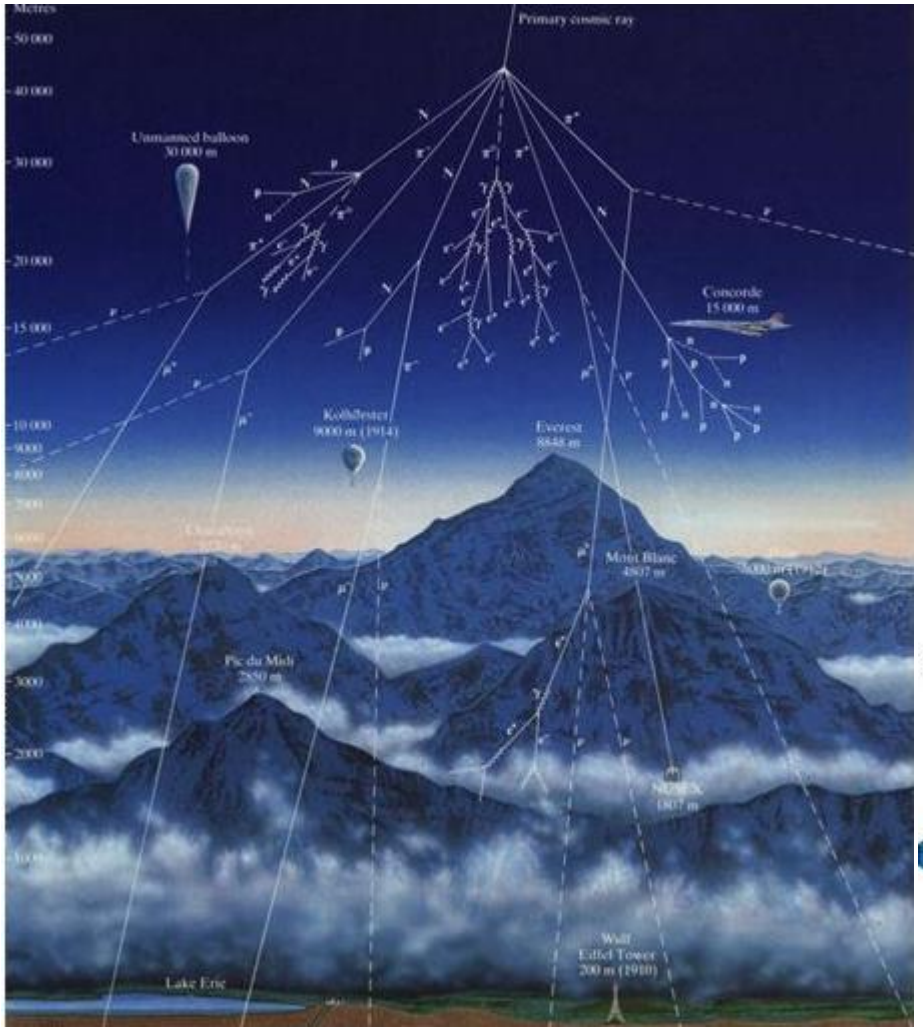
Caracterização de fotomultiplicadoras para o upgrade do Observatório Pierre Auger

