



Estudo da Produção Nuclear de Píons a Energias Intermediárias e Altas pelo Método de Monte Carlo

Eudar Batista Hernández

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

13 de Dezembro de 2017



Objetivo

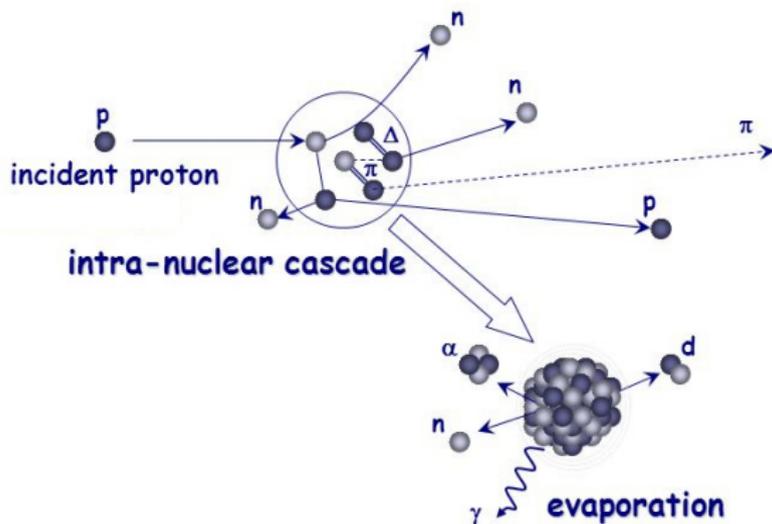
Estudar a dupla produção de píons em reações nucleares com $\sqrt{s} = 0.5 - 2.5 GeV$.

Materiais e Métodos

- **CRISP** (Colaboração Rio-Ilhéus-São Paulo)
Código de Monte Carlo escrito em C++ para simulação de reações nucleares.
- **UrQMD** (Ultrarelativistic Quantum Molecular Dynamics)
Modelo microscópico para calcular as seções de choque de formação de ressonâncias.

Resultados

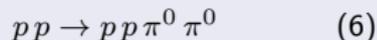
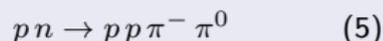
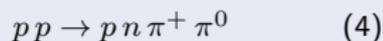
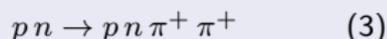
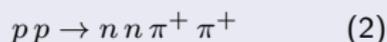
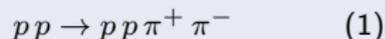
- Implementação em C++ dos cálculos de seção de choque de formação de ressonâncias.
- Inclusão dos novos canais de produção dupla de píons no CRISP.



- Interação primária e secundárias.
- Efeitos na superfície.
- Bloqueio de Pauli
- Termalização.



Reações nucleares estudadas



Canais internos contribuindo nas reações

Canal direto ($NN \rightarrow N + N + \pi + \pi$)

*Ressonâncias Δ^** ($NN \rightarrow \Delta^* + N$)

*Ressonâncias N^** ($NN \rightarrow N^* + N$)

Dupla ressonância ($NN \rightarrow \Delta + \Delta^*$)

Dupla ressonância ($NN \rightarrow \Delta + N^*$)



No UrQMD a seção de choque é parametrizada com base em considerações simples do espaço de fase e os parâmetros livres são ajustados aos dados experimentais.

$$\sigma_{1,2 \rightarrow 3,4}(\sqrt{s}) \sim (2S_3 + 1)(2S_4 + 1) \frac{\langle p_{3,4} \rangle}{\langle p_{1,2} \rangle} \frac{1}{(\sqrt{s})^2} |M(m_3, m_4)|^2$$

$$\text{onde } \langle p_{3,4}(\sqrt{s}) \rangle = p_{cms}(\sqrt{s}) = \frac{1}{2\sqrt{s}} \sqrt{(s - (m_3 + m_4)^2)(s - (m_3 - m_4)^2)}$$

Se 3 ou 4 são ressonâncias, temos em conta a distribuição de massa.

$$\langle p_{3,4}(\sqrt{s}) \rangle = \int \int p_{cms}(\sqrt{s}, m_3, m_4) A_3(m_3) A_4(m_4) dm_3 dm_4$$

$$\text{com } A_r(m) = \frac{1}{N} \frac{\Gamma(m)}{(m_r - m)^2 + \Gamma(m)^2/4} \quad ; \quad N = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Gamma(m)}{(m_r - m)^2 + \Gamma(m)^2/4} dm$$



Canal ($NN \rightarrow N\Delta$) :

$$|M(m_3, m_4)|^2 = A \frac{m_\Delta^2 \Gamma_\Delta^2}{((\sqrt{s})^2 - m_\Delta^2)^2 + m_\Delta^2 \Gamma_\Delta^2}$$

com $m_\Delta = 1.232 \text{ GeV}$, $\Gamma_\Delta = 0.115 \text{ GeV}$ e $A = 40000$

