

## 4 Reconstrução de Dados

Neste capítulo descrevemos os algoritmos de reconstrução e processamento de dados usados pelo FOCUS. Os tópicos incluem reconstrução de trajetórias, localização de vértices, determinação de momentos e identificação de partículas. O processo começa com os dados brutos escritos pelo Sistema de Adquisição de Dados (DAQ) os quais são sistematicamente filtrados até que sejam fisicamente consistentes, obtendose assim, um conjunto relativamente pequeno de dados, que é usado no estudo do charme.

### 4.1 Reconstrução de Trajetórias (*Tracking*)

O processo de reconstrução de trajetórias utiliza informação dos detetores SSD e das câmaras MWPC. Tanto nos detetores SSD como nas câmaras são achados traços a partir da informação dos pulsos medidos (SSD) ou dos fios ativados (MWPC). A reconstrução se inicia individualmente em cada sistema, para depois conectar os traços (*linking*). Os traços conectados devem ter uma boa qualidade de ajuste. A qualidade é obtida a partir do nível de confiança para a hipótese de que os traços pertencem à mesma partícula.

#### 4.1.1 Trajetórias SSD

As trajetórias no SSD são reconstruídas em três passos:

- Quando uma partícula passa por um dos planos do SSD, provoca emissão de pulsos (*hits*) em mais de uma microtira deste plano. O conjunto de *hits* (até três *hits*) que delimita a região de passagem de uma partícula é denominado agrupamento (*cluster*).
- Um *cluster* é definido pela sua posição na direção de resolução (vista <sup>1</sup>) e na direção  $z$  <sup>2</sup>. Para cada uma das três vistas os *clusters* são usados para formar projeções. As projeções são criadas combinando *clusters* de

<sup>1</sup>Existem três vistas U, V e Y que estão definidas pela inclinação do plano da respectiva estação com a vertical:  $-135^\circ$ ,  $-45^\circ$  e  $90^\circ$  respectivamente

<sup>2</sup>A direção  $z$  é a direção do feixe.

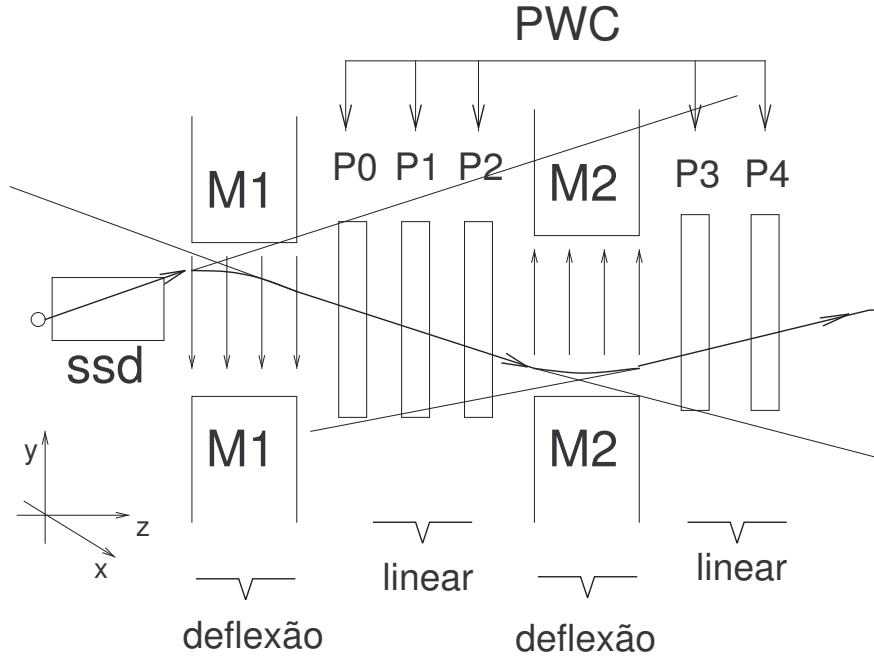


Figura 4.1: Representação da passagem de um partícula carregada pelo PWC.

diferentes planos para a mesma vista (são feitas todas as combinações possíveis). As projeções devem ser consistentes com a hipótese de uma linha reta. Uma projeção deve estar formada por *clusters* de pelo menos três dos quatro planos de cada vista e o ajuste deve ter  $\chi^2/(\text{dof}) < 3$  (onde d.o.f é o número de graus de liberdade).

