

## ESPALHAMENTO COMPTON PROFUNDAMENTE VIRTUAL<sup>1</sup>

Vinicius Mikael Ferreira Freitas<sup>2</sup>, Bruno Duarte da Silva Moreira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vinculado ao projeto "PRODUÇÃO DE PARTICULAS EM PROCESSOS FOTO – INDUZIDOS NO LHC E EM FUTUROS COLISORES"

<sup>2</sup>Academico do curso de Licenciatura em Física – CCT – bolsista PROBIC/UDESC

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

O surgimento dos estudos aprofundados em Física de colisões em altas energias, possibilitaram novos modelos que passaram a descrever a constituição da matéria subnuclear. Parte importante da evolução de nosso conhecimento, se deu com o acelerador linear de Stanford em meados de 1960, que possibilitava acelerar elétrons a energias de 20GeV. Modelos teóricos para a descrição da estrutura interna dos hadrón passavam a ser investigados do ponto de vista experimental em energias cada vez maiores. Um marco importante para o estudo da estrutura dos prótons veio com o acelerador HERA (Hadron- Electron Ring Accelerator), que esteve em funcionamento de 1992 a 2007. O HERA possibilitou a investigação das interações subnucleares, em energias de centro de massa elétron - próton da ordem de 300 GeV.

Nestas colisões a altas energias, os dados experimentais indicavam que o próton se tornava um sistema de altas densidades de glúons. Conclusões semelhantes já haviam sido deduzidas de equações de evolução da densidade de quarks e glúons no próton. Mais precisamente, estas equações eram as equações DGLAP (devido a Dokshitzer-Gribov-Lipatov-Altarelli-Parisi), que evoluem o sistema em virtualidade e a equação BFKL (devido a Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov), que evolui o sistema em energia. Ambas são equações integro-diferenciais lineares que consideram apenas diagramas de emissão de glúons.

O conteúdo de partículas dentro dos hadróns é estudado pela Cromodinâmica Quântica (Quantum Chromodynamics - QCD), que é a teoria das interações fortes entre quarks e glúons. Os quarks são partículas elementares de carga elétrica fracionária e são portadores de carga de cor (azul, verde e vermelho além de suas respectivas anticor), que é a propriedade que permite que interajam com outros objetos coloridos via troca de glúons, que são as partículas mediadoras das interações fortes. Os glúons, por sua vez, são objetos bicolores portando sempre uma cor e uma anticor. Portanto, glúons podem interagir com outros glúons. Uma propriedade importante da QCD é o confinamento, onde objetos coloridos como quarks e glúons não podem ser encontrados livres na natureza, mas formam estados ligados incolores, os hadróns (como prótons e nêutrons).

Uma forma de estudar o próton em altas energias se dá com o Espalhamento Compton Profundamente Virtual (ECPV), que consiste na interação entre elétron e um próton trazendo como estado final o elétron, o próton intacto e um fóton real, que pode ser medido no experimento. Durante o processo, o elétron emite um fóton virtual que flutua em um par quark anti quark que interage com o próton e posteriormente se aniquilam em um fóton real. O par quark anti quark pode ser descrito em termos de um dipolo de cor. Devido ao confinamento, o tamanho do dipolo não pode ser muito grande, isto é, maior do que o tamanho típico de um hadrón. Pela QCD, distâncias muito grandes implicam em um grande valor para a constante de

Apoio:

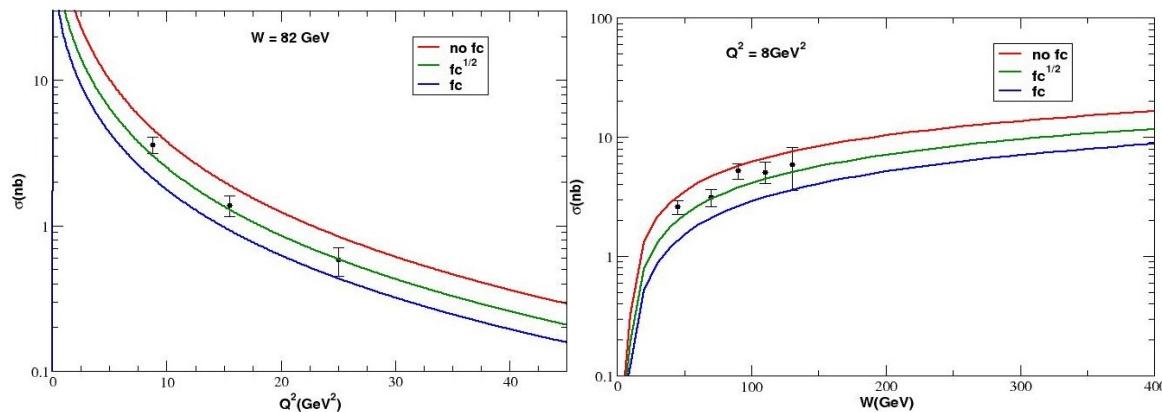
acoplamento e métodos perturbativos, normalmente utilizados, deixam de ser aplicáveis. Para o estudo da interação forte entre o dipolo de cor e o próton, existem vários modelos de saturação, que levam em conta a física de altas energias e altas densidades. Nos modelos baseados na saturação de glúons, espera – se que hâdrons de altas densidades passem a apresentar não apenas a emissão de um glúon (um glúon indo a dois), mas também a recombinação de dois glúons em um, freando (saturando) o crescimento das distribuições de glúons no próton.

