



1954-2024

ANOS CERN 



CERN
www.cern.ch

Accelerating Science

Accélérateur de science





Paulo.Gomes@cern.ch

CERN Management
Liaison for Portugal



Bem vindos ao CERN

Exm^{as/os} S^{ras/es} Professoras/es de
Portugal, Brasil, Angola, Moçambique, Cabo Verde,
Guiné Bissau, São Tomé e Príncipe e Timor Leste



CERN é o maior laboratório no mundo para a física de partículas.

O nosso objetivo é entender as partículas mais fundamentais e as leis do universo.



Os quatro pilares da missão do CERN

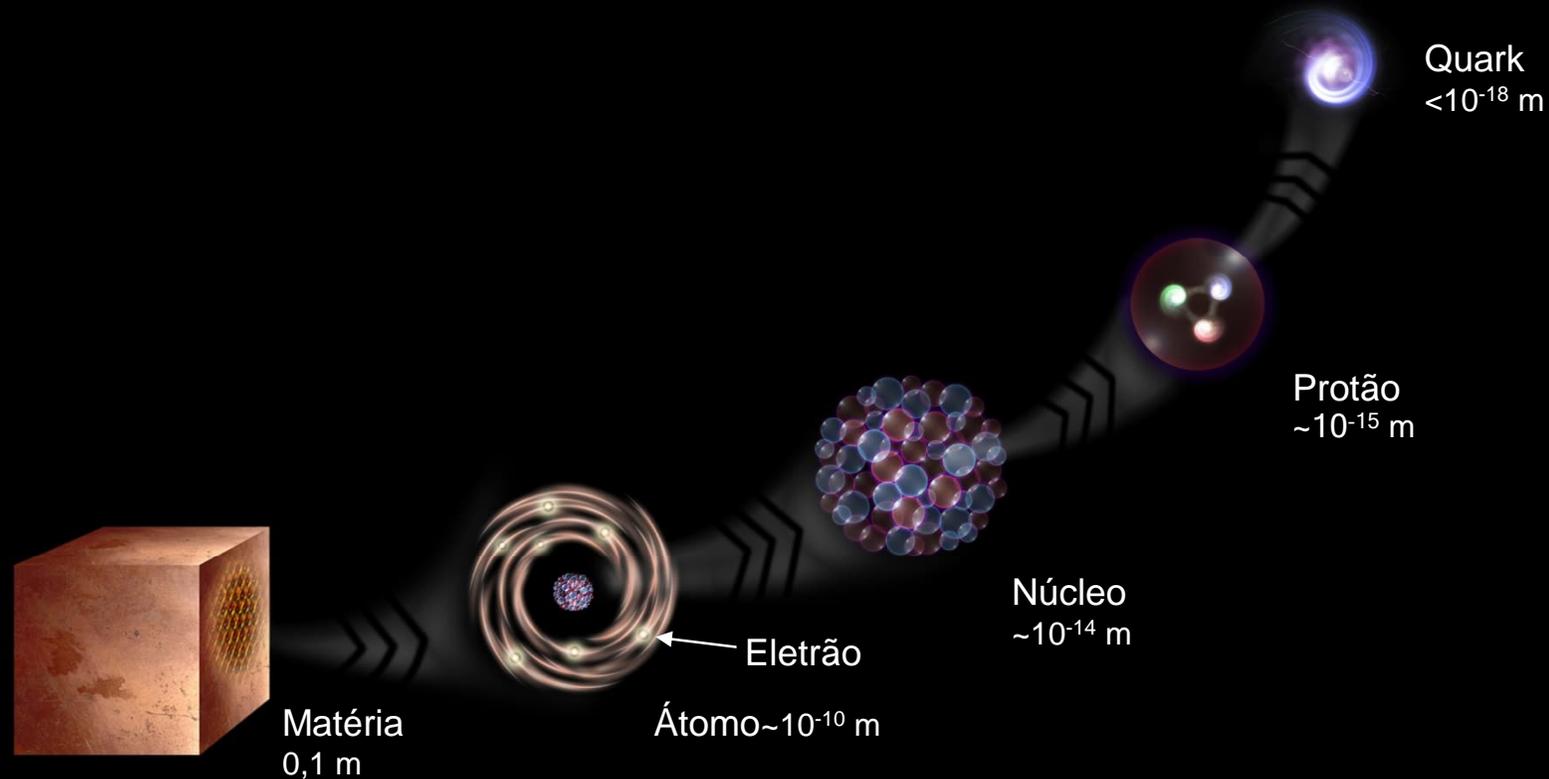


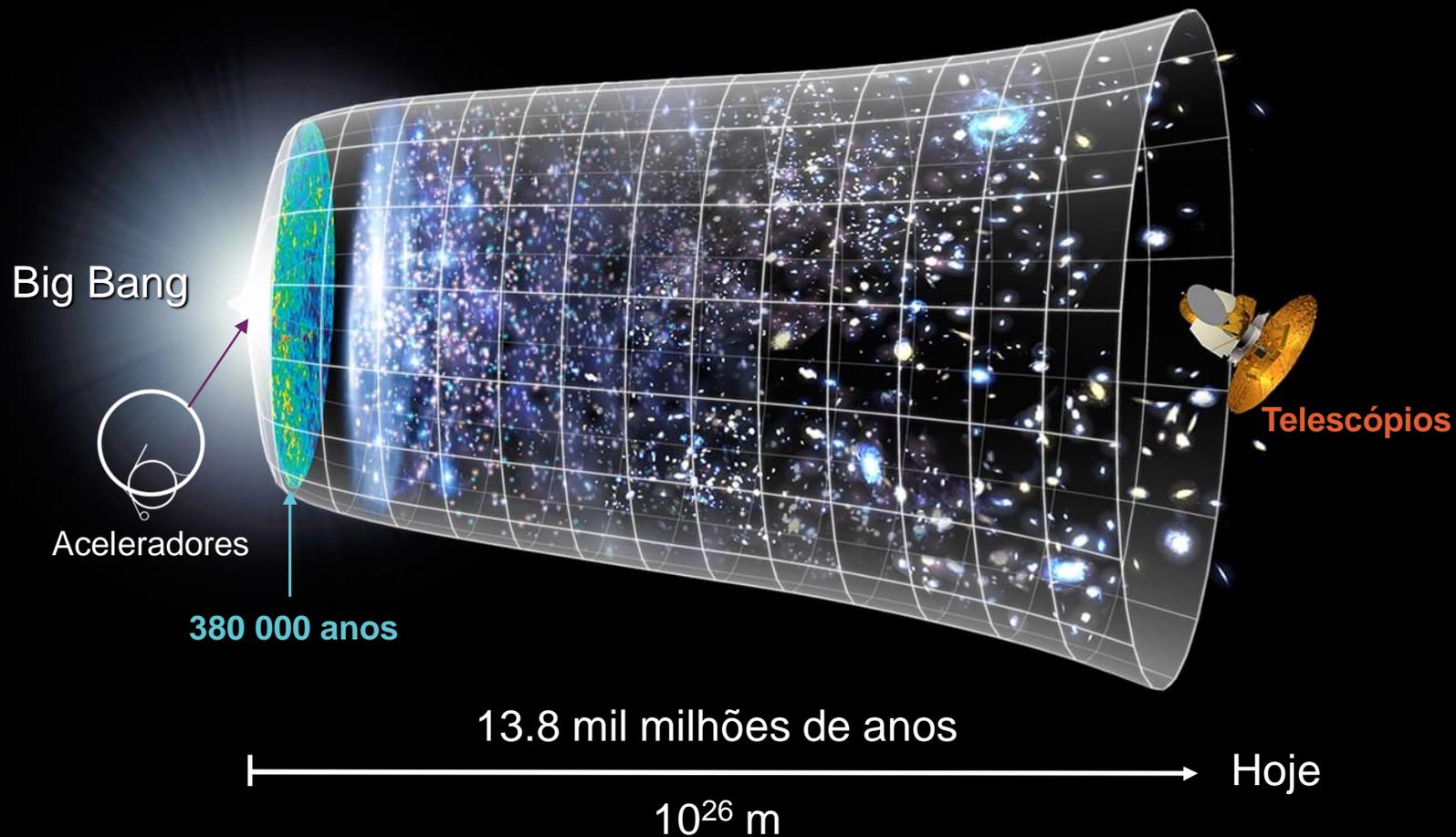


INVESTIGAÇÃO

De que é que é feito o Universo?

Estudamos os constituintes elementares da matéria e as interações que determinam os seus comportamentos





