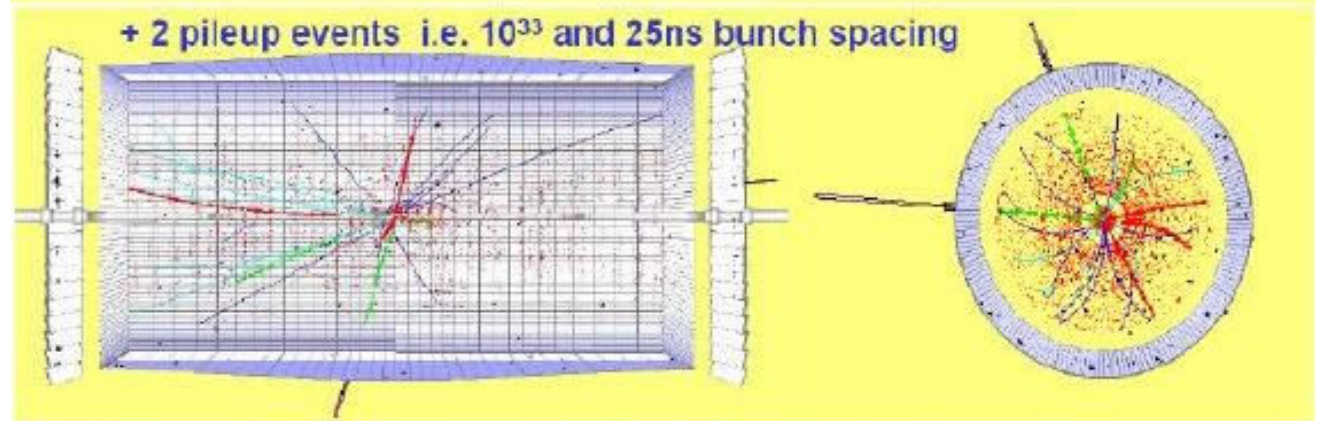


Um pouco mais de realismo

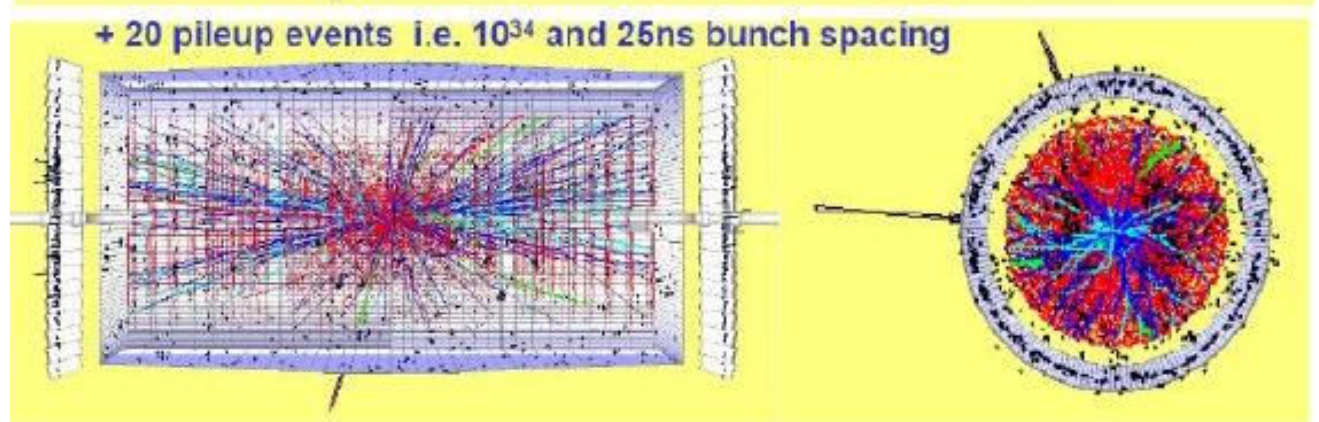
Acontecimento
p-p inelástico
isolado



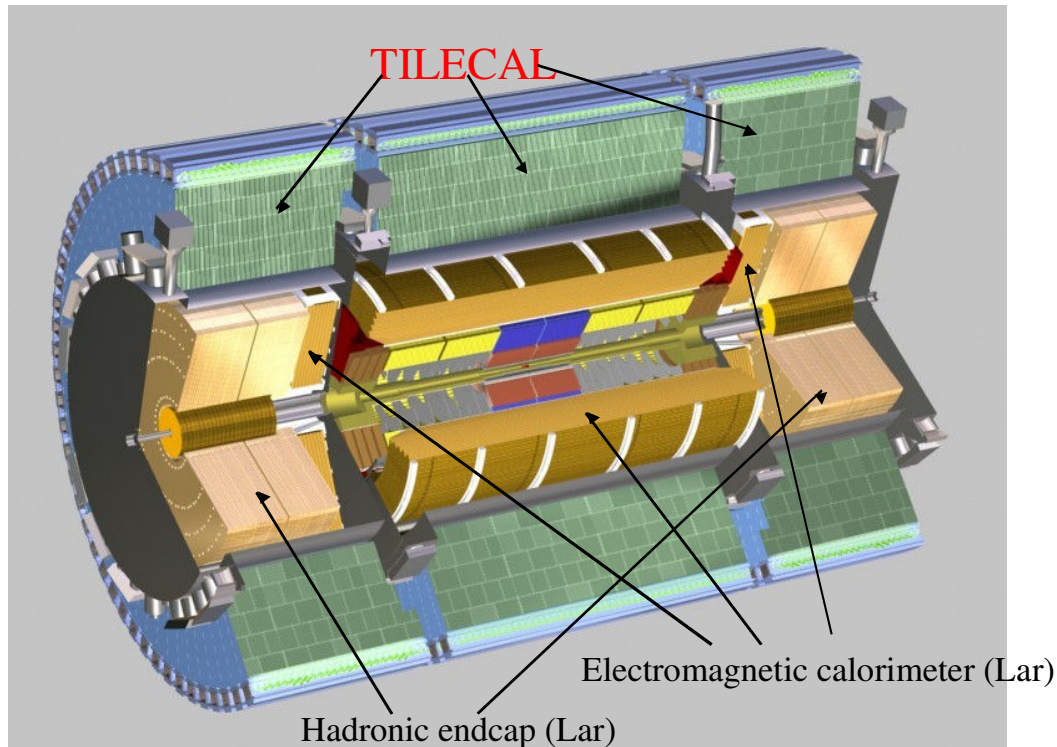
Luminosidade
 $10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$



Luminosidade
 $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

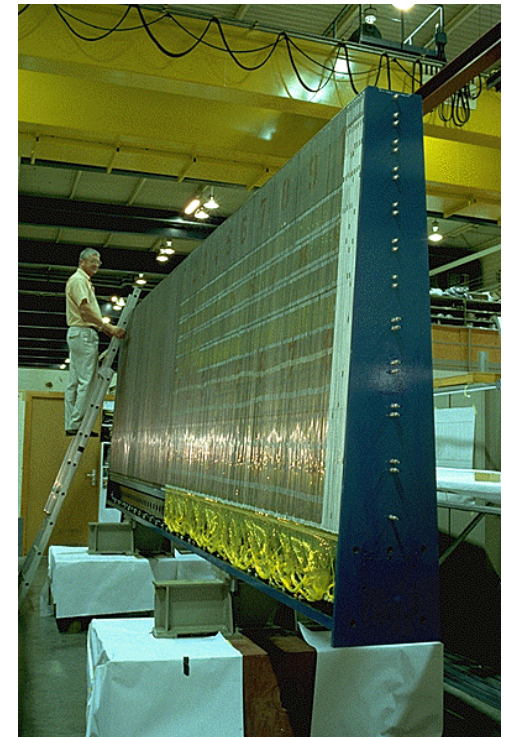


O calorímetro Tilecal



Detecção de energia
(jactos - cascatas
hadrónicas)

Detecção de energia
transversa em falta
(neutrinos, etc...)

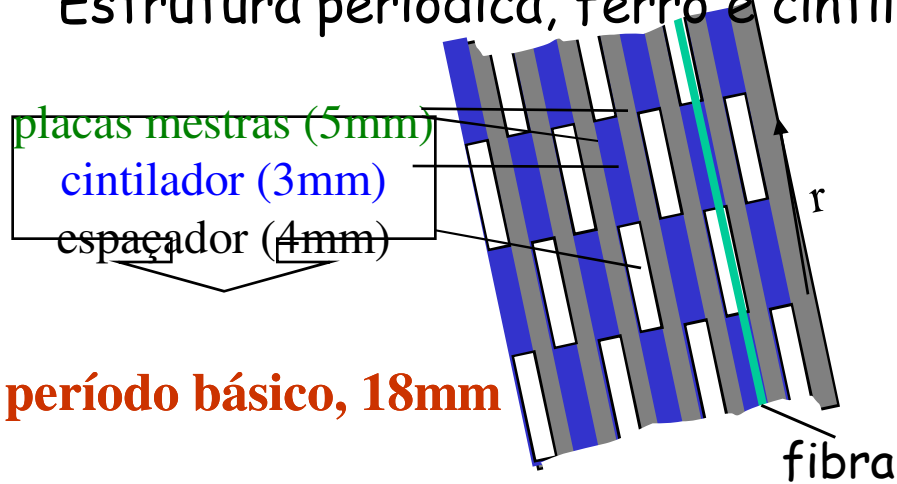


Linhas orientadoras no projecto do calorímetro
hadrónico

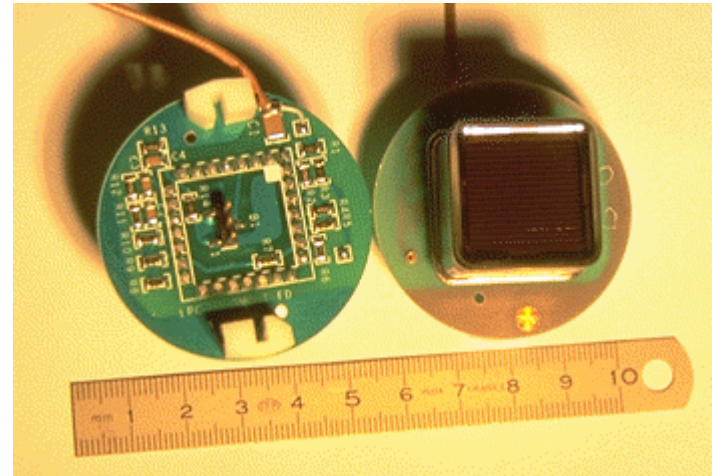
- Hermeticidade para detecção de *jactos* e E_T^{miss}
- Resolução em energia para jactos $\frac{\Delta E}{E} = \frac{50\%}{\sqrt{E}} \oplus 3\%$
- Construção "fácil" (estrut. periódica) e "baixo" custo

