

Colaboração *Latin American Giant Observatory* no Brasil

Prof. Anderson Fauth

pela equipe brasileira da Colaboração LAGO

Instituto de Física Gleb Wataghin – Unicamp

RENAFAE 2022

Sumário

- **O projeto LAGO**
- **Os detectores da Colaboração LAGO**
- **Os programas da Colaboração LAGO**
- **Conclusão**

The Latin American Giant Observatory (LAGO)



Dez países da América Latina:

Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guatemala, México, Peru, Venezuela e Paraguai

A Colaboração LAGO

- 102 membros de 28 instituições em 10 países
- Objetivos científicos:
 - Física de astropartículas para estudar o Universo Extremo
 - fenômenos climáticos espaciais transitórios e de longo prazo através da modulação solar de raios cósmicos
 - Medições de radiação de fundo em nível terrestre
- Metas acadêmicas:
 - formar estudantes latino-americanos em física de alta energia e astropartículas
 - construir uma rede latino-americana de pesquisadores de Astropartículas

LAGO Collaboration

1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla [BUAP]
2. Centro Atómico Bariloche (CNEA/CONICET/IB) [CAB]
3. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas [CIEMAT]
4. Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial [CONIDA]
5. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. [DCAO]
6. Escuela Politécnica Nacional [EPN]
7. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo [ESPOCH]
8. European Southern Observatory (ESO) [ESO]
9. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) - Universidad Nacional de Tucumán (UNT) [UNT]
10. Instituto de Astronomía y Física del Espacio, IAFE (UBA-CONICET) [IAFE]
11. Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (CNEA, CONICET, UNSAM) [ITeDA]
12. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
13. Universidad Autónoma de Chiapas [UNACH]
14. Universidad de La Serena [US]
15. Universidad de Pamplona [UP]
16. Universidad de San Carlos [USAC]
17. Universidad de Valparaíso [UV]
18. Universidad de Viña del Mar [UVM]
19. Universidad del Valle de Guatemala [UVG]
20. Universidad Industrial de Santander [UIS]
21. Universidad Mayor de San Andrés [UMSA]
22. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo [UNAM]
23. Universidad Nacional de Ingeniería [UNI]
24. Universidad San Francisco de Quito [USFQ]
25. Universidade Estadual de Campinas [IFGW]
26. Universidade Federal de Campina Grande [UFCG]
27. Universidade Federal do ABC [UFABC]
28. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia [UFRB]

