



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Aeroportos e Transporte Aéreo

---

# **CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO**



# **Controle de tráfego aéreo (CTA) em aeroportos**

**como o CTA afeta a capacidade de pista(s) de um aeroporto**

**→ apenas análise de aspectos de CTA que afetam a capacidade de pistas**

- **introdução – operações visuais e por instrumentos**
- **auxílios-rádio em aeroportos**
- **entidades responsáveis pelo CTA em aeroportos**
- **regras de CTA que afetam a capacidade de pista(s)**
- **capacidade de pistas**
- **esteiras de turbulência**



## Demanda e capacidade – Guarulhos (GRU)



Fonte: UFRJ – BITA, [http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA\\_Janeiro\\_2013.pdf](http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf)

Aeroporto Internacional de Guarulhos - SP  
Atualizado nov8, 2012

Aeroporto de Guarulhos  
Rod. Hélio Schmidt, s/nº - Cumbica  
Tel: (11) 2445-2945

Capacidade de pista: 47 movimentos por hora

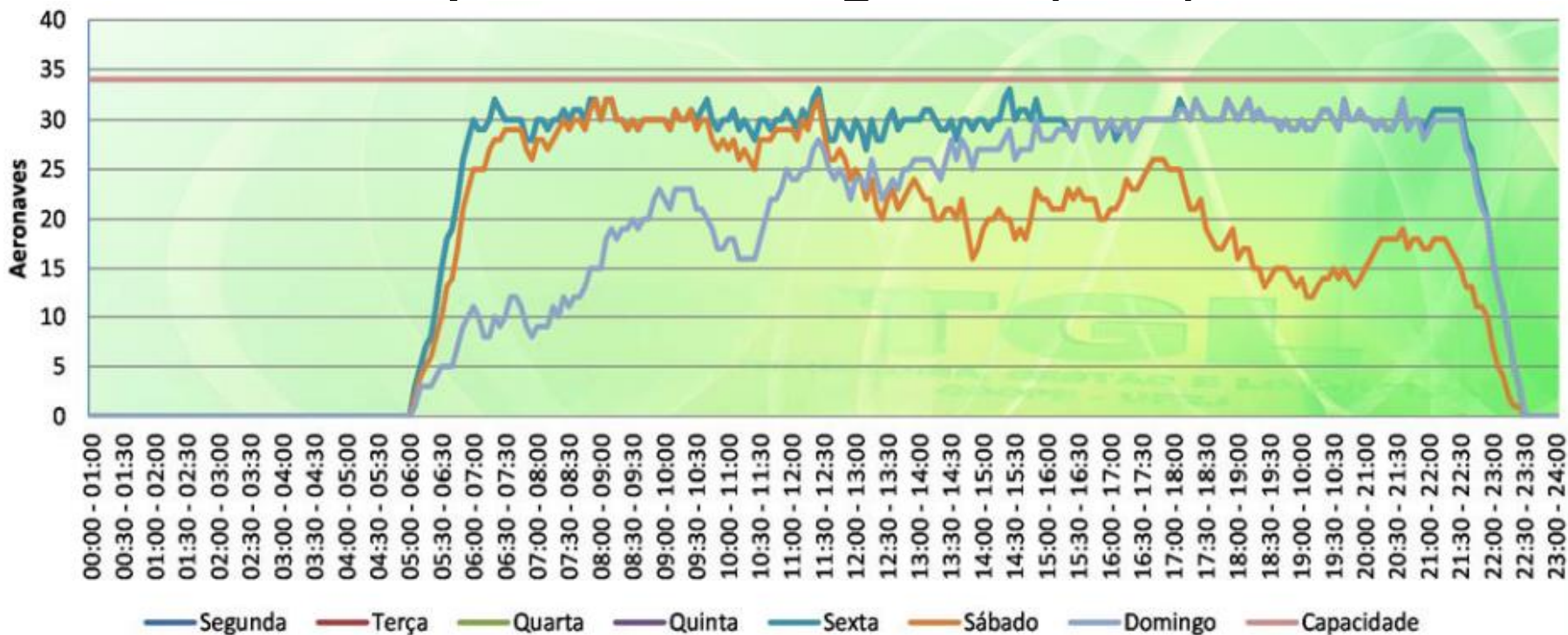
Código ICAO-IATA: SBGR / GRU

Fonte: CGNA, [http://www.cgna.gov.br/?page\\_id=8](http://www.cgna.gov.br/?page_id=8), 15Mar13 13:00 h

