

Distribuição em p_T^2 na Fotoprodução de Charmonium em Rapidez Central para Colisões pp

Bruna Mezzari Carlos*
Orientadora: Maria Beatriz Gay Ducati
GFPAE/IF-UFRGS

*brunamcarlos@gmail.com

- Estudar a fotoprodução de J/Ψ e $\Psi(2S)$ ($c\bar{c}$) através da distribuição

$$\left. \frac{d^2\sigma}{dydp_T^2} \right|_{y=0}$$

- Colisões pp
- Energias de centro de massa $\sqrt{s} = 7$ e 13 TeV
- Formalismo de dipolos
- GBW e CGC

Variáveis cinemáticas

Introdução

Variáveis Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- Variáveis de Mandelstan em um processo de espalhamento de dois corpos [1]:

$$s = (p_1 + p_2)^2$$

$$t = (p_1 - p_3)^2 = (p_2 - p_4)^2$$

$$u = (p_1 - p_4)^2 = (p_2 - p_3)^2$$

- \sqrt{s} = energia do centro de massa

p_1 e $p_2 \rightarrow$ próton e fóton

$p_3 \rightarrow$ mésons

$p_4 \rightarrow$ próton inicial espalhado

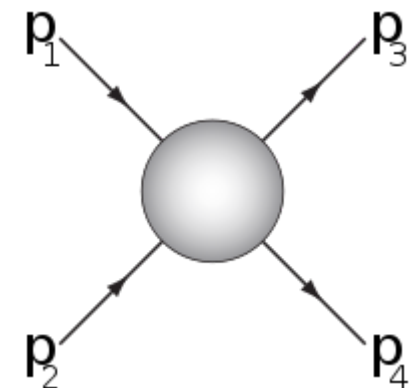


Figura 1: Interação de dois corpos

- P_T

- Nas variáveis do cone de luz [2]

- $p = (p^+, p^-, p_T) \longrightarrow$
$$p^- = p^0 - p^3$$
$$p^+ = p^0 + p^3$$
$$\vec{p}_\perp = (p^1, p^2)$$

- Em altas energias, $t \sim -p_T^2$ [1] do méson (Fig. 1)



