

PROJETO DE PESQUISA

“Procura de Nova Física no Large Hadron Collider-LHC”

Prof. Dr. Oscar Pinto Éboli (Orientador)

MSc. Patricia Rebello Teles (Doutoranda)

Janeiro de 2006

1 Introdução

O modelo padrão (MP) das interações eletrofracas tem passado por um enorme escrutínio experimental [1, 2, 3], sendo confirmadas diversas de suas previsões [4, 5].

Entretanto, o **entendimento das interações eletrofracas** está longe de ser completo, visto que **ainda não provamos diretamente o setor de quebra de simetria do MP**.

Além disso, existem outros aspectos do MP que permanecem em aberto, tais como:

- explicação do espectro de massa das gerações fermiônicas;
- entendimento do mecanismo de violação de CP; e
- a razão para a escolha do grupo de simetria e suas representações.

Os principais tópicos abordados no doutorado da Sra. Patricia Rebello Teles serão:

2 Acoplamentos Quárticos dos Bósons de Gauge

No contexto do MP, o acoplamento entre os bósons de gauge é determinado pela simetria de gauge $SU(2)_L \otimes U(1)_Y$.

A existência de uma nova física pode levar a desvios dos valores previstos pelo MP [6, 7, 8, 9]. Em particular, **os acoplamentos tríplexes e quárticos entre os bósons de gauge podem diferir das previsões do MP.**

Até o momento, os acoplamentos tríplexes dos bósons de gauge foram testados diretamente no LEP II com precisão de $O(10)\%$. O estudo dos acoplamentos quárticos foi apenas iniciado e com pouca precisão. Espera-se que o LHC do CERN forneça medidas precisas desses vértices com acoplamentos quárticos.

Recentemente analisamos o potencial do LHC para o estudo desses acoplamentos através da produção de pares WW via fusão de bósons vetoriais [10]

$$pp \rightarrow qqW^*W^* \rightarrow qqW(\rightarrow e\nu_e)W(\rightarrow \mu\nu_\mu).$$

No estudo acima concentramos atenção nos decaimentos semi-leptônicos dos W 's em pares $e\mu$. Uma importante propriedade desta reação é que os jatos no estado final, oriundos da hadronização dos quarks q , podem ser usados para separar este tipo de evento (já que estes jatos são, em geral, muito energéticos e possuem uma grande rapidez). Além disso, a separação azimutal entre estes jatos pode ser usada para reduzir o ruído [11].

O nosso objetivo no projeto é **estudar a possibilidade de observarmos a reação acima no caso de um dos W 's decair hadronicamente.** Para isso, precisamos **estudar a importância dos backgrounds oriundos de QCD e se será possível eliminá-los.** Caso seja possível extrair o sinal nestas duas topologias, elas poderão ser bastante úteis para aumentar a precisão com que podemos determinar os acoplamentos quárticos no LHC.

Este projeto requer o estudo tanto do sinal bem como dos backgrounds oriundos do MP. Isto requer o cálculo a nível de partons de processos $2 \rightarrow 6$ (ou mais no caso dos backgrounds), o que necessita técnicas eficazes para o cálculo das amplitudes de espalhamento do processo. Esse cálculo será feito numericamente utilizando os pacotes HELAS e MADGRAPH.

Além disso, para que a integração do espaço de fase seja feita eficientemente, utilizaremos o método de Monte Carlo devido à grande dimensionalidade do espaço de fase. Um outro atrativo deste problema é que a estudante deverá considerar nos cálculos a resolução dos experimentos, sua aceitação,

o que pode ser medido para que a simulação seja a mais realista possível. Isto permitirá à bolsista aprender bastante sobre detalhes da relação entre a simulação, a teoria e o que é de fato observado nos experimentos.

3 Supersimetria com violação de paridade-R

Supersimetria (SUSY) é um dos sérios candidatos para física além do MP, tendo sido estudada intensamente nas últimas décadas. Entretanto nenhum sinal foi observado até o momento.

Se SUSY é uma simetria da natureza ela deve ser quebrada; e este é um fato experimental.

Existem várias classes de modelos de quebra de SUSY, entre os quais supergravidade (SUGRA) [12, 13, 14], quebra de SUSY mediada por anomalias (AMSB) [15] e modelos do tipo "split SUSY" [16].

Nos modelos tipo SUGRA, a quebra de SUSY acontece num setor escondido, sendo transmitida para as partículas observáveis através da interação gravitacional. O modelo AMSB é baseado na observação que a anomalia de super-Weyl gera massa das partículas supersimétricas; em alguns casos esta contribuição é dominante, definindo assim este cenário.

No modelos supersimétrico mínimo (MSSM) impomos uma simetria discreta chamada *paridade-R*. A paridade-R está relacionada com o spin da partícula (S), seu número leptônico (L) e seu número bariônico (B) através da relação

$$R = (-1)^{(3B+L+2S)}.$$

As partículas do MP possuem $R = +1$ e suas parceiras supersimétricas $R = -1$.

Tendo em vista que esta simetria não é consequência da invariância de gauge ou da supersimetria, a paridade-R pode ser violada. Por isso a importância de estudar modelos que exibam violação de paridade-R [17, 18].

3.1 Violação Bilinear de Paridade-R

Uma maneira "econômica" de introduzir a violação de paridade-R é através de **termos bilineares que violem esta simetria**.

