

# Espalhamento Profundamente Inelástico elétron-próton no LHC.

Anelise Meneses

Orientador: Dimiter Hadjimichef

Co-orientador: Magno Machado

12 de maio de 2011

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;
  - ▶ Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;
  - ▶ Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;
  - ▶ Explorando a nova dinâmica;

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;
  - ▶ Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;
  - ▶ Explorando a nova dinâmica;
  - ▶ Física além do Modelo Padrão;

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;
  - ▶ Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;
  - ▶ Explorando a nova dinâmica;
  - ▶ Física além do Modelo Padrão;
- Conclusão

# LHeC: DIS elétron-próton no LHC

## Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
  - ▶ Processo difrativo no LHeC;
  - ▶ Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;
  - ▶ Explorando a nova dinâmica;
  - ▶ Física além do Modelo Padrão;
- Conclusão

# O que é o LHeC?

- Espalhamento lépton-nucleon no LHC;
- Colisões elétron-próton ou elétron-quark no LHC estão sendo examinadas desde a escola LEP-LHC de 1990;
- Tendo sido lançada em 2008 a escola LHeC (Workshop ECFA-CERN);
- Um grupo de pesquisadores do acelerador elaboram um relatório avaliador sobre o potencial deste novo experimento;
- Luminosidade de  $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ;
- Energia elétron/pósitron : 50 a 70GeV;
- Energia próton: 7TeV
- Momentun transferido  $Q^2$  além de  $10^6 \text{ GeV}^2$  e x inferior a  $10^{-6}$ .

# As diferenças básicas entre LHeC e HERA

- Colisão lépton-nucleon  $\Rightarrow \sqrt{s} = 1.2 \text{ TeV}$  é 4 vezes maior que a atingida em HERA (318 GeV)
- Luminosidade é 2 ordens de magnitude maior (HERA =  $5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ );
- LHeC: elétron de até 70 GeV e prótons de 7 TeV;
- HERA: elétron de  $\sim 30$  GeV e prótons de 820 GeV;
- LHeC: primeiro estudo preciso das interações lépton-quark na escala de TeV.

# Os designs do LHeC

- Duas possibilidades estão sendo analisadas para o feixe de elétrons:
  - ▶ Primeira: o feixe circula em um túnel existente no LHC com energia de 70GeV, com  $\sqrt{s} = 1.4 TeV$
  - ▶ Segunda: um acelerador linear de elétrons  $\Rightarrow$  luminosidade reduzida, mas  $\sqrt{s} = 2 TeV$

# O design do LHeC

Um tubo de feixe de elétrons no mesmo túnel do LHC tem a vantagem de alta luminosidade.

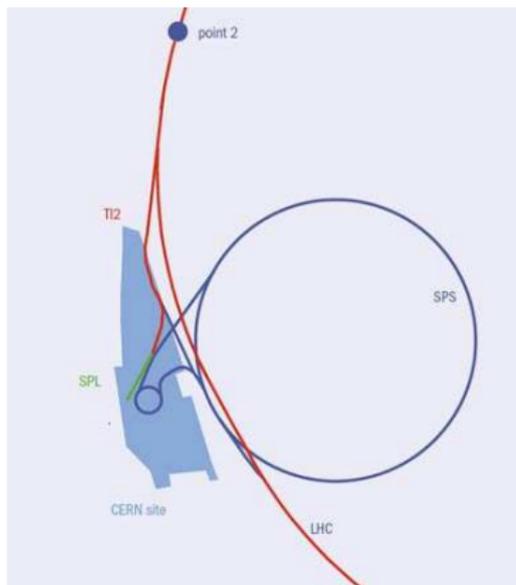


Figura: anel

# O design do LHeC

Uma solução alternativa para o feixe de elétrons é um acelerador linear (Linac), com luminosidade um pouco reduzida e uma instalação que é desacoplada do anel do LHC.

