

# CELESTE

COSMIC RAYS  
SCIENCE  
LAB  
EXPERIMENT FOR  
STUDENTS AND  
TEACHERS

## UMA REDE DE DETECTORES DE RAIOS CÓSMICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO

Maria Julia Barreto - USP

VII Reunião Geral - Projeto Especial Fapesp

15 de Outubro de 2024



<https://celeste.if.usp.br>



# PROPOSTAS

---

*Criar uma **rede de detectores de raios cósmicos em escolas públicas e privadas**, envolvendo os alunos e professores na **montagem, caracterização e análise dos dados**, com o propósito de discutir e motivar os alunos no estudo de **tópicos de física de partículas e tecnologias associadas***

- Medidas envolvendo raios cósmicos continuam sendo a escolha ideal para atividades práticas na divulgação em física de partículas.
- No Brasil, já no início da década de 90, *Ernst Hamburger* instalou na antiga *Estação Ciência* de São Paulo uma mostra utilizando detectores a gás para a detecção de raios cósmicos.



# METAS E OBJETIVOS

---

- Instalação de detectores em escolas de ensino médio da rede pública e privada;
- Geograficamente disperso;
  - Baixo custo;
  - Simples;
  - Associado a uma proposta pedagógica ampla e de longo prazo;
  - Seguro;
  - Flexível e expansível.
- *Know-How* :
  - Desenvolvimento local;
  - Sem custo para as escolas públicas;
  - No caso da escola privada, por exemplo, a contribuição é *in kind* (uma estação idêntica à sua para uma escola pública);
  - Capacitação de equipes/escolas para descentralizar a divulgação e o conhecimento.

# EQUIPE

---

- Pesquisadores(as) ligados aos experimentos do LHC
- Educadores (professores de física)
- Técnicos de Laboratório
- Estudantes de graduação (física/engenharia)
- Estudantes de pós-graduação

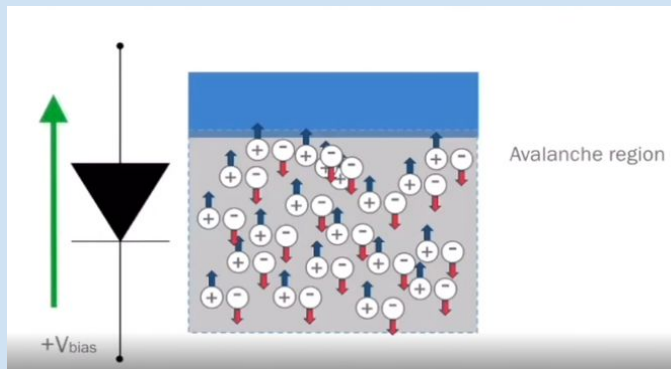
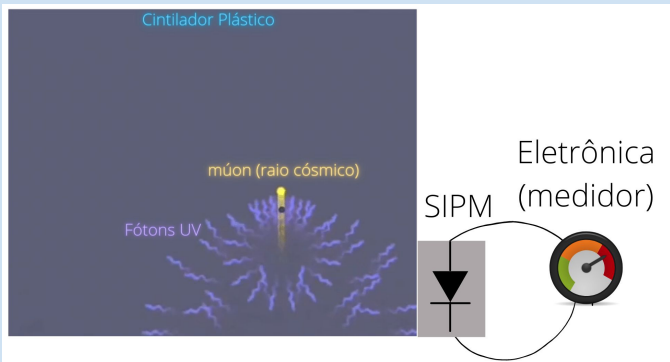
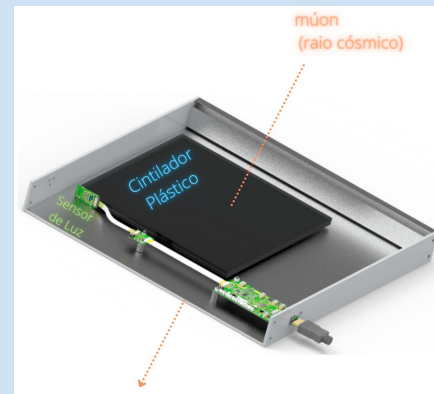
# COMO DETECTAMOS RAIOS CÓSMICOS ?

