

UMA PROPOSTA PARA DETECTORES DE RAIOS CÓSMICOS EM ESCOLAS

POSSÍVEIS ATIVIDADES

M. Donadelli, M. Leite



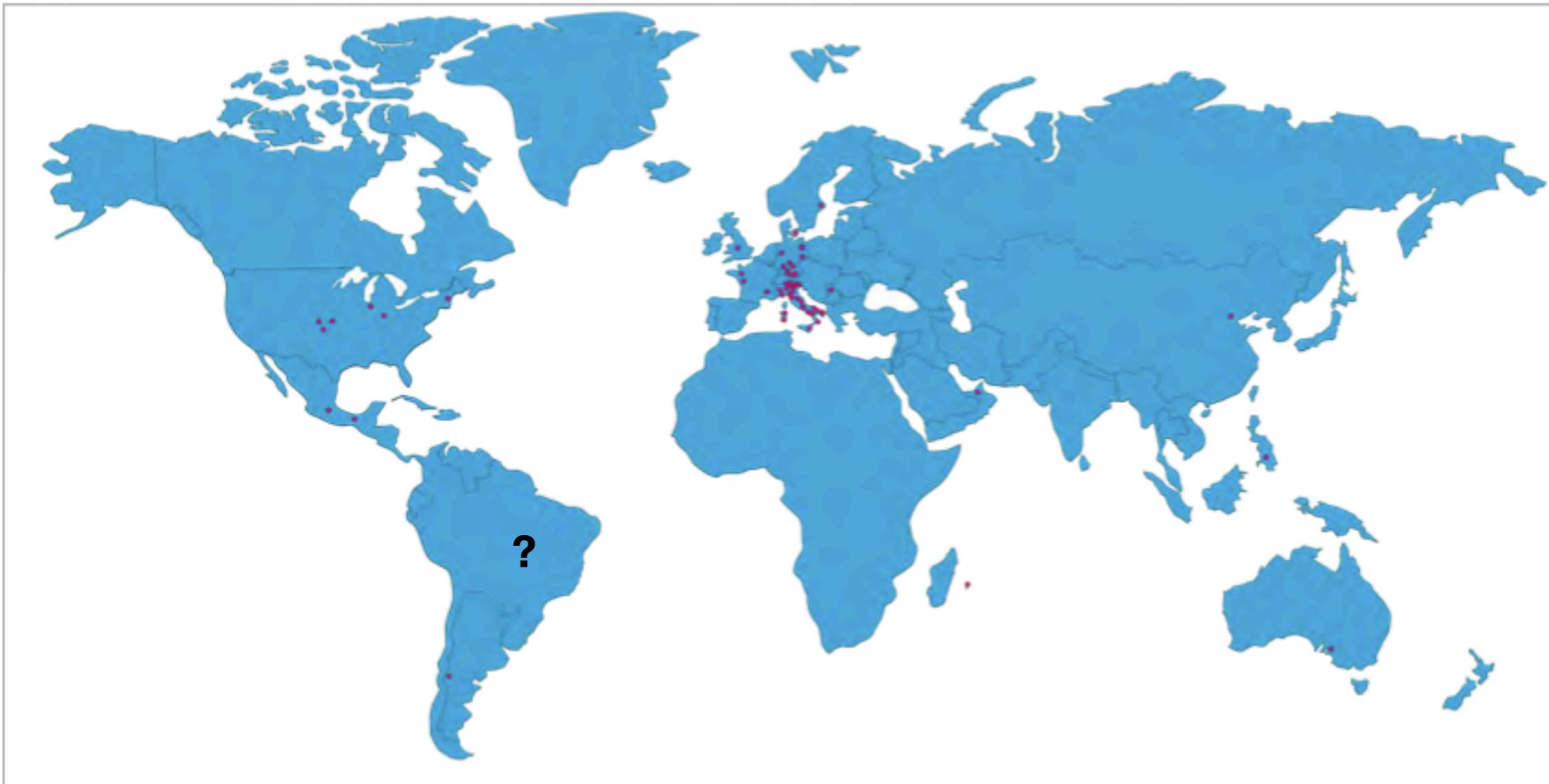
Universidade de São Paulo

03 de Março de 2020

Vamos fazer parte?



ALL PARTICIPATING GROUP



The map shows the location of the registered participants.

Apenas um exemplo



- 📌 Questões norteadoras para os estudantes
 - 📌 o que são raios cósmicos?
 - 📌 como se desenvolvem?
 - 📌 de onde vêm?
 - 📌 como podem ser medidos?

