

	Aceitância geométrica			Nº máximo de pontos por traço	Resolução por ponto σ (mm)
	R(cm)	Z (cm)	θ (graus)		
VD	6.3/9/11	≤ 12	$\geq 28/37/43$	1/2/3	$R\phi : 0.005(1)$
ID:I	11.8-22.3	≤ 40	≥ 17	24	$R\phi : 0.09$
ID:E	23-28	≤ 50	≥ 30	5	$R\phi : 0.09, Z : 1$
TPC	35-111	≤ 134	$\geq 20(2)$	16, 192(3)	$R\phi : 0.23, Z : 0.9$
OD	198-206	≤ 232	≥ 43	$R\phi : 5, Z : 3$	$R\phi : 0.11, Z : 40 (4)$
FCA	30-103	155-165	11-33	$x, u, v : 2$	0.3
FCB	53-195	267-283	11-35	$x, u, v : 4$	0.2

Notas: (1) Sep.2 traços: $100\mu\text{m}$; (2) ≥ 3 pontos;
(3) amostras dE/dx ($\sigma = 6.2\%$); (4) resposta rápida em Z.

Tabela 3.3: Especificações dos detectores de traços (ID: I é a camada Interna, ID: E a externa). A aceitância no ângulo polar ($\theta \geq \theta_l$) subentende o limite equivalente no ângulo complementar ($\theta \leq 180^\circ - \theta_l$).

drónico. Enquanto na região da frente o calorímetro (EMF) tem a estrutura tradicional de blocos homogêneos em chumbo/vidro, de 50 cm de comprimento e $5 \times 5 \text{ cm}^2$ de área frontal, o calorímetro electromagnético do barril (HPC) utiliza a técnica da câmara de deriva de projecção temporal, idêntica à da TPC, dentro de um harmónio de chumbo para obter uma elevada granularidade e a possibilidade de reconstrução dos depósitos de energia no que respeita à sua direcção e desenvolvimento da cascata electromagnética (até 9 camadas sucessivas).

Os calorímetros electromagnéticos junto ao tubo de feixe (SAT e VSAT), cobrindo ângulos polares de 2.5 graus a 7.7 graus e de 0.28 graus a 0.4 graus (e respectivos ângulos complementares), são utilizados para reconstruir acontecimentos "Bhabha" ($e^+e^- \rightarrow e^+e^-$), permitindo assim medir a luminosidade \mathcal{L} através da relação $N_{\text{BB}} = \sigma_{\text{BB}}\mathcal{L}$. Para as zonas angulares acima definidas o processo $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ é fortemente dominado pela contribuição do canal-t (troca de um fóton), que não depende significativamente da energia no centro de massa, para valores desta próximos da massa do Z^0 .

O calorímetro hadrónico (HAC, ou HAB e HAF) consiste em camadas de ferro intercaladas com câmaras de fios. O ferro funciona como meio passivo e é ideal para o retorno do fluxo do campo magnético.

A tabela 3.4 mostra as características principais dos calorímetros.

Embebidas no meio do calorímetro hadrónico está uma parte das câmaras de muões do barril (MUB), estando a outra parte 20 cm após o calorímetro

	Aceitação			granularidade de leitura	espessura (X_0 ou λ)	resolução (σ_E/E)(%) (E em GeV)
	R(cm)	$ Z $ (cm)	θ (graus)			
HPC	208-260	≤ 254	≥ 43	$\phi : 1^\circ; Z : 4\text{mm};$ R:9 amostras	$18X_0$	$5 \oplus 33/\sqrt{E}$
EMF	46-240	284-340	10-36	$\phi : 1^\circ; \theta : 1^\circ$	$20X_0$	$3 \oplus 12/\sqrt{E}$
SAT	10-36	233-285	2.5-7.7	$\phi : 7.5^\circ; \theta : 15^\circ$	$28X_0$	$(1.2 \oplus 12/\sqrt{E}) + 2.3$
VSAT	6-9 ($ x $)	770	0.029-0.04°		$24X_0$	5% a 45 GeV
HAB	320-479	≤ 380	≥ 43	$\phi : 3.75^\circ; \theta : 3^\circ$	6λ	$21 \oplus 112/\sqrt{E}$
HAF	65-460	340-489	10-52	$\phi : 3.75^\circ; \theta : 2.6^\circ$	6λ	$21 \oplus 112/\sqrt{E}$

Tabela 3.4: Especificações dos calorímetros (X_0 é o comprimento de radiação e λ é o comprimento de interacção).

hadrónico. Estas câmaras são simples detectores de posição que em geral, por estarem muito afastadas do ponto de interacção (em termos de comprimentos de radiação), apenas são atingidas por muões. Na zona da frente as câmaras de muões (MUF) têm uma forma quadrada, estando uma parte também embebida no calorímetro hadrónico e outra exterior (ambas sendo 2 camadas ortogonais de tubos de deriva).