- Todas as combinações possíveis de três projeções (uma para cada vista) são usadas para formar os traços por intermédio de um ajuste com  $\chi^2/(\text{dof}) < 8$ . É feita uma discriminação de traços com projeções compartilhadas utilizando o critério de escolha daquele que tiver menor  $\chi^2/(\text{dof})$ . Além disso, os traços que tiverem parâmetros idênticos (dentro de um desvio padrão) são reduzidos a um.

A resolução dos traços no SSD depende do momento, tendo para baixos momentos um maior termo de *espalhamento coulombiano múltiplo* causando assim uma pior resolução. A resolução na direção horizontal e vertical do traço extrapolado ao centro do alvo (região de alta resolução) pode ser expressa como:

$$\sigma_x = 11\mu\text{m}\sqrt{1 + \left(\frac{17.5 \text{ GeV}/c}{p}\right)^2}, \quad \sigma_y = 7.7\mu\text{m}\sqrt{1 + \left(\frac{25.5 \text{ GeV}/c}{p}\right)^2} \quad (4-1)$$

onde  $p$  é o momento do traço expresado em  $GeV/c$ . As constantes  $11\mu m$  e  $7.7\mu m$  são devidas à granularidade dos detetores de silício. A resolução é melhor na direção  $y$  porque as três vistas fornecem informação nesta direção, enquanto que na direção  $x$  somente duas vistas fornecem informação.

Uma vez que o traço do SSD é formado, ele é extrapolado em direção ao alvo para assim realizar dois novos ajustes com dados do sistema TSSD. O primeiro ajuste utiliza os *hits* do TSSD2 que estão localizados dentro de um raio de três desvios padrão. Se o primeiro ajuste é bem sucedido, é realizado então um segundo ajuste utilizando os *hits* do TSS1 em adição aos *hits* encontrados no primeiro ajuste. A informação dos parâmetros dos traços é salva para cada um dos três ajustes (parâmetros obtidos no ajuste que utiliza informação do sistema SSD, parâmetros obtidos no ajuste que utiliza informação de SSD e de TSSD2 e parâmetros obtidos no ajuste que utiliza informação de SSD e de TSSD1 e TSSD2).

#### 4.1.2 Trajetórias MWPC

A reconstrução de traços no sistema MWPC, da mesma forma que no caso do sistema SSD, consiste em encontrar as projeções das vistas e extrair os parâmetros do traço (inclinação e interseção) segundo um ajuste a uma linha. Existem três estações entre os magnetos e duas após o magneto M2.

O algoritmo começa construindo traços que se originam em P0 (estação que se encontra mais perto do alvo), com a extrapolação da componente  $x$  (não defletida) dos traços SSD's através do espectrômetro. É realizada uma busca de *hits* do MWPC que se ajustem a esta projeção. São formadas também projeções das vistas  $y$ ,  $u$  e  $v$ , então as projeções são combinadas para formar traços. Os *hits* da vista  $x$  que não foram utilizados são combinados para formar projeções adicionais e depois encaixados com as projeções não usadas das vistas  $y$ ,  $u$  e  $v$ , para assim formar mais traços. Os traços são construídos a partir de pelo menos três estações com não mais de quatro *hits* perdidos em todas as estações e não mais de dois *hits* perdidos em uma só estação.

O passo seguinte é realizar um ajuste de mínimos quadrados em todos os candidatos a traço. Os parâmetros do ajuste são as inclinações e interseções dos traços nos planos  $xz$  e  $yz$ . Para traços que atravessam M2, a mudança na inclinação  $y$  é um parâmetro adicional devido à deflexão dentro dos magnetos. Traços com *hits* em todas as cinco estações PWC são chamados *tracks*, enquanto que traços com *hits* somente nas três primeiras estações são chamados de *stubs*; um parâmetro extra nos *tracks* é usado para estabelecer um momento aproximado para esta classe de traços.

Depois de determinar o momento dos *tracks*, varias correções magnéticas são aplicadas para considerar o campo nas bordas de M1 e M2 e variações espaciais dentro do campo. A seguir, é realizado um novo ajuste considerando as correções magnéticas em um processo iterativo, onde o momento é ajustado após cada iteração.

Além dos *tracks* e *stubs*, existem os traços *recon*, que têm valor de momento muito baixo e que passam através de M1 afastando-se antes de passar pelas outras estações. Um algoritmo de recuperação é utilizado para reconstruir este tipo de traços. Este algoritmo consiste em projetar os traços SSD no sistema MWPC para prever os *hits*  $x$  em P0, P1 e P2. Os *hits* não usados em  $y$ ,  $u$  e  $v$  são usados para formar *hits* tridimensionais em cada estação. Os traços reconstruídos dessa maneira são estendidos em P0, P0-P1, P0-P1-P2, com um mínimo requerimento de três *hits* por estação, com exceção dos traços que só foram estendidos a P0 onde todos os quatro hits são requeridos. Depois os novos traços são ajustados para assim determinar os seus parâmetros.