Variáveis cinemáticas

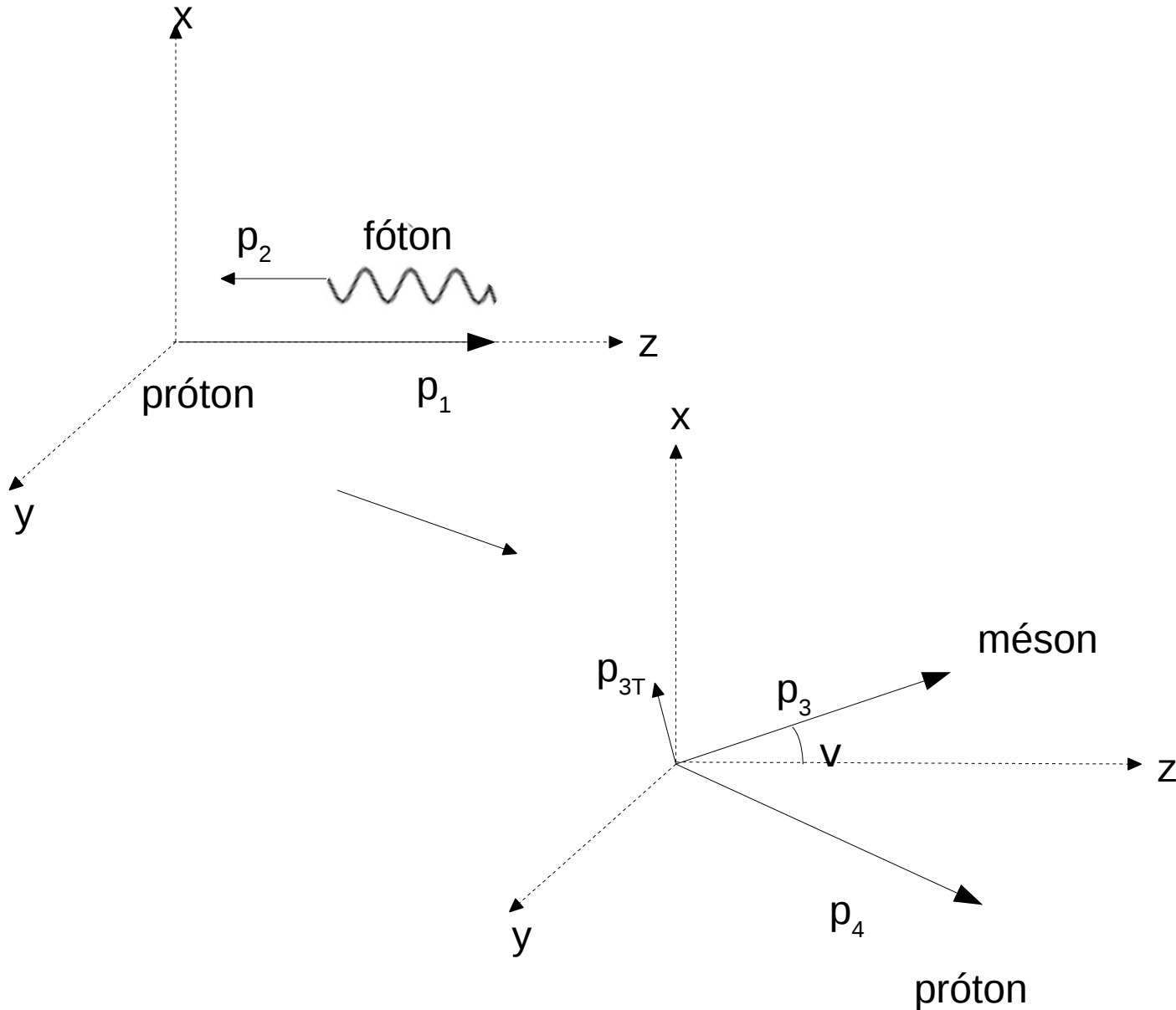
Introdução

Variáveis Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões



- Rapidez [3]

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{p^+}{p^-} = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p^z}{E - p^z}$$

Transformação aditiva para boosts na direção z

- Pseudo-rapidez

$$\eta = -\ln \tan \frac{\vartheta}{2}$$

- Para $|p_{\perp}| \gg m \rightarrow y \sim \eta$

- $E = \sqrt{m^2 + p_{\perp}^2} \cosh y$ [1]

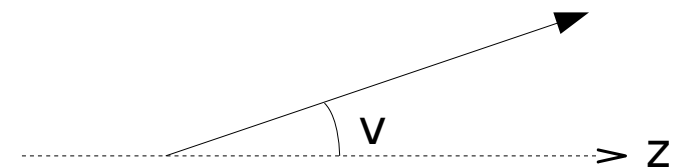


Figura 2: Trajetória de uma partícula em um ângulo em relação ao eixo z



Variáveis cinemáticas

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- $Q^2 = -t \rightarrow$ Virtualidade do fóton (momentum transferido)
- $x = \frac{Q^2}{2M\nu} \rightarrow$ variável de Bjorken (fração de momentum do próton) (M massa e ν energia transferida)

Colisões ultraperiféricas

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- Parâmetro de impacto b da ordem de 1 fm – colisões pp
- Fotoprodução exclusiva dominante ($Q^2 \rightarrow 0$)
- A massa dos mésons atua como escala perturbativa