A. C. Fauth¹, R. Aguiar¹, J.H.A.P.Reis¹, F. L. Miletto¹,

D. Cogollo², J. Campelo², A. Albuquerque², G. K. M. Nascimento²,

M. A. Leigui de Oliveira³, V. P. Luzio³, R. Wiklich Sobrinho³,

D. Vitoreti⁴.

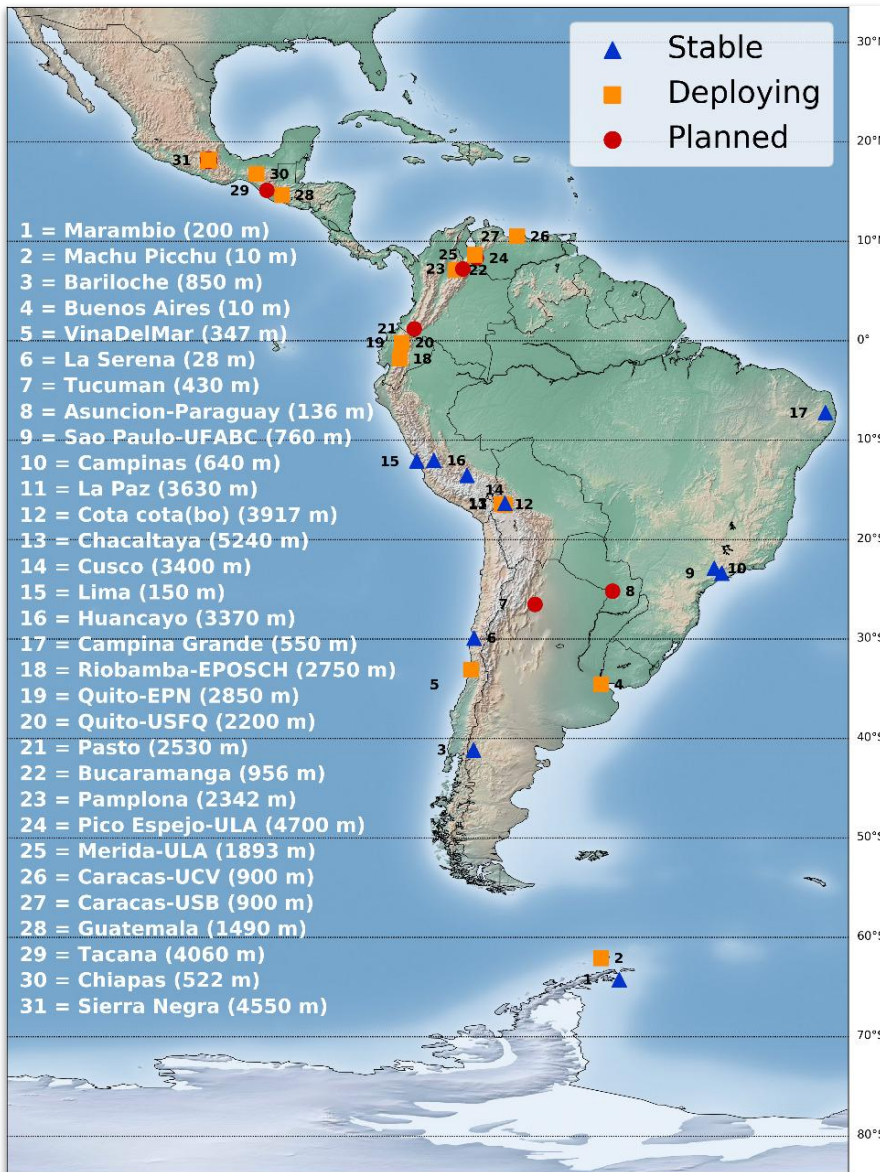
¹ Universidade Estadual de Campinas

² Universidade Federal de Campina Grande

³ Universidade Federal do ABC

⁴ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Rede colaborativa latino-americana de astropartículas



Status da rede

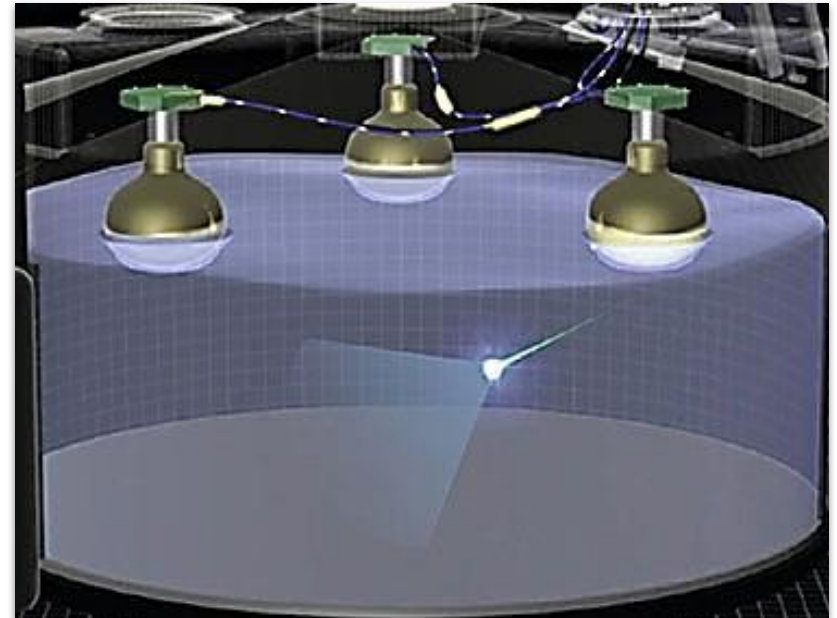
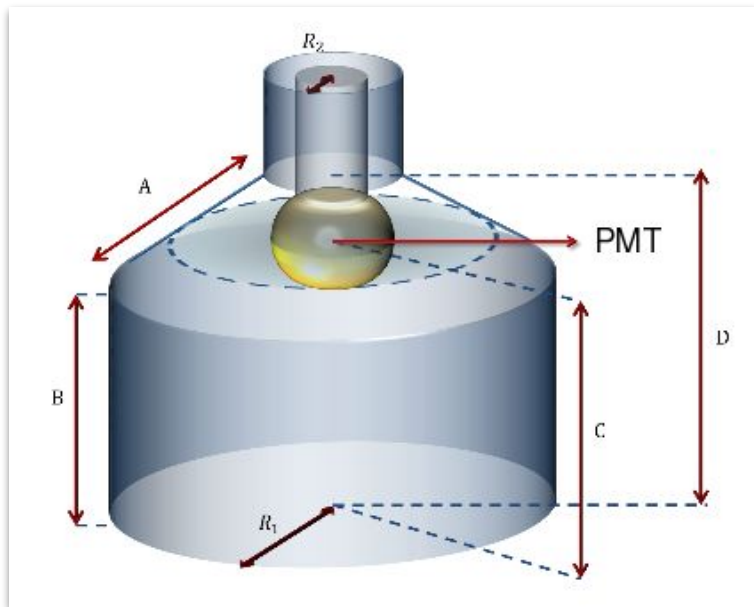
31 sites: 13 operacionais + 10 começando + 8 em consideração

Como funciona?

