



# IV Workshop INCT CERN-Brasil

## European Strategy for Particle Physics

Balanço e Perspectivas  
Natal - 29/7/26

Leandro de Paula  
[leandro.de.paula@cern.ch](mailto:leandro.de.paula@cern.ch)



# The 2026 European Strategy Group (ESG)

---

## MEMBERS

### CERN Member States representatives

Professor Jochen Schieck (Austria)  
Professor Pierre Van Mechelen (Belgium)  
Professor Venelin Kozhuharov (Bulgaria)  
Professor Rupert Leitner (Czech Republic)  
Professor Jens-Jørgen Gaardhøje (Denmark)  
Professor Martti Raidal (Estonia)  
Professor Katri Huitu (Finland)  
Dr Christelle Roy (France)  
Professor Klaus Desch (Germany)  
Professor Panagiotis Kokkas (Greece)  
Professor Dezső Varga (Hungary)  
Professor Marek Karliner (Israel)  
Professor Antonio Zoccoli (Italy)  
Professor Eric Laenen (Netherlands)  
Professor Heidi Sandaker (Norway)  
Professor Tadeusz Lesiak (Poland)  
Professor Mário Pimenta (Portugal)  
Dr Calin Alexa (Romania)  
Dr Lidija Zivkovic (Serbia)  
Dr Marek Bombara (Slovakia)  
Professor Borut Paul Kerševan (Slovenia)  
Dr Maria Jose Costa (Spain)  
Professor Richard Brenner (Sweden)  
Professor Ben Kilminster (Switzerland)  
Professor Mark Lancaster (United Kingdom)

### CERN Director-General

Dr Fabiola Gianotti

### CERN Director-General Designate

Professor Mark Thomson

### Major European National Laboratories

Dr Nicanor Colino (CIEMAT)  
Professor Ulrich Husemann (DESY)  
Professor Achille Stocchi (IJCLab)  
Professor Franck Sabatié (IRFU)  
Dr Sandra Malvezzi (LNF)  
Professor Ezio Previtali (LNGS)  
Professor Jorgen D'Hondt (NIKHEF)  
Professor Klaus Kirch (PSI)  
Professor Sinead Farrington (STFC-RAL)  
Professor Jim Clarke (STFC-Daresbury Lab.)

### Strategy Secretariat Members

Professor Karl Jakobs (Strategy Secretary, ESG Chair)  
Dr Hugh Montgomery (SPC Chair)  
Professor Mike Seidel (LDG Chair)  
Professor Paraskevas Sphicas (ECFA Chair)

## ESG INVITEES

### President of the CERN Council

Professor Costas Fountas

### ESG Working Group 2a Co-convener

Professor Philip Burrows

### Associate Member States in the pre-stage to Membership

Professor Panos Razis (Cyprus)

### Associate Member States

Professor Leandro Salazar de Paula (Brazil)  
Dr Budimir Kliček (Croatia)  
Ms Antra Gaile (Latvia)  
Dr Andrius Juodagalvis (Lithuania)  
Dr Masood Iqbal/Dr Zafar Yasin (Pakistan)  
Professor Suat Özkorucuklu (Türkiye)  
Professor Borys Grynyov (Ukraine)

### Observer States

Dr Kazunori Hanagaki (Japan)  
Professor Michael Tuts (United States of America)

### Organisations with Observer status

Ms Patricia Postigo McLaughlin  
(European Commission)

### Other invitees

Dr Carlos Peña Garay (Chair APPEC)  
Professor Eberhard Widmann (Chair NuPECC)  
Professor José Luis Martínez (Chair ESFRI)  
Other members of the PPG (in addition to the Strategy Secretariat)

**Apresentado por Karl  
Jakobs para o conselho  
do CERN em 27/3/26**

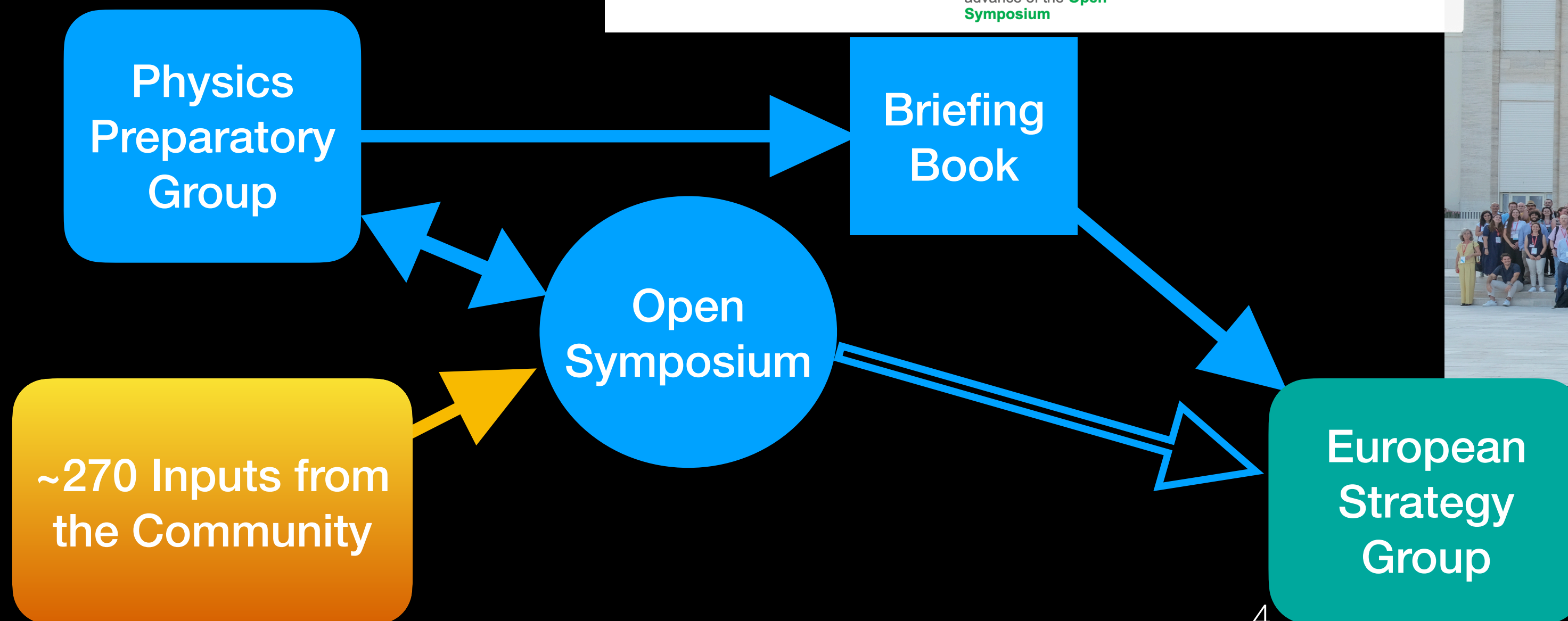
# ESPP

- Ciclos de 7 anos para atualizar diretrizes **européias** para **física de partículas**
- Objetivo: manter a **liderança** na área - **10 TeV parton energy scale**
  - Atrair os melhores profissionais
  - Obter recursos necessários
- Processo iniciado pelo conselho do CERN em 2005
  - 1<sup>st</sup> Update (2012-2013)
  - 2<sup>nd</sup> Update (2019-2020)
  - 3<sup>rd</sup> Update (2025-2026)
    - *1 ano antes do previsto devido a incertezas profissionais*



# ESPP Update 2026

## Timeline for the update of the European Strategy for Particle Physics





# Physics Briefing Book

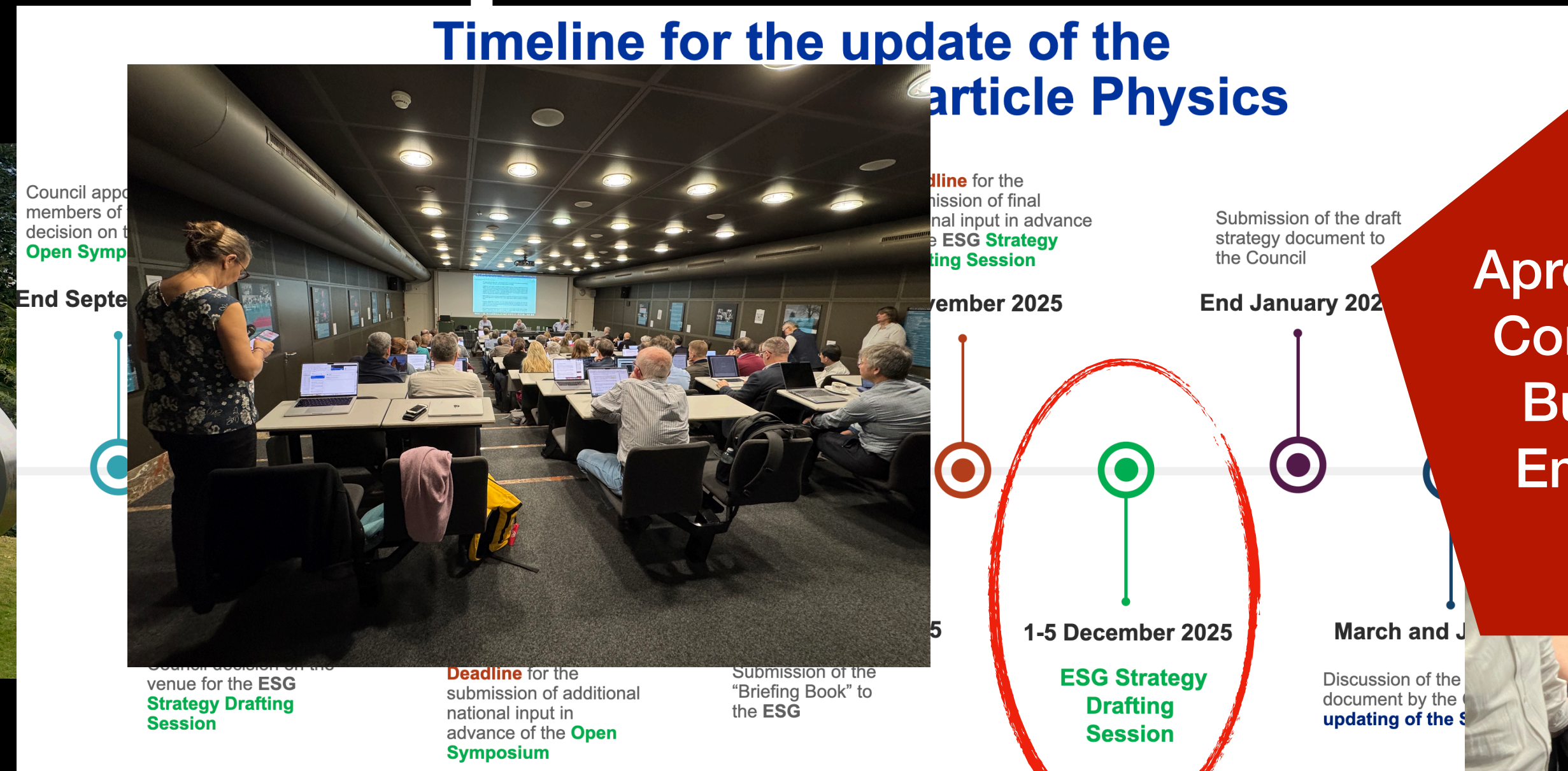
DOI: [10.23731/CYRM-2025-008](https://doi.org/10.23731/CYRM-2025-008)

Representante brasileiro no PPG - Rogerio Rosenfeld (revisor)