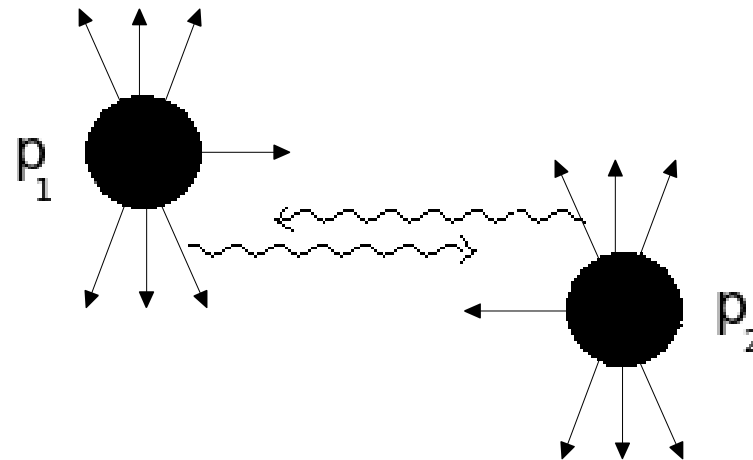


Figura 3: Colisão ultraperiférica entre dois prótons

Formalismo de Dipolos

- A amplitude de espalhamento para o processo $\gamma p \rightarrow \Psi(nS)p$, no limite de altas energias, pode ser descrita em três estágios [4]:
 - Flutuação do fóton em um par $q\bar{q}$ (dipolo)
 - Interação do dipolo com o alvo
 - Recombinação do par $q\bar{q}$ em um méson

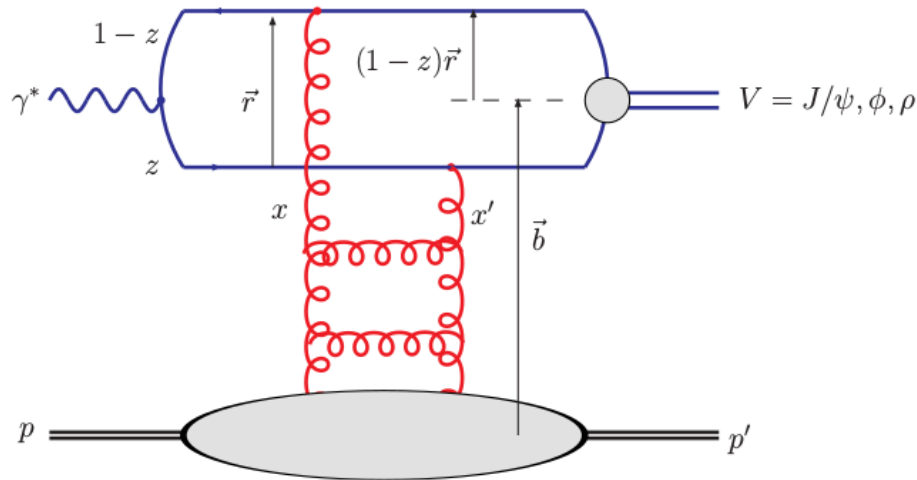


Figura 4: Representação da interação do dipolo com o próton e produção de méson vetorial, onde $z(1-z)$ representa a fração de momento do fóton carregada pelo quark(antiquark) e b é o parâmetro de impacto

Formalismo de Dipolos

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- A seção de choque do dipolo é dada por [5]

$$\sigma_{q\bar{q}}(x, r) = 2 \int A_{q\bar{q}}(x, r, b) d^2b$$

- $A_{q\bar{q}}$: amplitude de espalhamento do alvo-dipolo, descrita pelos modelos GBW e CGC
- r : tamanho transversal do dipolo
- $x = \frac{Q^2 + M_V^2}{Q^2 + W_{\gamma p}^2}$ variável de Bjorken corrigida para a produção de mésons vetoriais
- Q , virtualidade do fóton (momentum linear transferido); M_V , massa do méson; $W_{\gamma p}$, energia de CM na colisão fóton-próton