- Cintilador plástico (teste com luz UV)



- Convertendo a luz para um sinal elétrico (foto-sensor de silício)

- Montagem



# OFICINAS

---

Duas oficinas de Raios C3smicos:

- 08/2022 e 12/2022
- Escolas Simon Bol3var e Ana Paes (Professores Carlos & 3lcio)
- **37 estudantes no total**



2a. Oficina - "Raios C3smicos nas Escolas" do IFUSP		
Saturday 13 Aug 2022, 09:00 → 18:00 America/Sao_Paulo		
Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)) , Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR))		
<b>Description</b>	Sess3es de demonstra3o e an3lise de dados para professores e alunos das escolas participantes do Projeto: "Raios C3smicos nas Escolas". <b>ESTA REUNI3O SER3 GRAVADA.</b>	
<b>Videoconferen</b>	CELESTE <a href="#">Join</a>	
<b>09:00</b>	<b>09:10</b> <b>Recep3o e abertura do evento</b>	10m
	Speaker: Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>09:10</b>	<b>09:40</b> <b>Motiva3o para o Projeto "Raios C3smicos nas Escolas"</b>	30m
	Speakers: Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>09:40</b>	<b>10:00</b> <b>Como estudamos e detectamos os raios c3smicos</b>	20m
	Speakers: Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>10:00</b>	<b>10:15</b> <b>Intervalo</b>	15m
<b>10:15</b>	<b>11:30</b> <b>Primeira sess3o de demonstra3es</b>	1h 15m
	Speakers: Giovani Nog, Guilherme Tomio Saito (Universidade de Sao Paulo (BR)), Luiz Henrique Gon3alves Morgan, Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)), Maria Julia das Neves Rodrigues Barreto (University of Sao Paulo), Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>11:30</b>	<b>12:05</b> <b>Almo3o</b>	35m
<b>12:05</b>	<b>13:04</b> <b>Segunda sess3o de demonstra3es</b>	59m
	Speakers: Guilherme Tomio Saito (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>13:05</b>	<b>13:50</b> <b>Monitoramento do detector Cosmic</b>	45m
	Speakers: Guilherme Tomio Saito (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marco Lisboa Leite (Universidade de Sao Paulo (BR)), Marisilvia Donadelli (Universidade de Sao Paulo (BR)), Rodrigo Estevam De Paula (Universidade de Sao Paulo (BR))	
<b>13:50</b>	<b>14:05</b> <b>Intervalo</b>	15m
<b>14:05</b>	<b>16:05</b> <b>Hands-on com Jupyter lab; an3lise dos dados</b>	2h

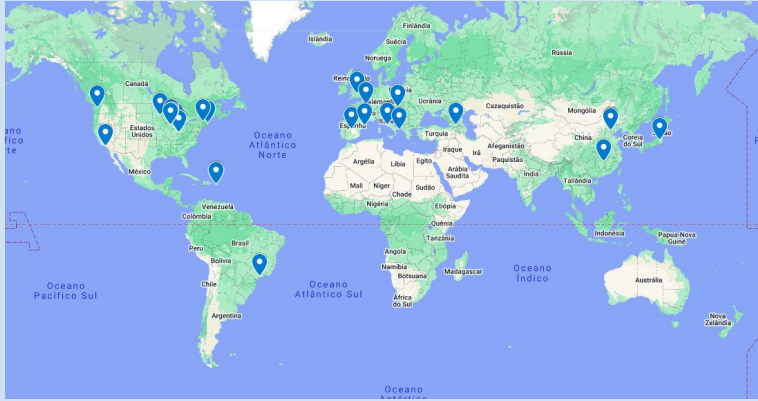
## M3o na massa: atividade de an3lise de dados.



Agenda indico - 2a Oficina / 2022

Experimentos simples sobre princ3pios de detec3o.

# EVENTOS



## Worldwide Cosmic Ray Flux Study February 13-24, 2023

Is the cosmic ray flux the same all over the world?

International Muon Week (IMW) 2023 participants share data worldwide.

By sharing data in this way, we are developing a detector research community and connecting students around the world.