Os detectores de Cherenkov (RIB e RIF) são usados para medir a velocidade das partículas carregadas, tirando proveito do facto de que uma partícula carregada com velocidade superior à da luz num certo meio, emite radiação num ângulo apenas dependente da velocidade. Em conjunto com a informação do momento, estes detectores permitem identificar as partículas carregadas.

Os cintiladores (TOF no barril, HOF na frente) são detectores de posição de resposta muito rápida (inferior a $3\mu\text{s}$), permitindo medir o tempo de passagem das partículas carregadas e rejeitar traços provenientes de muões cósmicos.

Uma descrição dos detectores mais importantes para a análise efectuada é feita nas subsecções seguintes.

3.2.1 Detectores de traços

micro Vertex Detector – O detector de Vértice

Este pequeno detector de posição, colocado junto ao tubo de feixe, tem a principal função de obter a máxima resolução na medida do ângulo azimutal, através da medição muito precisa de pontos da trajectória de uma partícula

carregada (traço), permitindo obter uma resolução por traço de $5 \mu\text{m}$ e uma separação de $100 \mu\text{m}$ entre dois traços. Com este tipo de resolução e vários traços pode-se reconstruir o vértice primário e vértices secundários dentro do tubo de feixe. Este pequeno detector não pretende dar informação em z . Uma descrição mais detalhada da sua geometria e características dinâmicas pode ser obtida em [VDN92].

É constituído por três finas ($300 \mu\text{m}$ de espessura) camadas de faixas de silício, com uma granularidade muito elevada ($50 \mu\text{m}$). Cada camada, com simetria cilíndrica, tem um comprimento de 24 cm, e consiste em 24 módulos dispostos de forma a cobrir toda a zona angular azimutal (10% de sobreposição entre os módulos). As camadas estão colocadas a uma distância do feixe respectivamente de 6.3, 9. e 11. cm. O Tubo de feixe tem o diâmetro de 12 cm (excepto em 1990 em que o diâmetro era de 16 cm; nessa altura a camada interna não existia).

Cada módulo é constituído por quatro detectores ao longo do eixo do feixe, sendo que as faixas são também paralelas ao eixo do feixe. Cada detector tem $59 \text{ mm} \times 25.6 \text{ mm}$ de área sensível (tendo 512 canais de informação no plano transversal).

A figura 3.5 mostra as três camadas em perspectiva (a)) e a imagem de um acontecimento neste detector (b),c)).

O alinhamento do detector de vértice com o resto do conjunto de detectores de DELPHI tem uma importância substancial para se obter a máxima resolução possível na reconstrução do vértice primário e vértices secundários. Esse alinhamento é aperfeiçoado processando os dados uma primeira vez, e usando os decaimentos do Z^0 em muões muito energéticos, correspondendo a dois traços opostos e quase direitos, para alinhar este detector com os outros detectores de medida de momento. Com esta informação processa-se os dados uma segunda vez, permitindo obter amostras que tiram todo o proveito deste detector.

Apesar de ser o detector mais interno de DELPHI, portanto mais sujeito a estragos devido às múltiplas interações dos feixes com o gás envolvente, com o tubo de feixe ou mesmo com o próprio detector, a sua eficiência de funcionamento foi superior a 95% na sua zona de aceitação durante a maior parte do tempo (este ponto será discutido no próximo capítulo).

Em 1994 este detector obteve importantes melhoramentos: as camadas interna e externa receberam detectores de silício de dupla camada, com faixas dispostas ortogonalmente dos dois lados da camada, permitindo medidas também em z ; e a cobertura no ângulo polar da primeira camada foi de aumentada de $37\text{-}143^\circ$ para $25\text{-}155^\circ$.