Como é que o Universo começou ?

Reproduzimos as condições* do universo uma fração de segundo após o Big-Bang,

para procurar compreender a sua estrutura e evolução.

* de temperatura, densidade de energia

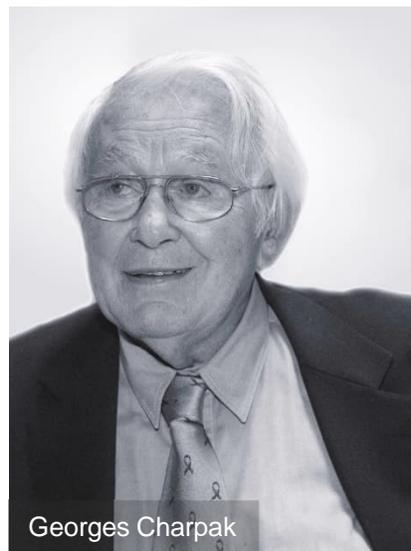
No CERN procuramos responder a estas questões



Carlo Rubbia



Simon Van der Meer



Georges Charpak

Vários cientistas do CERN
receberam o Prémio Nobel
pelas suas descobertas cruciais

O bóson de Higgs foi descoberto em 2012;
sem ele, as partículas elementares não teriam massa
e não seria possível formar átomos.

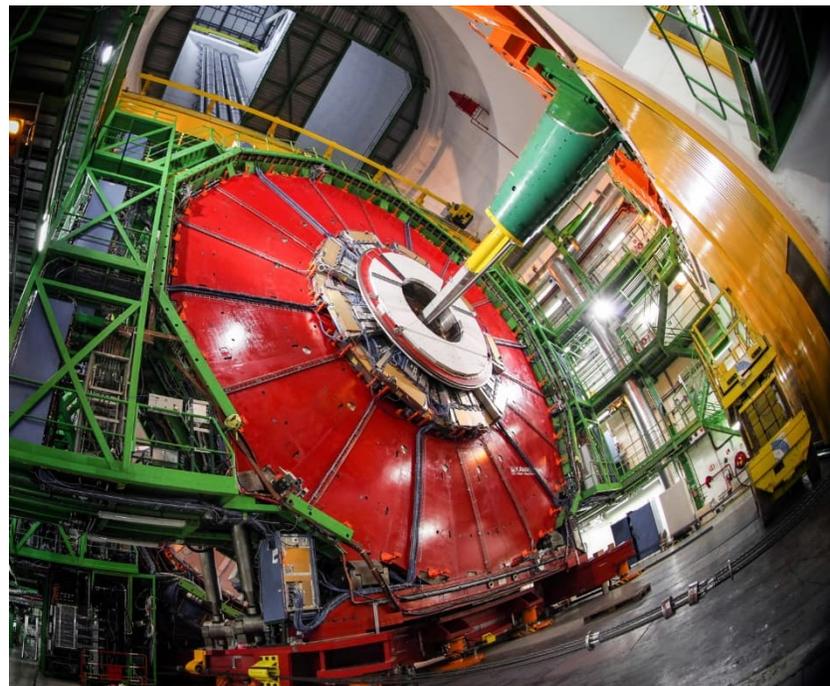


François Englert e Peter Higgs. Com Robert Brout, propuseram o mecanismo BEH em 1964.