Estrutura e princípio de funcionamento

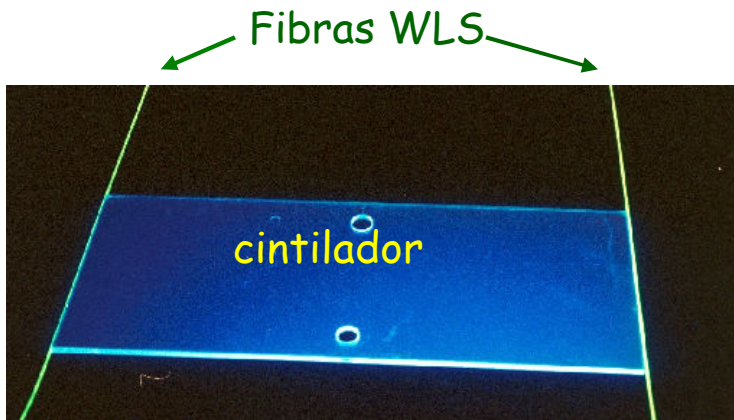
Estrutura periódica, ferro e cintiladores de plástico



Luz produzida nos cintiladores transmitida até aos fotomultiplicadores através de fibras ópticas WLS

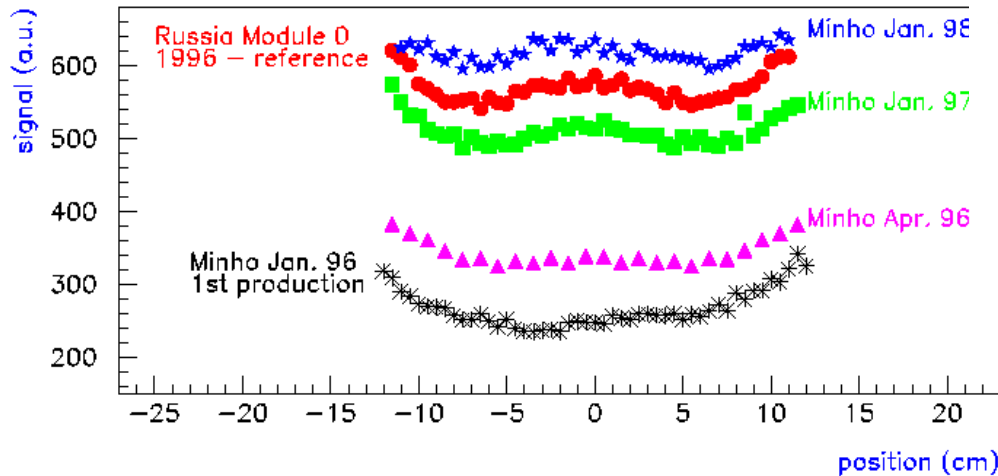
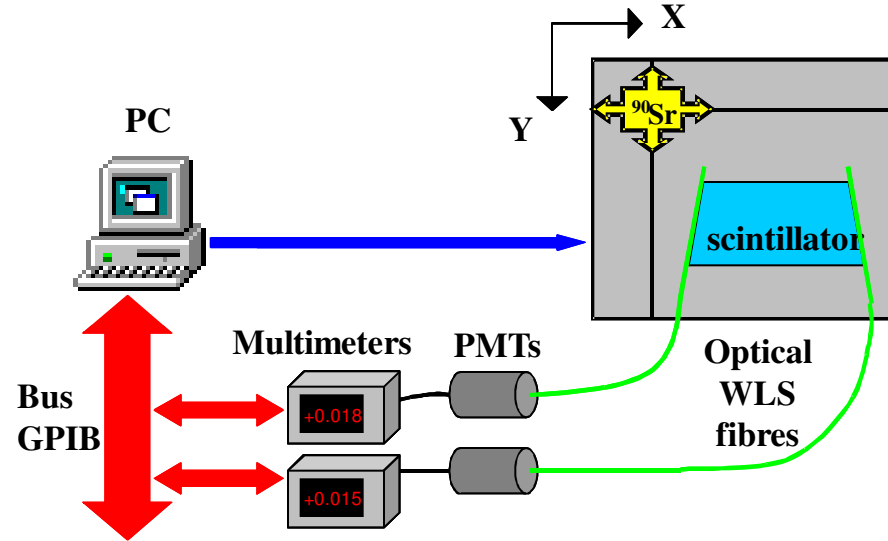


Fotomultiplicadores coletam a luz transmitida pelas fibras ópticas WLS

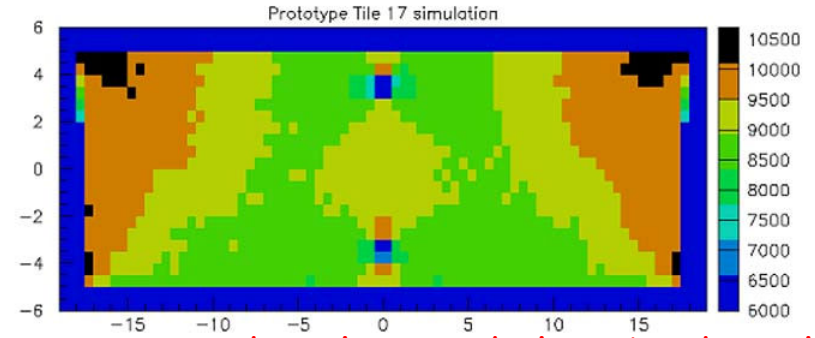


Desenvolvimento e caracterização de cintiladores

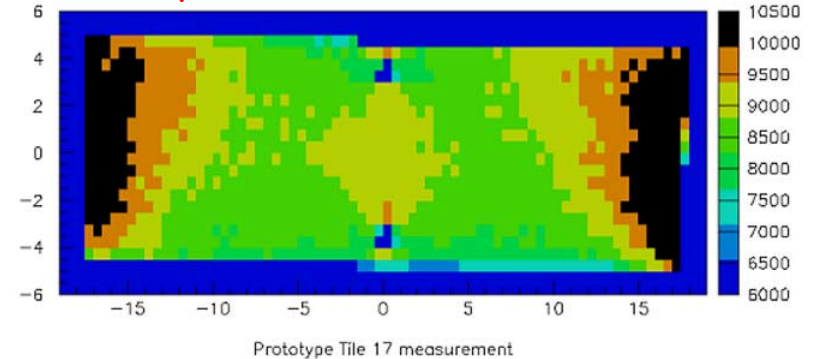
Esquema do dispositivo de caracterização dos cintiladores no CFNUL



Simulação de mapa de colecção de luz



Mapa de colecção de luz obtido no lab



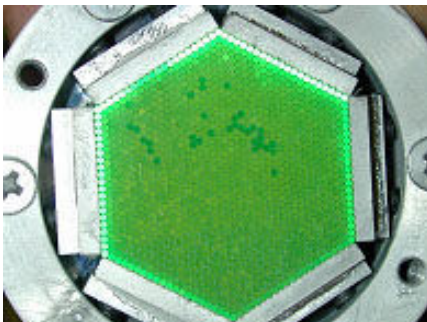
Mapas de colecção de luz, para estudo de optimização das máscaras a aplicar nos cintiladores

