

7

Conclusões

Uma vez que foi apresentado o estudo da busca de violação de CP em decaimentos charmosos de três corpos, referente aos 35pb^{-1} de dados coletados no LHCb durante o ano 2010, existem algumas conclusões que poderíamos ressaltar no que diz respeito ao detetor, à amostra de dados, ao método seguido para buscar assimetrias e, principalmente, valiosas conclusões podem ser extraídas dos resultados dos testes de *Mirandizing* nos canais estudados, que poderiam dar uma idéia das perspectivas futuras para esta área de estudo.

Primeiramente, cabe salientar que este foi o primeiro ano de tomada de dados do LHCb; embora existissem configurações de funcionamento preestabelecidas pelos responsáveis do projeto, tais requisitos tiveram que ser adaptados. Uma questão geral que podemos acentuar tem a ver com as limitações energéticas do LHC. Embora tenha sido projetado para funcionar numa energia de centro de massa de 14 TeV, o máximo valor atingido durante 2010 e 2011 foi de 7 TeV, o que ainda assim rendeu dados de excelente qualidade aos diferentes experimentos. Embora as configurações do feixe tenham mudado bastante ao longo deste primeiro ano de tomada de dados, as condições obtidas permitiram que o estado final da amostra representasse um cenário favorável para o estudo de mésons charmosos, onde o Modelo Padrão prevê efeitos muito pequenos ($\sim 0.1\%$), porém não nulos de violação de CP, enquanto extensões ao modelo, como supersimetria e dimensões extra, permitem a possibilidade de assimetrias de até 1% aparecer.

O objetivo era o estudo dos canais $D^\pm \rightarrow K^\mp K^\pm \pi^\pm$ e $D^\pm \rightarrow \pi^\mp \pi^\pm \pi^\pm$ (futuramente), que por serem suprimidos por Cabibbo, possuem uma fase complexa que pode ser alcançada por interação fraca, o que introduz a possibilidade de violação de CP se manifestar. O método de análise utilizado foi a busca de anisotropia nas superfícies binadas do Dalitz Plot, também conhecido como método *Mirandizing*, um teste estatístico (valor P) para comparar as amostras de D^+ e D^- e quantificar a certeza que se tem sobre a existência ou não, de violação de CP.

Para poder aplicar este método, foi preciso utilizar os canais de controle

$D^\pm \rightarrow K^\mp \pi^\pm \pi^\pm$ e $D_s^\pm \rightarrow K^\mp K^\pm \pi^\pm$, os quais têm a característica de não apresentar fase que possibilite violação de CP, o que permitiu testar por assimetrias que não são causadas por tal violação. Como resultado final, concluiu-se que não existem assimetrias nestes canais para os dados produzidos pelo LHCb durante 2010, da mesma maneira que nas regiões de background dos decaimentos $D^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$ e $D^+ \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^+$. Assim, prosseguiu-se com a aplicação dos testes para busca de assimetria de CP no canal alvo, uma vez aprovado pela colaboração do LHCb.

No caso do decaimento $D^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$, a região de sinal escolhida corresponde à janela $1856.7 < D_{MM} < 1882.1$ Mev/c². Utilizaram-se diferentes binagens, e diferentes combinações das amostras com as polaridades do magneto para realizar os testes de anisotropia no Dalitz Plot para este decaimento. Em cada caso, a distribuição da significância da diferença ajustada com uma Gaussiana derivou em valores da média μ e largura σ congruentes com zero e um, respectivamente. Especificamente no teste conjunto para todas as amostras e ambas as configurações do magneto, os valores obtidos foram $\mu = -0.031 \pm 0.058$, $\sigma = 1.006 \pm 0.041$ e $\chi^2/ndof = 308.0/303$, correspondendo a um valor P de 0.41.

