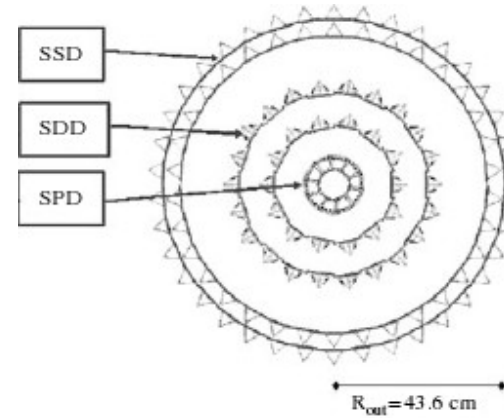


Uma visão geral do ALICE Inner Tracks System

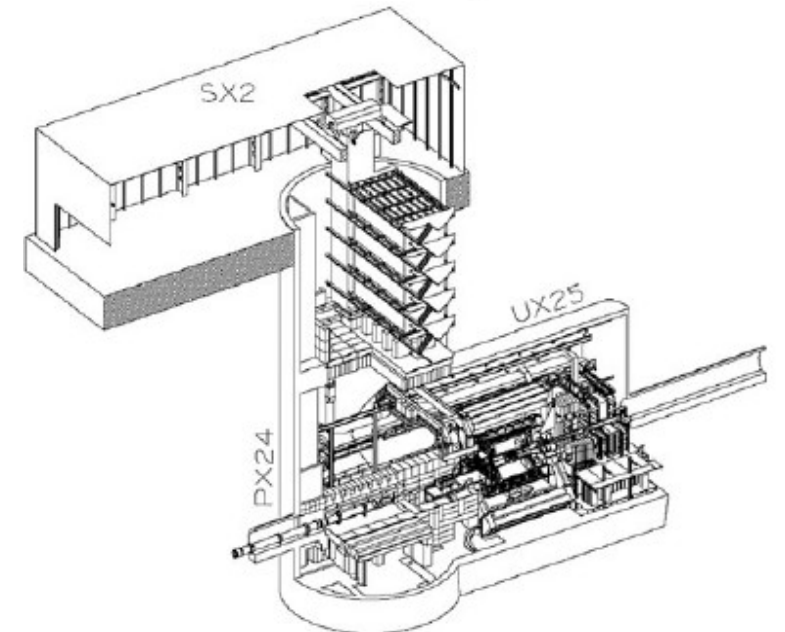
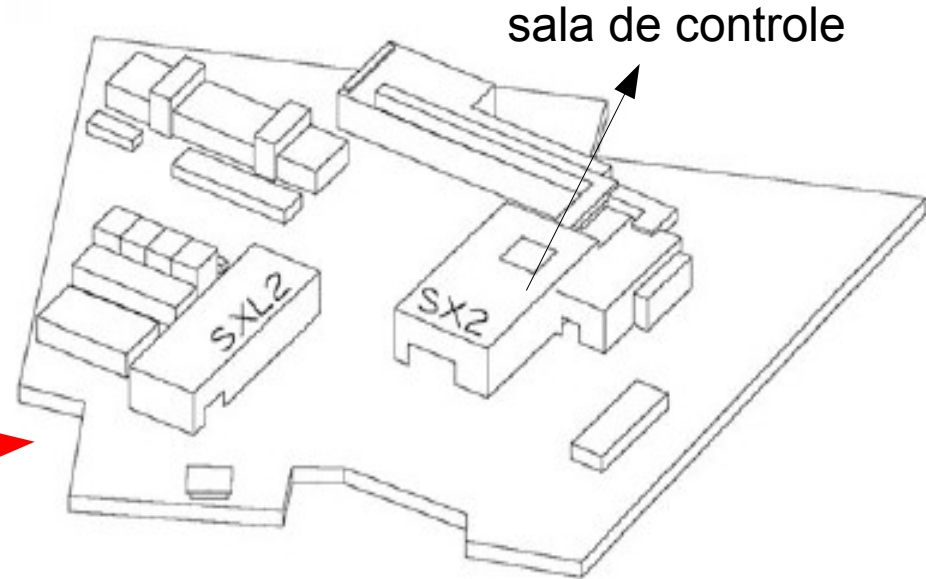
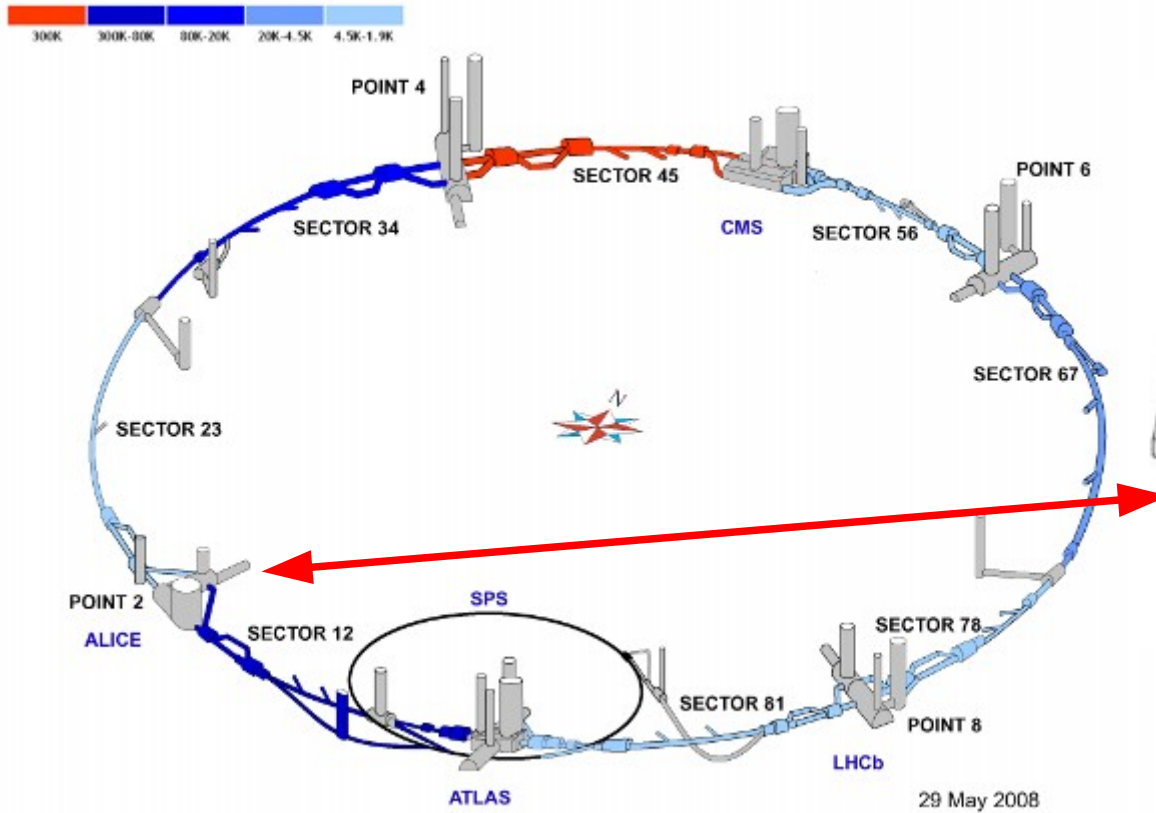