Pistas 09L/27R: 3700 m  
09R/27L: 3000 m



## Demanda e capacidade – Congonhas (CGH)



Fonte: UFRJ – BITA, [http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA\\_Janeiro\\_2013.pdf](http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf)

Aeroporto de Congonhas - SP  
Atualizado ago16, 2012

Aeroporto de Congonhas  
Avenida Washington Luiz, s/nº  
Tel: (11) 5090-9000

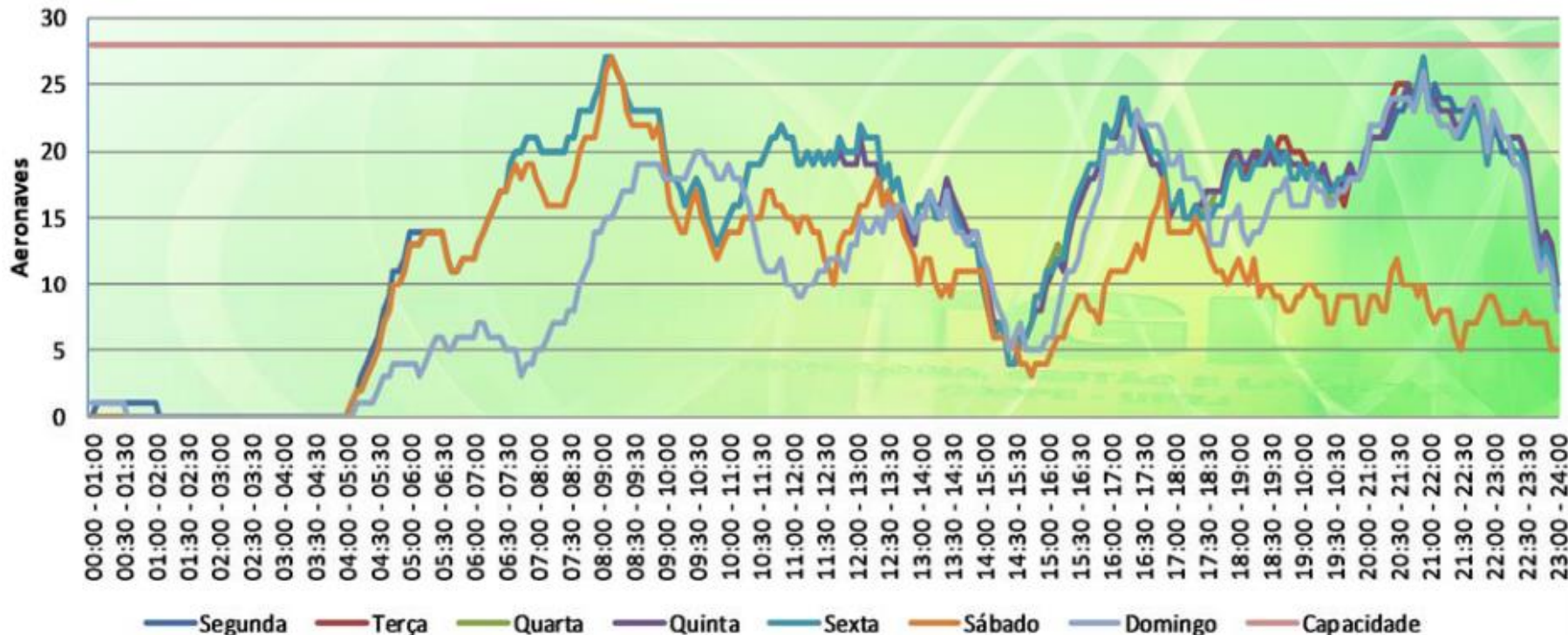
Capacidade de pista: 34 movimentos por hora

Fonte: CGNA, [http://www.cgna.gov.br/?page\\_id=8](http://www.cgna.gov.br/?page_id=8), 15Mar13 13:00 h