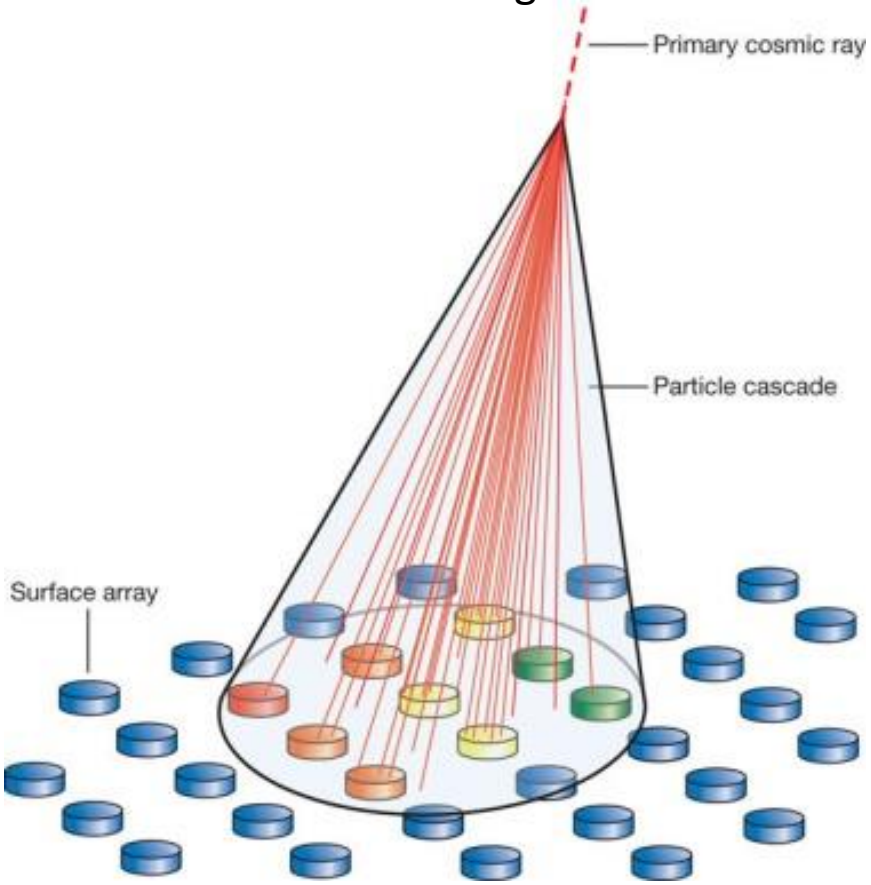
Anderson Fauth

UNICAMP

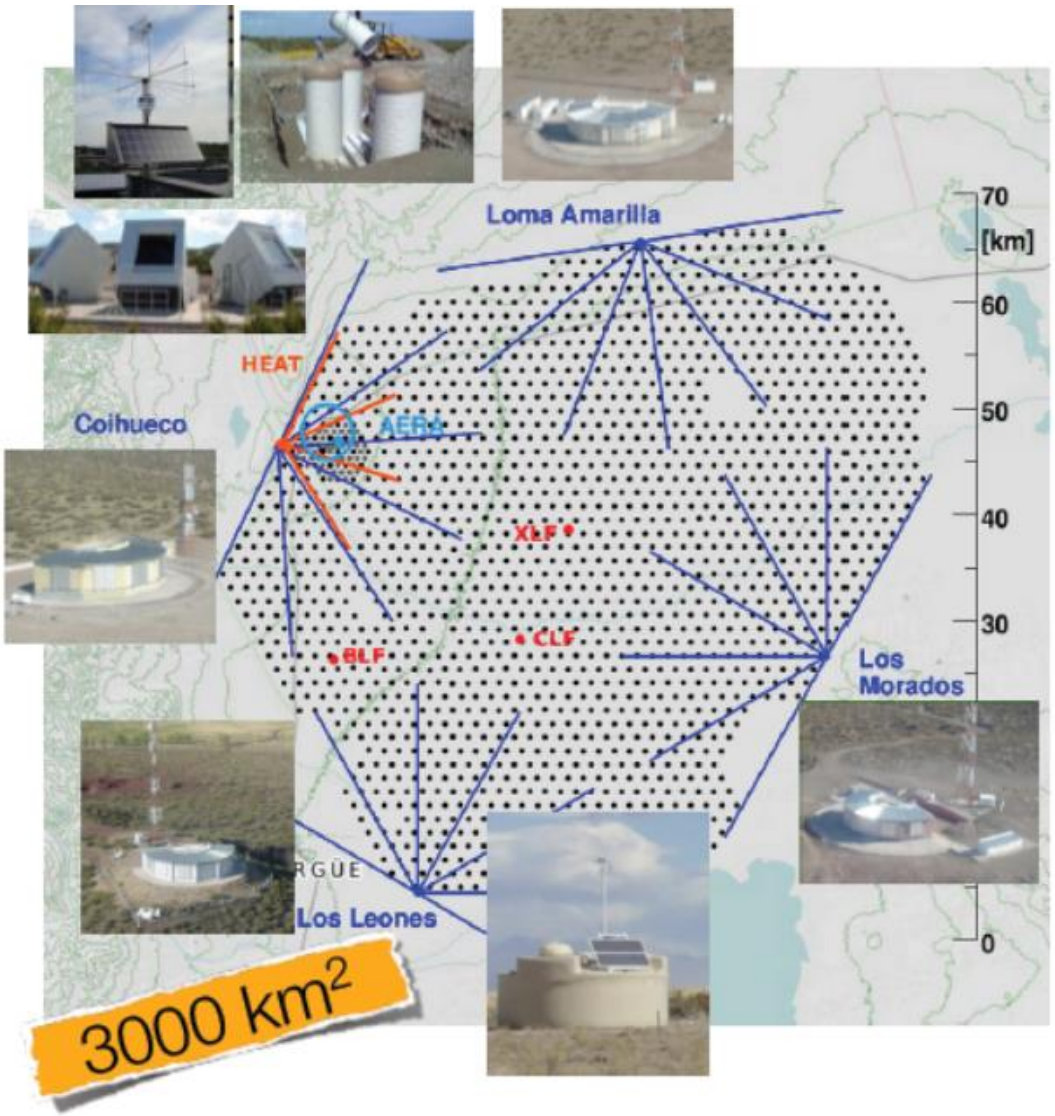
Chuveiro Atmosférico Extenso



Detecção indireta de raios cósmicos de altíssimas energias.



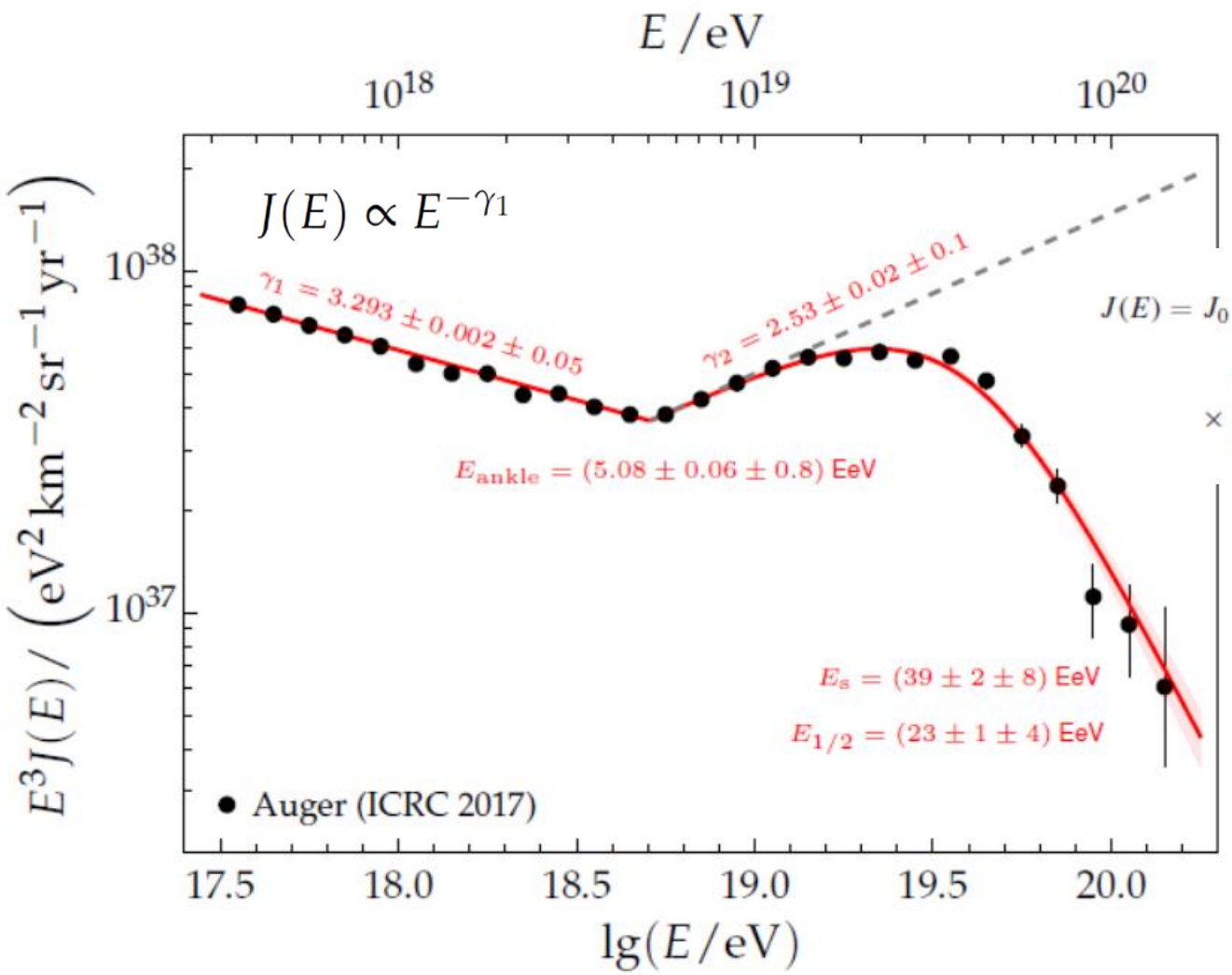
Observatório Pierre Auger



- Water-Cherenkov tanks
  - 1660 in a 1.5 km standard grid
  - 71 in 0.75 km infill grid (~30 km^2)
- Fluorescence Telescopes
  - 24 in 4 buildings overlooking SD
  - 3 in 1 building overlooking the Infill
- Underground Muon detectors
  - engineering array phase - 61 aside the Infill stations
- AERA radio antennas
  - 153 graded 17 km^2
- atmospheric monitoring stations

