

# Photon Detection System do Experimento DUNE

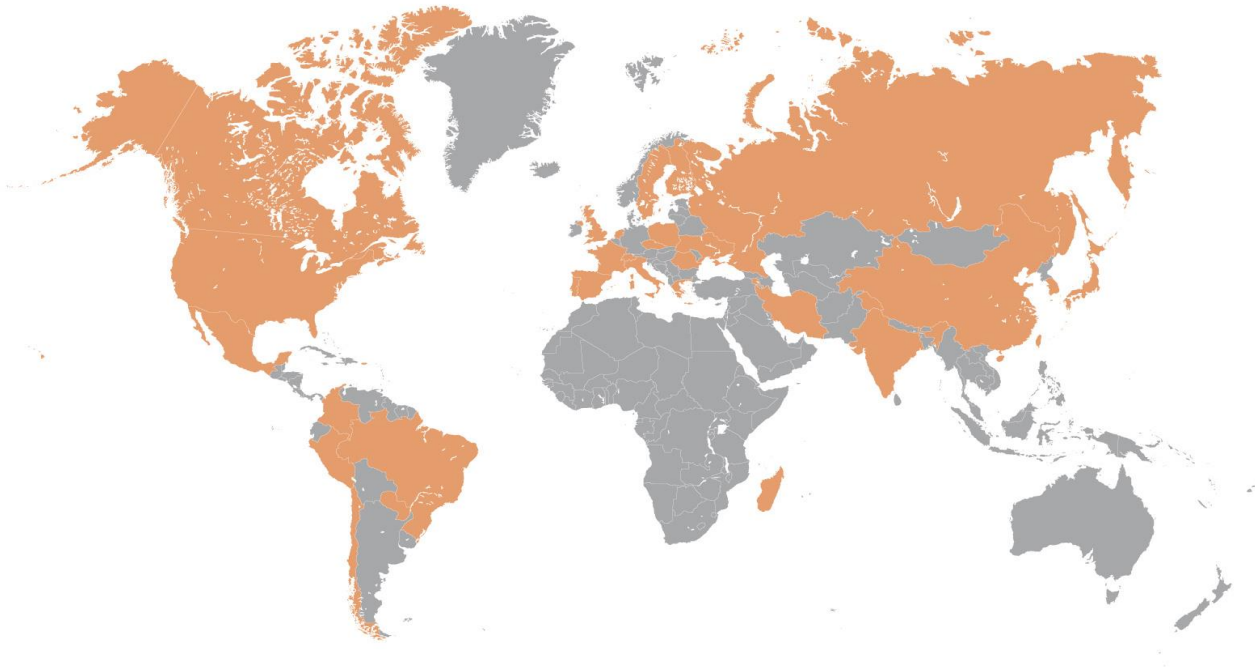
Ettore Segreto for DUNE-BR

*Workshop da RENAFEA – Projetos para o Futuro da Física de Altas Energias no Brasil*

13 de Julho de 2021

# DUNE – Uma colaboração global

1106 colaboradores de 182 instituições em 31 países



**DUNE**  
DEEP UNDERGROUND  
NEUTRINO EXPERIMENT

# DUNE: programa científico

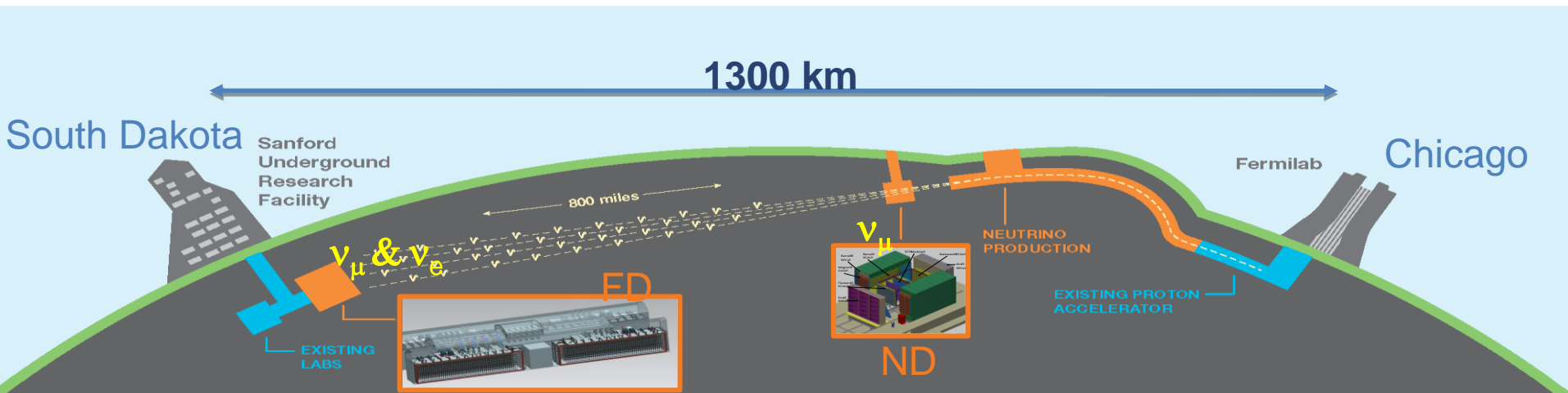
Questões fundamentais ainda em aberto em física de partículas e astropartículas:

- Física de oscilação de neutrinos
  - ✓ Violação de CP no setor leptônico (relacionado à assimetria de antimatéria da matéria)
  - ✓ Hierarquia de massa
  - ✓ Física de oscilação de precisão para testar o paradigma de 3 sabores
- Nucleon decay
  - ✓ Previsto além das teorias do Modelo Padrão [mas ainda não visto]
  - ✓ por exemplo o modo favorecido de modelos SUSY:  $p \rightarrow K^+ \bar{n}$
- Física e astrofísica da explosão de Supernova

# DUNE – Deep Underground Neutrino Experiment

O **DUNE** consiste de:

1. Um intenso feixe (**MW**) de neutrinos produzido no Fermilab.
2. Um detector próximo ao feixe – Fermilab
3. Detector subterrâneo de (**70,000 t**) de massa - SURF, South Dakota  
(4 módulos de 10kton de massa ativa cada; single phase e dual phase)
1. Uma grande **colaboração internacional** (mais de **1000** pesquisadores em mais de **32** países)

