



Fundação de Amparo  
à Pesquisa do Estado da Bahia

# Marcel Lessa

Graduando em Física/ Bacharelado – Bolsista  
Fapesb

Orientador: Fermin de La Caridad Garcia  
Velasco

Projeto – Estudo das Ressonâncias Bariônicas em  
Reações Fotonucleares

# Aplicações do projeto

- Simulação das características das reações nucleares
- Geração de nêutrons por spallation para um Accelerator Driven System (ADS);
- Incineração de resíduos nucleares;
- Produção de radioisótopos para a física médica;
- Geração de energia.

O que é uma ressonância?

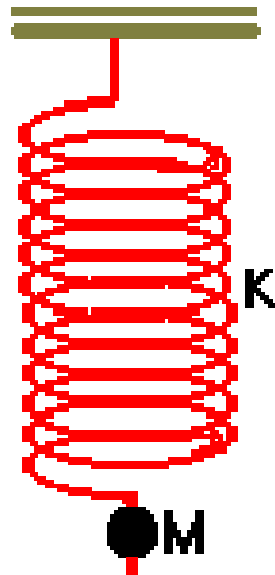
-Conceito geral

- Dois corpos em interação
- Condições em que a interação se dá de forma acentuada

# Osciladores

- Movimento em torno de uma posição de equilíbrio
- Frequência de oscilação

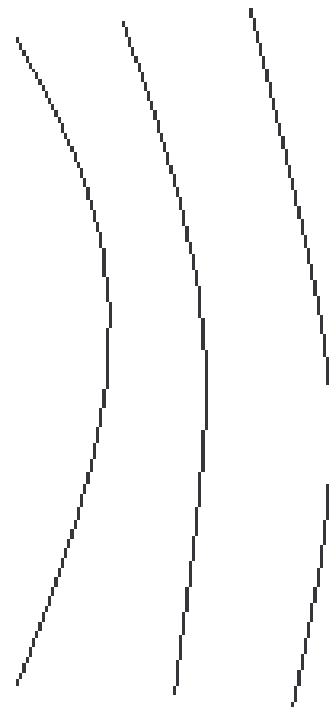
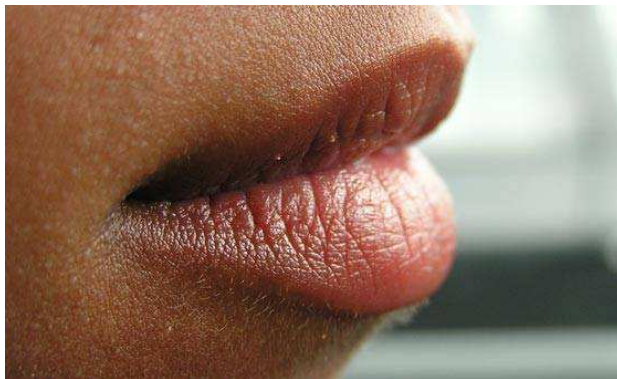
Ex: Mola com um peso suspenso