Uma percentagem pequena de eventos tem um grande número de *hits*. Geralmente é muito complicado extrair física razoável deste tipo de eventos e eles dramaticamente retardam o tempo usado no processo de reconstrução. Com a finalidade de diminuir o tempo de processamento, um limite de 30 traços é imposto no processo de busca. O limite é alcançado em aproximadamente 3.5 % de todos os eventos.

### 4.1.3

#### Conexão de Trajectórias (*Linking*)

Depois dos traços serem reconstruídos individualmente nos sistemas SSD e MWPC, eles são conectados. O processo de conexão é realizado extrapolando os traços de ambos sistemas SSD e PWC em direção ao centro de M1. É aplicado um corte que requer que a interseção e inclinação dos dois tipos de traços seja consistente um com o outro na vista  $x$  (não defletida) permitindo que vários traços MWPC se conectem com o mesmo traço SSD. Esta condição evita que escolhas corretas sejam acidentalmente eliminadas. Um ajuste global utilizando todos os *hits* de ambos sistemas é realizado para cada candidato. Cada traço SSD é conectado a no máximo dois traços MWPC (*double-link track*) escolhendo para isso os candidatos com melhor qualidade de ajuste. Os pares  $e^+e^-$  são normalmente reconstruídos como *double-link*, pois eles são indistinguíveis no sistema SSD, mas são separados após os magnetos.

## 4.2

## Determinação de Momento

O momento associado a um determinado traço é calculado em função do ângulo de deflexão do traço nos magnetos M1 e M2. São usados diferentes métodos, que dependem do tipo de traço. Por exemplo, para traços que passam pelas cinco estações (*tracks*), se calcula o ângulo defletido em M2 usando os parâmetros do traço antes e depois do M2. Para o caso de traços que passam por três estações (*stubs*) os segmentos do traço em SSD e PWC são usados para calcular o ângulo defletido em M1. O sistema de *tracking* fornece a posição da partícula na borda anterior,  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$  e posterior  $\vec{r}_1 = (x_1, y_1, z_1)$  do magneto. Então, a partir dessas posições e do campo magnético  $\vec{B}$ , é achado o momento da partícula  $p$ . Sabemos que, a partir da força de Lorentz e em ausência de campo elétrico, o módulo do momento total  $p$  é conservado e a trajetória pode ser encontrada em função das derivadas ( $\vec{r}' = d\vec{r}/d\vec{z}$ ) nos planos do laboratório  $xz$  e  $yz$ . Dessa maneira, a trajetória é expressa como:

$$\frac{\vec{r}'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + 1}} = \frac{\vec{r}'_0}{\sqrt{x_0'^2 + y_0'^2 + 1}} + \frac{q}{pc} \int_{z_0}^z \vec{r}' \times \vec{B} dz \quad (4-2)$$

onde  $q$  é a carga elétrica da partícula em unidades de cargas de electrón e  $c$  é a velocidade da luz. Na prática  $q = \pm 1$ . Para o caso de traços reconstruídos e conectados antes e depois dos magnetos, as derivadas inicial e final são conhecidas, então o momento  $p$  pode ser encontrado calculando a integral. Uma boa aproximação é ignorar as correções magnéticas fora dos magnetos, desta maneira só haverá campo magnético na direção  $x$ ,  $\vec{B} = (B_x, 0, 0)$ , existindo desvio unicamente na direção  $y$ :

$$\frac{y'_1}{\sqrt{x_1'^2 + y_1'^2 + 1}} = \frac{y'_0}{\sqrt{x_0'^2 + y_0'^2 + 1}} + \frac{q}{pc} \int_{z_0}^{z_1} B_x dz \quad (4-3)$$

Supondo que  $x'^2 \approx y'^2 \ll 1$  temos

$$y'_1 = y'_0 + \frac{q}{pc} \int_{z_0}^{z_1} B_x dz \quad (4-4)$$

logo,

$$p = \frac{K}{y'_1 - y'_0}, \text{ onde } K = \frac{q}{c} \int_{z_0}^{z_1} B_x dz \quad (4-5)$$

$K$  é denominado “golpe” de momento transverso (*transverse momentum kick*) e é obtido através do mapeamento do magneto.