Formalismo de Dipolos

- Seções de choque de dipolo de cada um dos modelos [5]

$$\sigma_{q\bar{q}}^{GBW}(x, r) = \sigma_0 \left(1 - e^{-r^2 Q_s^2(x)/4} \right)$$

$$\sigma_{q\bar{q}}^{CGC}(x, r) = \sigma_0 \begin{cases} \mathcal{N}_0 \left(\frac{rQ_s}{2} \right)^{\gamma_{eff}(x, r)} & : rQ_s \leq 2 \\ 1 - e^{-A \ln^2(BrQ_s)} & : rQ_s > 2 \end{cases}$$

$$\sigma_{q\bar{q}}^{BCGC}(x, r) = 2 \int d^2b \begin{cases} \mathcal{N}_0 \left(\frac{rQ_s}{2} \right)^{\gamma_{eff}(x, r)} & : rQ_s(b) \leq 2 \\ 1 - e^{-A \ln^2(BrQ_s)} & : rQ_s(b) > 2 \end{cases}$$

Distribuição de Rapidez

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- A distribuição é dada [6]

$$\frac{d\sigma}{dy}(p + p \rightarrow p + V) = S^2 \left[\omega \frac{dN_{\omega}^p(\omega)}{d\omega} \sigma(\gamma p \rightarrow V + p) + (y \rightarrow -y) \right]$$

- S^2 : parâmetro que quantifica as correções de absorção (reempalhamento elástico) [7]
- $(y \rightarrow -y)$: representa a simetria presente no processo de colisão pp
- $dN_{\omega}^p(\omega)/d\omega$: fluxo de fótons para prótons com alta energia, calculado através do método de Weizsäcker-Williams [8]
- σ seção de choque total do processo.

[6] M. B. Gay Ducati, F. Kopp, M. V. T. Machado and S. Martins, Phys. Rev. D 94, no.9,094023 (2016) [arXiv:1610.06647 [hep-ph]].

[7] W. Schäfer, A. Szczurek, Phys. Rev. D76, 094014 (2007)

[8] C. A. Bertulani, S. R. Klein, J. Nystrand, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.55, 271 (2005)



Distribuição de Rapidez

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- Das representações CGC [9] e GBW [10], existem 5 parametrizações: GBW-old, GBW-ksx [11], CGC-old, CGC-new e BCGC, resultado da inclusão do parâmetro de impacto no modelo CGC [5].
- Para cada uma das parametrizações, foram consideradas duas formas da função de onda do méson vetorial: a Boosted Gaussian e a Gaus-LC (apenas para J/Ψ).

[9] E. Iancu, K. Itakura, S. Munier, Phys. Lett, B590, 199 (2004).

[10] K. Golec-Biernat and M. Wüsthoff, Phys. Rev. D59, 014017 (1998)

[11] M. Kozlov, A. Shoshi and W. Xiang, JHEP 0710, 020 (2007).

- A distribuição de momentum transverso quadrado é considerada [1],[5]

$$\frac{d\sigma^{\gamma^*p \rightarrow Vp}}{dp_T^2} \propto e^{-B_V |p_T^2|}$$

onde B_V , 'fator de 'slope', é um parâmetro fixo ajustado através de experimentos que caracteriza o tamanho da região de interação

- Na distribuição central ($y = 0$), a aproximação utilizada foi

$$\left. \frac{d^2\sigma}{dy dp_T^2} \right|_{y=0} \approx \left. \frac{d\sigma}{dy} \right|_{y=0} \cdot B_V(y = 0) e^{-B_V p_T^2}$$

Distribuição de rapidez central ($y=0$)

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

7 TeV/13 TeV	Boosted-Gaussian		Gaus-LC
	J/Ψ [nb]	$\Psi(2S)$ [nb]	J/Ψ [nb]
GBW-OLD	5.01/6.86	0.98/1.41	4.78/6.43
GBW-KSX	7.26/9.66	1.70/2.38	6.50/8.48
CGC-OLD	4.44/5.80	0.87/1.18	4.26/5.48
CGC-NEW	4.12/5.43	0.85/1.17	3.90/5.03
BCGC	3.79/4.70	0.79/1.02	3.56/4.36