Canais $NN \rightarrow NN^*$, $NN \rightarrow N\Delta^*$, $NN \rightarrow \Delta N^*$ e $NN \rightarrow \Delta\Delta^*$

$$|M(m_3, m_4)|^2 = A \frac{1}{(m_4 - m_3)^2 (m_4 + m_3)^2}$$

com $A = 6.3$

Canal Delta-Delta ($NN \rightarrow \Delta_{1232}\Delta_{1232}$) :

$$|M(m_3, m_4)|^2 = A$$

com $A = 2.8$



Em UrQMD, a largura total de decaimento $\Gamma_{tot}(m)$ de uma ressonância está definida como a soma de todas as larguras dos decaimentos parciais e depende da massa da ressonância excitada:

$$\Gamma_{tot}(m) = \sum_{br=\{i,j\}}^{N_{br}} \Gamma_{i,j}(m)$$

As larguras $\Gamma_{i,j}(m)$ dos decaimentos parciais em cada um dos canais de saídas com partículas i e j são calculadas como sendo:

$$\Gamma_{i,j}(M) = \Gamma_R^{i,j} \frac{M_R}{M} \left(\frac{\langle p_{i,j}(M) \rangle}{\langle p_{i,j}(M_R) \rangle} \right)^{2l+1} \frac{1.2}{1 + 0.2 \left(\frac{\langle p_{i,j}(M) \rangle}{\langle p_{i,j}(M_R) \rangle} \right)^{2l}}$$

onde M_R representa a massa central da ressonância, $\Gamma_R^{i,j}$ seria a largura do decaimento parcial no canal i, j na massa central e l é o momento angular de decaimento do canal de saída.



Os valores de massas e larguras utilizadas para realizar os cálculos das seções de choque dentro da metodologia UrQMD são mostrados na seguinte tabela e foram tomados do PDG.

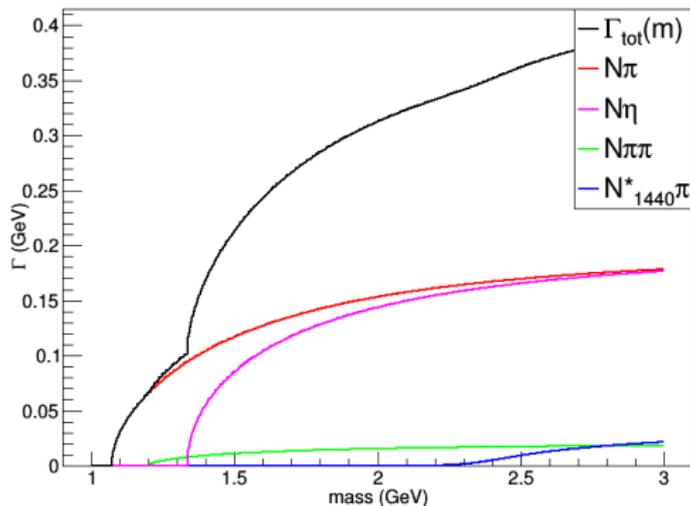
Res.	$M_R (GeV)$	$\Gamma_R (GeV)$	N_π	N_η	N_ω	N_ρ	$N_{\pi\pi}$	$\Delta_{1232\pi}$	$N_{1440\pi}^*$
N_{1440}^*	1.440	0.200	0.70				0.05	0.25	
N_{1520}^*	1.520	0.125	0.60				0.15	0.25	
N_{1535}^*	1.535	0.150	0.55	0.35			0.05		0.05
N_{1650}^*	1.650	0.150	0.65	0.05			0.05	0.10	0.05
N_{1675}^*	1.675	0.140	0.45					0.55	
N_{1680}^*	1.680	0.120	0.65				0.20	0.15	
N_{1700}^*	1.700	0.100	0.10	0.05		0.05	0.45	0.35	
N_{1710}^*	1.710	0.110	0.15	0.20		0.05	0.20	0.20	0.10
N_{1720}^*	1.720	0.150	0.15			0.25	0.45	0.10	
N_{1900}^*	1.870	0.500	0.35		0.55	0.05		0.05	
N_{1990}^*	1.990	0.550	0.05			0.15	0.25	0.30	0.15
N_{2080}^*	2.040	0.250	0.60	0.05		0.25	0.05	0.05	
N_{2190}^*	2.190	0.550	0.35			0.30	0.15	0.15	0.05
N_{2220}^*	2.220	0.550	0.35			0.25	0.20	0.20	
N_{2250}^*	2.250	0.470	0.30			0.25	0.20	0.20	0.05
Δ_{1232}	1.232	0.117	1.00						
Δ_{1600}^*	1.700	0.200	0.15					0.55	0.30
Δ_{1620}^*	1.675	0.180	0.25					0.60	0.15
Δ_{1700}^*	1.750	0.300	0.20			0.10		0.55	0.15
Δ_{1900}^*	1.850	0.240	0.30			0.15		0.30	0.25
Δ_{1905}^*	1.880	0.280	0.20			0.60		0.10	0.10
Δ_{1910}^*	1.900	0.250	0.35			0.40		0.15	0.10
Δ_{1920}^*	1.920	0.150	0.15			0.30		0.30	0.25
Δ_{1930}^*	1.930	0.250	0.20			0.25		0.25	0.30
Δ_{1950}^*	1.950	0.250	0.45			0.15		0.20	0.20

As massas e larguras estão em GeV e os outros valores são as larguras de decaimento em cada um dos canais correspondentes.