# Transferência de energia

- Sob condições particulares, há uma grande transferência de energia

Ex: Copo sendo quebrado apenas com a VOZ



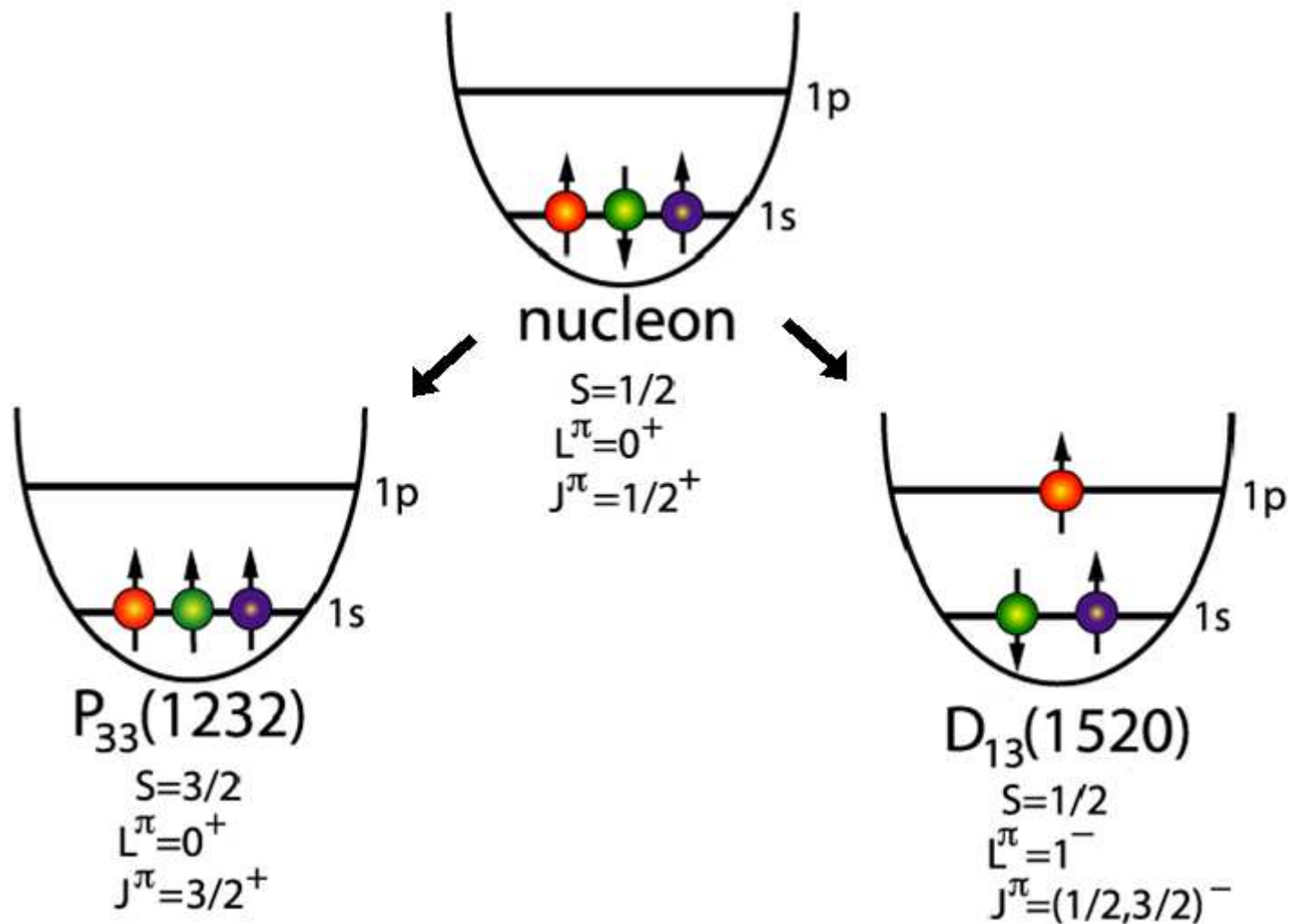
## Partículas sub-atômicas

- Hadrons: partículas formadas por quarks (mesons e bárions)
- Bárions: hadrons formados por 3 quarks (hyperons e nucleons)
- Nucleons: partículas que constituem o núcleo atômico
- Mesons: partículas compostas de par quark+anti-quark (kaons e píons)

## As Ressonâncias Bariônicas

- Estados excitados do nucleon
- Alteração do spin isotópico (isospin)
- Tendência a voltar ao estado fundamental
- Mudança de spin ou excitação orbital de um quark
- Liberação de mesons

# Alterações nos quarks





## Suas propriedades e características

- Decaimento via interação forte, liberando mesons
- Pequeno tempo de vida ( $10^{-23}$  s)
- Grande largura (100 a 300 Mev)
- Dentro do núcleo:
  - Variação de massa pelo movimento de Fermi;
  - Largura encurtada pelo bloqueio de Pauli

## Suas propriedades e características

- A ressonância se propaga no núcleo
- Tempo de vida médio ( $\tau$ )

$$\Gamma\tau = \hbar$$

$\Gamma$  -> largura da ressonância

$$\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$$

$h$  -> constante de Planck

# Nomenclatura

$$L_{2|2J}(W)$$

L -> momento orbital angular do par nucleon – meson da ressonância (S=0,P=1,D=2,F=3)

I é o isospin

J é o momento angular total

W é a massa

Exemplo:

$$P_{33}(1232)$$

$$L = 1$$

$$I = 3/2$$

$$J = 3/2$$

$$W = 1232 \text{ MeV}$$

Classificação:

Delta-ressonâncias -> I = 3/2

N\*-ressonâncias -> I = 1/2

## Porque elas são de interesse

- Estudo das partículas liberadas
- São o principal mecanismo de interação nas reações fotonucleares, em energias intermediárias (200 a 1200 KeV)
- Permitem entender a evolução da cascata intranuclear