- Rede colaborativa não centralizada de instituições
- 5 grupos de trabalho (Physics, Simulation and Analyses, Detectors, Electronics, Data)
- 11 membros do comitê de coordenação, 1 PI
- Desenvolvimentos, conhecimentos e dados são compartilhados com toda a rede
- Objetivos principais são buscados através de programas específicos da LAGO

Water-Cherenkov Detector

- A Colaboração LAGO utiliza tanques de água como detectores de partículas
- Tanques comerciais com 1000 a 40000 litros cheios de água purificada
- O interior do tanque é revestido com Tyvek, um material altamente difusivo e reflexivo
- Os detectores usam um ou mais PMTs com diâmetros de 8" ou 9"
- Os detectores possuem uma grande área sensível e um custo baixo

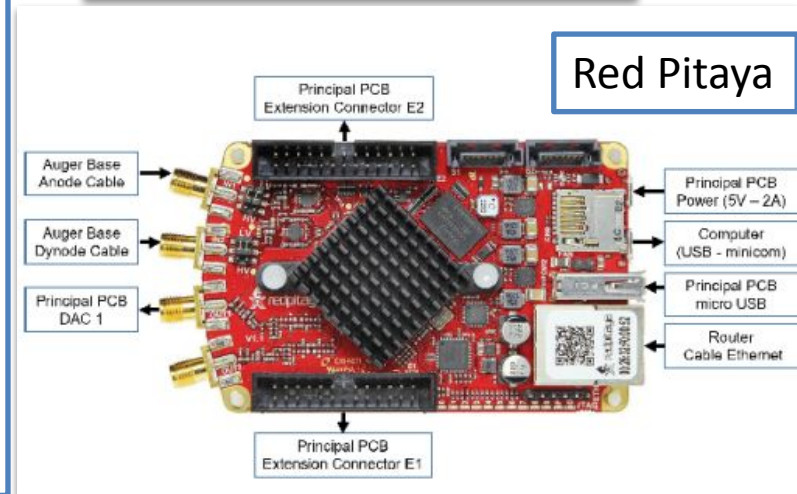


LAGO Data Acquisition

- Detector autônomo, confiável, simples e barato
- PMT + Placa digitalizador (design próprio)
- FPGA + Raspberry Pi: controle detector, telemetria, aquisição de dados e pré-análise de dados a bordo (incluindo técnicas de aprendizagem de máquina)
- Digilent encerra a produção de Nexys2
- ➤ **Red Pitaya**
- Digitized signals by a 10-14 bits FADC at 40-100 MHz (10-25 ns)
- Temporal synchronization: GPS in PPS mode
- Station consumption: $\lesssim 8 W$



Nexys2



Red Pitaya

Alguns detectores da LAGO

Sierra Negra,
México



Chacaltaya,
Bolivia



Mérida,
Venezuela



Santo André,
Brasil



Antártica,
Argentina



Campinas,
Brasil



Antártica,
Peru



Bariloche,
Argentina



Campina Grande,
Brasil



Programas LAGO

Lago-Clima Espacial:

- Fenômenos de clima espacial observados ao nível do solo
- Física atmosférica
- Radiação de fundo no nível do solo terrestre

LAGO-Universidades:

- Astrofísica e física de partículas em cursos de graduação
- Experimentos do decaimento de múons
- Construção e caracterização de detectores de partículas
- Física de detectores e interação da radiação com a matéria
- Análise de dados e estatística

LAGO-Virtual:

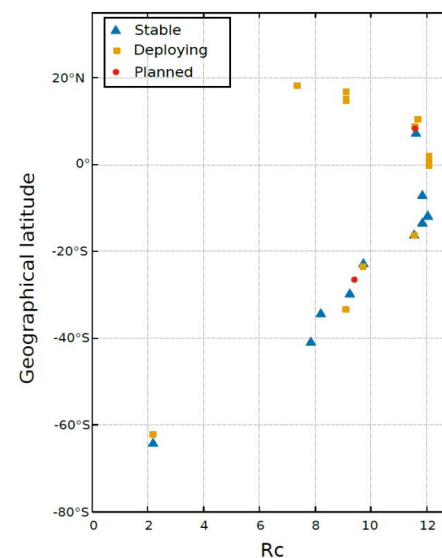
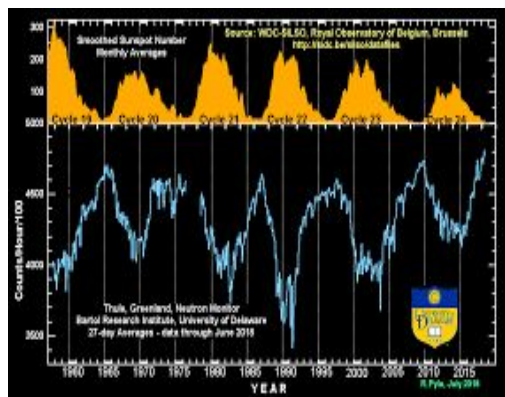
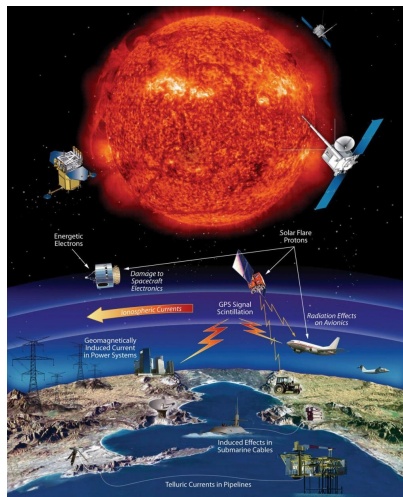
- Adquirir, produzir, coletar e preservar dados do LAGO
- DART (Data Accessibility, Reprodutibilidade e Confiabilidade) iniciativa
- LAGO-CORSIKA (EAS, fluxo partículas)
- LAGO-GEANT4 (WCD)
- LAGO-Docker