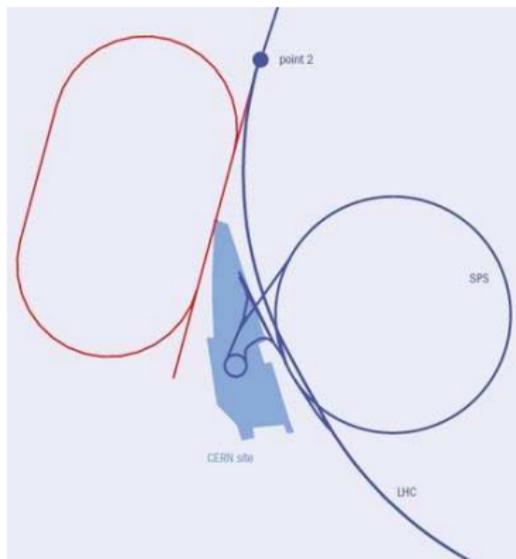
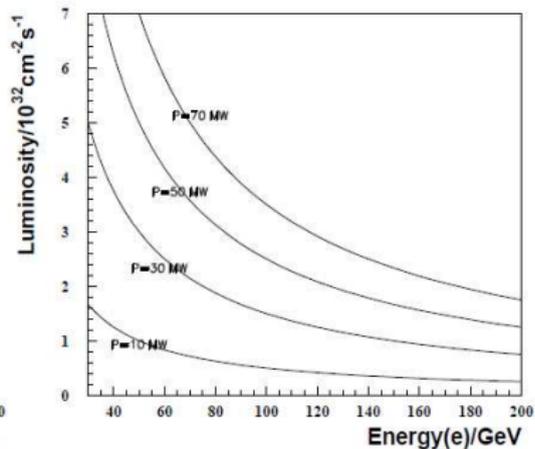
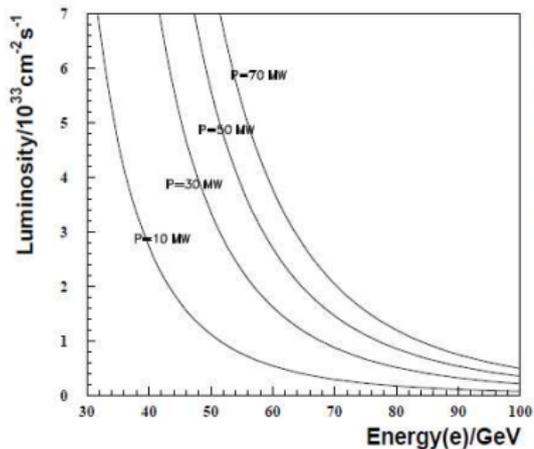


Figura: Linha

# Os designs do LHeC

Anel e Linha (Newman et al)



# O programa LHeC

- Maior precisão nas medidas da estrutura do próton
- Alta densidade partônica
  - ▶ Evolução de pequeno  $x$  e evolução não-linear (saturação)
- Medidas precisas do Modelo Padrão:
  - ▶ Precisão em  $\alpha_s$ , dependência no sabor
  - ▶ Medidas mais precisas do Higgs
- Física além do Modelo Padrão
  - ▶ Leptoquarks, interações de contato;
- PDF's nucleares
  - ▶ Melhora nas PDF's via  $F_L$  e  $F_2^c$ .

# O que motivou a criação do LHeC?

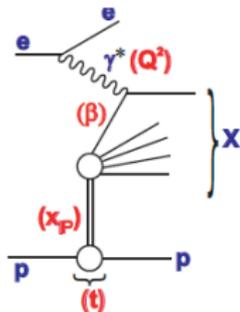
- Nova física já acessível antes no LHC;
- LHeC  $\Rightarrow$  novos fenômenos que o LHC poderia ter perdido;
- Escala cinemática sem precedentes para  $ep$
- Nova sensibilidade para a existência de novos estados da matéria, principalmente no setor lépton-quark e em sistemas partônicos densos;
- Elétron-hadron  $\Rightarrow$  precisão na determinação da estrutura do hádron (QCD e dinâmica partônica em escala TeV);
- O LHeC complementa os programas pp e próton-ion, acrescentando um novo potencial de descoberta, sendo importante para o completo entendimento da física no intervalo de energia do LHC.