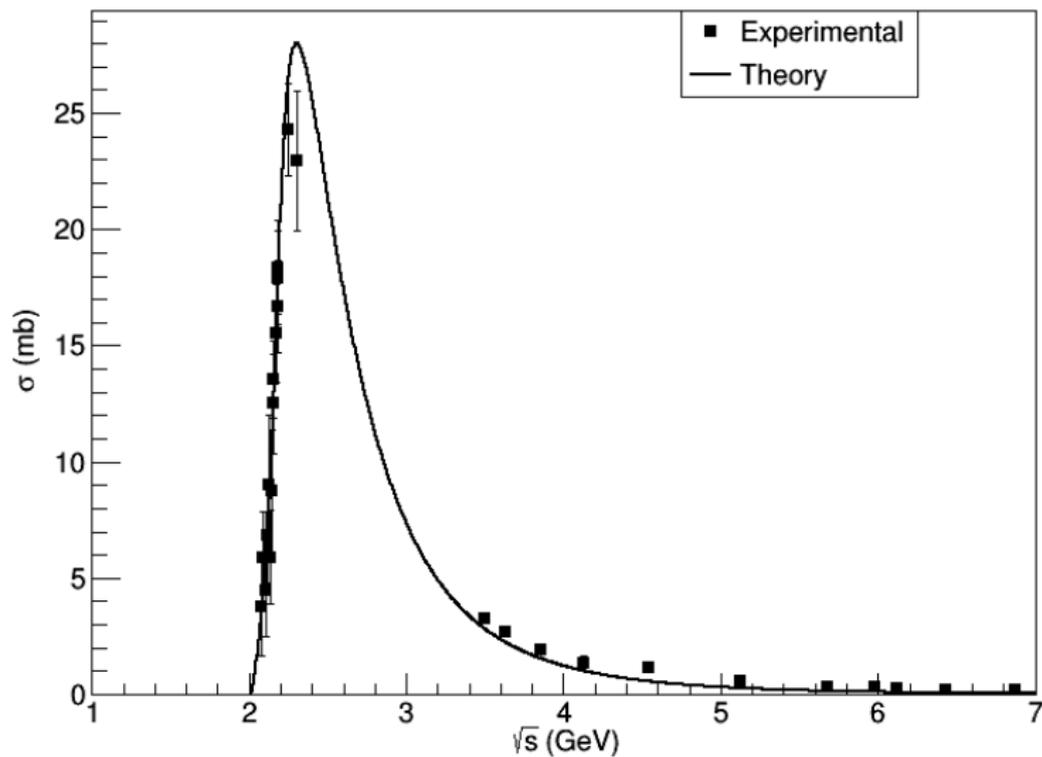


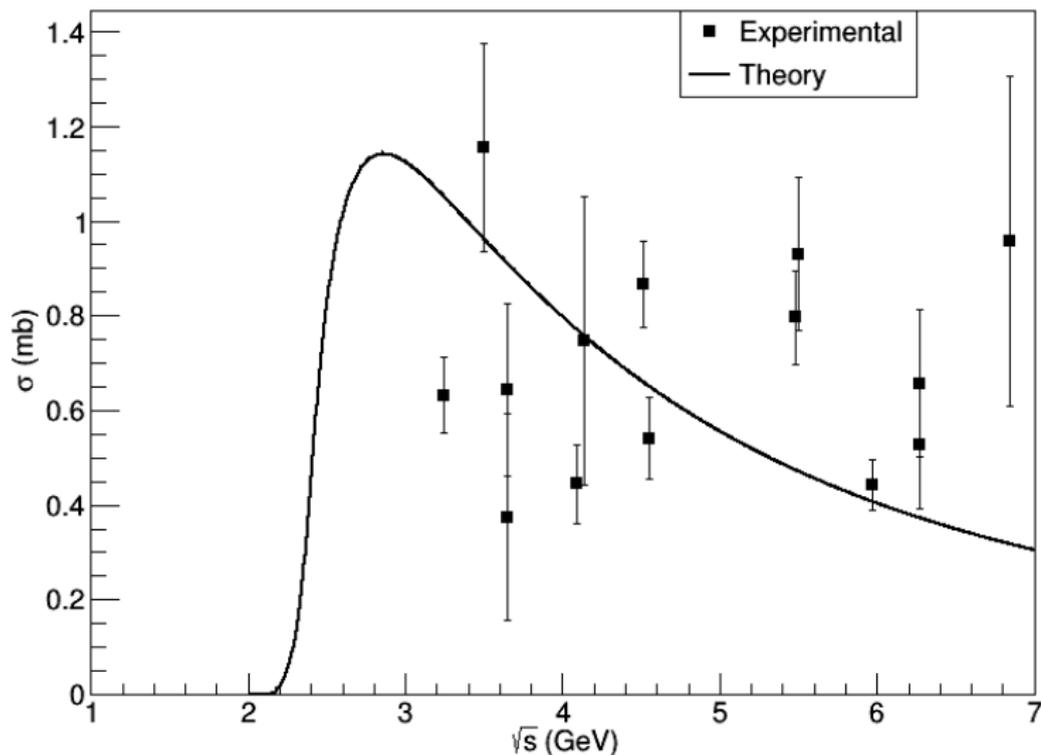
Ress.	$M_R(\text{GeV})$	$\Gamma_R(\text{GeV})$
ω	0.782	0.008
ρ	0.769	0.151
η	0.958	0.0002

