

## ESPALHAMENTO COMPTON PROFUNDAMENTE VIRTUAL EM PROCESSOS EP E EA<sup>1</sup>

Gabriel Rodrigues da Luz<sup>2</sup>, Bruno Duarte da Silva Moreira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Estudo da Cromodinâmica Quântica no regime de altas energias”

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Licenciatura em Física – CCT – Bolsista PROBIC/UDESC

<sup>3</sup> Orientador(a), Departamento de Física – CCT – bruno.moreira@udesc.br

O estudo dos constituintes elementares da matéria e suas interações é uma parte fundamental da física de partículas, também conhecida como física de altas energias. As partículas fundamentais são descritas pelo Modelo Padrão da Física de Partículas, o qual descreve também três das quatro interações fundamentais: a força eletromagnética, a força nuclear fraca e a força nuclear forte. Em relação às partículas, o Modelo Padrão inclui léptons, quarks e bósons.

Uma ferramenta fundamental para o estudo experimental da física de partículas, são os aceleradores de partículas. Devido às escalas extremamente pequenas em que essas partículas operam, experimentos tradicionais, como os realizados com microscópios ópticos, não são possíveis, uma vez que o comprimento de onda da luz visível é muito maior do que a escala de tamanho das partículas subatômicas. Aceleradores de partículas são dispositivos projetados para acelerar as partículas subatômicas e permitir que elas colidam com alta energia. Estas colisões permitem o estudo das propriedades das partículas e suas interações.

O acelerador de partículas HERA (Hadron-Electron Ring Accelerator) foi um dos aceleradores de partículas mais importantes, devido a sua contribuição significativa para o avanço do estudo da estrutura dos prótons. Projetado para colidir elétrons com prótons com energia de centro de massa de 320 GeV, o HERA teve um período de funcionamento de 1992 até 2007.

A Cromodinâmica Quântica (QCD) é a teoria de interações fortes que descreve as interações entre quarks e glúons, que são os constituintes dos hádrons. A interação forte é experimentada por partículas que portam carga de cor. Os quarks interagem via força forte por troca de glúons, sendo que o glúon possui uma característica de ser bicolor, ou seja, cada glúon carrega uma carga de cor e uma carga de anticor e, portanto, podem também interagir entre si. Em QCD há duas importantes equações que descrevem a evolução da dinâmica interna de hádrons, as equações DGLAP (Dokshitzer-Gribov-Lipatov-Altarelli-Parisi) e BFKL (Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov). Ambas as equações descrevem a evolução da densidade de glúons dentro de hádrons, porém as equações DGLAP evoluem o sistema em virtualidade enquanto a equação BFKL evolui o sistema em energia. No regime de altas energias, estas equações preveem um rápido aumento da densidade de glúons nos hádrons, tornando – os sistemas de altas densidades.

Um meio de estudar a dinâmica interna do próton em altas energias é através do Espalhamento Compton Profundamente Virtual (DVCS). O DVCS é um processo que consiste na interação de um elétron e um próton, onde o elétron emite um fóton virtual, o qual flutua em um par quark – antiquark, que pode ser descrito por um dipolo de cor que interage com o próton via troca de glúons, resultando em um fóton real que pode ser medido no experimento.

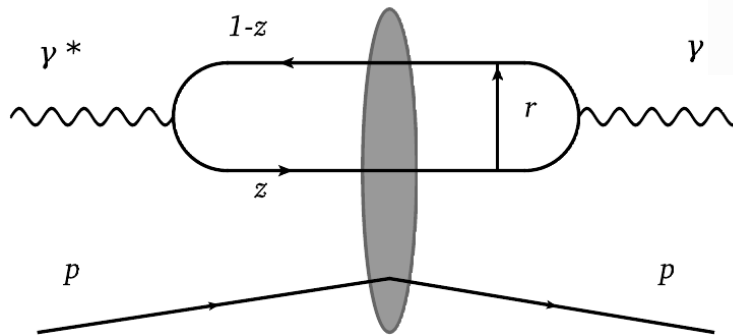
A figura 1 ilustra este processo, onde denotamos a separação transversa do dipolo por  $r$  e  $z$  é a fração de momento longitudinal do fóton virtual portada pelo quark. Além disso,  $\gamma^*$  denota o fóton virtual,  $\gamma$  o fóton real e  $p$  o próton. A elipse descreve a interação entre o dipolo de cor com o próton através da troca de glúons.