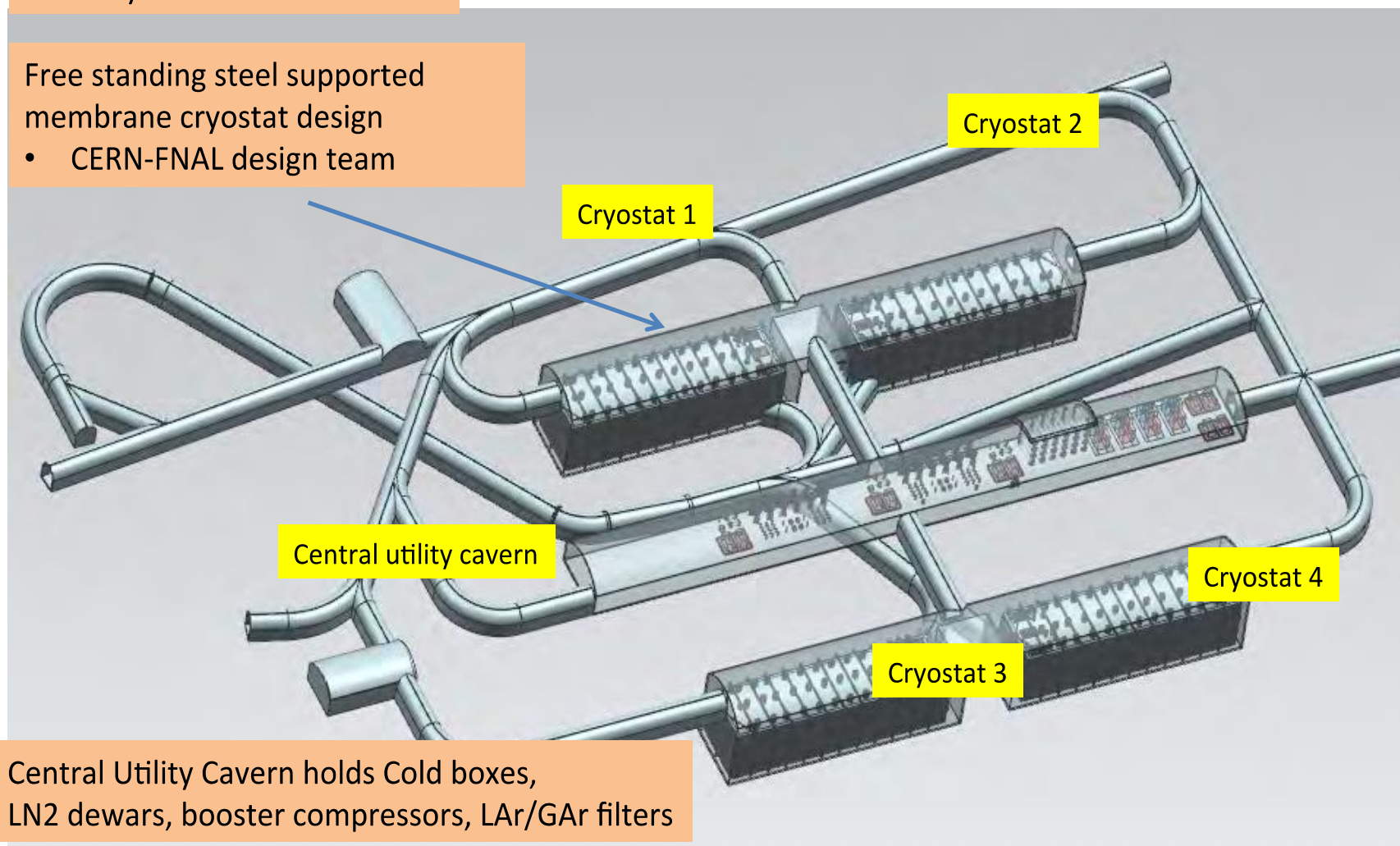


# Far Detector – Cryostat / Cryogenic Systems Layout

Each Cryostat holds 17.1kt LAr

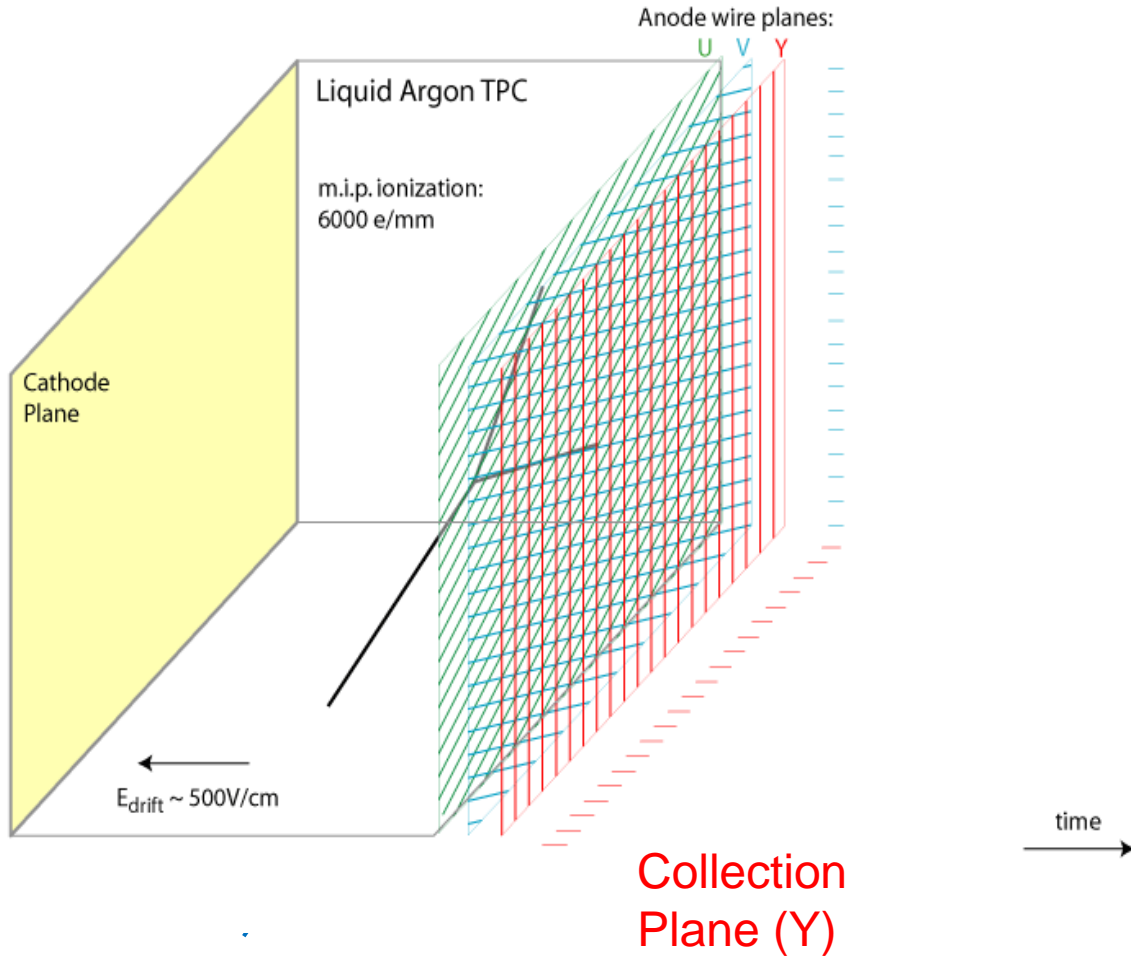
Free standing steel supported membrane cryostat design

- CERN-FNAL design team



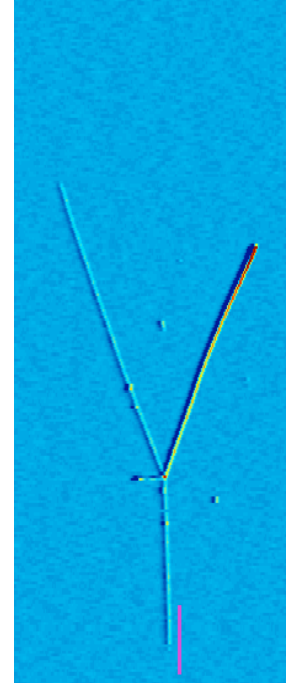
Central Utility Cavern holds Cold boxes, LN2 dewars, booster compressors, LAr/GAr filters