Mauro R. Cosentino
13/06/2008

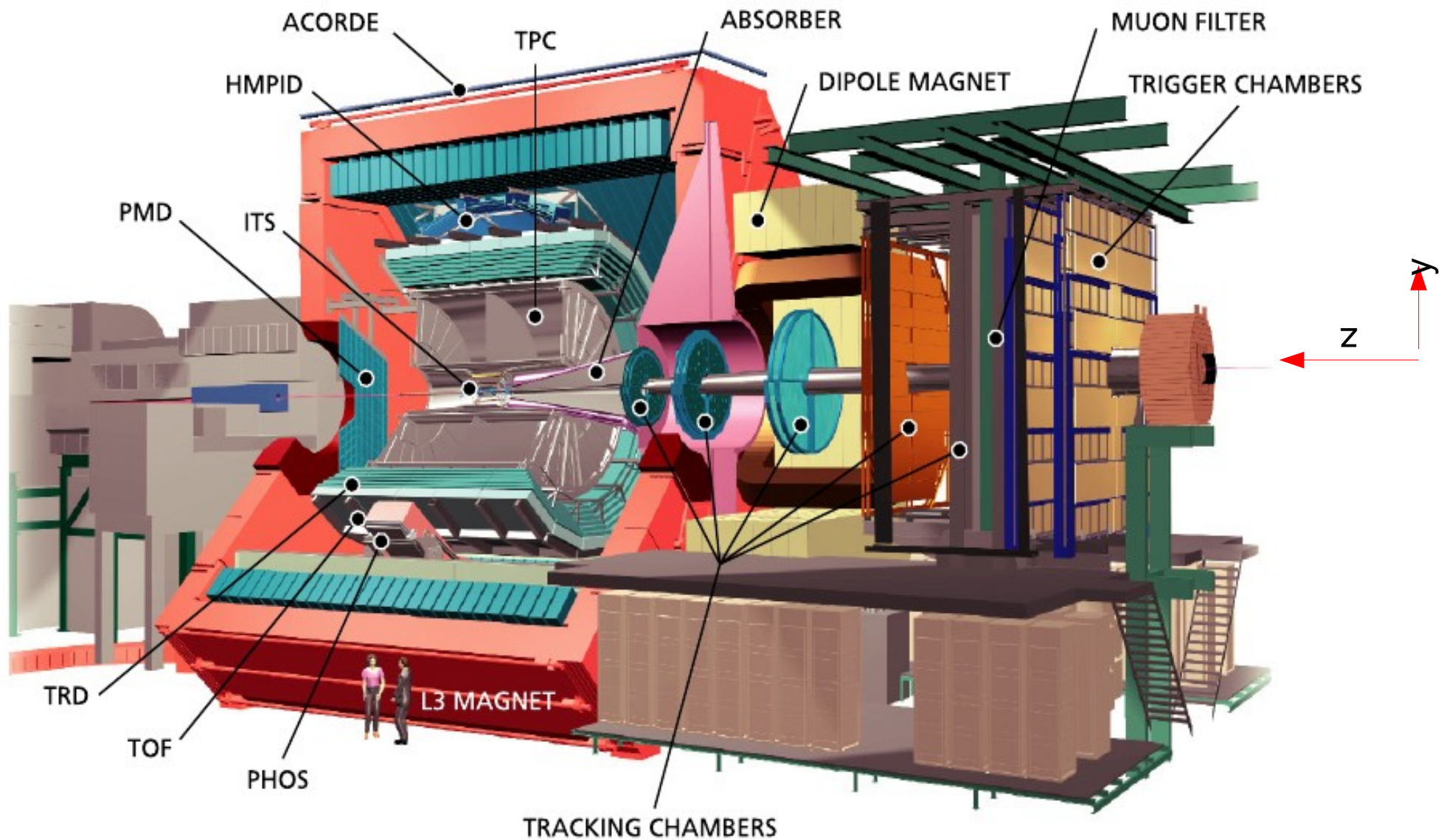
O Detector ALICE

- Posicionado no antigo L3 (usa o ímã)
- Propósito Geral (multi-propósito)
- Detecção de hádrons, elétrons e fótons na região de rapidez central
- Detecção de múons em rapidez traseira ($-4.0 \leq \eta \leq -2.4$)
- Grande cobertura em momentum: $0.1 < p_T < 100$ GeV/c
- Identificação de partículas em grande região de momentum
- Capacidade de adquirir eventos com alta multiplicidade (até 8000 part. carr./1y)
- Capacidade de medir sondas raras: D's, B's, γ -diretos, quarkonium
- DAQ: ~ 1.25 GB/s