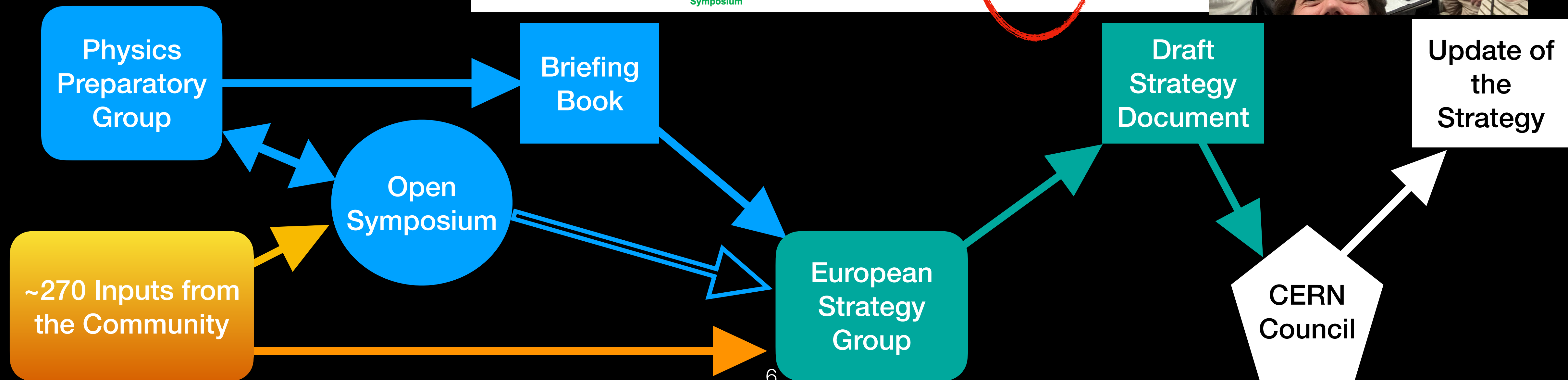
- WG1: Eletroweak Physics
- WG2: Strong Interaction
- WG3: Flavour Physics
- WG4: BSM Physics
- WG5: Neutrino Physics and Cosmic Messengers
- WG6: Dark Matter and Dark Sector
- WG7: Accelerator Science and Technology
- WG8: Detector Instrumentation
- WG9: Computing



# ESPP Update 2026



Aprovado pelo  
Conselho em  
Budapeste  
Em 22/5/26





# ESG - Grupos de Trabalho

- WG1: National Input
- WG2: Project Comparison Group
  - 2a: Project Assessment
  - 2b: Project Potential
- WG3: Strategy Implementation
- WG4: Relations with other Fields of Physics
- WG5: Sustainability
- WG6: Public Engagement, Education, Communication and Social Career Aspects
- WG7: Knowledge and Technology Transfer



# Perguntas feitas pelo Conselho I

- a) Which is the preferred next major/flagship collider project for CERN?
- b) What are the most important elements in the response to a)?
  - i. Physics potential
  - ii. Long-term perspective
  - iii. Financial and human resources
  - iv. Timing
  - v. Careers and training
  - vi. Sustainability
- c) Should CERN/Europe proceed with the preferred option set out in a) or should alternative options be considered:
  - i. if Japan proceeds with the ILC in a timely way?
  - ii. if China proceeds with the CEPC on the announced timescale?
  - iii. if the US proceeds with a muon collider?
  - iv. if there is a major new (unexpected) results from the HL-LHC or other HEP experiments?
- d) Beyond the preferred option a), what other accelerator R&D topics should be pursued in parallel?
- e) What is the priorities list of alternative options if the preferred is not feasible?
- f) What are the most important elements in the response to e)?

# Contribuição Brasileira

- Contribuição da comunidade de FAE
- Primeira versão apresentada em março de 25
  - Redigida por uma comissão nomeada por RENAFAE/INCT-BR
- Atualizada em novembro de 25 após consulta à comunidade

## Brazilian input to the European Strategy for Particle Physics Update

(Eds.) U. de Freitas Carneiro da Graça<sup>a</sup> G. Gil da Silveira<sup>b</sup> C. Jahnke<sup>c</sup> A. Lessa<sup>d</sup> H. Malbouisson<sup>e</sup> E. E. Purcino de Souza<sup>f</sup> M. S. Rangel<sup>g</sup> T. R. Fernandez Perez Tomei<sup>h</sup> A. Vilela Pereira<sup>e</sup>

Contributors: J. Citadini<sup>i</sup> M. F. A. Brito<sup>i</sup>

Contact: L. de Paula<sup>g</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>c</sup>Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

<sup>d</sup>Universidade Federal do ABC (UFABC)

<sup>e</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

<sup>f</sup>Universidade Federal da Bahia (UFBA)

<sup>g</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

<sup>h</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp)

<sup>i</sup>Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

E-mail: [leandro.de.paula@cern.ch](mailto:leandro.de.paula@cern.ch)

**ABSTRACT:** The Brazilian High-Energy Physics (HEP) community has expanded remarkably since its first involvement at CERN and Fermilab in the 1980s. Its recent organization under the Brazilian Network for High-Energy Physics (RENAFAE), since 2008, has further strengthened its scientific and technological goals, particularly in detector instrumentation, computing, and industry partnerships. In 2024, Brazil became an Associate Member State of CERN, opening new opportunities for deeper engagement in accelerator and detector R&D. This input to the 2026 update of the European Strategy for Particle Physics highlights Brazil's current participation in LHC experiments as well as ongoing developments in detector and accelerator technology, and details the community's view towards future colliders. The potential for expanded scientific and industrial collaborations between Brazil and CERN is also discussed.

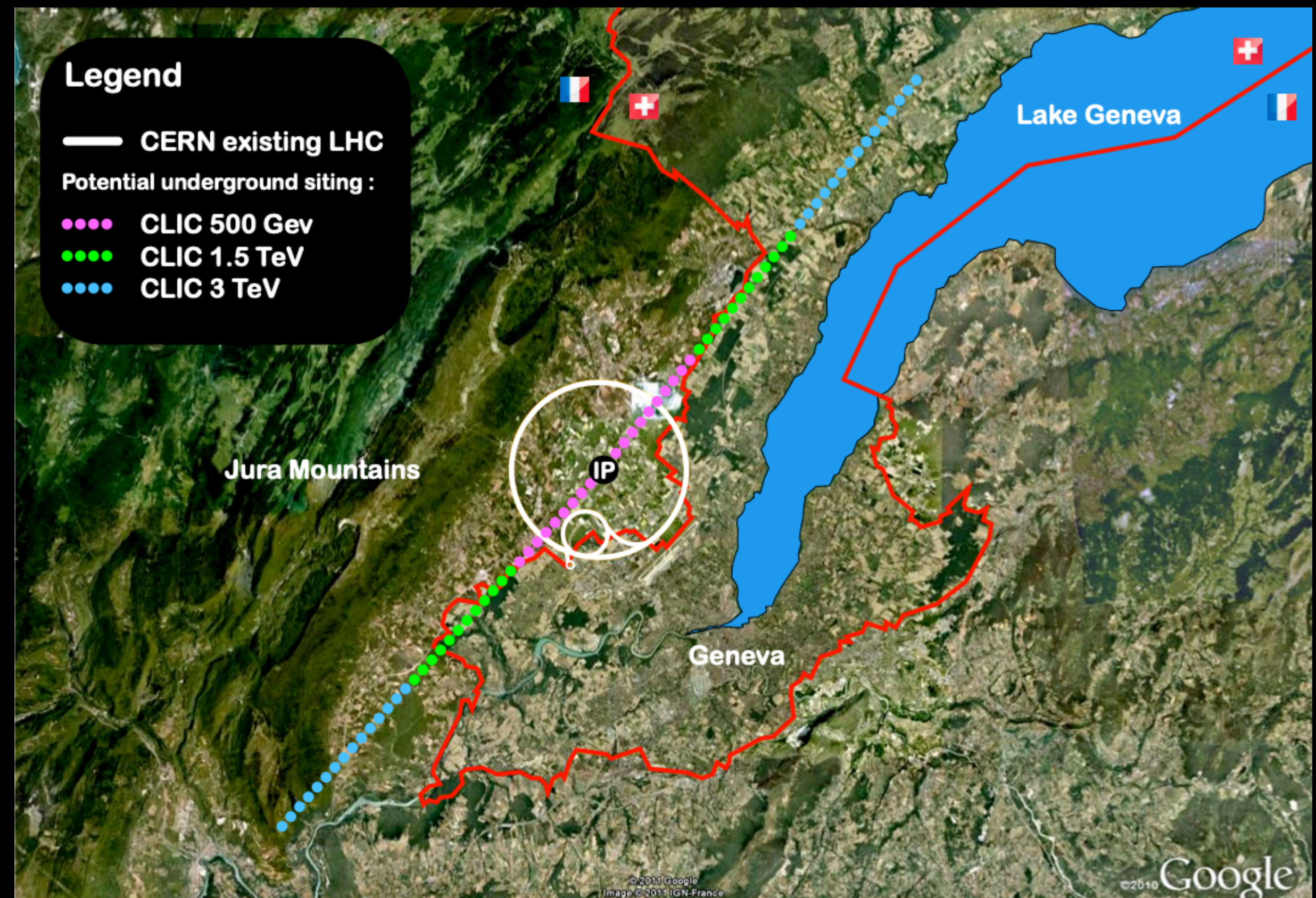




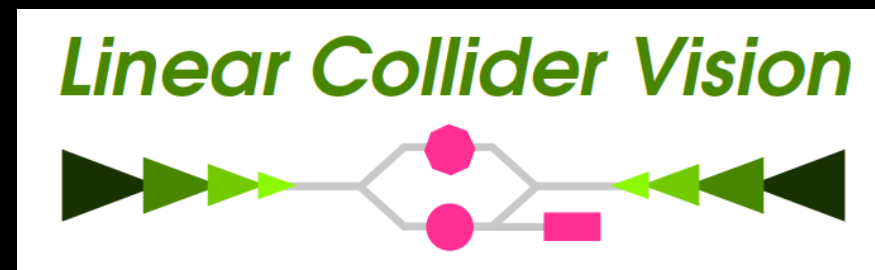
# Compact Linear Collider

- A driven-beam based machine
  - $e^{-}, e^{+}$  injetados a 10 GeV por linac
  - Custo  $\geq 7$  GCHF

| Energia (GeV)                             | 380 | 550 | 1500 | 3000 |
|-------------------------------------------|-----|-----|------|------|
| Tunel (km)                                | 12  | 15  | 30   | 50   |
| Pontos de interação                       | 2   | 2   | 1    | 1    |
| $L(10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1})$ | 2,2 | 3,2 | 3,7  | 6    |
| Consumo (MW)                              | 170 | 210 | 290  | 590  |





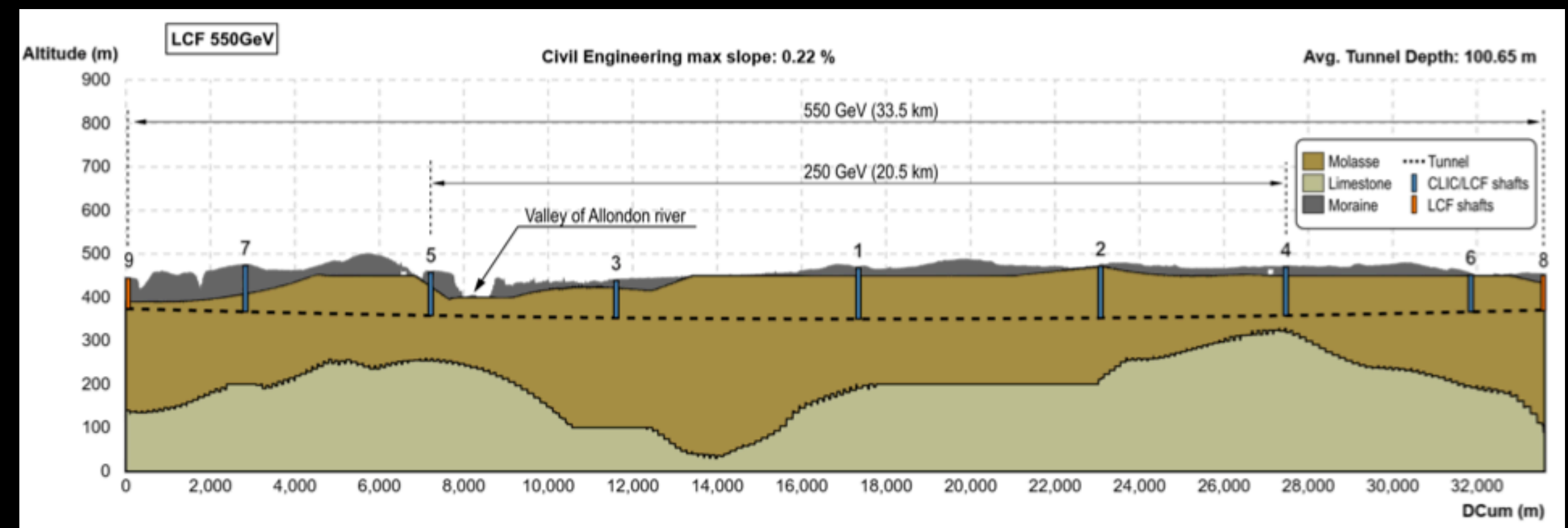


# Linear Collider Facility

- Based on the ILC design
  - Duas fases de operação: Low Power e Full Power
  - $e^{-}, e^{+}$
  - Custo: 8 - 15 GCHF