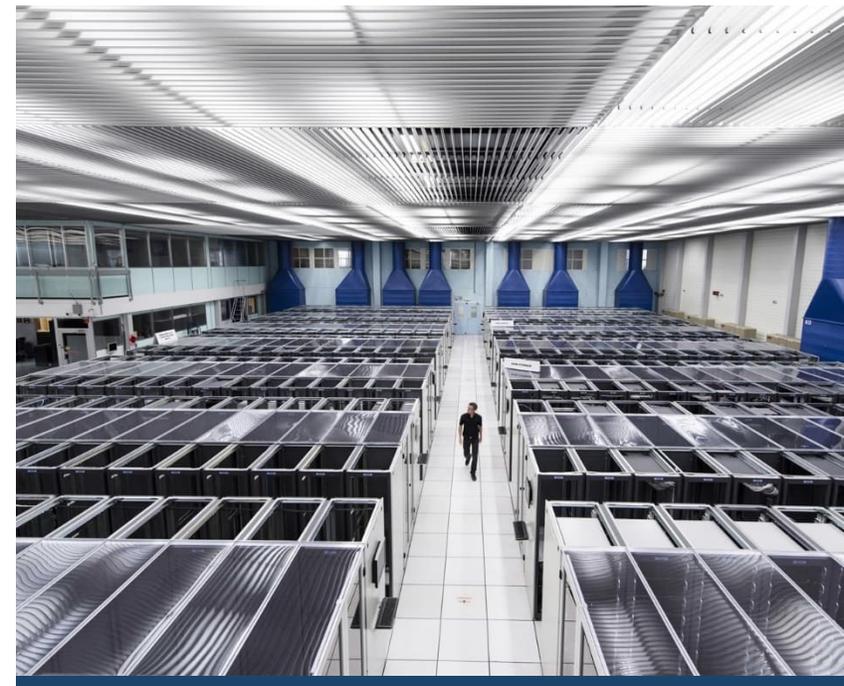
Desenvolvemos tecnologias em 3 áreas



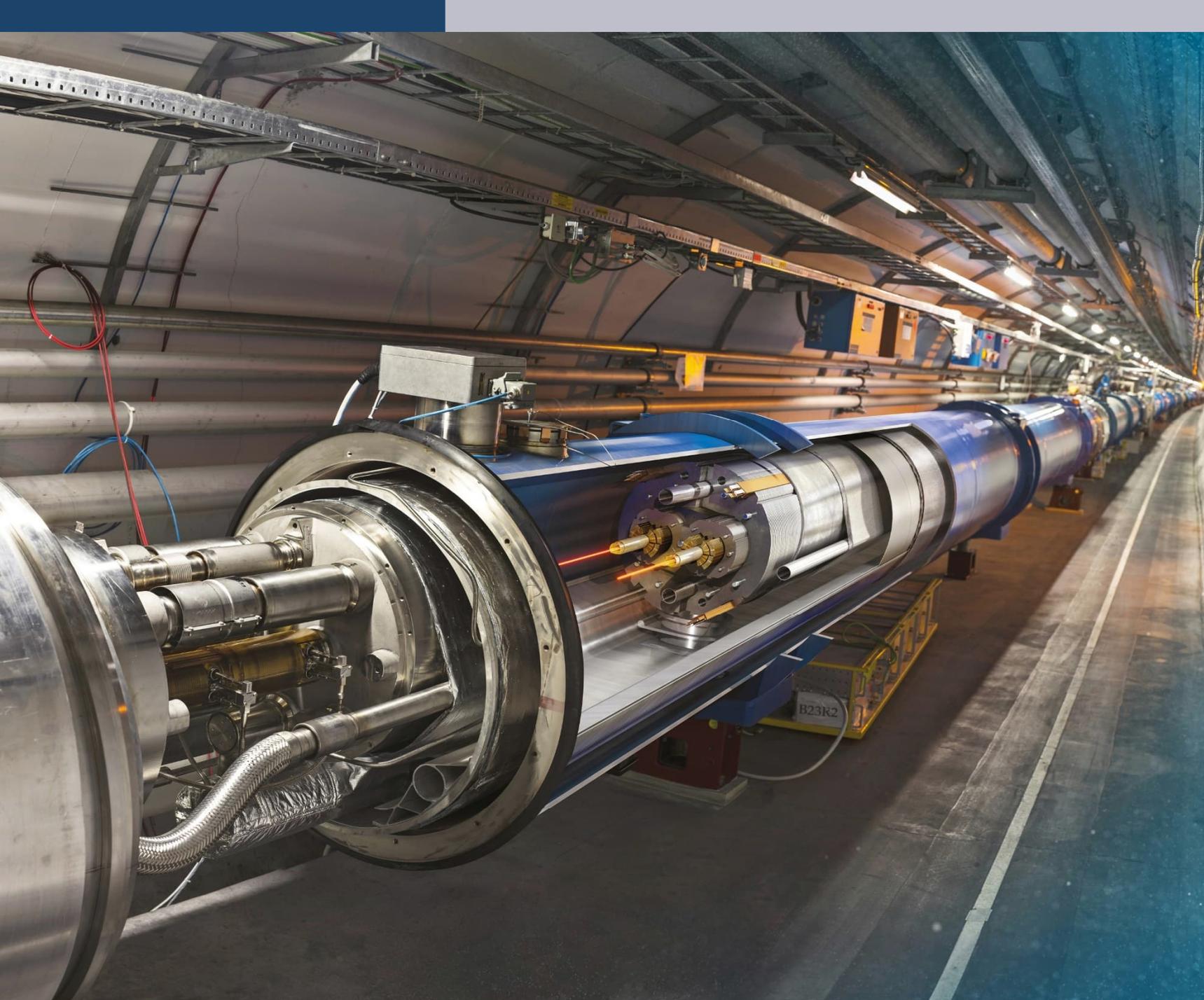
ACELERADORES



DETETORES



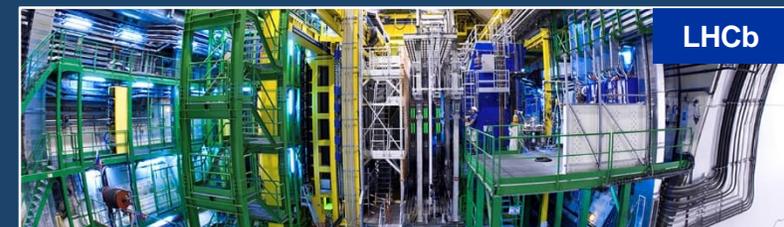
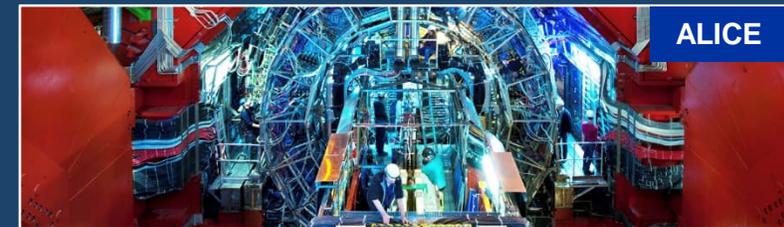
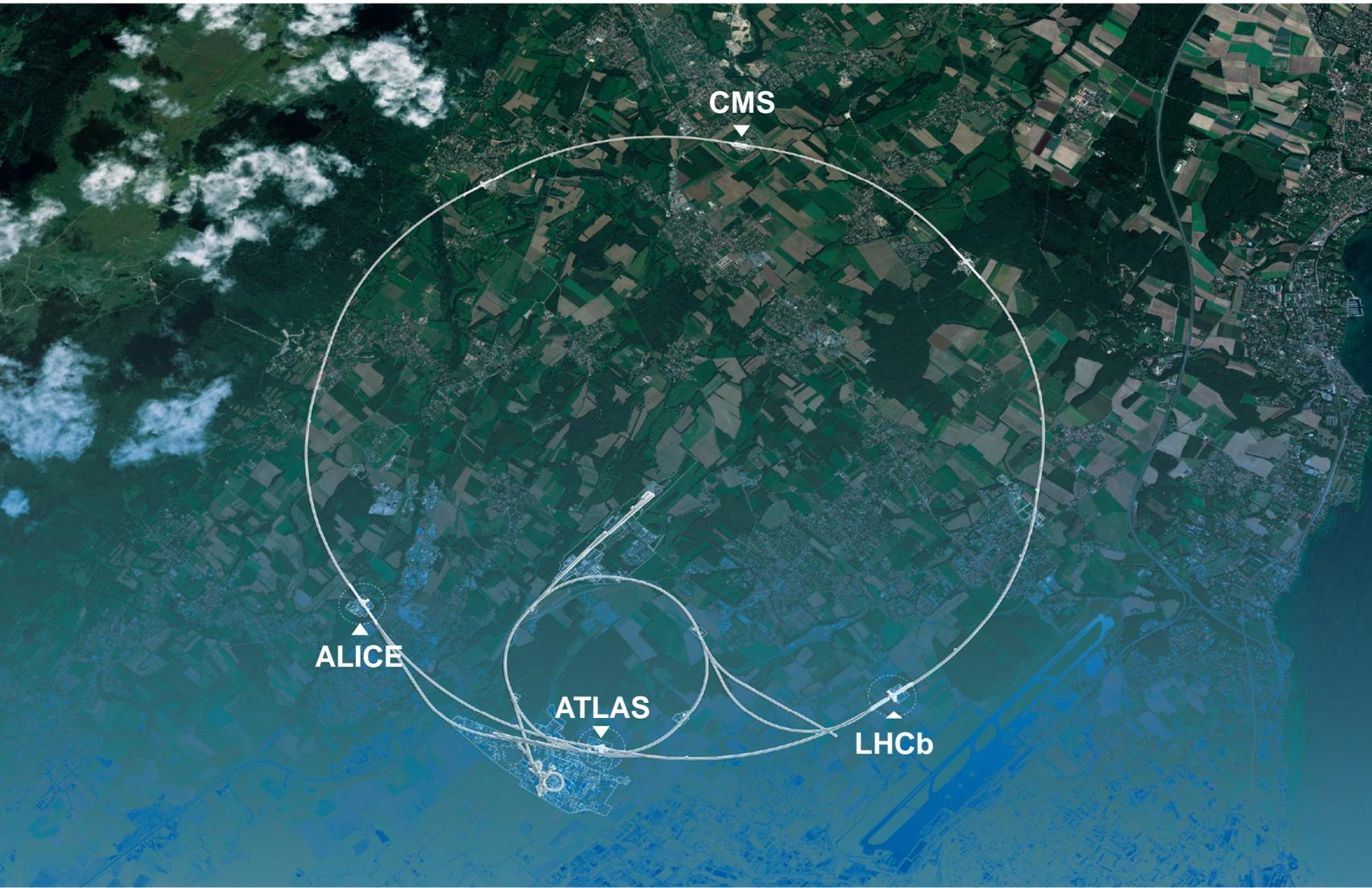
COMPUTAÇÃO