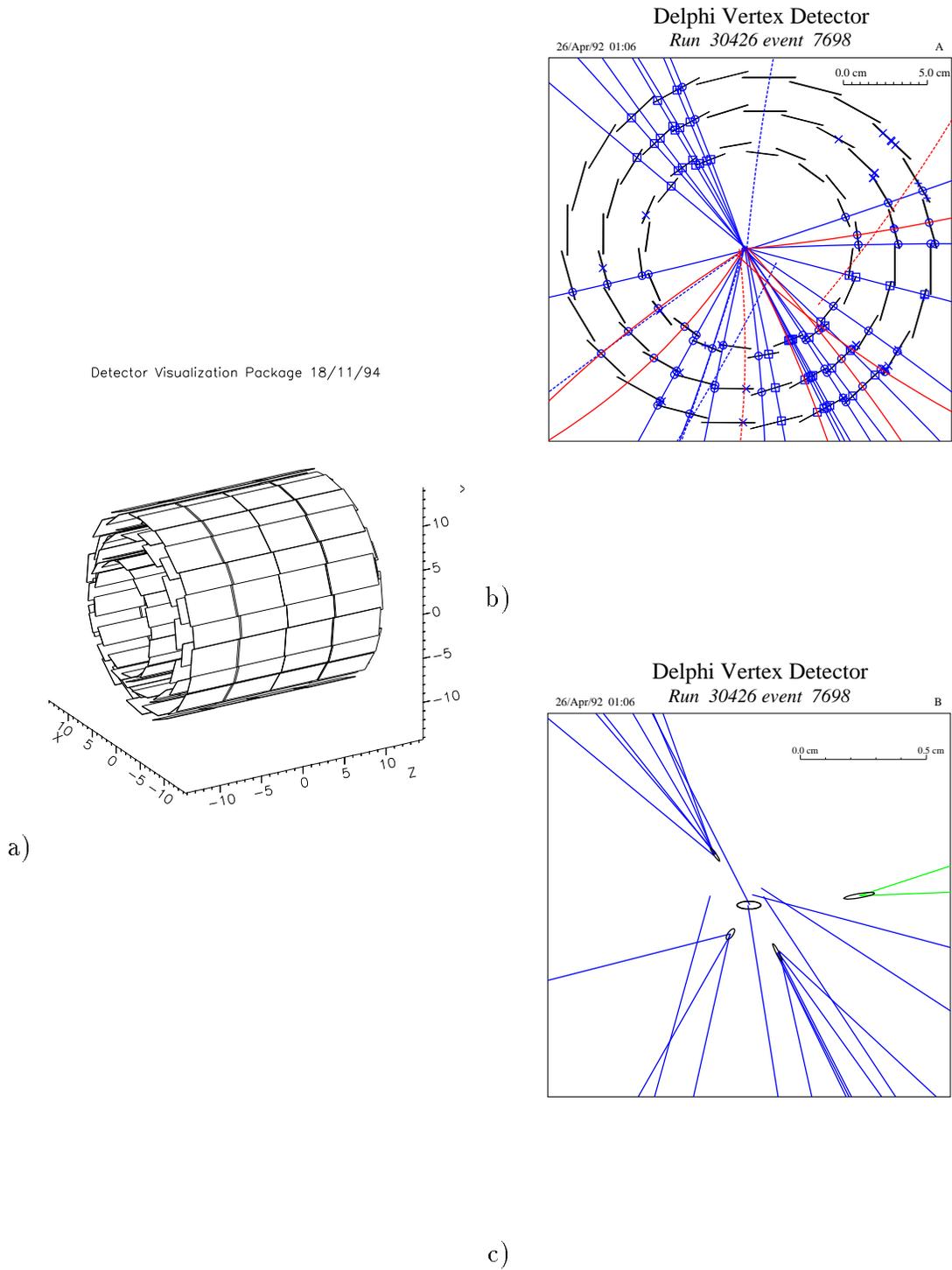


Figura 3.5: Perspectiva simples das três camadas do Vertex Detector (1994) (a) e um acontecimento $Z^0 \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ visto neste detector (b) pontos medidos no VD e c) resultado do ajuste dos vértices).

Inner Detector – A Câmara de traços interna

A Câmara de traços interna consiste em duas partes cilíndricas concêntricas, com funções de medida (camada interna) e detecção rápida (camada externa) de partículas carregadas.

A figura 3.6 mostra um quadrante do corte transversal deste detector.