Tabela 1: Resultados para $\frac{d\sigma}{dy}\Big|_{y=0}$

Introdução

Variáveis Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

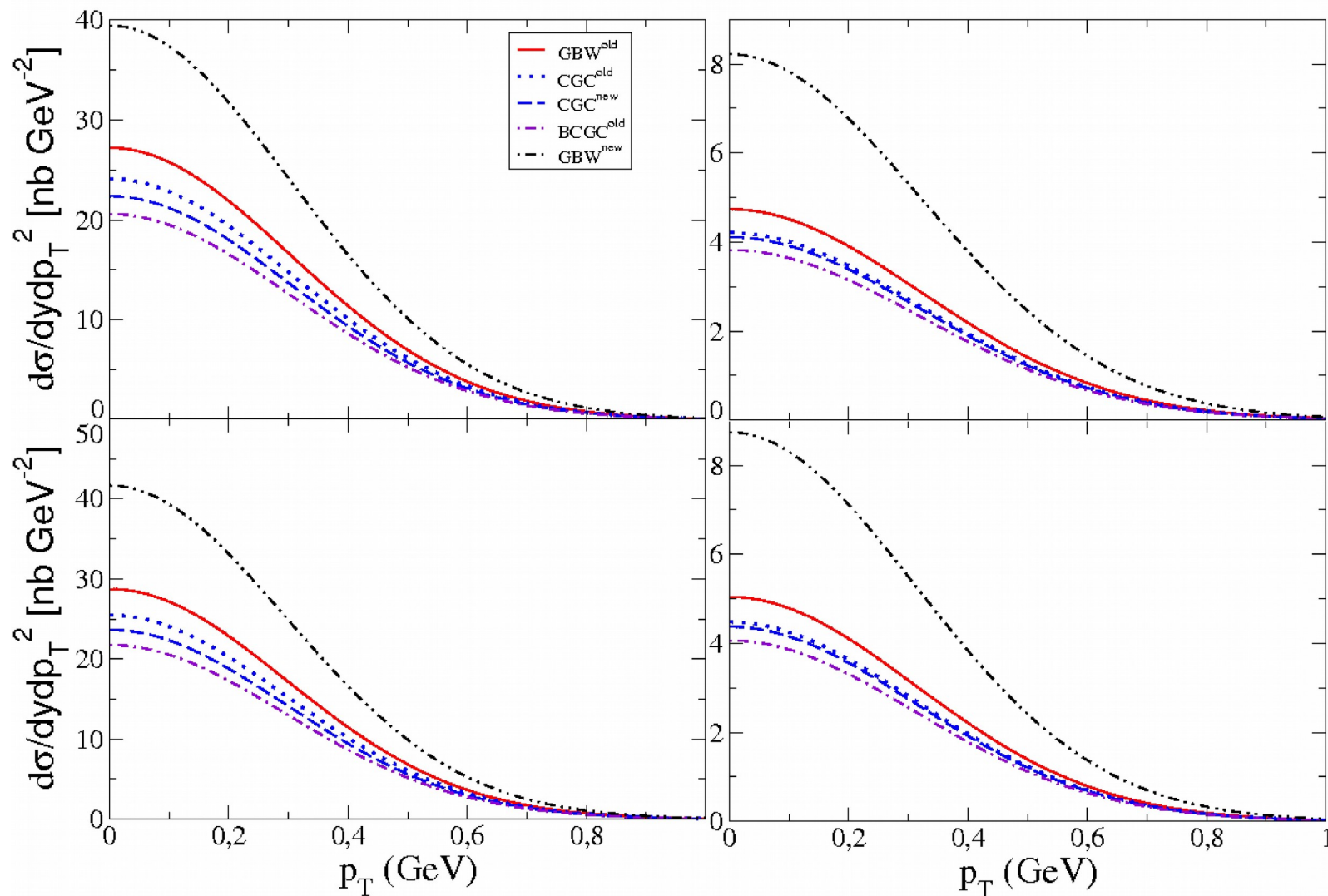


Figura 5: Boosted Gaussian - J/ψ (coluna da esquerda) e $\Psi(2S)$ (coluna da direita) com energias de centro de massa $\sqrt{s} = 7$ TeV (linha de cima) e $\sqrt{s} = 13$ TeV (linha de baixo)