Usa os estudos de localização do CLIC

|                                           | LP   | FP   |     |      |          |
|-------------------------------------------|------|------|-----|------|----------|
| Energia (GeV)                             | 250  | 91   | 250 | 550  | 1T ou 3T |
| Tunel (km)                                | 33,5 |      |     |      | ?        |
| Pontos de interação                       | 2    |      |     |      | ?        |
| $L(10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1})$ | 1,35 | 0,28 | 2,7 | 3,85 | ?        |
| Consumo (MW)                              | 143  | 123  | 182 | 322  | ?        |



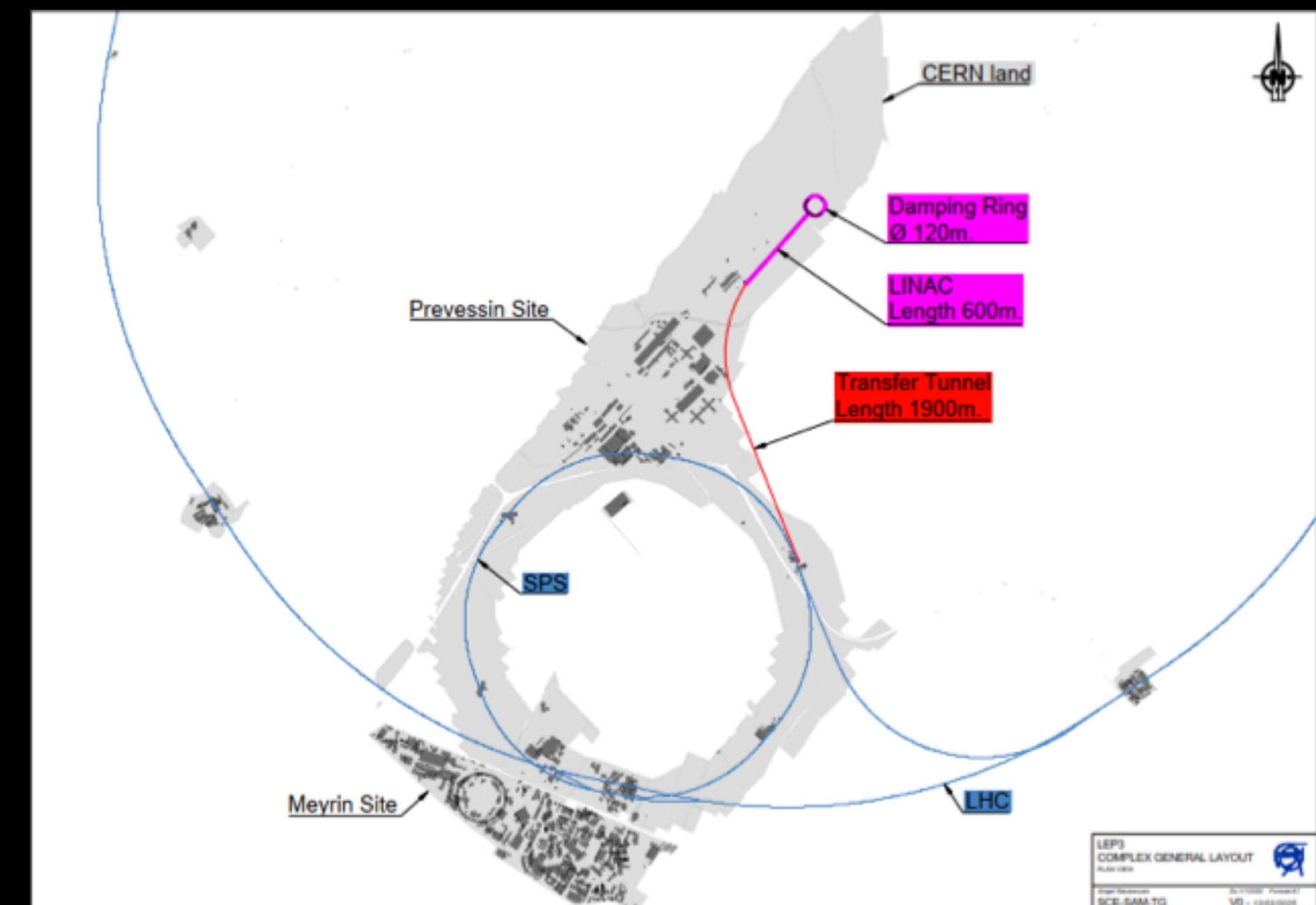




• We propose reusing the existing LHC tunnel for an electron-positron collider, called LEP3, as a back-up alternative if the FCC cannot proceed

- $e^{-}, e^{+}$  injetados a 10 GeV
- 3,9 GCHF

| Energia (GeV)                             | 91         | 160 | 230 |
|-------------------------------------------|------------|-----|-----|
| Tunel (km)                                | 27,6 (LHC) |     |     |
| Pontos de interação                       | 2          |     |     |
| $L(10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1})$ | 40         | 6,2 | 1,6 |
| Consumo (MW)                              | 200        | 226 | 250 |



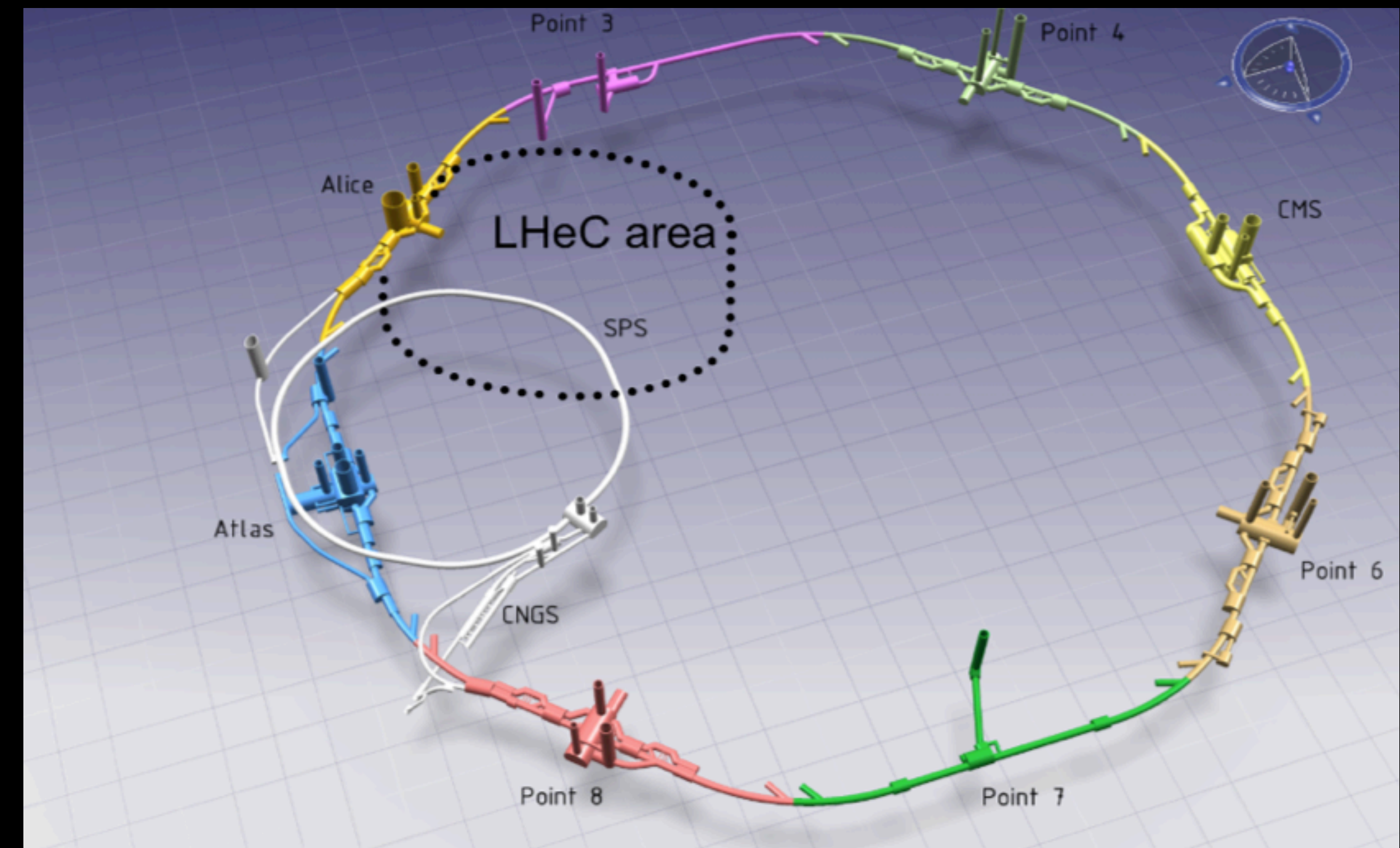




An Energy Recovery Linac (ERL) based accelerator delivers 50 GeV high-intensity electron beams to collide with the HL-LHC proton or ion beams

- 2 GCHF

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| Energia (GeV) e-p                         | 1180       |
| Tunel (km)                                | 9,2 / 27,6 |
| Pontos de interação                       | 1          |
| $L(10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1})$ | 2,3        |
| Consumo (MW)                              | 220        |







# FCC-ee

- Colisor circular de ~90 km - 365 GeV
  - $e^-$ ,  $e^+$  injetados a 20 GeV
  - 15 GCHF

| Energia (GeV)                             | 91  | 160 | 240 | 365 |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Tunel (km)                                | 91  |     |     |     |
| Pontos de interação                       | 4   |     |     |     |
| $L(10^{34}\text{cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$ | 140 | 20  | 7,5 | 1,4 |
| Consumo (MW)                              | 250 | 280 | 300 | 380 |





# FCC-ee *descoped*

- Colisor circular de ~90 km - 240 GeV
  - $e^-$ ,  $e^+$  injetados a 20 GeV
  - 12 GCHF

| Energia (GeV)                              | 91  | 160 | 240 | 365 |
|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Tunel (km)                                 | 91  |     |     |     |
| Pontos de interação                        | 2   |     |     |     |
| L( $10^{34}\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | 90  | 13  | 5   |     |
| Consumo (MW)                               | 150 | 170 | 180 |     |