Google map of participants

<http://tinyurl.com/3v5ny78y>



## Results from the 10th Annual International Muon Week

Page	Location	Country
2	Simon Bolívar	Brazil
6	Ana Pinto Duarte Paes	Brazil
11	High School Attached to Hunan Normal University	China
12	Peking Academy Chaoyang Chuiyangliu Middle School	China
13	Liceo Scientifico "Banzi" Lecce	Italy
14	Waseda University Honjo senior high school	Japan
15	French School of Barcelona	Spain
16	Lycée Français International Molière	Spain
17	Radley College	UK
18	Anderson High School	USA
19	Irondale High School	USA
20	Medford High School	USA
21	New Trier High School	USA
22	St Ursula Academy	USA
23	University of Notre Dame	USA
24	Winamac Community High School	USA
25	Fermilab – Flux vs pressure	USA
26	Fermilab- Cosmic Watch vs QN detector	USA

38 alunos



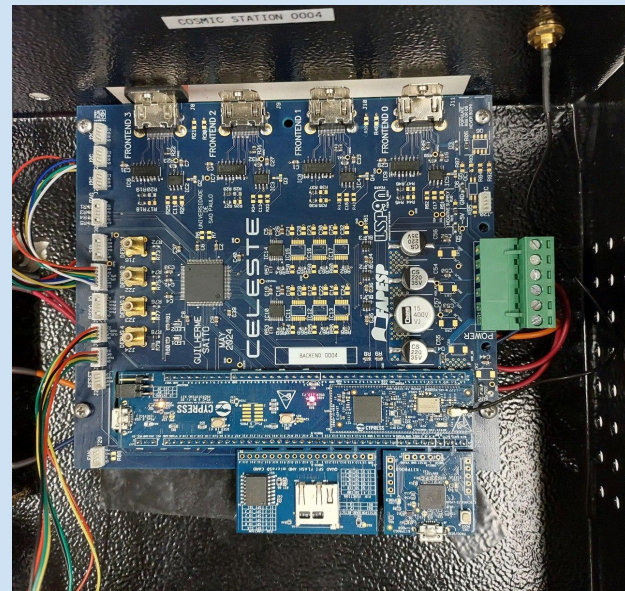
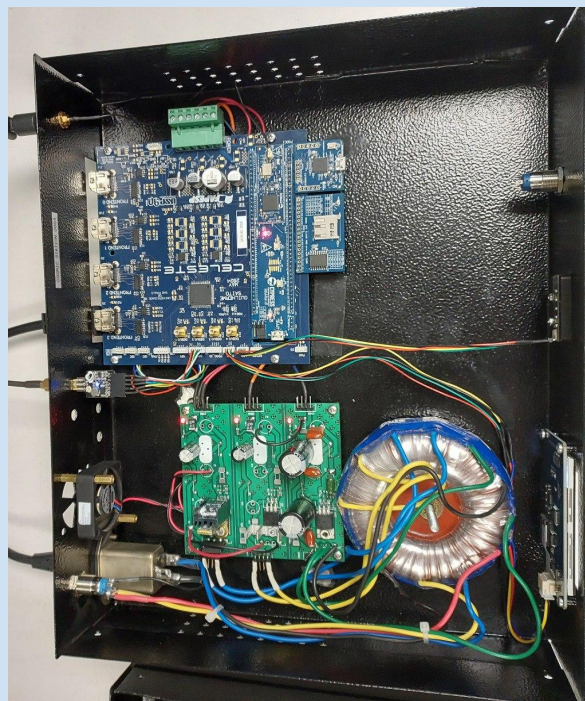
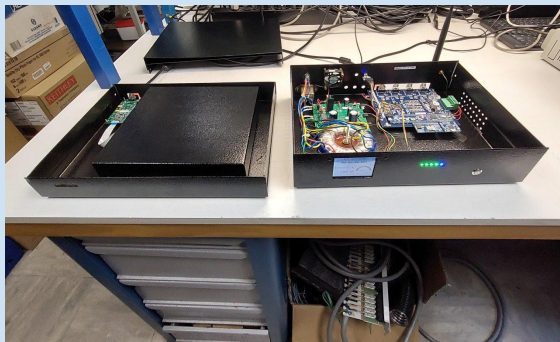
# ATUALIZAÇÕES



- Caixas para 12 unidades do CELESTE;
- Novo projeto da eletrônica e firmware (em andamento, mas funcionando);
- Em breve construção das unidades;