Isto foi feito para modelos tipo SUGRA [19, 20, 21, 22, 23, 24] e também para modelos tipo AMSB [25]. A introdução dos termos bilineares gera

massas e mistura com os neutrinos que podem ser compatíveis com os dados disponíveis [25]. Além disso, nesses modelos a partícula supersimétrica mais leve (LSP) é instável e pode decair em partículas do MP. Por exemplo, são permitidos os seguintes decaimentos do neutralino mais leve $\tilde{\chi}_1^0$ (chargino $\tilde{\chi}_1^\pm$)

$$\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \nu_\tau Z^*,$$

$$\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \tau^\pm W^\mp,$$

$$\tilde{\chi}_1^\pm \rightarrow \tau^\pm Z^*,$$

$$\tilde{\chi}_1^\pm \rightarrow \nu_\tau W^\pm.$$

Neste projeto **estudaremos o efeito destes decaimentos na busca de SUSY no LHC.**

Em princípio, estes decaimentos podem ter um grande impacto nas topologias propostas para a busca de SUSY. Para tanto **simularemos os sinais e backgrounds de SUSY usando o gerador de eventos [26] levando em conta o efeito do decaimento dos neutralinos mais leves (LSP).**

Numa primeira etapa **analisaremos os canais usuais de procura de SUSY (jatos + missing E_T , multi-léptons etc)** e posteriormente **analisaremos a possibilidade de detectar o vértice de decaimento dos neutralinos**, caso estes tenham uma vida média bastante longa.

Além da procura por SUSY nestes modelos, **também analisaremos o potencial do LHC para a determinação de massas e parâmetros do modelo, caso algum sinal seja observado.**

Referências

- [1] Steven Weinberg. A model of leptons. *Phys. Rev. Lett.*, 19(21):1264–1266, Nov 1967.
- [2] S. L. Glashow. A verificar. *Nucl. Phys.*, 22:579, 1961.
- [3] A. Salam. Elementary particles theory: Relativistic groups and anality. *Nobel Symposium*, (8), 1968.

- [4] H. Fritzsch, M. Gell-Mann, and H. Leutwyler. Advantages of the color octet gluon picture. *Physics Letters*, 47B(4):365–368, November 1973.
- [5] David J. Gross and Frank Wilczek. Asymptotically free gauge theories. *Phys. Rev. D*, 8(10):3633–3652, Nov 1973.
- [6] A. De Rújula, M. B. Gavela, P. Hernandez, and E. Massó. The self-couplings of vector bosons: does *lep-1* obviate *lep-2*? *Nuclear Physics B*, 384:3–58, 1992.
- [7] Anthony C. Longhitano. Heavy higgs bosons in the weinberg-salam model. *Phys. Rev. D*, 22(5):1166–1175, Sep 1980.
- [8] Thomas Appelquist and Claude Bernard. Strongly interacting higgs bosons. *Phys. Rev. D*, 22(1):200–213, Jul 1980.
- [9] Thomas Appelquist and Guo-Hong Wu. Electroweak chiral lagrangian and new precision measurements. *Phys. Rev. D*, 48(7):3235–3241, Oct 1993.
- [10] O. J. P. Éboli *et al.* a verificar. arXiv:hep-ph/0606118.
- [11] O. J. P. Éboli and D. Zeppenfeld. Observing an invisible higgs boson. *Physics Letters B*, 495:147–154, December 2000.
- [12] A. H. Chamseddine, R. Arnowitt, and Pran Nath. Locally supersymmetric grand unification. *Phys. Rev. Lett.*, 49(14):970–974, Oct 1982.
- [13] Lawrence Hall, Joe Lykken, and Steven Weinberg. Supergravity as the messenger of supersymmetry breaking. *Phys. Rev. D*, 27(10):2359–2378, May 1983.
- [14] R. Barbieri, S. Ferrara, and C. A. Savoy. Gauge models with spontaneously broken local supersymmetry. *Physics Letters*, 119B:343–347, 1982.
- [15] Lisa Randall and Raman Sundrum. Out of this world supersymmetry breaking. *Nuclear Physics B*, 557:79–118, 1999.
- [16] M. A. Diaz *et al.* arXiv:hep/ph/0605285.
- [17] B. Allanach *et al.* arXiv:hep-ph/9906224.

- [18] B. Allanach *et al.* *J. Phys. G***24**, 1998.
- [19] Tom Banks, Yuval Grossman, Enrico Nardi, and Yosef Nir. Supersymmetry without r -parity and without lepton number. *Phys. Rev. D*, 52(9):5319–5325, Nov 1995.
- [20] Marek Nowakowski and Apostolos Pilaftsis. w - and z -boson interactions in supersymmetric models with explicit r -parity violation. *Nuclear Physics B*, 461:19–49, 1996.
- [21] Gautam Bhattacharyya, Debajyoti Choudhury, and K. Sridhar. r -parity violating *susy* or leptoquarks: virtual effects in dilepton production. *Physics Letters B*, 349:118–124, April 1995.
- [22] Hans-Peter Nilles and Nir Polonsky. Supersymmetric neutrino masses, r -symmetries and the generalized μ -problem. *Nuclear Physics B*, 484:33–62, 1997.
- [23] Alexei Yu Smirnov and Francesco Vissani. Large r -parity violating couplings and grand unification. *Nuclear Physics B*, 460:37–56, 1996.
- [24] J. C. Romao *et al.* *lep* sensitivities to spontaneous r -parity violating signals. *Nuclear Physics B*, 482:3–23, 1996.
- [25] F. de Campos *et al.* Neutrinos in anomaly mediated supersymmetry breaking with r -parity violation. *Physical Review D*, 71, 2005.
- [26] H-U Bengtsson and T. Sjostrand. *Comput. Phys. Commun.* **46**, 43, 1987. Ver também, <http://www.thep.lu.se/~torbjorn/Pythia.html>.