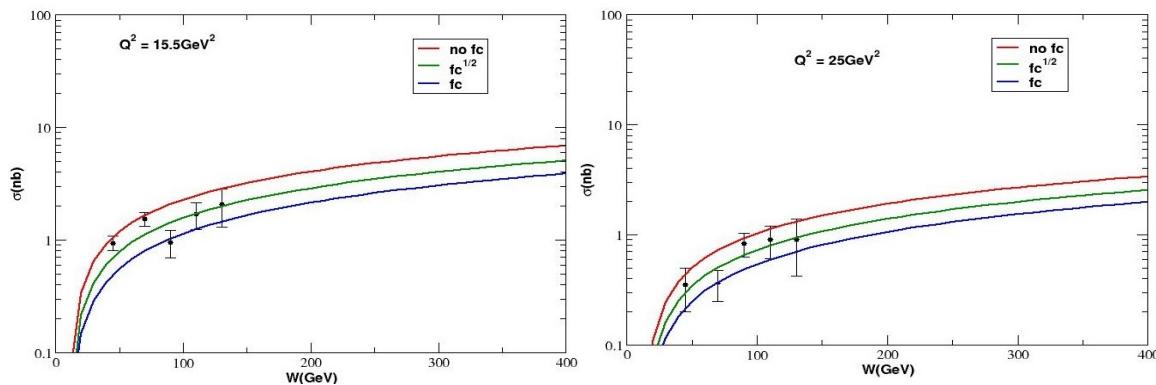
A análise por trás do ECPV pode ser feita pela seção de choque do processo  $\gamma^* + p \rightarrow \gamma + p$ , que é um observável físico, o qual pode ser calculado teoricamente e medido experimentalmente. Pelo formalismo de dipolo utilizado neste trabalho, este processo é descrito em termos das funções de onda do fóton, que estão associadas com a probabilidade de um fóton flutuar num dipolo de cor e pela seção de choque de dipolo, que está associada com a probabilidade de interação forte entre o dipolo de cor e o próton. Estes dipolos de cor são também dipolos de carga elétrica e as funções de onda são calculadas considerando – se um processo puramente eletromagnético. Portanto, em princípio, não há nenhum mecanismo dentro da função de onda do fóton que leve ao confinamento de cor conforme esperado na QCD. Como os efeitos de confinamento da QCD não são conhecidos por primeiros princípios, neste trabalho utilizamos um fator de correção fenomenológico, motivado por dados experimentais, que levam em conta efeitos de confinamento:

$$f_c(r) = \left[ \frac{1 + B \exp(-\omega^2(r - \mathcal{R})^2)}{1 + B \exp(-\omega^2\mathcal{R}^2)} \right] \quad (1).$$

Nesta equação,  $r$  é a separação transversa do dipolo de cor. Os demais termos são parâmetros fixados por dados experimentais.

A Figura 1 abaixo mostra nossos resultados para o comportamento das seções de choque pelo ECPV com a virtualidade  $Q^2$  e com a energia  $W$ . Nestes gráficos, a curva vermelha apresenta nossos resultados sem o fator da equação (1) e a curva verde com este fator elevado a  $\frac{1}{2}$  multiplicando a função de onda do fóton virtual. Para comparação, na curva azul foi apresentado o resultado decorrente da multiplicação de  $f_c$  pela função de onda do fóton virtual. Como pode ser observado, a inclusão do fator  $f_c$  elevado a  $\frac{1}{2}$  (curva verde), parece seguir mais adequadamente a tendência dos dados do que as outras estimativas. Isto motiva a busca pela melhora da modelagem de efeitos de confinamento, a fim de que possam ser utilizados também no estudo de outros processos.





**Figura 1.** Comportamentos das seções de choque para o Espalhamento Compton Profundamente Virtual com a virtualidade  $Q^2$  e com a energia  $W$ . Os dados experimentais são da colaboração H1 do HERA.

**Palavras-chave:** Efeitos de Confinamento, Cromodinâmica Quântica, Formalismo de Dipolo.