## Descrição matemática

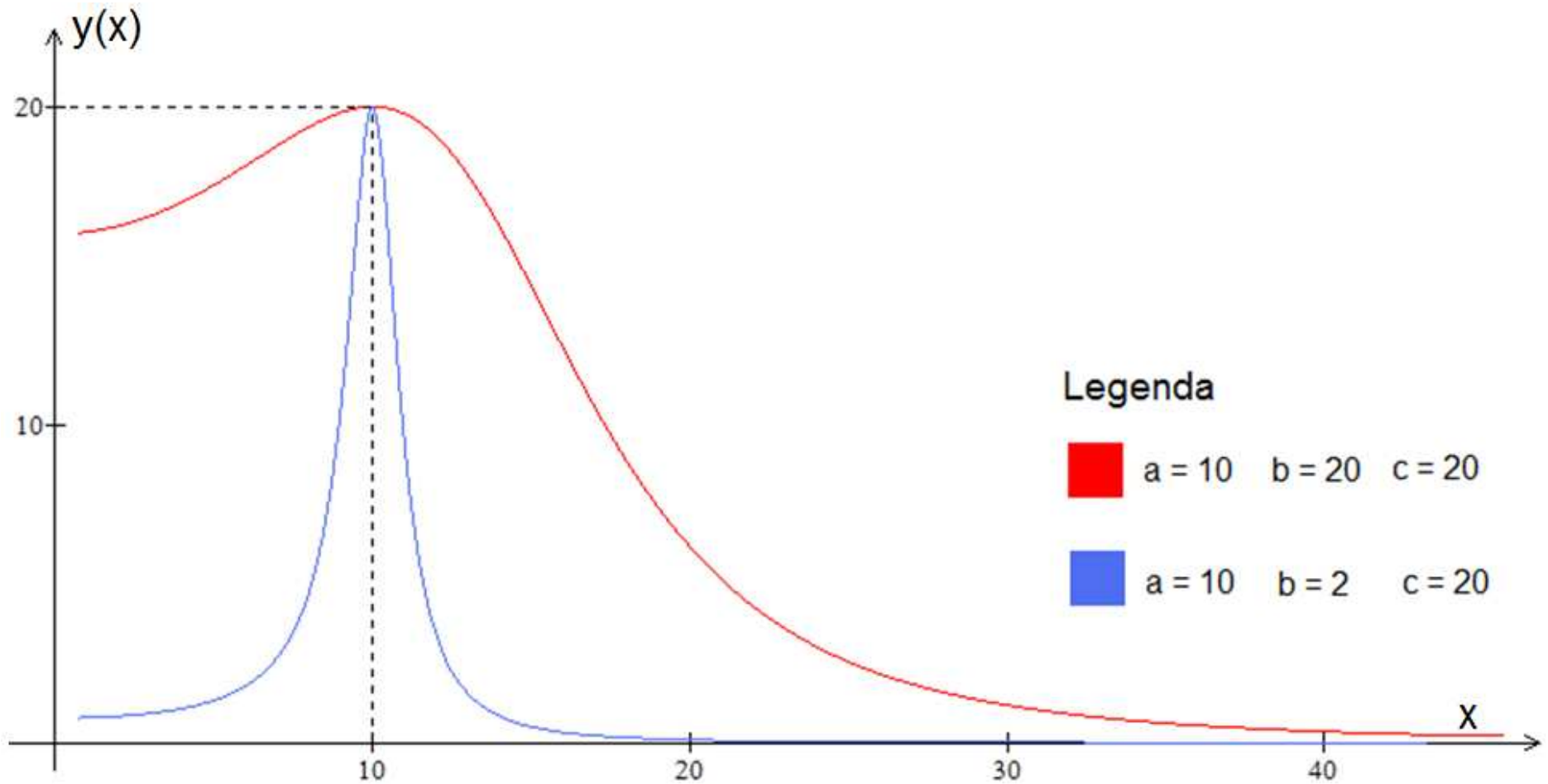
Curvas do tipo:

$$y(x) = \frac{c \cdot a^2 \cdot b^2}{(x^2 - a^2)^2 + a^2 \cdot b^2}$$

onde a,b,c são constantes

- c é o valor máximo da função;
- O valor máximo ocorre em  $x = a$ ;

# Forma do gráfico



## Seção de choque das ressonâncias

Breit-Wigner,

$$\sigma(E) = \frac{\sigma_0 \cdot M^2 \cdot \Gamma^2}{(E^2 - M^2)^2 + M^2 \cdot \Gamma^2}$$