Fibras ópticas WLS

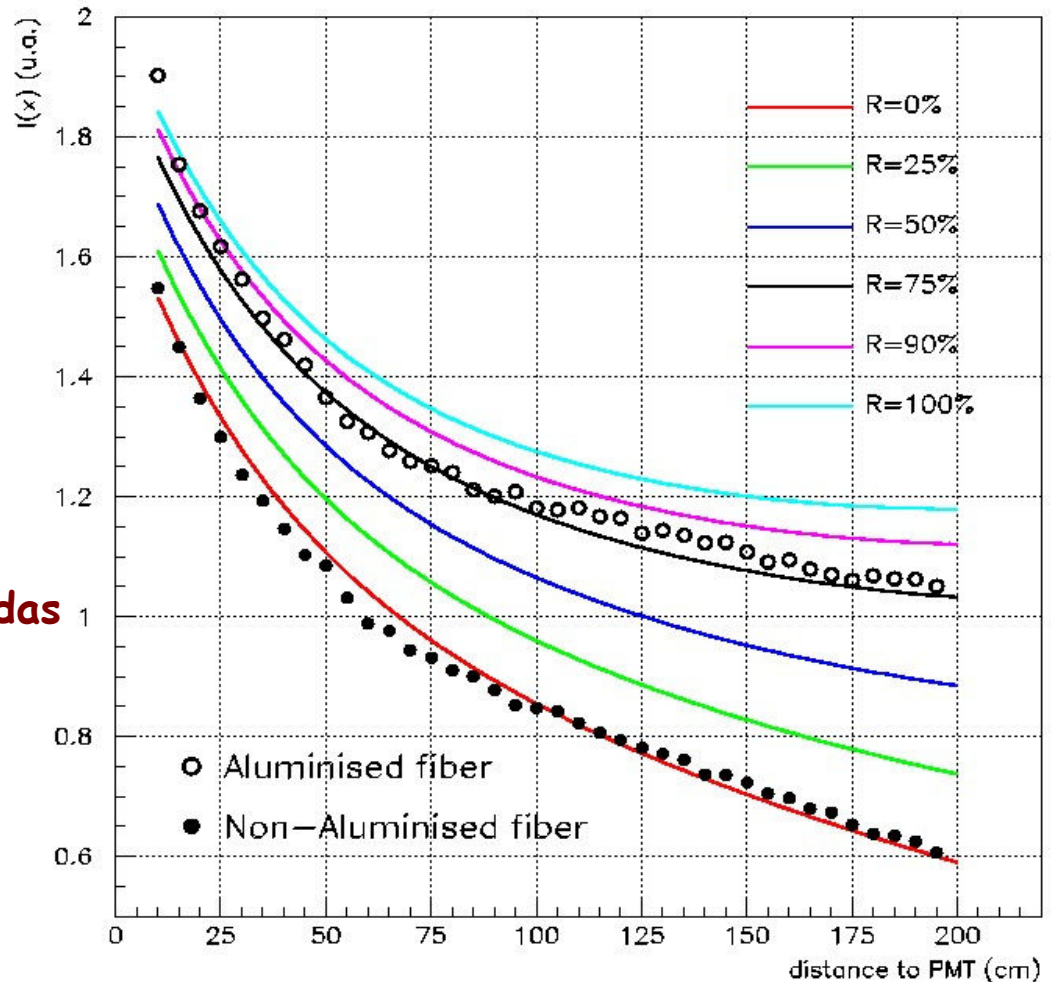
Espelho de alumínio na extremidade permite:

- detectar mais luz
- melhor uniformidade na colecção da luz na zona em contacto com cintiladores

~600 000 fibras polidas, aluminizadas e inseridas em invólucros especiais



Quantidade de luz vs distância



Filme da participação na construção do Tilecal

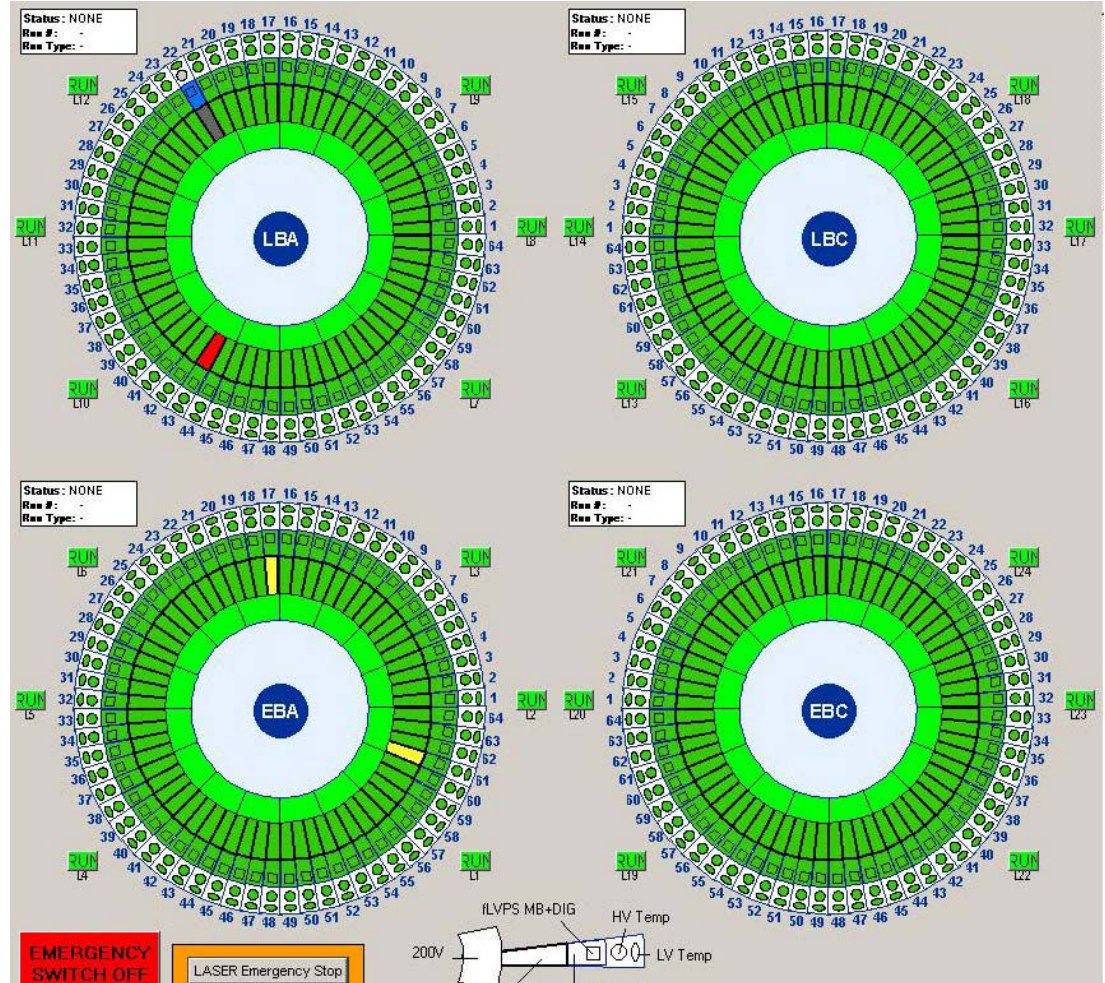
Filme disponível temporariamente em <http://www.lip.pt/experiments/tilecal>

Tilecal: datas de instalação e estado actual

Datas da instalação:
EBC - Dez 2004
Barrel - Out 2005
EBA - Maio 2006



Electrónica instalada,
reparação profunda em
2008/2009

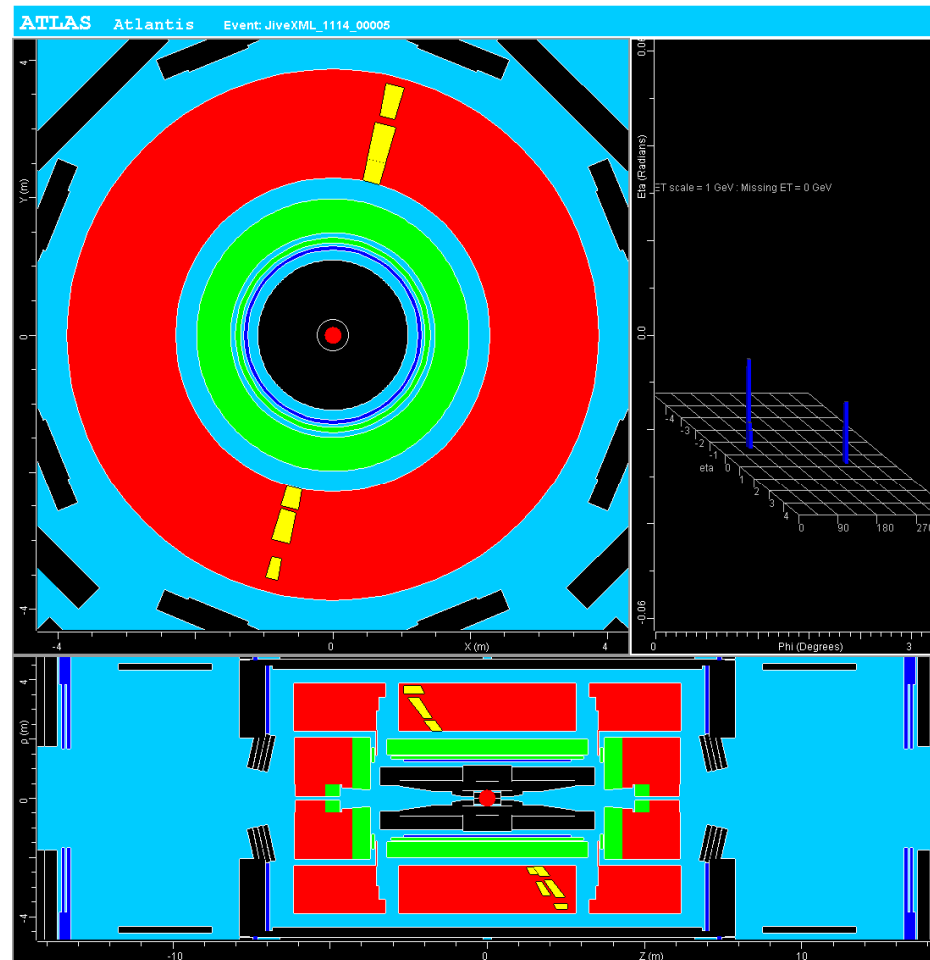


Apenas <0.5% das ~5000 células (10000 canais) não estão a funcionar, praticamente devido a falha da fonte de alimentação de baixa tensão de um módulo

Muões cósmicos detectados com o Tilecal

Calorímetro Tilecal foi um dos primeiros sub-detectors a ficar operacional na caverna de ATLAS