Localização do Experimento ALICE

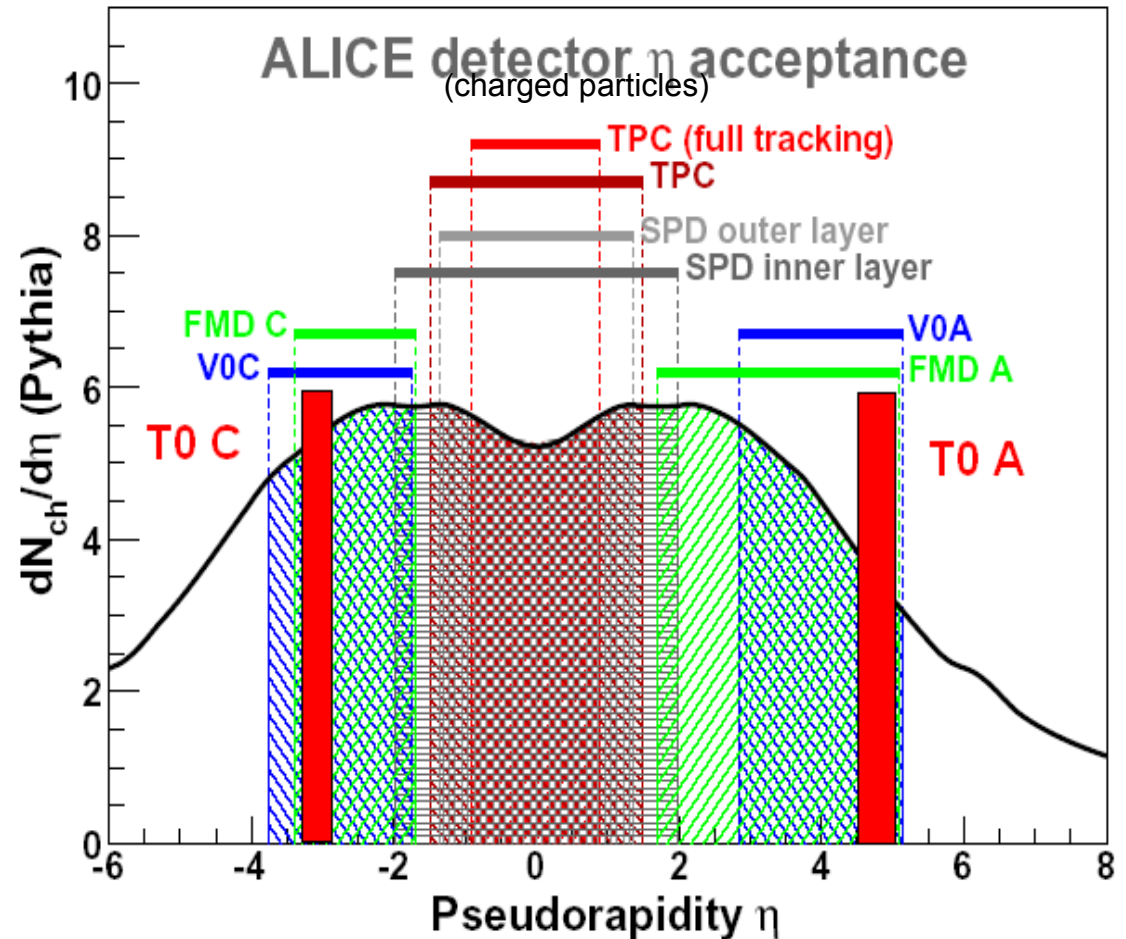


O Detector ALICE

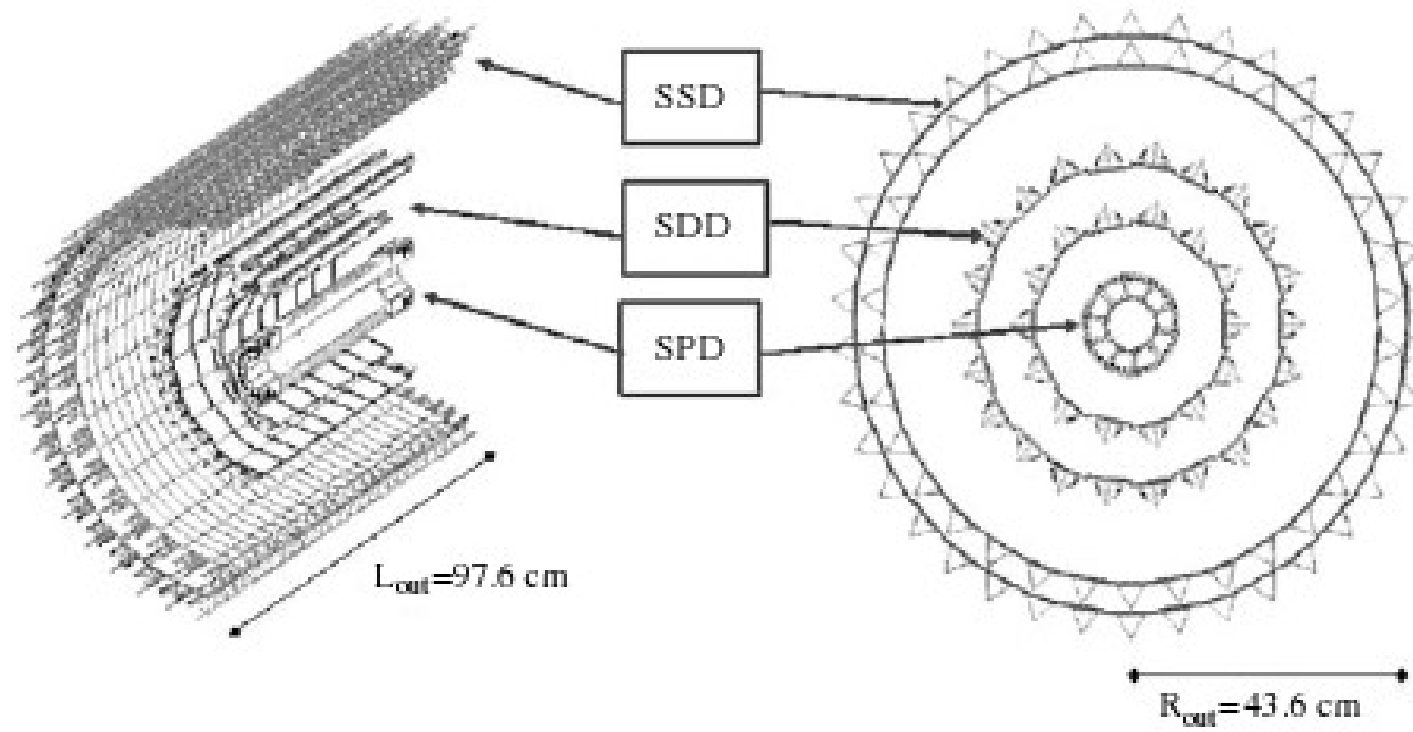


Desenho do ALICE: cobertura angular

- central barrel $-0.9 < \eta < 0.9$
 - 2π tracking, PID
 - single arm **RICH** (HMPID)
 - single arm **em. calo** (PHOS)
 - jet calorimeter (proposed)
- forward muon arm $2.4 < \eta < 4$
 - absorber, 3 Tm dipole magnet
 - 10 tracking + 4 trigger chambers
- multiplicity $-5.4 < \eta < 3$
 - including photon counting in **PMD**
- trigger & timing detectors
 - 6 **Zero Degree Calorimeters**
 - **T0**: ring of quartz window PMT's
 - **V0**: ring of scint. Paddles



Inner Tracking System (ITS)