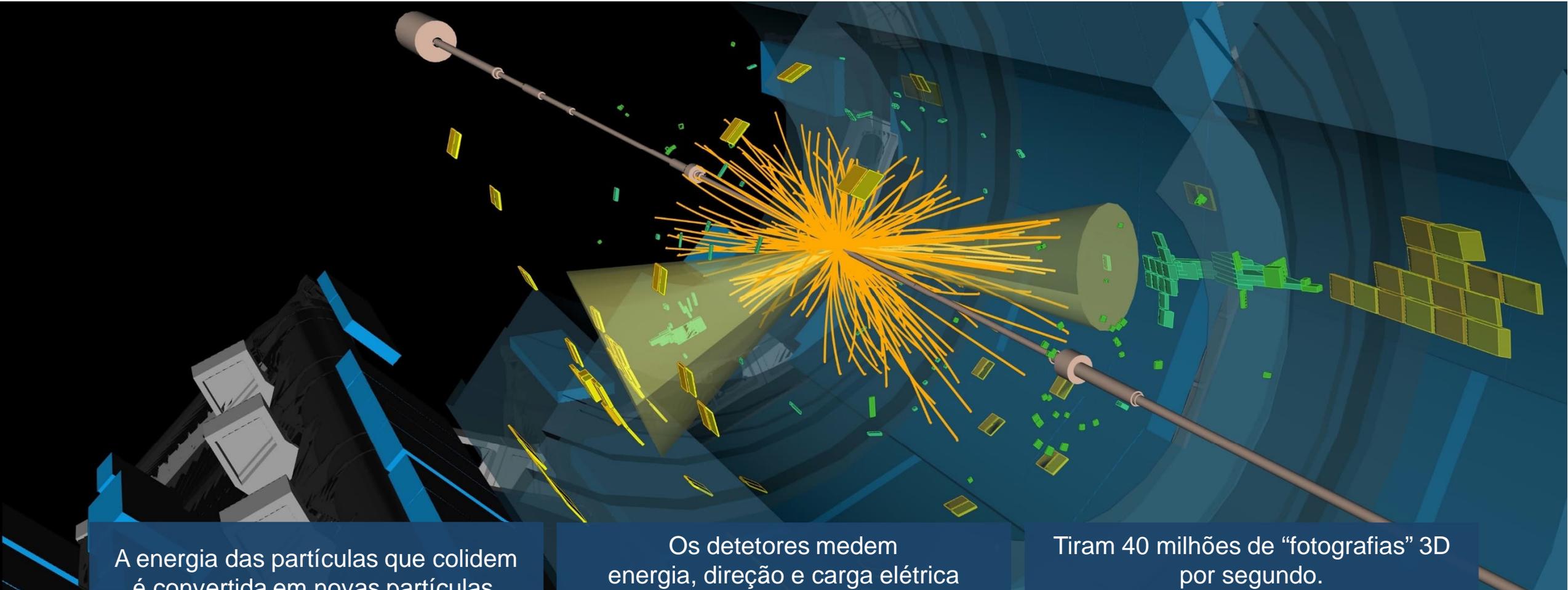
Large Hadron Collider (LHC)

- Anel de 27 km de circunferência
- A 100 m de profundidade
- Ímanes supercondutores guiam as partículas à volta do anel
- Partículas são aceleradas até quase à velocidade da luz (no vázio)

Detetores gigantes registam as trajetórias das partículas criadas em 4 pontos de colisão



O LHC produz mais de mil milhões de colisões de partículas por segundo



A energia das partículas que colidem é convertida em novas partículas.

Os detetores medem energia, direção e carga elétrica das partículas criadas na colisão.

Tiram 40 milhões de “fotografias” 3D por segundo. Mas apenas 1 000 são guardadas.

A rede mundial de computação para o LHC

Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)



WLCG

- Usada para guardar, distribuir, processar e analisar os dados experimentais do LHC.
- 1.4 milhão de processadores em 170 centros de dados em mais de 40 países.
(incluindo PT)
- 1 500 Petabytes de dados do CERN guardados em todo o mundo.

EXPERIMENTS SELECTION

- ALICE
- CMS
- ATLAS
- LHCb

TIERS SELECTION

- TIER 0
- TIER 1
- TIER 2
- TIER 3



O CERN tem um programa científico diversificado



Raios Cósmicos e nuvens
(CLOUD)

Física Nuclear
(ISOLDE)

Antimatéria
(AD + ELENA)

Fenómenos Raros
(Fixed Target Exps.)

Colaboração neutrinos USA
(LBNF)