LAGO-Altas Energias:

- Pequenos arrays com WDC
- Componente de alta energia de GRB
- Astropartícula de baixa energia

LAGO – Clima Espacial

via modulação do fluxo de raios cósmicos de baixa energia



Conexão Sol-Terra

- Comunicações de rádio HF e interferências GPS
- Interrupção das redes elétricas
- Anomalias operacionais e danos ou degradação de componentes eletrônicos críticos em naves espaciais, satélites e até mesmo a bordo de aviões comerciais

Capacidades de análise multiespectral

- Medições simultâneas de partículas secundárias no nível do solo em diferentes altitudes e R_c em três bandas: EM, μ e multi-partículas

LAGO-Universidades

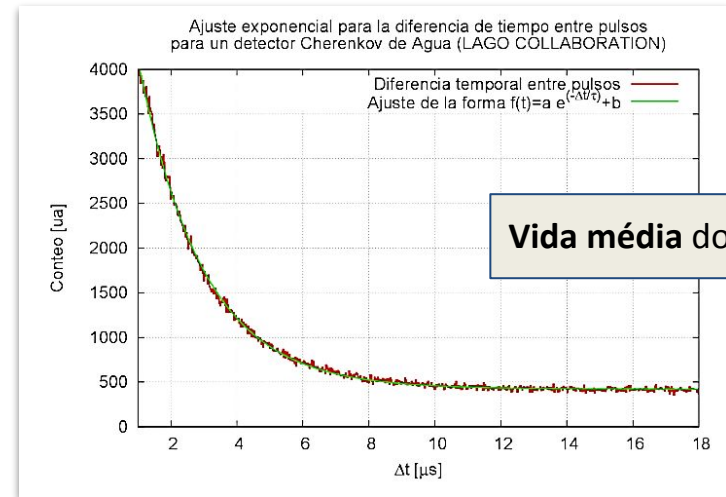
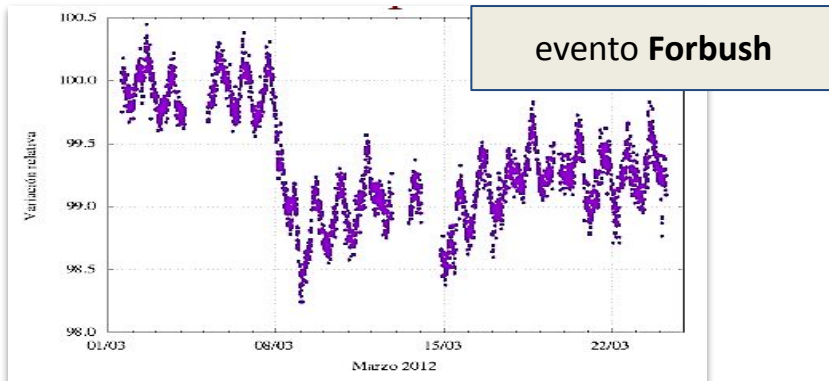


Cursos de Física de Partículas e Física Experimental
Teoria eletrofraca + python + técnicas de análise de dados

Cursos de simulações de Monte Carlo
(**CORSIKA, Geant4**)

