

Detectores e Aceleradores

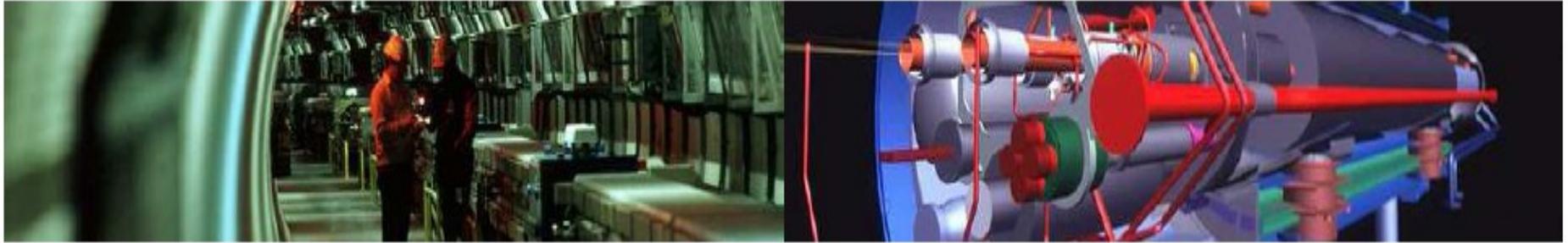
Filipe Veloso

LIP / DF FCTUC

17.^a Masterclasses Internacionais em Física de Partículas

Coimbra 20.mar.2021

Para estudar as partículas elementares (de que tudo é feito) e as interacções (forças) fundamentais



Produzem-se e colidem-se feixes de partículas: aceleradores

Olha-se para o resultado: detectores de partículas



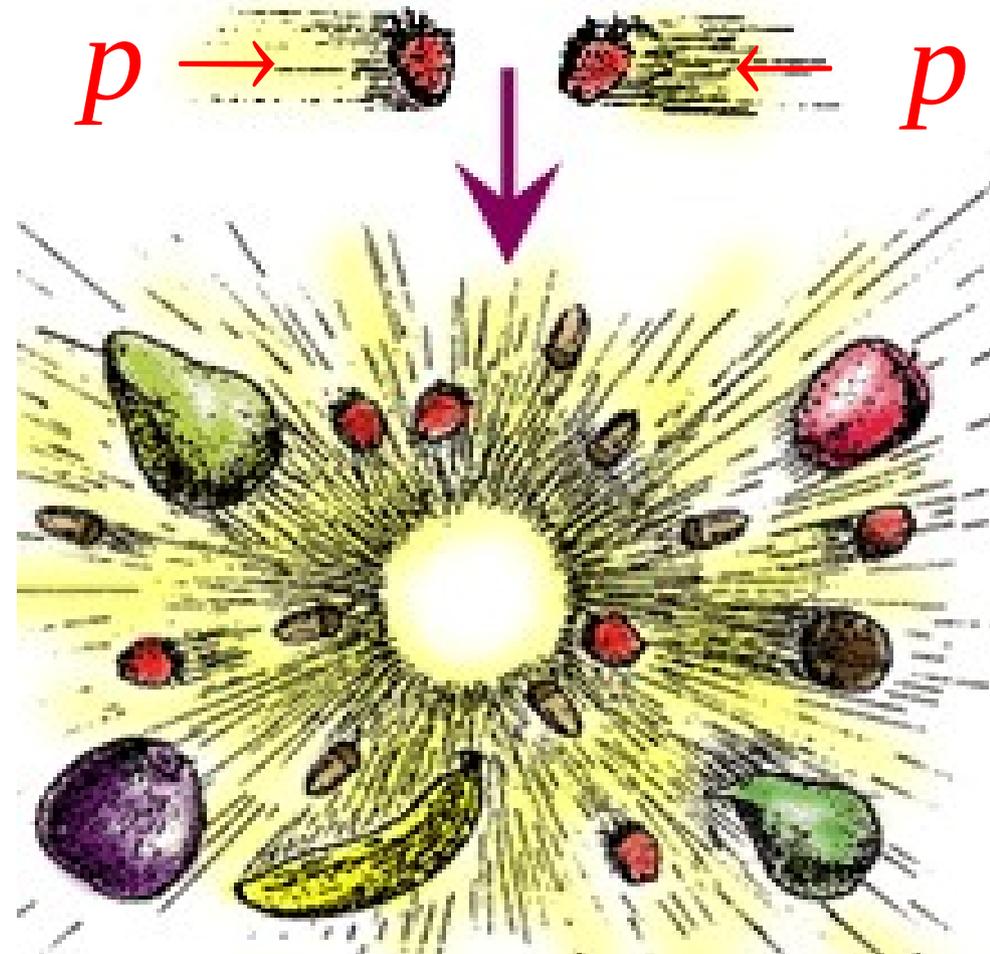
Colisões

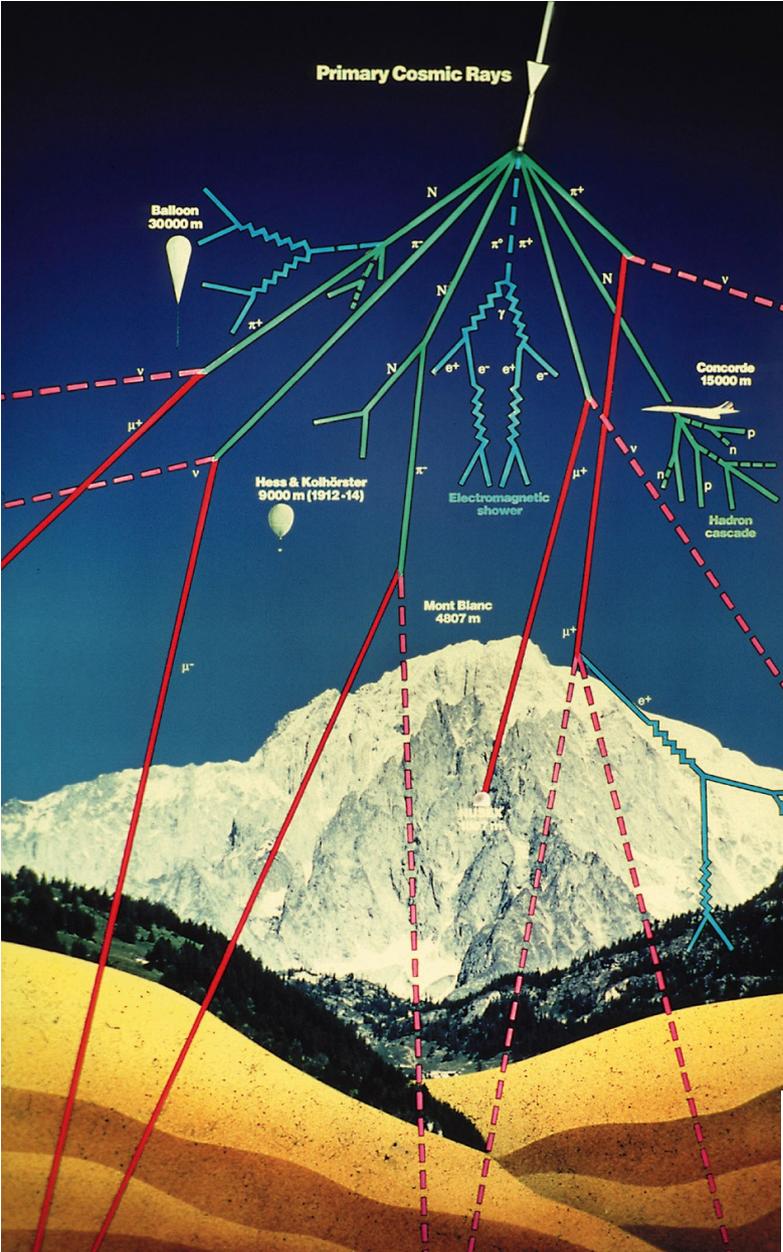
Aceleram-se feixes de partículas de **luminosidade** (intensidade) muito elevada até atingirem velocidades muito próximas da velocidade da luz no vácuo

A energia final da colisão no centro de massa costuma-se medir em GeV
(1 eV = 1.602×10^{-19} J)

Na colisão são produzidas muitas partículas, já conhecidas ou não, através da relação

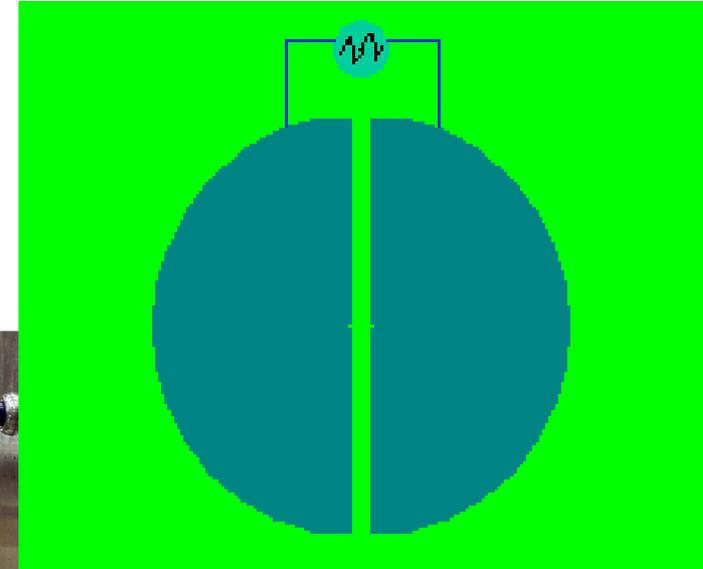
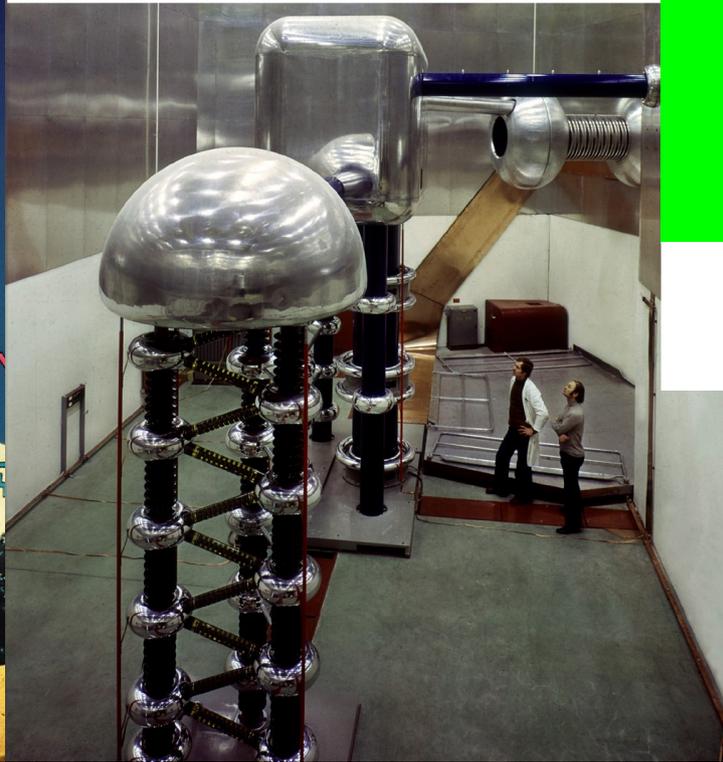
$$(E=mc^2)$$