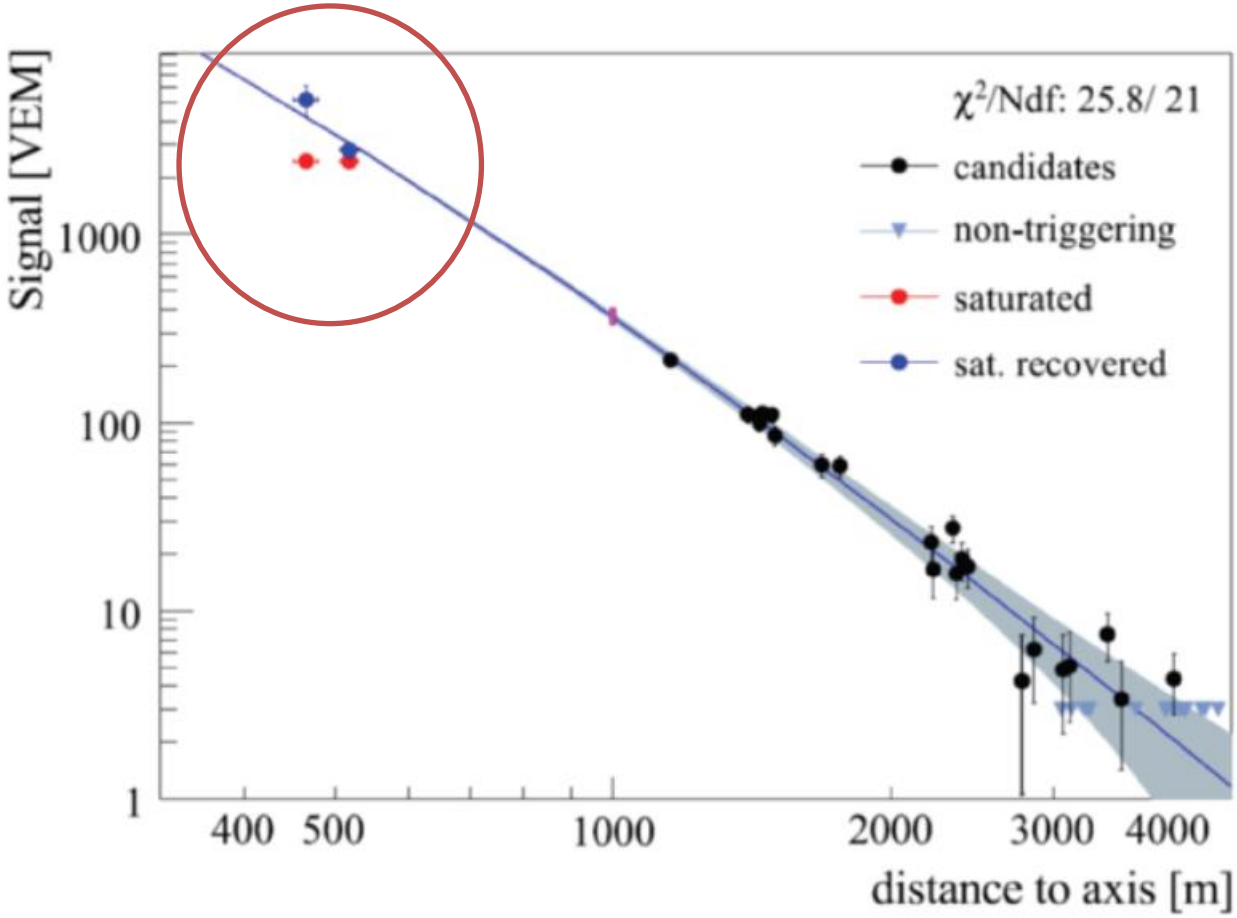
by A. Castellina

Espectro de energia



$$J(E) = J_0 \left(\frac{E}{E_{ankle}}\right)^{-\gamma_2} \left[1 + \left(\frac{E_{ankle}}{E_s}\right)^{\Delta\gamma}\right] \times \left[1 + \left(\frac{E}{E_s}\right)^{\Delta\gamma}\right]^{-1}$$

Saturação do sinal do WCD



Projeto e sua importância no experimento

- Extensão do alcance dinâmico dos detectores de superfície do Observatório Pierre Auger
- Caracterização de 420 small PMTs que vão ser instaladas nos detectores de Cherenkov com água do Observatório Pierre Auger
- Permitirão estudar a região central de Chuveiros Atmosféricos Extensos com $E > 10^{18}$ eV, reduzindo as incertezas estatísticas e sistemáticas na reconstrução do chuveiro.
- Possíveis novas informações sobre interações hadrônicas na região de $E > 10^{18}$ eV

Upgrade do Observatório Pierre Auger

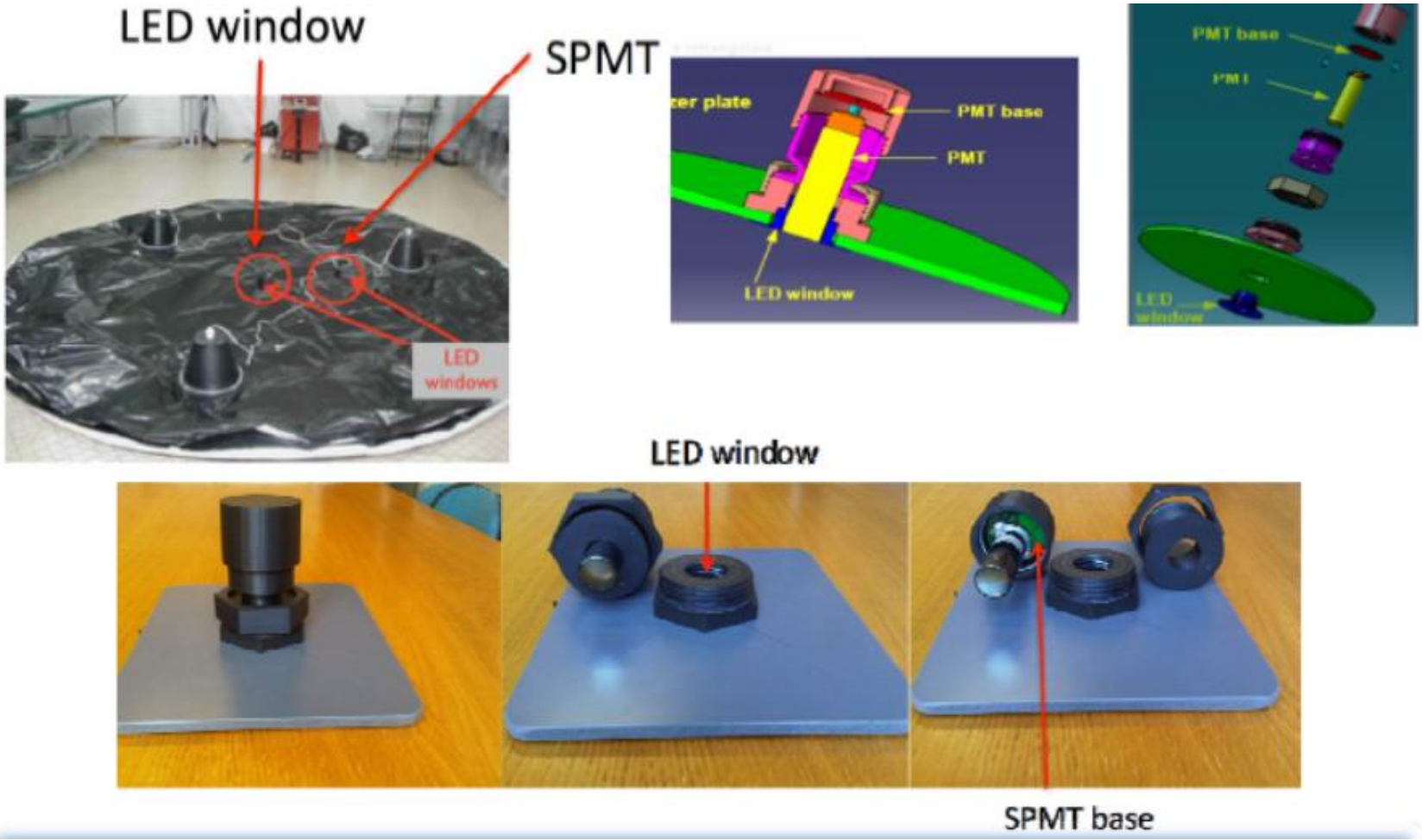
AugerPrime

- Cintiladores
- Small PMT
- Nova eletrônica (120 MHz)