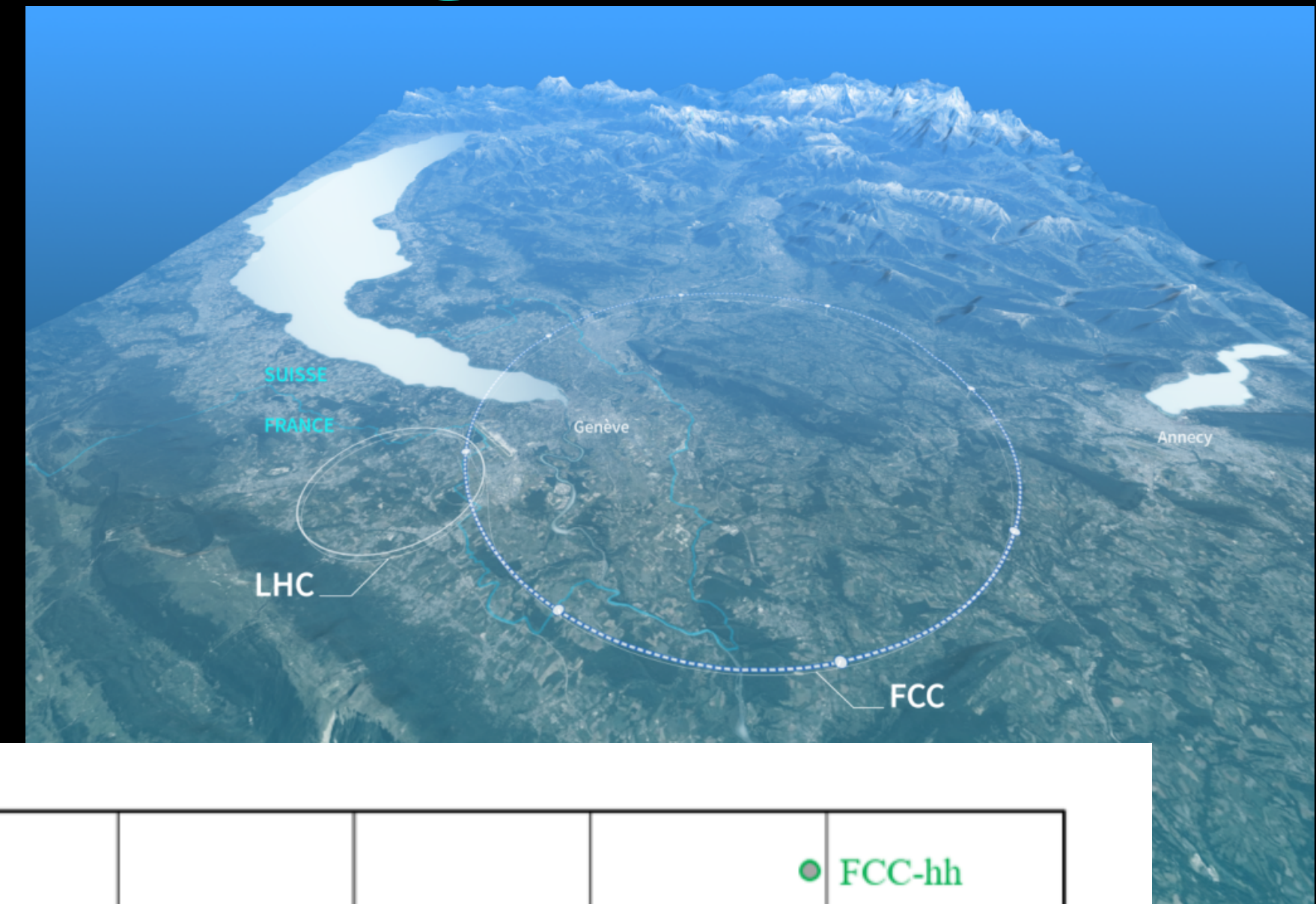




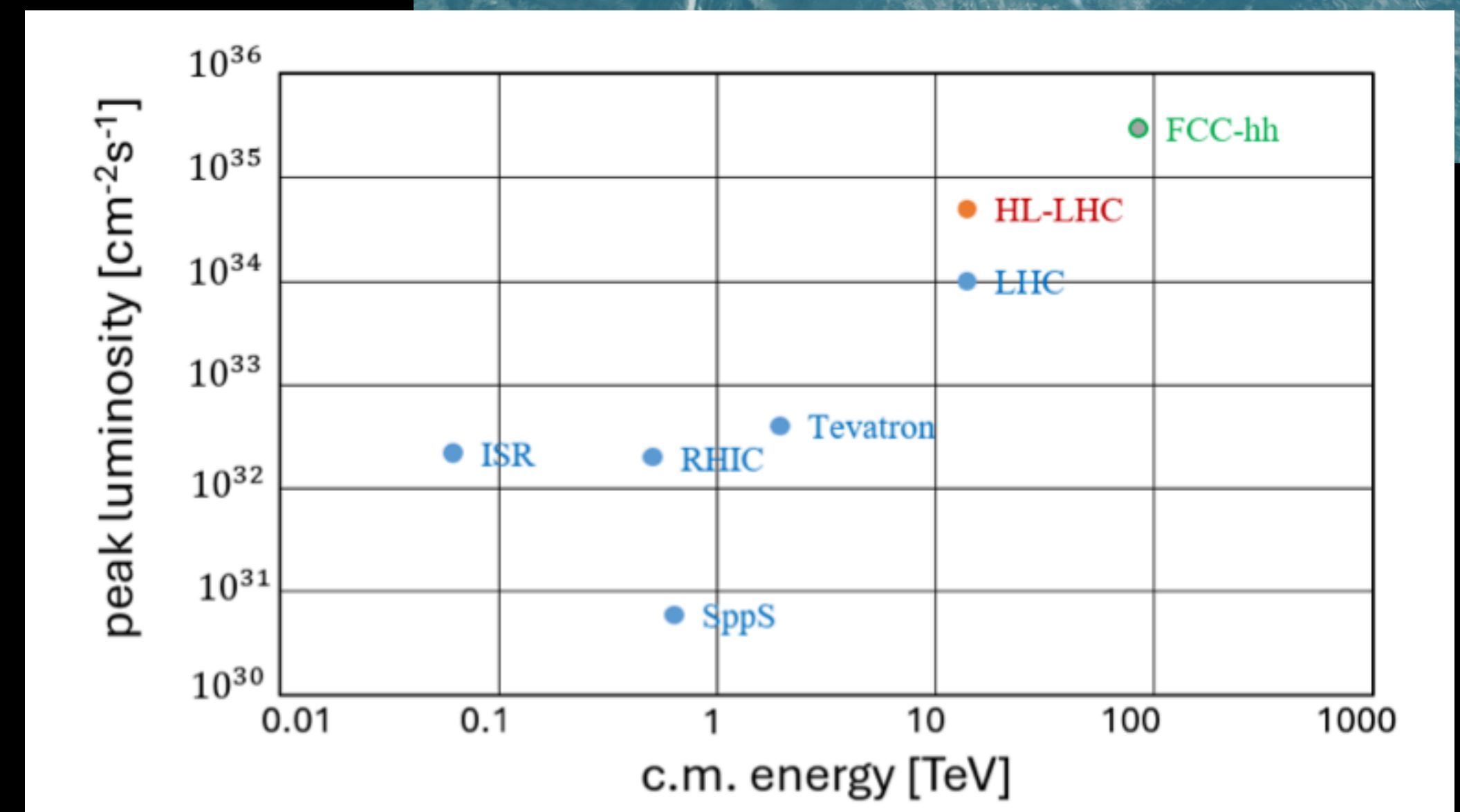


# FCC-hh integrado

- Colisor circular de ~90 km - 85 TeV
- h injetados a 26 ou 450 GeV scSPS, mLHC ou 4T-LHC
- 19 GCHF



|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Energia (GeV) pp                          | 84600 |
| Tunel (km)                                | 91    |
| Pontos de interação                       | 4     |
| $L(10^{34}\text{cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$ | 30    |
| Consumo (MW)                              | 355   |

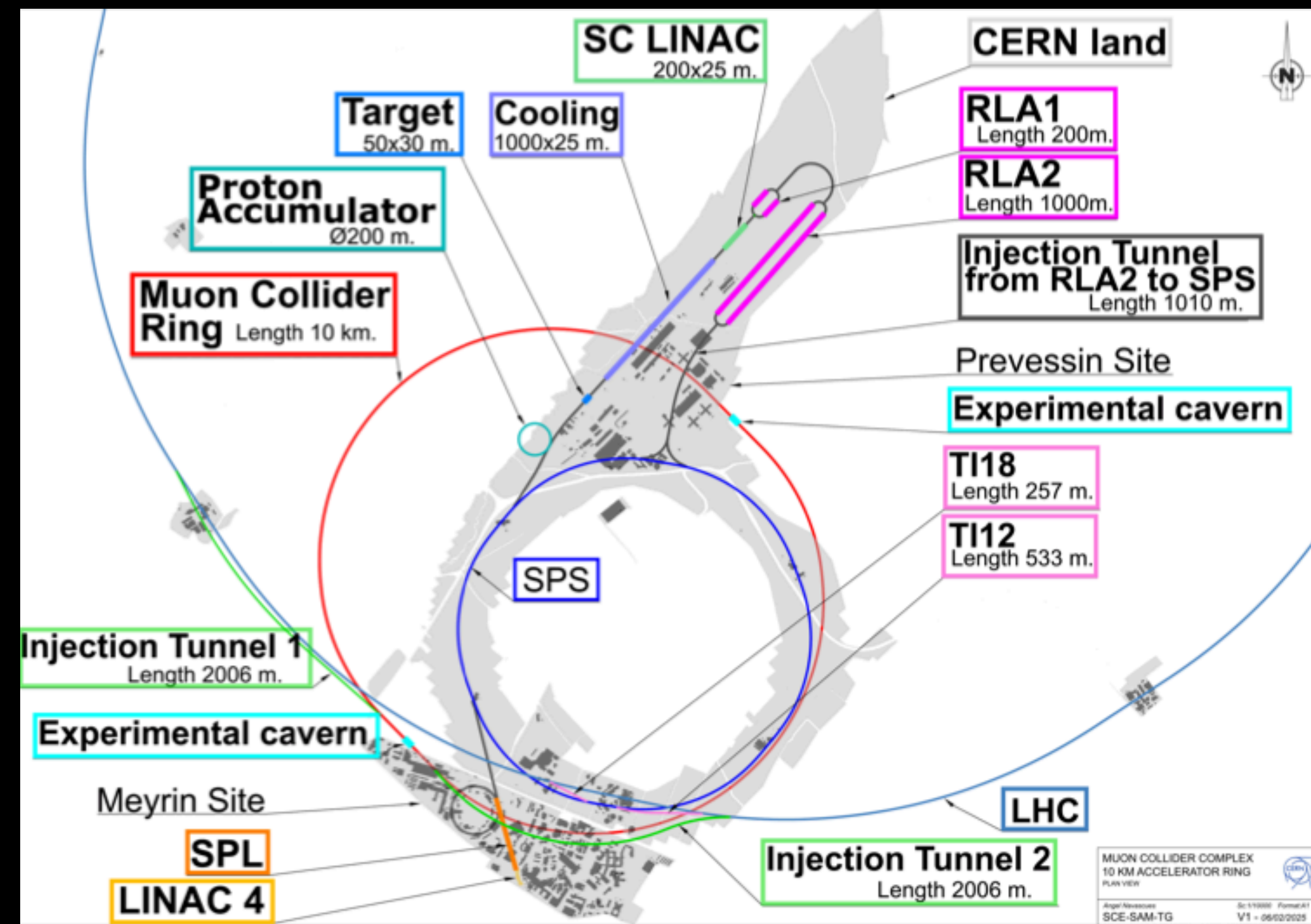




# Muon Collider

- Possibilidade de usar SPS e LHC para acelerar
- High ionizing radiation from muon-decay neutrinos could make implementation at densely populated sites, such as in the vicinity of CERN, difficult or even unfeasible
- 12 - 17 GCHF

| Energia (GeV) $\mu\text{-}\mu^+$         | 3200 | 7600 |
|------------------------------------------|------|------|
| Tunel (km)                               | 11   | 11   |
| Pontos de interação                      | 2    |      |
| $L(10^{34}\text{cm}^{-2}\text{ s}^{-1})$ | 0,9  | 7,9  |
| Consumo (MW)                             | 12   | 17   |