Código ICAO-IATA: SBSP / CGH



# Demanda e capacidade – Viracopos (VCP)



Fonte: UFRJ – BITA, [http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA\\_Janeiro\\_2013.pdf](http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf)

Aeroporto Internacional de Campinas - SP

Atualizado ago16, 2012

Aeroporto Viracopos-Campinas

Rod. Santos Dumont Km 66, Campinas

Capacidade de pista: 28 movimentos por hora























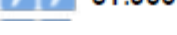
Código ICAO-IATA: SBKP / VCP

Fonte: CGNA, [http://www.cgna.gov.br/?page\\_id=8](http://www.cgna.gov.br/?page_id=8), 15Mar13 13:00 h



# Ranking de aeródromos – 2017

# movimentos/ano

				2016/2017
1º	Guarulhos		271.237	▼ -0,33%
2º	Congonhas		223.989	▲ 1,93%
3º	Brasília		158.507	▼ -8,10%
4º	Galeão		127.092	▼ -3,11%
5º	Santos Dumont		118.149	▼ -1,76%
6º	Campinas		112.772	▼ -5,36%
7º	Confins		100.593	▲ 0,36%
8º	Porto Alegre		83.377	▲ 1,38%
9º	Campo de Marte		82.610	▼ -2,25%
10º	Salvador		81.700	▼ -3,10%
11º	Recife		79.169	▲ 9,03%
12º	Jacarepaguá		76.386	▲ 5,40%
13º	Curitiba		71.638	▲ 2,29%
14º	Goiânia		66.247	▼ -2,06%
15º	Fortaleza		56.747	▼ -0,11%
16º	Florianópolis		50.082	▼ -5,66%
17º	Vitória		49.201	▼ -3,45%
18º	Pampulha		45.218	▼ -0,13%
19º	Belém		43.968	▼ -2,28%
20º	Manaus		38.921	▼ -1,69%
21º	Ribeirão Preto		34.024	▼ -14,25%
22º	Campo Grande		33.997	▲ 11,24%
23º	Navegantes		31.600	▼ -3,92%



# Ranking de aeródromos – 2018

# movimentos/ano

				2017/2018
1°	Guarulhos		299.961	▲ 10,59%
2°	Congonhas		228.866	▲ 2,18%
3°	Brasília		164.485	▲ 3,77%
4°	Santos Dumont		117.740	▼ -0,35%
5°	Galeão		116.717	▼ -8,16%
6°	Campinas		111.472	▼ -1,15%
7°	Confins		102.134	▲ 1,53%
8°	Campo de Marte		87.044	▲ 5,37%
9°	Porto Alegre		85.963	▲ 3,10%
10°	Salvador		83.558	▲ 2,27%
11°	Jacarepaguá		82.846	▲ 8,46%
12°	Recife		82.104	▲ 3,71%
13°	Goiânia		70.420	▲ 6,30%
14°	Curitiba		69.232	▼ -3,36%
15°	Fortaleza		60.400	▲ 6,44%
16°	Florianópolis		50.008	▼ -0,15%
17°	Vitória		46.950	▼ -4,58%
18°	Pampulha		43.634	▼ -3,50%
19°	Belém		43.321	▼ -1,47%
20°	Manaus		41.161	▲ 5,76%
21°	Navegantes		34.849	▲ 10,28%
22°	Campo Grande		34.343	▲ 1,02%
23°	Ribeirão Preto		32.600	▼ -4,19%
24°	Uberlândia		29.439	▼ -1,91%
25°	Londrina		29.348	▲ 1,70%
26°	São José dos Campos		26.490	▼ -3,96%
27°	Foz do Iguaçu		22.432	▲ 2,75%
28°	São Luís		21.023	▼ -3,23%
29°	Maceió		19.081	▲ 3,25%
30°	Palmas		13.310	▲ 2,38%
31°	Joinville		9.013	▼ -16,56%
32°	Uberaba		6.297	▼ -0,54%