Há muitas questões sem resposta em física fundamental

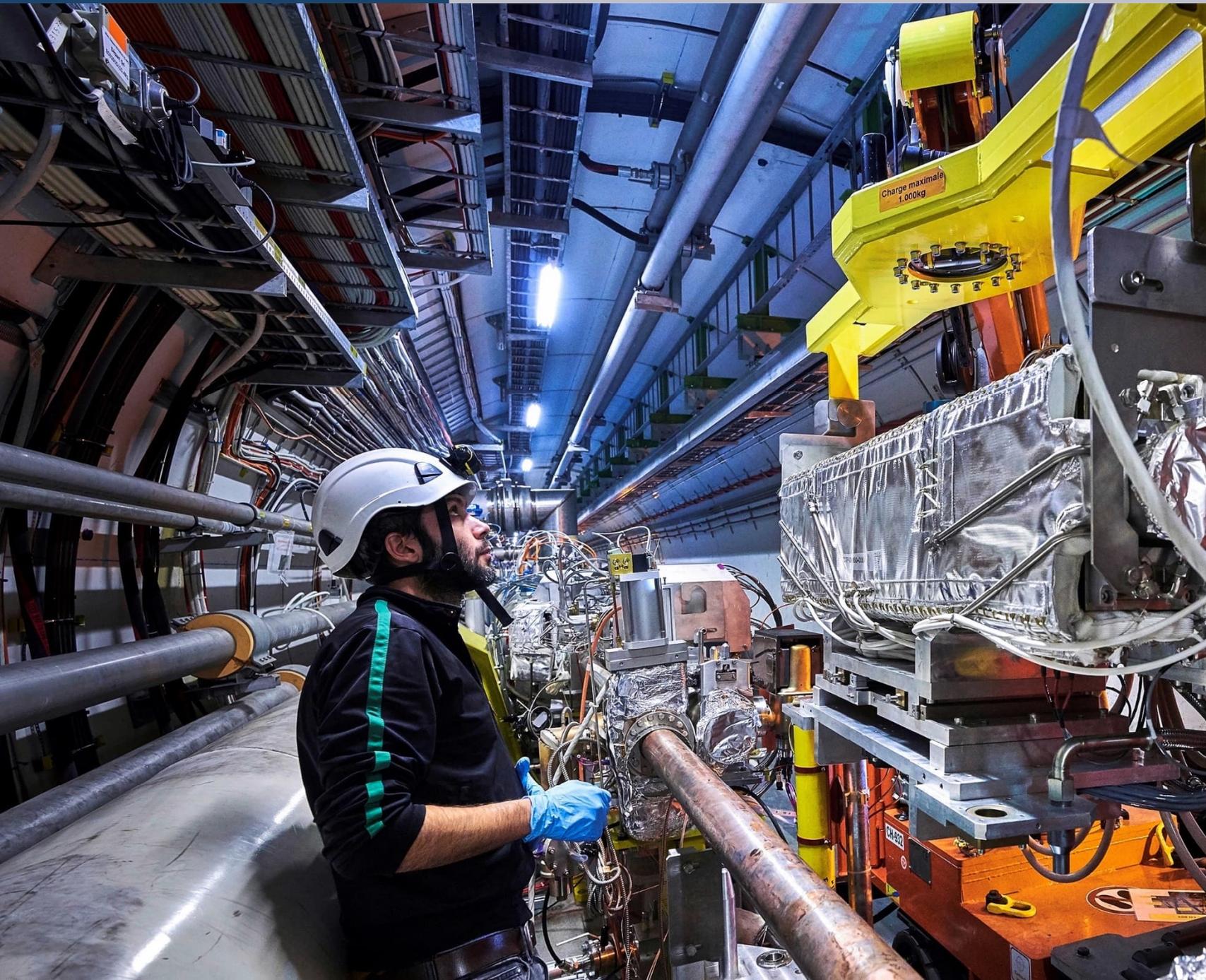
incluindo

De que é feita 95% da massa e energia do Universo?

Há apenas um bóson de Higgs?
Tem exatamente o comportamento que se espera?

Porque é que o Universo é feito só de matéria, praticamente sem antimatéria?

Porque é que a gravidade é tão fraca face às outras interações?



As melhorias para o " LHC de Alta Luminosidade " estão a caminho

- O HL-LHC usará novas tecnologias para recolher 10 vezes mais dados do que o LHC.
- Dará acesso a fenómenos muito raros, maior precisão, maior potencial de descobertas.
- Entrará em operação em 2029, e funcionará até ~2040.

Prioridades científicas para o futuro

Implementação das recomendações da **Atualização 2020 da Estratégia Europeia para a Física de Partículas:**

- Exploração plena do HL-LHC
- Construir uma fábrica de bósons de Higgs para estudar melhor esta partícula única
- **Investigar a viabilidade técnica e financeira de um futuro colisionador no CERN, com 100 km de perímetro, à mais alta energia possível**
- Incrementar as atividades I&D relevantes
- Continuar o apoio a outros projetos em todo o mundo

A investigação no CERN pretende ser ambientalmente responsável e sustentável



COLABORAÇÃO



Ciência para a Paz

CERN fundado em 1954 por 12 Estados Membros Europeus



24 Estados Membros

Austria – Belgium – Bulgaria – Czech Republic
Denmark – Finland – France – Germany – Greece
Hungary – Israel – Italy – Netherlands – Norway
Poland – **Portugal** – Romania – Serbia – Slovakia
Spain – Sweden – Switzerland – United Kingdom
Estonia

3 Estados Membros Associados no pre-estágio para ser membro

Cyprus – Slovenia

8 Estados Membros Associados

Brazil - Croatia – India – Latvia – Lithuania – Pakistan
Türkiye – Ukraine

6 Observadores

Japan – Russia (suspended) – USA
European Union – JINR (suspended) – UNESCO

...e aproximadamente 50 Acordos de Cooperação com Estados e Territórios não-Membros

Orçamento anual do CERN é de **1 300 MCHF**
(~ universidade Europeia de tamanho médio)

Portugal (aderiu em 1986) contribui com **1.08%**
Brasil (aderiu em 2024) contribui com **0.82%**

CERN (31 / 12 / 2023)

- **2 666** Funcionários
- **1 002** Graduados
- **523** Estudantes
- **990** Associados
- **12 370** Utilizadores

Diversidade geográfica & cultural :

Utilizadores de **110 nacionalidades**
23.7% mulheres entre “MPE”

Brasil (01 / 08 / 2024)

- **0** Funcionários **0.0%**
- **1** Graduado **0.1%**
- **2** Estudantes **0.7%**
- **3** Associados **0.3%**
- **156** Utilizadores **1.2%**

Portugal (31 / 12 / 2023)

- **61** Funcionários **2.3%**
- **50** Graduados **5.0%**
- **17** Estudantes **3.3%**
- **23** Associados **2.3%**
- **120** Utilizadores **1.0%**



TECNOLOGIAS & INOVAÇÃO

As inovações tecnológicas no CERN têm muitas aplicações em várias áreas

Foi no CERN que nasceu a World Wide Web

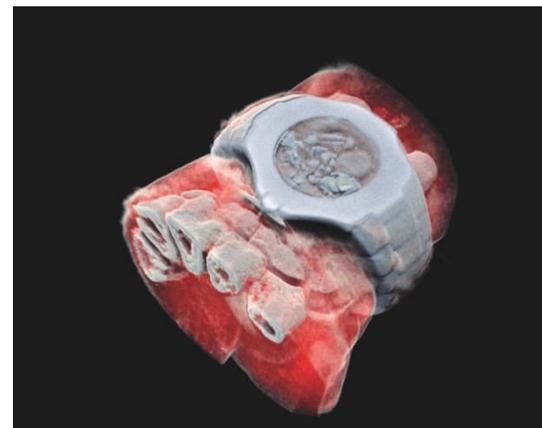
E há muito mais exemplos

Imagiologia médica, terapias do cancro, ciência dos materiais, herança cultural, espacial, automóvel, ambiente, saúde & segurança, processos industriais.

As inovações tecnológicas do CERN têm aplicações importantes em medicina e na saúde

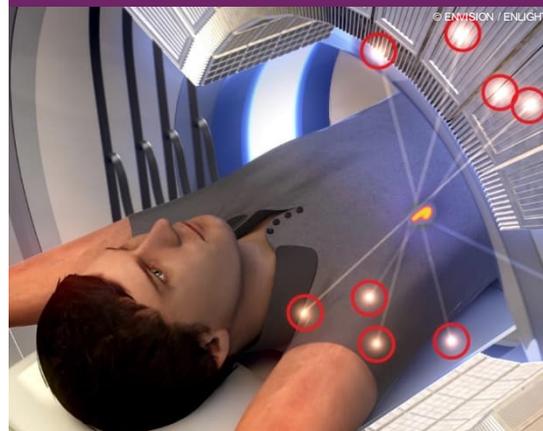


Tecnologias aplicadas no CERN são também usadas no PET, para imagiologia médica e diagnóstico.