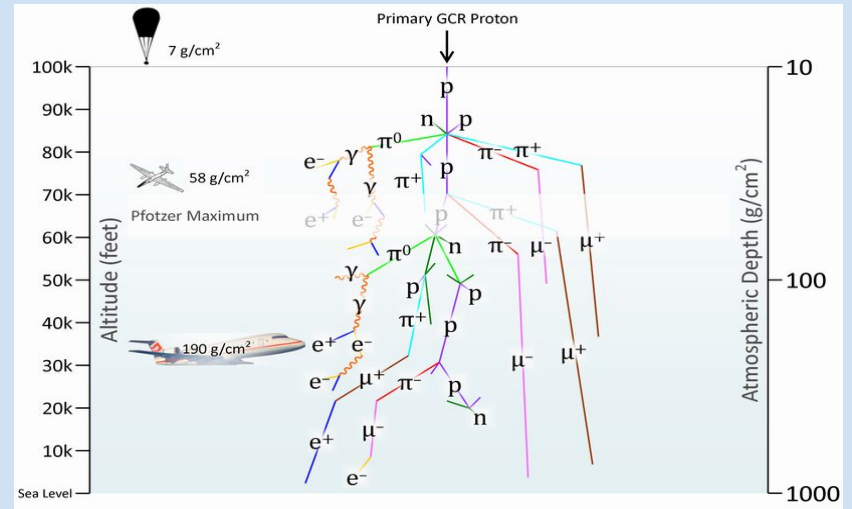
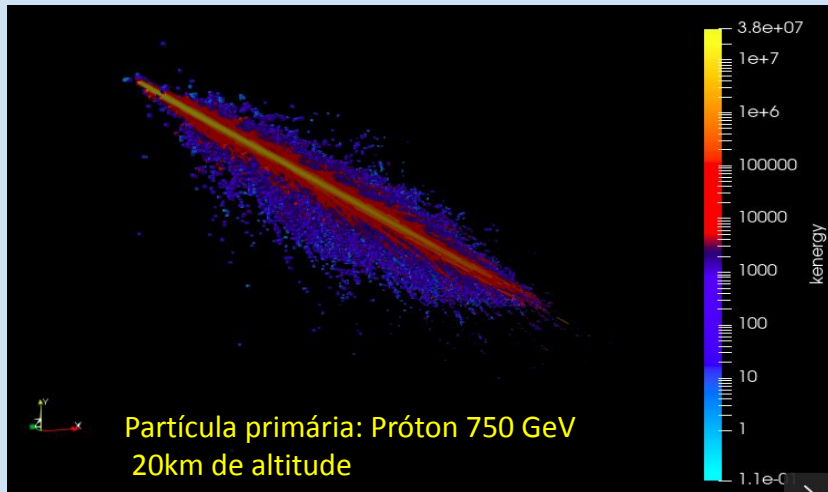


Planejadas oficinas nas escolas de SP e for de SP (Paraná, RJ, Lavras) sobre o detector (um dia) para os colaboradores e escolas.



# SIMULAÇÃO

- Visualização da anatomia de um chuva atmosférico;
- Entender como diferentes partículas primárias, energias, etc, afetam o chuva;
- Modelar a resposta e o processo de detecção nos cintiladores com diferentes materiais e geometrias;
- A simulação é computacionalmente demorada, mas processamos previamente e os dados finais (tipo de partícula, carga, momentum) podem ser visualizados em várias condições;