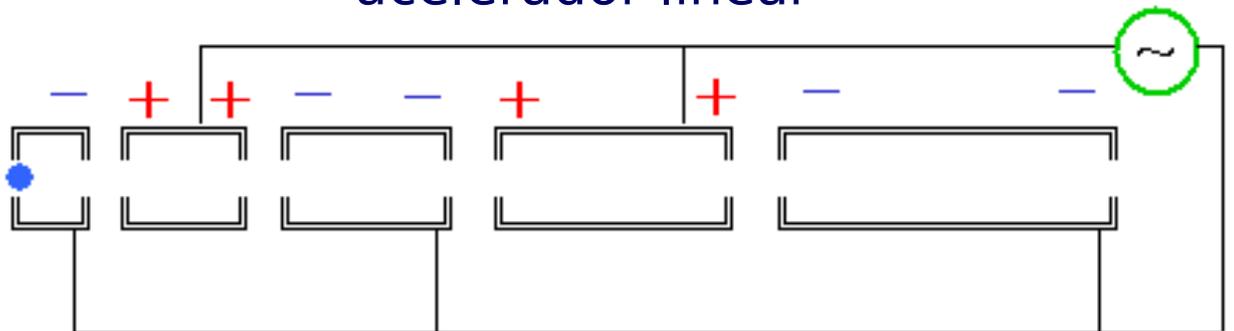
raios cósmicos - o maior acelerador do universo

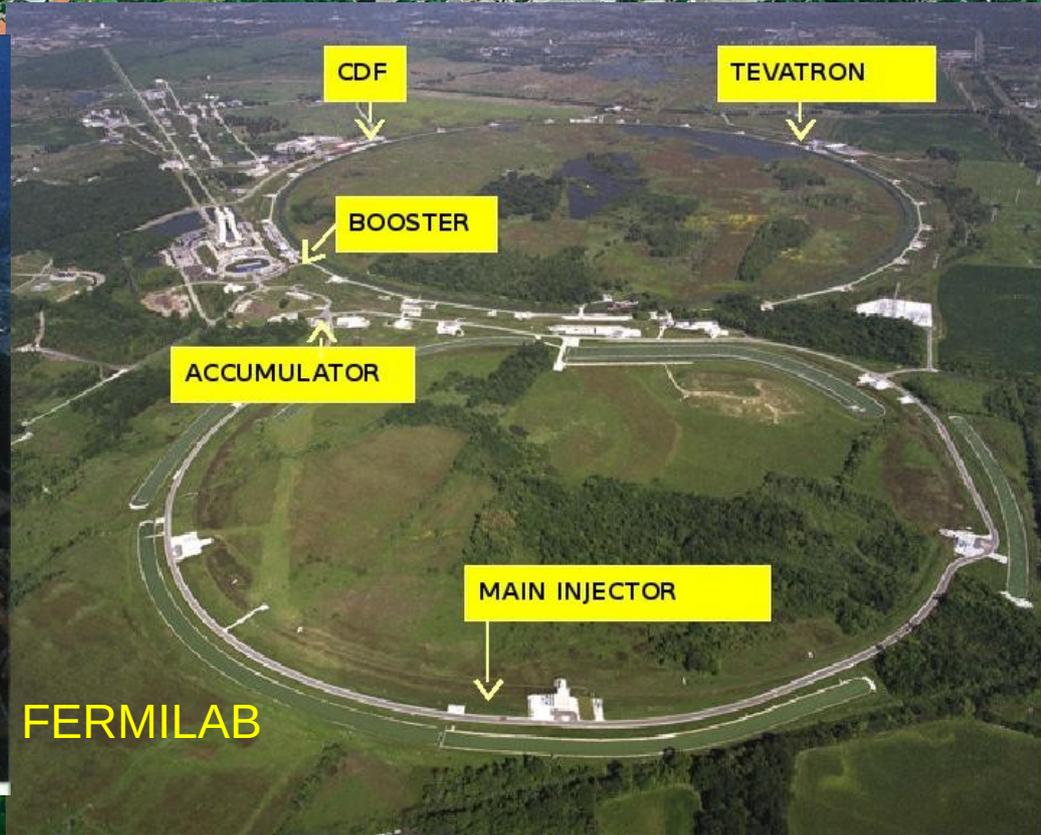
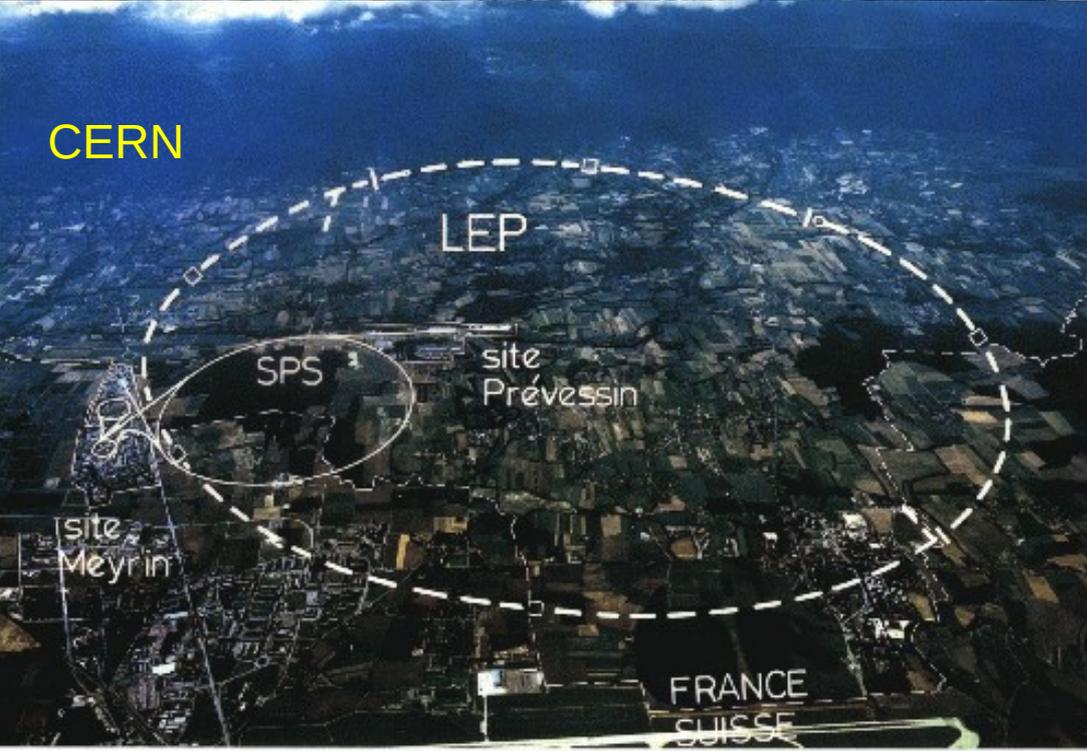
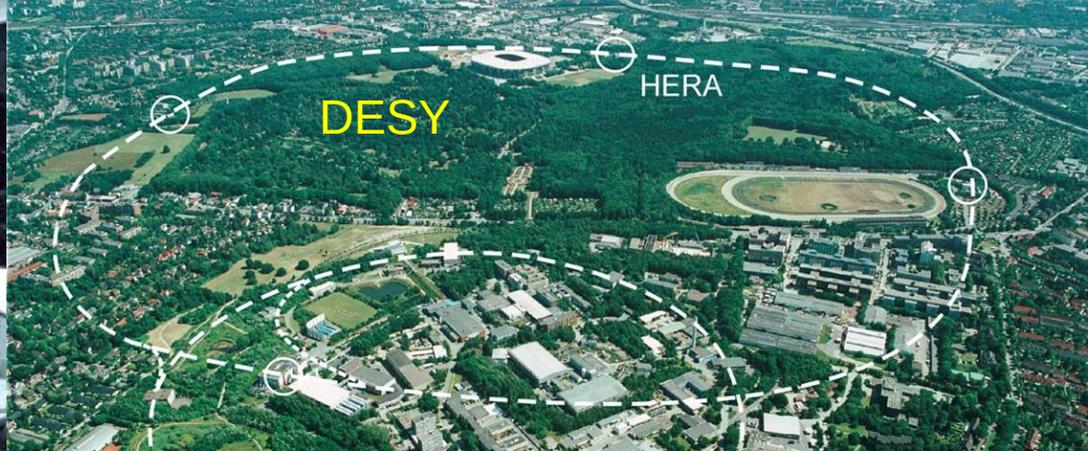
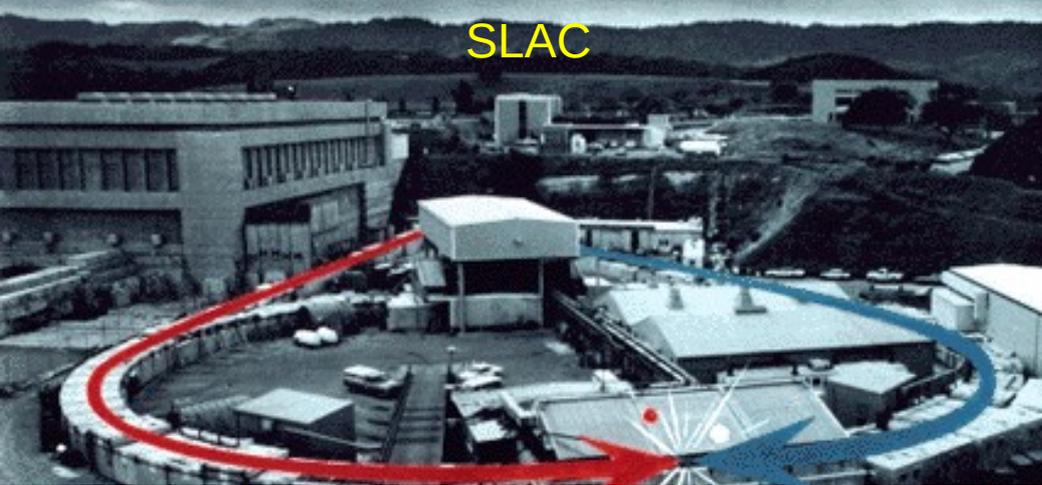
acelerador
Cockcroft-Walton