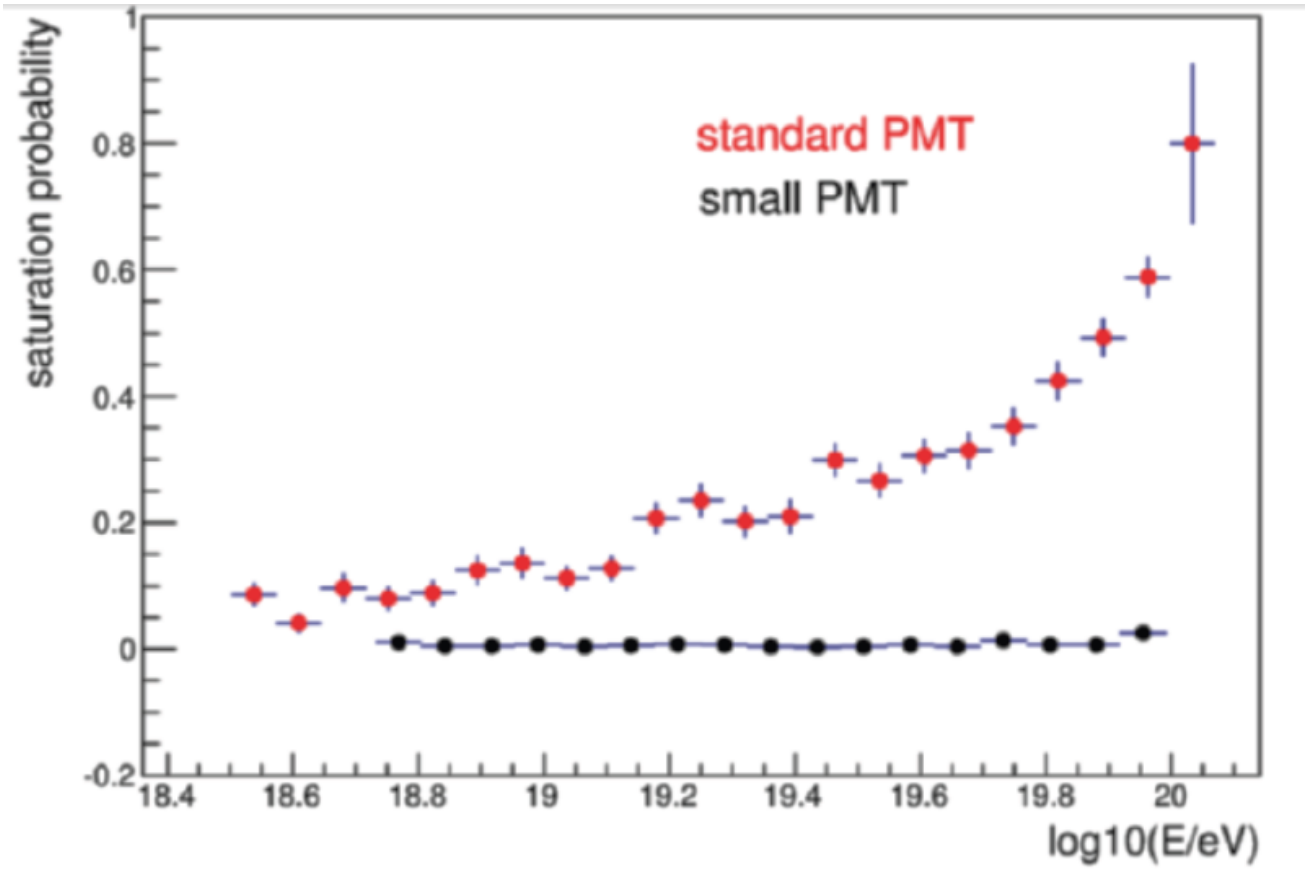
Objetivos do upgrade:

- Melhorar a determinação da composição química
- Origem da supressão do espectro de energia: GZK ou Emax da fonte?
- Fração de prótons com UHE: astronomia de partícula?
- Modelos de interação hadrônica: nova física?

Small PMT

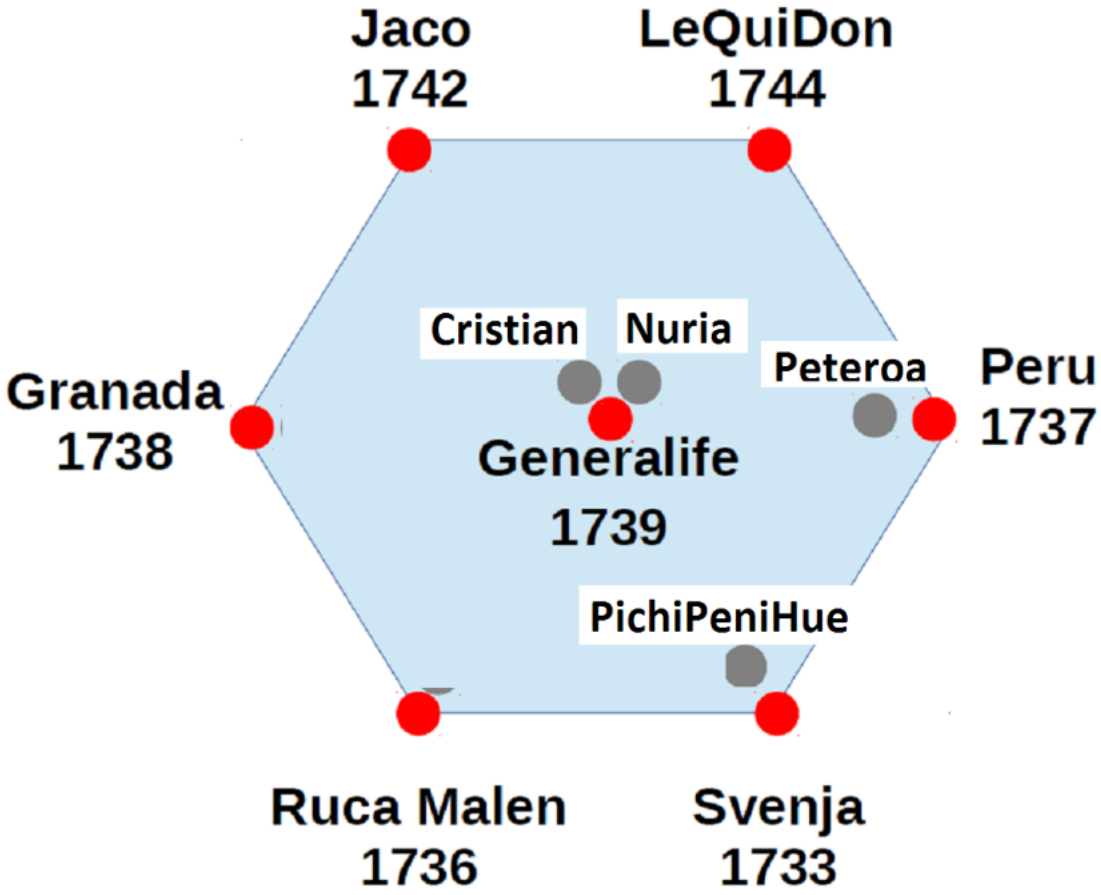

LED window
SPMT
LED windows
PMT base
PMT
LED window
PMT base
LED window
LED window
SPMT base