Curso introdutório de Física

Python + gnuplot + técnicas de análise de dados + **ROOT**

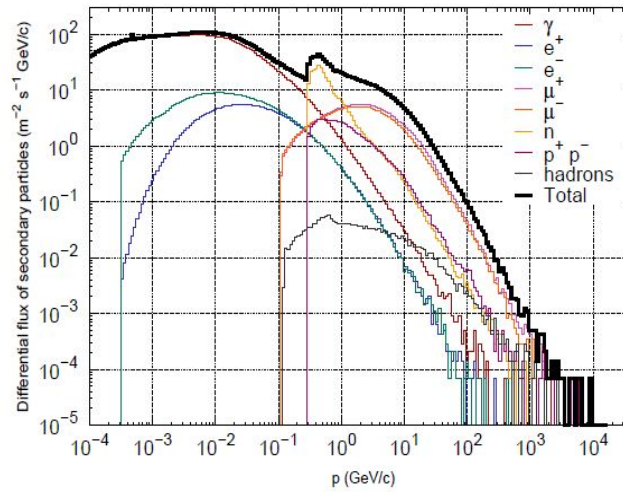
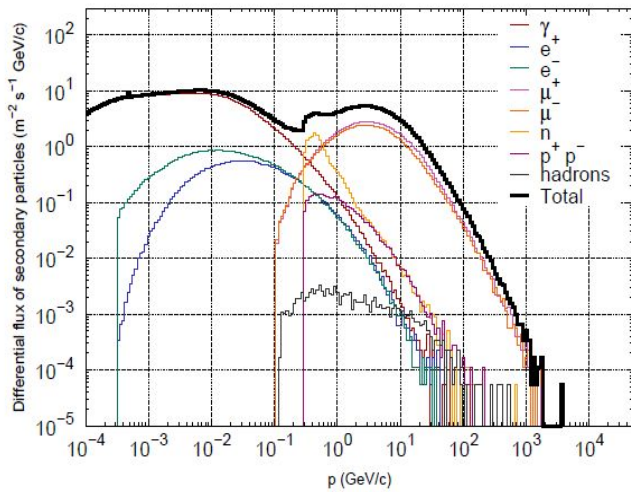


$$\tau_{\mu} = (2020 \pm 0,1) \text{ ns}$$

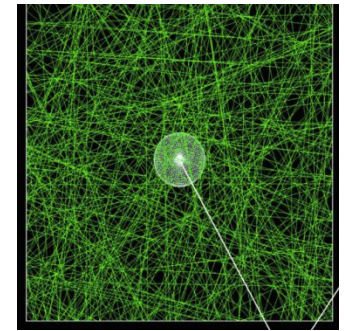
LAGO - Virtual

LAGO Framework: MAGCOS + CORSIKA + GEANT4

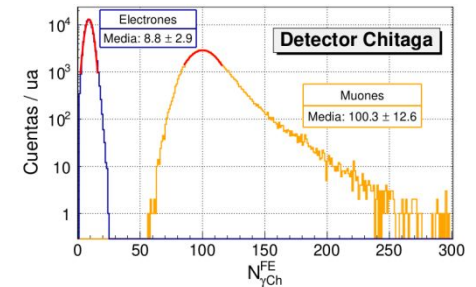
Fluxo secundário previsto no solo - CORSIKA



Resposta ao Detector - Geant4



Identificação elétron e múon



Bariloche (BRC, 850 m a.s.l.)

- 800 part. seg⁻¹ m⁻²
- EM:MU:NE:HD
= 0,767 : 0,209 : 0,020 : 0,004

Chacaltaya (CHA, 5240 m a.s.l.)

- 7100 part. seg⁻¹ m⁻²
- EM:MU:NE:HD
= 0,900 : 0,052 : 0,038 : 0,010

LAGO – Altas Energias

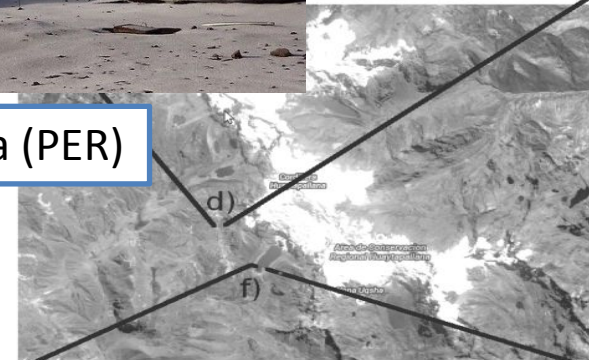
LAGO @ alta quota

- Técnica de partículas únicas e **coincidências de sinais**
- Detectores na Sierra Negra: segmentados 40 m² WCDs
- Pico Espejo (VEN, 4700 m a.s.l) local será recuperado
- Santo André (UFABC)
- Conjunto de matrizes de construção em locais de altitude média ($h > 3000$ m a.s.l)

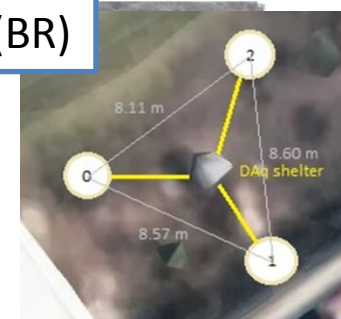
Sierra Negra (MEX)



Huaytapallana (PER)