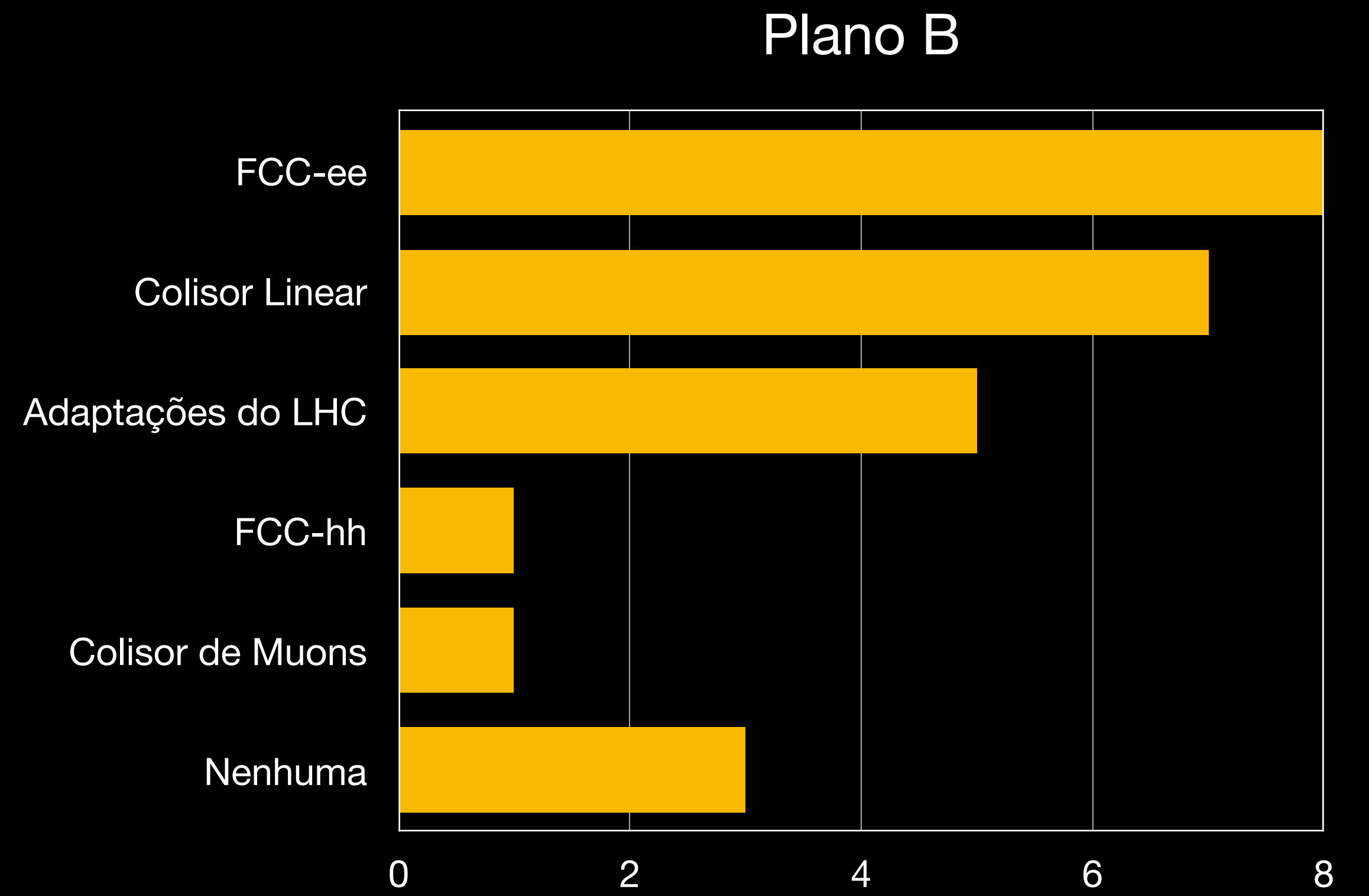
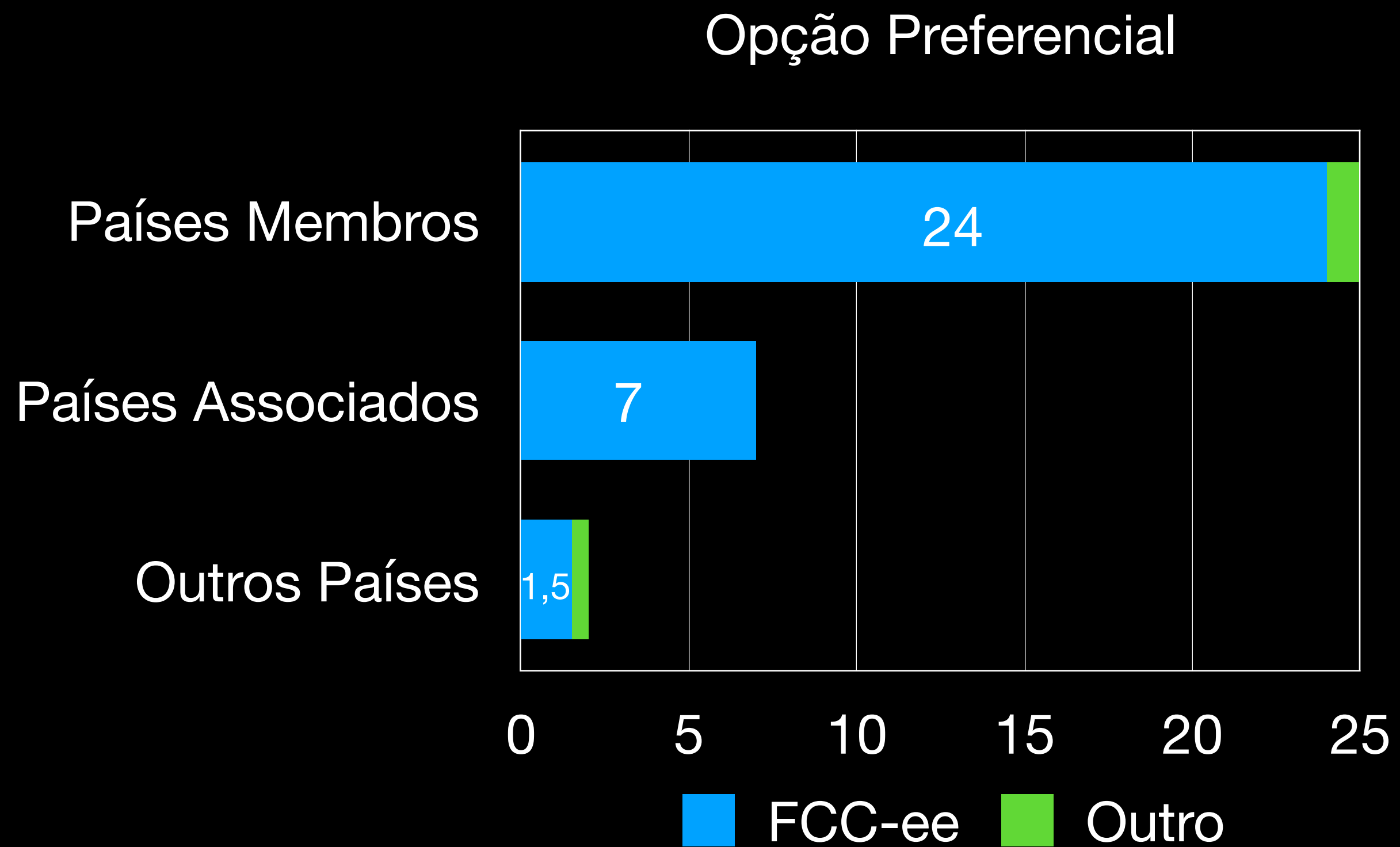




# WG1 - Contribuições Nacionais

Opção preferencial clara

Sem preferência para plano B

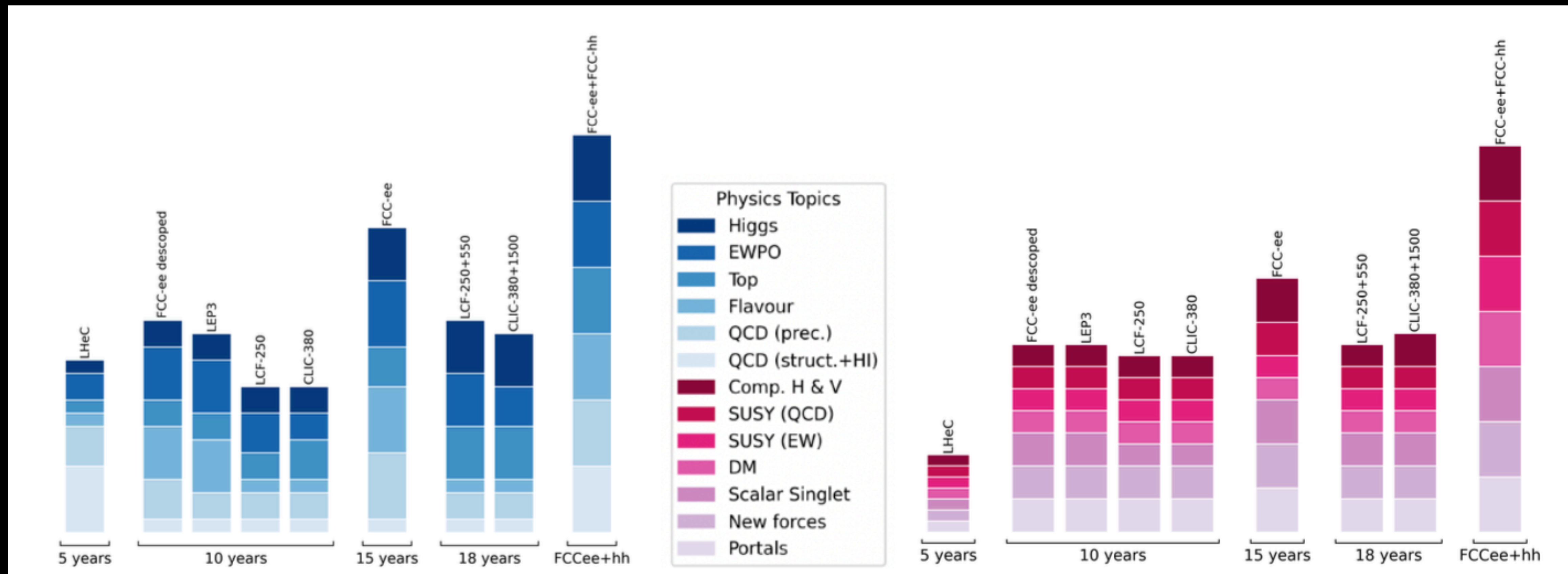




# WG2 - Comparação dos Projetos I

| Projeto                | Escopo | Domínio Tecnológico | P&D | Instalações de teste | Incerteza de desempenho | Preparação local | Incerteza do cronograma | Incerteza do custo | Risco |
|------------------------|--------|---------------------|-----|----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|-------|
| CLIC: 380 GeV, 1,5 TeV |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| FCC-ee: 91-386 GeV     |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| FCC-hh: 85 TeV         |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| FCC-hh direto: 85 TeV  |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| LCF: 250-550 TeV       |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| LEP3: 91-230 GeV       |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| LHeC: HL-LHC + 50 GeV  |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |
| MC: 3,2 TeV - 7,6 TeV  |        |                     |     |                      |                         |                  |                         |                    |       |

# WG2 - Comparação dos Projetos II





# WG2 - Comparação dos Projetos III

| Machine         | Precision Physics | BSM physics | Phys vs CEPC | Tech readiness | Const. cost (BCHF) | Time scale | Path to $\geq 10$ TeV |
|-----------------|-------------------|-------------|--------------|----------------|--------------------|------------|-----------------------|
| FCC-ee          | 22                | 23          |              |                | 15.3               | 2046-2060  |                       |
| Descoped FCC-ee | 15                | 17          |              |                | 12.9               | 2046-2055  |                       |
| LCF550          | 15                | 17          |              |                | 14.8               | 2045-2065  |                       |
| CLIC1500        | 14                | 18          |              |                | 14.6               | 2045-2066  |                       |
| LCF250          | 10                | 16          |              |                | 9.4                | 2045-2053  |                       |
| CLIC380         | 10                | 16          |              |                | 7.5                | 2045-2054  |                       |
| LEP3            | 15                | 17          |              |                | 4.1                | 2047-2062  |                       |
| LHeC            | 8                 | 7           |              |                | 2.1                | 2044-2051  |                       |

# WG6 - Divulgação

- **Fortalecer o reconhecimento do público na ciência** estimulando o senso crítico e combatendo desinformação
- Mover a comunicação do relato de descobertas científicas para a apresentação do **processo de pesquisa (Nature of Science)**, **histórias pessoais** e a importância de **colaborações** internacionais
- Promover **contato direto de estudantes com pesquisadores e laboratórios**, procurando inspirar futuros pesquisadores



# WG6 - Educação

- Trabalhar para o estudo de aspectos da **Física Contemporânea sejam integrados aos programas** do Ensino Básico
- Estabelecer uma interação entre professores do Ensino Básico (Médio) e Pesquisadores
  - **Treinamento regular para os professores**
  - Atividades regular *hands-on* e principalmente *minds-on* para estudantes com participação de professores do EB e pesquisadores
- Fortalecer atividades de instrumentação
- Estimular o **uso de Open Data** nas atividades com alunos do ensino básico ou graduação
- Estabelecer **contatos com a Indústria** envolvendo graduação ou pós

# WG6 - Carreira

- A comunidade de física de partículas deve manter seu compromisso inabalável de colocar os princípios de **equidade, diversidade e inclusão** no centro de todas as suas atividades.
- O apoio a pesquisadores em início de carreira deve ser fortalecido para **atrair e reter talentos de alto nível**, por meio de ambientes de trabalho favoráveis, oportunidades de capacitação versáteis, trajetórias de carreira viáveis e **mentorias** aprimoradas.
- Os institutos devem fortalecer as práticas de recrutamento e avaliação, promover condições de emprego sustentáveis e **apoiar a mobilidade** de pesquisadores em início de carreira.
- A comunidade deve promover ativamente a criação de **cargos** de longo prazo para engenheiros e técnicos, bem como para **físicos com expertise tecnológica** em aceleradores, detectores e computação.
- Os institutos devem assegurar ambientes de pesquisa **inclusivos, respeitosos e acolhedores**, por meio de políticas robustas de equidade, diversidade e inclusão (EDI), apoio ao bem-estar e **códigos de conduta claros**.
- A comunidade de física de partículas deve apoiar o engajamento e o **desenvolvimento profissional** de pesquisadores em início de carreira.