📌 Objetivos

- 📌 medir a dependência angular de múons cósmicos usando cintiladores;
- 📌 medir a quantidade de múons durante certo intervalo de tempo.

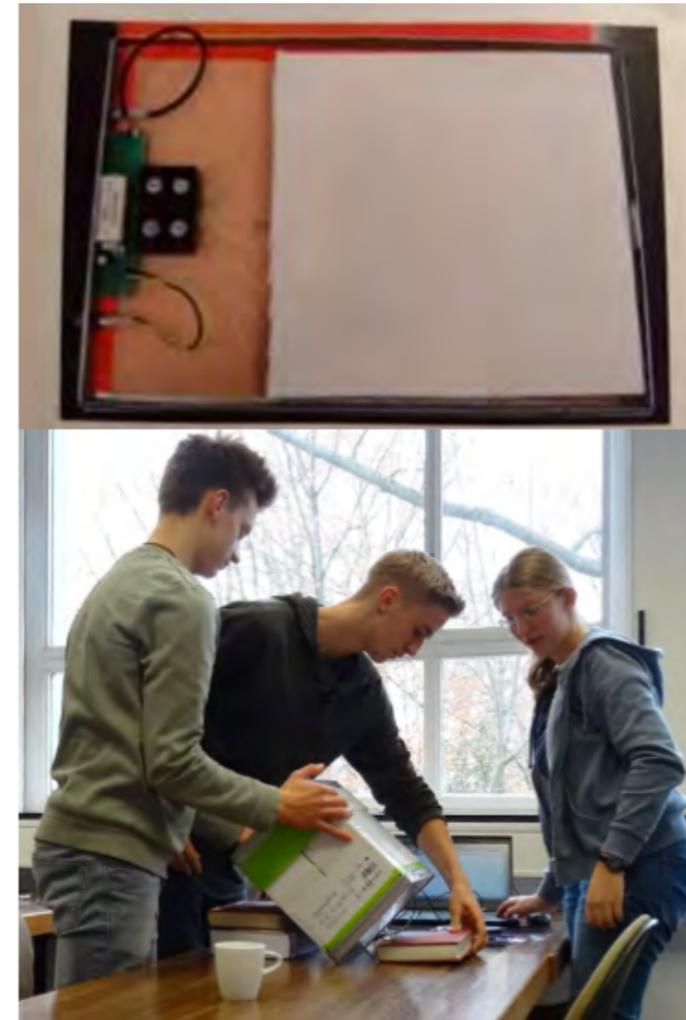
📌 Detectores

- 📌 1 SiPM + 1 placa de cintilador montados no interior de uma caixa de metal vedada

ANGULAR DISTRIBUTION OF COSMIC RAYS



Simplicidade



📌 Procedimento experimental (relato dos alunos)

- 📌 *quando múons incidem no cintilador, faíscas são coletadas pelos SiPMs que as converte em um sinal elétrico;*
- 📌 *este sinal é enviado em seguida para o computador e analisado por um software;*
- 📌 *nós precisamos de dois detectores para medir o ângulo de incidência;*
- 📌 *se um múon atravessar ambos os detectores nós conhecemos a direção de incidência;*
- 📌 *assim, nós colocamos um detector na base e o outro no topo de uma caixa de papelão;*

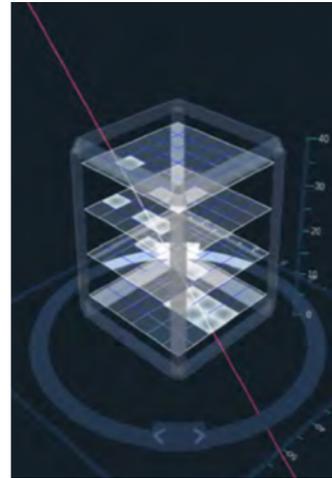
- 📌 *com a ajuda de alguns livros, nós pudemos posicionar o detector in vários ângulos durante determinado intervalo de tempo;*
- 📌 *nós medimos os muons incidentes em 0° , 30° , 45° , 60° , 90° ;*
- 📌 *cada grupo preparou seus resultados num painel demonstrando a taxa de múons incidentes;*
- 📌 *esta taxa é calculada dividindo-se o número de múons pelo intervalo de tempo da medida;*
- 📌 *ao plotarmos esta taxa pelo ângulo da medida demonstramos a distribuição angular de múons cósmicos.*