# Objetos de estudo do LHeC

- Processo difrativo no LHeC;
- Funções de estrutura para pequeno  $x$ ;
- Explorando a nova dinâmica;
- Física além do modelo padrão.

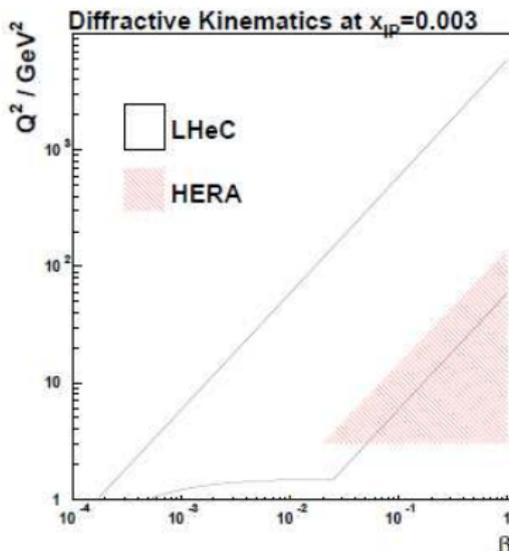
# Difração no LHeC

- Estudos de HERA e Tevatron em pequeno  $x$  demonstraram claramente que a difração tem de ser uma componente integrante para o sucesso de qualquer teoria em pequeno  $x$ ;
- O contraste entre o DIS não-difrativo (próton quebrado) e o DIS difrativo (próton intacto) oferece uma janela experimental rara sobre o mecanismo que limita os quarks no interior dos hádrons;
- Eventos de difração, caracterizados pela presença de um intervalo de rapidez devido a troca de um objeto neutro sem cor, representam  $\sim 10\%$  da seção de choque total de HERA.



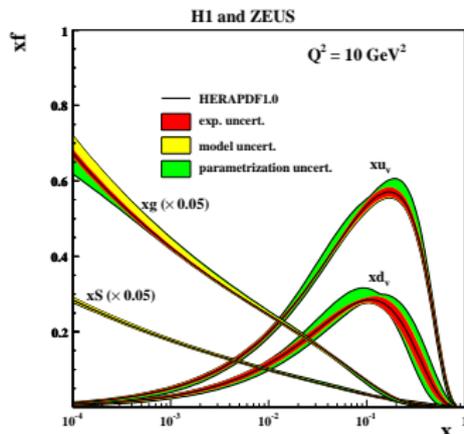
# Difração no LHeC

- Uma forma geral de descrever a DIS difrativo é estabelecer, por um teorema de fatorização da QCD, que permite definir as distribuições partônicas difrativas (dpdfs);
- Testar as propriedades de dpdfs extraídas de HERA só tem sido possível até agora com previsões de observáveis DIS para o estado final tais como seções de choque de jato ou charme.



# Por que a física de pequeno $x$ é tão interessante?

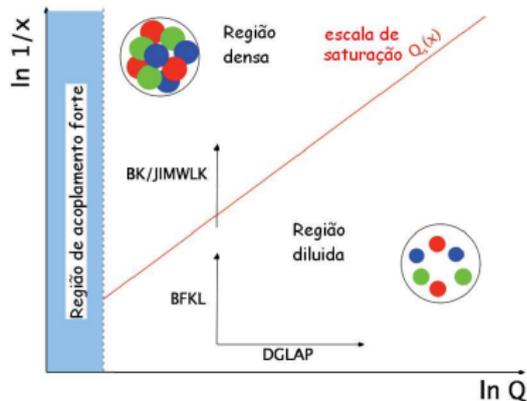
- Espalhamento inelástico um processo clássico de espalhamento em que se investiga a estrutura dos hádrons mais precisamente;
- Lição importante de HERA: Observação de grandes violações de escala da função de estrutura  $F_2$ ;