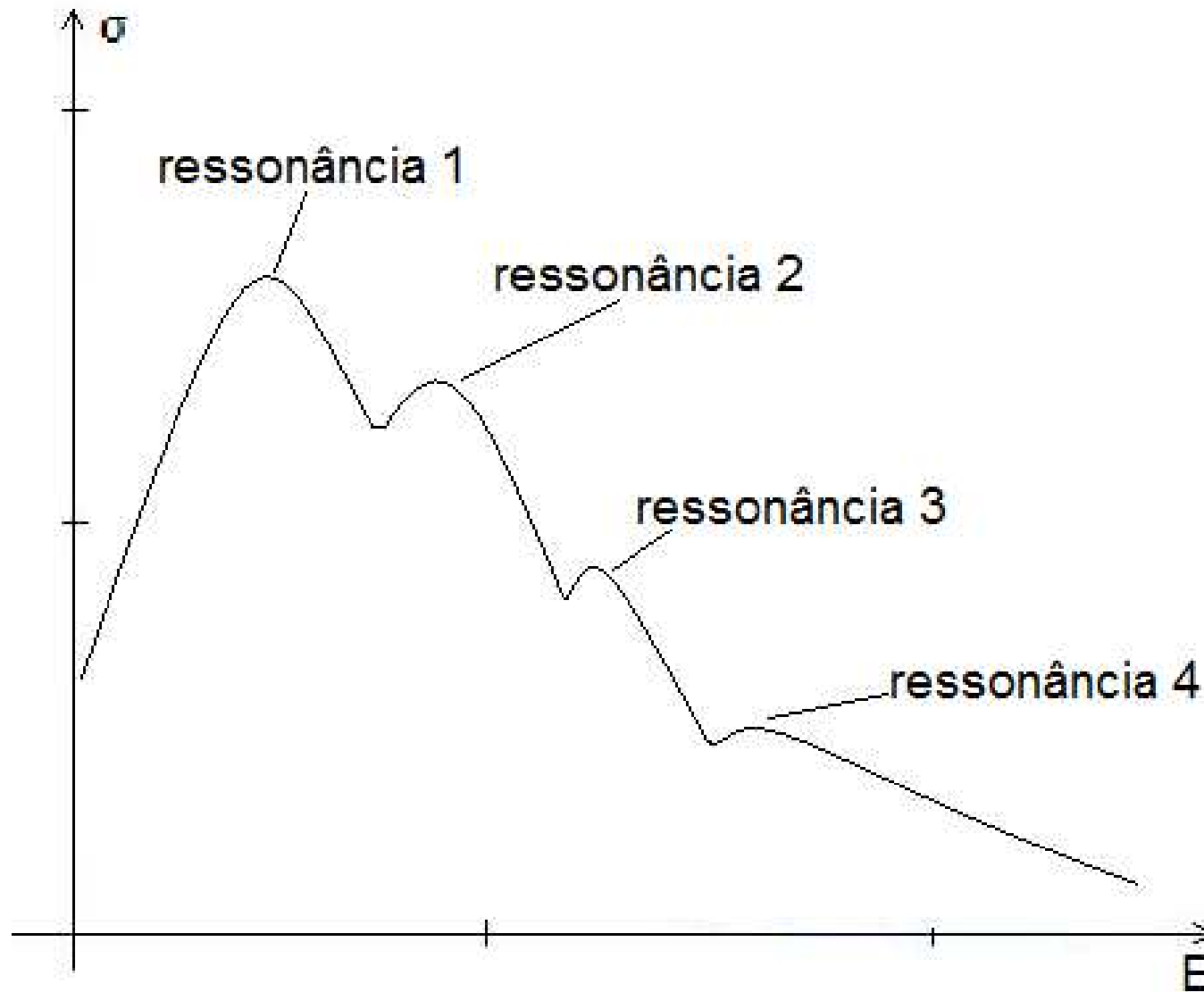
$M$  = massa da ressonância

$\Gamma$  = largura da ressonância

$E$  = energia da partícula incidente

$\sigma_0$  é a seção de choque máxima

# O gráfico seção de choque X energia





## Com quais estou trabalhando

Delta(1232) P33

N(1535) S11

N(1440) P11

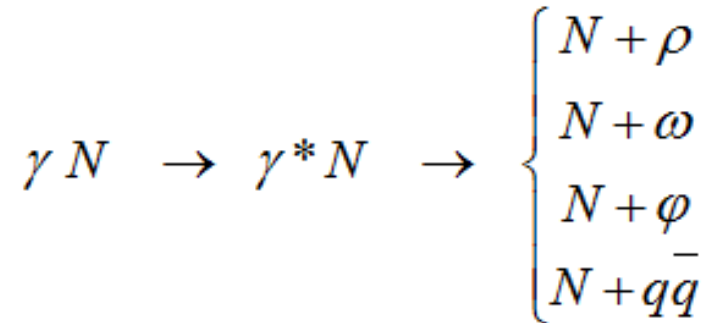
N(1950) F37

N(1520) D13

quasi-deuteron

N(1680) F15

deutério



- $P_{33}$
- Segunda região de ressonâncias

$P_{11}$  (1440),  $D_{13}$  (1520) e  $S_{11}$  (1535)