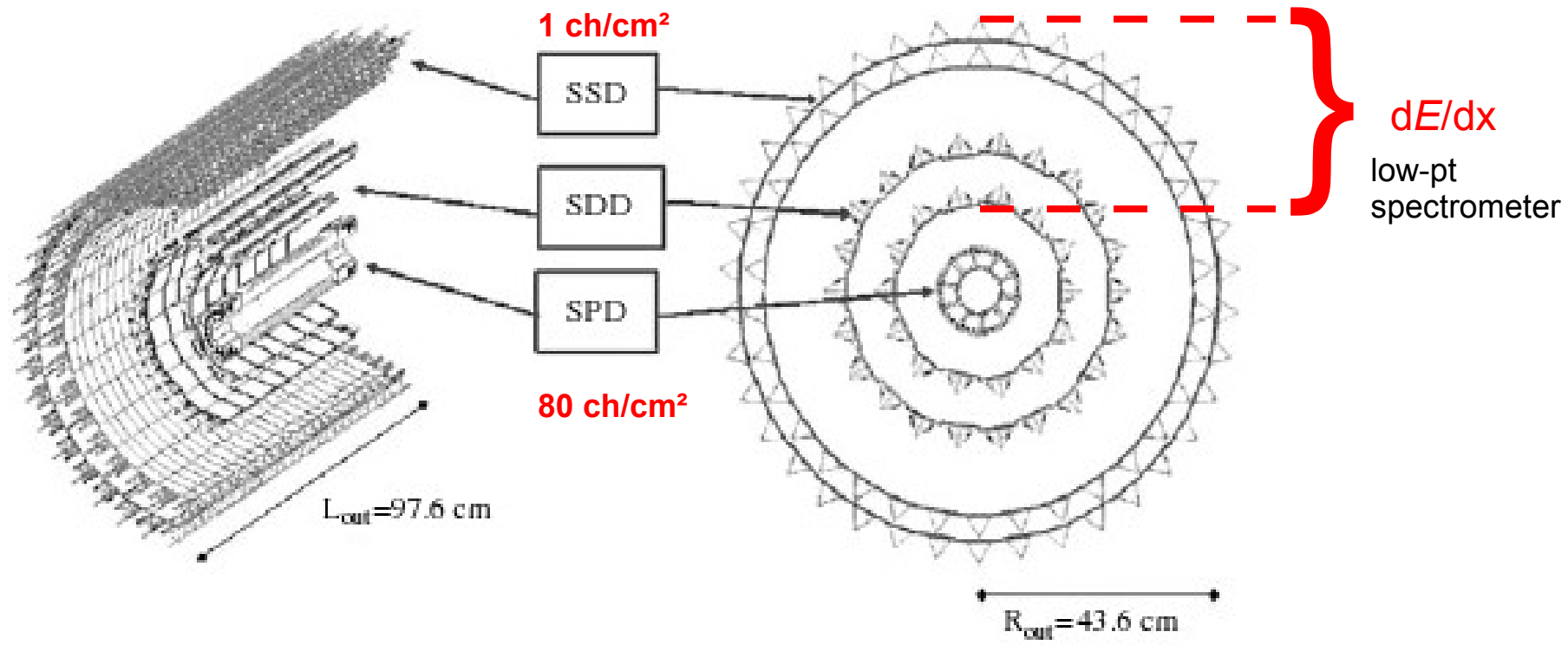


6 camadas cilíndricas de detectores de silício

raios de 4, 7, 15, 24, 39 e 44 cm

$|\eta| < 0.9$

Inner Tracking System (ITS)



6 camadas cilíndricas de detectores de silício

raios de 4, 7, 15, 24, 39 e 44 cm

$|\eta| < 0.9$

O Propósito do ITS

- Localizar o vértice primário com precisão melhor que 100 μm
- Reconstruir vértices secundários de hyperons, D's e B's
- Reconstruir e identificar partículas com momento menor que 100 MeV
- Incrementar a resolução angular e de momento de partículas com alto p_T e cruzam o TPC
- Reconstruir, mesmo que limitadamente, partículas que incidam em regiões mortas do TPC

Tópicos de física beneficiados pelo ITS

- Características globais dos eventos são estudados medindo-se distribuições de multiplicidade e espectros inclusivos de partículas
- Estudo da produção de ressonâncias (ρ , ω , Φ) com alta precisão na medida de suas massas, com intuito de observar a possível restauração da simetria quiral
- Melhores medidas de massa de estados de quarks pesados melhoram a razão sinal/fundo no estudo da supressão de quarkonia (J/ψ e Y)
- O estudo de jatos se beneficia de medidas de momento mais precisas pois esse estudo fornece informações importantes da perda de energia partônica no meio denso, além da cobertura de regiões inativas do TPC melhora a capacidade do experimento em detectar as partículas do cone

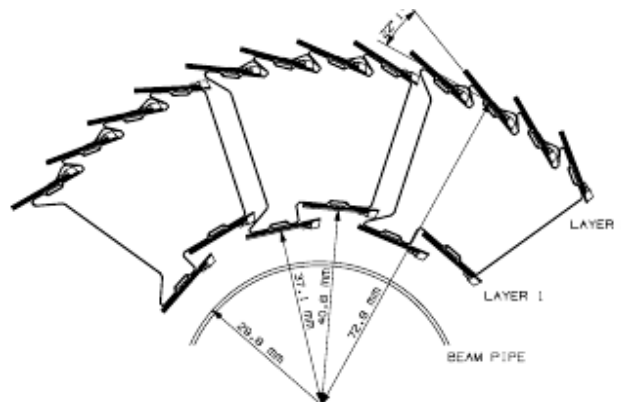
Fatores relevantes no desenho do ITS (1)

Cobertura (*Acceptance*)

- **RAPIDEZ:** suficientemente grande para estudar razões entre partículas, espectros de p_T e correlações. Grande rapidez é também necessária para medir o decaimento de partículas pesadas e de baixo momento
- **AZIMUTE:** somente com cobertura completa se torna possível a rejeição eficiente de decaimentos Dalitz de mesons leves