- Dominância de glúons em pequeno  $x$ ;
- Grande incerteza na distribuição;
- Aumento nas flutuações partônicas  $\Rightarrow$  sistema de muitos corpos  $\Rightarrow$  novo regime: alta densidade de partons;

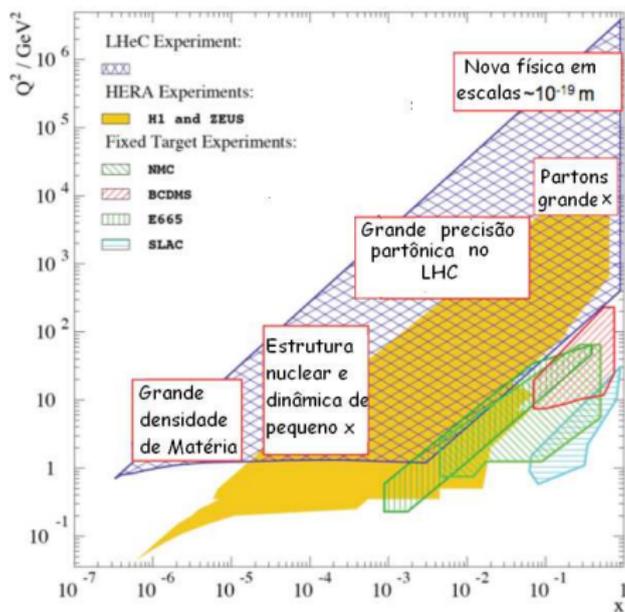
# Novo regime em pequeno $x$ : alta densidade de pártons

- Em pequeno  $x$  a evolução linear mostra grande aumento na distribuição de glúons;
- Evolução partônica necessita ser modificada para incluir os efeitos de recombinação gluônica (na linguagem de dipolo isso corresponde a espalhamentos múltiplos);
- Espera-se que uma escala dinâmica seja gerada: **escala de saturação  $Q_s^2(x)$** ;
- Caracteriza o limite entre o regime linear e o não linear;



- A fronteira entre os dois regimes ainda deve ser determinada;
- **LHeC: pode acessar regimes densos enquanto  $x$  diminui.**

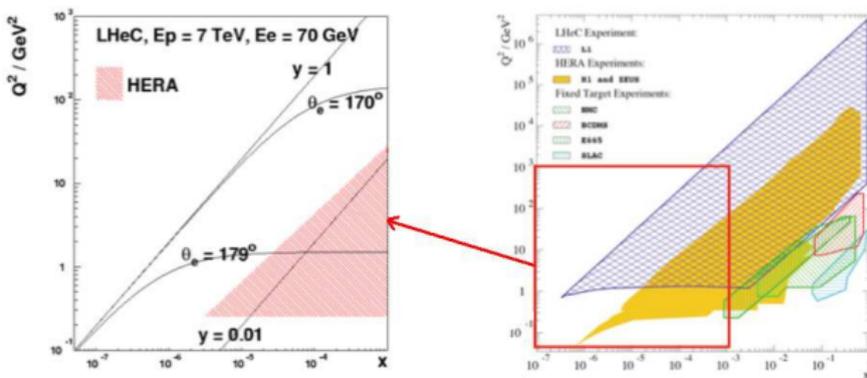
# O que motivou a criação do LHeC?