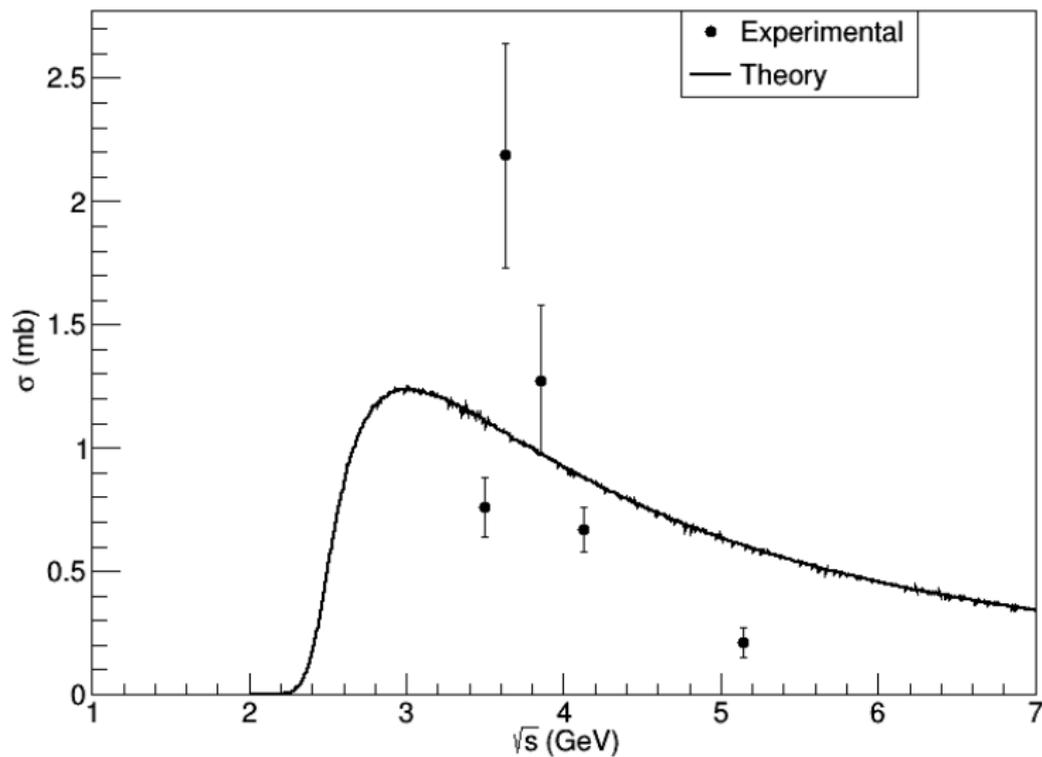
Massas e larguras para as ressonâncias mesônicas