Fatores relevantes no desenho do ITS (2)

- **dE/dx:** para aplicar o método da média truncada um mínimo de 4 medidas de ionização são necessárias, implicando que 4 das 6 camadas necessitam apresentar leituras semelhantes. A região dinâmica das leituras análogas deve ser suficientemente grande para garantir medidas de dE/dx para partículas com o menor momento possível de ser reconstruído
- **MATERIAL:** deve ter a menor espessura possível para evitar perda de energia das partículas incidentes. No entanto é necessário que os detectores de silício tipo *drift/strip* tenham no mínimo 300 μm de espessura, além de terem que se sobreporem parcialmente para obter completa cobertura azimutal. O total de material do ITS corresponde a $7\%X_0$



Fatores relevantes no desenho do ITS (3)

- **RESOLUÇÃO ESPACIAL:** para detecção simultânea de mais de 15000 ch. mantendo o nível de “ocupância” baixo (poucos %), milhões de células efetivas em cada camada são necessárias. Para a medida de vértices secundários a resolução, no plano $r\phi$, dos detectores que compõem o ITS é de algumas dezenas de μm . Para partículas com $p > 3 \text{ GeV}/c$ a resolução de ponto no plano de curvatura é melhor em aproximadamente 1 ordem de magnitude em relação ao TPC que por sua vez fornece muitos pontos mais
- **RADIAÇÃO:** a dose esperada para o tempo de vida do experimento varia de algumas dezenas de Gy nas camadas mais externas, até $\sim 2 \text{ kGy}$ nas camadas mais internas, garantindo 10 anos de funcionamento ao ITS

Fatores relevantes no desenho do ITS (4)

→ **TAXA DE LEITURA:** há duas configurações de leitura (gatilhos) que deverão funcionar simultaneamente no experimento. A primeira, o gatilho de centralidade, ativa todo o sistema de leitura do ALICE, em particular todas as camadas do ITS. A segunda configuração, um gatilho no braço de múons, ativa a leitura de alguns subconjuntos de detectores rápidos, entre eles as duas camadas mais internas do ITS (o SPD). Assim, o tempo esperado de leitura do SPD é menos do que 400 μ s.

Parâmetros do ITS

Table 3.6. Dimensions of the ITS detectors (active areas).

Layer	Type	r (cm)	$\pm z$ (cm)	Area (m ²)	Ladders	Lad./stave	Det./ladder	Channels
1	Pixel	3.9	14.1	0.07	80	4	1	3 276 800
2	Pixel	7.6	14.1	0.14	160	4	1	6 553 600
3	Drift	15.0	22.2	0.42	14	–	6	43 008
4	Drift	23.9	29.7	0.89	22	–	8	90 112
5	Strip	37.8/38.4	43.1	2.09	34	–	22	1 148 928
6	Strip	42.8/43.4	48.9	2.68	38	–	25	1 459 200
Total area				6.28				

Table 3.7. Parameters of the various detector types. A module represents a single sensor element.

Parameter	Silicon pixel	Silicon drift	Silicon strip
Spatial precision $r\phi$ (μm)	12	38	20
Spatial precision z (μm)	100	28	830
Two track resolution $r\phi$ (μm)	100	200	300
Two track resolution z (μm)	850	600	2400
Cell size (μm^2)	50×425	150×300	$95 \times 40\,000$
Active area per module (mm ²)	12.8×69.6	72.5×75.3	73×40
Readout channels per module	40 960	2×256	2×768
Total number of modules	240	260	1698
Total number of readout channels (k)	9835	133	2608
Total number of cells (M)	9.84	23	2.6
Average occupancy (inner layer) (%)	2.1	2.5	4
Average occupancy (outer layer) (%)	0.6	1.0	3.3
Power dissipation in barrel (W)	1500	1060	1100
Power dissipation end-cap (W)	500	1750	1500

Subsistema 1: Detector Pixel (1)

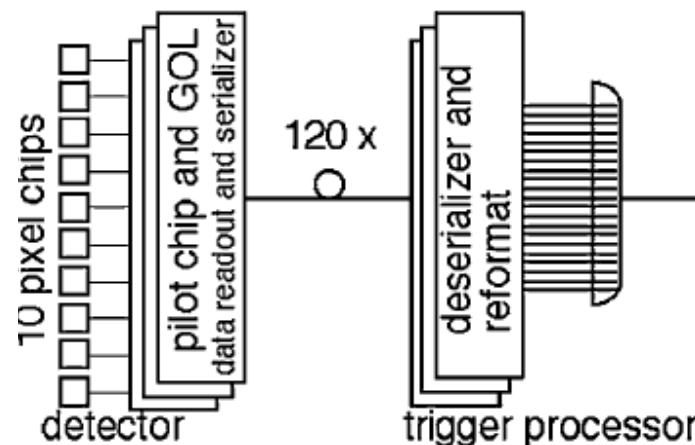
- Alta precisão e granularidade para lidar com densidade ~ 80 ch/cm²
- Resistência a níveis elevados de radiação
- Alta segmentação \rightarrow baixa capacitância individual \rightarrow excelente S/B
- Participa das duas configurações de gatilho L2
- Detector Pixel de Si híbrido, de matriz 2D (*sensor ladder*) de diodos de *bias* reverso ligados aos chips de leitura pela técnica *bump-bond*
- 256x160 células de 50x425 μm ($r\phi Xz$) cada, 5 chips/matriz
- Espessura de 350 μm
- 2 *ladders* em z (144 mm cada), ou 4 por “ripa” do barril
- Total: 60 ripas, 240 *ladders*, 1200 chips e 9.8×10^6 células
- $\sim 2\% X_0$

Subsistema 1: Detector Pixel (2)

ELETRÔNICA

Table 3.8. Main specifications of the ALICE SPD front-end chip.

