APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO BFKL COM CONSTANTE DE ACOPLAMENTO DINÂMICO NA PRODUÇÃO DE MÉSONS VETORIAIS

CESAR EDUARDO KRUMREICH[1]; WERNER KRAMBECK SAUTER[2]

[1]*Universidade Federal de Pelotas – cesarkrumreich@hotmail.com*
[2]*Universidade Federal de Pelotas – werner.sauter@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

A física de partículas é um ramo da física que investiga os constituintes elementares da matéria e da radiação, e também, sua interação e aplicações. Podemos destacar três grandes pilares dessa área da ciência: Eletrodinâmica Quântica (Quantum Electrodynamics, QED), Força Nuclear Fraca e a Cromodinâmica Quântica (Quantum Chromodynamics, QCD)(GRIFFITHS, 2008) e (THOMSON,2014). Atualmente, o desenvolvimento científico-tecnológico nessa área é muito significativo, isso se deve em grande parte a construção do Large Hadron Collider (LHC). Apesar de grandes avanços, alguns resultados em relação a dados científicos ainda se encontram em questionamento, por exemplo, à descrição teórica da curva da seção de choque total a altas energias. Uma proposta, criada por volta da década de 60, e, ainda vigente, nos diz que o leve crescimento da seção de choque total está relacionado com a troca de um objeto que porta os números quânticos do vácuo, chamado de Pomeron. Donnachie e Landshoff em 1992 (DONNACHIE; LANDSHOFF, 1992), efetuaram um ajuste de dados para a seção de choque total e chegaram ao resultado de que a interseção do Pomerom é de $\alpha_P(0) \approx 1{,}0808$. Este resultado está relacionado a uma cinemática, na qual não existe desfragmentação da estrutura interna dos hádrons. Apesar de que no interior dos hádrons o núcleo seja composto por um acoplamento forte com intensidade muito grande, temos que os quarks, assintoticamente, com o aumento da energia adquirem o comportamento de partículas livres. Esse comportamento é chamado de liberdade assintótica. Isso implica que a aplicação de uma teoria perturbativa através da utilização de diagramas e regras de Feynman seja possível na QCD. Na QCD perturbativa, para modelar tal objeto, que porta os números quânticos do vácuo (singleto de cor), é necessário que pelo menos haja a troca de dois glúons nessa interação. No entanto, para altas energias com essa simples troca a seção de choque total permanece constante, portanto para que se possa obter um leve crescimento da mesma é necessário que a interação entre glúons seja levada em conta. Essa interação entre glúons é representada por uma “escada" e a equação que descreve a evolução dessa “escada” é a Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov (BFKL) (FORSHAW; ROSS, 1997) e (BARONE; PREDAZZI, 2002). No caso de zero momentum transferido ela adquire a forma

$$\begin{aligned} \mathrm{w}F(\mathrm{w},\mathbf{k},\mathbf{k}',\mathbf{0}) &= \delta^2(\mathbf{k}-\mathbf{k}') \\ &+ \frac{N_c\alpha_s}{\pi^2}\int \frac{d^2\boldsymbol{\kappa}}{(\mathbf{k}-\boldsymbol{\kappa})^2}\left[F(\mathrm{w},\boldsymbol{\kappa},\mathbf{k}',\mathbf{0}) - \frac{\mathbf{k}^2}{\boldsymbol{\kappa}^2+(\mathbf{k}-\boldsymbol{\kappa})^2}F(\mathrm{w},\mathbf{k},\mathbf{k}',\mathbf{0})\right], \end{aligned} \tag{1}$$

onde $\boldsymbol{\kappa}$, $\mathbf{k}$ e $\mathbf{k}'$ são momenta transversos, w é o momentum angular, N_c é o número de cor e α_s é a constante de acoplamento. Como solução primordial da Equação (1), foi encontrado que o resultado estava associado a um corte no plano complexo do momentum angular, onde a contribuição com maior parte real fornecia o valor de aproximadamente $0{,}5$, dando assim a interseção do Pomeron a quantidade de $\alpha_P(0) \approx 1{,}5$. Esse resultado do ponto de vista físico é inconsistente, pois sua solução está vinculada a uma constante de acoplamento fixa, porém em uma abordagem correta a constante de acoplamento se comporta de forma dinâmica. Neste contexto a solução da BFKL nos retorna uma sequência infinita de polos no plano complexo do momentum angular, em substituição ao corte. A utilização de uma constante de acoplamento dinâmica para solução da equação BFKL via autofunções discretas (KOWALSKI; LIPATOV; ROSS; SCHULZ, 2017)(KOWALSKI; LIPATOV; ROSS, 2014), em processos difrativos, será o objetivo desse trabalho. Utilizaremos o modelo de dipolos (BAUTISTA; FERNANDEZ TELLEZ; HENTSCHINSKI, 2016) onde vamos analisar os observáveis J/Ψ e Υ.