ciclotrão

acelerador linear

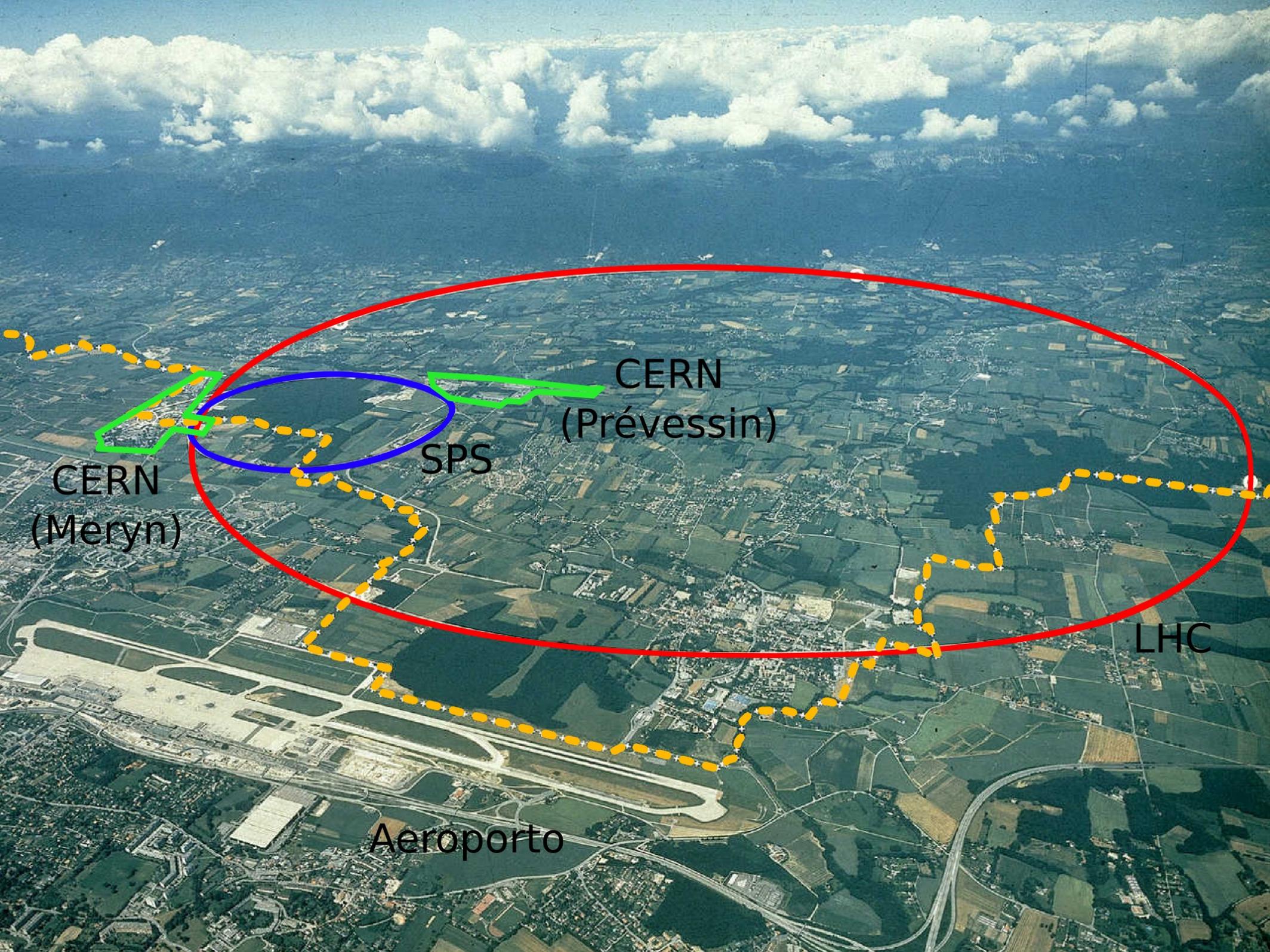




CERN- European Organization for Nuclear Research

- fundado em 1954 por 12 países
- actualmente: 23 estados membros (Portugal 1986) + 9 estados associados
- emprega mais de 2400 pessoas
- mais de 10000 utilizadores de todas as partes do mundo
- ~900 M€ / orçamento anual (~10 M€ de Portugal)





CERN
(Meryn)

CERN
(Prévessin)