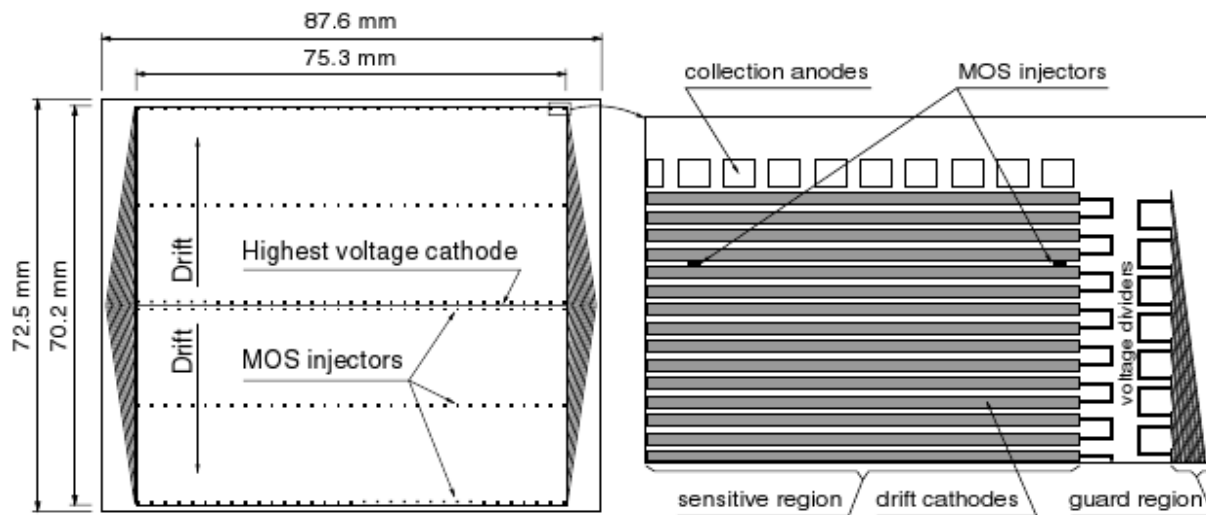
Cell size	$50 \mu\text{m} (r\varphi) \times 425 \mu\text{m} (z)$
Number of cells	$256 (r\varphi) \times 32 (z)$
Minimum threshold	$1000e$
Threshold uniformity	$200e$
L1 latency	Up to $51 \mu\text{s}$
Operating clock frequency	10 MHz
Radiation tolerance	In excess of 100 kGy



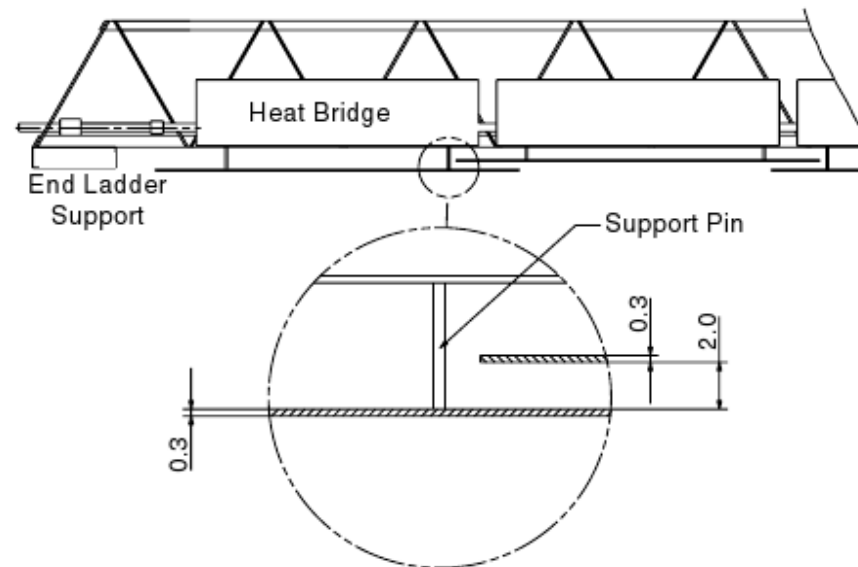
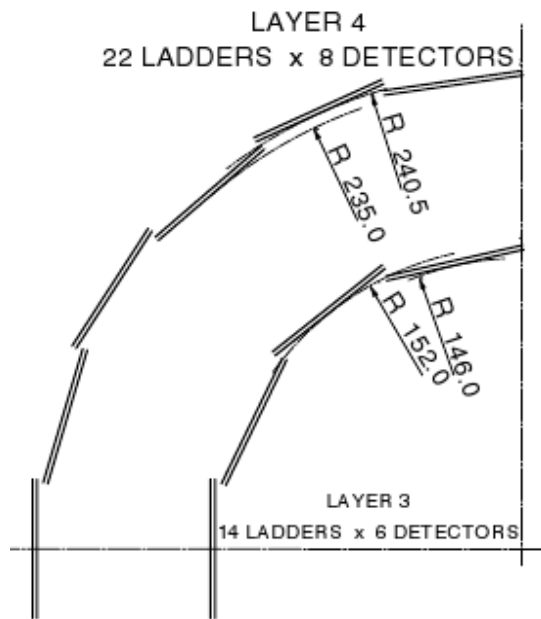
Tempo morto < 10%