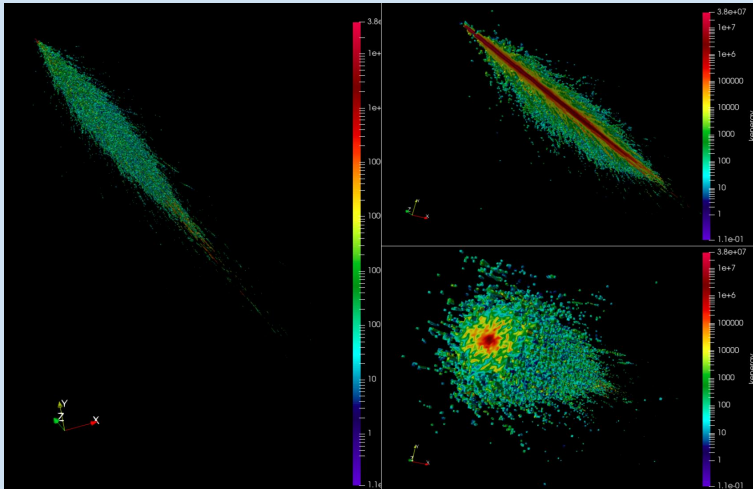


# COMO A SIMULAÇÃO É FEITA ?

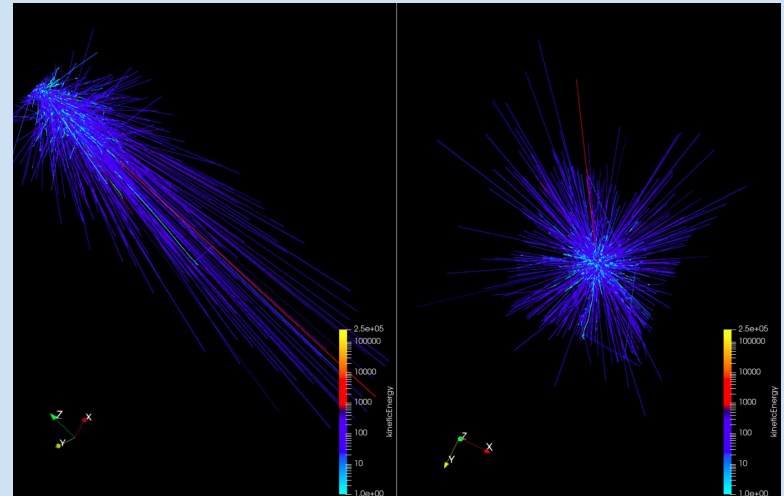
Construção de um framework de simulação (Geant4) de chuveis atmosféricos

- Código todo em Python!
- Geometria (atmosfera e superfície) em [GDML](#)
- Persistência em [The HDF5® Library & File Format - The HDF Group](#)
- Visualização em [VTK](#) e [ParaView](#)