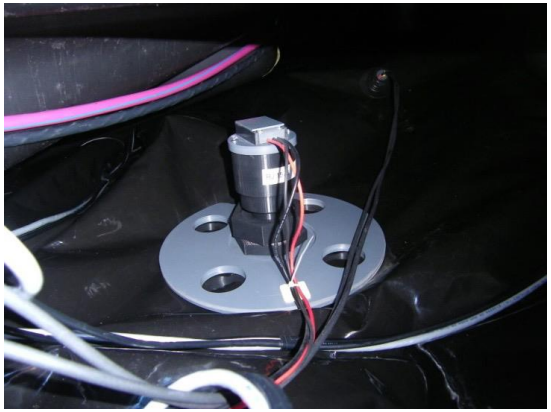
Resultados esperados – Monte Carlo



Engineering array - Small PMTs

10 detectores

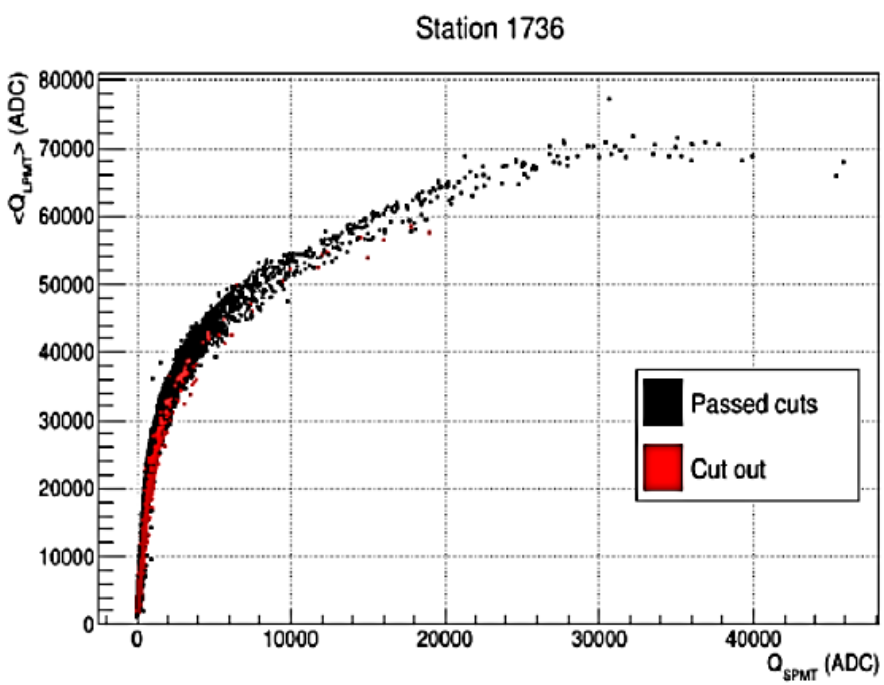




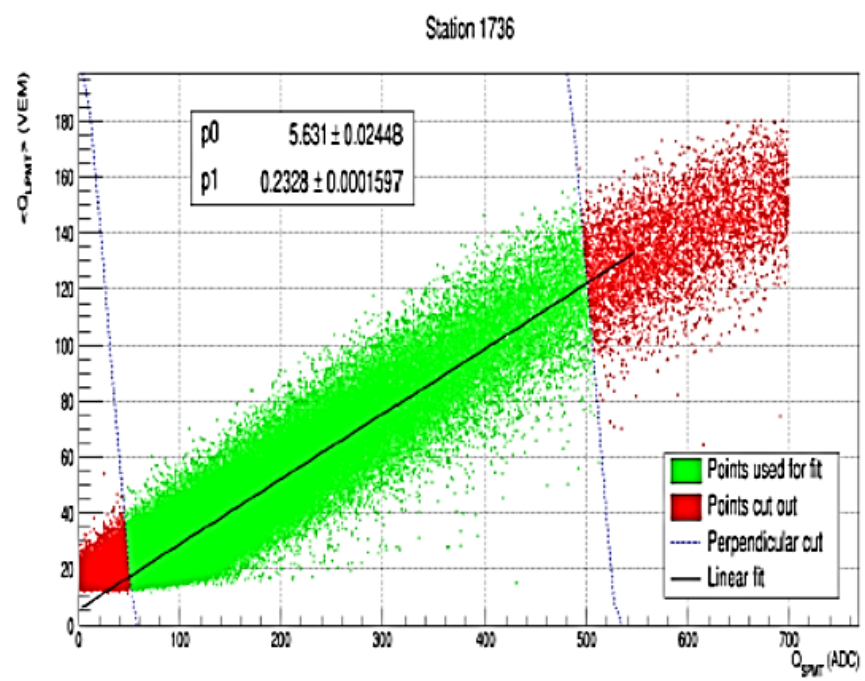
Calibração da SPMT

Engineering array

$$\langle Q_{LPMTs} \rangle \ (VEM) = a\,[Q_{SPMT}\ (ADC\ chs.)] + b$$



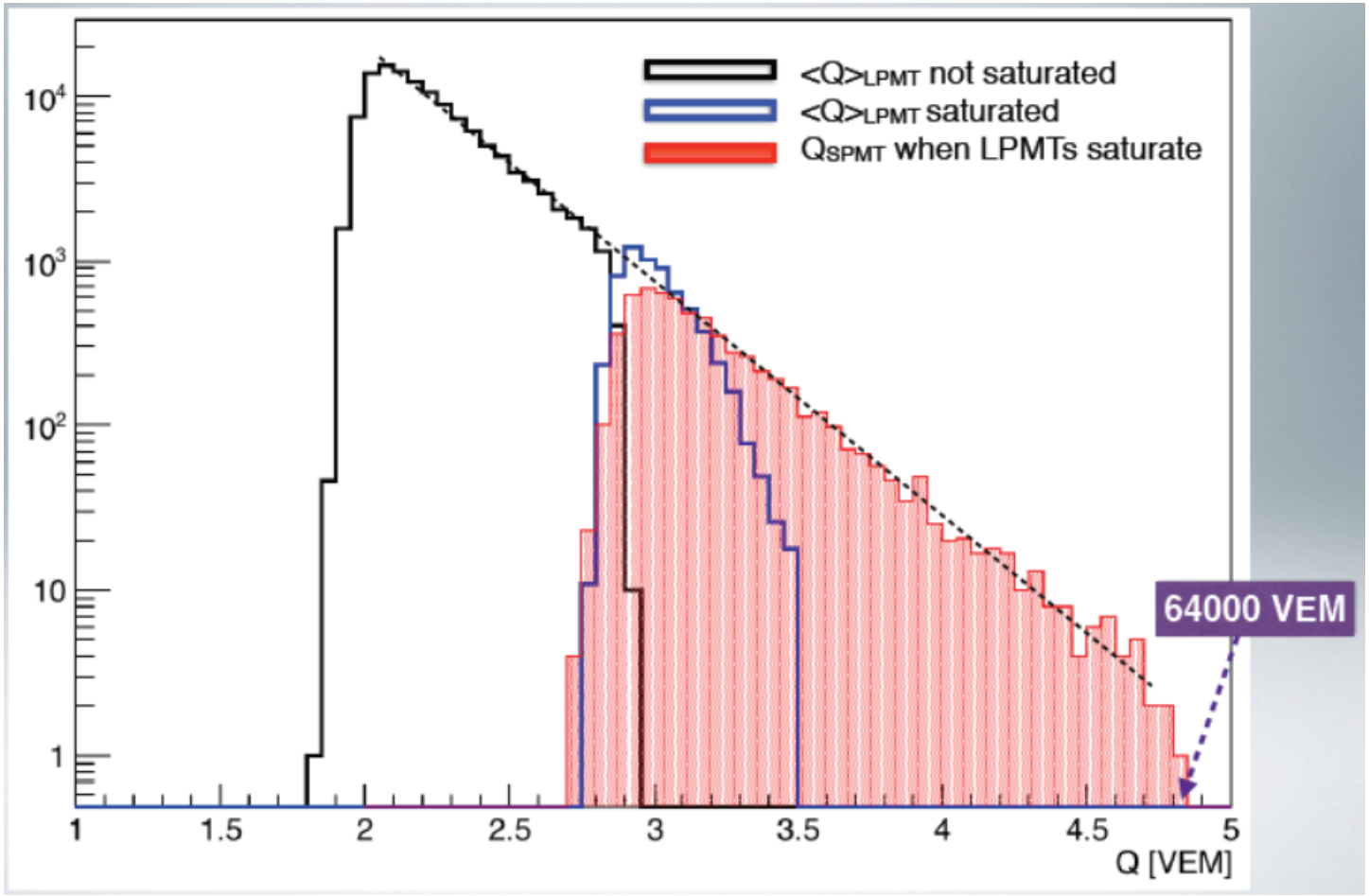
(a) $\langle Q_{LPMTs} \rangle$ (ACD channels) vs Q_{SPMT} (ACD channels).