Após determinar o momento, as trajetórias são recalculadas. Então, calculam-se novamente os momentos em um procedimento iterativo até obter estabilidade.

No caso dos traços de tipo *stub* que não foram conectados com traços do SSD, não existe informação antes deles entrarem no M1. Para obter um momento aproximado para estas partículas, o vértice mais perto da projeção  $x$  do traço é escolhido para realizar o cálculo de momento através do magneto M1. Se não houver vértice reconstruído, então é escolhido o centro do alvo. As resoluções de momento são:

$$\frac{\sigma_p}{p} = 0.034 \times \frac{p}{100 \text{ GeV}/c} \sqrt{1 + \left(\frac{17 \text{ GeV}/c}{p}\right)^2}, \text{ para M1} \quad (4-6)$$

$$\frac{\sigma_p}{p} = 0.014 \times \frac{p}{100 \text{ GeV}/c} \sqrt{1 + \left(\frac{23 \text{ GeV}/c}{p}\right)^2}, \text{ para M2} \quad (4-7)$$

onde  $p$  é o momento do traço expressado em  $\text{GeV}/c$ . A expressão usada para M1 corresponde a traços do tipo *stubs*, enquanto que a usada para M2 corresponde a *tracks*.

Da mesma forma que no caso da resolução em SSD, a resolução a baixos momentos é dominada pelo *espalhamento coulombiano múltiplo*, representado pelo segundo termo dentro da raiz quadrada, enquanto que para altos valores de momento, a resolução é limitada pela resolução de posição no sistema MWPC.

### 4.3

#### Identificação de Partículas pelo Algoritmo de Čerenkov

A identificação de elétrons, prótons, píons e káons carregados é realizada utilizando o algoritmo CITADL (*Čerenkov Identification of Tracks by an Algorithm using Digital Likelihood*).

Para cada traço carregado reconstruído no sistema MWPC, o algoritmo CITADL cria uma variável de verossimilhança  $W_\alpha$  para as hipóteses de que o traço corresponde a uma determinada partícula  $\alpha = e, \pi, K, p$ . Para isto é usado o estado *on/off* de cada célula. Uma célula é declarada *on* quando produz um número de foto-elétrons acima de um mínimo.

Para uma partícula de momento  $p$ , é calculado o cone correspondente a  $\beta = 1$  para cada uma das hipóteses (cada hipótese corresponde a uma massa diferente, o que leva a um cone diferente quando se faz  $\beta = 1$ ).

Para cada célula dentro do cone, é definido o número de foto-elétrons esperados  $\mu$ . Então, considerando uma distribuição de Poisson, a probabilidade de uma célula dentro do cone estar ligada  $P_{on}$  ou desligada  $P_{off}$  está dada por:

$$P_{on} = 1 - e^{-\mu} \quad (4-8)$$

$$P_{off} = e^{-\mu} \quad (4-9)$$

Então, se uma célula dentro do cone tem estado *on*, a essa célula é atribuída a probabilidade  $P_j = 1 - e^{-\mu}$ ; por outro lado, se a célula tiver estado *off* a sua probabilidade será  $P_j = e^{-\mu}$ .

A variável de verossimilhança para cada hipótese é calculada achando o logaritmo do produto das probabilidades de todas as células que caem dentro do respectivo cone:

$$W_\alpha = -2 \sum_j \log P_j \quad (4-10)$$

O algoritmo de Čerenkov também leva em consideração acendimentos aleatórios de células. A probabilidade de uma célula acender por motivos diferentes à radiação Čerenkov é calculada a partir da taxa de células acendidas fora do cone  $\beta = 1$  quando não há nenhum traço no evento. Esta probabilidade é maior para células que se encontram na região central, perto do eixo do feixe. Na figura 4.2 temos a distribuição de acendimentos aleatórios versus o número da célula correspondente ao contador C2 para uma fração pequena de dados.