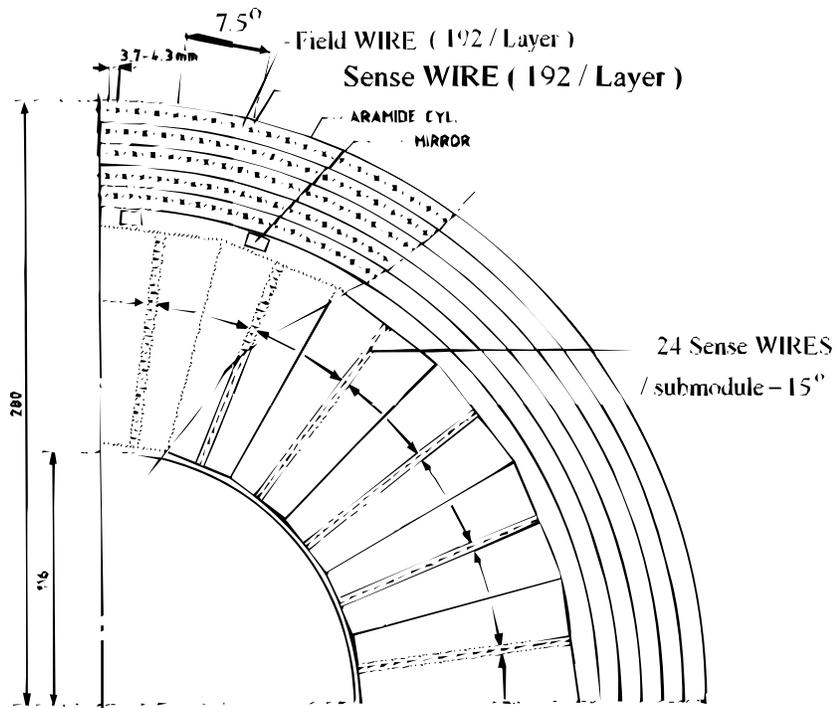


Figura 3.6: Quadrante superior direito do corte transversal (no ponto de interação) do ID – Câmara de traços interna.

A camada interna é constituída por 24 sectores azimutais, cada sector fornecendo 24 pontos por traço, tendo um raio interno de 11.8 cm e um raio externo de 22.3 cm. Cada sector tem o comprimento longitudinal de 80 cm, e é uma pequena câmara de deriva, isto é, mede a posição através da movimentação da carga, deixada pela passagem de uma partícula carregada, para um fio colector, lido na sua extremidade. Cada sector tem 24 fios alinhados num plano que divide o sector em duas metades, reduzindo assim a distância máxima de deriva de 5.8 cm para 2.9 cm. O campo aplicado aumenta com o raio, para manter constante o tempo de deriva em função do ângulo azimutal.

A camada externa é constituída por 5 finas câmaras de fios cilíndricas concêntricas, com o comprimento longitudinal de 100 cm. Cada câmara contém 192 fios sensíveis (que são colocados longitudinalmente e lidos na extremidade), 192 fios de campo (que fixam o campo eléctrico na câmara), e 200 faixas circulares de aramyde-kapton com largura de 5 mm embebidas na parede interna da câmara. Os fios (ânodos) transmitem informação no plano transversal (R, ϕ) e as faixas (cátodos) informação no plano longitudinal (R, Z). A camada externa tem um raio interno de 23 cm e um raio externo de 28 cm, e pode-se obter uma resposta desta camada em menos de $1\mu s$.

TPC – A Câmara de traços central

A Câmara de traços central (TPC) é uma câmara de deriva, sendo o seu funcionamento baseado na técnica da projecção temporal. A coordenada longitudinal é obtida medindo o tempo que a carga, deixada pela passagem da partícula carregada, leva a atingir os cátodos colocados no extremo da câmara de deriva (tempo de deriva). A figura 3.7 mostra um esquema da TPC em perspectiva.

A TPC é um cilindro de 0.35 m de raio interno e 1.2 m de raio externo e é dividido em duas partes simétricas de 1.34 m em torno de $Z=0$. Neste ponto está colocado o plano de alta tensão (transversal), responsável pelo campo eléctrico uniforme de 15 KV/m e paralelo ao campo magnético. Estes dois cilindros estão cheios de uma mistura de árgon/metano (80%/20%) à pressão de 1 atm e temperatura média de $22^\circ C$, permitindo uma velocidade de deriva de $v_D = 66.94 \pm 0.07 \text{ mm}/\mu s$. Nestas condições é necessário o tempo de 20 μs para colectar toda a carga criada pela passagem de partículas carregadas.

Cada parte da TPC é coberta por uma tampa, no lado oposto ao plano de alta tensão, sendo esta tampa dividida em seis sectores de 60° de ângulo azimutal. Cada sector contém 192 fios sensíveis (ânodos) colocados transversalmente ao eixo de simetria do sector (distância entre eles de 4 mm), para medir a taxa de ionização (dE/dx), e 16 filas de cátodos quadrados ($7.5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$), para medir a posição da partícula carregada, em R, ϕ pela posição do cátodo e em Z pela medida do tempo de deriva (tempo desde o início do acontecimento até à colecção de carga – máximo do sinal). O número de cátodos em cada fila é um múltiplo de 16, para um total de 1680 cátodos em cada sector. A figura 3.8 mostra um esquema de cada sector.

A resolução espacial da TPC é de $\sigma_Z \leq 0.9 \text{ mm}$ em Z , e de $\sigma_{R\phi} = 180 - 280 \mu m$, dependente de ϕ e Z . Estas resoluções foram obtidas para traços com pelo menos 3 cátodos tocados (correspondendo a ângulos polares superiores a 20°). A separação entre dois traços é de 1.5 cm (distância mínima entre dois