Antes dos detectores de muões estarem montados, o Tilecal já permitia fazer o trigger de raios cósmicos (utilizando placa de trigger especialmente desenhada para o efeito)

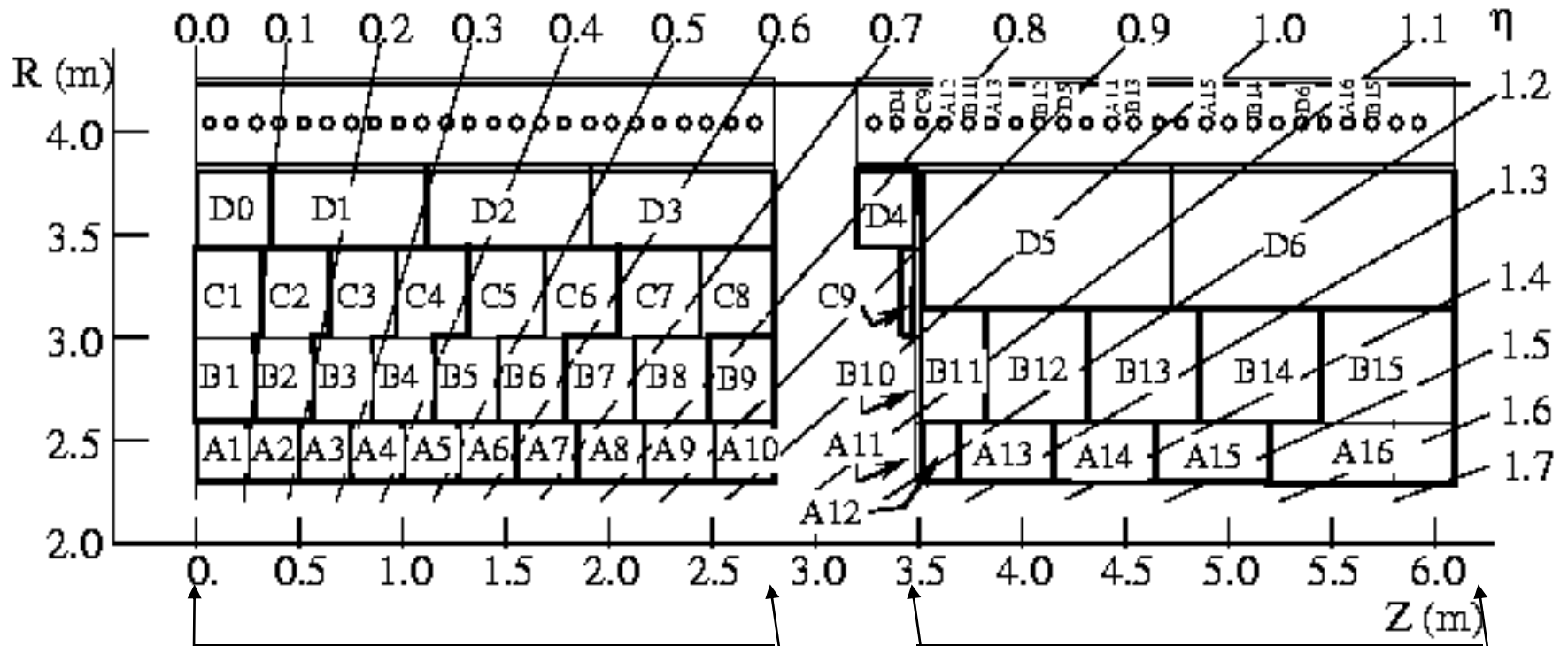


Exemplo do traço de um dos primeiros muões detectados com o Tilecal - artigo na Nature em 14 Julho 2005

Estrutura celular do Tilecal

Estruturas celulares diferentes nos barris centrais e laterais permitem otimizar o custo sem perder qualidade da resposta

TILECAL CELLS



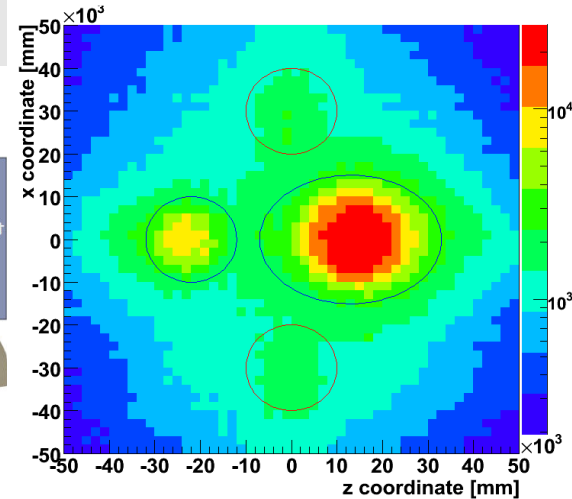
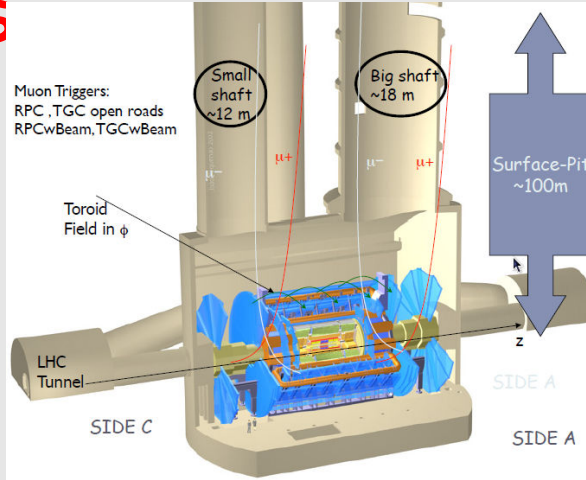
Barril central - 4 fibras por perfil

Barris laterais - 3 fibras por perfil

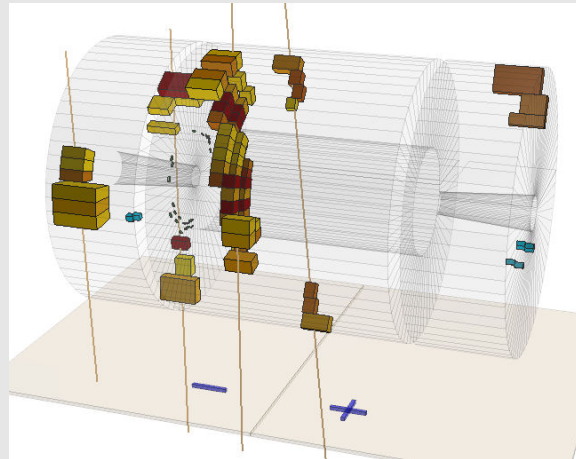
Commissioning com muões cósmicos

Muões cósmicos no ATLAS

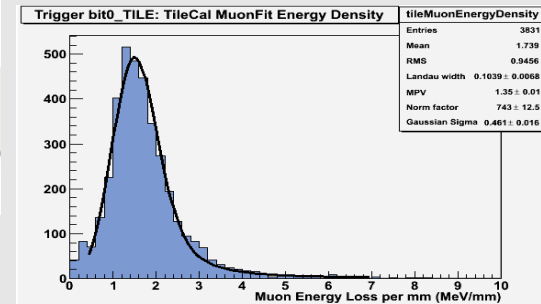
- Alguns Hz de muões cósmicos chegam à caverna do ATLAS
- Usados no commissioning dos sub-detectores:
 - Alinhamento do Detector Interno de traços com as câmaras de muões
 - Resposta dos calorímetros em tempo e energia



Cosmic muons distribution as seen by the Muon Spectrometer (RPC's)