600 a 900 Mev de energia de excitação do fóton

$$P_{33}$$

- Alinhamento paralelo dos três quarks
- Ressonância mais bem compreendida

## $P_{11}$ - A ressonância de Roper

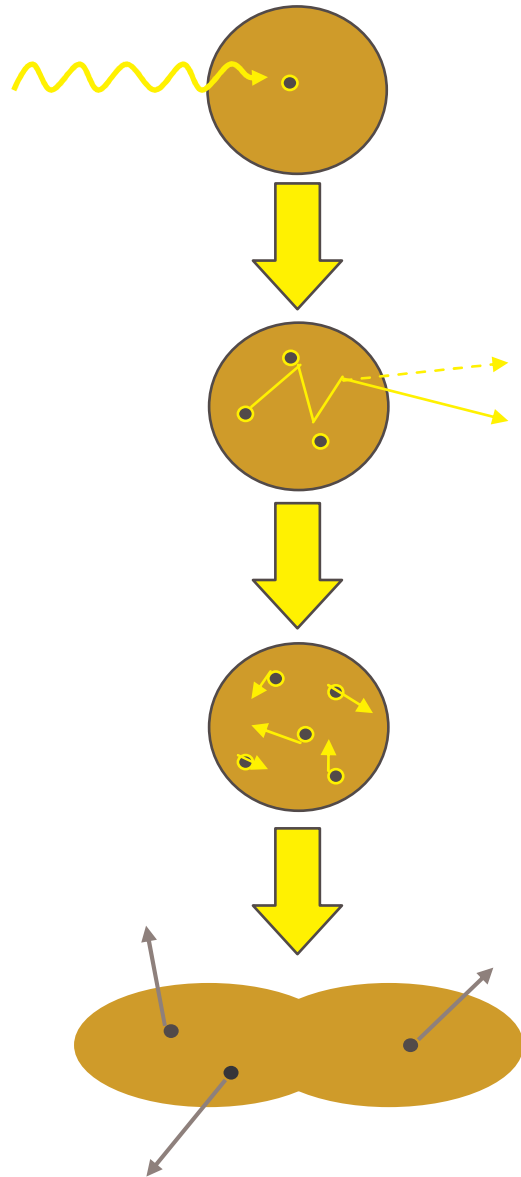
### $P_{11}(1440)$

- Descoberta em 1963 no Lawrence Livermore National Laboratory, na tese de Ph.D de L. David Roper
- $\Gamma \approx 300$
- Tempo de vida curto, decaindo num sistema cuja soma das massas é menor que a massa original
- Em geral decai em um nucleon + 1 pión, num nucleon + 2 pions, ou  $\Delta$  + 1 pión.

## $D_{13}$ (1520)

- Por estarem próximas e terem larguras relativamente grandes, há sobreposição com as ressonâncias  $P_{11}$  (1440) e  $S_{11}$  (1535), formando a segunda região de ressonâncias
- Decai em mesons  $\eta$
- $\Gamma \approx 124$

## - A Reação Nuclear



■ Interação primária da partícula incidente

■ Cascata intra-nuclear

■ Formação do núcleo composto –  
distribuição uniforme da energia de  
excitação