2. METODOLOGIA

Com a utilização de artigos, livros e revistas foi feita uma revisão de conceitos preliminares como, por exemplo, teoria de Regge, a equação BFKL com constante de acoplamento fixo e dinâmico e o modelo de dipolos. Como este trabalho também é de cunho fenomenológico, cujo proposito é comparar dados experimentais de observáveis físicos com a teoria em questão, necessitamos de auxílio computacional. Portanto, construímos rotinas computacionais em código Fortran, para concluir esta tarefa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um estudo da parte teórica da teoria de Regge, as soluções da equação BFKL e o modelo de dipolo foram feitos. O trabalho se encontra em construção de rotinas computacionais e análise de resultados. A Figura (1) demonstra algumas possíveis soluções do momentum angular com variações de fase $-\pi/4$, 0, $+\pi/4$ em relação ao número de polos

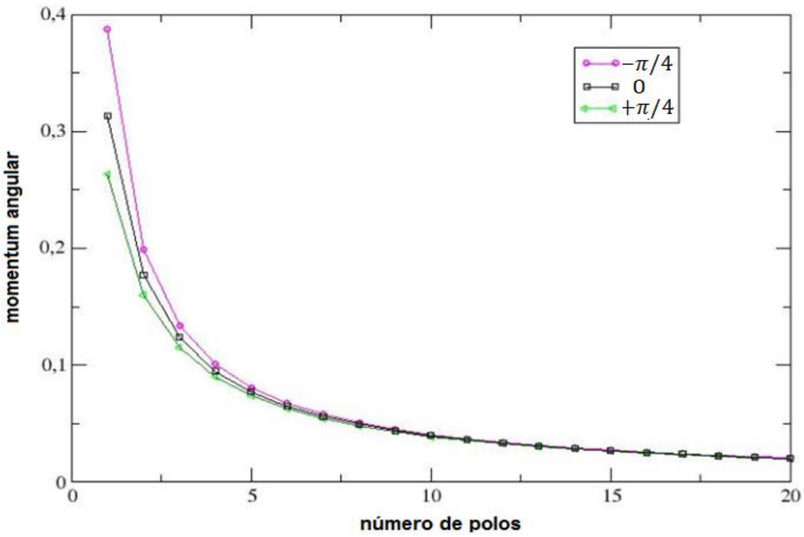

Figura 1 – Momentum angular versus número de polos.

A aplicação da solução de uma sequência infinita de polos é feita no processo da Figura (2)

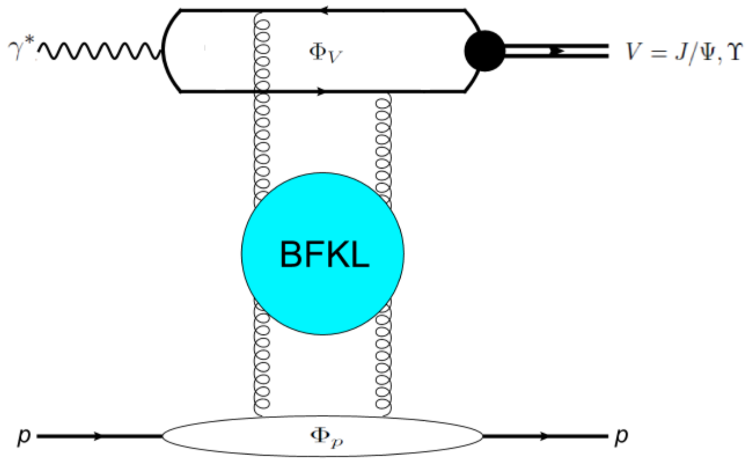

Figura 2 - Fotoprodução de mésons vetoriais J/Ψ e Υ.

onde Φ_V e Φ_p são o fator de impacto do méson vetorial e do próton, respectivamente. Podemos descrever o espalhamento da Figura (2) através de três etapas: flutuação do fóton em um par quark-antiquark, o par quark-antiquark interage com próton e por fim o par quark-antiquark se recombina gerando no estado final um méson vetorial. Os mésons J/Ψ e Υ são observáveis físicos. O objetivo é fazer um ajuste com dados experimentais da seção de choque para obter o número de polos e a fase que definem de melhor forma a troca do Pomeron.

4. CONCLUSÕES

A equação BFKL tem grande importância dentro do contexto da QCD, porque ela retrata a troca do Pomeron, e este está ligado à explicação do leve crescimento da seção de choque no regime de altas energias. A solução da equação BFKL com constante de acoplamento fixo, embora dê um resultado mais simples e mais fácil de ser aplicado, não retrata de forma real o comportamento de uma interação. Por isso é importante que a solução com constante de acoplamento dinâmico seja mais difundida. A aplicação da solução da equação BFKL via autofunções discretas já foi feita para o proceso $\gamma^*\mathrm{p} \rightarrow \gamma^* p$ (KOWALSKI; LIPATOV; ROSS; SCHULZ, 2017). Estamos propondo aqui pela primeira vez, sua utilização com o modelo de dipolos em observáveis difrativos, ou seja, os mésons J/Ψ e Υ.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

THOMSON, M. **Modern Particle Physics**. New York: Cambridge University Press, 2013.

GRIFFITHS, J. **Introduction to Elementary Particle Physics**. Wiley VCH, 2008.

BARONE, V.; PREDAZZI, E. **High-Energy Particle Diffraction.** Berlin: Springer Verlag, 2002.

DONNACHIE, A.; LANDSHOFF, P.V. Total cross section. **Physics Letters B**, v.296, p. 227-232, 1992.

FORSHAW, J. R.; ROSS, D. A. **Quantum Chromodynamics and the Pomeron**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

KOWALSKI, H.; LIPATOV, L. N.; ROSS, D. A.; SCHULZ, O. Decoupling of the leading contribution in the discrete BFKL Analysis of High-Precision HERA Data. **The European Physical Journal C**, v. 77, n. 11, p. 777, 2017.

KOWALSKI, H.; LIPATOV, L.; ROSS, D. The Green Function for the BFKL Pomeron and the Transition to DGLAP Evolution. **The European Physical Journal C**, v. 74, n. 6, p. 2919, 2014.

BAUTISTA, I.; Fernandez Tellez, A.; HENTSCHINSKI, M. BFKL evolution and the growth with energy of exclusive J/Ψ and Y photoproduction cross sections. **Physical Review D**, v. 94, n. 5, p. 054002, 2016.