# LArTPC

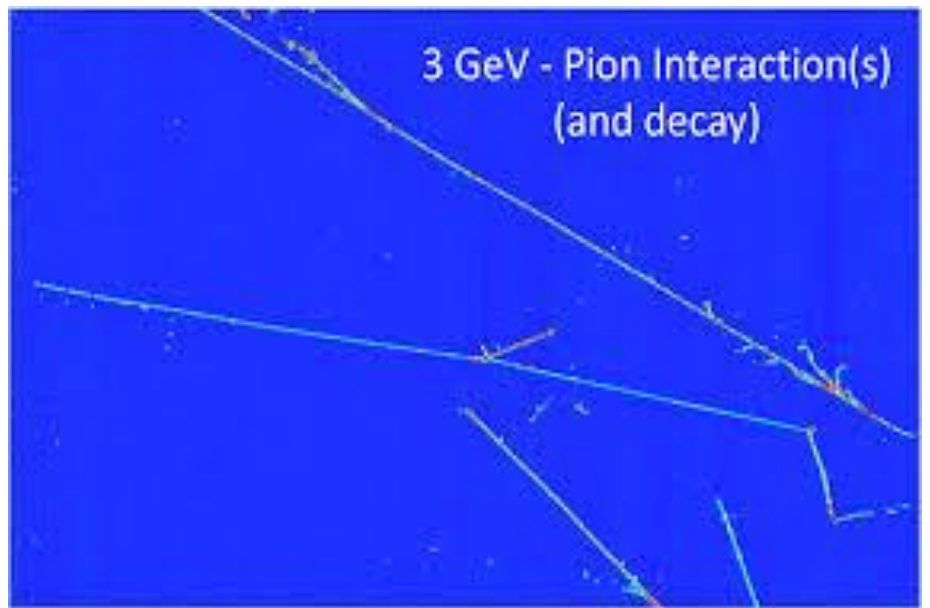
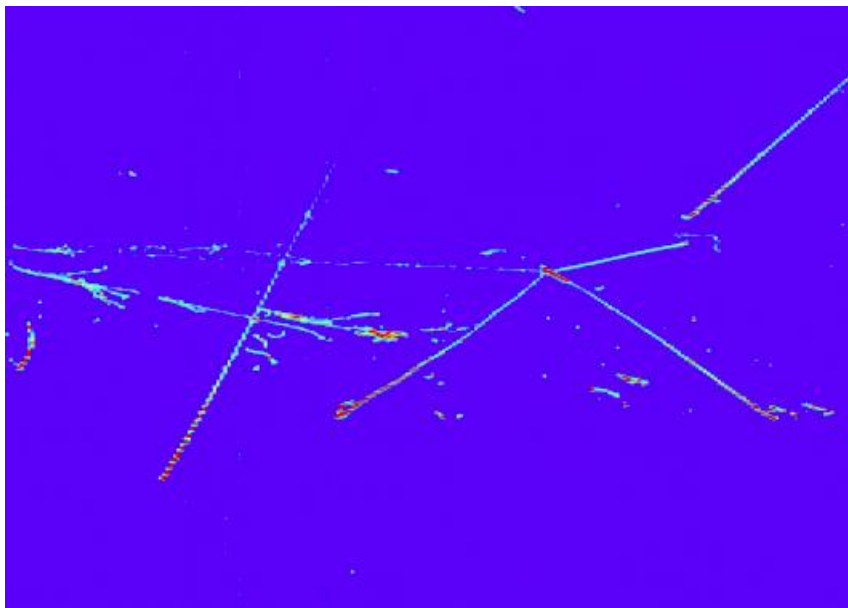
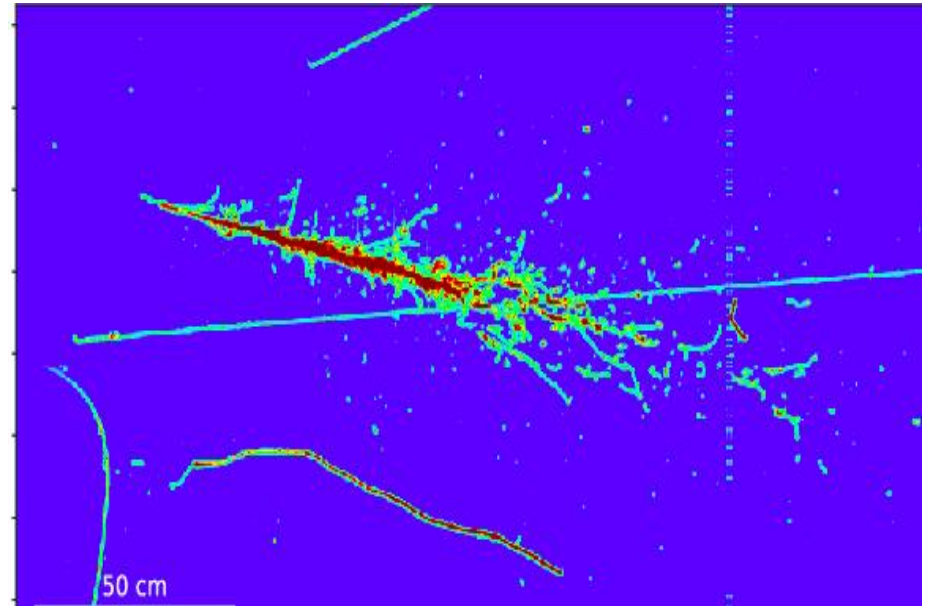
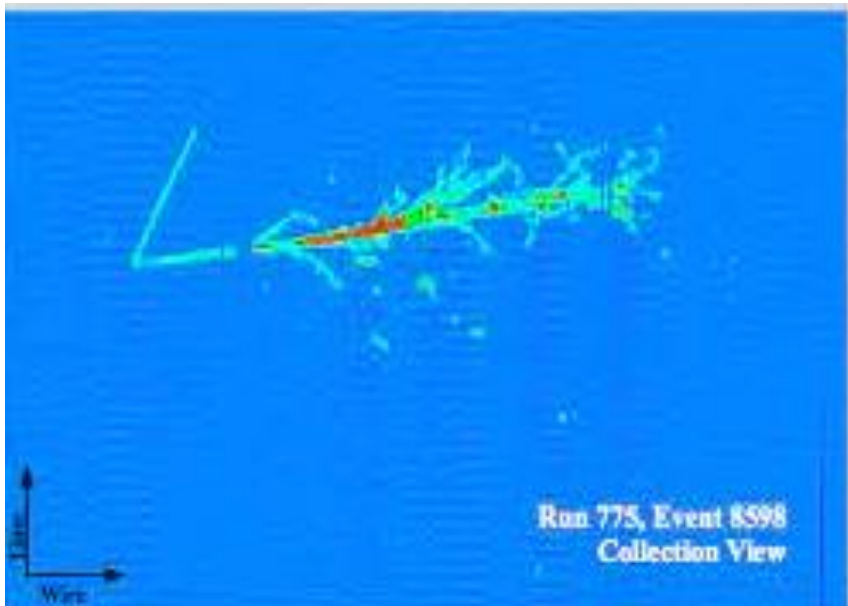


Induction  
Plane (U V)