Proton 750 GeV

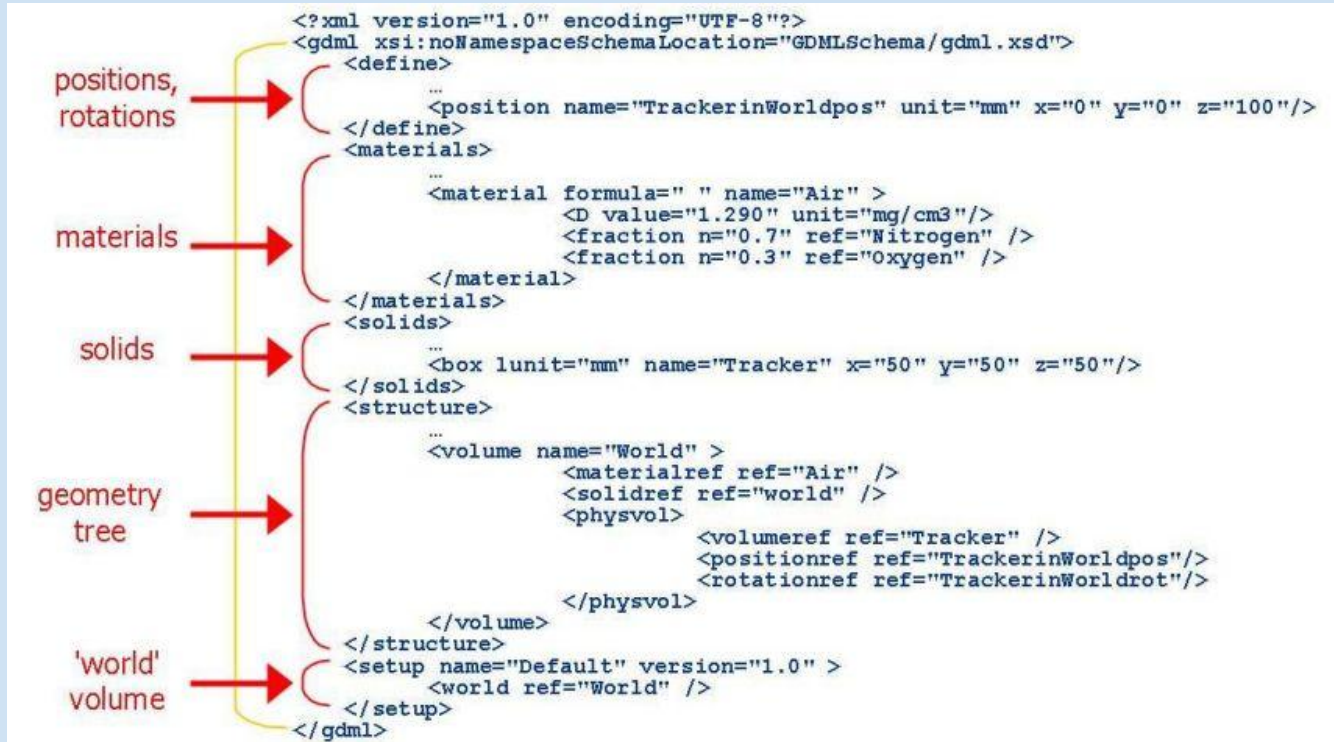


Fe 250 GeV

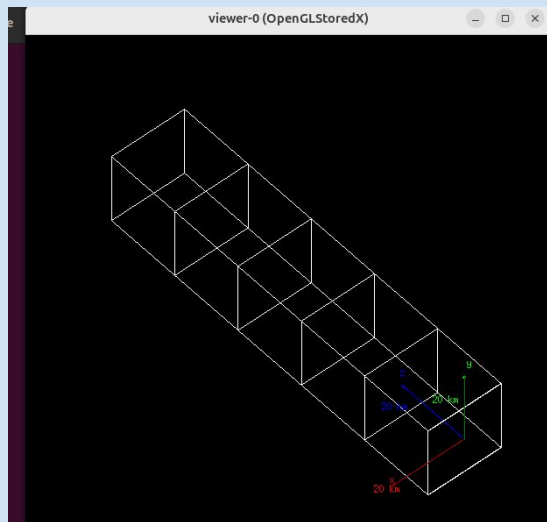


# Estrutura da Geometria - GDML

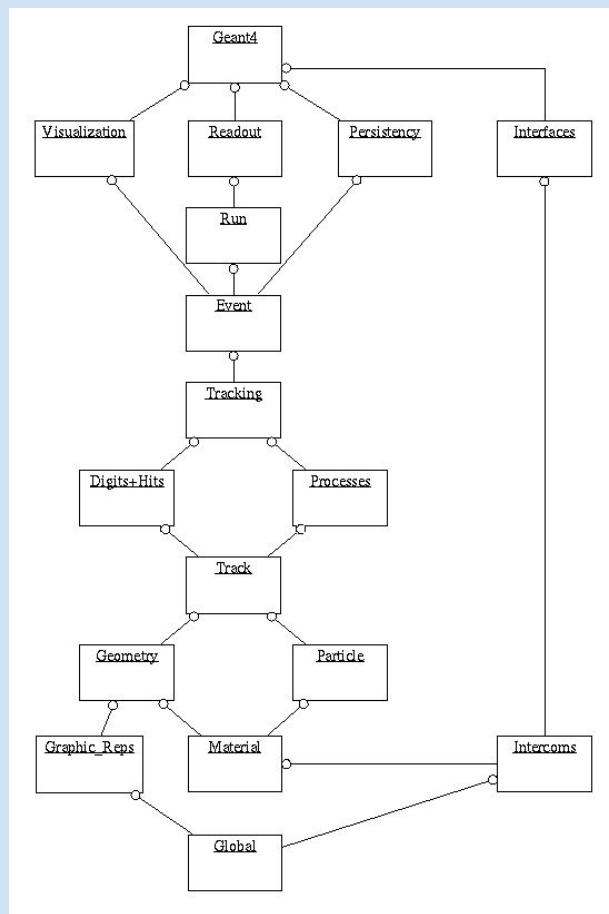
GEOMETRY DESCRIPTION MARKUP LANGUAGE AND ITS APPLICATION-SPECIFIC BINDINGS / Cern



Pacote de software gratuito composto por ferramentas que podem ser utilizadas para simular com precisão a passagem de partículas pela matéria.