Outra montagem



Aparato experimental

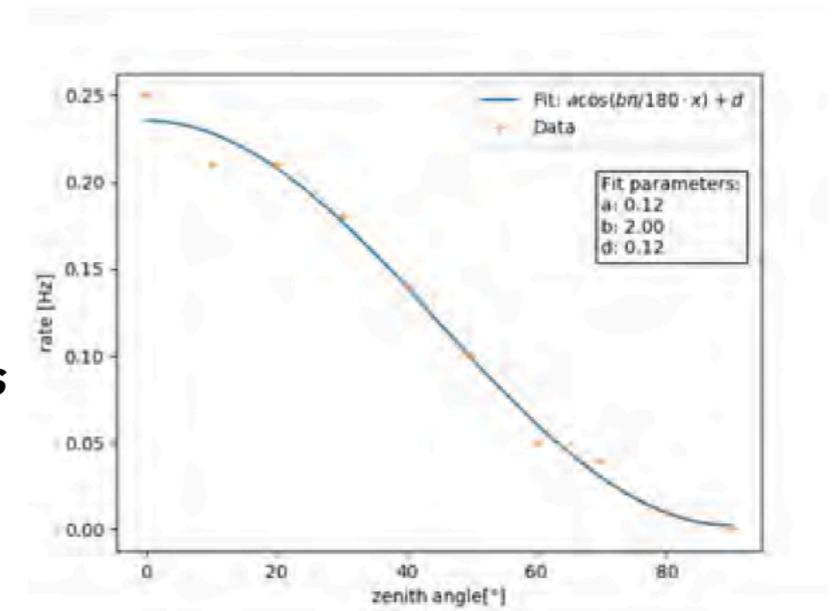
- 4 placas de cintiladores;
- 1 PMT;
- placas montadas numa moldura que permite variar o ângulo de zênite durante a medida de fluxo;



- software 'Muonic' checa os dados para eventos que ocorreram nas quatro placas aproximadamente ao mesmo tempo
- medida da quantidade de múons durante certo intervalo de tempo.

Análise e resultados (relato dos alunos)

- a taxa de múons cósmicos diminui com o aumento do ângulo de zênite;**
- nós discutimos como descrever a curva teórica e testamos algumas possibilidades, tendo decidido por utilizar a dependência com o $\cos^2\theta$**



Criatividade e outras possibilidades



📌 "Hamster wheel" para variar o ângulo de zênite

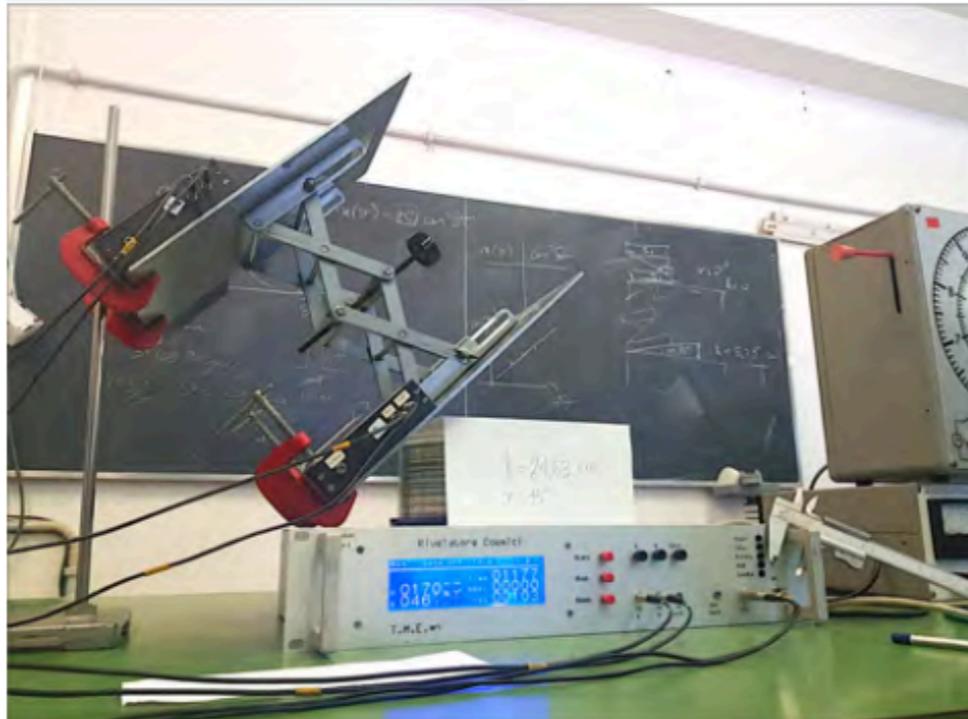
📌 "Kamiokanne" para medir múons com a ajuda de uma garrafa térmica e um cintilador a partir do Efeito Cherenkov