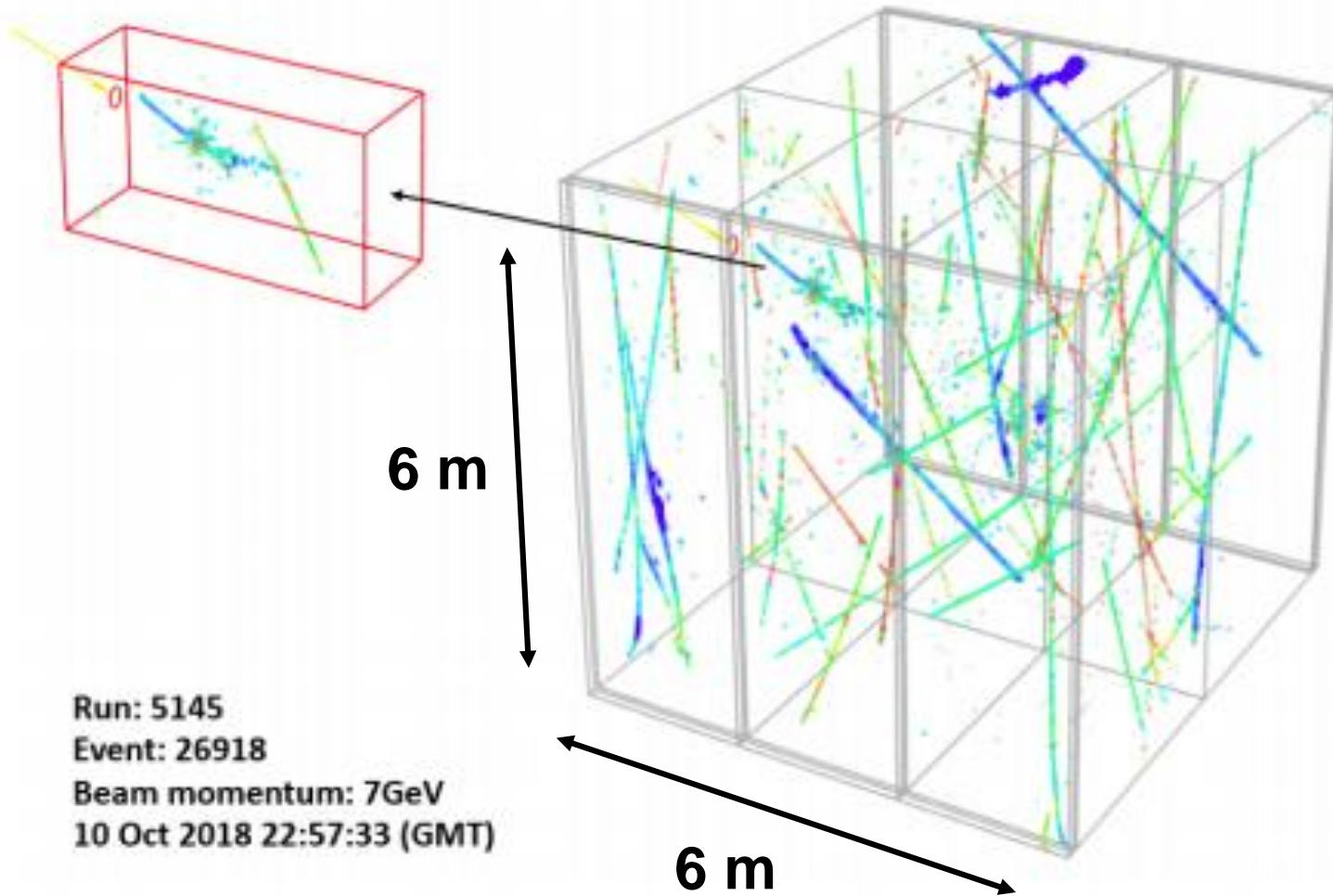
raw LArTPC  
data



[V. Radeka](#)  
G.Valdivieso

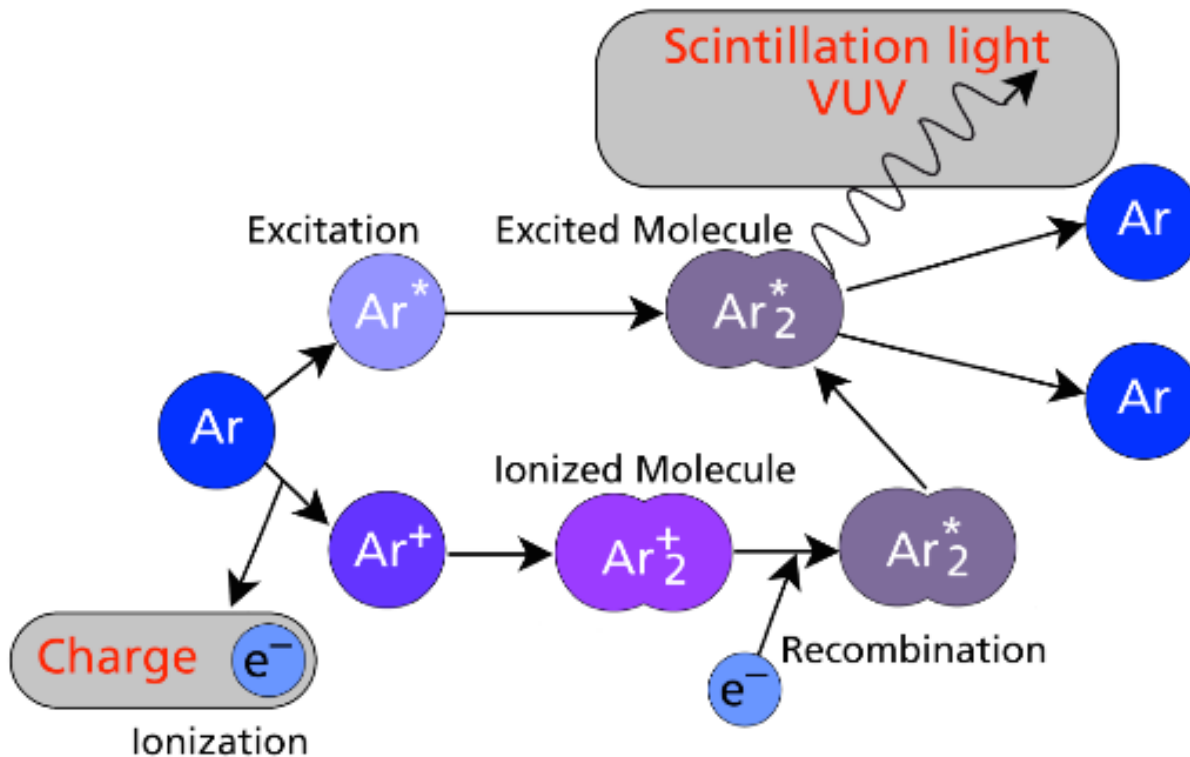


# ProtoDUNE @ CERN





# A Luz dos neutrinos



*Em cada interação é produzida uma grande quantidade de luz*

*Detectar esta luz é muito importante e nos dá informações sobre a energia, tipo partícula que interagiu e tempo exato da interação*

*O Brasil propôs um novo dispositivo para capturar esta luz em uma armadilha para detectar com mais facilidade e eficiência*