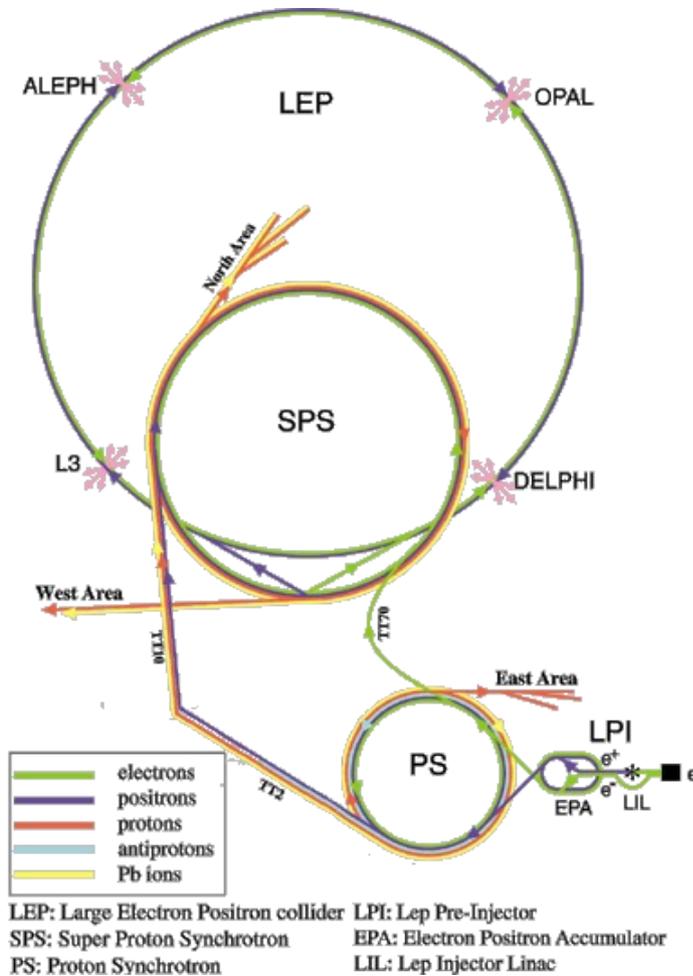
SPS

Aeroporto

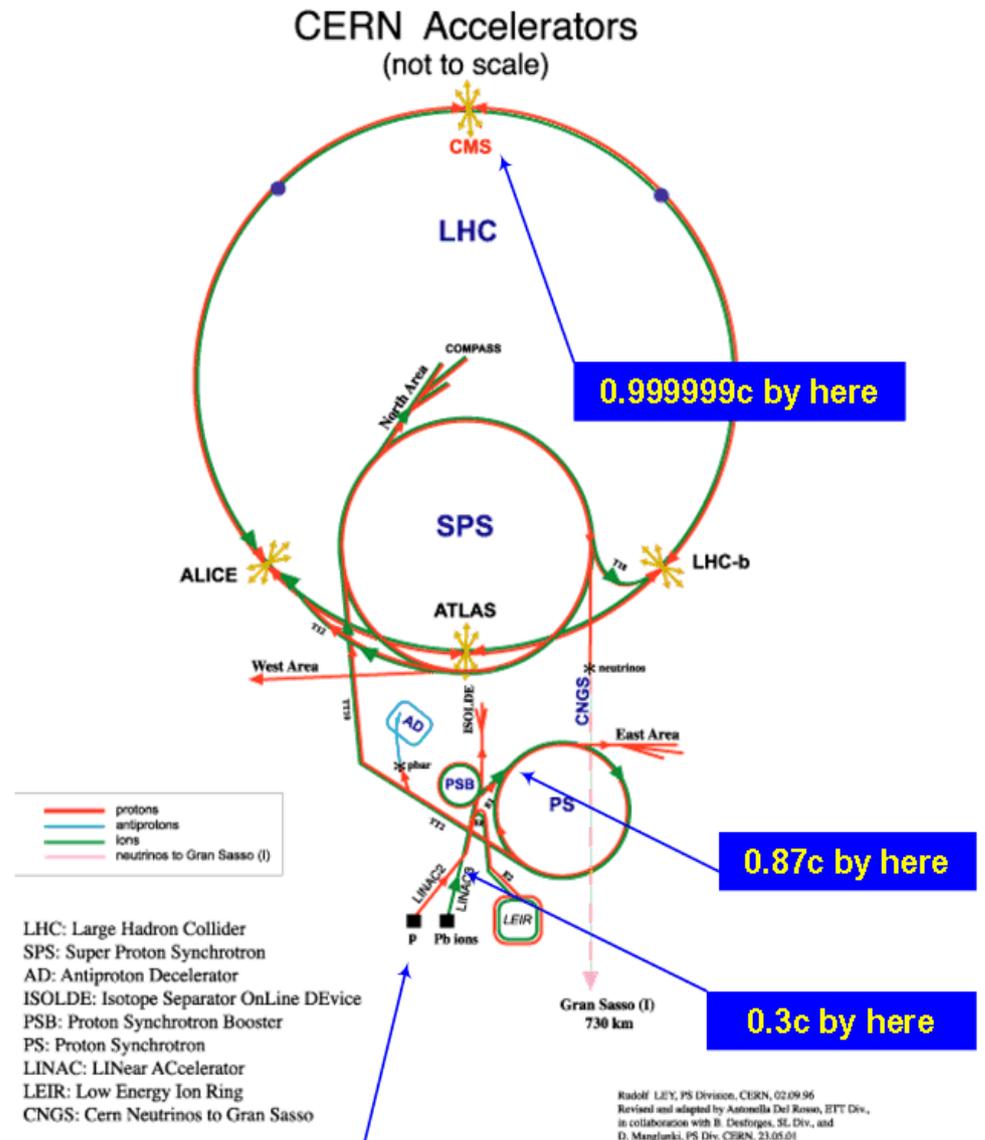
LHC

O conjunto de aceleradores do CERN

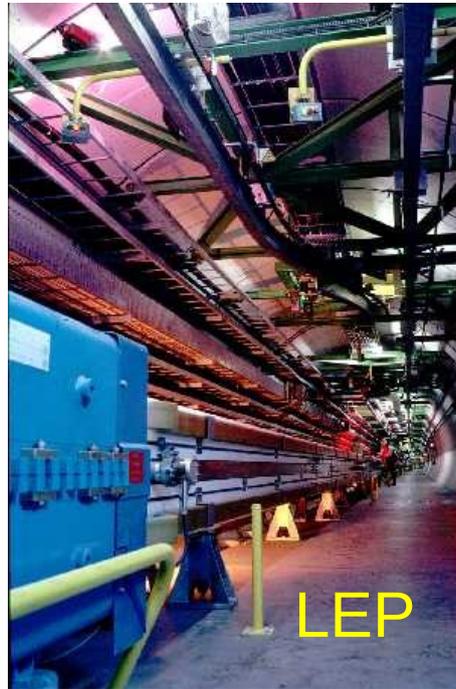
1990

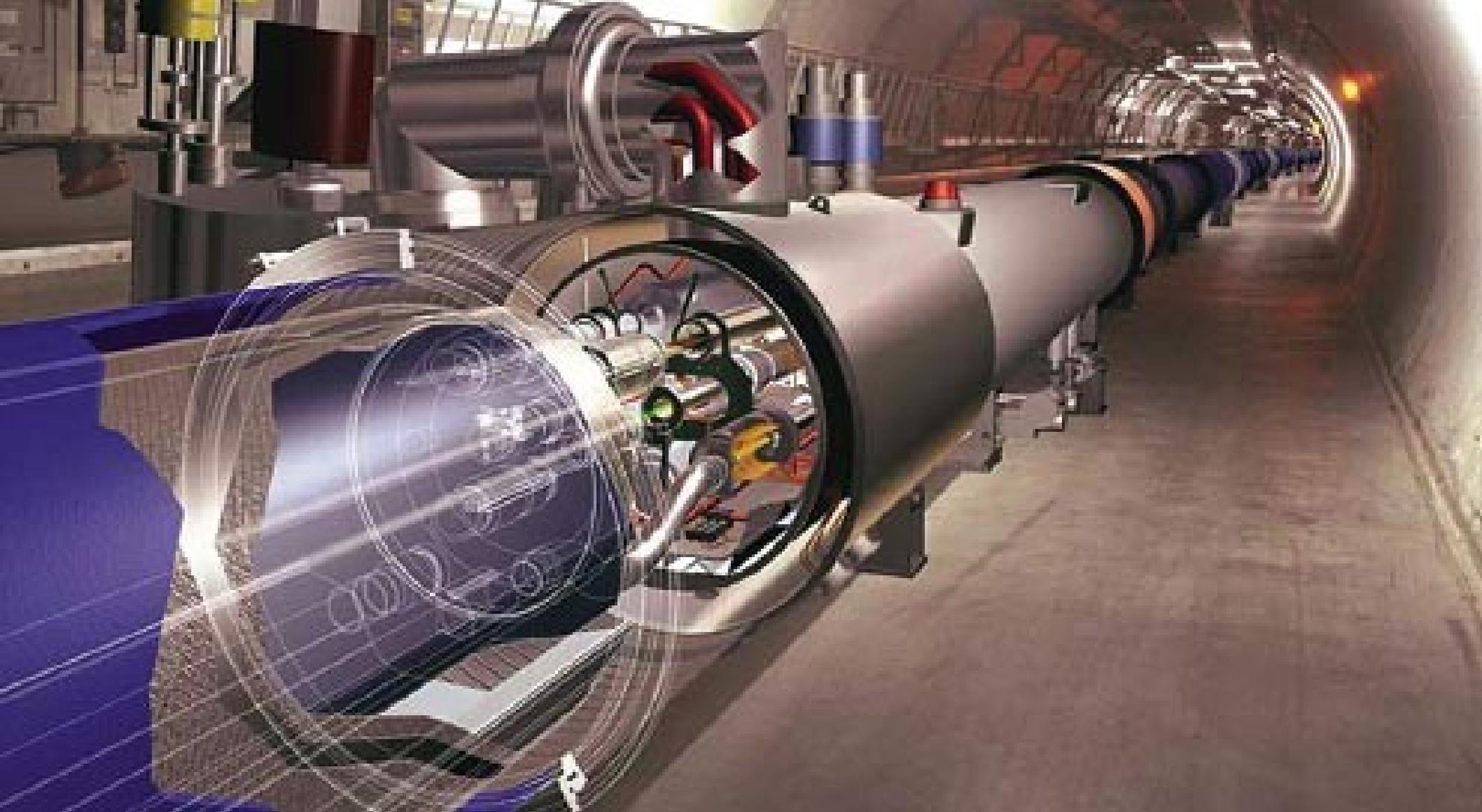


2007

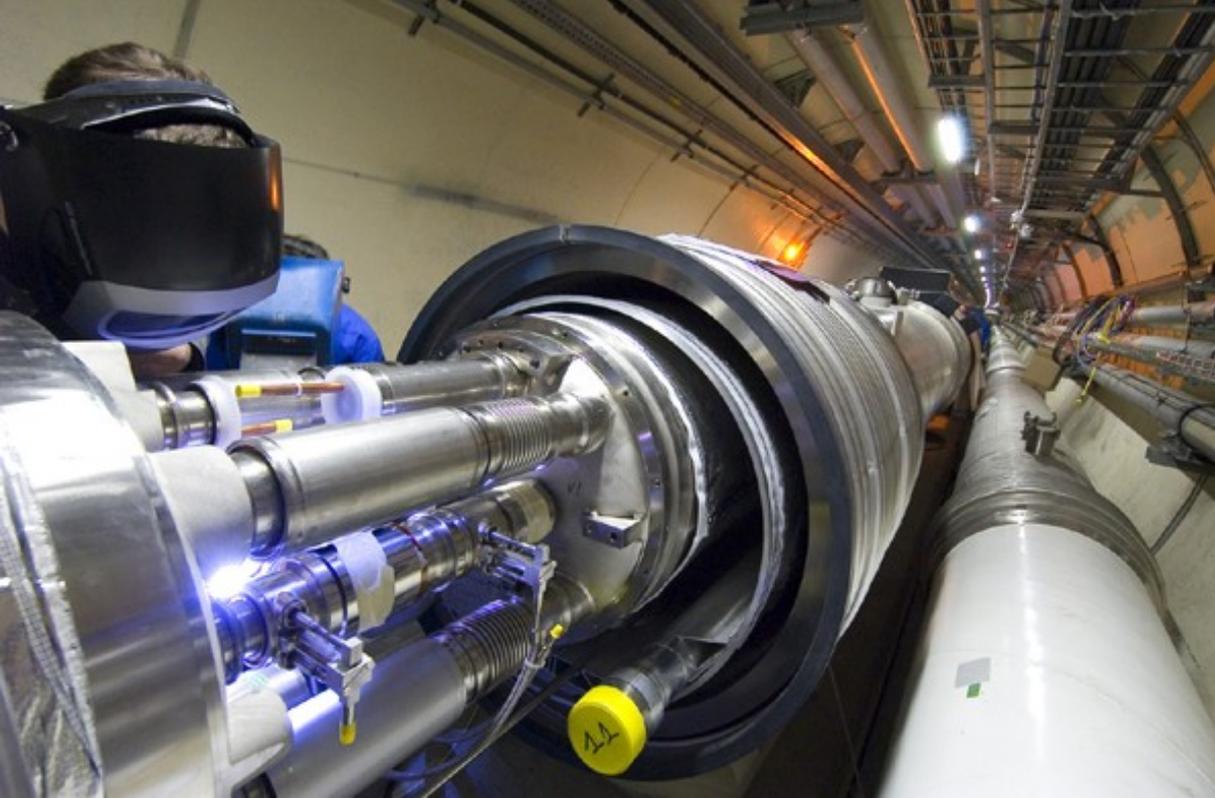


aceleradores no CERN





O sistema criogénico do LHC arrefece **27 km de magnetes supercondutores**, que funcionam a 1.7 °K (-271 °C ; mais frio do que o espaço exterior), e geram um campo magnético de 8.33 T (~ 200 mil vezes superior ao terrestre) para curvar o feixe



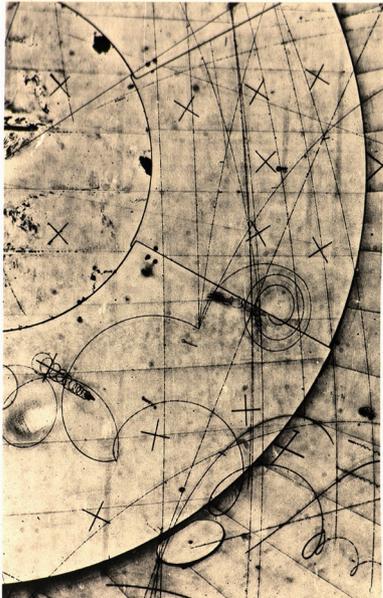
Instalação de
magnetes no LHC



Dentro do túnel



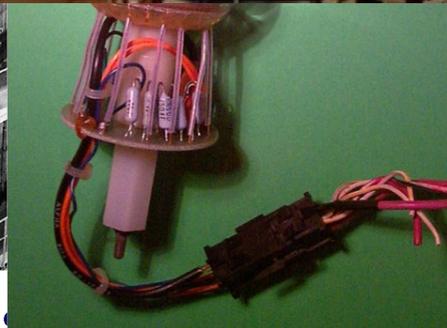
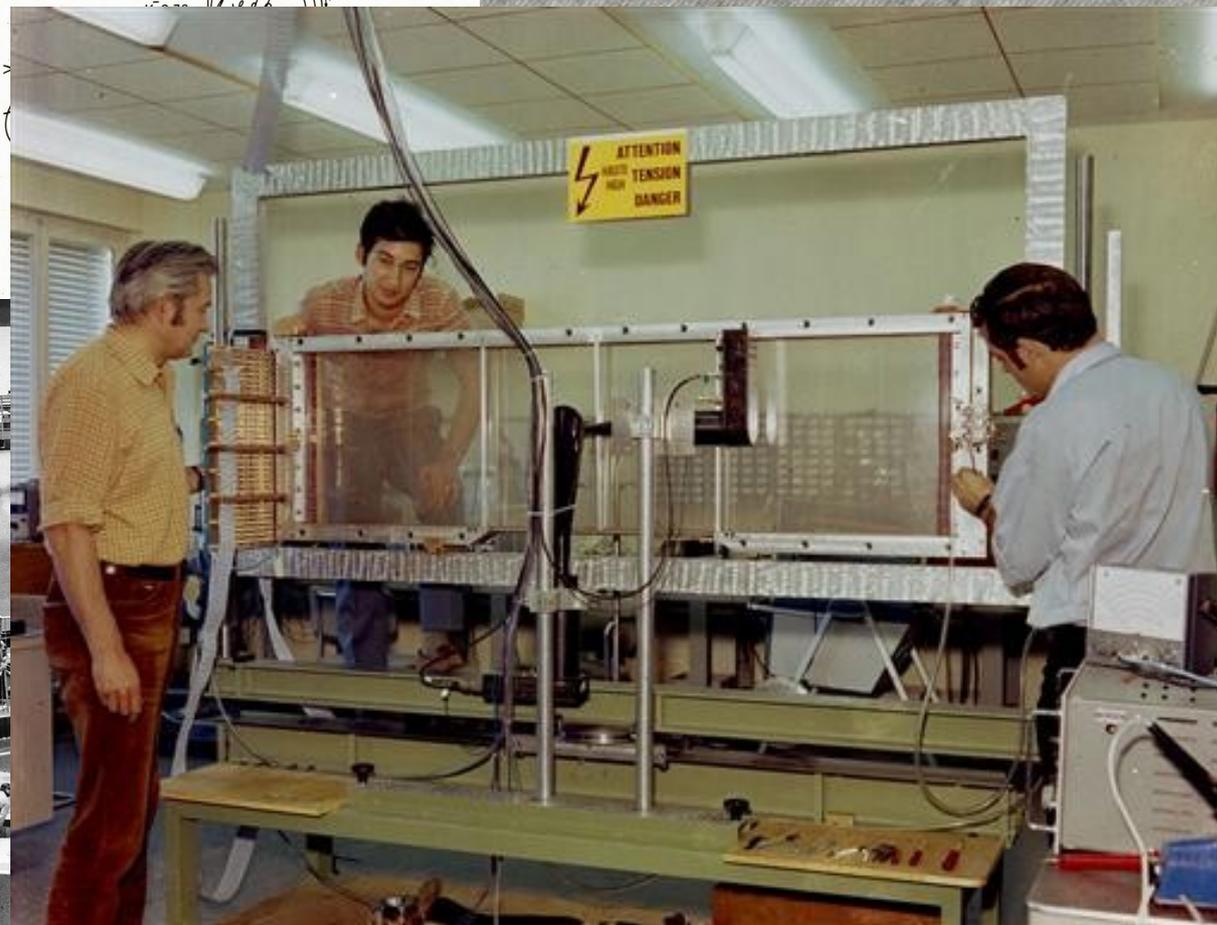
Sala de controlo do LHC



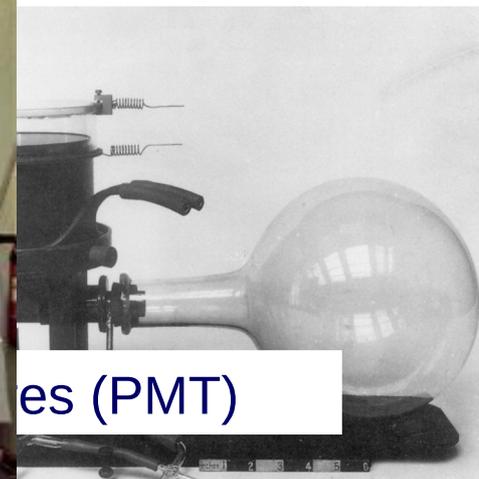
câmaras de bolhas

AACHEN-BONN-CERN-MUNICH-OXFORD COLLABORATION
WA 21
EVENT 294/0995

camêra proporcional multifios e
câmara de projecção temporal (TPC)



caixa de nevoeiro



tubos (PMT)