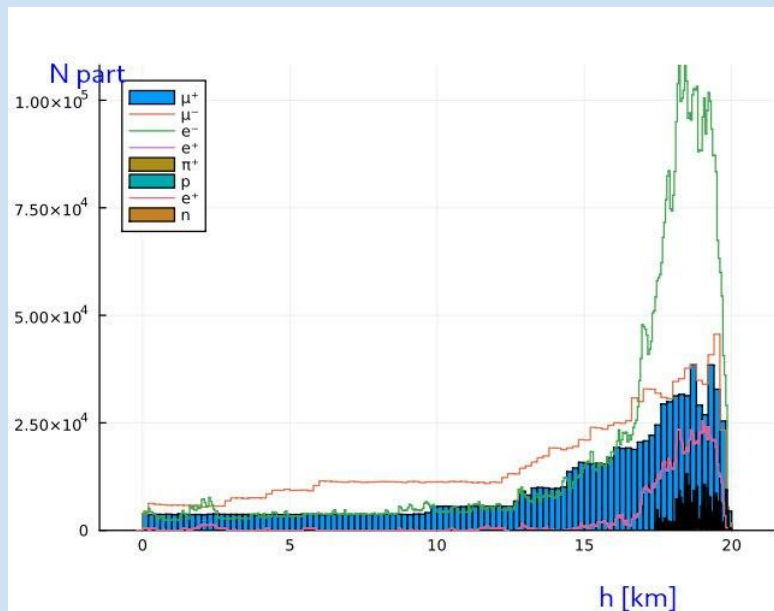


Geometria de 5 camadas



Visão geral da funcionalidade

# Análise dos dados



```
Info: Skipping precompilation since __precompile__(false). Importing Corpuscles [e78a0372-c628-4773-9c8d-eb17d149bf93].
Info: --> Opening ../../Data/CosmicG4_2212_350000_0000.h5
Info: --> Keys: ["vatmosphere_PV_0_SD", "vearth_PV_1_SD"]
Info: ----- {i} :
hdata[i] =
  HDF5.Group: /vatmosphere_PV_0_SD (file: ../../Data/CosmicG4_2212_350000_0000.h5)
  └─ tracks
     └─ dEdx
        └─ kineticEnergy
           └─ particleId
              └─ position
Info: ----- {i} :
hdata[i] =
  HDF5.Group: /vearth_PV_1_SD (file: ../../Data/CosmicG4_2212_350000_0000.h5)
  └─ tracks
     └─ dEdx
        └─ kineticEnergy
           └─ particleId
              └─ position
Info: ----- Number of points in dataset :
Info: -----
size(pid) = (11103577,)
Info: ----- Particles found in the shower:
Info: -----
npid =
Dict{Int64, Int64} with 38 entries:
-12 => 24213
-11 => 1087683
1000050130 => 1
1000070150 => 3
1000070130 => 5
1000070140 => 46
1000010030 => 2
: => :
qt.qpa.plugin: Could not load the Qt platform plugin "wayland" in "" even though it was found.
_ICETransSocketUNIXConnect: Cannot connect to non-local host localhost.localdomain
_ICETransSocketUNIXConnect: Cannot connect to non-local host localhost.localdomain
Qt: Session management error: Could not open network socket

Documentation: https://docs.julialang.org
Type "?" for help, "]" for Pkg help.

Version 1.10.4 (2024-06-04)
openSUSE Tumbleweed - Built on Mon Jun 10 02:28:25 UTC 2024

julia>
```

# COMENTÁRIOS FINAIS

---

- Avanços nas simulações de chuueiros atmosféricos.
- Protótipo funcional.
- Segunda interação do detector em desenvolvimento.
- Infra-estrutura em implementação.
- Escolas de ensino médio participando.
- Projeto pedagógico em preparação.
- Novos colaboradores são bem vindos !