$$x \geq 5 \times 10^{-7} \text{ para } Q^2 \leq 1 \text{ GeV}^2$$

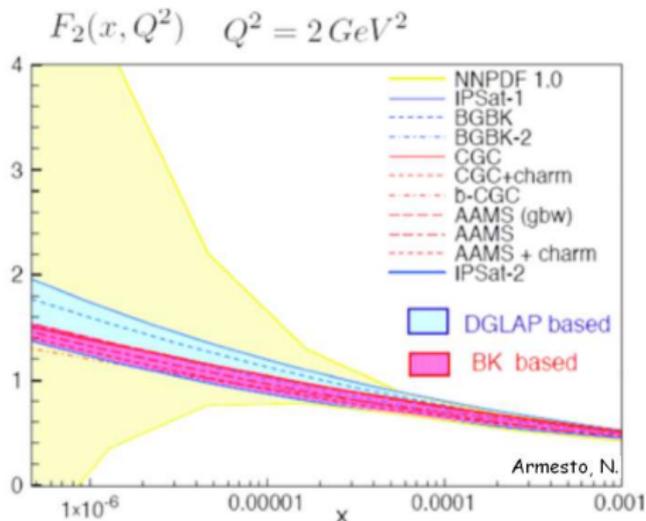
# Cinemática básica inclusiva / Aceitação

- Acesso a  $Q^2 = 1 \text{ GeV}^2$  em ep para todo  $x > 5 \times 10^{-7}$  se tivermos uma aceitação de  $179^\circ$ ;
- Nada fundamentalmente novo no LHeC para física com  $\theta < 170^\circ$ .



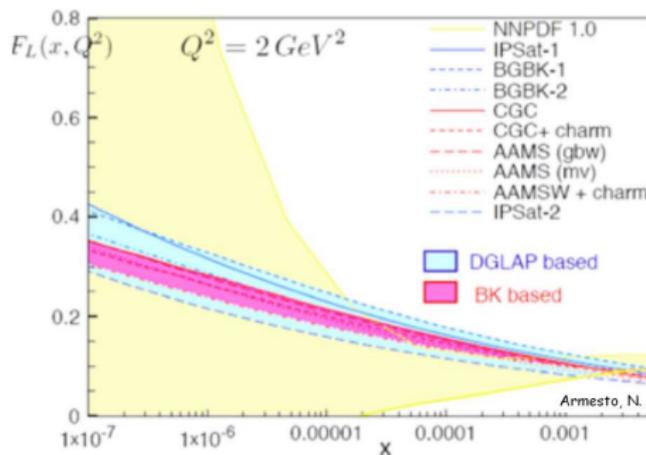
# Extrapolando Modelos de $F_2$ para HERA

- Modelos de dipolo "modernos", contendo efeitos de saturação e comportamento em pequeno  $x$  dão uma escala muito mais precisa;
- Abordagens DGLAP  $\Rightarrow$  muitas incertezas em pequeno  $x$  e moderado  $Q^2$  (maior incerteza quando  $Q^2$  é reduzido).



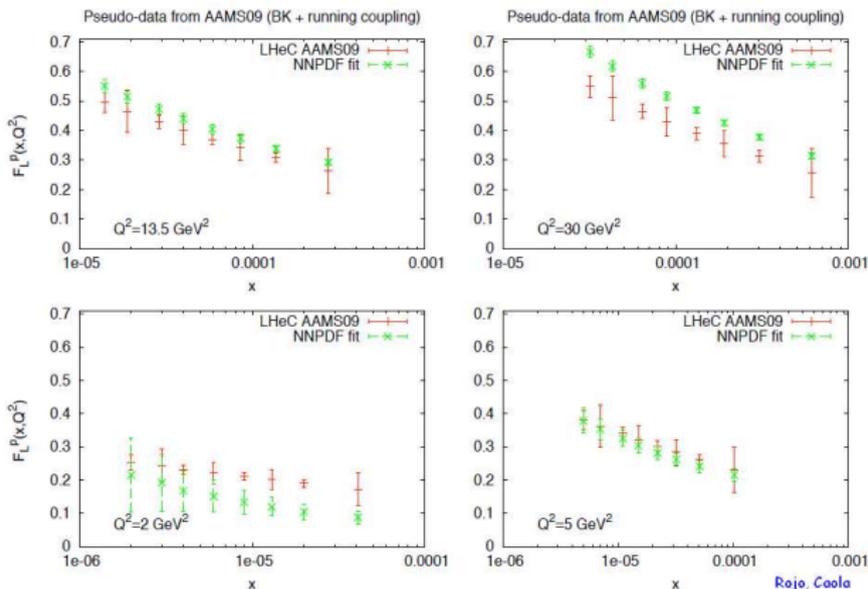
# Extrapolando Modelos de $F_L$ para HERA

- Incertezas nas cuvas ainda explodem em pequeno  $x$ ;
- Vasta gama de possibilidades permitidas ainda em Hera.