Energy over path length MeV/mm

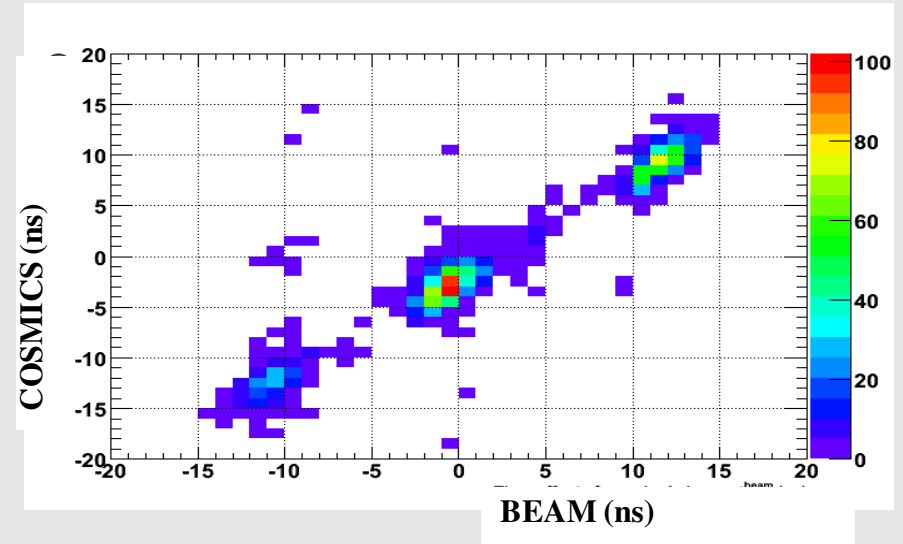


Resposta em energia no TileCal

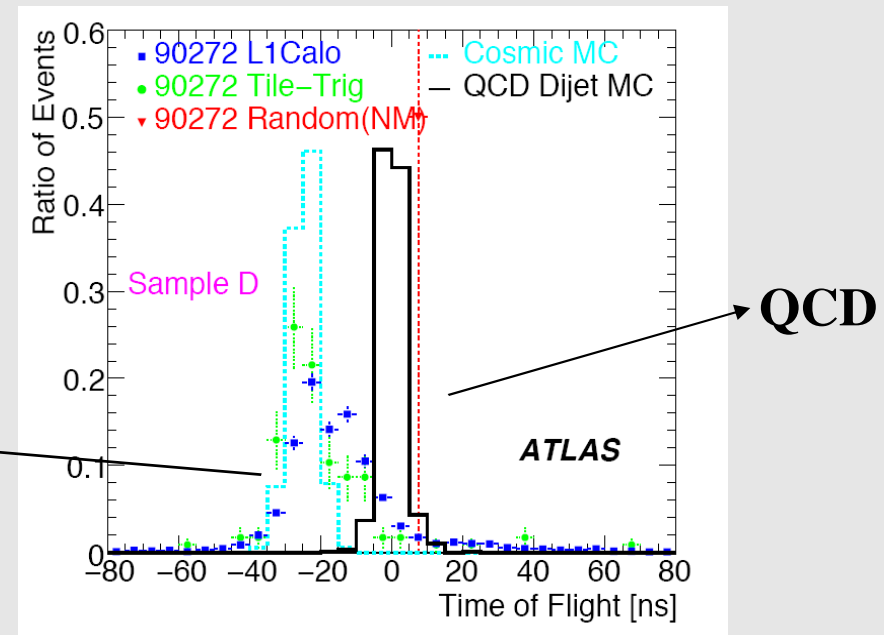
- Reconstrução dos traços dos muões cósmicos
- Medição da energia depositada por unidade de comprimento

Validação do ajuste temporal das células do TileCal

- Medição do Δt associado a cada canal utilizando muões cósmicos e muões do feixe de partículas



- Constantes de tempo Δt necessárias para obter uma reconstrução da energia precisa e rápida e identificar ruído que não seja proveniente do feixe
- Medições de tempos de voo podem ser utilizadas para remover muões cósmicos (ruído para alguns canais de procura de física nova)

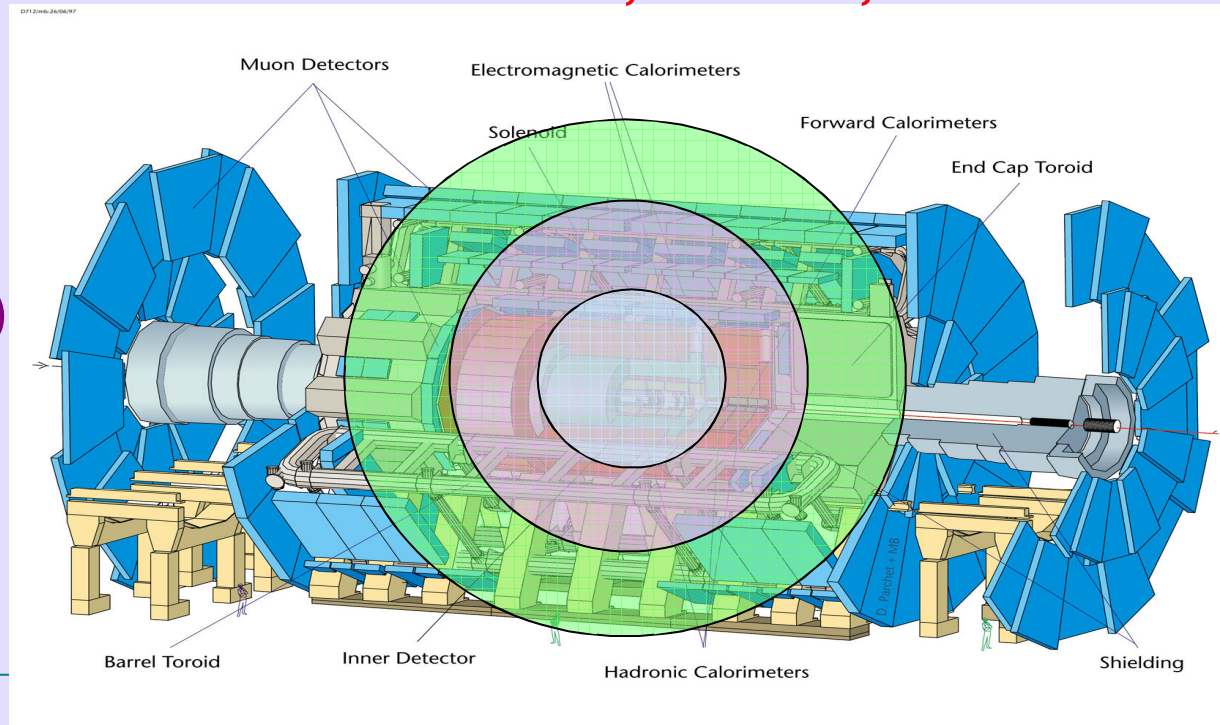


Seleccção de acontecimentos online: o Trigger

- No LHC haverá 40 000 000 de interacções por segundo
- Intervalo de tempo para aceitar/rejeitar uma interacção: 0.000002 s
- Só uma de cada 20000 interacções tem interesse...
 - O Trigger selecciona online os eventos interessantes!

$c=30\text{cm/ns}$; in 25ns, $s=7.5\text{m}$

Quando as partículas estão a sair do detector (quase à velocidade da luz!) já houve outras interacções no centro!



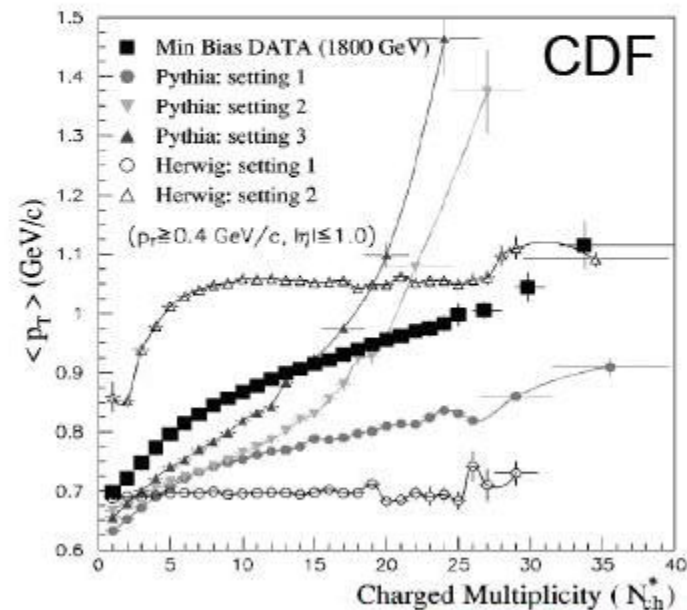
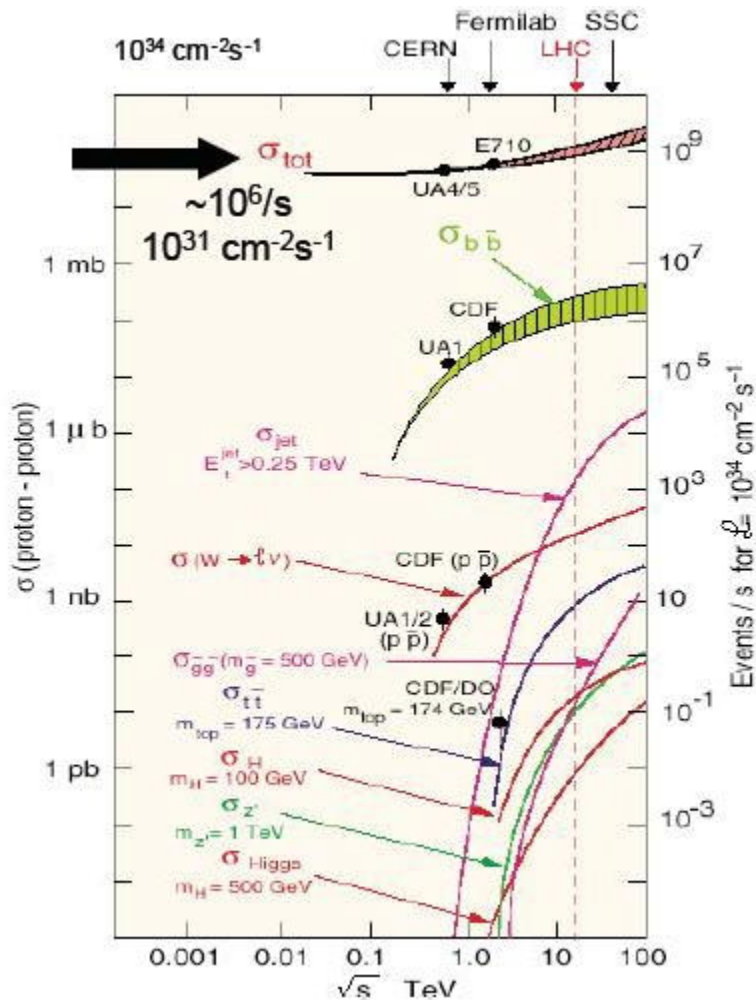
Mas o trabalho inicial será mesmo básico

Calibrações, alinhamentos

Densidade de partículas carregadas?