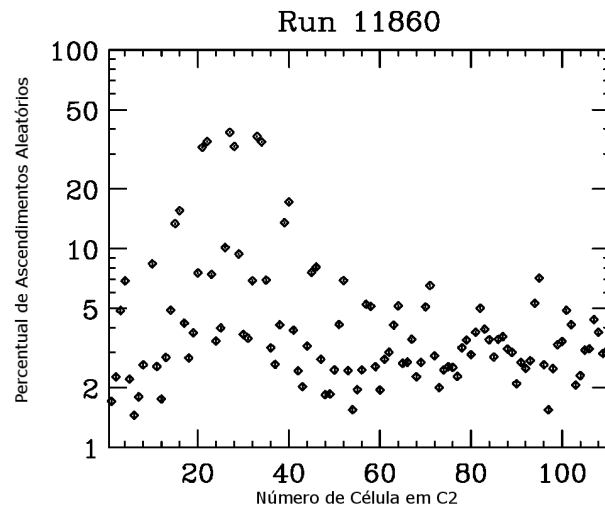


Figura 4.2: Percentual de acendimentos aleatórios versus o número da célula em C2. Para células que se encontram localizadas perto do feixe a taxa é de aproximadamente 40 %.

Considerando os efeitos aleatórios, a probabilidade de uma célula ter o estado *on* está dada por:

$$P_{on} = P_{rnd} + 1 - e^{-\mu} - P_{rnd}(1 - e^{-\mu}) \quad (4-11)$$

onde  $P_{rnd}$  é a probabilidade de acendimento aleatório da célula. Obviamente  $P_{off} = 1 - P_{on}$ .

A identificação de partículas é realizada comparando os valores das variáveis  $W$  para cada hipótese. Assim, por exemplo, quando se quer identificar um pión, normalmente se requer que a hipótese do pión seja a melhor das

hipóteses ou não difira muito da melhor hipótese. Isto é feito requerendo:

$$\min(W) - W_\pi > -n \quad (4-12)$$

onde  $n$  é um valor positivo usualmente entre 3 e 6.

Quando se quer rejeitar a contaminação produzida pelo erro de identificar um pión como sendo um káon, então se requer que a hipótese do pión seja favorecida com respeito à hipótese do káon em um certo número  $N$  de unidades de verossimilhança:

$$W_K - W_\pi > N \quad (4-13)$$

A identificação de káons é implementada de forma similar requerendo:

$$W_\pi - W_K > N \quad (4-14)$$

A figura 4.3 mostra a distribuição de  $W_\pi - W_K$  para os traços do káon e do pión de eventos simulados do decaimento  $D^+ \rightarrow K^*(890)^0 \mu^+ \nu$  em duas diferentes faixas de momento do pión ou do káon. Os picos em  $W_\pi - W_K = 0$  correspondem a regiões onde não é possível discriminar káons de píons.

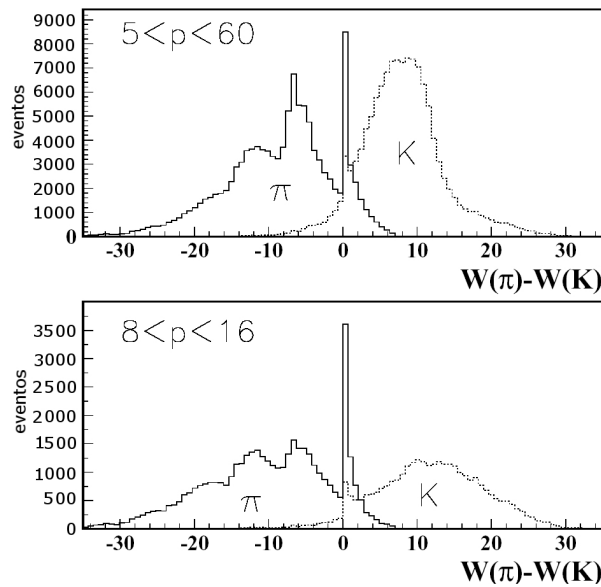


Figura 4.3: Distribuição de  $W_\pi - W_K$  para káons e píons em eventos gerados por simulação Monte Carlo para duas faixas de momento.

#### 4.4

##### Determinação de Vértices (*Vertexing*)

Existem dois algoritmos para a determinação de vértices primários: DV-FREE e DVNUCL. O algoritmo DVFREE é usado quando não existe informação a priori no processo de localização do vértice. O algoritmo DVNUCL é utilizado na análise física, onde já é conhecida a direção da partícula char-



mosa (quer dizer, quando todos os momentos das partículas secundárias estão disponíveis) e sua direção de vôo é usada como um traço precursor (*seed track*).