# Deliberações do Conselho

- Prioridade para o **HL-LHC**
- Fortalecer o ecossistema de centros de pesquisa em física de partículas (Europa)
- Manter colaborações com experimentos **sem aceleradores** e áreas próximas ( $\nu$ , **DM**, FN e astro)
- **FCC-ee**
  - Plano B: FCC-ee - descoped
- Manter-se na vanguarda da tecnologia com parceiros internacionais e indústria assim como em computação (**IA**)
- **Interação bidirecional** de conhecimento e transferência de tecnologia (KTT)
- **Sustentabilidade** e impacto ambiental ser levados em conta em todos os projetos
- As iniciativas de **educação, comunicação** e engajamento em física de partículas devem visar a uma ampla gama de partes interessadas, com um esforço dedicado para alcançar **públicos diversos** e sub-representados
- As diversas iniciativas de educação, comunicação e divulgação devem ser ainda mais incentivadas, integradas e **apoiadas pelas instituições**
- Reforçar esforços voltados para **mentoria**, facilitação da mobilidade entre instituições e a promoção do bem-estar de pesquisadores em início de carreira. Além das realizações científicas, a avaliação de carreira deve considerar também **atividades tecnológicas, de extensão e de transferência de conhecimento**

# Perspectivas

- Manter e ampliar a participação brasileira (?)
  - Curto prazo: HL-LHC
  - Médio e longo prazo: FCC-ee (hh ?)
    - Acelerador
    - Detetores
    - Computação
    - Fenomenologia
- **Organização** da comunidade brasileira
  - Necessidade de **convergência** de objetivos para assumir liderança (talvez só 2 colaborações)
  - **Financiamento**



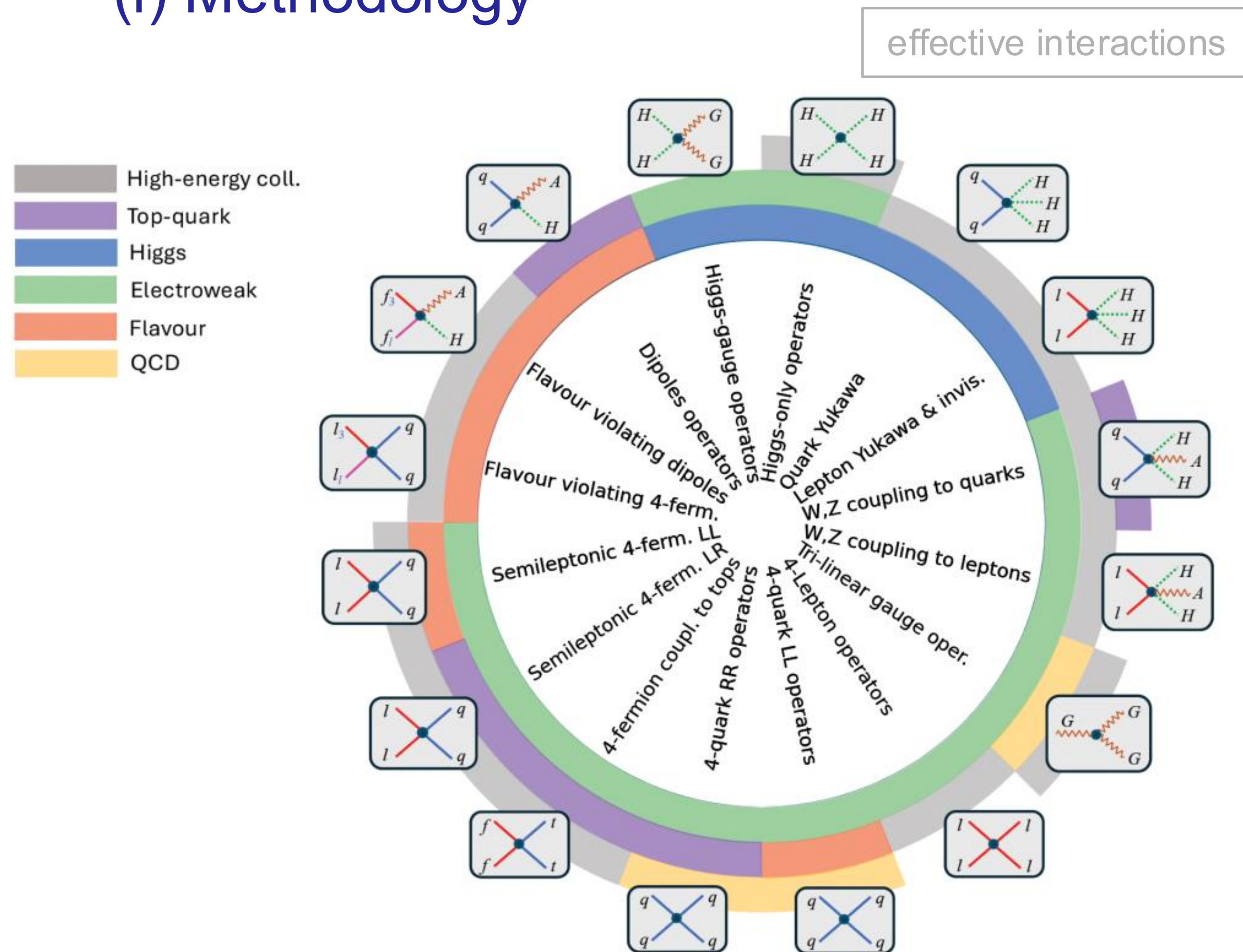
# Obrigado

Extras



# Coverage of the Physics Landscape

## (i) Methodology\*



- Slice physics landscape in 16 different sectors (adequate representation of the effective interactions among SM fields where new physics can show up)

- Sensitive to: Higgs, el.weak, top, flavour, QCD, high-energy observables

examples (details on the next slide):

- Higgs-only operators ( $HZZ, \Delta\rho, \lambda_3$ )
- Quark Yukawa ( $Y_b, Y_s, Y_t$ )
- Tri-linear gauge operators (el.weak, GGG)
- 4-lepton ops. (W parameter, Y parameter)

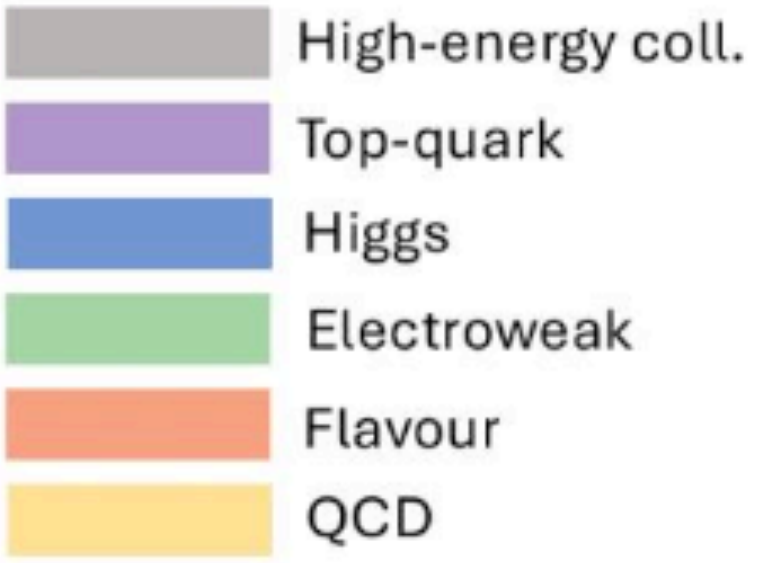
→ each sector is subdivided in 2 or 3 rings with increasing measurement challenges

- Compare potential of each collider for all sectors/rings
- HL-LHC performance is used as reference
- **Improvement factors** in precision w.r.t. HL-LHC are evaluated and mapped on a log-scale covering the range 1 to 5

HL-LHC: 1 (gray scale 1 = black)  
Best collider: 5 (gray scale 5 = white)

\*Thanks to Jorge de Blas, Monica Dunford and Gino Isidori (ESG WG 2b)