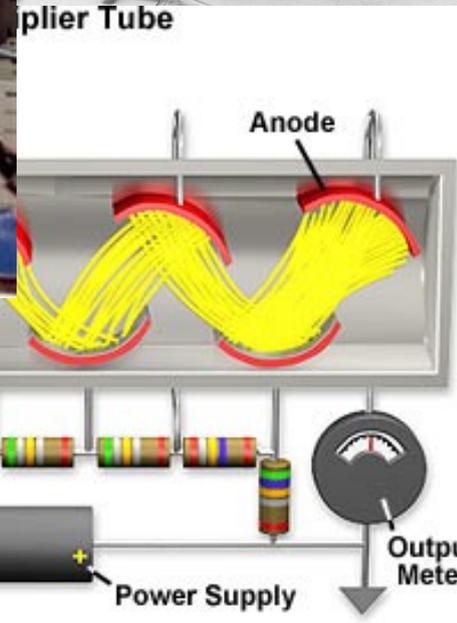
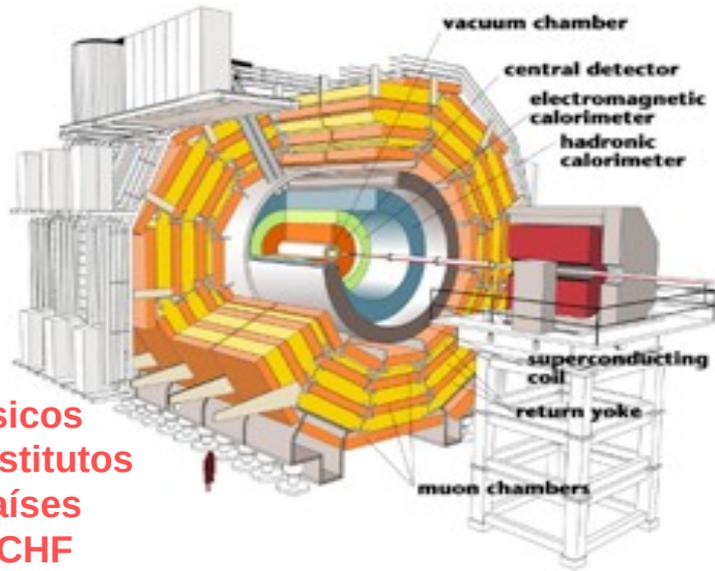
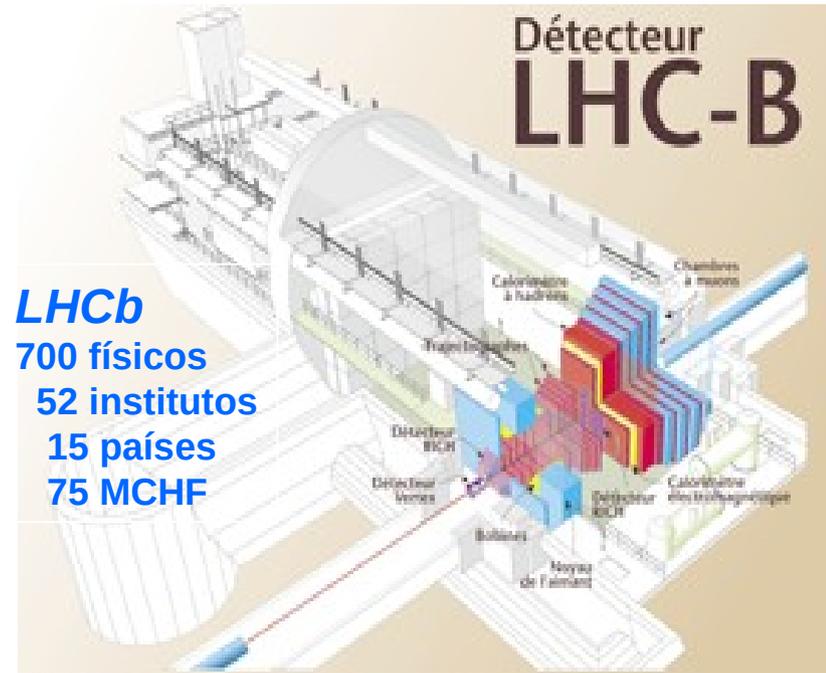


Figure 1

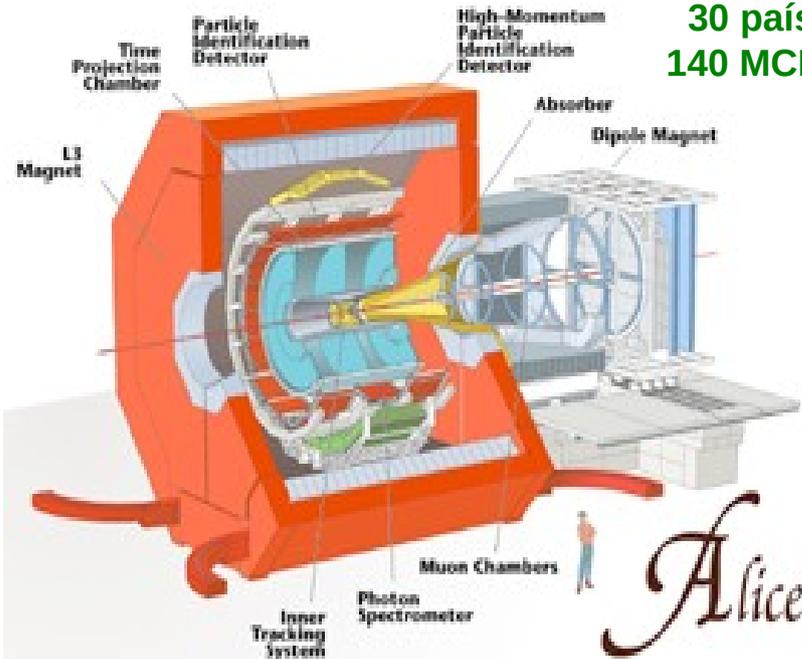
CMS
 3000 físicos
 172 institutos
 40 países
 550 MCHF