O CERN produz radioisótopos inovadores para a investigação em medicina nuclear.

Tecnologias de aceleração são aplicadas na radioterapia do cancro com prótons, iões e eletrões.



Tecnologias de detetores de pixel são usadas para a imagiologia 3D a cores de alta resolução com raios X.



A group of students wearing hard hats (yellow and blue) are gathered around a large, black, cylindrical component mounted on a metal frame. They appear to be in a laboratory or workshop setting, focused on the task at hand. One student in the foreground is adjusting the component. In the background, a green exit sign is visible on the wall.

EDUCAÇÃO & FORMAÇÃO

CERN abre as portas a oportunidades de carreira

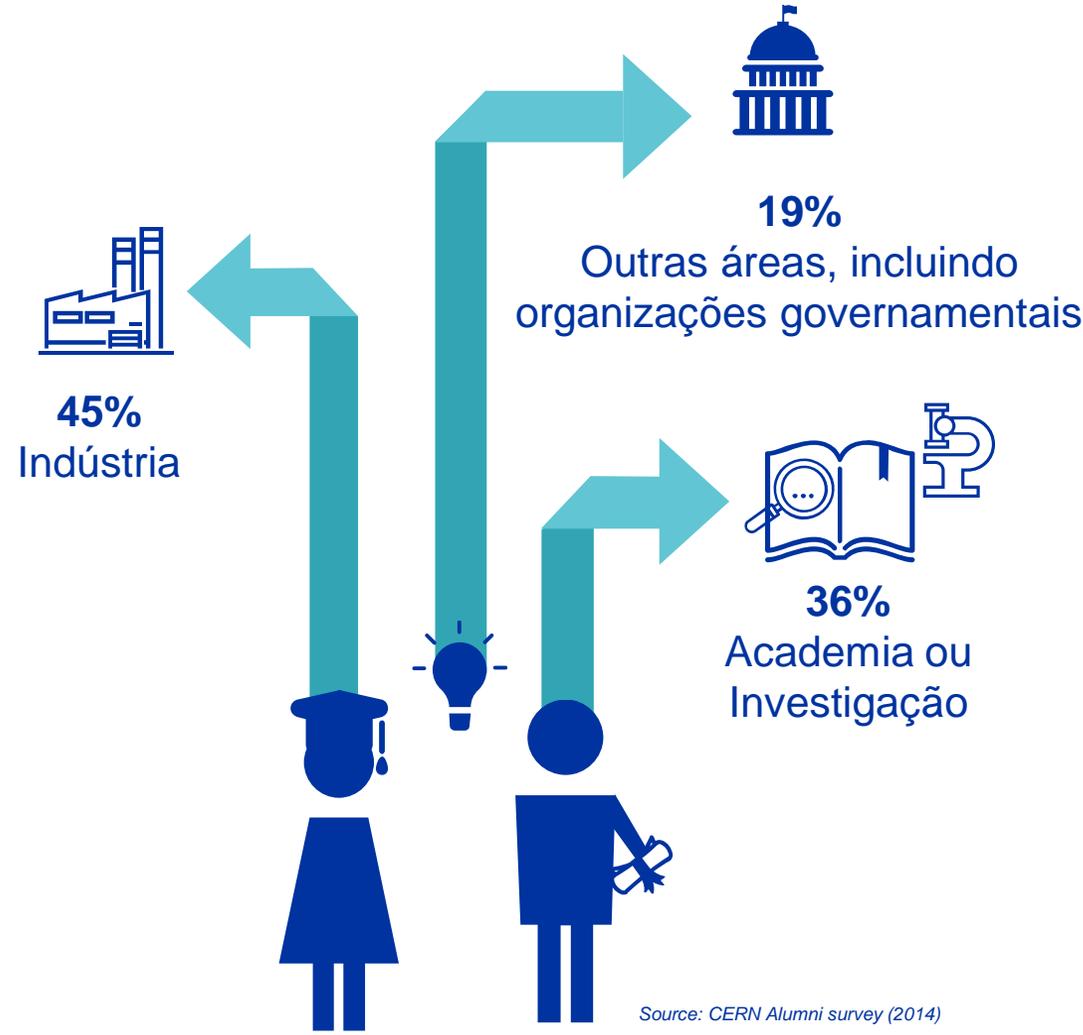
1002 graduados em cada ano (incl "Research Fellows")

3 000 estudantes Doutoramento



300 estudantes não graduados cada ano, no programa "estudantes de verão"

estudantes de verão em 2023
3 PT , 5 BR



Doutorados e estudantes técnicos que deixam o CERN

Comunicação, Educação e Divulgação no CERN

> 15 000 professores desde 1998

> 150 000 visitantes/ano,
> 50 países,
em visitas guiadas ao CERN

> 200 artistas em residência



Números para Portugal

3 estudantes de verão em 2023
516 professores nos Programas para Professores desde 1998
38 equipas na competição BL4S desde 2014
768 estudantes participantes no S'Cool LAB 2015 - 2023
2 363 visitantes portugueses em 2019

Números para Brasil

5 estudantes de verão em 2023
294 professores nos Programas para Professores desde 1998
49 equipas na competição BL4S desde 2014

- 100 visitas *media*
- > 500 jornalistas

4,7 milhões de seguidores
nas redes sociais,
de todo o mundo

3,5 milhões visitantes ao *website*

CERN Science Gateway

(“ Portal da Ciência ”)



O novo Centro de Educação e Divulgação do CERN para todos os públicos com 5+ anos

Abriu a 7 Out 2023
Já com > **350 000** visitantes
(incluindo 4 500 PT)

Exposições imersivas, laboratórios para educação, eventos e espetáculos



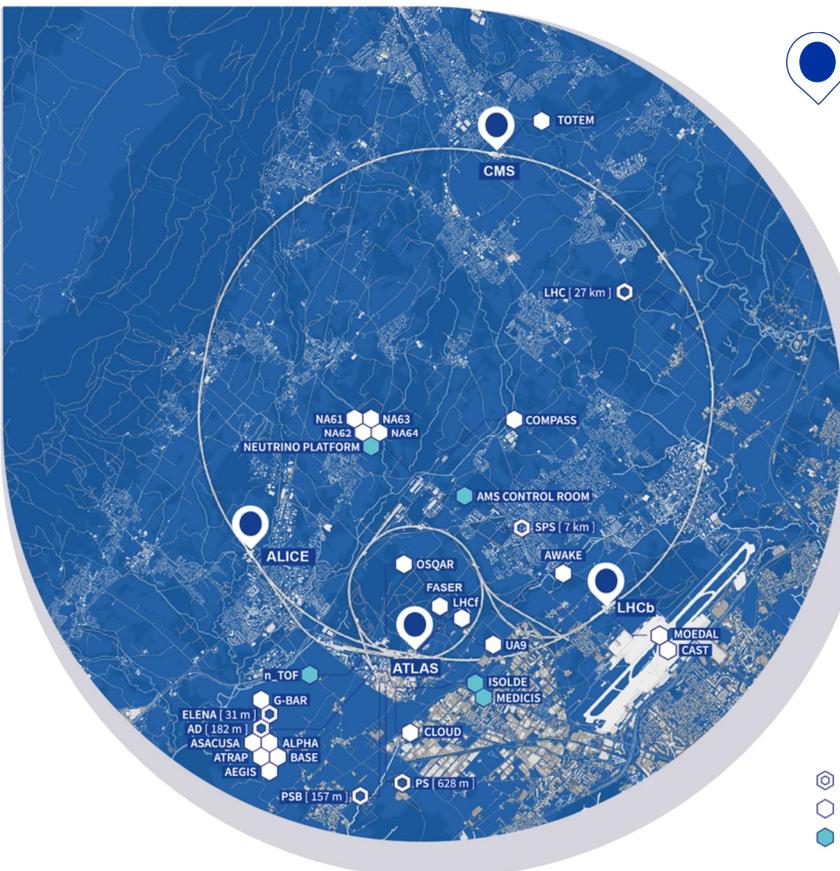
Portugal tem uma posição sólida e multifacetada no CERN