# ARAPUCA para neutrinos



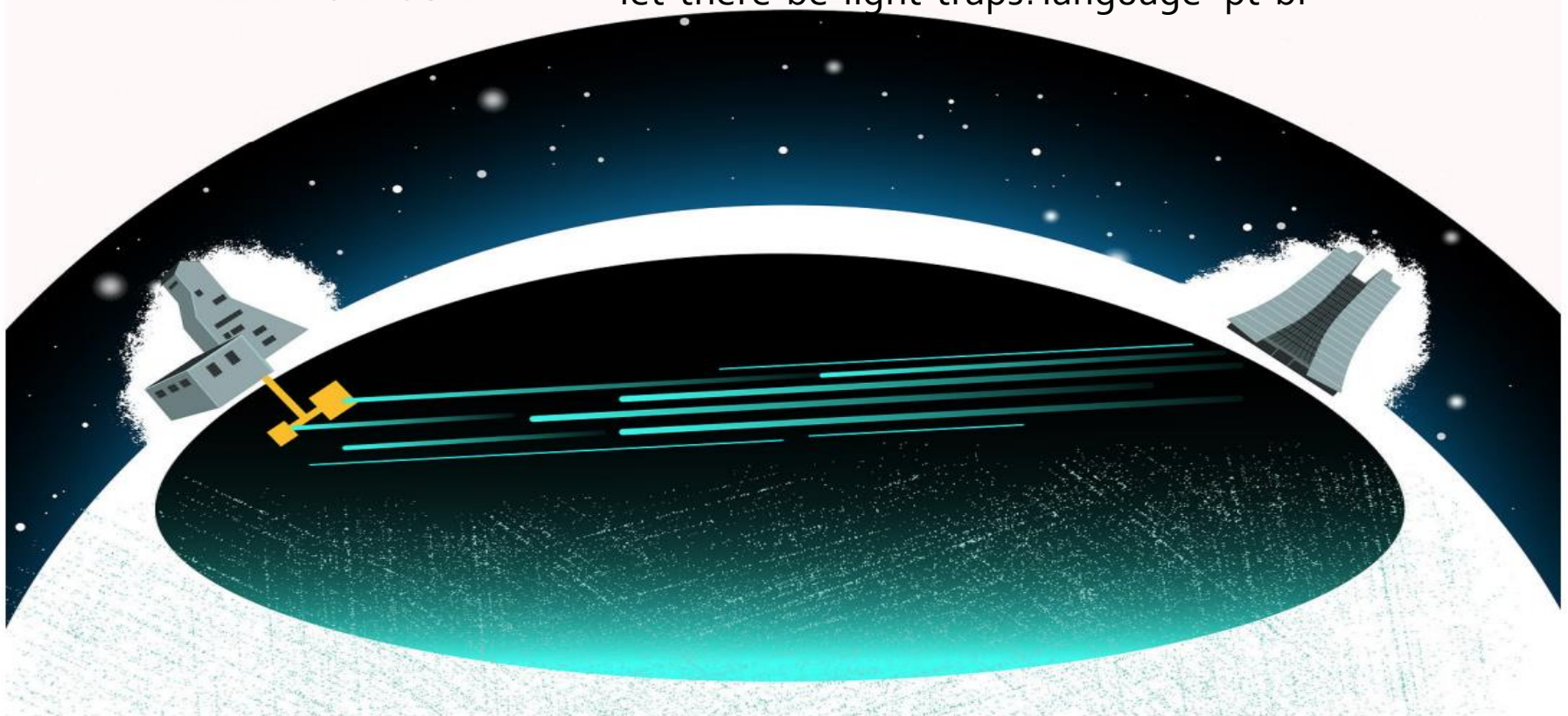


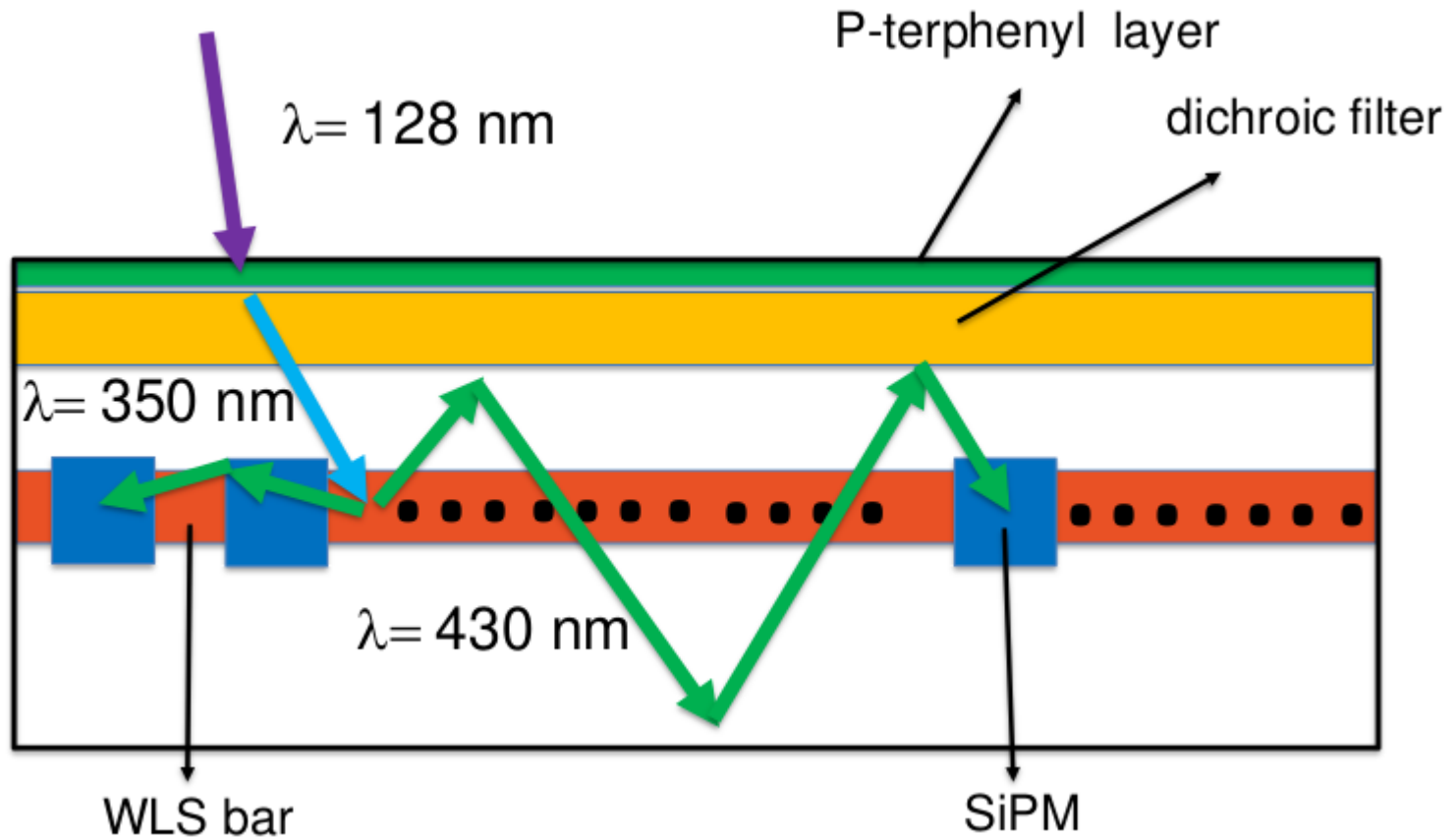
Illustration by Sandbox Studio, Chicago with Pedro Rivas

## **ARAPUCA: Façam-se armadilhas para a luz**

10/24/19 | By Lauren Biron

As instituições latino-americanas são imprescindíveis para a criação dos detectores de fótons usados na Experiência de Neutrinos em Grande Profundidade.

# (X-)ARAPUCA!



# ARAPUCA in protoDUNE

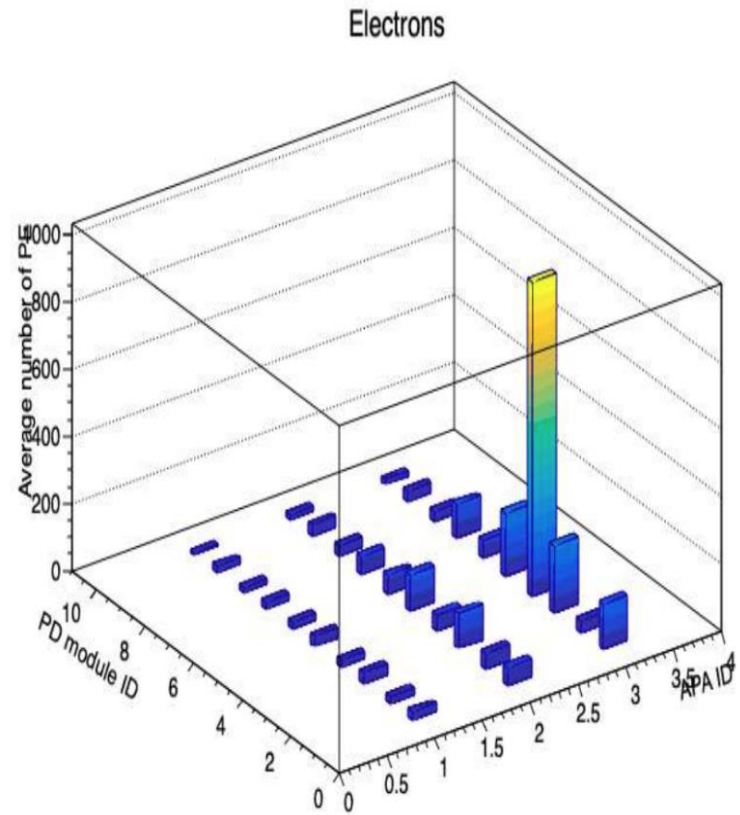
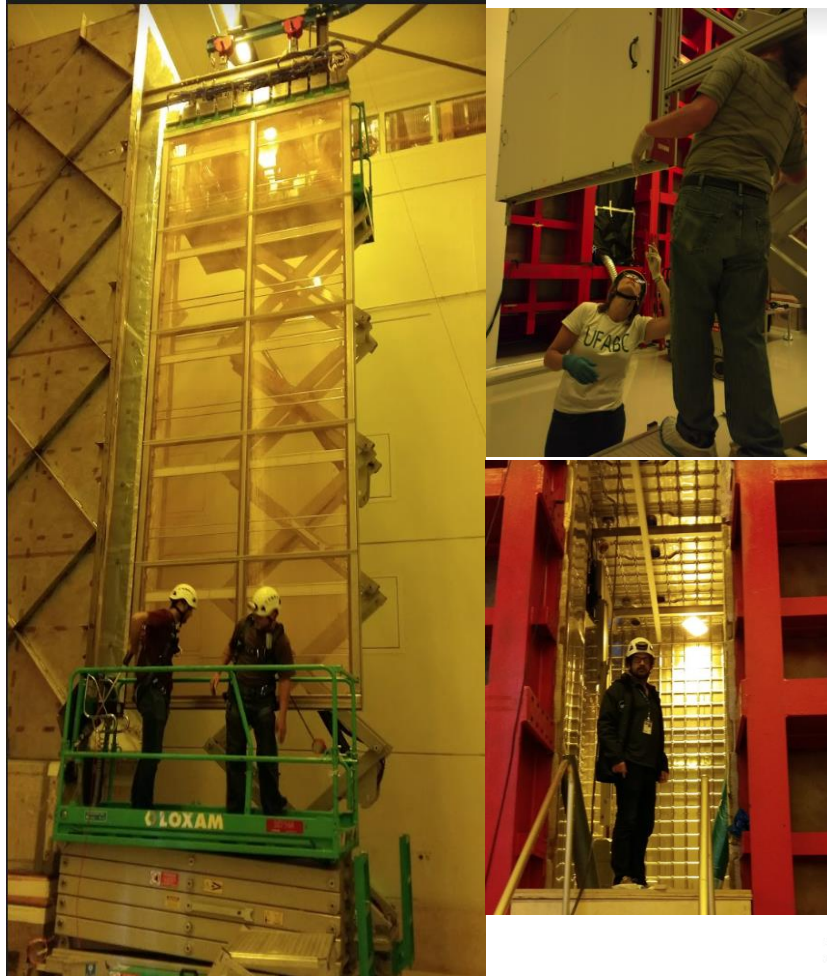


Figure 6: Average number of photons detected by the Photon Detection modules as a function of their position in the detector. The highest peak is the ARAPUCA signal.