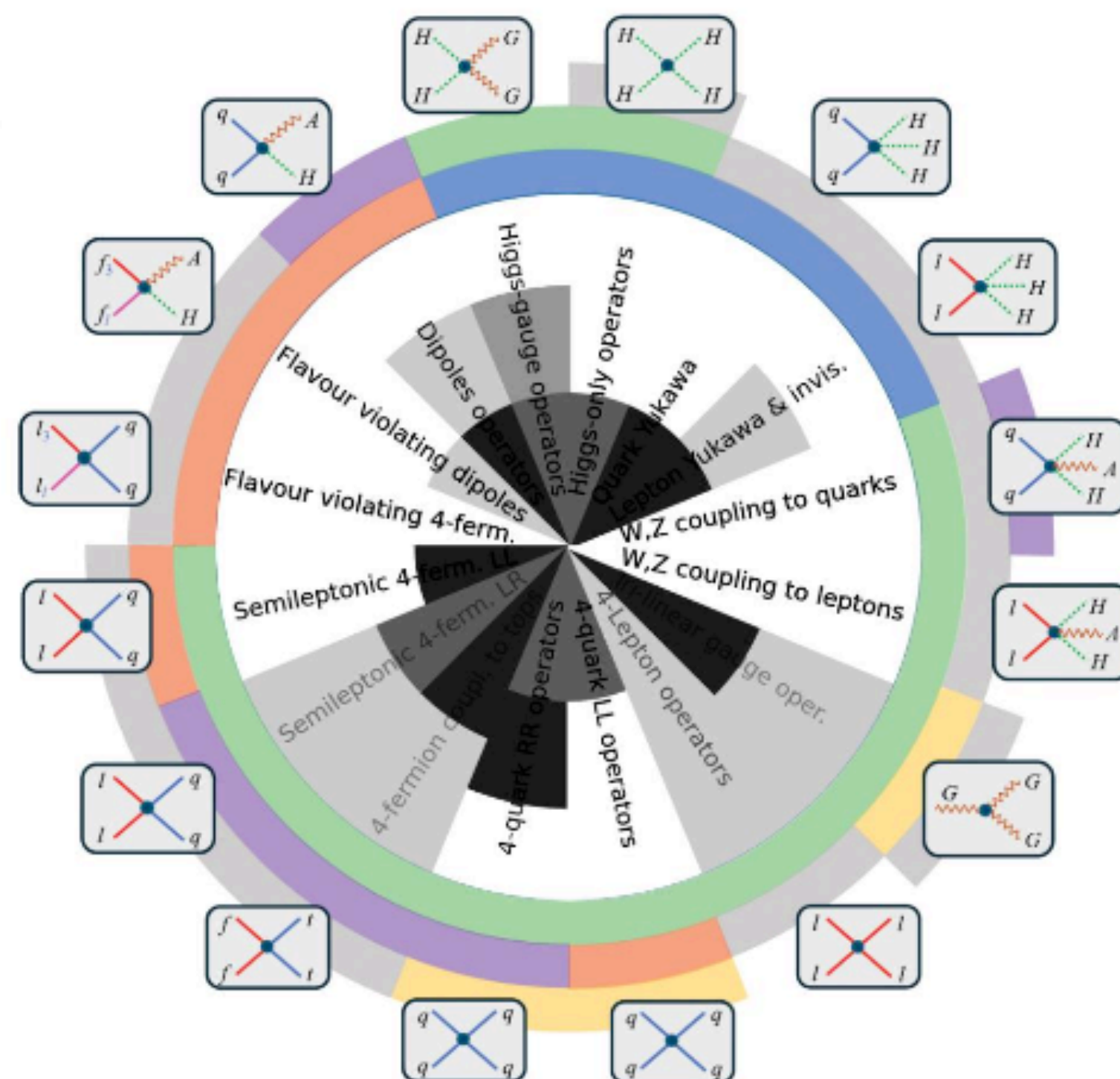




# Coverage of the FCC integrated programme

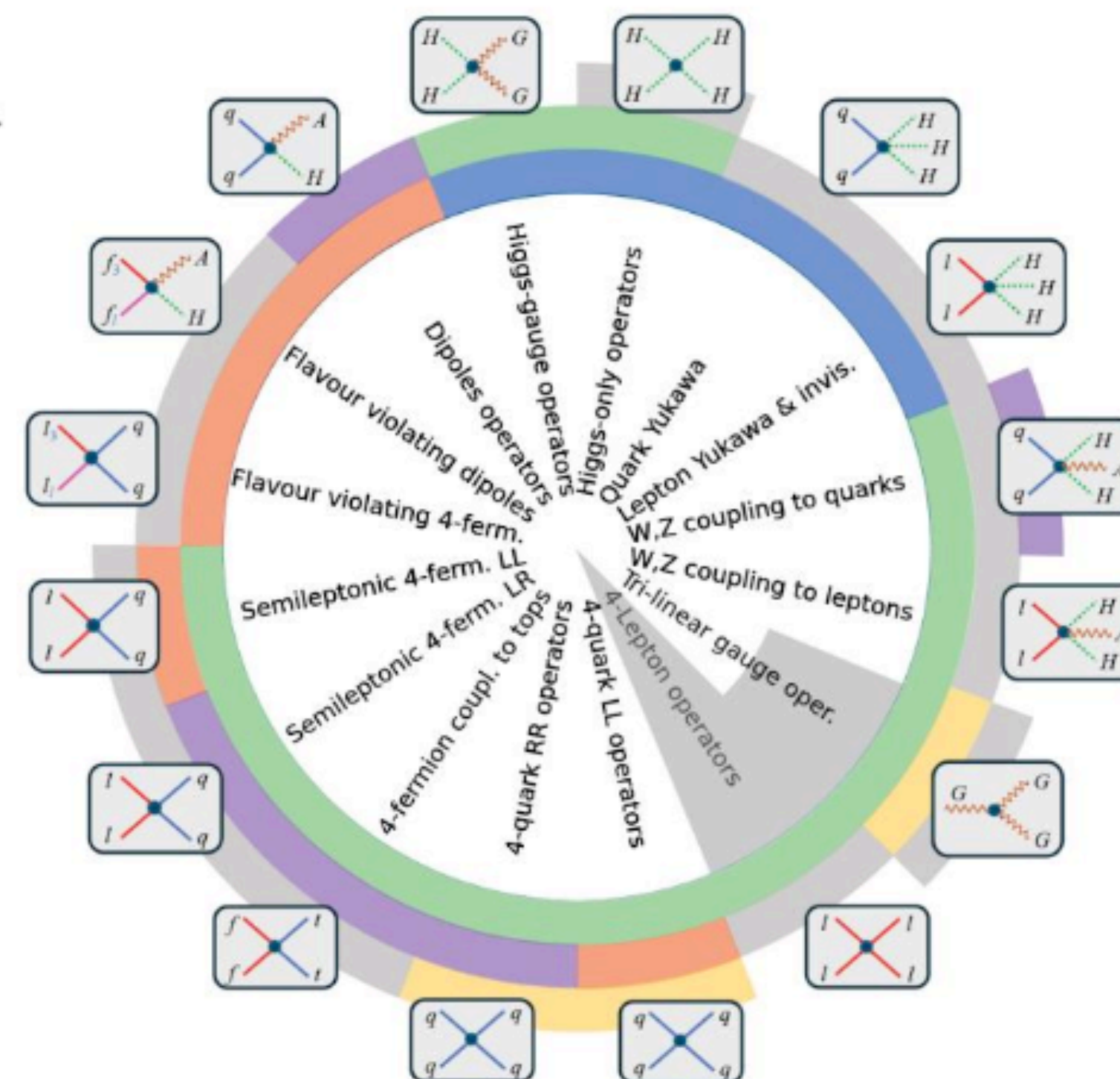
## FCCee

- High-energy coll.
- Top-quark
- Higgs
- Electroweak
- Flavour
- QCD



## FCCeehh

- High-energy coll.
- Top-quark
- Higgs
- Electroweak
- Flavour
- QCD

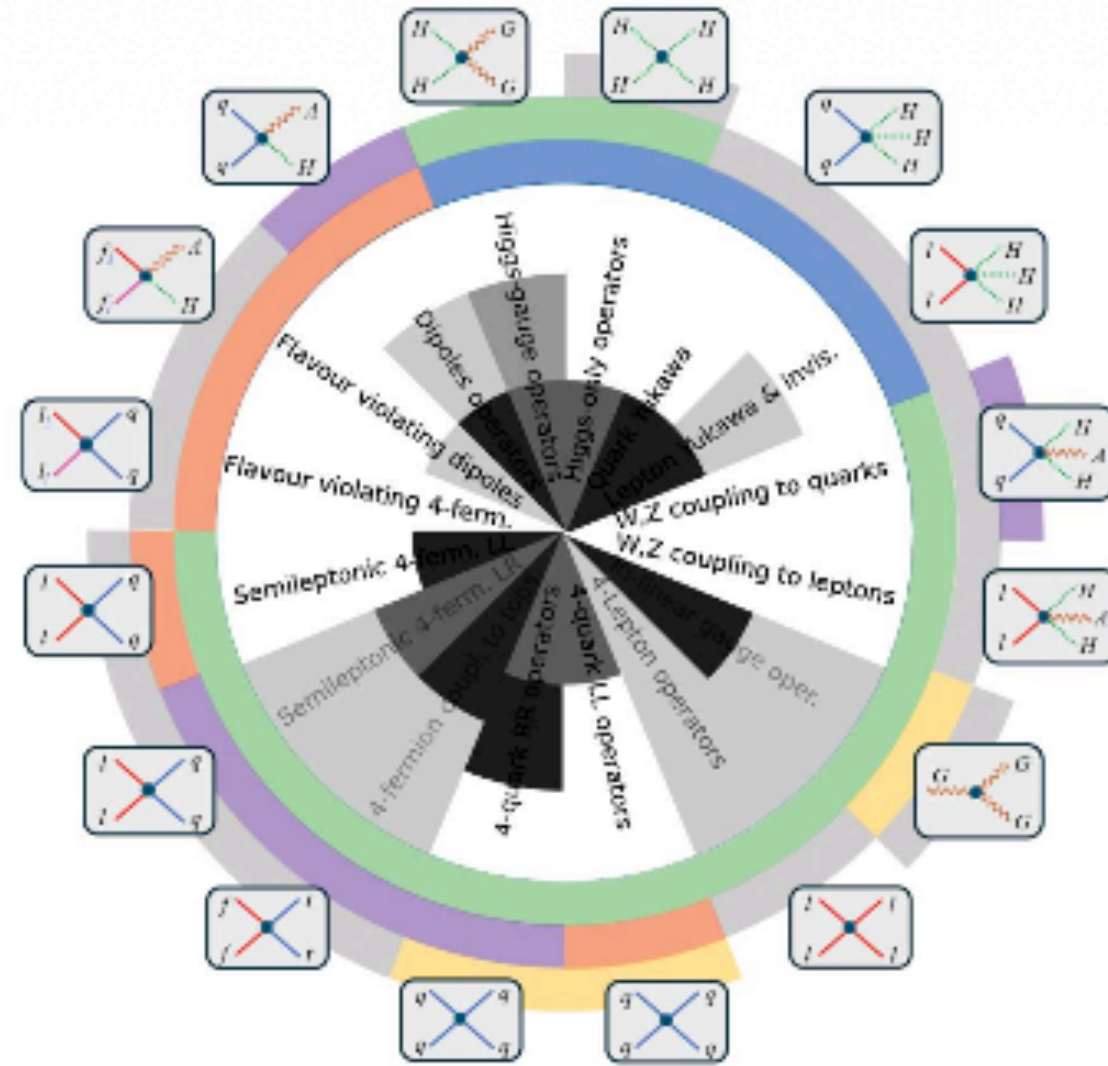




# FCC-ee versus high-energy $e^+e^-$ colliders

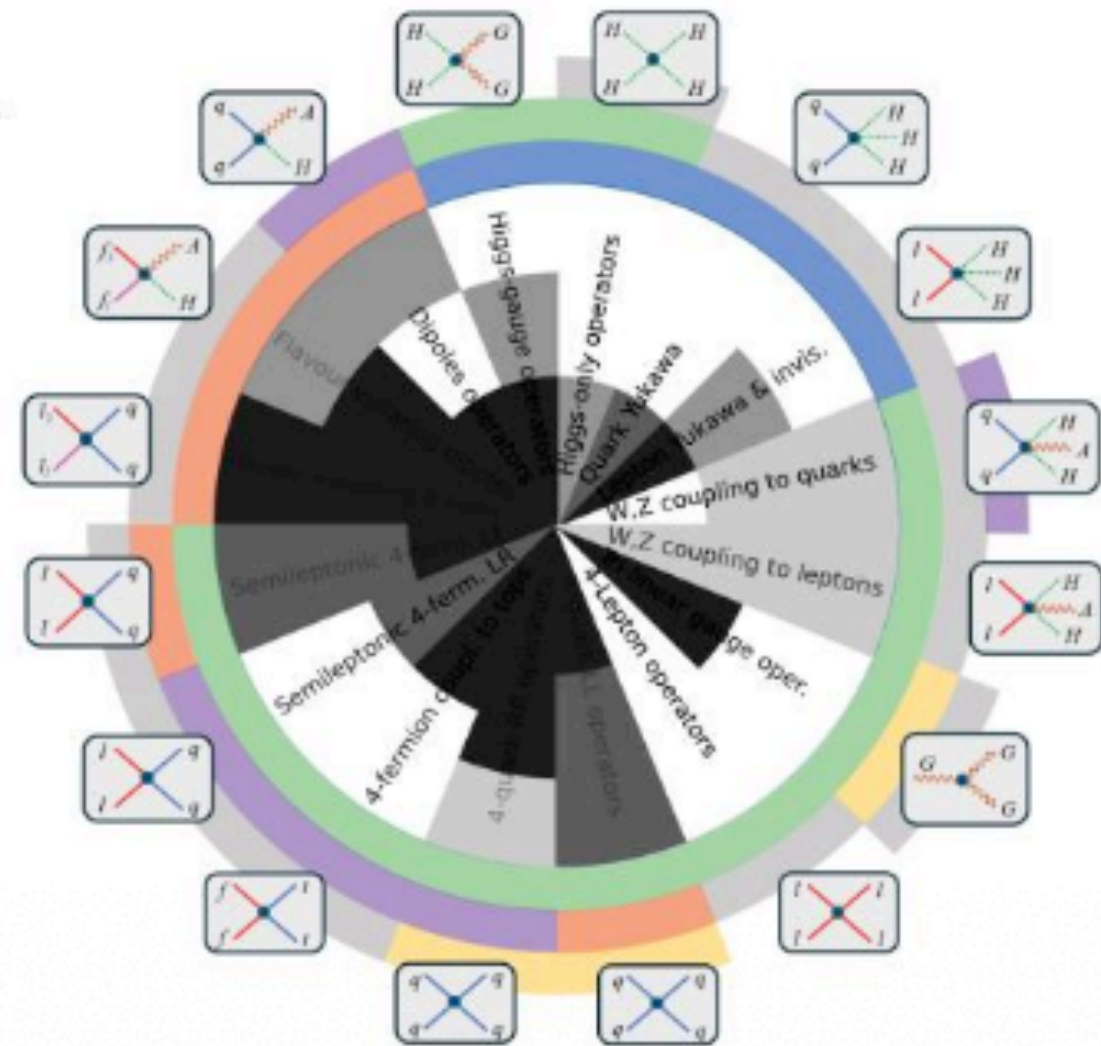
## FCCee

- High-energy coll.
- Top-quark
- Higgs