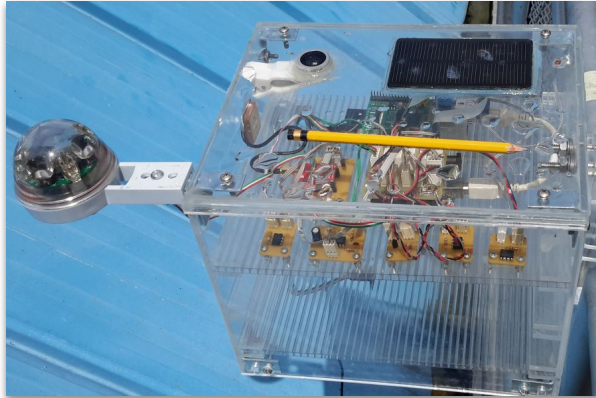


Santo André (BR)

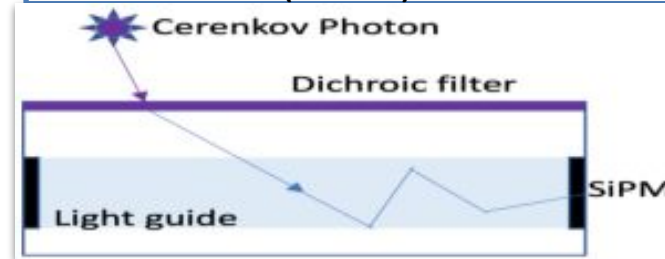


LAGO - Desdobramentos

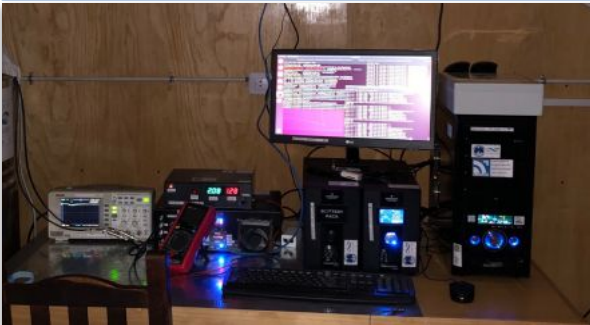
Red **Ambiental** Ciudadana de Monitoreo (Colômbia)



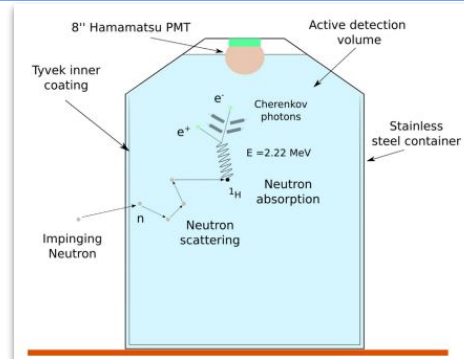
C-Arapuca - Dispositivo de detecção de fótons Cherenkov (Brasil)



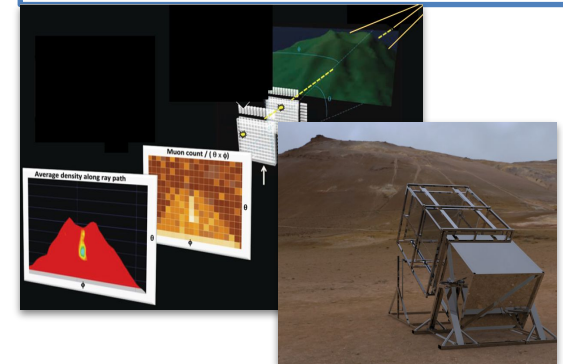
Neurus - Detector autônomo na Antártica (Argentina)



WCD to detect high energy **neutrons** (Argentina).

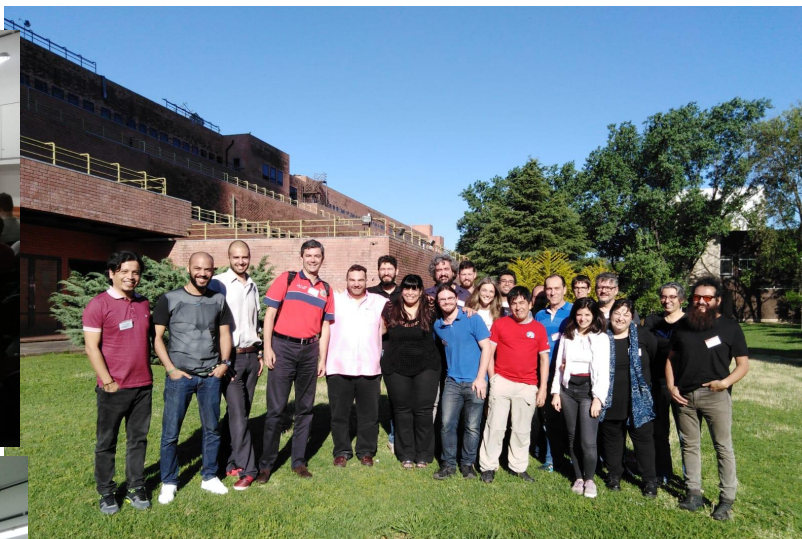


Muongrafia (telescópio de múons) (Argentina-Colômbia)