# (X-)ARAPUCA em DUNE

- A ARAPUCA, desenvolvida na UNICAMP e com a colaboração de muitos colegas Brasileiros e Latino Americanos foi escolhida pela Colaboração DUNE como o sistema de detecção de luz do far detector.
- E tivemos a sorte de atrair muitos pesquisadores Europeus e Norte Americanos
- O projeto esta ainda em fase de crescimento com o desenho do modulo 2 do far detector

# Consortium Membership

Brazil	Federal University of ABC
Brazil	University Estadual de Feira de Santana
Brazil	Federal University of Alfenas Poços de Caldas
Brazil	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Brazil	University Federal de Goiás
Brazil	Brazilian Synchrotron Light Laboratory LNLS/CNPEM
Brazil	University of Campinas
Brazil	CTI Renato Archer
Brazil	Federal University of São Carlos
Brazil	Technological University of Paraná
Brazil	Federal University of São Paulo
Colombia	Universidad del Atlantico
Colombia	Universidad Sergio Arboleda
Colombia	University Antonio Nariño

Czech Republic	Institute of Physics CAS, v.v.i.
Czech Republic	Czech Technical University in Prague
Paraguay	National University of Assuncion
Peru	PUCP
Peru	Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
UK	Univ. of Warwick
UK	University of Sussex
UK	University of Manchester
UK	Edinburgh University
USA	Argonne National Lab

USA	California Institute of Technology
USA	Colorado State University
USA	Duke University
USA	Fermi National Accelerator Lab
USA	Idaho State University
USA	Indiana University
USA	University of Iowa
USA	University of Michigan
USA	Northern Illinois University
USA	South Dakota School of Mines and Technology
USA	Syracuse University
Italy	University of Bologna and INFN
Italy	University of Milano Bicocca and INFN
Italy	University of Genova and INFN
Italy	LNS Catania
Italy	University of Lecce and INFN
Italy	INFN Milano
Italy	INFN Padova
Italy	University of Ferrara and INFN

Spain	CIEMAT Madrid
Spain	Granada University
Spain	IFIC Valencia

## ***Pretty International Consortium***

**46 Participating Institutions  
equally distributed among *Latin America (17)* , *North America (12)*  
and *Europe (17)* as in the spirit of  
**DUNE Collaboration****



# Produção das (X-)ARAPUCAs

- Estamos entrando em fase de produção das (X-)ARAPUCAs que serão instaladas em protoDUNE, para o RUN II (metade do 2022)
- Todos os equipamentos que serão instalados no primeiro modulo do far detector serão testadas no RUN II
- A produção esta sob a responsabilidade do Consorcio e será um esforço conjuntos de muitos países (Brasil, Colombia, Perú, Paraguai, USA, Espanha, Italia, Republica Tcheca).
- O Brasil tem um papel central e coordenará a inteira produção.

**Photosensors and Cold electronics  
(Spain, Italy, Czech Republic)**



**Read-out electronics  
(Colombia, Perú,  
Paraguay, USA)**

**Optics, mechanics and assembly  
(Brazil)**

# Produção no Brasil

- A montagem final das (X-)ARAPUCAs irá acontecer na UNICAMP, no Laboratório de Leptons