Incerteza nas secções eficazes $W, Z, t\bar{t}$
 ~ 3 a 10% ("redescobrir" o Modelo Padrão)

Mas incerteza da ordem de 50% ou mais no $dN_{ch}/d\eta$ de "minimum bias"

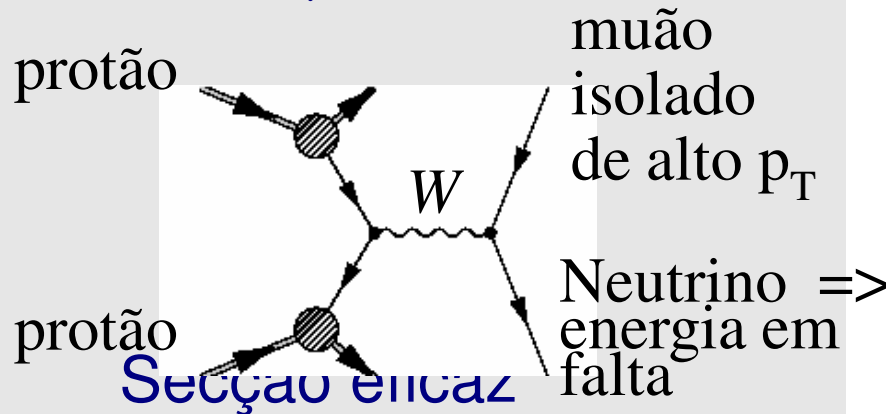


Conhecimento preciso de $dN_{ch}/d\eta$ muito importante para afinar MC, compreender "underlying event" e o empilhamento de acontecimentos

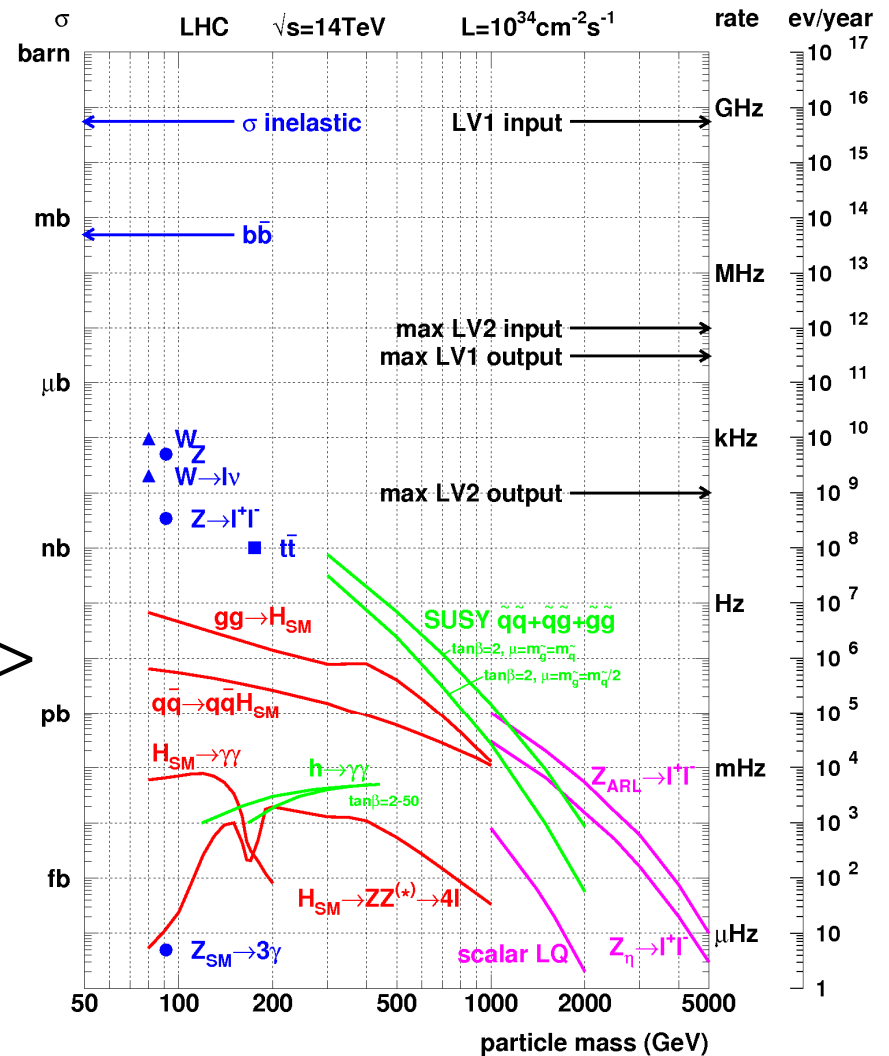
Secção eficaz de produção de W

- Motivação

- Utiliza-se a secção eficaz para o commissioning



- $$\sigma \times Br(W \rightarrow \mu\nu) = \frac{N_{sig} - N_{bkg}}{A \int L dt}$$



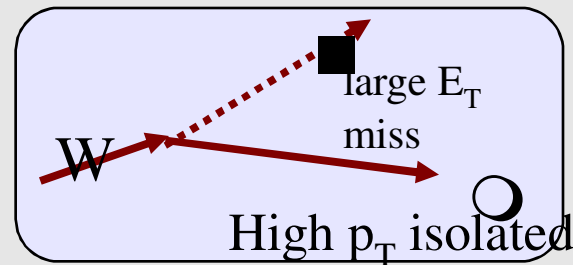
Seleccção do sinal

- Um muão isolado:
 - Isolamento no calorímetro
 - Isolamento do traço
- Muão de alto p_T
- Energia transversa em falta elevada
- Acontecimentos no pico de ressonância

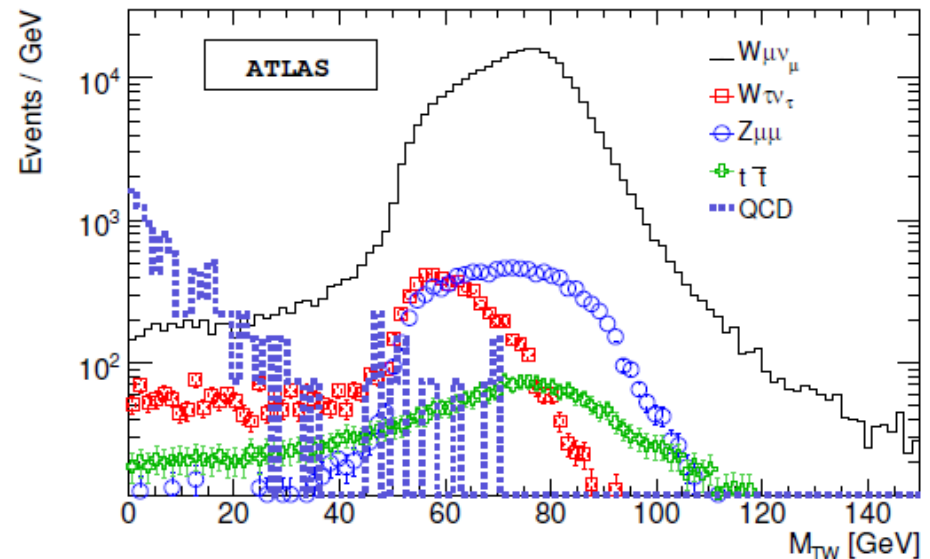
Fundos mais significativos

- Electrofraco
 - $Z \rightarrow \mu\mu$; $W \rightarrow \tau\nu_\tau$
- Outros
 - $t\bar{t}$
 - **QCD**
 - $b\bar{b}$
 - $c\bar{c}$

Produção do W



- M_W transversa reconstruída para sinal e ruídos de fundo para 14 TeV e 50 pb^{-1}



[CSC Note: CERN-OPEN-2008-020]

O quark top no SM

Primeira observação directa no FERMILAB
(CDF e D0 no TEVATRÃO)

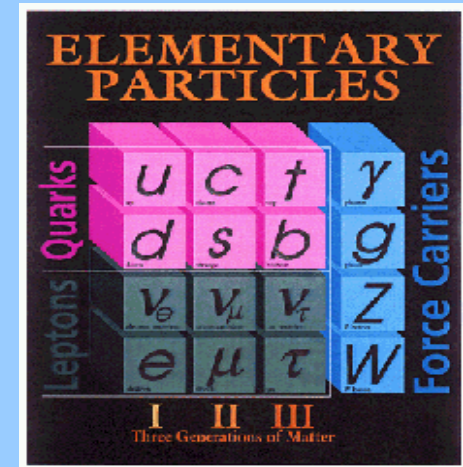
O quark top completa a estrutura de 3 famílias do SM:

- Possui spin=1/2,
- Carga=+2/3,
- Transforma-se como um tripleto de cor do grupo de simetria SU(3),
- Parceiro de isospin fraco do quark b,
- $\Gamma=1.42\text{GeV}$ (incluindo $m_b, M_W, \alpha_s, \text{EW corr.}$)

$$\Lambda_{\text{QCD}}^{-1} = (100\text{MeV})^{-1} = 10^{-23}\text{s}$$
$$M_t \Rightarrow \tau_t < 10^{-23}\text{s}$$