#### 4.4.1

##### O Algoritmo DVFREE

O algoritmo DVFREE começa tomando dois traços do sistema SSD (conectados ou não) e formando uma função de mínimos quadrados  $\chi^2$  para a hipótese de que eles sejam originados no mesmo vértice. Se  $\chi^2 > 1$ , a combinação de traços é rejeitada e é procurada uma nova combinação. Se  $\chi^2 < 1$ , outros traços são adicionados um de cada vez sempre requerendo que  $\chi^2 < 1$ . Para  $N$  traços formando o vértice, o  $\chi^2$  está dado por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left( \frac{x - (x_i + x'_i z)}{\sigma_{x_i}} \right)^2 + \left( \frac{y - (y_i + y'_i z)}{\sigma_{y_i}} \right)^2 \quad (4-15)$$

onde  $x$ ,  $y$  e  $z$  são as coordenadas dos vértices,  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $x'_i$ ,  $y'_i$ ,  $\sigma_{x_i}$  e  $\sigma_{y_i}$  são as interseções do traço, as inclinações e os erros. O algoritmo é repetido até que todas as possíveis combinações de traços que constituem vértices com  $\chi^2 < 1$  sejam criadas. Esta reconstrução é feita sem considerar nenhum decaimento em especial no evento. Usualmente é encontrado mais de um vértice. Normalmente é considerado como vértice primário aquele que tem maior multiplicidade de traços ou o vértice que é anterior a todos os outros na direção do feixe. Se não for encontrado vértice primário, então o centro do alvo é usado como vértice primário.

#### 4.4.2

##### O Algoritmo DVNUCL

O algoritmo DVNUCL é usado quando a partícula charmosa candidata já foi totalmente reconstruída e sua direção de vôo é usada como um traço tipo *seed*. Um método de mínimos quadrados similar ao aplicado no caso do DVFREE é usado para formar o vértice. A diferença do algoritmo DVFREE é que os traços podem ser misturados com os traços tipo *seed*. Os traços que formam o traço *seed* são excluídos do processo, e a exclusão manual de traços também é possível. O algoritmo DVNUCL fornece uma resolução muito melhor que o algoritmo DVFREE.

#### 4.5

##### Reconstrução de Vês

As partículas neutras  $\Lambda^0$  e  $K_S^0$  são chamados Vês (da letra V) porque são reconstruídas usando dois traços de partículas de carga oposta que formam

um vértice como se mostra na figura 4.4. FOCUS reconstrói estas partículas através dos modos  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  (BR=68.6 %) e  $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$  (BR=63.9 %).

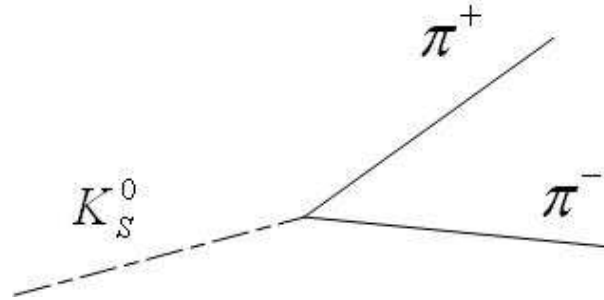


Figura 4.4: Ilustração da topologia de um Vê para o decaimento  $K_S^0 \rightarrow \pi^-\pi^+$ . A linha tracejada denota a partícula neutra não observada e as linhas sólidas representam os dois píons carregados.

As partículas Vês têm um longo tempo de vida ( $\tau \sim 10^{-10}$  s) em comparação com partículas charmosas, por tal motivo viajam alguns metros no espectrômetro antes de decair. Devido à grande e diversificada região em  $z$ , existem muitas regiões do decaimento, o que significa vários algoritmos de procura de Vês. A figura 4.5 mostra os diferentes tipos de Vês que são reconstruídos. Descreveremos a seguir os algoritmos que têm sido implementados para todas estas categorias. Todos têm em comum a procura de um par de partículas com carga oposta que formam um vértice. A massa invariante é calculada para duas hipóteses, na primeira a massa do pión é atribuída a ambos traços para assim testar para a massa de um  $K_S^0$ , e na segunda hipótese a massa do próton é atribuída ao traço com maior momento e a massa do pión ao traço de menor momento para assim testar a massa do  $\Lambda^0$ . Neste estágio, não é usada identificação de partículas, e os requerimentos do Vê são deixados como não fixos para permitir diferentes graus de pureza do sinal para diferentes análises de física.

Mesmo que hajam sido implementados algoritmos para todos os tipos de Vês, não todos esses tipos são usados para uma determinada análise. Por exemplo, na presente tese são usados Vês do tipo SSD e M1. Os Vês de tipo RECON e P34 foram implementados pelo experimento anterior E687 mas não são usados em FOCUS pois, devido à redução da energia do feixe, os decaimentos de longa vida (que é o caso dos Vês RECON e P34) são menos frequentes. Outros tipos de Vês não usados em FOCUS são os Vês MIC porque eles requerem tempo de computação muito grande.