# Testando a Dinâmica não-linear para ep

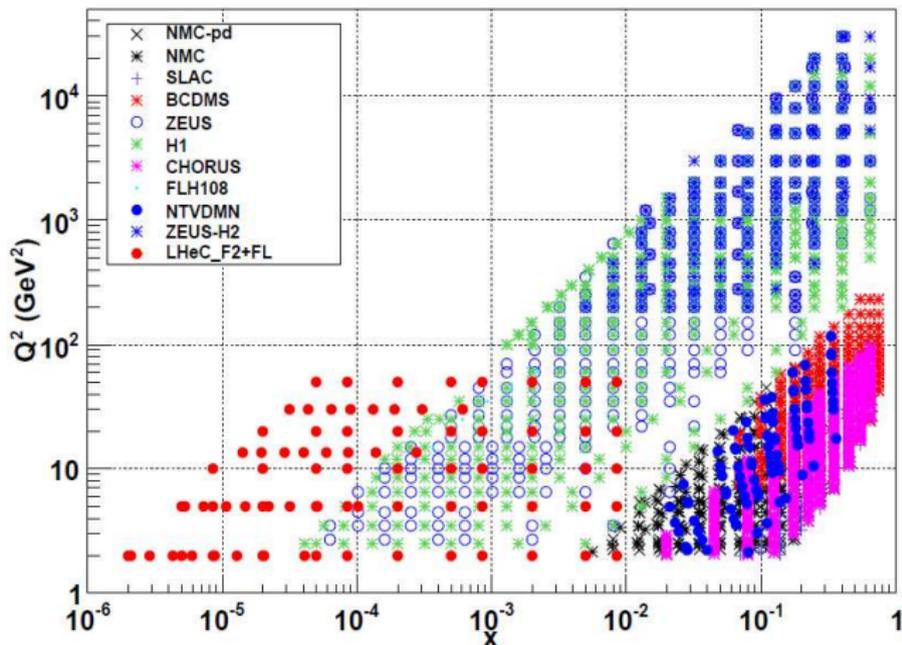
- Dados simulados do LHeC usando a evolução não-linear, que leva à saturação partônica em pequeno  $x$ ;
- $F_L$  prevê significativa restrição sobre a densidade glúon em pequeno  $x$ .



Rojo, Coala

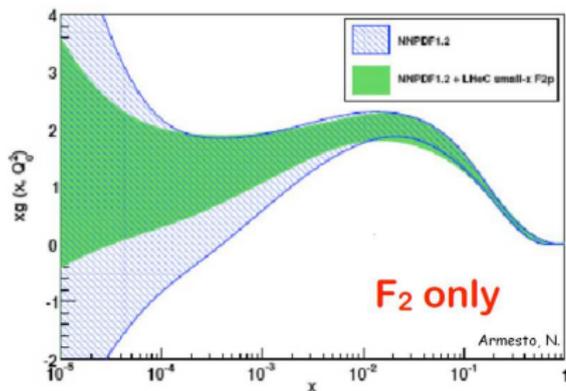
# Testando a Dinâmica não-linear para ep

- Inclusão de pseudodados no LHeC para  $F_2$  e  $F_L$  na DGLAP melhora a determinação de glúons em pequeno  $x$ .