Tempo de Hadronização

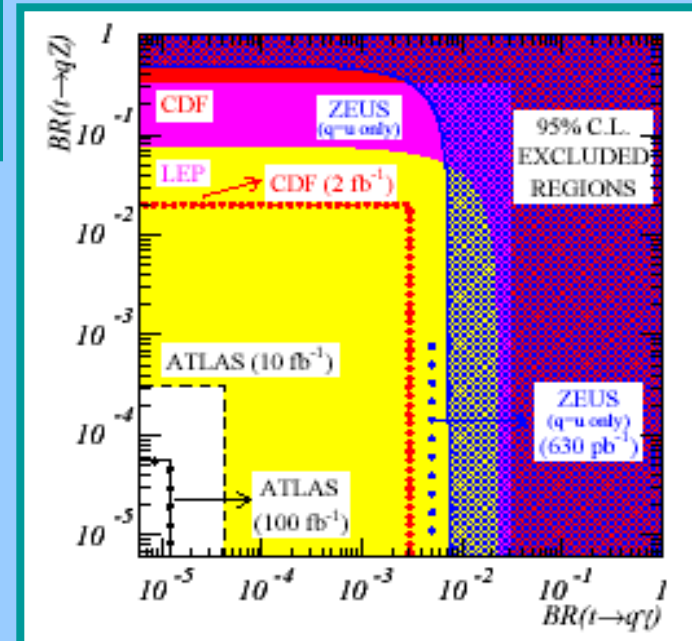
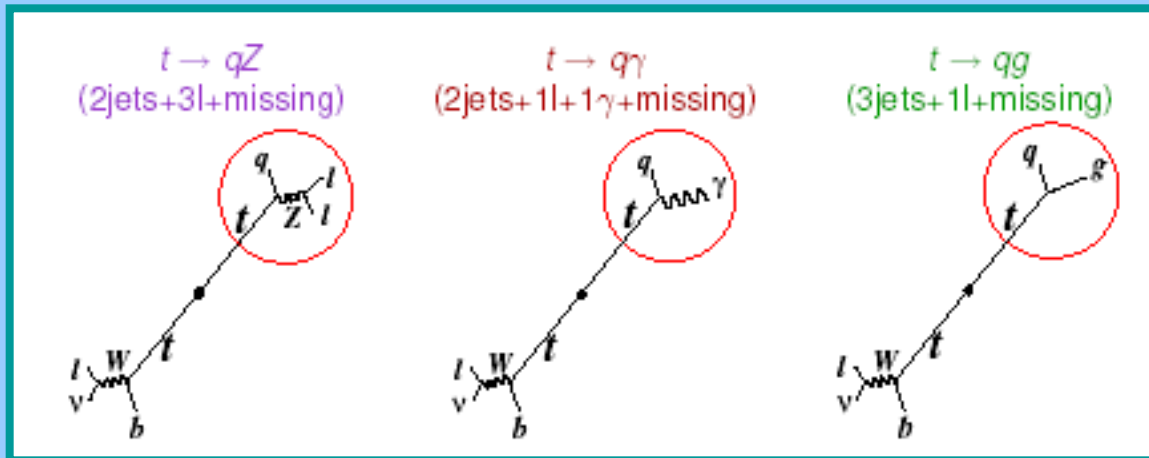
Não existem
hadrões do top



Propriedades do Quark Top

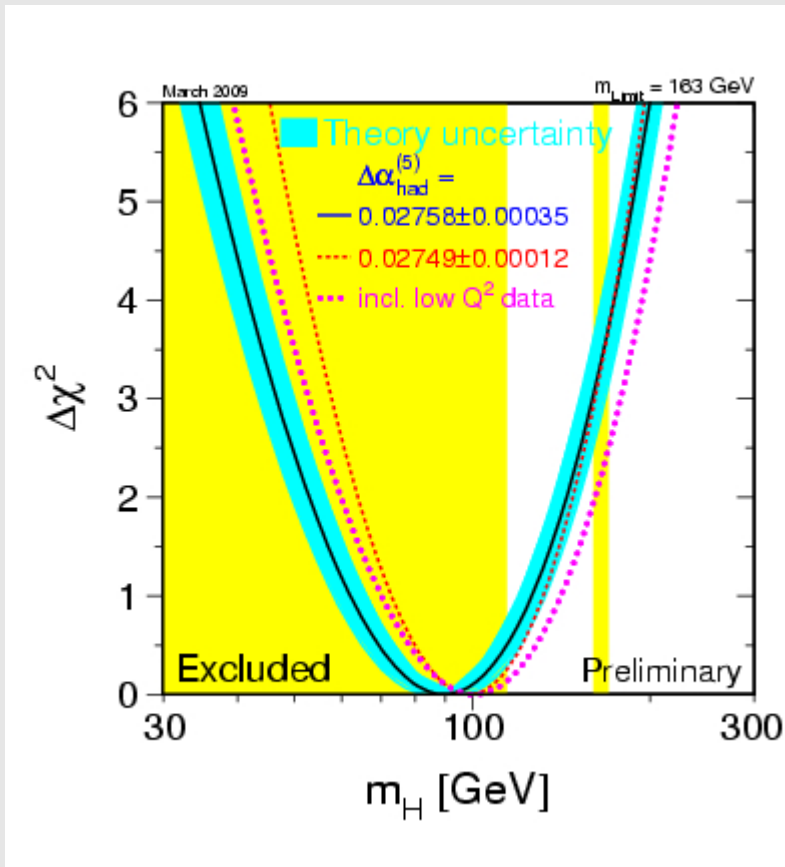
(exemplo de um dos estudos efectuados)

Decaimentos Raros do top:



Bosão de Higgs SM - massa?

- Ajuste aos resultados EW do LEP e Tevatrão



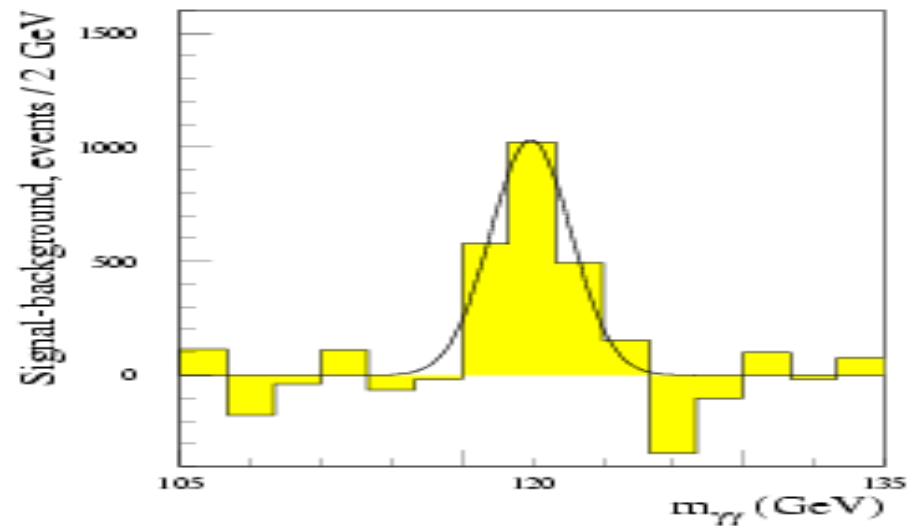
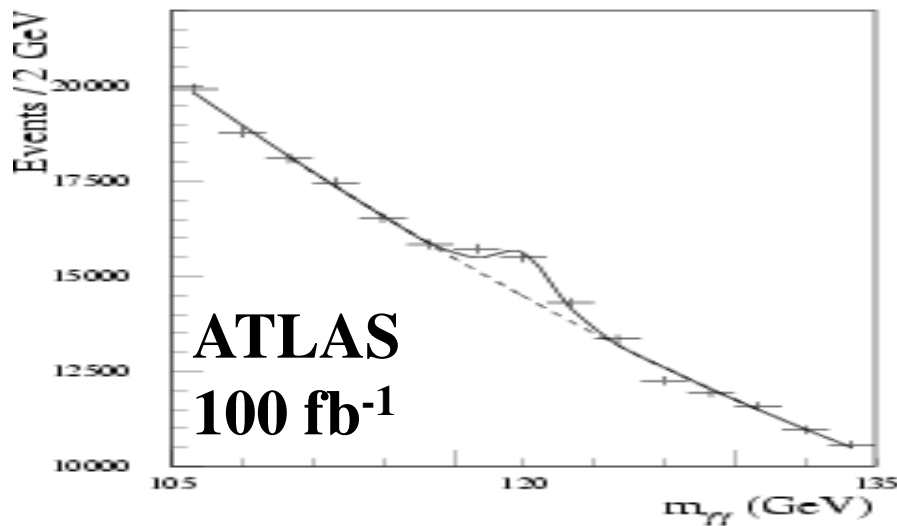
Ajuste Higgs SM (LEP EWWG)

- $m_H = 90^{+36}_{-27} \text{ GeV}$
- $m_H < 163 \text{ GeV @ 95 CL}$
- $m_H < 191 \text{ GeV @ 95 CL}$
se incluir a exclusão directa do LEP II
- O Tevatrão já excluiu:
 - $160\text{-}170 \text{ GeV @ 95 CL}$

Vamos encontrar o bóson de Higgs?