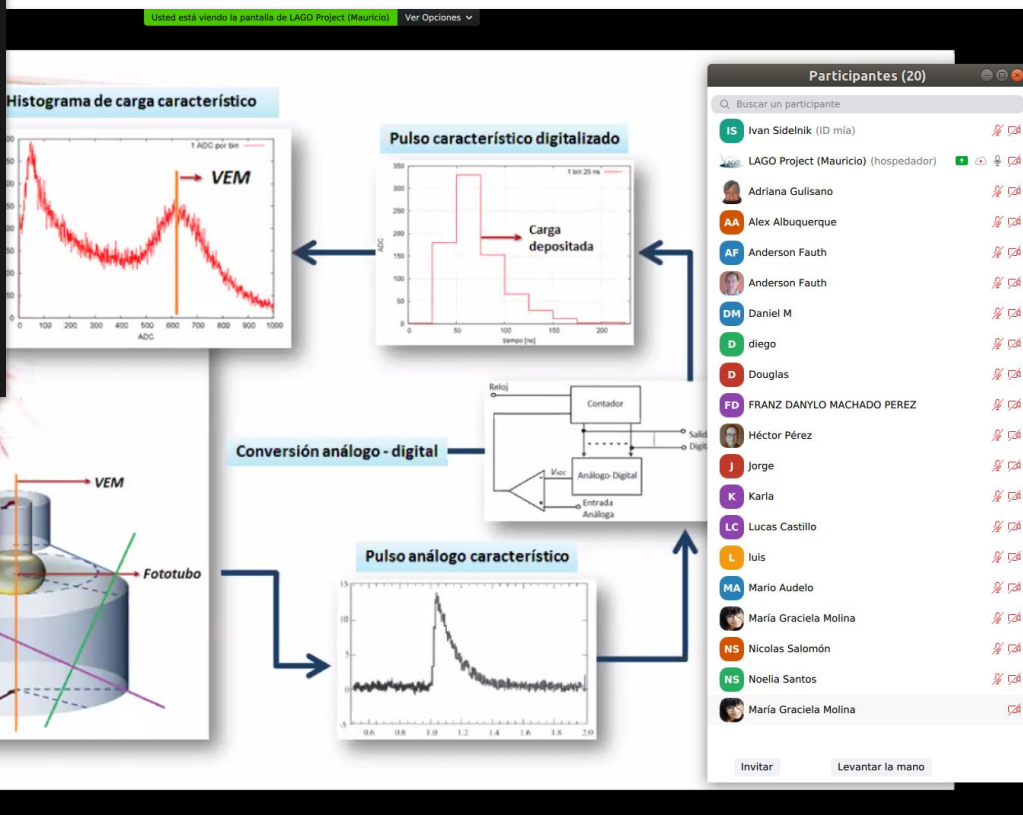
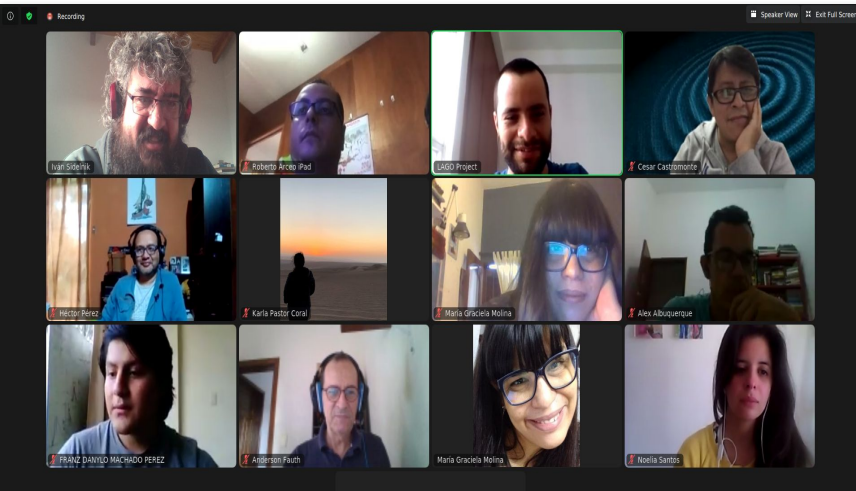
LAGO workshops anuais