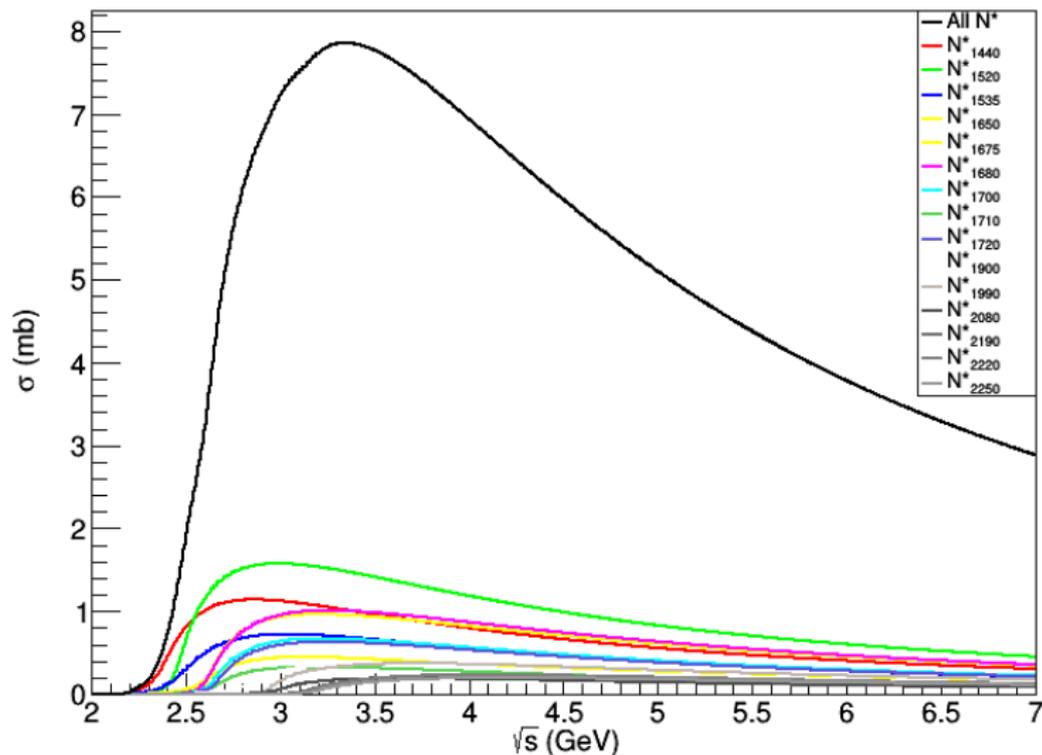


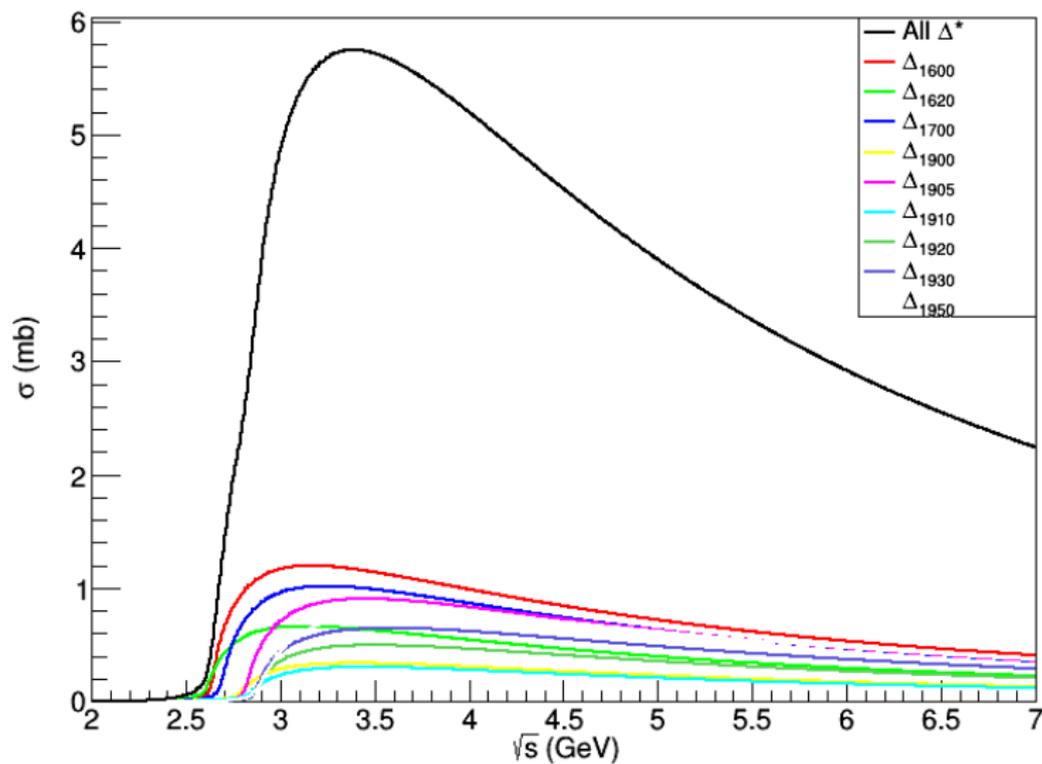
Largura parcial e total para o decaimento da N_{1535}^*