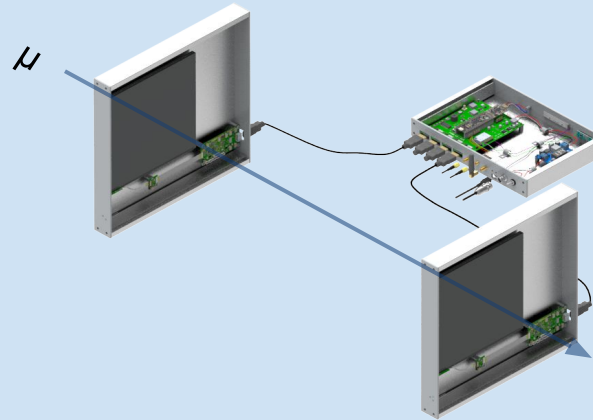
# AGRADECIMENTOS

---

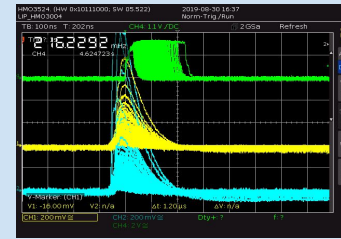
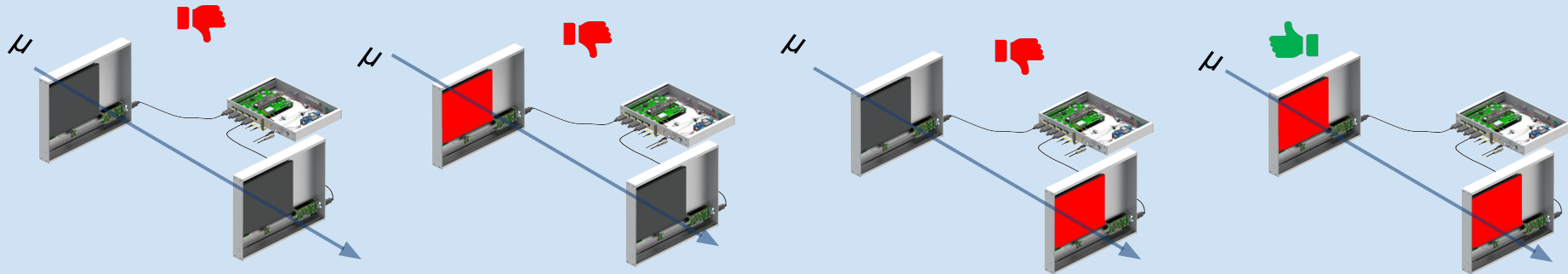




- Coincidência e processamento



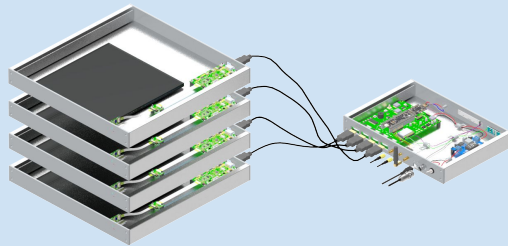
- Detector de Raios cósmicos



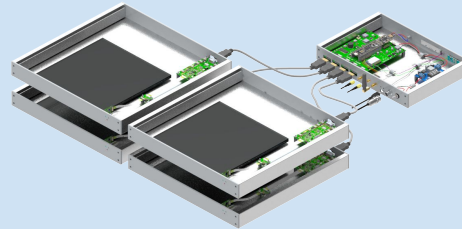
# MONTAGEM



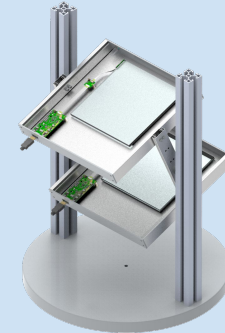
## Diferentes configurações



4 andares de detectores ...

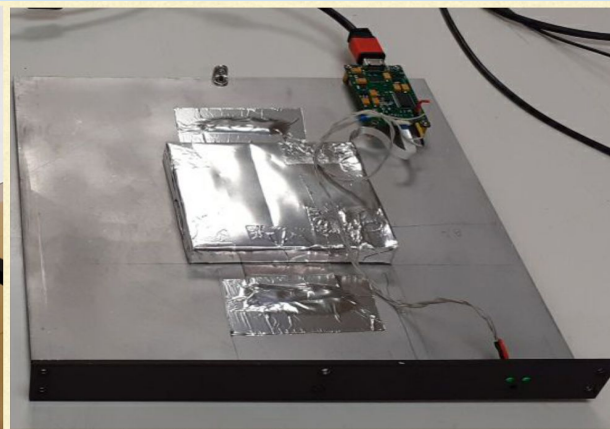


2 andares de detectores ...



Orientação variável ...

# OFICINAS



Discussão  
com  
professores  
do  
2o grau  
(Nov. 2019)



# MONITORANDO O EXPERIMENTO