■ Competição entre evaporação e fissão

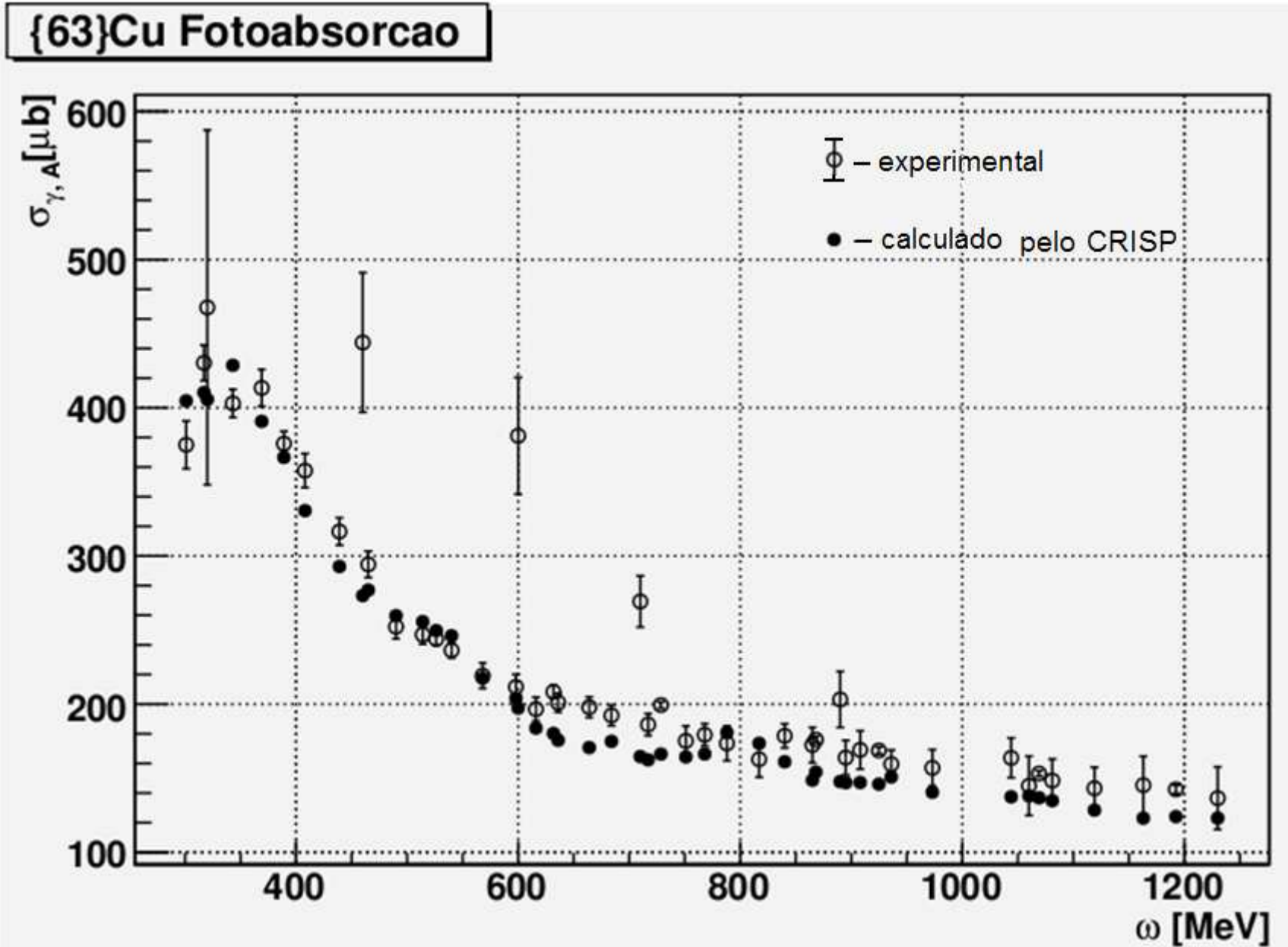
## O Código CRISP

- Código computacional escrito em C++
- Simula as interações primárias e secundárias da cascata

## Estado final do núcleo

- Dados de entrada para o MCEF
- Energia, massa, Z finais do núcleo
- Emissão de nucleons, ou não
- Energia uniformemente distribuída entre os nucleons

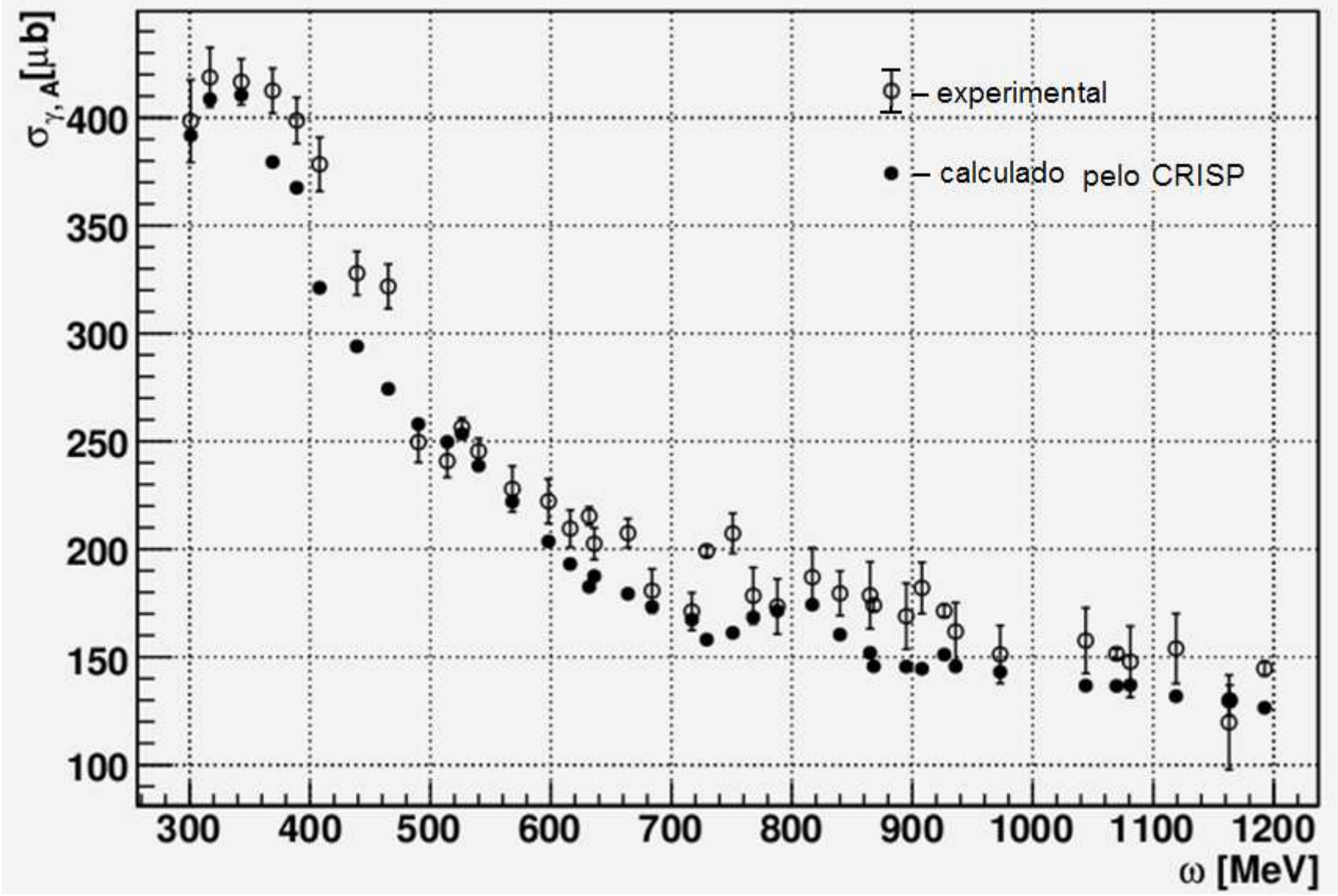
- Resultados atuais -> Cu63;