Bosão de Higgs, Modelo Padrão
Exemplo $H \rightarrow \gamma\gamma$, $m_H = 120 \text{ GeV}$

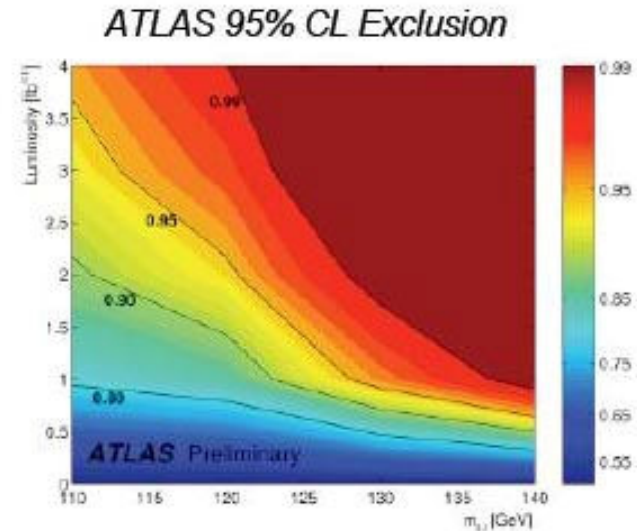
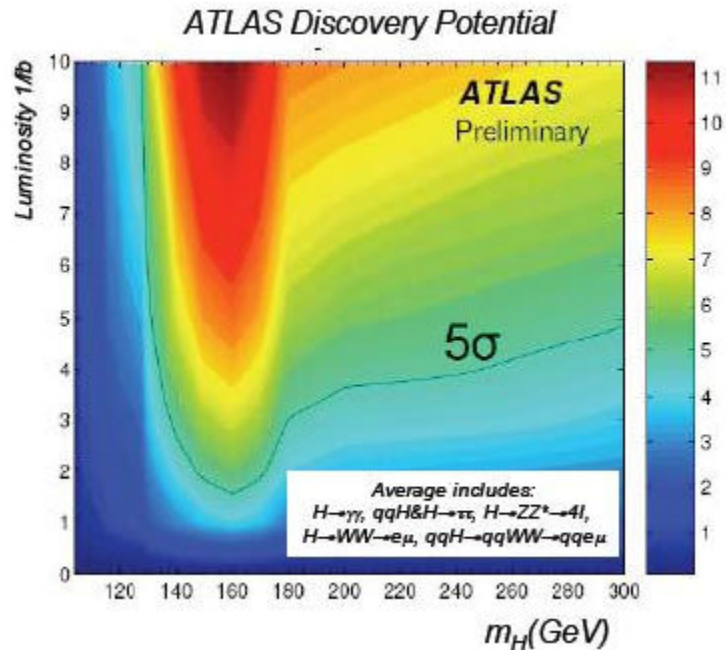
Ao fim de vários anos à energia e luminosidade nominal seria fácil:



E com poucos dados?

Vamos encontrar o bóson de Higgs?

Bosão de Higgs, Modelo Padrão



Região mais difícil: $m_H \sim 115-120 \text{ GeV}$

Necessário recorrer aos canais complicados

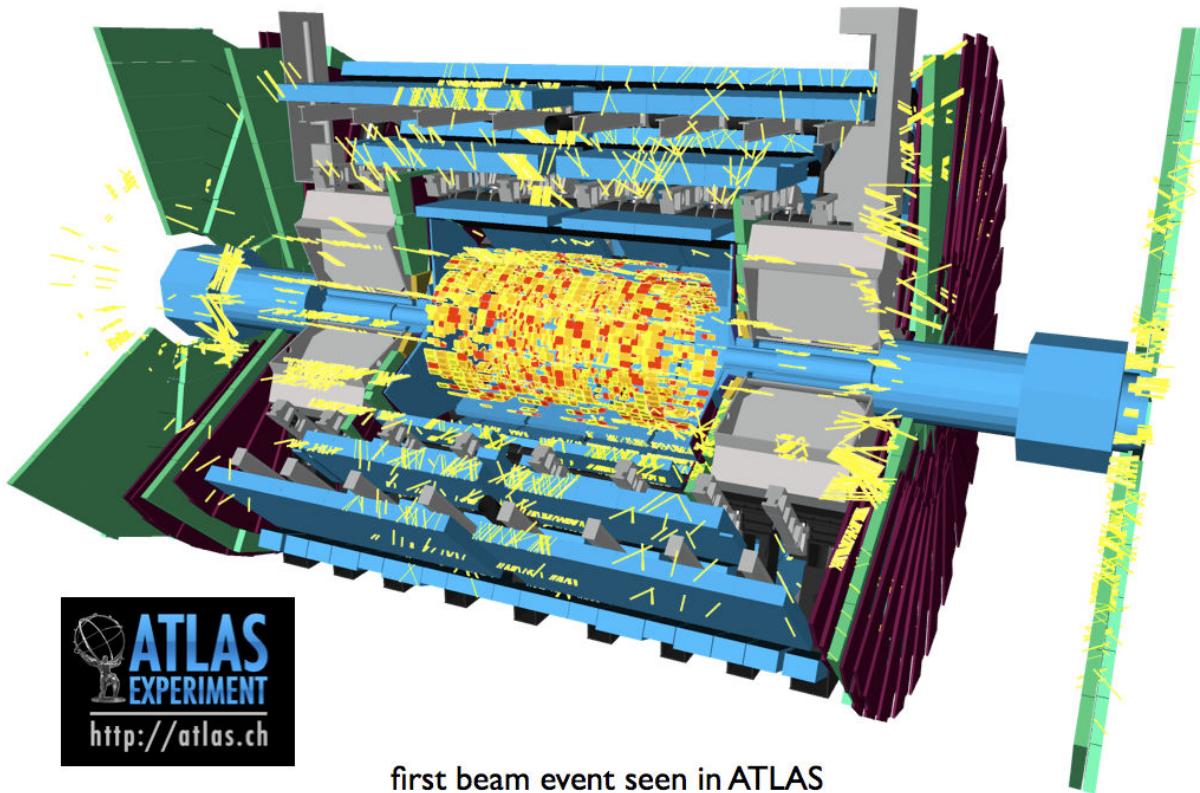
$t\bar{t}H$, WH e ZH com $H \rightarrow b\bar{b}$

1 fb^{-1} de dados suficiente para excluir uma larga região de massas

Seria suficiente para descobrir se $m_H \sim 165 \text{ GeV}$,
(região excluída recentemente pelo Tevatrão)

Primeiro feixe em ATLAS (10 Set 2008)

Cerca de 10^9 prótons bombardeiam colimador de tungsténio localizado a cerca de 150 m do detector ATLAS. Pequena fracção dos prótons produzidos escapa e decai em vôo produzindo feixe de múons que "ilumina" o detector



first beam event seen in ATLAS

Em breve, neste
laboratório.

Mistério, suspense...
O que é que vai
aparecer?

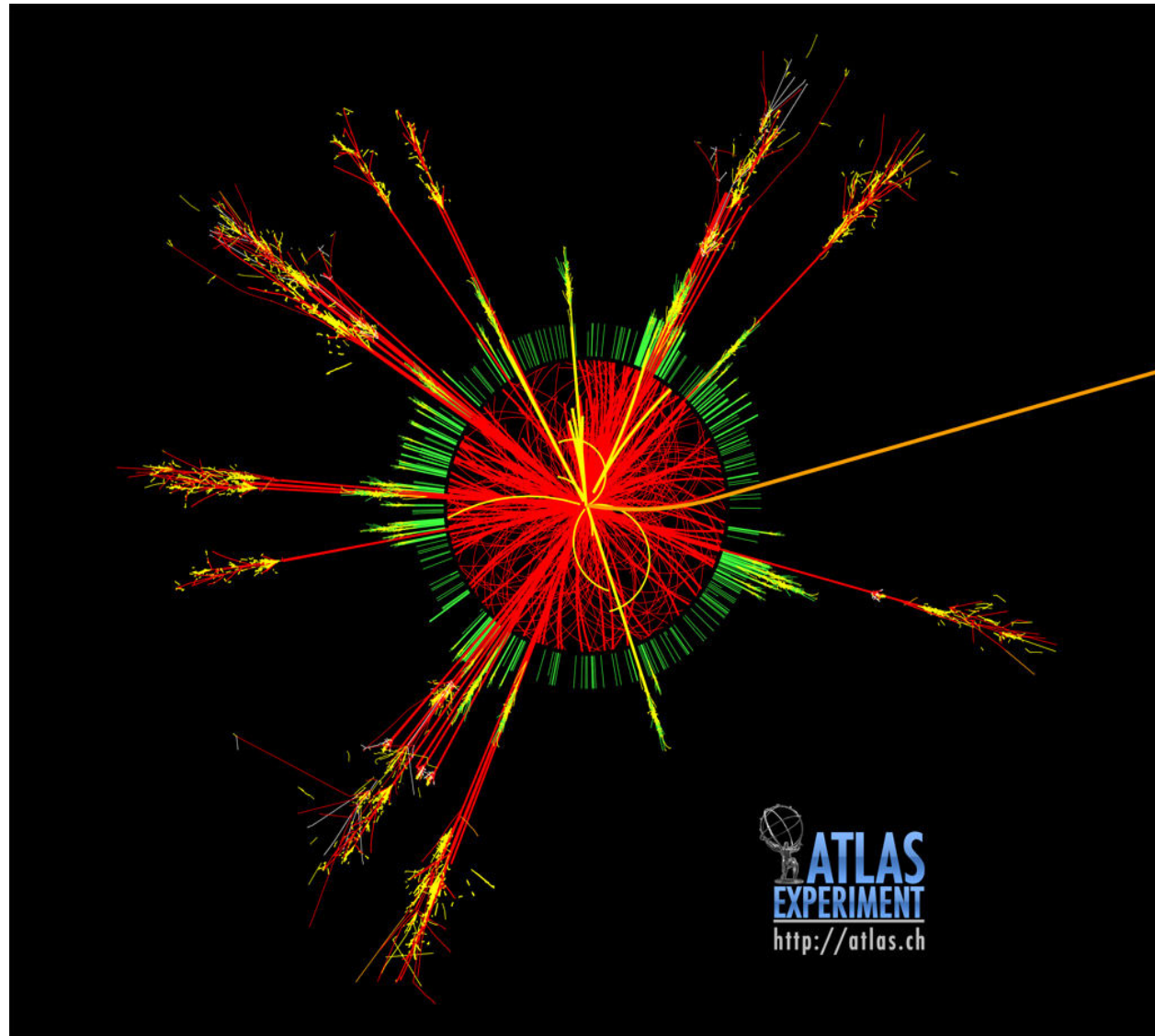
Bosão de Higgs?

Partículas
supersimétricas?

Dimensões extras?

Buracos negros?

...?



Filme do detector

Filme em http://atlas.ch/multimedia/index_features.html