## Controle de tráfego aéreo

- controle de tráfego → segurança & fluxo

segurança      velocidade **menor** + separação **maior**

fluxo      velocidade **maior** + separação **menor**

→ **contradição** →  
1 – segurança **prioritária**  
2 – fluxo

- segurança

limite de velocidade

objetivo no rodoviário – restrições no aéreo

limite de separação

subjetivo

– função da visibilidade

- visibilidade

rodoviário

“unidimensional”

aéreo

“bidimensional”

horizontal → visibilidade

vertical → teto

teto e visibilidade → condições de operação

**visuais – VFR**

**por instrumentos – IFR**





# Navegação aérea

## Funções

determinar posições

planejar rota para posição pré-determinada

ir para a posição de um modo pré-determinado

avaliar progresso na rota

Navegação (sem GNSS) baseada em auxílios-rádio em terra

→ navegar entre **pontos fixos**, e em **rotas fixas**

Desempenho da navegação

baseado em

precisão

disponibilidade

continuidade

integridade



## Auxílios-rádio **instrumentos que permitem operações IFR**

transmissor em terra  
receptor no avião  
operador (piloto) habilitado

- **Rádio farol** NDB ou VOR  
1 transmissor
- **ILS** – *instrument landing system* (sistema de pouso por instrumentos)  
transmissores LOC – localizador plano vertical de aproximação  
GLS – *glide slope* plano inclinado de aproximação  
marcadores OM (externo) – médio (MM) – interno (IM)  
cartas de aproximação indicam a que distância estão da pista
- **DME** – *distance measuring equipment* acoplado com VOR → VOR/DME
- **Radar** – RAdio Detection And Ranging



## Mínimos operacionais (teto e visibilidade) em VFR & IFR

### Exemplos

**EMS 140 k USD**

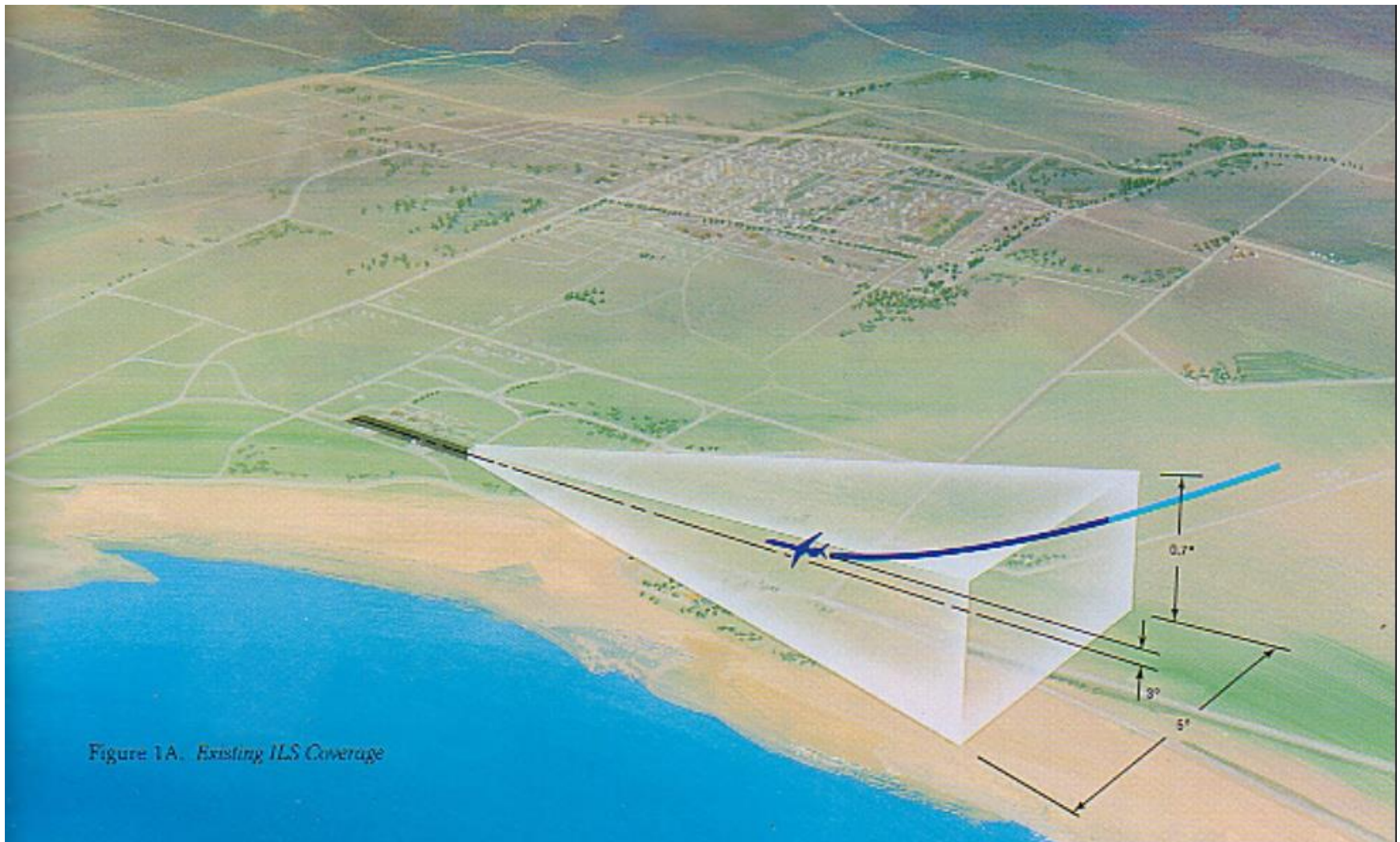
condição	auxílio - rádio		TETO		VISIBILIDADE	
			vertical (m)		horizontal (m)	
VFR	-	-	450	e	5.000	
IFR	rádio-farol	NDB	150	e	1.500	
		VOR	120	e	1.500	
	ILS	I	60	e	800	
		II	30	e	400	
		III a	0	e	200	
		III b	0	e	50	
		III c	0	e	0	