XI Encuentro de la Colaboración LAGO - Buenos Aires - Octubre 2019



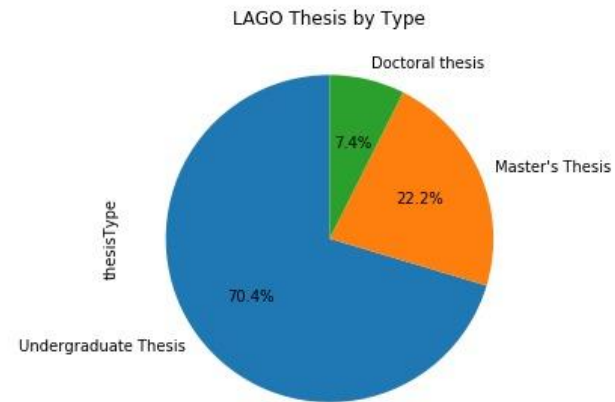
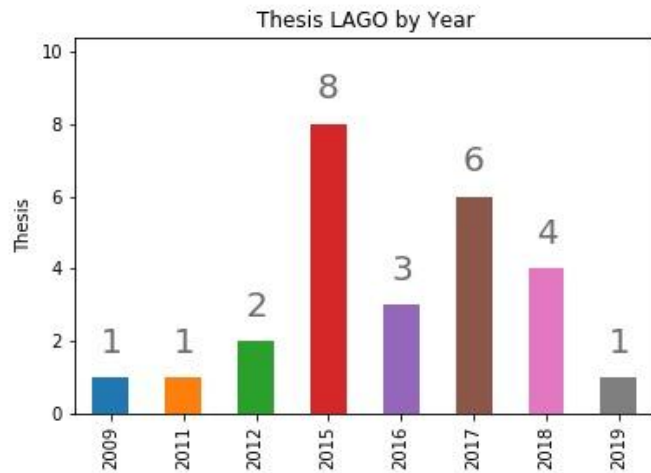
Workshops virtuales mensuales de análisis de datos

2020-2021 pandemia Covid-19

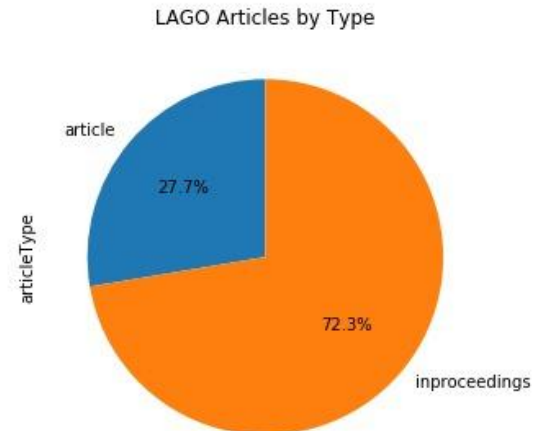
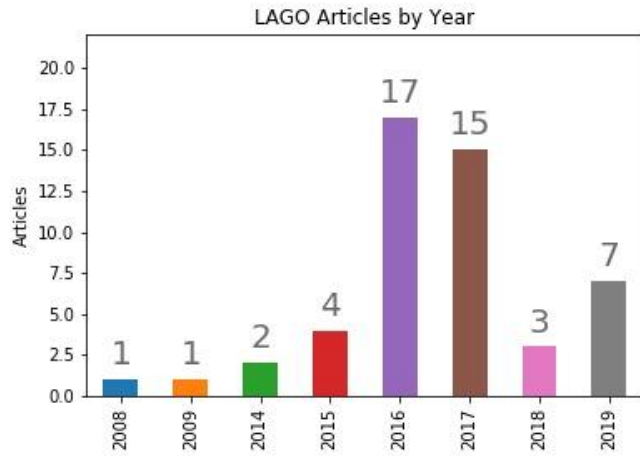


Estatísticas

(até meados de 2019)



26 tesis, maioria de mestrado e licenciatura



47 publicações, maioria em conferências.

Conclusão

- A colaboração LAGO é uma rede latino-americana de pesquisadores e estudantes de Astropartículas
- Em cada *site* é instalado e mantido um experimento de pequeno porte, compatível com as condições econômicas e de recursos humanos da instituição,
- Mas que permite uma excelente formação inicial de futuros pesquisadores, pois os estudantes podem participar das diferentes etapas da atividade científica: projeto, construção, tomada de dados, simulações e análise dos dados.
- Novos membros da colaboração encontram suporte técnico e teórico para implantar os experimentos. Em alguns casos inclusive com doação da eletrônica necessária.
- Os detectores instalados além da pesquisa básica são utilizados em disciplinas de Astropartículas oferecidas nas Universidades.
- O compartilhamento de dados permitem análises de eventos geomagnéticos em com diferentes cortes de energia além dos estudos com a radiação cósmica local.
- As simulações dos fluxos dos raios cósmicos na superfície terrestre e do sinal produzido nos detectores, utilizando CORSIKA, Geant4, MAGCOS, permitem uma adequada interpretação dos resultados experimentais.
- A LAGO, além da integração latino americana, gera uma integração nacional de pesquisadores de astropartículas.
- A distribuição desigual das atividades científicas gera sérios problemas sociais a nível nacional e regional.

Obrigado pela sua atenção.

Anderson Fauth
fauth@unicamp.br