- Portugal acedeu ao CERN como Estado Membro em 1986.
- LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas é o parceiro de referência do CERN em Portugal.
- Participação forte nas experiências do LHC e não-LHC, Programas de I&D (futuros aceleradores, física médica), computação, e teoria.
- Programas de formação de engenheiros e de professores com enorme sucesso.
- Bom balanço entre as contribuições ao CERN e os investimentos no país; relações com a indústria muito boas.

Maio 2016: Visita de Sua Excelência Prof. Manuel Heitor, Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

Portugal tem um forte envolvimento no programa experimental do CERN



EXPERIÊNCIAS no LHC:

ATLAS 4 Institutos, 46 membros
CMS 1 Instituto, 15 membros

Através do LIP, Portugal faz parte de ATLAS e CMS desde 1992 (quando as colaborações foram formadas)

LIP tem polos em Lisboa, Coimbra e Braga e é parceiro das universidades: U.Lisboa, U.Coimbra, U.Minho

- Accelerator
- Experiment
- Facility

ISOLDE & MEDICIS

6 institutos participam em ISOLDE, cerca de 40 membros
 IST/CTN aderiu a **MEDICIS** (produção de novos isótopos para a física médica)

EXPERIÊNCIAS DE ALVO FIXO

7 institutos, 30 membros
COMPASS - Colaboração antiga desde NA-38 & **AMBER** (nova)
AWAKE
CLOUD
n_TOF
Neutrino Platform

EXPERIÊNCIAS RECONHECIDAS

AMS, Auger, SNO+ (onde o LIP participa)

A Infraestrutura Nacional de Computação Distribuídas (INCD), operada pelo LIP, gere um conjunto "Tier-2" de computadores como parte da WLCG.



Oportunidades para a indústria, tecnologia e transferência de conhecimento

Set 2019 : visita do Ministro da Ciência, e de outros membros do Governo, da Academia, e da Indústria; juntos com os professores do Programa em Língua Portuguesa, na altura em formação no CERN



Mais de 50 empresas tecnológicas Portuguesas colaboram com o CERN

2,2 M CHF/ano

Forte participação em I&D, para as próximas fases da ESPP, aceleradores e experiências

FCC

Participação forte em I&D para aplicações médicas
Imagiologia, Terapia com partículas



Formação, educação e divulgação

Set 2023 : Escola de Professores em Língua Portuguesa



Excelente programa FCT de formação de engenheiros
> 200 estágios de 2 anos (1996 – 2022)

Contribuição importante de
~ 60 IST Project Associates (2016 – 2022)

Escola anual de Professores em Língua Portuguesa de enorme sucesso

819 profs. desde 2007, de Portugal, Brasil, PALOP, Timor Leste

Grande participação nas Masterclasses em Física de Partículas (IPPOG) e nas visitas de Escolas ao CERN

Mais de 20 000 estudantes desde 2005



Participação nos programas do CERN desde 1988

Forte envolvimento nos programas de antimatéria e no LHC com hardware, software, física



ALICE

~33

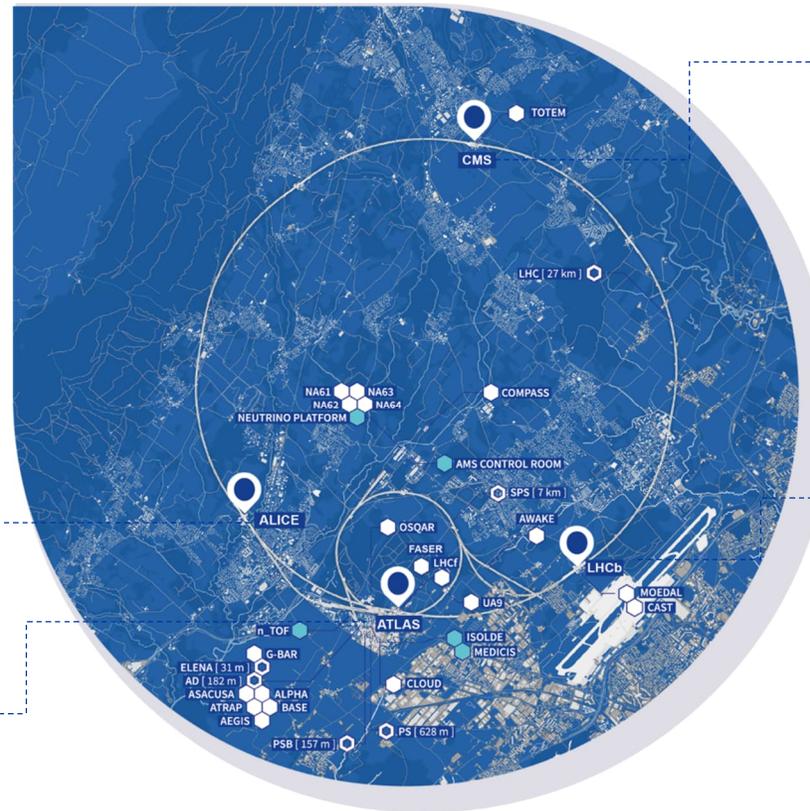
membros,
4 Institutos
Campinas, UNICAMP
Porto Alegre, UFRGS
Santo Andre, UFABC
São Paulo, USP



ATLAS

~71

membros,
6 Institutos
Natal, UFRN
Juiz de Fora, UFJF
Rio de Janeiro, UFRJ
Rio de Janeiro, UERJ
Salvador, UFBA
São Paulo, USP



CMS

~80

membros,
3 Institutos
Rio de Janeiro, CBPF
Rio de Janeiro, UERJ
São Paulo, UNESP



LHCb

~38

membros,
3 Institutos
Rio de Janeiro, CBPF
Rio de Janeiro, PUC-RIO
Rio de Janeiro, UFRJ



Le Brésil n'est pas que le pays du foot et de la samba !

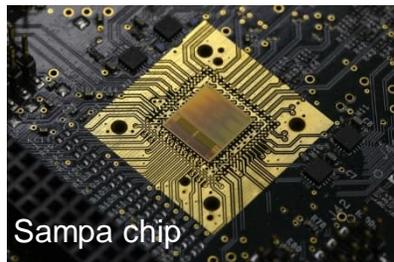
There's an awful lot of physics in Brazil!