Estes resultados nos levaram a concluir que, na amostra com os dados fornecidos pelo LHCb durante 2010, não existe evidência de assimetrias que possam ser atribuídas á violação de CP. Esta análise, entretanto, está limitada pela estatística de 2010, cerca de 200k D^+ e e 200k D^- . Estes resultados, como explicado no capítulo anterior, foram publicados no paper da referência [5].

Uma vez que já foi realizada a primeira análise, resta dar seguimento aos estudos neste canal, visando a testar por asimetrias presentes nas novas amostras, maiores, com novas filosofias de trigger, porém com uma maior confiança no trabalho, favorecida pelos resultados que foram obtidos até a data e principalmente pela experiência adquirida. Quanto às perspectivas futuras do método, pode-se dizer que representa apenas uma ferramenta para garantir a presença ou não de assimetrias no Dalitz Plot; para quantificar tais assimetrias, será necessário utilizar um modelo de ajuste total dos parâmetros associados às ressonâncias para uma análise completa da superfície do Dalitz Plot, que poderá ser aplicado em trabalhos posteriores, porém com o limite de dependência de modelos fenomenológicos.

Para o decaimento $D^+ \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^+$, embora não tenha sido possível realizar uma análise do comportamento dos dados na região de sinal, os resultados preliminares do estudo de mirandizing na região central de ruído mostram que não existem evidências significativas de assimetrias alheias aos

dados, o que torna este canal um cenário atraente para realizarmos estudos criteriosos num futuro próximo com novas amostras de dados e com a cuidadosa aplicação de ferramentas multivariáveis que têm se mostrado promissoras, pois apenas com o estudo preliminar aplicando o pacote TMVA do Root, purezas acima de 70% e a quantidade de eventos obtidos já ultrapassaram os melhores resultados publicados por outras colaborações.

Chegamos ao final do percurso traçado inicialmente para esta dissertação. Além dos percalços sofridos no caminho e das incertezas próprias da pesquisa e outras inerentes a nossas fraquezas no conhecimento do tema, podemos afirmar que a busca de violação de CP em decaimentos charmosos em três corpos apresenta-se como um campo de estudo profundamente atrativo para os anos vindouros, não apenas pela quantidade de dados que o LHCb promete fornecer até o final da investigação, mas também porque uma nova revolução está em lenta gestação na área da física de partículas, que seguramente aportará novas ferramentas de estudo que modificarão nosso modo de ver o mundo.

Recentemente, a colaboração LHCb, da qual fazemos parte, apresentou um surpreendente resultado[55] na medida de violação de CP nos decaimentos dos mésons neutros (D^0), correspondente a $\Delta A_{CP} = A_{CP}(D^0 \rightarrow KK) - A_{CP}(D^0 \rightarrow \pi\pi) = (-0.82 \pm 0.21 \pm 0.11)\%$, valores que em princípio estariam acima daqueles esperados pelo Modelo Padrão.

Estes resultados nos encorajam, não apenas pelas conseqüências que pressupõem, mas antes porque representam a ruptura dos paradigmas científicos de que falava Thomas Kuhn, onde uma lei científica prevalece apenas por representar uma explicação mais robusta sobre os fenômenos da natureza. Some-se a isto o que também já foi demonstrado pelo matemático Kurt Gödel em seu *teorema da incompleteza*, que implica que não somente o Modelo Padrão, senão qualquer sistema axiomático, dista muito de ser um sistema completo. Nesta ordem de idéias, o estudo da violação de CP poderia fornecer novas e únicas oportunidades para buscas indiretas de nova física; poderia ser a chave para compreender mais a fundo as interações do Modelo Padrão, ou até mesmo, em ordens maiores de energia, novas formas de interação dentro das partículas que conhecemos como elementares. Ainda que para isto precisasse-se de aceleradores com diâmetros de milhares de anos luz, e que, para fechar esta dissertação com as bem humoradas palavras de Stephen Hawking, “difícilmente um acelerador de tal tamanho seria aprovado no atual clima de contenção financeira”.