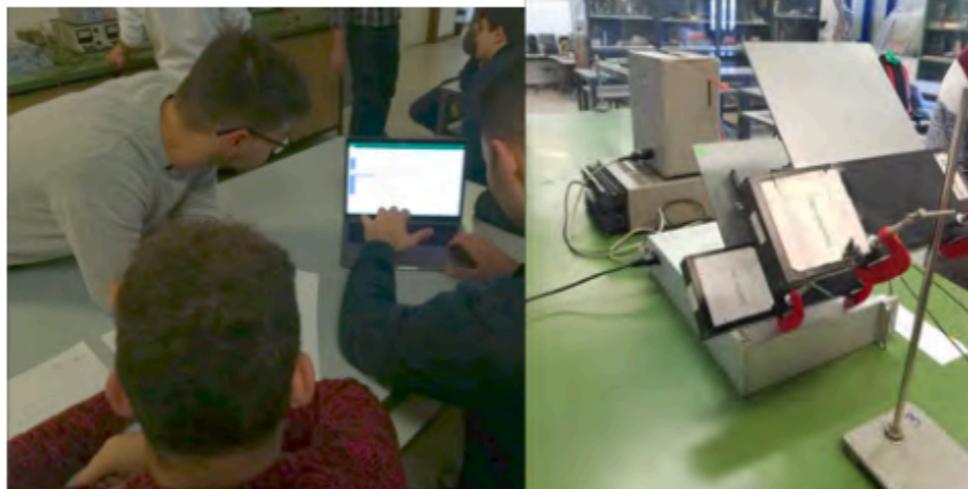
Resumindo...



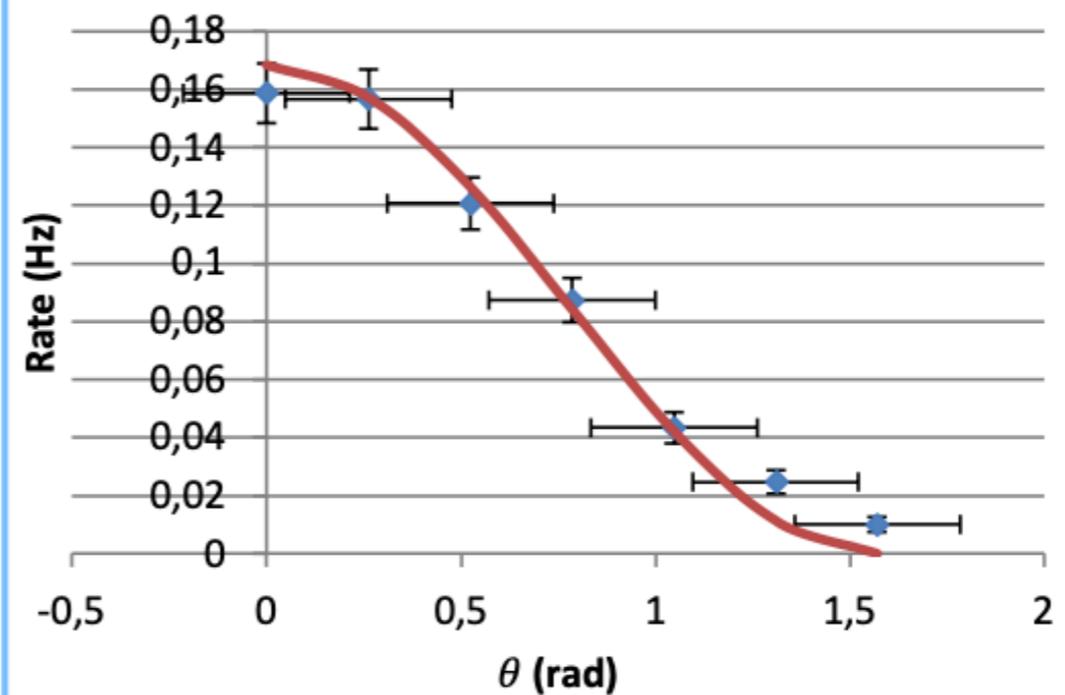
aparato que permite variar o ângulo



The scintillators and the detector



a análise de dados e os resultados



$$k = 0,168$$

$$f(\theta) = k \cos^2 \theta \quad \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$$