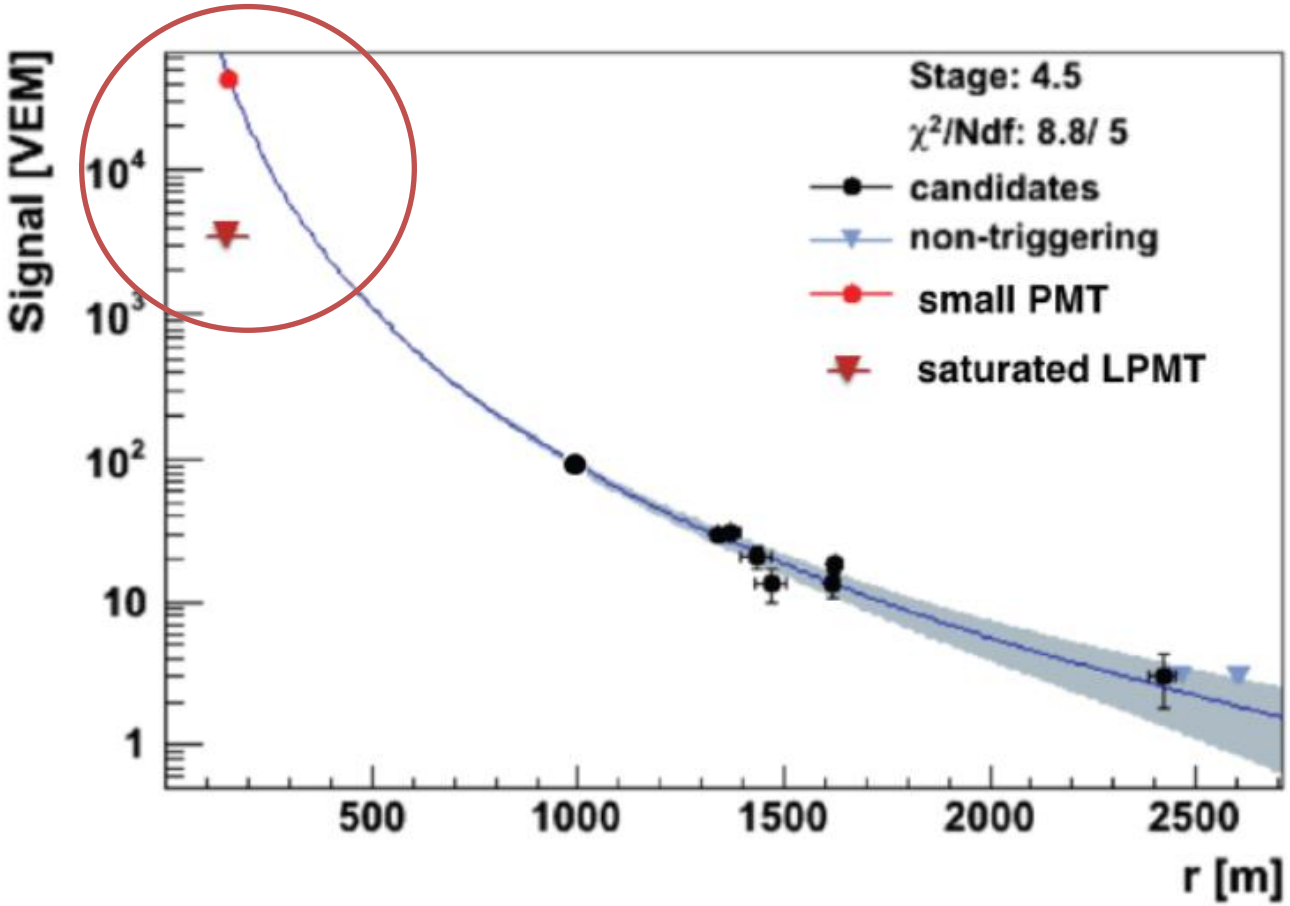
(b) Linear fit to the linear region of $\langle Q_{LPMTs} \rangle$ (VEM) vs Q_{SPMT} (ACD channels).

Espectro de carga

Engineering array



Evento do engineering array



Sistema de teste com 8 canais

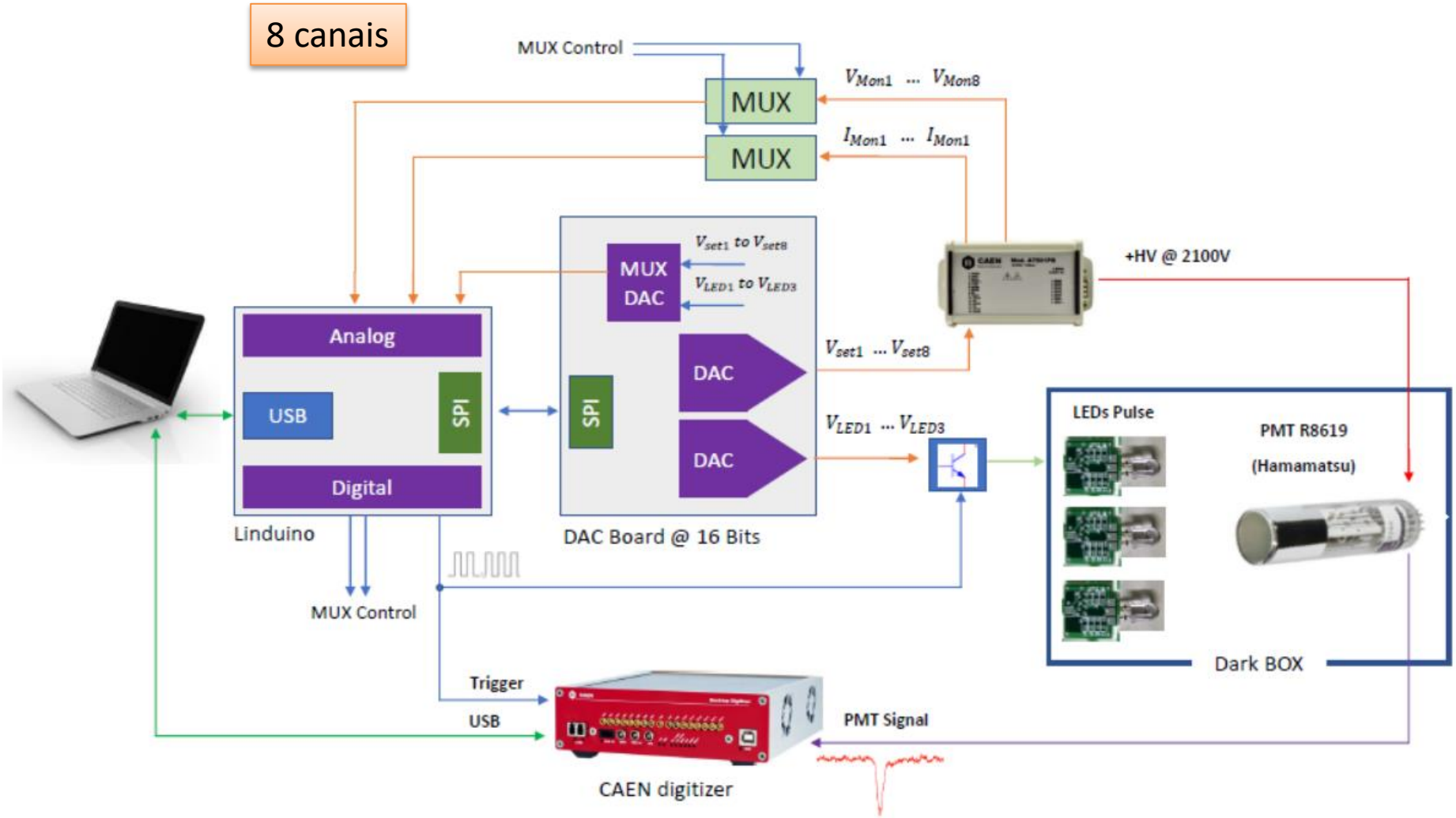
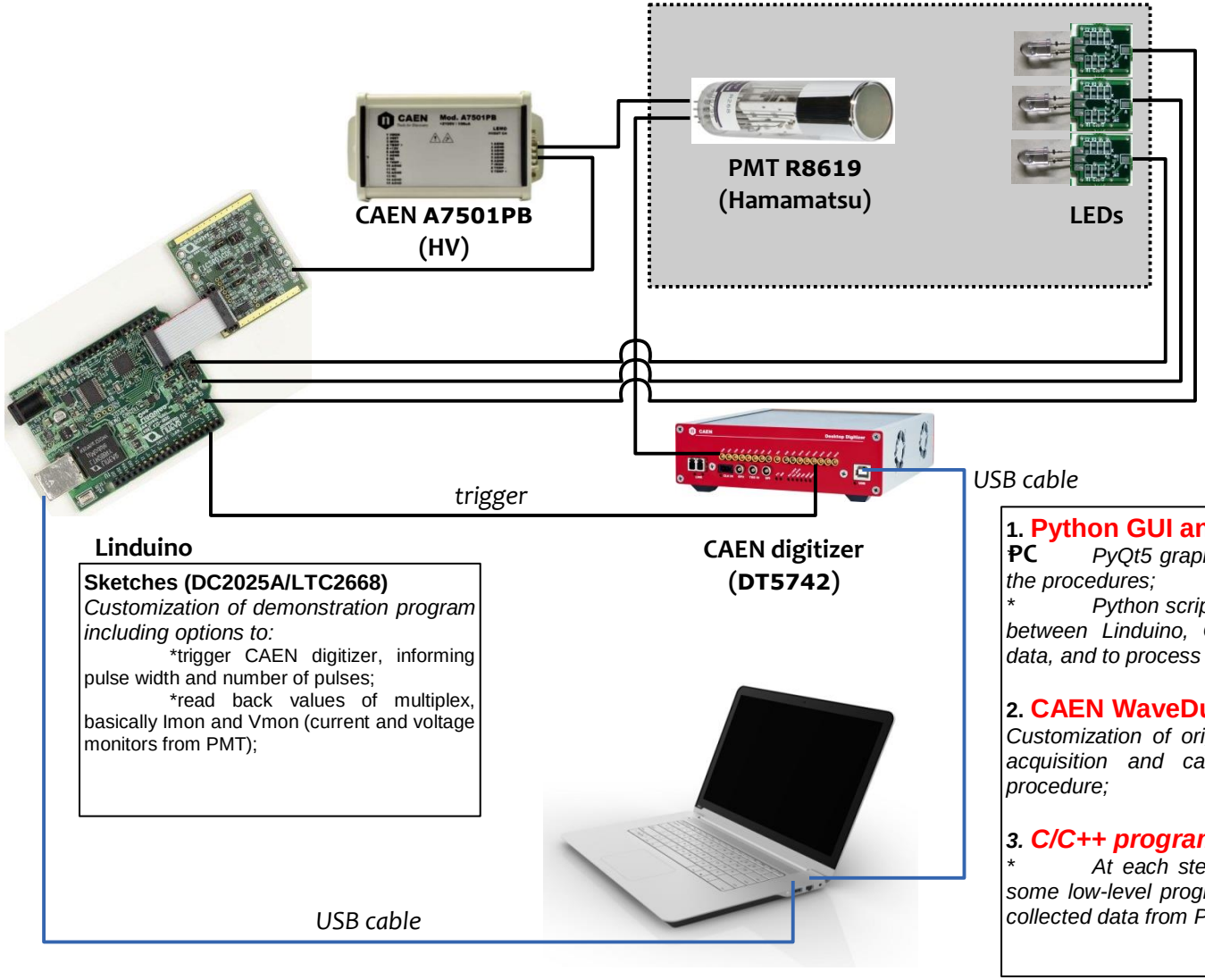