IFR – quanto **menores os mínimos operacionais** (teto e visibilidade)

→ **maior tempo de operação** de um aeroporto → **maior sua capacidade**



## Sistema de aproximação por instrumentos – ILS





## VOR – DME

DVOR 450 k USD – DME 100 k USD





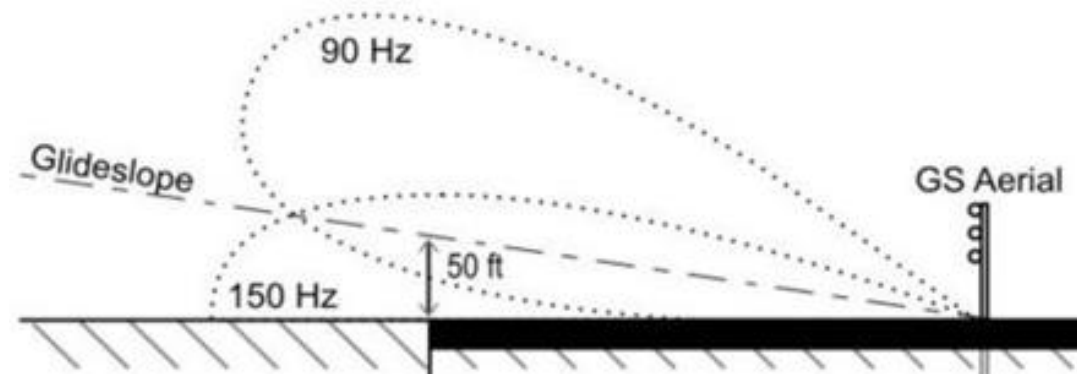
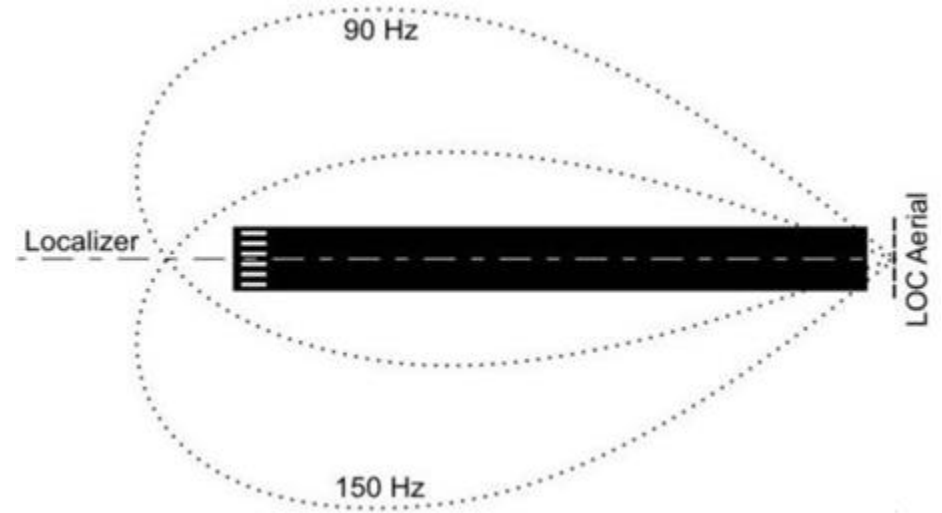
## Localizador (LOC) de um ILS