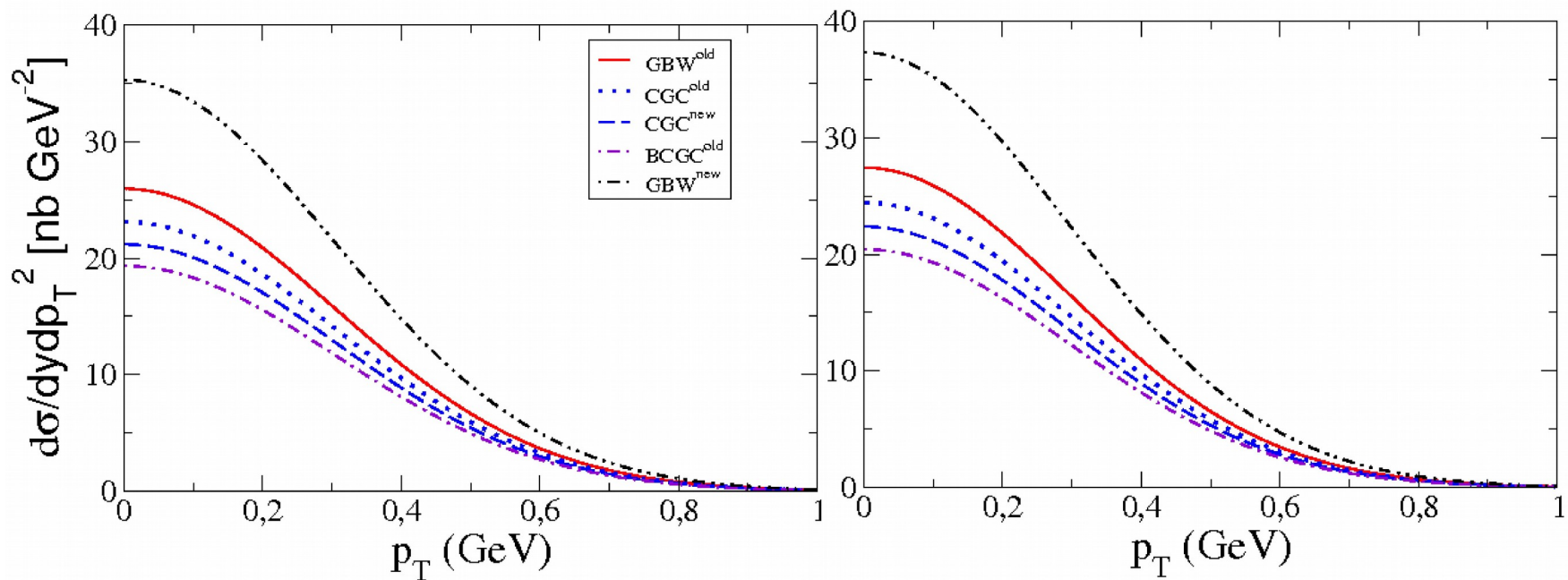


Figura 6: Gaus LC - J/ψ com energias de centro de massa $\sqrt{s} = 7$ TeV (coluna da esquerda) e $\sqrt{s} = 13$ TeV (coluna da direita)

Introdução

Variáveis
Cinemáticas

Formalismo

Resultados

Conclusões

- Os resultados encontrados corroboram com a distribuição gaussiana encontrada em [6]
- Gráficos para $\sqrt{s} = 13$ TeV similares aos apresentados em [12]
- As diferenças entre as parametrizações usadas estão apenas nos valores de máximo da gaussiana
- O comportamento é semelhante para p_T crescente
- Esperam-se por novos dados do LHC para melhor avaliar cada um dos modelos.



Agradecimentos

Introdução

Formalismo

Resultados

Conclusões

- Ao Sony Martins, estudante de Doutorado orientado pela professora Maria Beatriz Gay Ducati, por discussões esclarecedoras

Formalismo

Resultados

Obrigada!