Bien que le Brésil ne soit pas un Etat membre du CERN, un groupe de l'Institut de physique de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ) participe activement aux activités scientifiques du CERN depuis de nombreuses années. Le groupe de Rio s'est joint à la collaboration Delphi au début des années 90 et a commencé plus récemment à contribuer à la préparation des expériences LHC. Des physiciens et des ingénieurs de Rio étaient présents au CERN pour la semaine LHCb (du 14 au 18 septembre), au cours de laquelle le Comité d'examen des ressources du CERN a approuvé l'expérience.

Les physiciens de Rio participent surtout à l'expérience Delphi, à laquelle ils se sont joints dans le but de créer un

Brazil may not be a Member State of CERN, but a group from the Physics Institute of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) has been an active participant in CERN science for many years. The Rio group joined the Delphi collaboration in the early 90s and more recently, has started to get involved with preparations for experiments at the LHC. From 14 September physicists and engineers from Rio were at CERN for the LHCb week during which CERN's Resource Review Board approved the experiment.

The Rio group's main involvement is in the Delphi experiment which it joined with the aim building a coherent particle physics research group. The goal was to contribute actively to outstanding physics studies and applied projects



- Cientista Brasileiro Roberto Salmeron: um dos primeiros staff CERN (1955)
- Entrada formal de equipas em 1988 em DELPHI, hardware R&D (CBPF, UFRJ)
- Membros fundadores de: LHCb (1989, UFRJ), ATLAS (1994, UFRJ), Programa de Antimatéria (1997, UFRJ). Aderiram a CMS (1999 UNESP, 1999 UFABC) e ALICE (2006, UNICAMP, USP)
- Participação crescente: ATLAS (1995 USP, 2003 UFJF, 2020 UFRN, 2021 UERJ, 2023 UFBA), ALICE (2014 UFRGS), CMS (2002 UERJ, 2003 CBPF), LHCb (2001 CBPF, 2009 PUC)
- Comunidade vibrante: ~**250** investigadores, estudantes, técnicos. Primeiros estudantes são agora uma nova geração de leaders no Brasil e mais além
- Contribuição importante para **Hardware** (calorímetros, sensores de silício, detetores gasosos, cavidades criogénicas, eletrónica); **Software** (trigger, firmware, AI, centros de dados e redes, bases de dados no CERN com start-ups); **Física** (quase todas em LHC, espectroscopia de antimatéria)
- Planos ambiciosos para as **melhorias** de ALICE, ATLAS, CMS, LHCb: sensores de radiação semicondutores e eletrónica, detetores gasosos, algoritmos AI
- Impacto na sociedade: ventilador de baixo custo para a **resposta à COVID-19**

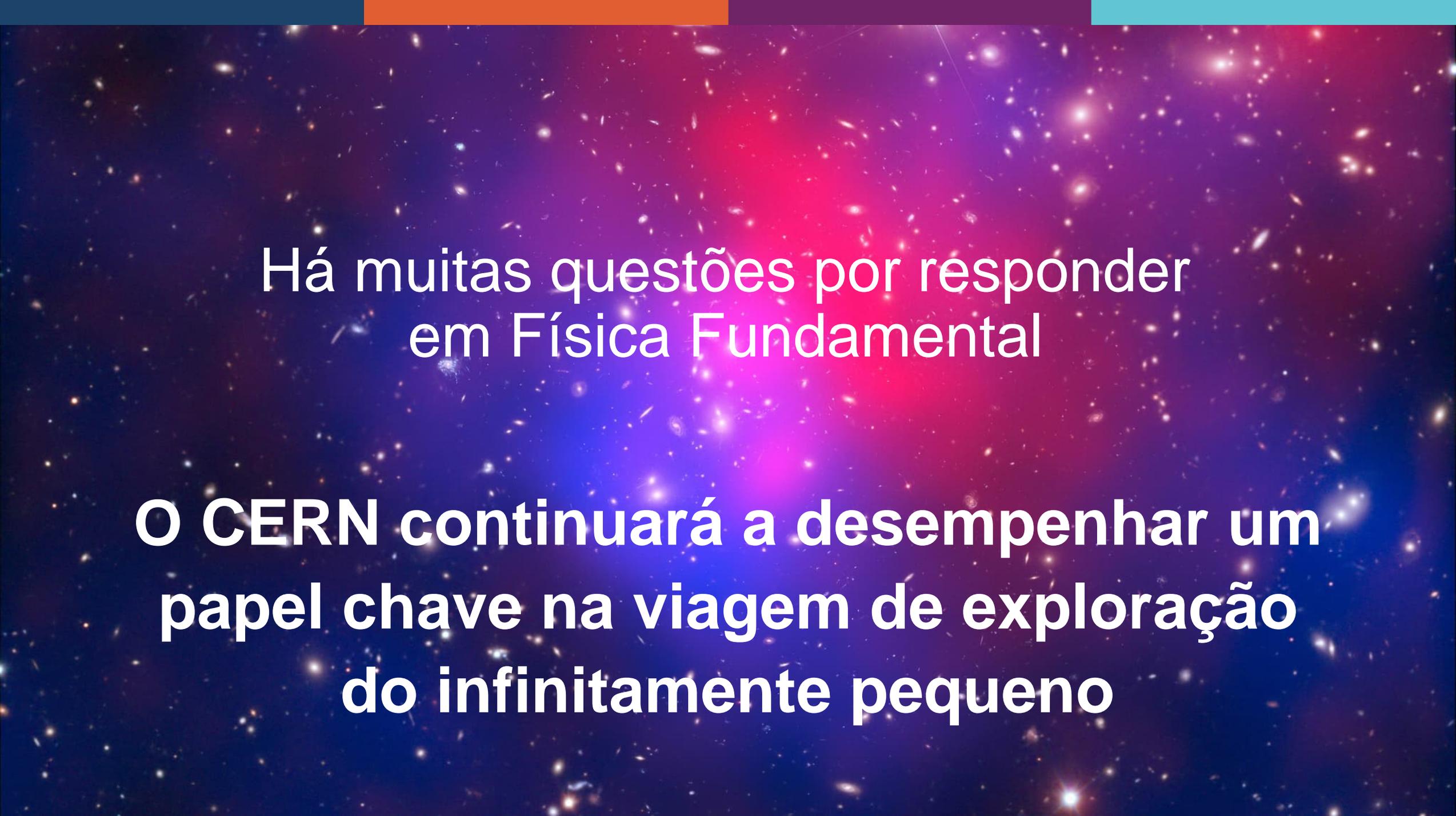


O caminho do Brasil para Estado Membro Associado do CERN



- Conversações começaram em 2009, candidatura formal em 2012, processo pausado em 2013, recomeçado em 2019
- Conselho do CERN aprovou a Associação do Brasil em Setembro 2021, Acordo assinado em 3 Março 2022.
- A 13 Março 2024, após a aprovação pelo Congresso, tornou-se o primeiro Membro Associado do continente americano

Associação irá consolidar e alargar a cooperação científica e tecnológica, abrir oportunidades para a contratação de funcionários de nacionalidade brasileira, e permitir a candidatura de empresas Brasileiras a fornecimentos para o CERN



Há muitas questões por responder
em Física Fundamental

**O CERN continuará a desempenhar um
papel chave na viagem de exploração
do infinitamente pequeno**