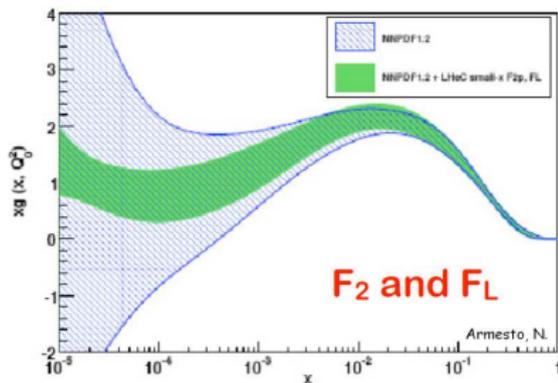
# O impacto de $F_2$ e $F_L$ para o LHeC

- Incerteza na distribuição de glúons em pequeno  $x$  para dados de  $F_2$  no LHeC;
- Modesta redução de glúons, mas precisa  $F_L$ .



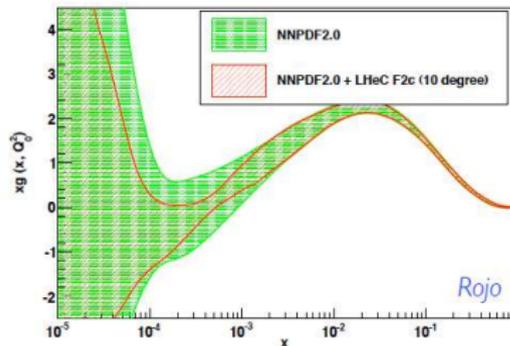
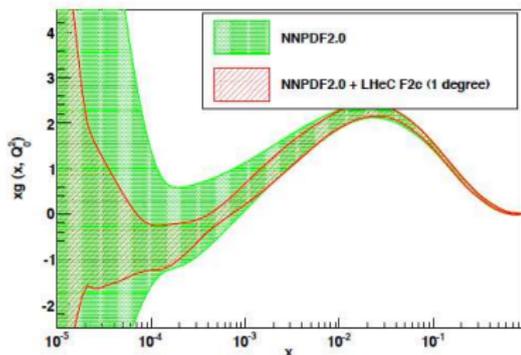
## O impacto de $F_2$ e $F_L$ para o LHeC

- Incerteza na distribuição de glúons em pequeno  $x$  para dados de  $F_2$  e  $F_L$  no LHeC;
- Considerável redução do erro na distribuição de glúons em pequeno  $x$   $\Rightarrow$  requer  $F_L$ ;
- Usando medidas de  $F_2$  e  $F_L$  em interações ep pode-se melhorar significativamente o conhecimento da distribuição de glúons.
- E testam previsões dos slides anteriores.



# Testando a Dinâmica não-linear para ep

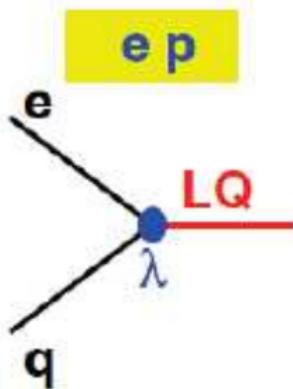
- Função de estrutura longitudinal: difícil medida;
- Função de estrutura do charm: possibilita uma determinação mais precisa da distribuição de glúons;



- Função de estrutura do charm  $F_2^c$  pode ser usada em adição a  $F_2$  para restringir a densidade de glúon (a banda vermelha corresponde a análises com dados de LHeC com  $F_2^c$ );
- Conclusão: para uma melhor discriminação entre os modelos, especialmente envolvendo dinâmica não-linear, dois observáveis são necessários.

# Física além do Modelo Padrão

- Novas dinâmicas elétron-quark e pósitron-quark podem ser observadas;
- A sensibilidade da física lépton-quark para altas energias e pequenas distâncias reforça a importância do LHeC;
- Descoberta de novas partículas: squarks, leptoquarks...



# Conclusões

- Pelo que foi discutido, vemos que o LHeC poderá auxiliar o LHC em suas descobertas;
- A dinâmica em altas energias ou pequeno  $x$  é bastante complicada, o entendimento da dinâmica de glúons é de fundamental importância;
- O LHeC poderá revelar uma física até hoje não explorada experimentalmente (leptoquarks).