LHCb
 700 físicos
 52 institutos
 15 países
 75 MCHF

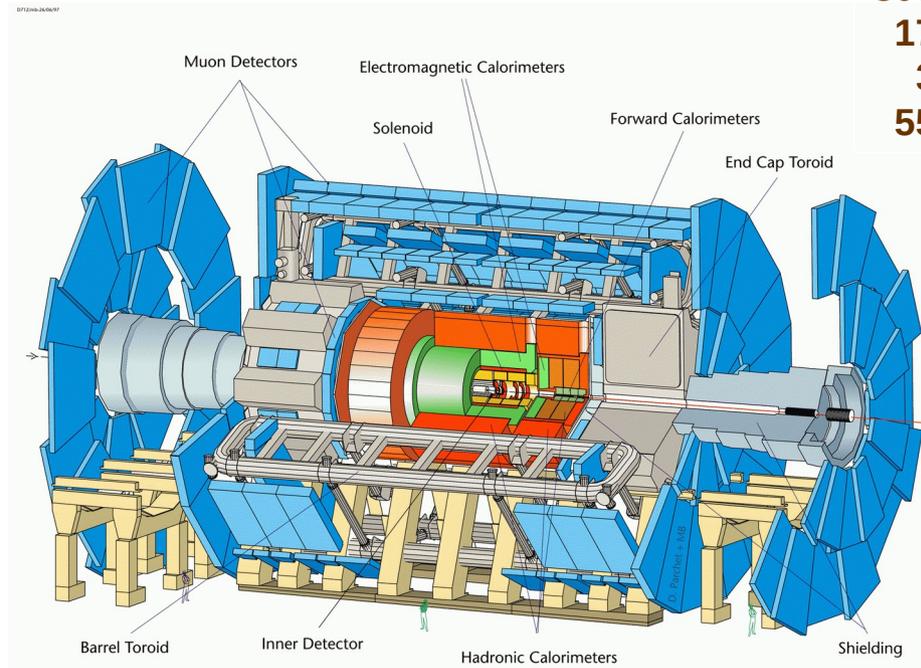


ALICE
 1000 físicos
 105 institutos
 30 países
 140 MCHF



Alice

ATLAS
 3000 físicos
 174 institutos
 38 países
 550 MCHF



O detector ATLAS

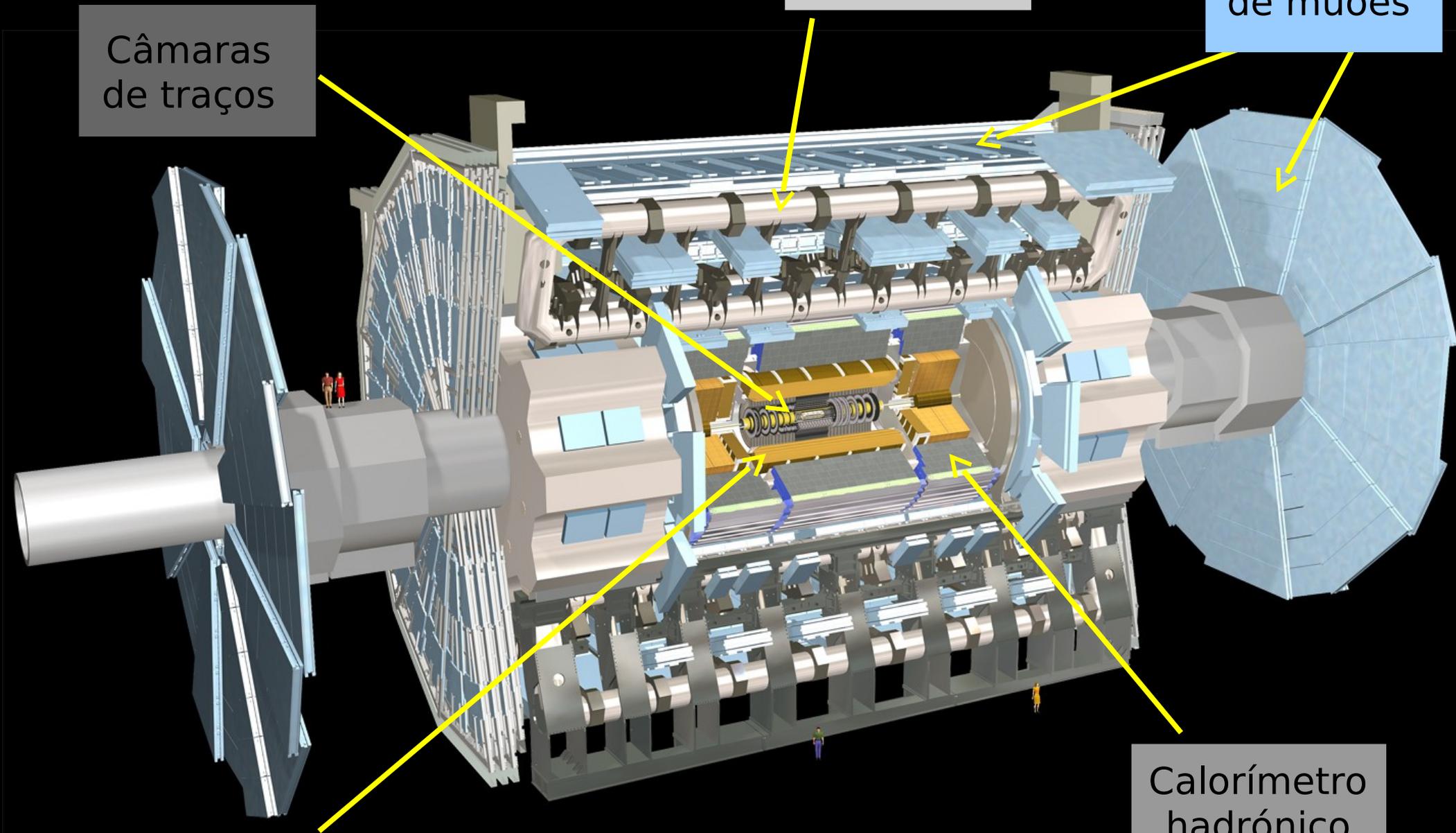
Toroides

Detectores de muões

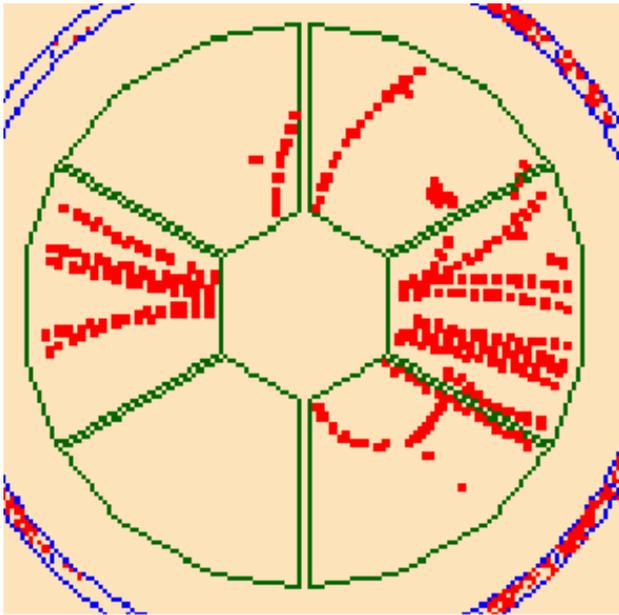
Câmaras de traços

Calorímetro hadrónico

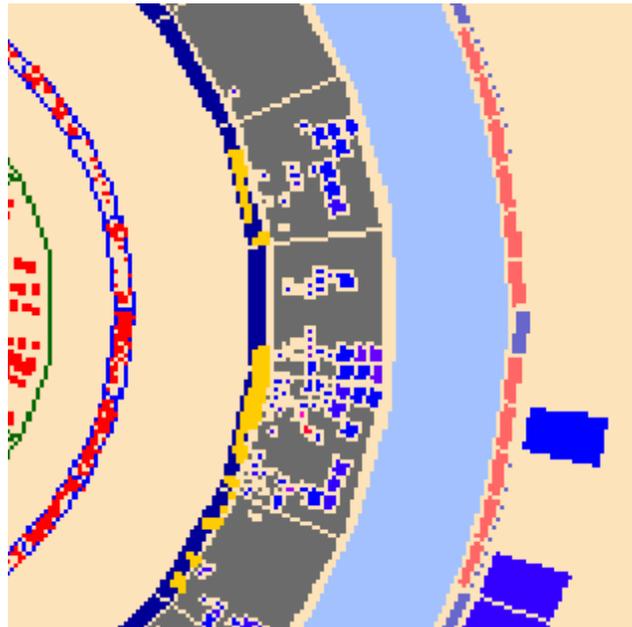
Calorímetro electromagnético



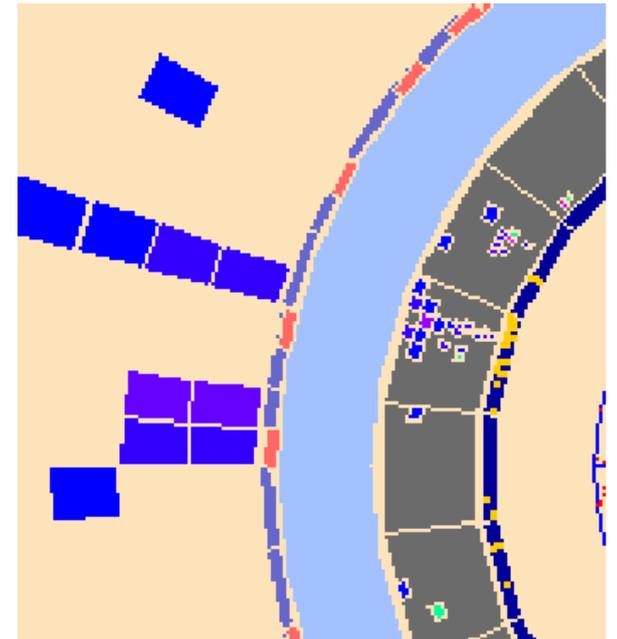
sinais em diferentes partes do detector



detector de traços



calorímetro
electromagnético

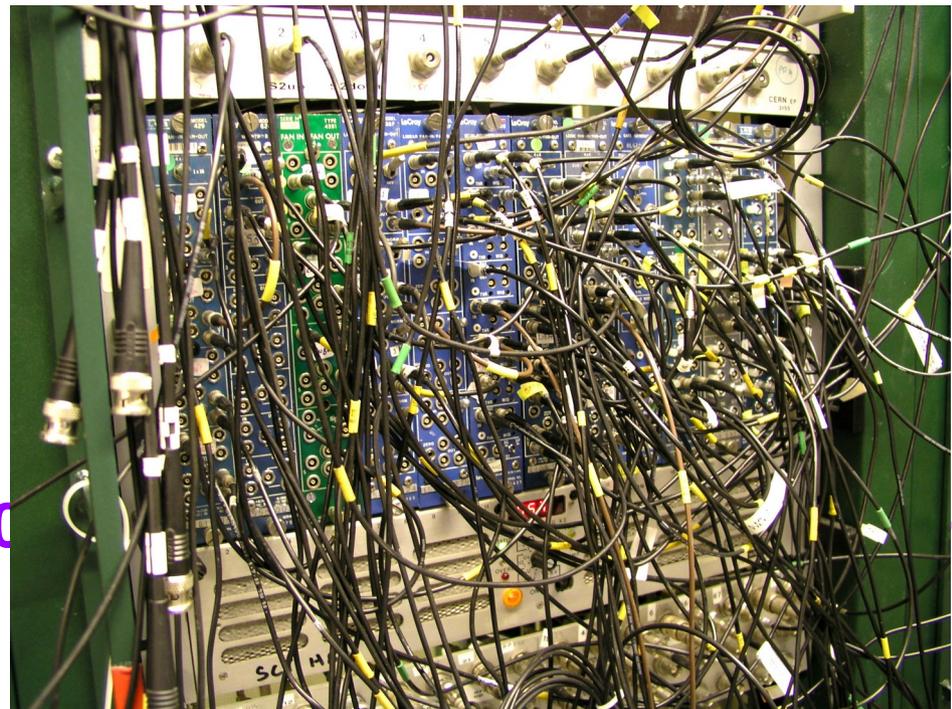
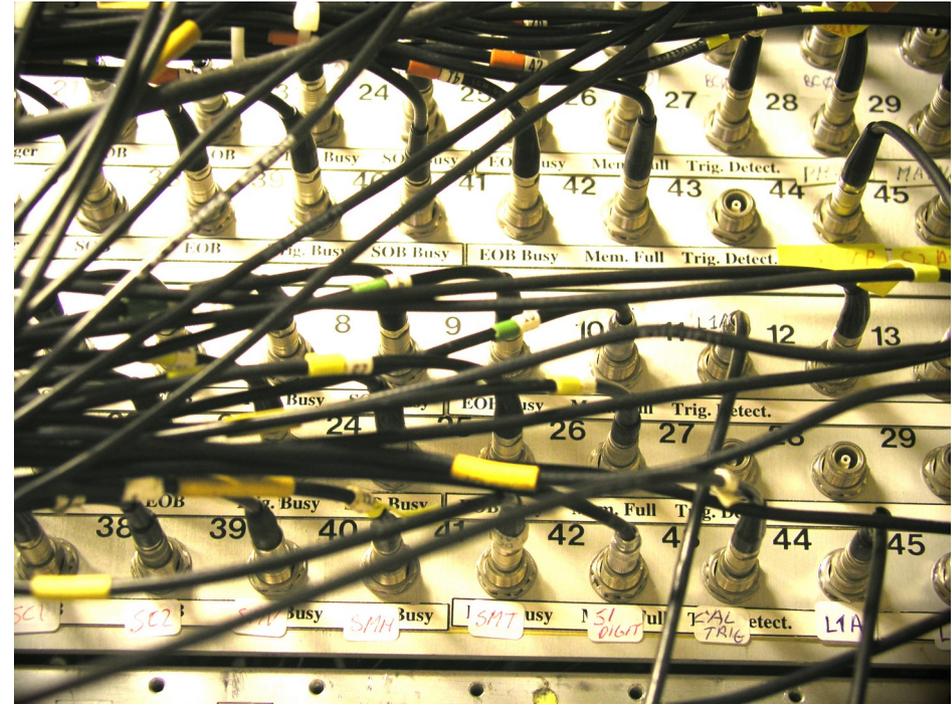
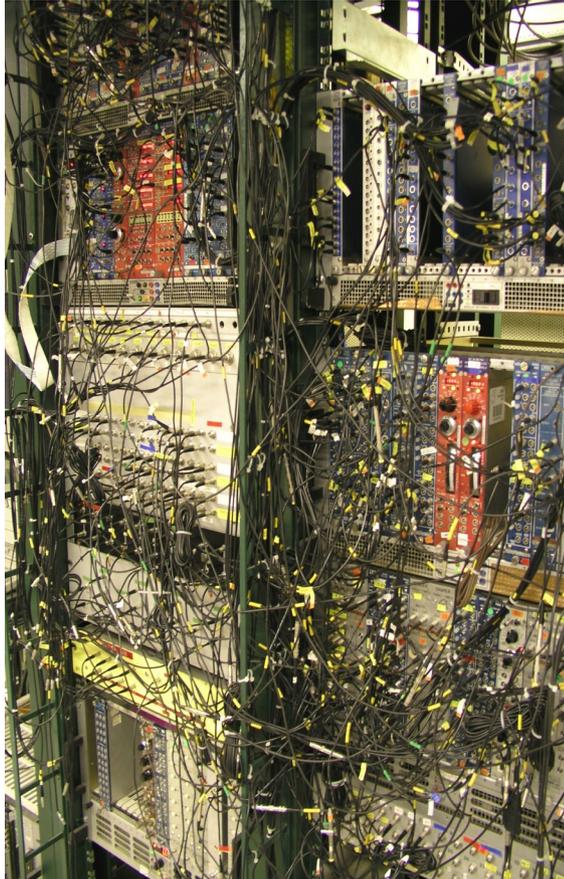