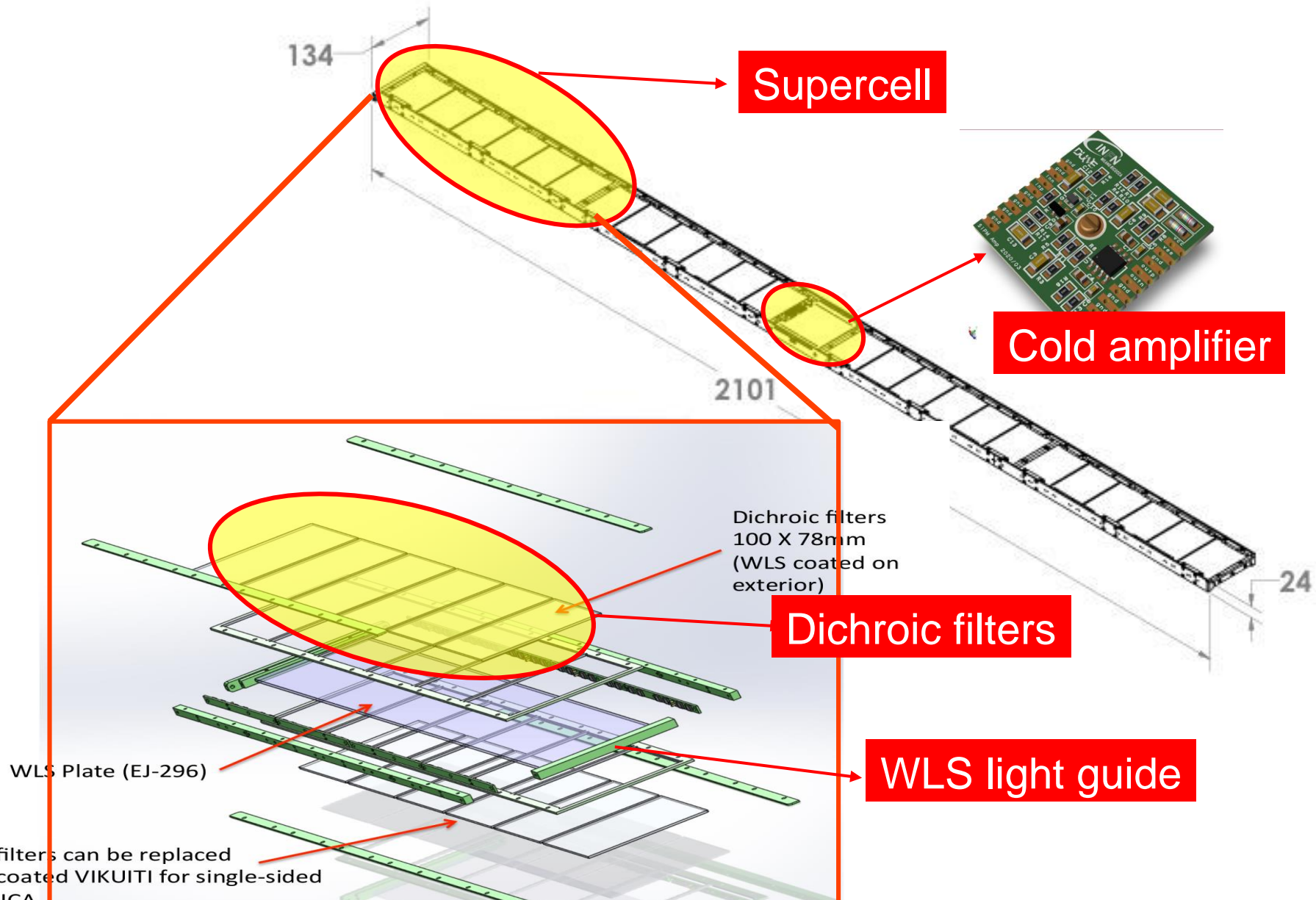


# Produção no Brasil

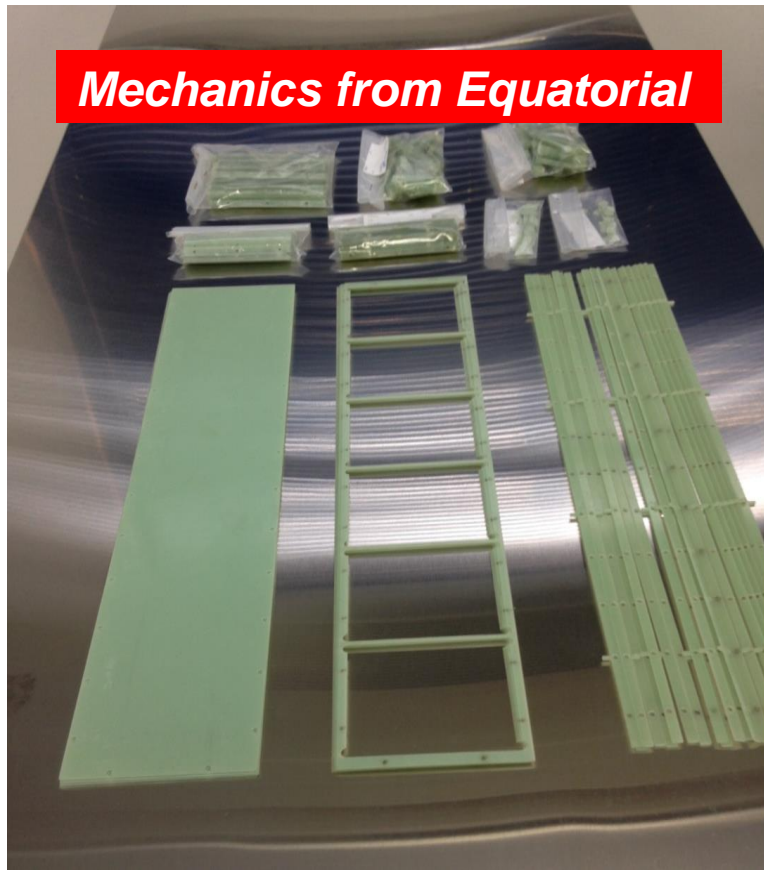
- As partes mecânicas e óticas das ARAPUCAs estão sendo produzidas por empresas do Estado de São Paulo
- As componentes mecânicas são fabricadas pela Equatorial (São José dos Campos)
- Os filtros dichroicos são produzidos pela OPTO (São Carlos)
- A limpeza dos filtros é feita no CTI Renato Archer (Campinas) e a evaporação do wavelength shifter é feita na UNICAMP



# X-ARAPUCA module



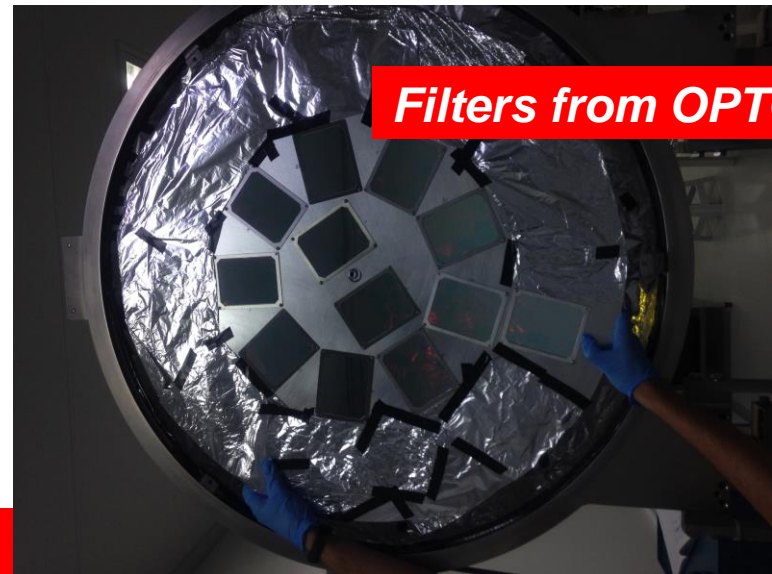
**Mechanics from Equatorial**



**Evaporation at UNICAMP**

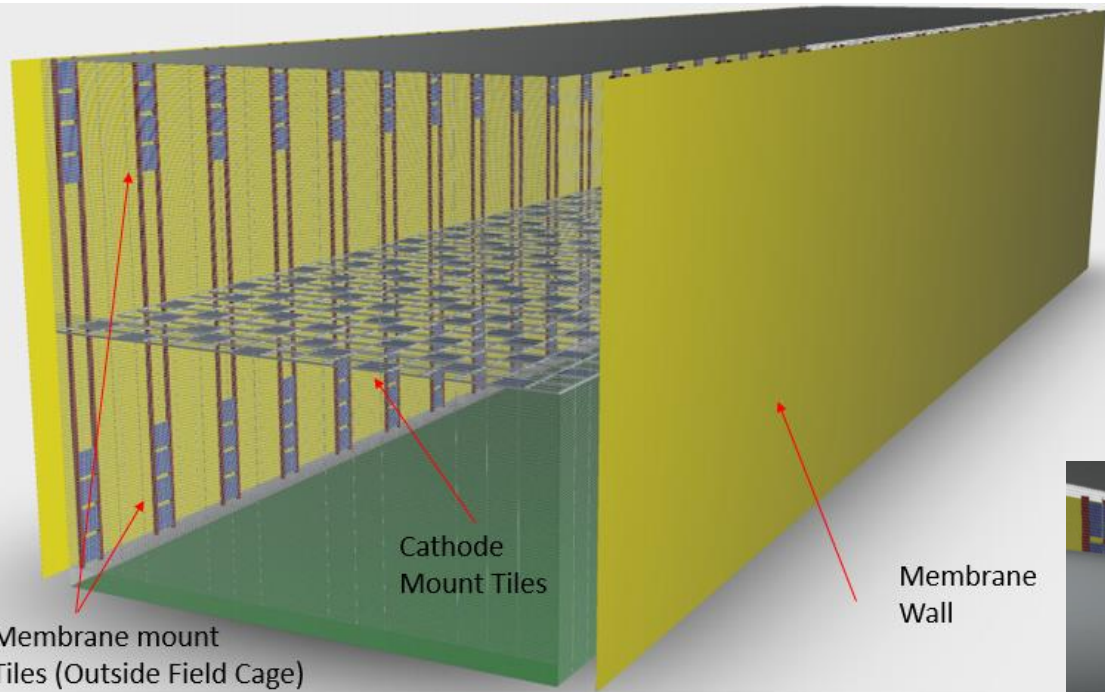


**Filters from OPTO**

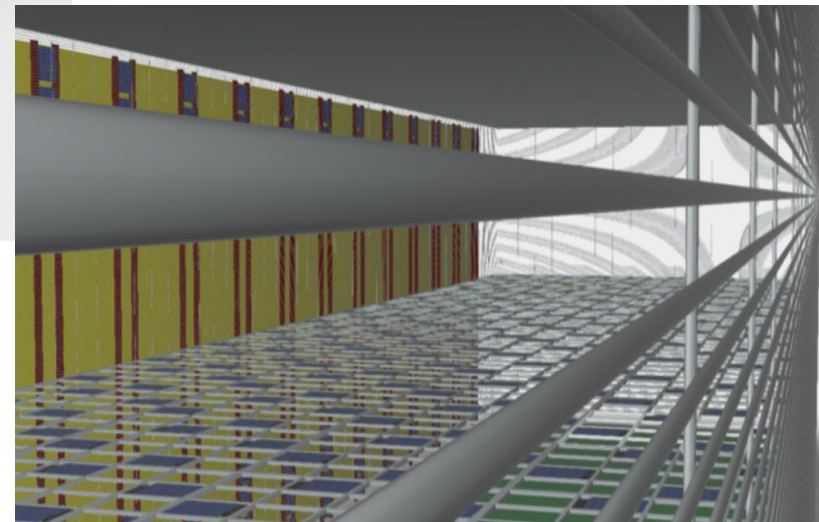


**One full SuperCell assembled**

# Segundo modulo: Vertical Drift

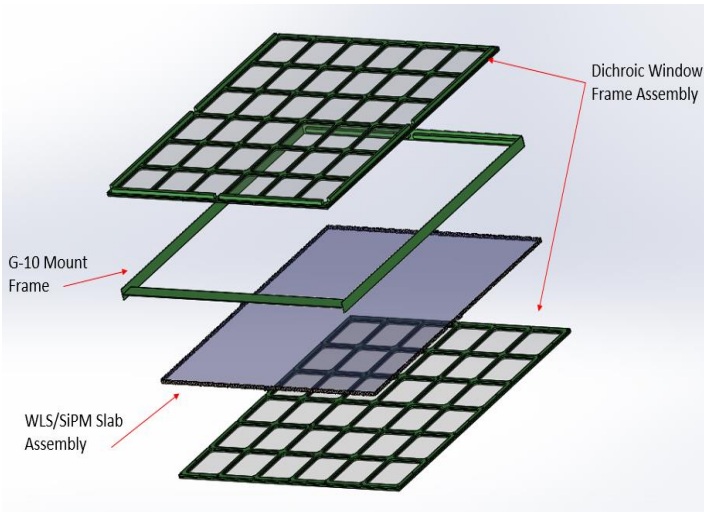


O segundo modulo do far detector terá uma configuração diferente da TPC, com drift vertical. Esta solução otimiza o uso do volume interno e permite de reduzir os custos