No futuro, novos aceleradores similares ao HERA devem ser construídos, onde além das colisões elétron – próton, será possível o estudo de colisões de elétrons com íons pesados, como ouro e chumbo. Um destes aceleradores será o EIC (Electron – Ion Collider), que deverá ser construído nos Estados Unidos e terá como um dos principais objetivos o estudo da estrutura dos hádrons em altas energias. Nosso objetivo neste trabalho é o estudo do DVCS em interações nucleares, visando estes futuros colisores. Para isto, lançaremos mão do formalismo de dipolo de cor da QCD, que é amplamente utilizado na literatura e apresenta excelentes resultados para outros processos, como a produção de mésons vetoriais em colisões fóton – núcleo e o espalhamento profundamente inelástico. O principal ingrediente do formalismo de dipolo é a amplitude de espalhamento dipolo – hádron, para a qual utilizaremos dois modelos fenomenológicos da física de saturação de glúons. A motivação para o uso de modelos de saturação ocorre pois no caso de colisões nucleares a altas energias, espera – se que os íons tornem – se objetos com altas densidades de glúons, podendo levar a um novo estado da matéria hadrônica, o chamado condensado de vidro de cor.

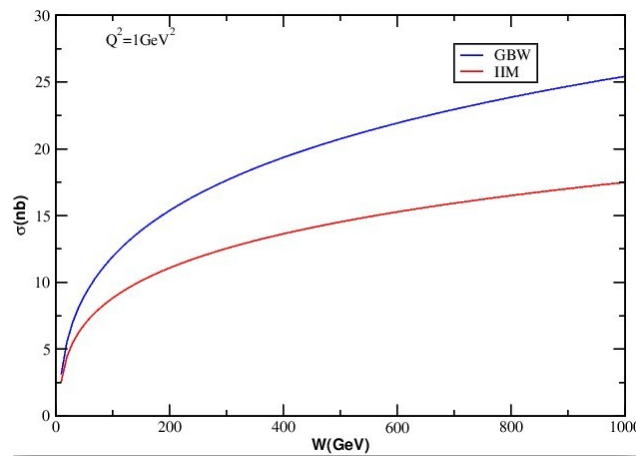
A figura 2 mostra nossos resultados para a seção de choque do processo DVCS em função da energia de centro de massa fóton – chumbo  $W$ . Neste gráfico comparamos dois modelos fenomenológicos amplamente conhecidos da literatura para a amplitude de espalhamento de dipolo, o modelo GBW (azul) e o IIM (vermelho). Estes modelos dependem de uma escala de energia que separa os regimes diluído, de baixas densidade do regime de saturação, de altas densidades. Neste trabalho, utilizamos uma escala de saturação nuclear dada pela equação:

$$Q_{sA}^2(x) = Q_{sp}^2(x) \left( \frac{AR_p^2}{R_A^2} \right)^{1/\delta}, \quad (1)$$

onde  $Q_{sp}$  é a escala de saturação do próton,  $A$  é o número de massa do núcleo,  $R_p$  é o raio do próton,  $R_A$  o raio do núcleo e  $\delta$  é uma constante ajustada por dados experimentais. Analisando a figura 2, vemos que o modelo GBW possui um crescimento maior com  $W$  do que o modelo IIM. Além disso, podemos notar que, conforme a energia vai aumentando, a diferença entre os dois modelos aumenta. Isto indica a existência de incertezas teóricas que poderão ser melhor investigadas no futuro, quando o acelerador EIC entrar em operação.



**Figura 1.** Espalhamento Compton profundamente virtual no formalismo de dipolo de cor.



**Figura 2.** Seção de choque do DVCS em função da energia  $W$  para interação elétron-chumbo utilizando os modelos GBW e IIM.

**Palavras-chave:** Física de Partículas. Cromodinâmica quântica. Espalhamento Compton Profundamente Virtual.