calorímetro hadrónico

digitalização dos sinais eléctricos

100 milhões de canais

3000 km de cabos



001010001111001010010100011110010

1

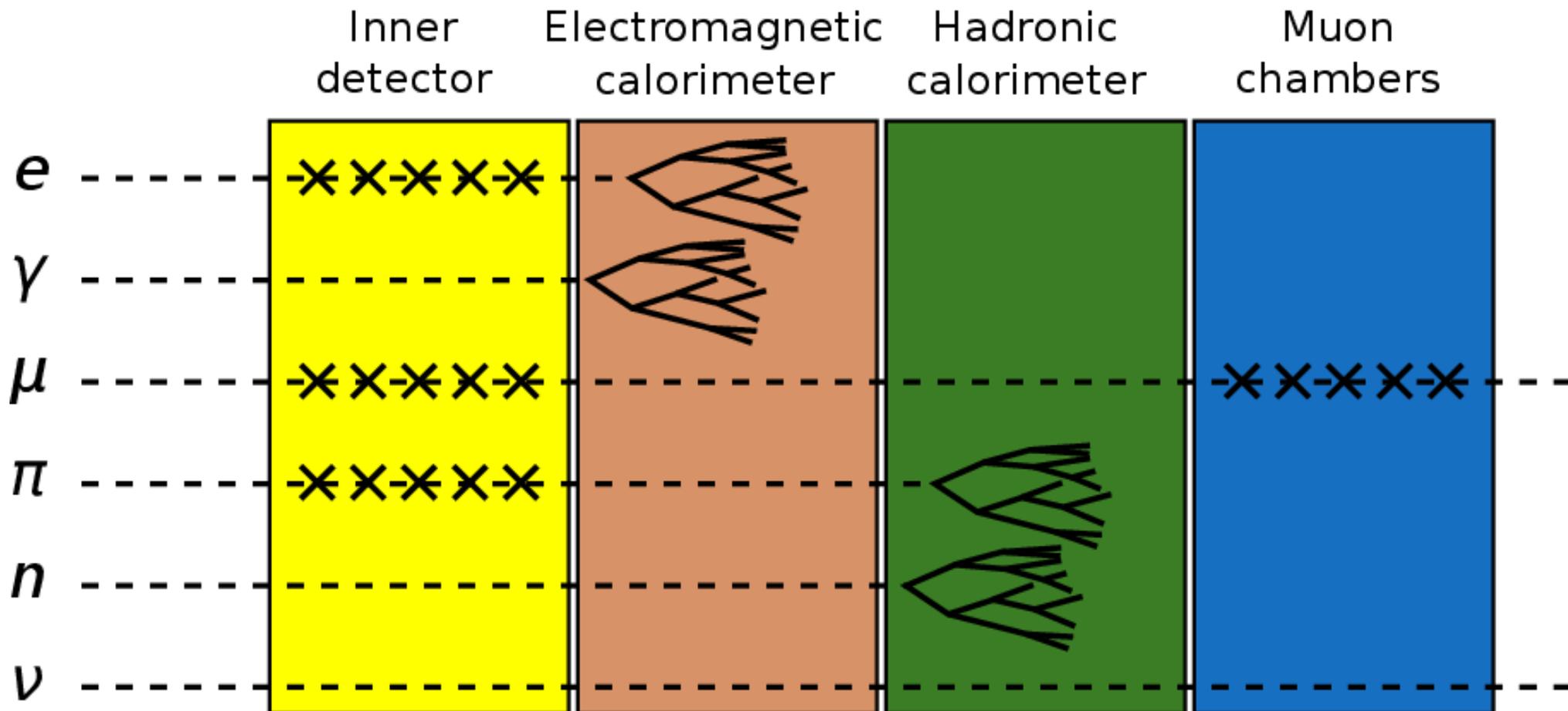
reconstrução de partículas

Câmaras de Traços: trajetórias de partículas com carga eléctrica

Calorímetro Electromagnético: energia de electrões e fótons

Calorímetro Hadrónico: energia de hádrões (protões, piões)

Detectores de Muões: trajetórias de muões que atravessam todo o detector

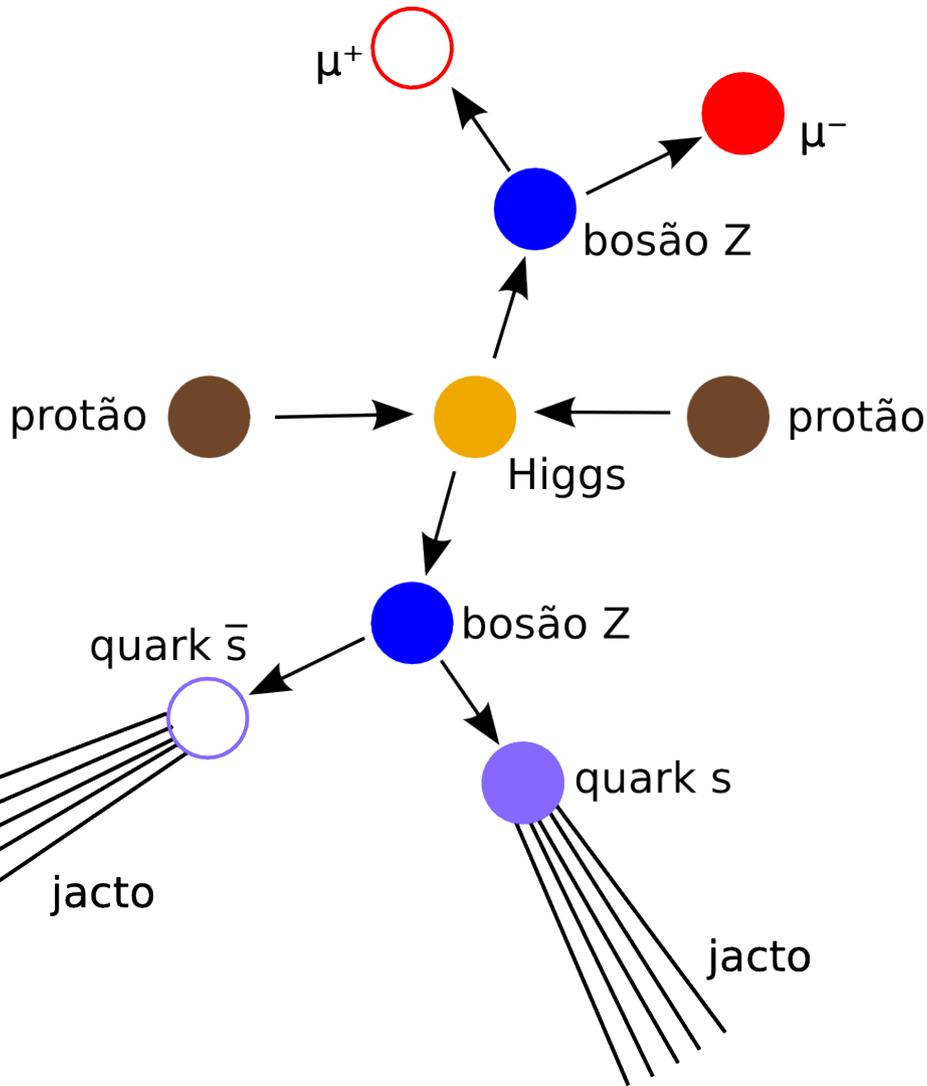




Vista parcial da sala de controlo de ATLAS

Colisões em ATLAS:

o que aconteceu depois que o stop passou



ROOT Object Browser window showing a list of objects and a plot of `sel08: m_t sm`. The plot shows a peak at approximately 170 GeV.

Terminal window showing the ROOT version and system information:

```

ROOT 5.28/00 (trunk837585, Dec 14 2010, 15:20:27 on linux:x86_64gcc)
CINT/ROOT C/C++ Interpreter version 5.18.00, July 2, 2010
Type ? for help. Commands must be C++ statements.
Enclose multiple statements between { }.
root [0]
Attaching file output_FCNCqz1_13_TopRex_tt_bkgZlep.root as _file0...
root [1] TBrowser asdf
root [2]
    
```

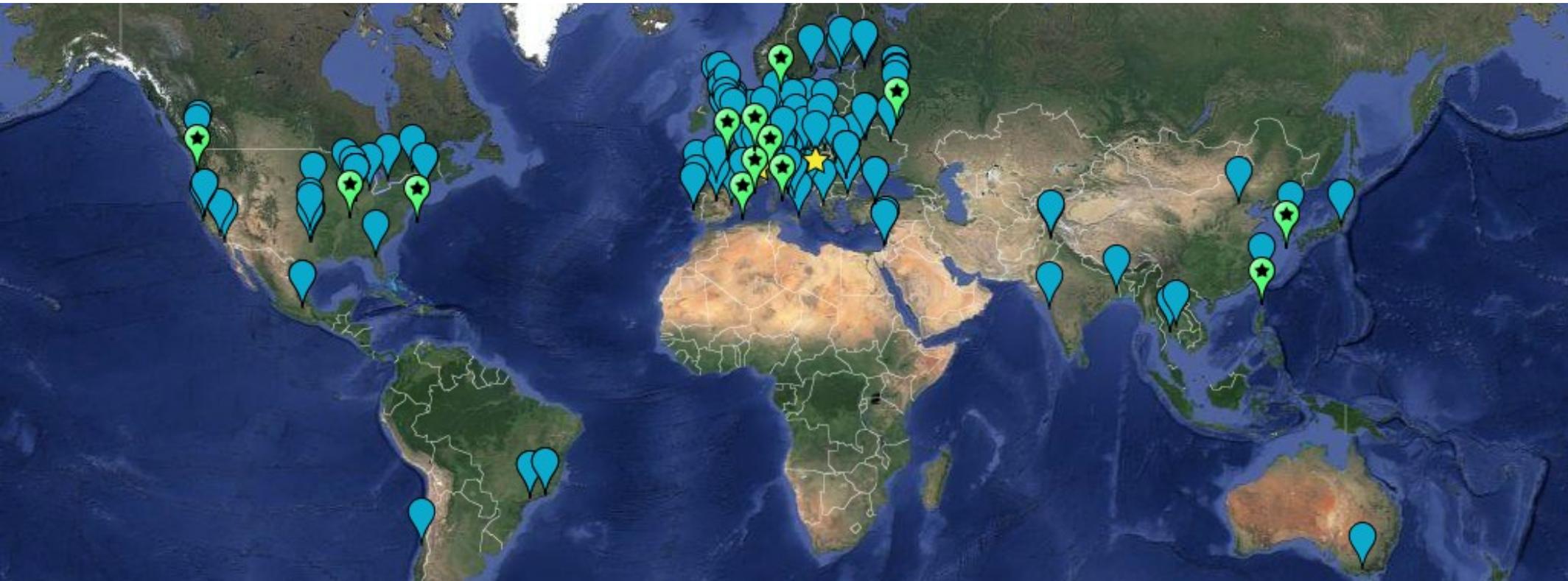
Computação Grid e o LHC

Vários milhares de **Terabytes** de dados são recolhidos por ano por cada uma das experiências do LHC

A capacidade computacional necessária para processar estes dados é de cerca de **200 mil processadores**