Subsistema 2: Drift Detector (1)

- Densidade de partículas esperada: 7ch/cm²
- Fornece 2 pontos dos 4 necessários para medida de dE/dx pelo ITS
- Construído com Si-NTD de alta resistividade (3kΩ•cm) com 300 μm de espessura
- Área sensível (SA) de 70.17x75.26 mm² e total de 72.50x87.59 mm²
- SA separada em 2 “drifts” por catodo central com -2.4kV de tensão
- Cada drift: 291 tiras p+, com 120 μm pitch, depleta totalmente o detector e gera um campo de deriva paralelo à superfície do *wafle*
- Um bias extra de -40 V é adicionado para eliminar a dependência da tensão *drift*
- Desempenho: resolução 35x25 μm, eficiência > 99.5%, 2-track ~700 μm

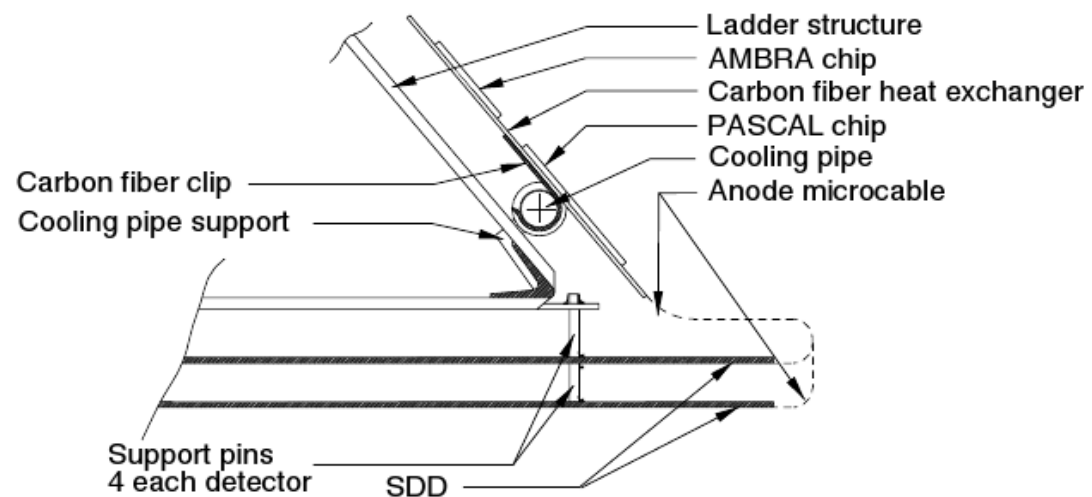


Subsistema 2: Drift Detector (2)



- Overlap: 580 μm
- $35 \text{ MeV}/c \leq p_T \leq 2.8 \text{ GeV}/c$

	Layer 3	Layer 4
Detectors per ladder	6	8
Ladders per layer	14	22
Detectors per layer	84	176
Ladder sensitive half-length (cm)	22.16	29.64
Ladder length (cm)	45.56	60.52
Average layer radius (cm)	15.03	23.91
Ladder space-frame weight (g)	11	15
Weight of ladder components (g)	87	121



Subsistema 3: Strip Detector (1)

- “Conecta” as trajetórias do ITS com o TPC
- Contribuem com medidas de dE/dx
- Ambas as camadas com “dupla-face”

Sensor active area	$73 \times 40 \text{ mm}^2$
Sensor total area	$75 \times 42 \text{ mm}^2$
Number of strips per sensor	2×768
Pitch of sensors on a ladder	39.1 mm
Strip pitch on a sensor	95 μm
Strip orientation p side	7.5 mrad
Strip orientation n side	27.5 mrad
Spatial precision $r\phi$	20 μm
Spatial precision z	820 μm
Two track resolution $r\phi$	300 μm
Two track resolution z	2400 μm
Radius layer 5 (lowest/highest)	378/384 mm
Radius layer 6 (lowest/highest)	428/434 mm
Number of ladders layer 5	34
Number of ladders layer 6	38
Modules per ladder layer 5	22
Modules per ladder layer 6	25
Number of modules layer 5	748
Number of modules layer 6	950
Material budget SSD cone	$0.28X_0$
Material budget per SSD layer	$0.81X_0$ (layer 5), $0.83X_0$ (layer 6)

Bibliografía recomendada

- W. R. Leo – Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments
- F. Sauli – Instrumentation on High Energy Physics