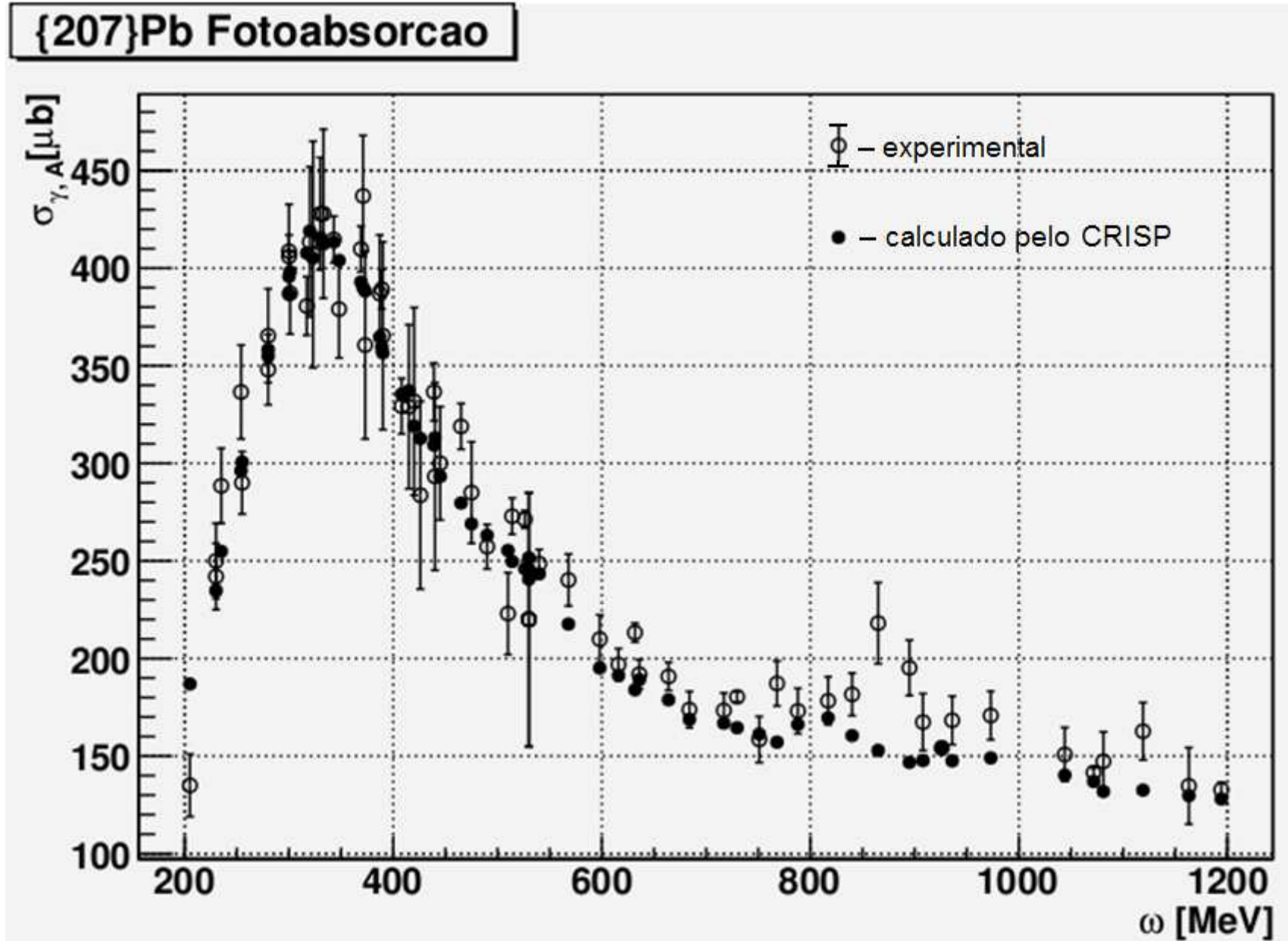


- Resultados atuais -> Sn112;

