

## 8

### Conclusões

O objetivo desta tese foi o estudo do decaimento  $D^+ \rightarrow K_S \pi^- \pi^+ \pi^+$  com a intenção de fazer uma Análise de Amplitudes a fim de determinar os canais ressonantes intermediários produzidos, suas contribuições e fases relativas. O único estudo deste canal data de 15 anos atrás, e contou com apenas 200 eventos.

Sendo um decaimento em 4 corpos, um grande número de estados intermediários pode ser alcançado, e desejamos estudar se há contribuição significativa dos recém observados mésons  $\sigma$  e  $\kappa$ .

O estudo se baseia em uma amostra de quase 8000 eventos tomados pelo experimento FOCUS, de fotoprodução de charme, que coletou dados há cerca de 10 anos, no Fermilab.

Utilizamos o formalismo de Análise de Amplitudes baseado no Modelo Isobárico, que trata a formação do estado final através da formação de estruturas ressonantes que podem decair em dois ou três corpos.

A análise de 4 corpos é bastante complexa. O espaço de fase que descreve o decaimento tem 5 dimensões, que foram caracterizadas pela escolha de combinações de massas invariantes de dois corpos. A parametrização de cada estado ressonante deve considerar a função que descreve a forma da ressonância propriamente dita (*Breit Wigner*), elementos de matriz invariantes de Lorentz que respeitem conservação de momento angular, fatores de forma, etc. Dentro do Modelo Isobárico os estados intermediários são então somados coerentemente, considerando magnitudes e fases relativas, parâmetros a serem determinadas pelo ajuste.

A partir dos dados originais do FOCUS, tivemos que fazer uma sequência de seleções da amostra visando ter uma amostra final relativamente limpa de *background*, retendo ainda uma alta estatística. Nossa amostra final tinha 7841 eventos, com uma contribuição de 7.2% de *background*.

O Modelo de ajuste no espaço de fase em 5 dimensões levou em consideração funções distribuição de probabilidade (pdf) para o sinal e *background*. A análise de amplitudes em si requereu a implementação de um algoritmo de ajuste, escrito em C++ e utilizando a biblioteca do ROOT e MINUIT e o

ajuste foi feito pelo método de Máxima Verossimilhança evento a evento.

Para encontrar o melhor modelo que se ajustava aos dados, fomos implementando os possíveis canais de decaimento um a um, partindo de um modelo que incluía apenas a contribuição principal do modo  $a_1(1260)$ . Chegamos a um modelo de 10 canais, a partir do qual a inclusão de novos canais não alterava significativamente a qualidade do ajuste. Há predominância da contribuição do méson vetor axial  $a_1(1260)$  com contribuição de 45.1% através da ressonância  $\rho^0$  em onda S e 2.3% em onda D assim como também 4.5% através da ressonância  $\sigma$ . A segunda grande contribuição é do  $K_1^0(1400)$  decaindo em onda S através de  $K^*(892)^-$  com 34.0%. O vetor  $K^*(892)^-$  também se encontra presente no decaimento em três corpos com 14.7 %. O mais interessante é a observação do modo  $\kappa$  carregado, com uma importante contribuição de 14.1%. Esta é a primeira evidência da produção de  $\kappa^-$  em decaimentos de charme. A Colaboração Belle [33] acaba de apresentar indícios da produção de  $\kappa^-$  no decaimento semileptônico  $\tau^- \rightarrow K_S \pi^- \nu_\tau$ .

O modelo ainda apresenta algumas dificuldades no ajuste, mais evidentes nas projeções de massa  $K_S \pi^- \pi^+$  e  $\pi^- \pi^+ \pi^+$ . Estas discrepâncias não puderam ser resolvidas pela inclusão de mais estados. Não chegamos a ser totalmente exaustivos, em particular nesta análise não incluímos nenhum estado tensorial. Isto pode ser uma indicação de que o modelo em si ainda é deficitário no que diz respeito aos detalhes do processo. Por exemplo, o modelo não leva em consideração uma possível dinâmica de interação de estado final (FSI). O modelo isobárico aqui apresentado introduz FSI apenas através de fases fortes relativas constantes. Não há modelos fenomenológicos que tratem de FSI em estados finais de 4 corpos. Outra fonte possível de deficiência na modelagem pode se atribuir à liberdade na representação das funções angulares. Seria interessante poder fazer um estudo mais detalhado da influência destas parametrizações nos resultados do ajuste.

O experimento FOCUS vem dando uma importante contribuição ao estudo de decaimentos hadrônicos em 4 corpos. Recentemente publicou a análise do decaimento  $D^0 \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^+$  [34] com evidência da produção do méson  $\sigma$  (tanto vindo de  $a_1(1260)$  como 3 corpos não-ressonante, ao igual que o nosso trabalho) e em breve esperamos ter os resultados para o canal  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^+$ . Assim sendo, o estudo deste canal vem se somar ao esforço recente em analisar decaimentos de charme para o entendimento das propriedades das ressonâncias, em particular os mésons escalares leves.