Diagrama de um canal



Sketches (DC2025A/LTC2668)
Customization of demonstration program including options to:
*trigger CAEN digitizer, informing pulse width and number of pulses;
*read back values of multiplex, basically Imon and Vmon (current and voltage monitors from PMT);

1. **Python GUI and script**

PC *PyQt5 graphical interface more user friendly to operate the procedures;*
* *Python script to orchestrate and synchronize operations between Linduino, CAEN digitizer and WaveDump collected data, and to process it via ROOT (CERN) tools;*

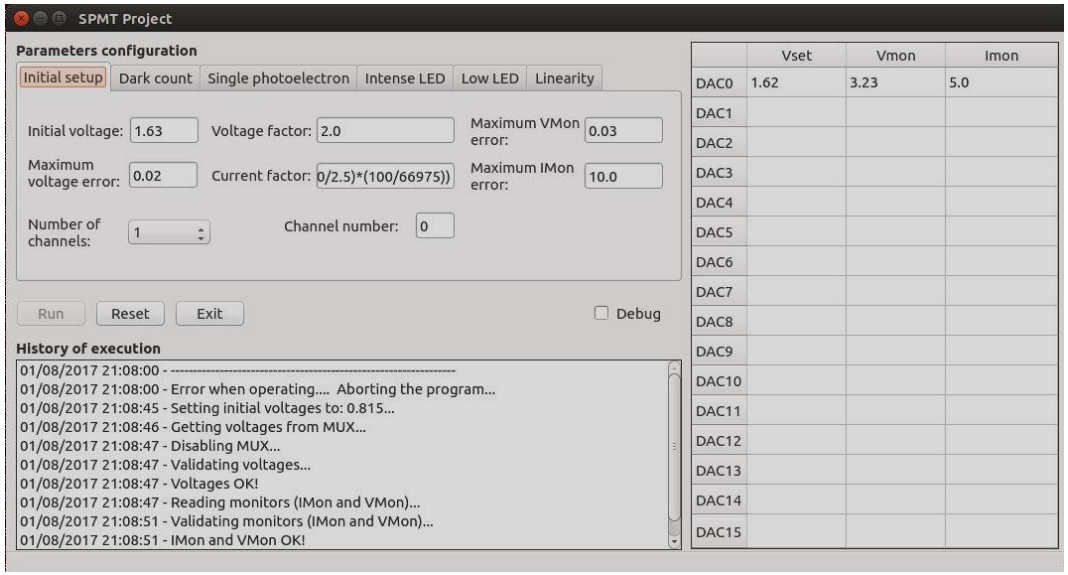
2. **CAEN WaveDump**

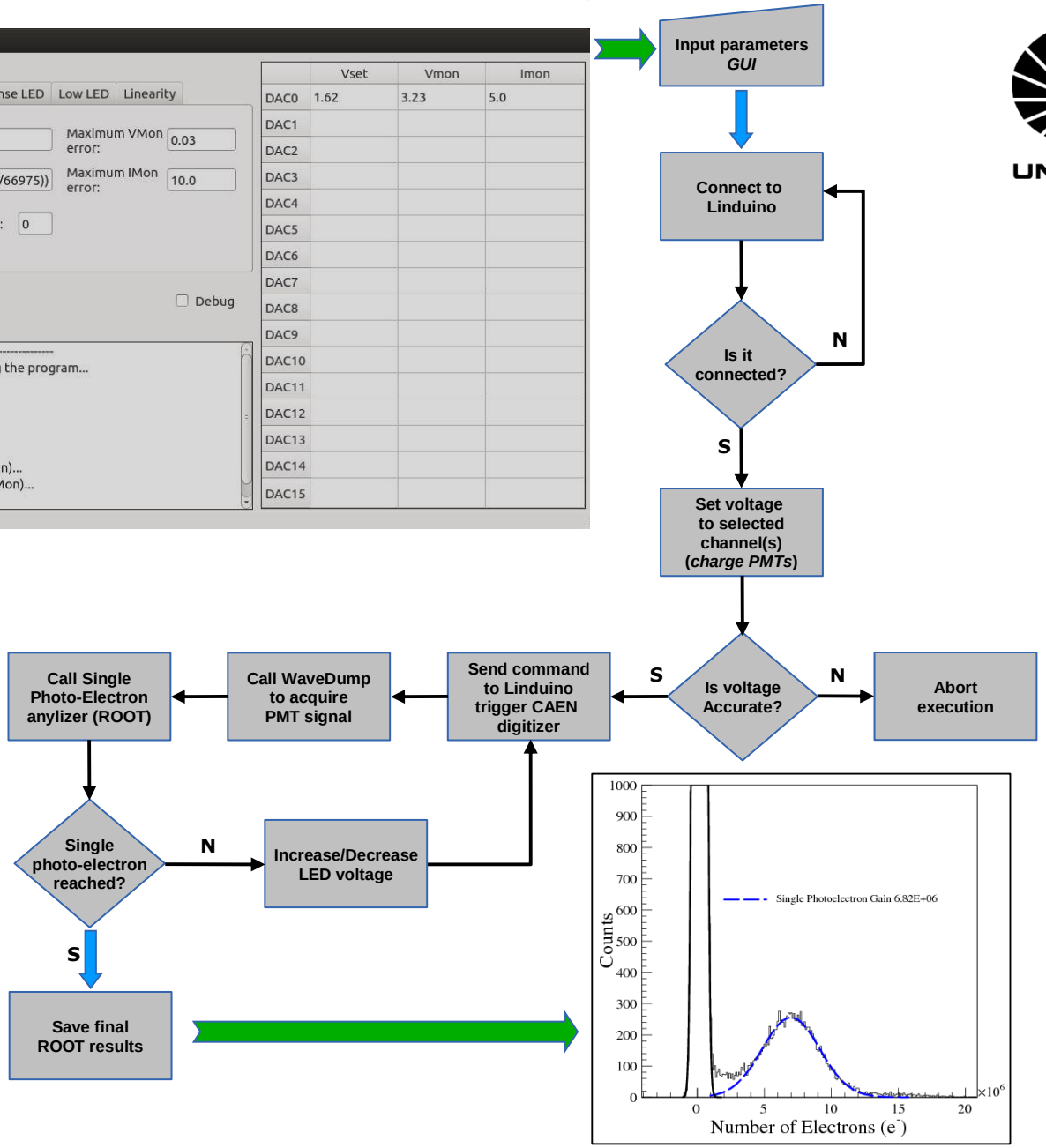
Customization of original program, with an automation to start acquisition and called, informing the conclusion of such procedure;