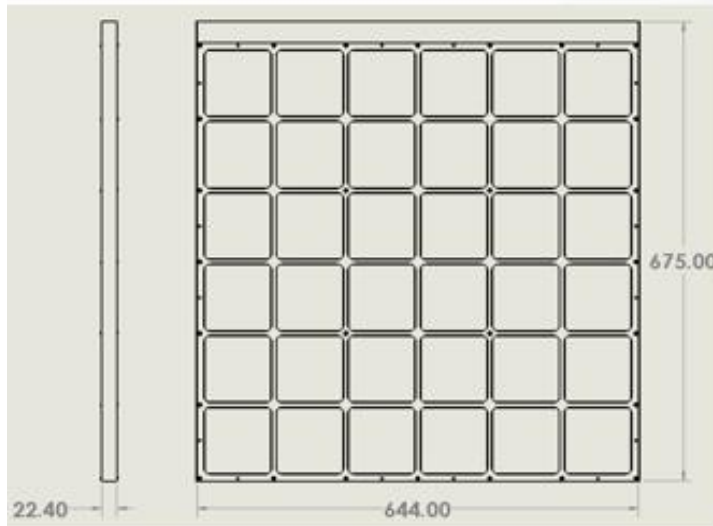
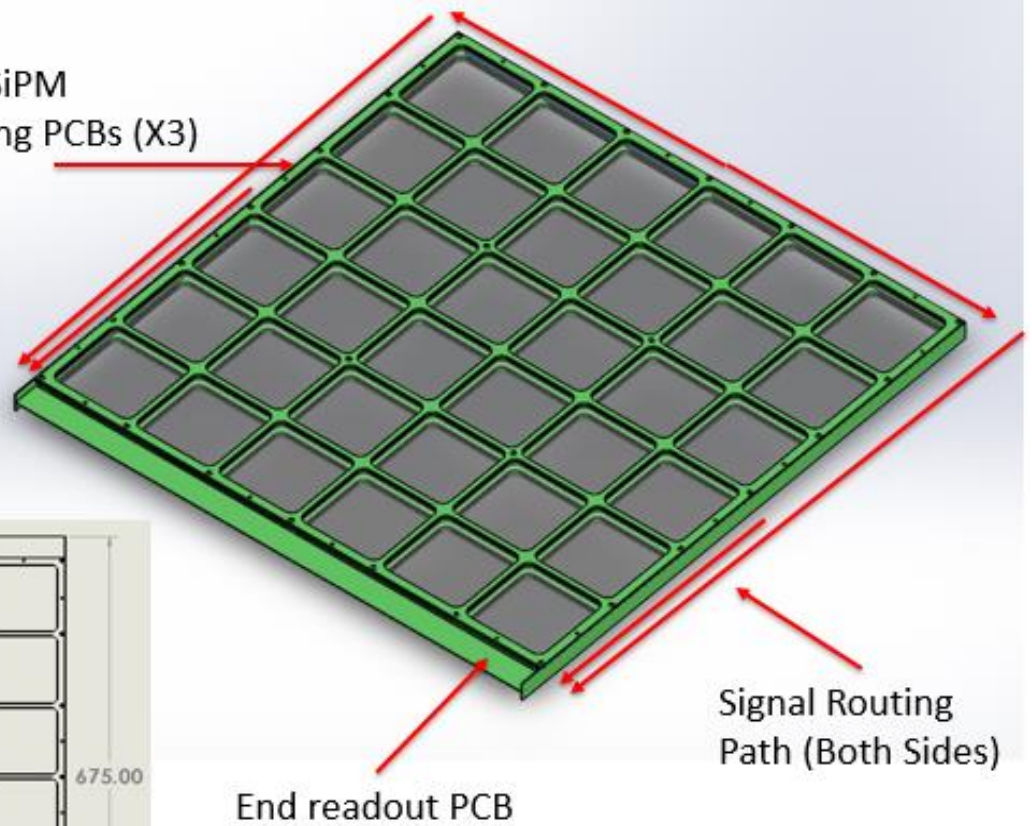


***O sistema de detecção de luz vai ser baseado na (X-)ARAPUCA para este modulo tambem***

# X-ARAUCA – Vertical Drift

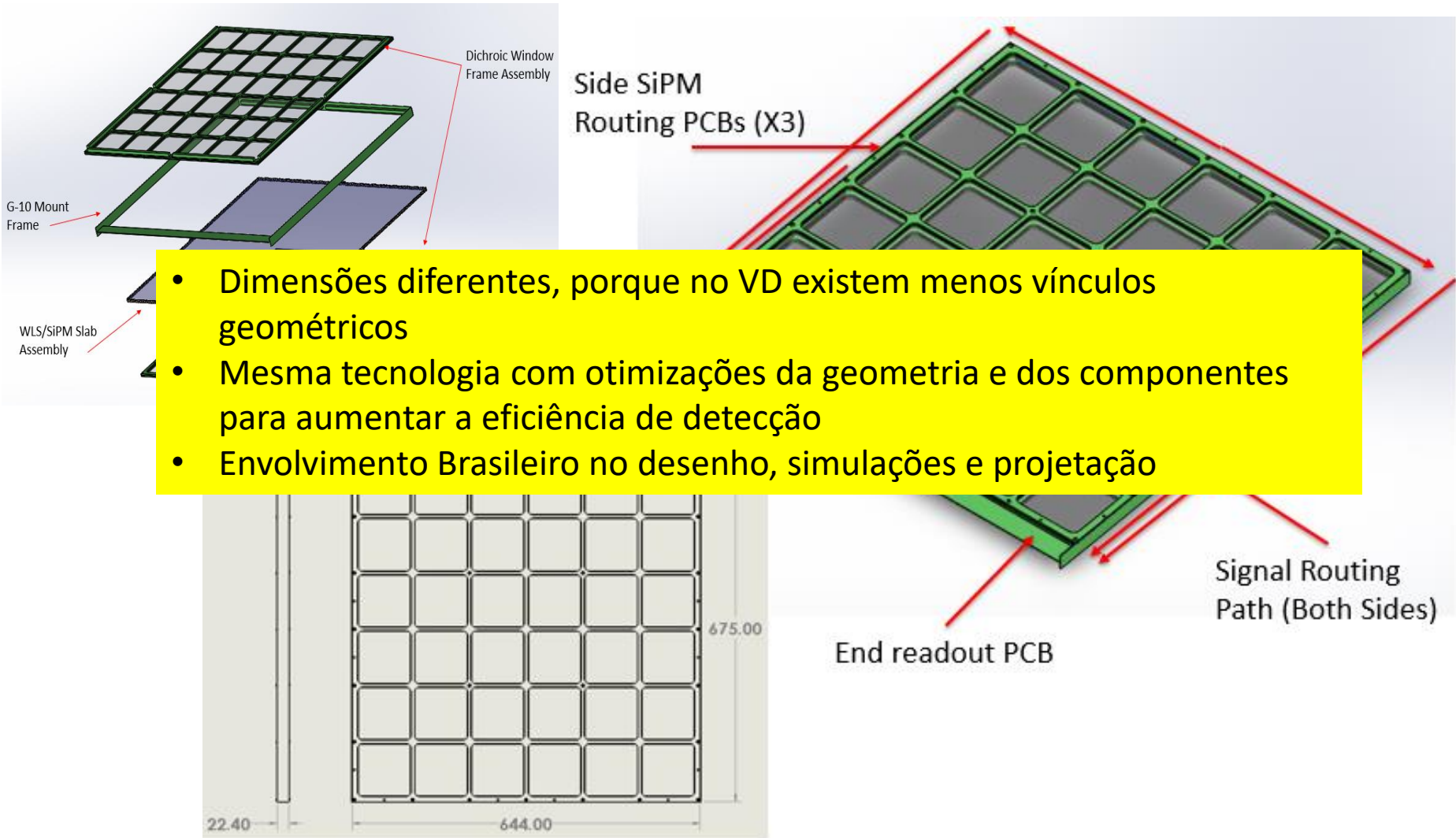


Side SiPM  
Routing PCBs (X3)





# X-ARAPUCA – Vertical Drift



- Dimensões diferentes, porque no VD existem menos vínculos geométricos
- Mesma tecnologia com otimizações da geometria e dos componentes para aumentar a eficiência de detecção
- Envolvimento Brasileiro no desenho, simulações e projeção

# Obrigado pela atenção!