Frequentemente é necessário impor que os Vês foram produzidos no vértice primário do evento, o que às vezes é uma aproximação um pouco grosseira. Um procedimento de reajuste é feito para melhorar a resolução da

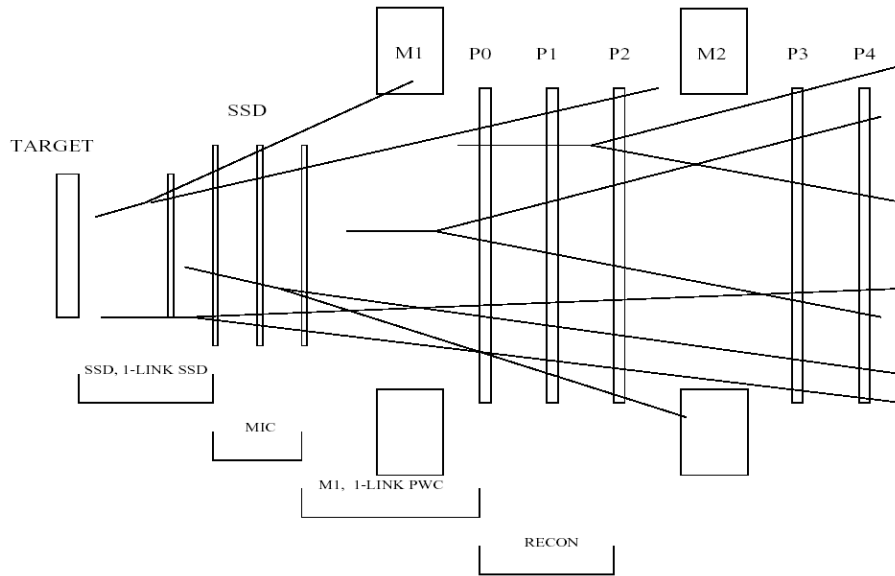


Figura 4.5: Diferentes tipos de decaimentos de Vês.

massa e direção do  $V^0$ . Neste método, usado no estágio da análise física, o  $V^0$  é considerado como proveniente de uma partícula charmosa.

#### 4.5.1 Tipos de Vês

- **Vê SSD (Tipo 9):** Os Vês SSD são geralmente partículas  $K_S^0$  e  $\Lambda^0$  que decaem antes da segunda estação SSD. Eles são reconstruídos a partir de traços do SSD conectados a traços do sistema MWPC de cargas opostas que se originaram no mesmo vértice. É exigido que o vértice do Vê esteja localizado após o vértice primário do evento. Se forem encontrados *hits* no sistema TSSD que se encaixam com o Vê, eles são incluídos na definição do traço. Somente são usados *hits* que se encontram após o vértice do Vê. Como decaem perto do vértice primário, este tipo de Vê tem valor de momento baixo e uma excelente resolução de massa ( $\sim 3.6 MeV$  para  $K_S^0$  e  $\sim 1.6 MeV$  para  $\Lambda^0$ ) por causa da grande quantidade de informação do sistema SSD.
- **Vê M1:** As partículas  $K_S^0$  e  $\Lambda^0$  que decaem após a última estação SSD e antes da primeira estação MWPC são chamados de Vês M1. Os dois píons candidatos devem ser traços do MWPC não conectados com os traços do SSD. Dependendo da natureza dos traços, os Vês M1 podem ser subdivididos em Vês “*track-track*” (Tipo 5), “*stub-stub*” (Tipo 1) e “*track-stub*” (Tipo 4). Para cada uma dessas sub-categorias é procurado o vértice do decaimento no plano não defletido  $xz$ . É usado um processo de ajuste iterativo para determinar a coordenada  $y$  do