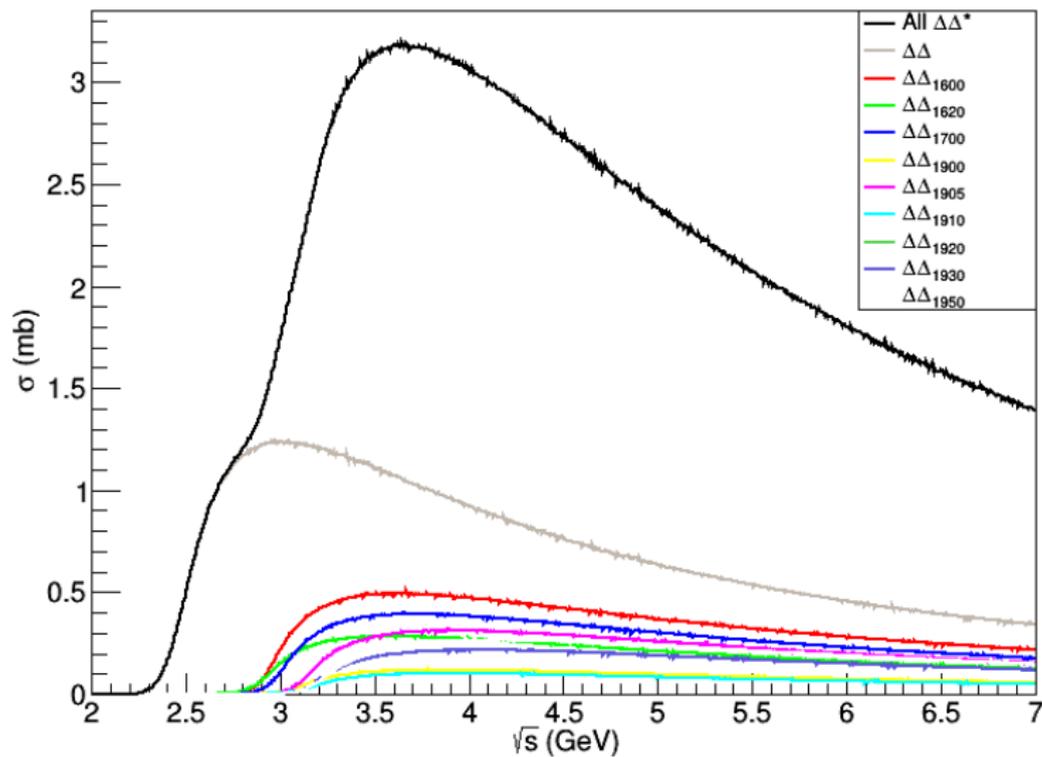


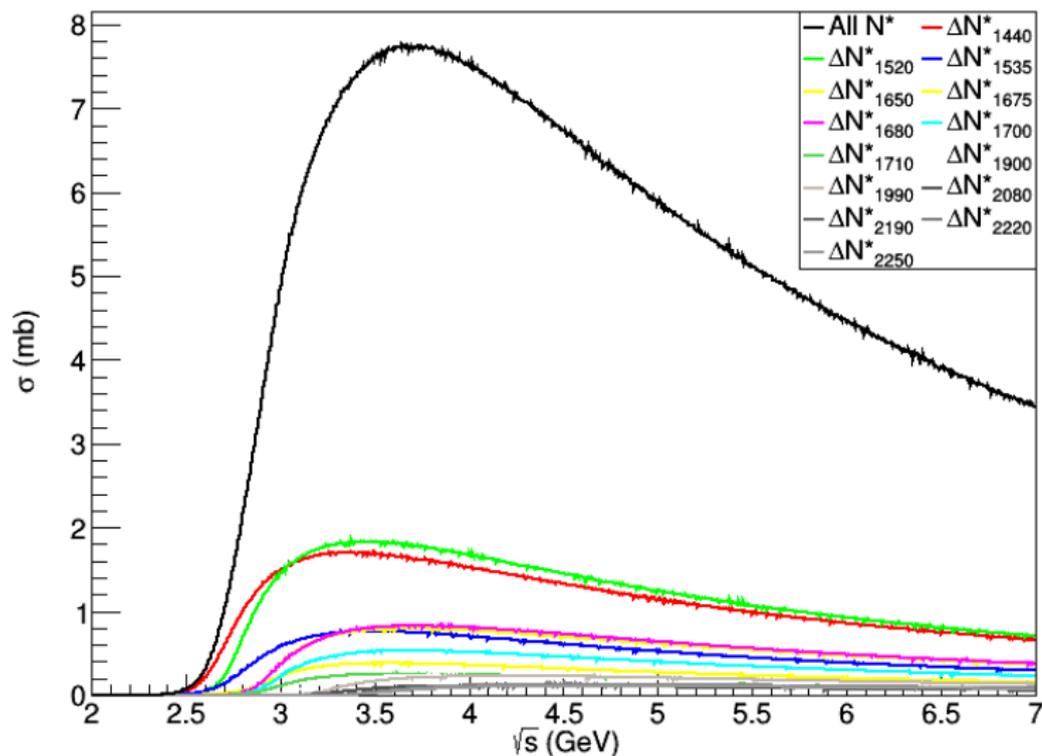


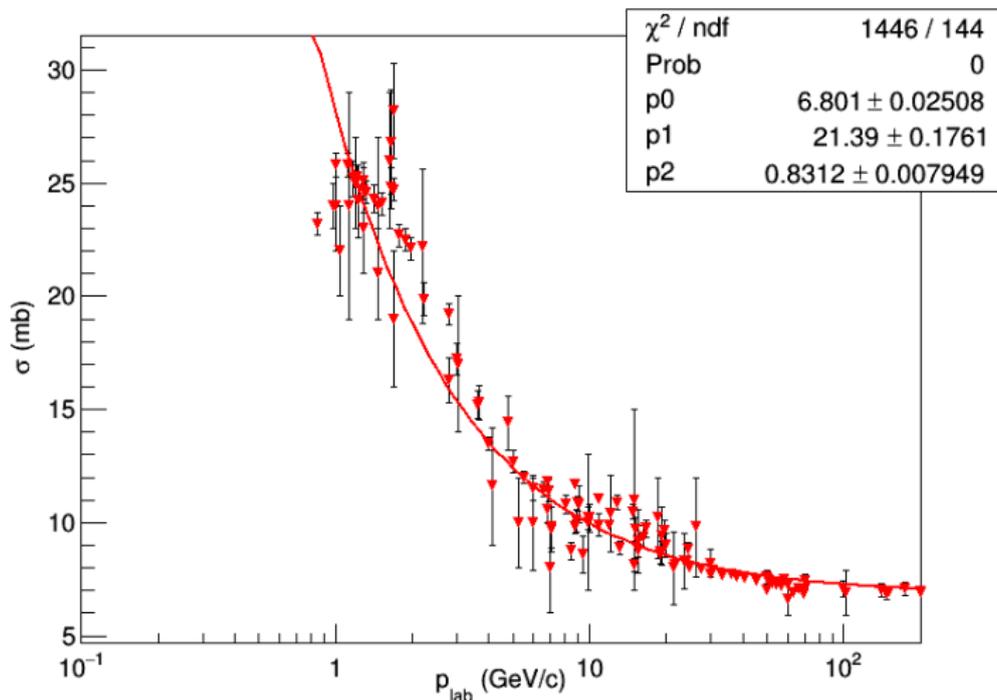




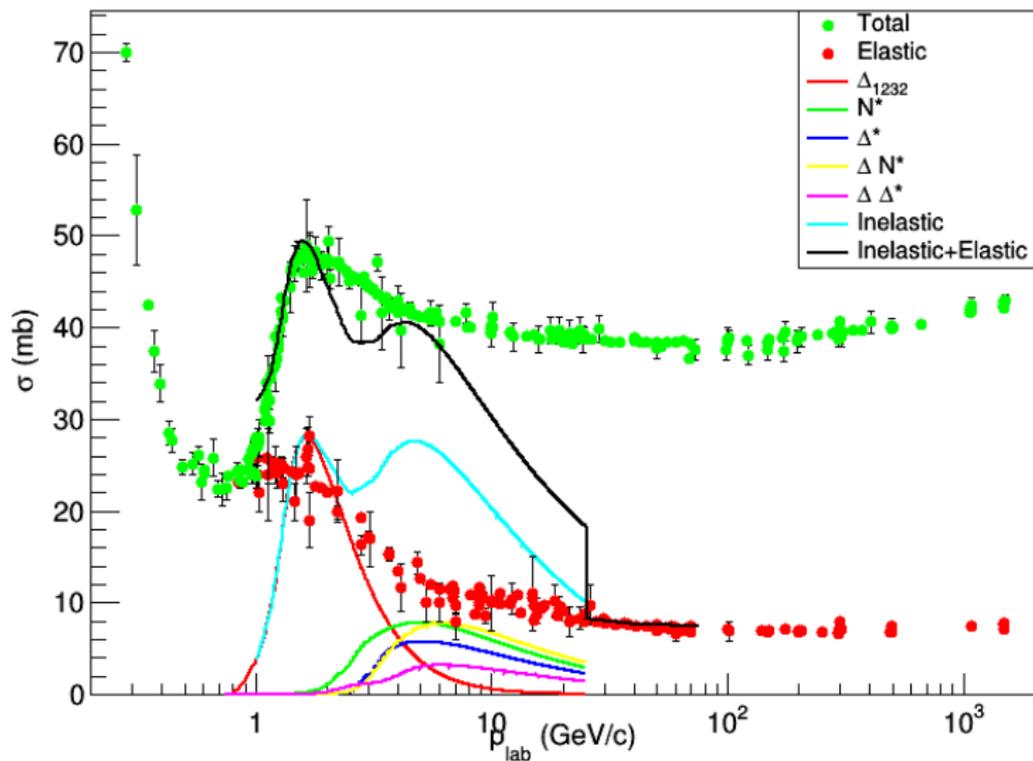


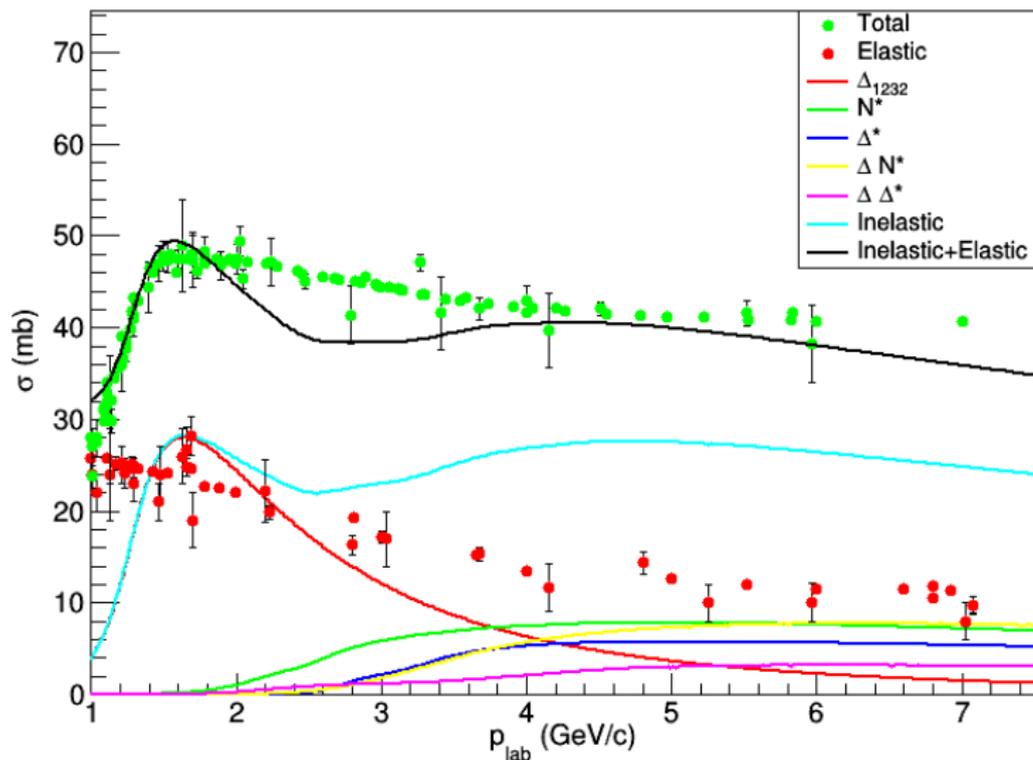