**{118}Sn Fotoabsorcao**



- Resultados atuais -> Pb208;



## O que estou fazendo com elas

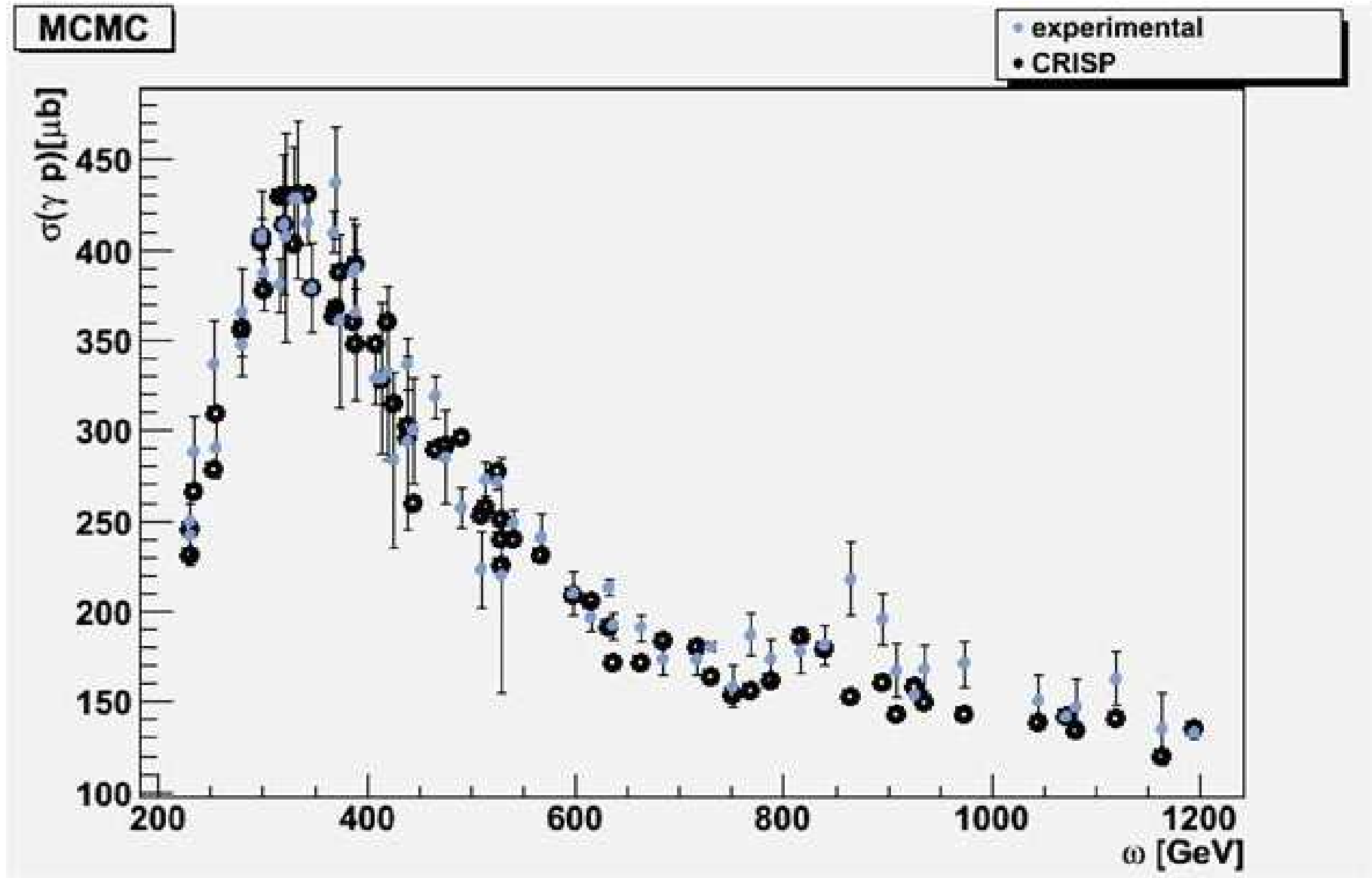
- Estudo das ressonâncias bariônicas
- Cálculo da seção de choque de absorção de fótons
- Ajuste dos parâmetros de variação de massa e largura

## Ajuste dos parâmetros

- Pacote computacional
- Usado para ajustar os parâmetros de variação de massa e largura
- Recentemente implementado para uso no Cluster

# Primeiro Resultado do Cluster – 1 história

## - Pb 208



## Próximos passos

- Execução do Minuit para os núcleos com dados experimentais disponíveis na literatura
- Análise dos resultados
- Resolução de possíveis problemas

# Ferramentas necessárias

- ROOT/CINT

- Linux

- CRISP

- Minuit

Agradeço a atenção!

Fim

17 de abril de 2009