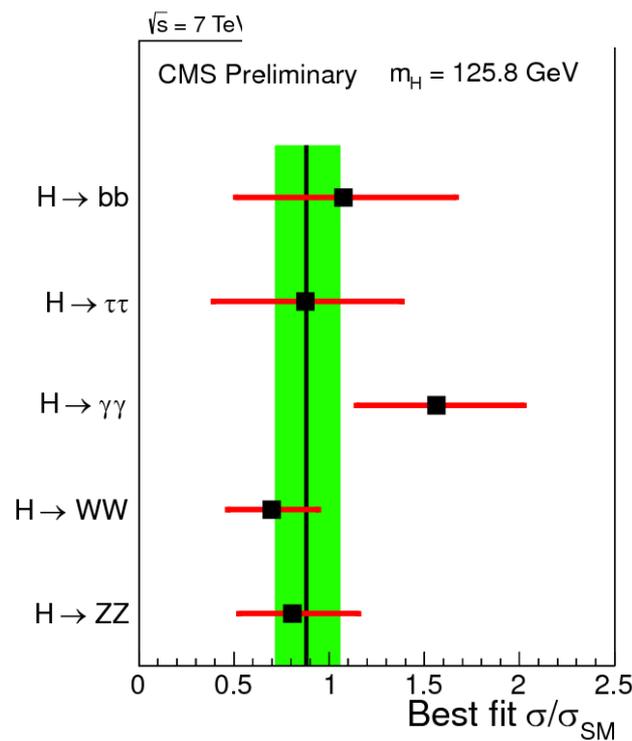
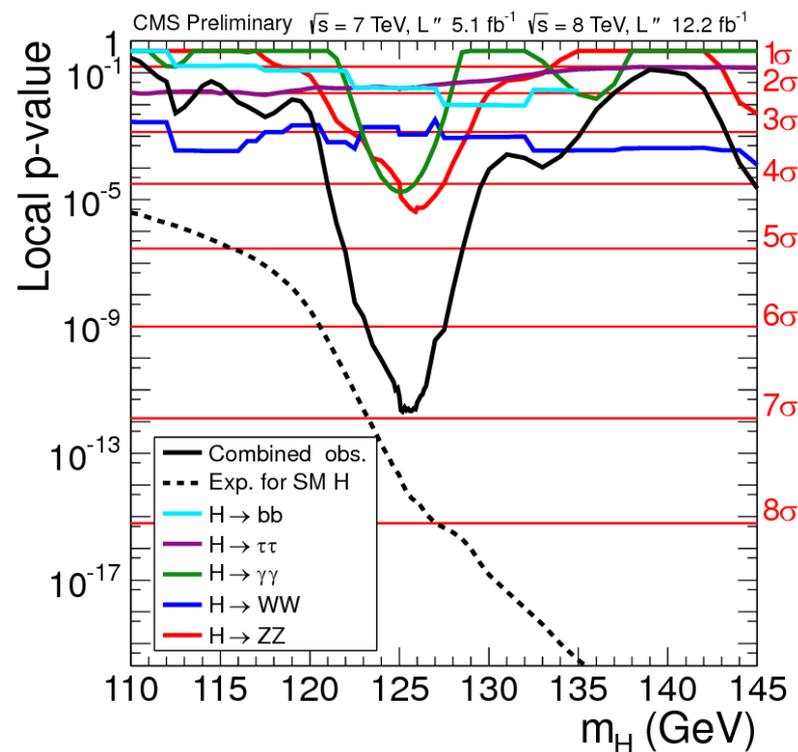
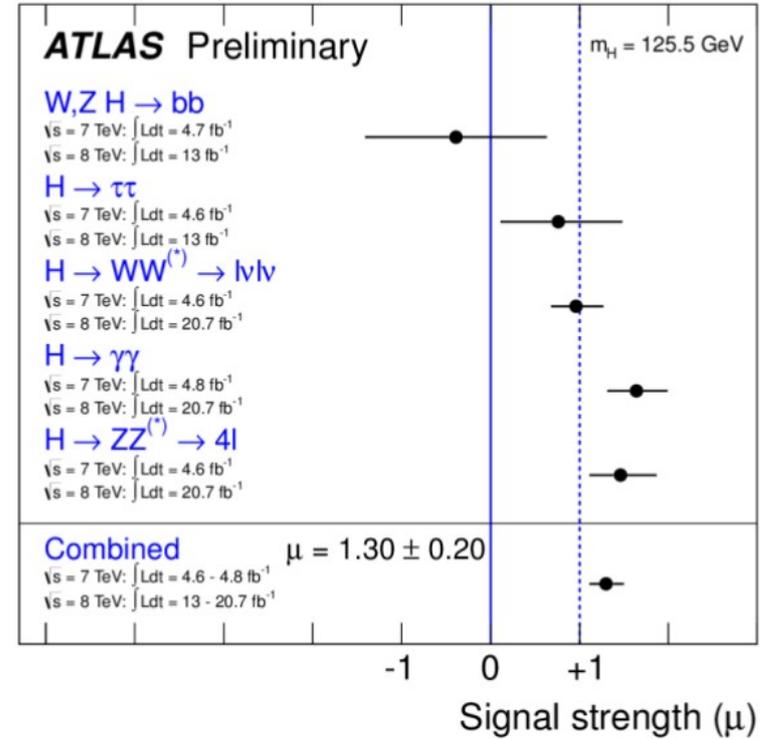
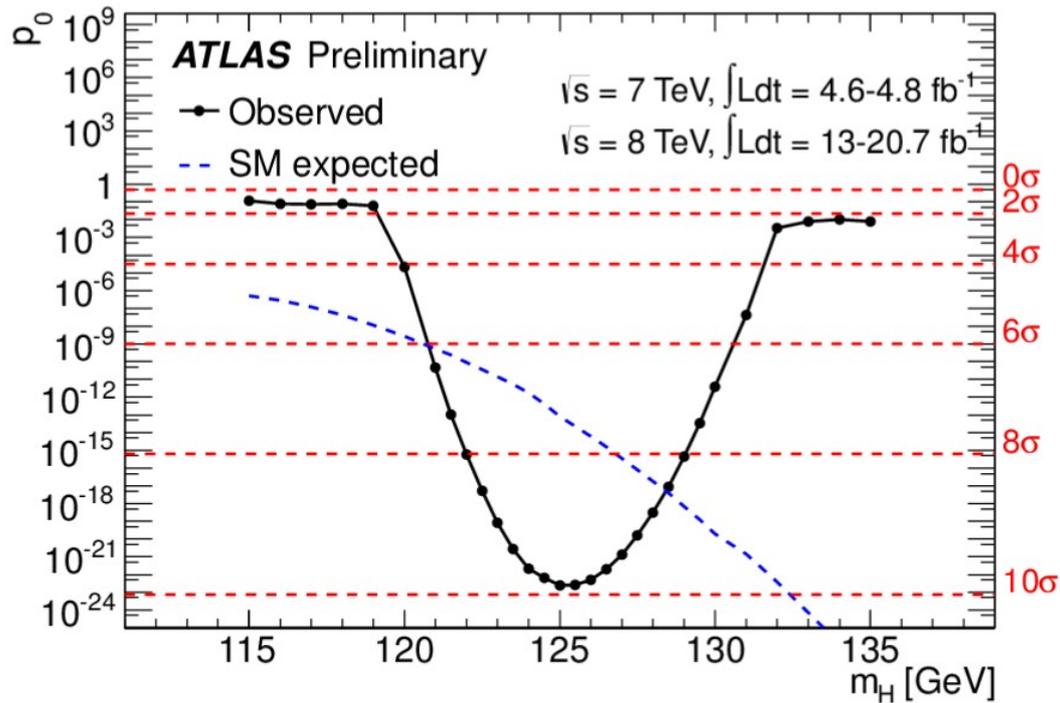
Ideia da **computação Grid**: **partilha** transparente de dados e de recursos computacionais, instalados em **diferentes locais** (para cerca de 6000 cientistas de 500 instituições em todo o mundo)

Como o **World Wide Web** foi para a partilha da informação (também criada no CERN)



Procura do **bosão de Higgs**:

Procura do bóson de Higgs:



$\mu = \sigma/\sigma_{SM}$
 ATLAS: $1,30 \pm 0,24$
 CMS: $0,88 \pm 0,21$



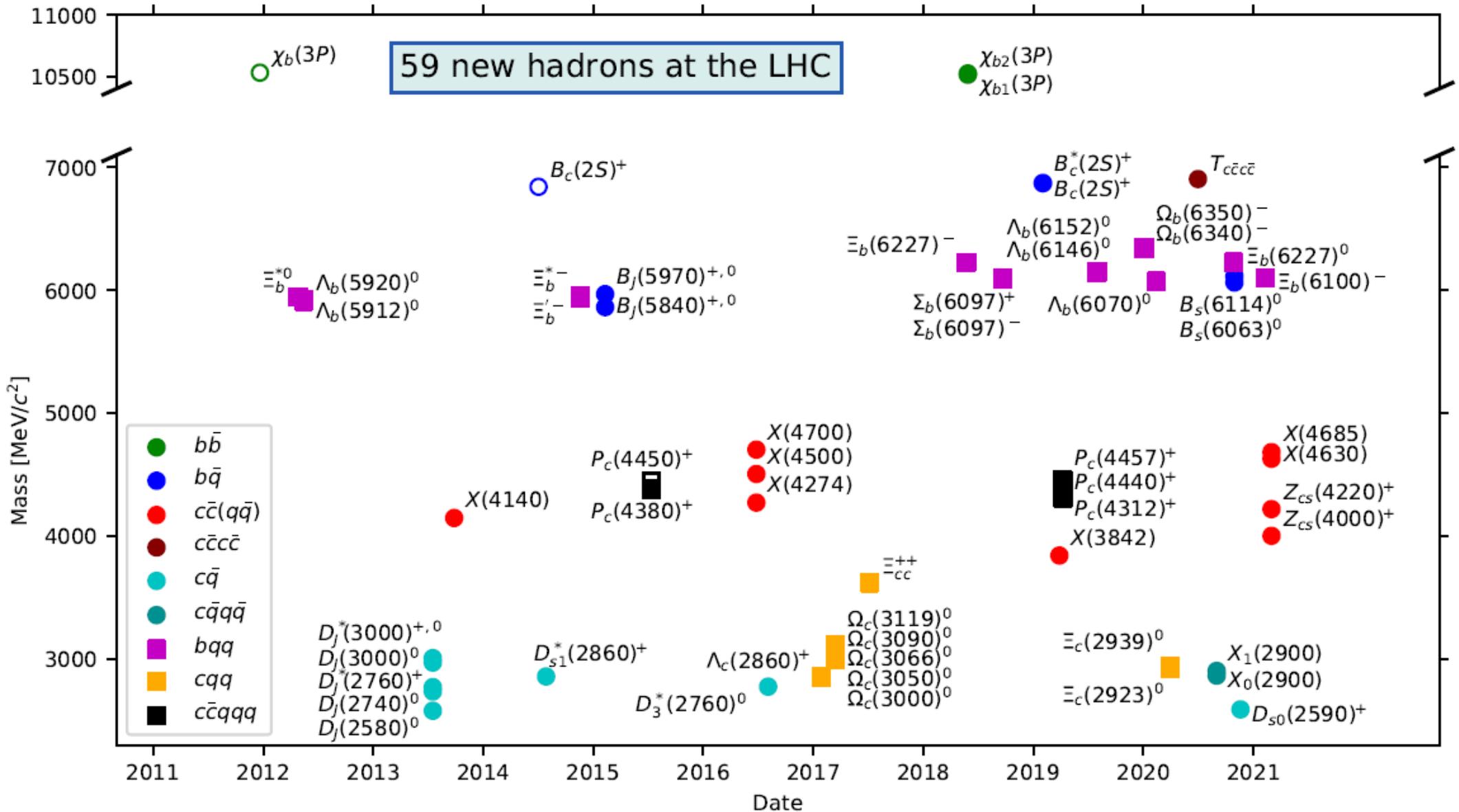
Arranque do LHC



Photo: Claudia Marcelloni / ATLAS Experiment © 2012 CERN

4 de Julho de 2012

Muitas descobertas



Conclusões

O universo conhecido é constituído por partículas interactuantes

O Modelo Padrão da Física de Partículas descreve as partículas elementares e as forças fundamentais, sendo que a **massa das partículas** resulta de uma **quebra de simetria** associada ao bóson de Higgs

No **CERN** (Laboratório Europeu de Física de Partículas) milhares de físicos do mundo inteiro trabalham para percebermos de que é feito o Universo e como funciona

A 4 de Julho de 2012 as colaborações ATLAS e CMS do LHC anunciaram a descoberta do **Bosão de Higgs**, confirmando assim o Modelo Padrão da Física de Partículas

Ainda falta conhecer e perceber grande parte do Universo e o LHC, que irá funcionar até 2035 (com períodos de paragens técnicas), pode ajudar-nos nisso