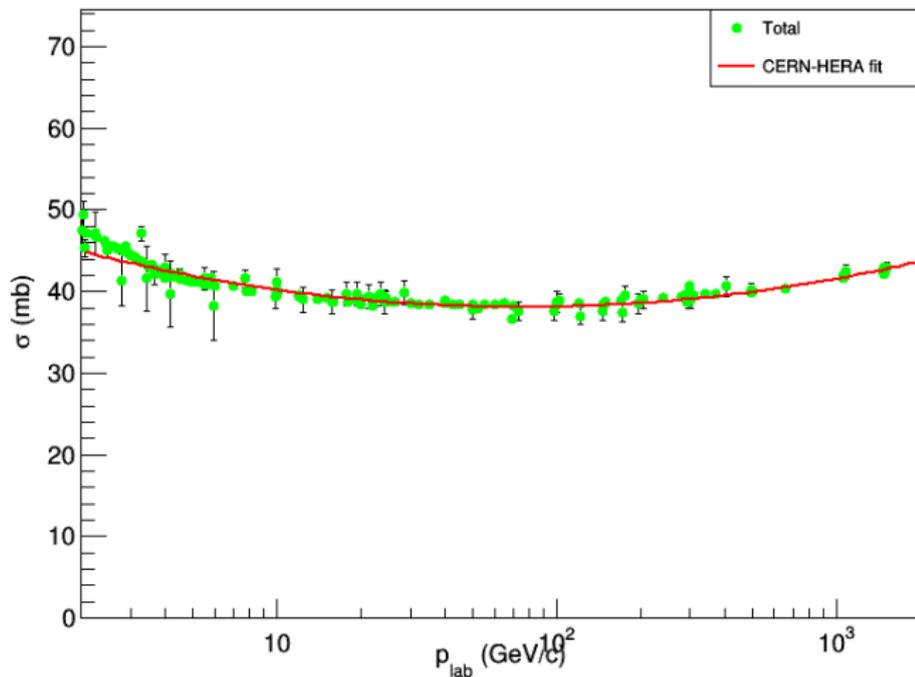




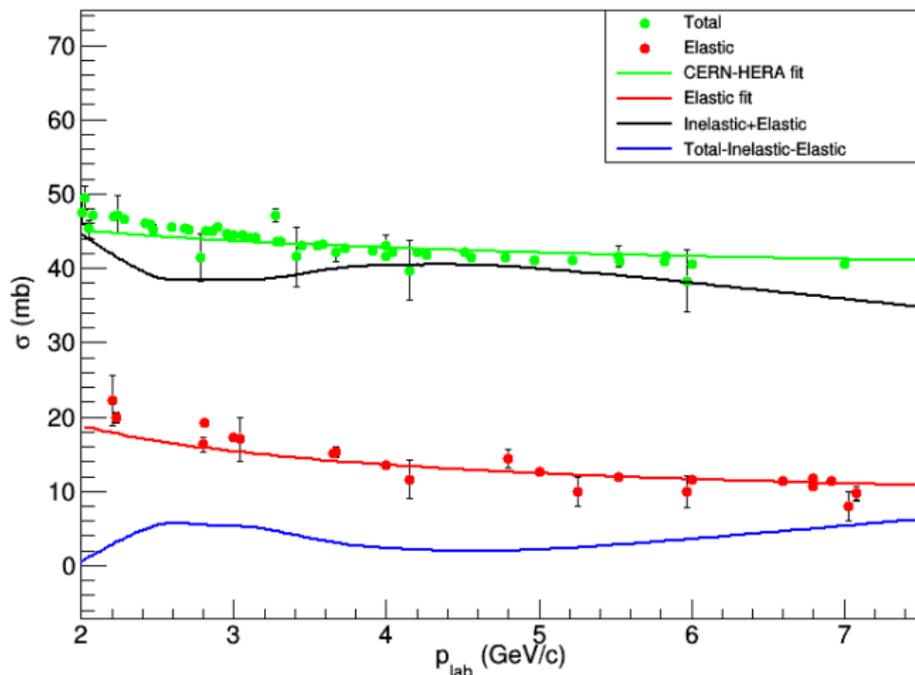
$$\sigma_{\text{elastica}} = p_0 + \frac{p_1}{x^{p_2}} \text{ com } p_0 = 6.801, p_1 = 21.39 \text{ e } p_2 = 0.8312$$







$\sigma_{total}(mb) = A + Bx^n + C \ln^2 x + D \ln x$ com $A = 48.0$, $B = 0$, $C = 0.522$, $D = -4.51$, $n = 0$ e x representa o p_{lab} em GeV/c . (Só válida para $p_{lab} > 2GeV/c$).



A diferença sugere algum ou alguns canais faltantes (ressonâncias?)



OBRIGADO