3. ***C/C++ programs***

* *At each step of single photo-electron characterization, some low-level programs written in C/C++ are used to process collected data from PMT using ROOT tools;*

Diagrama de bloco do software – single photoelectron

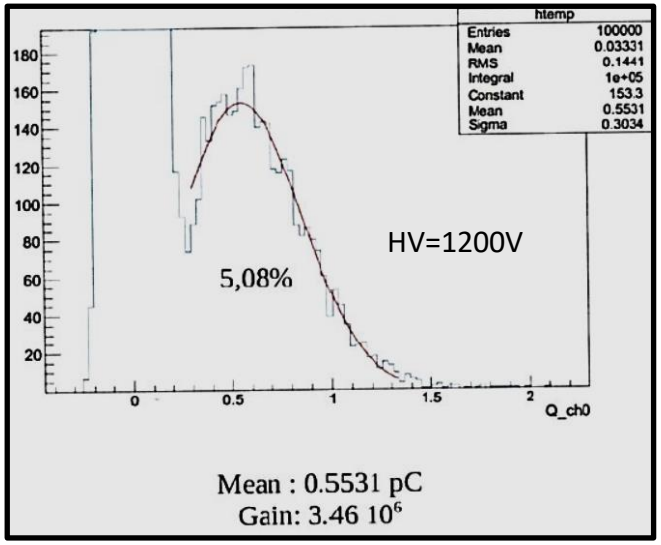




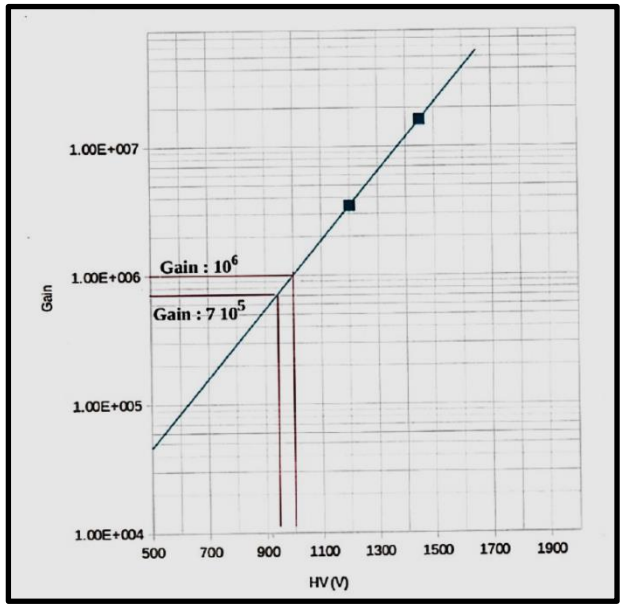
Placa com 8 canais

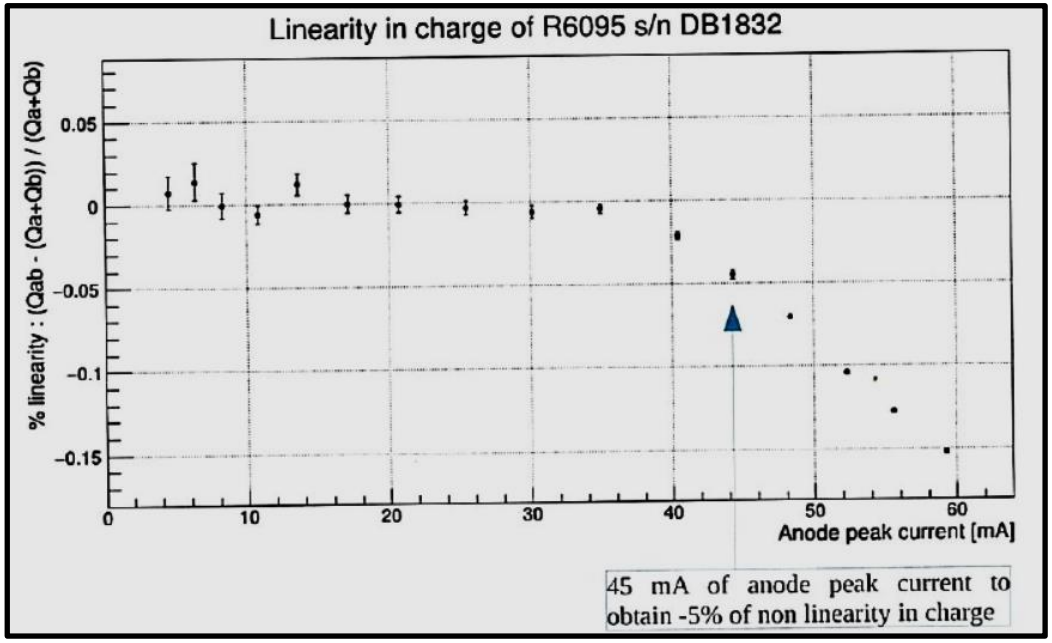
Caracterização completa das SPMTs

R6095 s/n DB1832



- Single photoelectron
- Ganho
- Linearidade





Dificuldades e problemas

- Falta de apoio técnico para execução do projeto. Nenhum técnico no Depto. de Raios Cósmicos, oficina de eletrônica do IFGW foi fechada.
- Muito difícil conseguir um bom engenheiro já formado com a bolsa de Treinamento Técnico da FAPESP (R$ 1900, 40 horas/semana)
- Serviço de terceiros (engenheiros com alguma experiência na área) é lento e não acompanha os cronogramas da colaboração (4h/semana)
- A carreira de professor universitário nos institutos de Física não valoriza trabalhos em instrumentação. As revistas de instrumentação têm fator de impacto inferior a revistas de física.
- A execução do projeto envolve a gestão de importações, manutenção de equipamentos, dificuldade em encontrar prestadores de serviços, compras de material de consumo com especificações para pesquisa (cabos de HV, conectores SMA, colas e fitas para HV, etc)

Sugestões de ações

1. Criar junto ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (**LNLS**) uma **Divisão de Instrumentação e Detectores de Partículas**. Cinco engenheiros e técnicos. Anualmente grupos brasileiros solicitam apoio técnico (homem-hora) para execução de projetos de instrumentação.
2. **Editais** das agências de fomento para **Instrumentação científica para equipes formadas por Físicos e Engenheiros** (centros e institutos de física e faculdades de engenharia)
3. Editais para criação de **pequenas empresas de instrumentação, em incubadoras**, que utilizem hardware modular (Arduino, Raspberry Pi, FPGAs) para produção de sistemas de aquisição de dados de baixo custo (2, 4 ou 8 canais).

Nos últimos Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos menos de 1% dos trabalhos apresentados incluíam atividades experimentais realizadas em laboratórios sediados no Brasil.

Obrigado pela atenção

Anderson Fauth

fauth@g.unicamp.br

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2010/07359-6