vértice do decaimento do  $V^0$ . Para  $V^0$ s tipo *track-stub* este método permite a determinação do momento do traço *stub*. Para  $V^0$ s do tipo *stub-stub* é necessário restringir que o  $V^0$  se origina no vértice primário do evento, assim, graças a esta restrição, é possível avaliar o momento dos traços. Para obter uma melhor estimativa da localização do vértice e momento do  $V^0$ , é realizado um ajuste global usando a matriz de covariância dos traços e incluindo espalhamento múltiplo Coulombiano. Ao redor de 70% de todos os  $V^0$ s são do tipo M1. A resolução de massa e vértice não é tão boa quanto no caso dos  $V^0$ s SSD. A distribuição de massa da união dos dois píons tem longas caudas não Gaussianas. Por este motivo, os candidatos a  $K_S^0$  e  $\Lambda^0$  são seleccionados não pelo critério da massa reconstruída senão pelo critério da “massa normalizada reconstruída”. A massa normalizada é o resultado da diferença entre a massa reconstruída e a massa nominal dividida pelo erro de massa ( $\sigma_m$ ):  $(m - m_0)/\sigma_m$ . A massa normalizada tem uma distribuição Gaussiana. O requerimento mais usado para  $V^0$ s do tipo M1 é que o valor absoluto da massa normalizada seja menor que 5, em outras palavras, requerendo que a massa reconstruída se encontre em até 5 desvios padrões da massa nominal. A resolução média ( $\sigma_m$ ) varia desde 5.9 MeV para  $V^0$ s do tipo *track-track* a 6.6 MeV para  $V^0$ s *stub-stub*.

- **Vé RECON:** São  $K_S^0$ 's e  $\Lambda^0$ 's que decaíram entre P0 e P2. Este tipo de  $V^0$ , pelo fato de ter valor alto de momento, não é muito comum no FOCUS e por tal motivo não é usado para análise. Os dois píons candidatos são reconstruídos usando os *hits* em P1, P2, P3 e P4 que não foram usados no processo global de procura de traços, que usa *hits* em todas as câmaras. Os traços podem ser de tipo P1234, P123, P234 ou P23, dependendo das estações MWPC usadas. Se encontra primeiro o vértice no plano  $xz$  (não defletido) usando as projeções dos dois traços. Os traços que não formam vértices são descartados. Depois são formadas as projeções dos traços nas vistas defletidas ( $u$ ,  $v$  e  $y$ ) para serem encaixadas com a projeção no plano  $xz$  para formar traços tridimensionais. Finalmente os traços são combinados para formar o  $V^0$ . As coordenadas do vértice do  $V^0$  e os parâmetros dos traços (inclinação e intercepção) são parâmetros do ajuste.
- **Vé P34:** Os  $V^0$ s do tipo P34 são os  $V^0$ s de maior momento. Decaem entre P3 e P4 no campo magnético de M2. Os píons candidatos são formados por *hits* de P3 e P4 que não foram usados no processo global de procura de traços. A eficiência para este tipo de  $V^0$ s é baixa, pelo fato de que os *hits* nos dois planos podem ser atribuídos erradamente a outros

traços. O processo de localização do vértice é similar ao usado para os Vês do tipo RECON.

- **Vê SSD com um só traço conectado:** Este tipo de Vê decai antes da segunda estação SSD, sendo que um dos píons candidatos não entrou na região de P0. Estes Vês são reconstruídos usando um traço conectado a um traço MWPC e um outro traço não conectado. O vértice primário do evento é usado como sendo a origem de produção do Vê. A linha que une os vértices primário e secundário deve estar localizada no mesmo plano que o Vê. Com esta condição, podemos determinar o momento do filho não conectado. É imposto que os vértices primário e secundário tenham uma significância de separação maior a 10. Esta separação é calculada como a distância entre os dois vértices dividida pelo erro da distância ( $\ell/\sigma_\ell$ ). A resolução de massa para este tipo de Vê é aproximadamente  $4.7 \text{ MeV}$ . Este tipo de Vê não é usado na nossa análise.
- **Vê MIC:** Vê do tipo MIC são  $K_S^0$ 's e  $\Lambda^0$ 's que decaem entre a segunda e a última estação SSD. Os traços MWPC que não foram conectados com traços do SSD são encaixados com *hits* dos planos SSD para formar candidatos a píons. Estes traços são usados para formar o vértice do Vê. A resolução de massa no caso do Vê ser um  $K_S^0$  é de  $4.4 \text{ MeV}$ . Este tipo de Vê não é usado na nossa análise.
- **Vê MWPC com um só traço conectado:** de igual maneira que os Vês de tipo M1, este tipo de Vê decai entre a última estação SSD e P0, a diferença com os Vês M1 é que este tipo de Vê é formado por um traço conectado com traços SSD e um traço não conectado. Seu algoritmo de reconstrução é o mesmo dos Vês do tipo M1, e da mesma forma, estão divididos nas mesmas sub-categorias. Para o caso de  $K_S^0$  a contaminação por *background* é muito alta, por causa disso, estes tipo de  $K_S^0$  nunca foi usado.