- Electroweak
- Flavour
- QCD



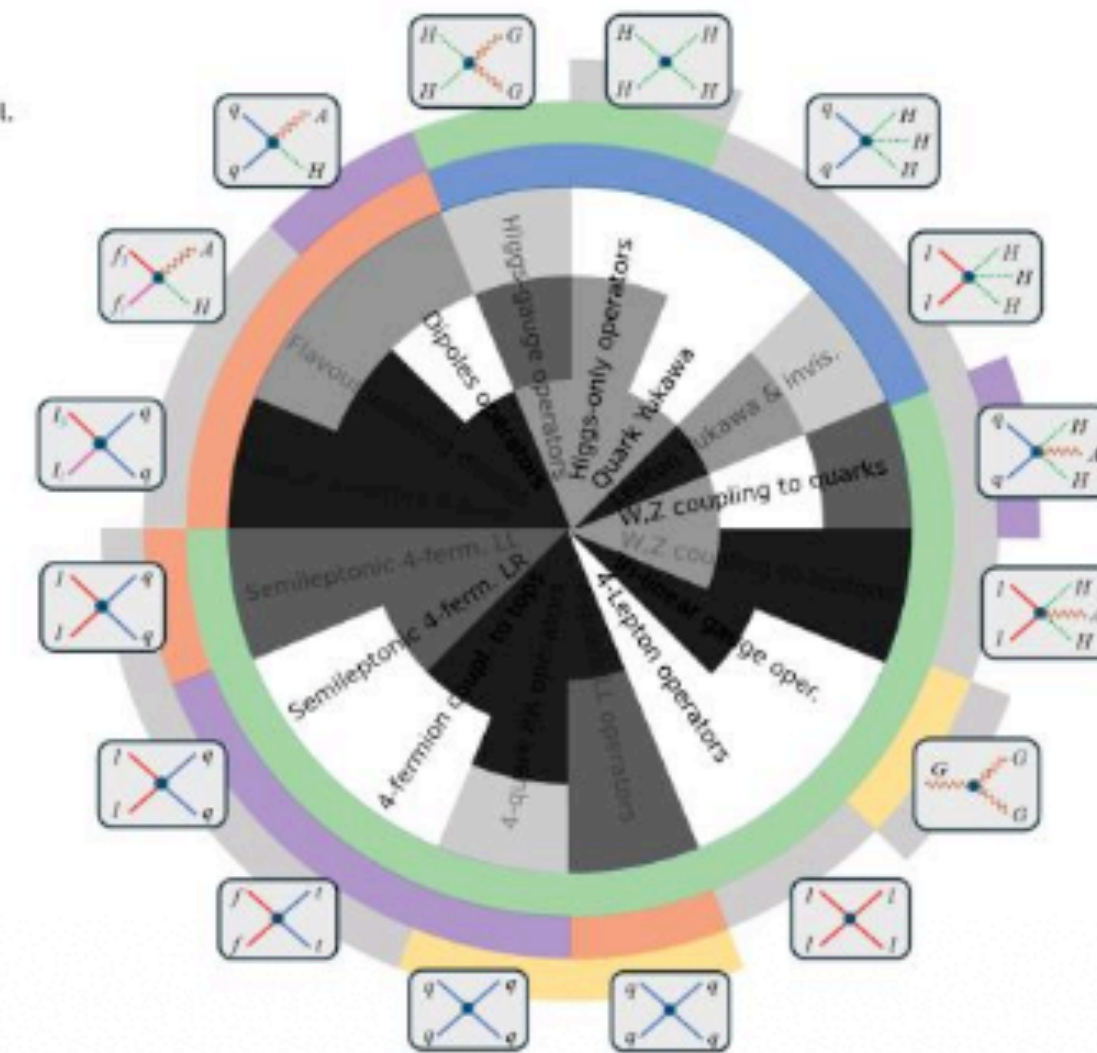
## LCF550

- High-energy coll.
- Top-quark
- Higgs
- Electroweak
- Flavour
- QCD



## CLIC1500

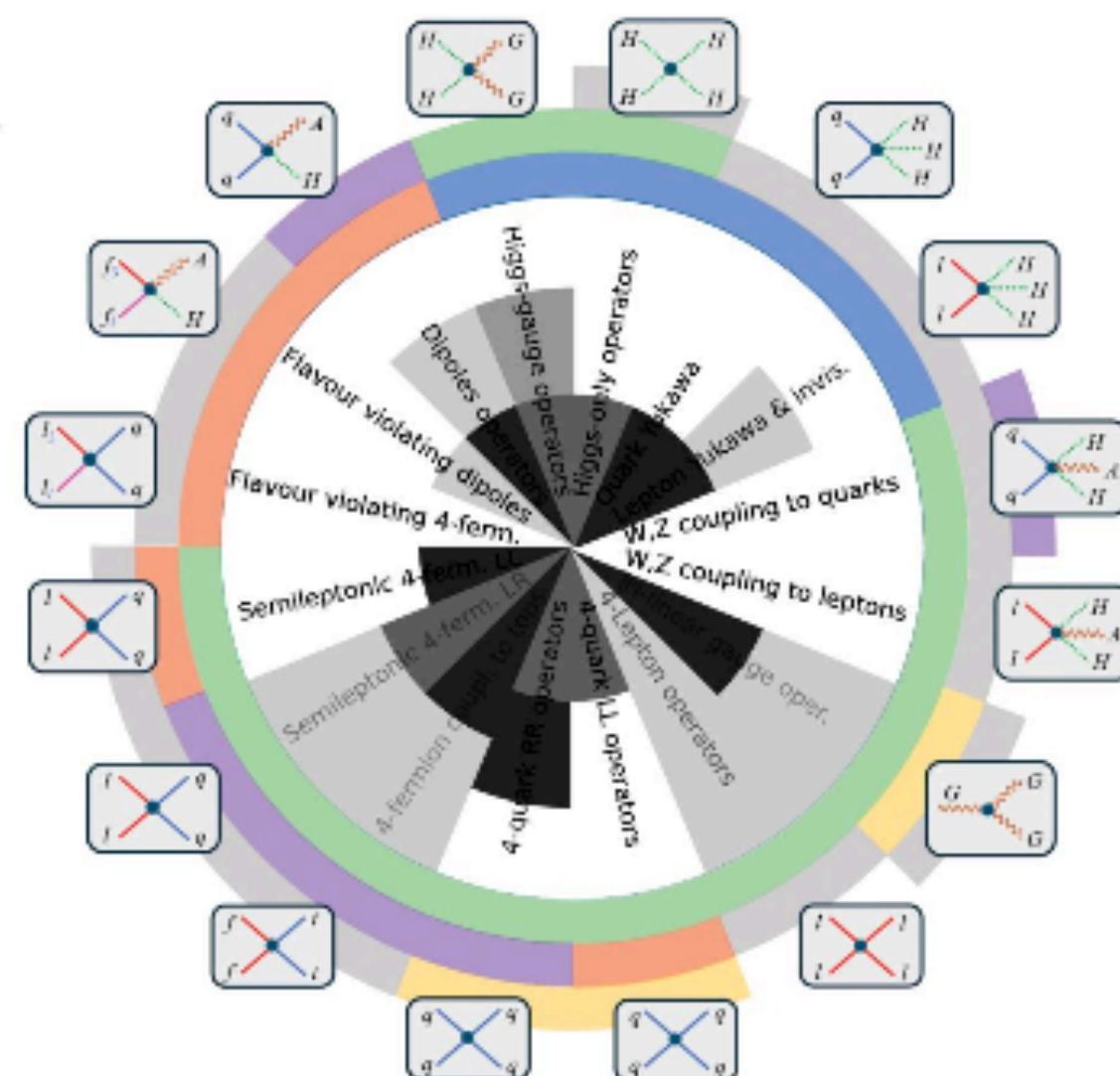
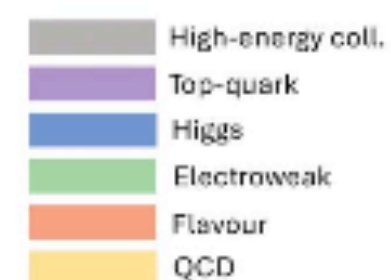
- High-energy coll.
- Top-quark
- Higgs
- Electroweak
- Flavour
- QCD



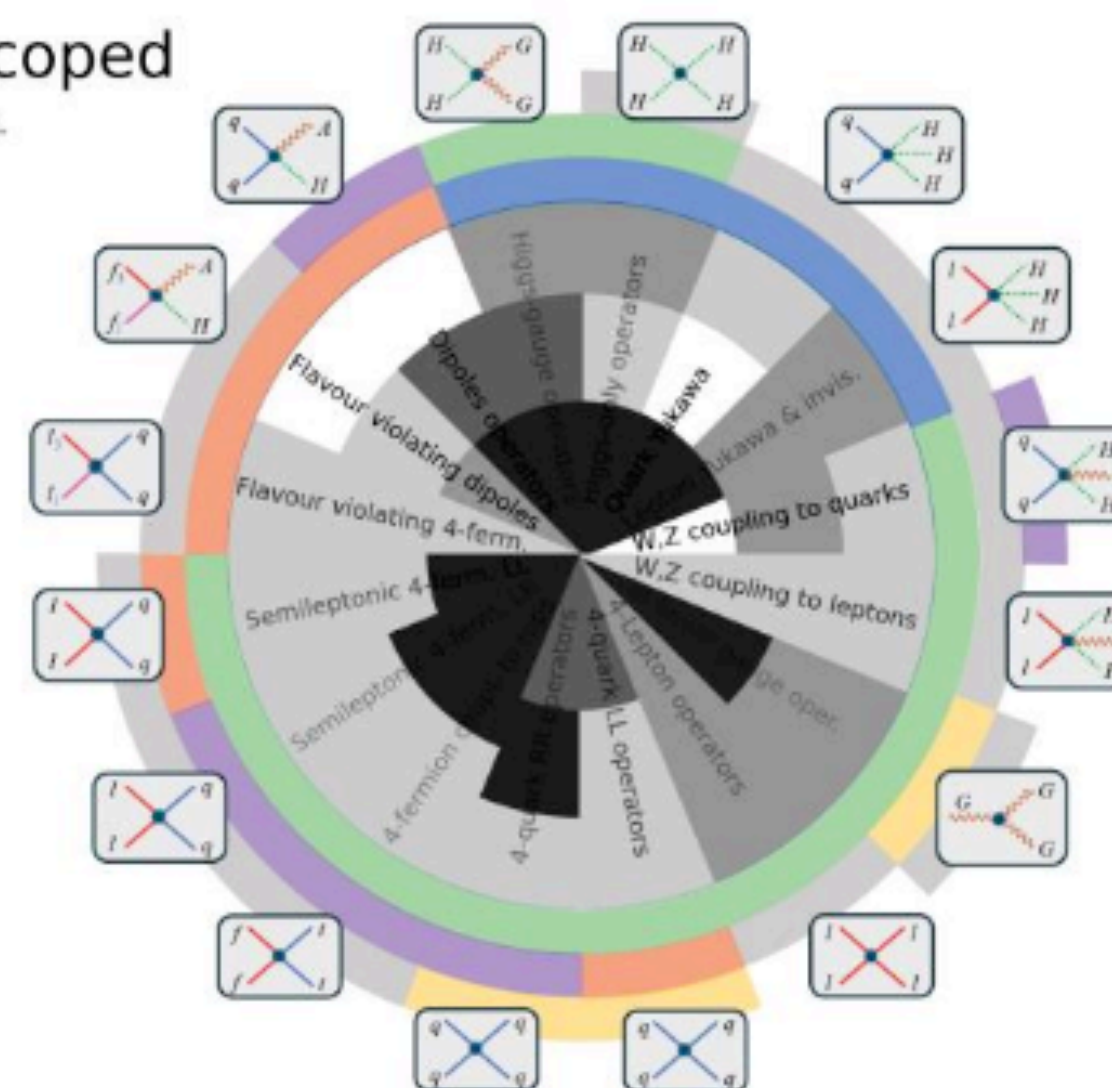
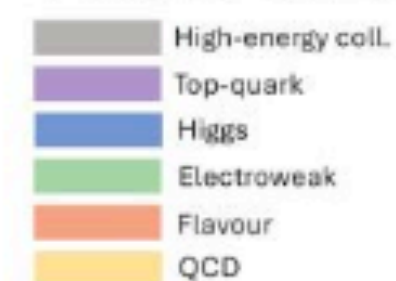


# FCC-ee versus descoped FCC-ee and LCF250

FCCee



FCCee-descoped



LCF250