CHINA

Detectando múons ao nível do mar

📍 Extensive Air Showers ao nível do mar

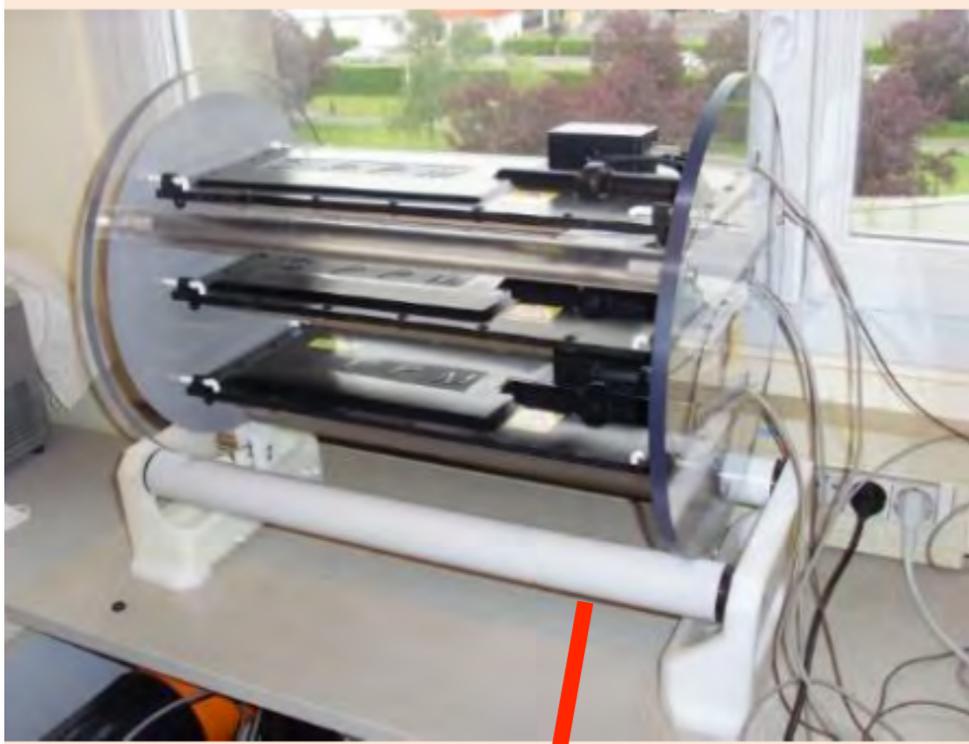
Table 1. Measurement data for EAS intensity

| sequence number i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Range of zenith angle | 0 °-10 ° | 10 °-20 ° | 20 °-30 ° | 30 °-40 ° | 40 °-50 ° | 50 °-60 ° | 60 °-70 ° | 70 °-80 ° | 80 °-90 ° |
| Mean of zenith angle | 5 ° | 15 ° | 25 ° | 35 ° | 45 ° | 55 ° | 65 ° | 75 ° | 85 ° |
| Measured counts in 5 days N_i | 1616 | 3971 | 4424 | 2889 | 1293 | 448 | 125 | 32 | 6 |
| Standard deviation of N_i σ_N | 40.20 | 63.02 | 66.51 | 53.75 | 35.96 | 21.17 | 11.2 | 5.7 | 2.4 |
| Covered sterad $\Omega(\text{sr})$ | 0.09546 | 0.2835 | 0.4629 | 0.6282 | 0.7744 | 0.8972 | 0.9926 | 1.058 | 1.091 |
| Intensity of EAS $I_i(\text{sr}^{-1} \cdot \text{day}^{-1} \cdot \text{m}^{-2})$ | 8.5 | 7.0 | 4.78 | 2.30 | 0.83 | 0.25 | 0.063 | 0.015 | 0.003 |
| Standard deviation of I_i σ_i | 0.21 | 0.11 | 0.072 | 0.043 | 0.023 | 0.012 | 0.006 | 0.003 | 0.001 |



- 📍 total de 9 cintiladores espaçados de 10 m;
- 📍 o sinal de cada detector é digitalizado;
- 📍 sistema contínuo de aquisição de dados;
- 📍 quando uma partícula atravessa o detector, o tempo do GPS, a amplitude do sinal e o número do detector são registrados.

Detectando múons abaixo da superfície



- Comparando número de múons detectados durante 300s na superfície e dentro de uma mina