# ILS – localizador (LOC) e *glide slope* (GLS)

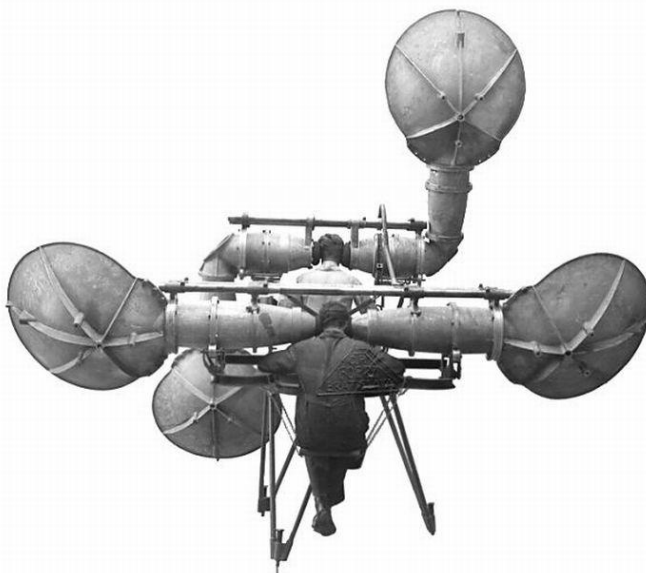
500 k USD





# Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

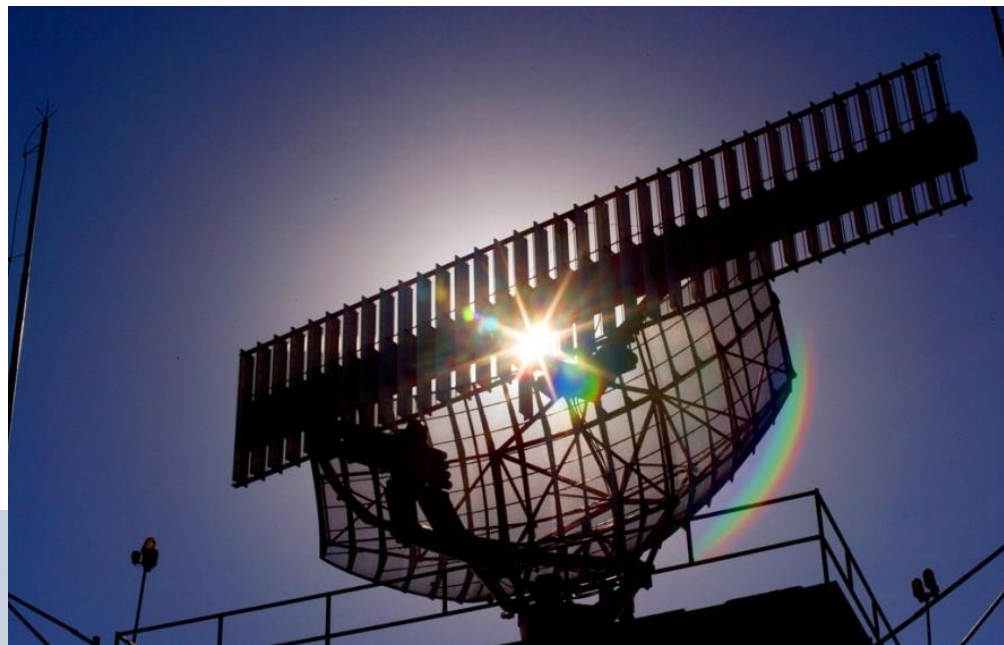
## Aeroportos e Transporte Aéreo







# Radar



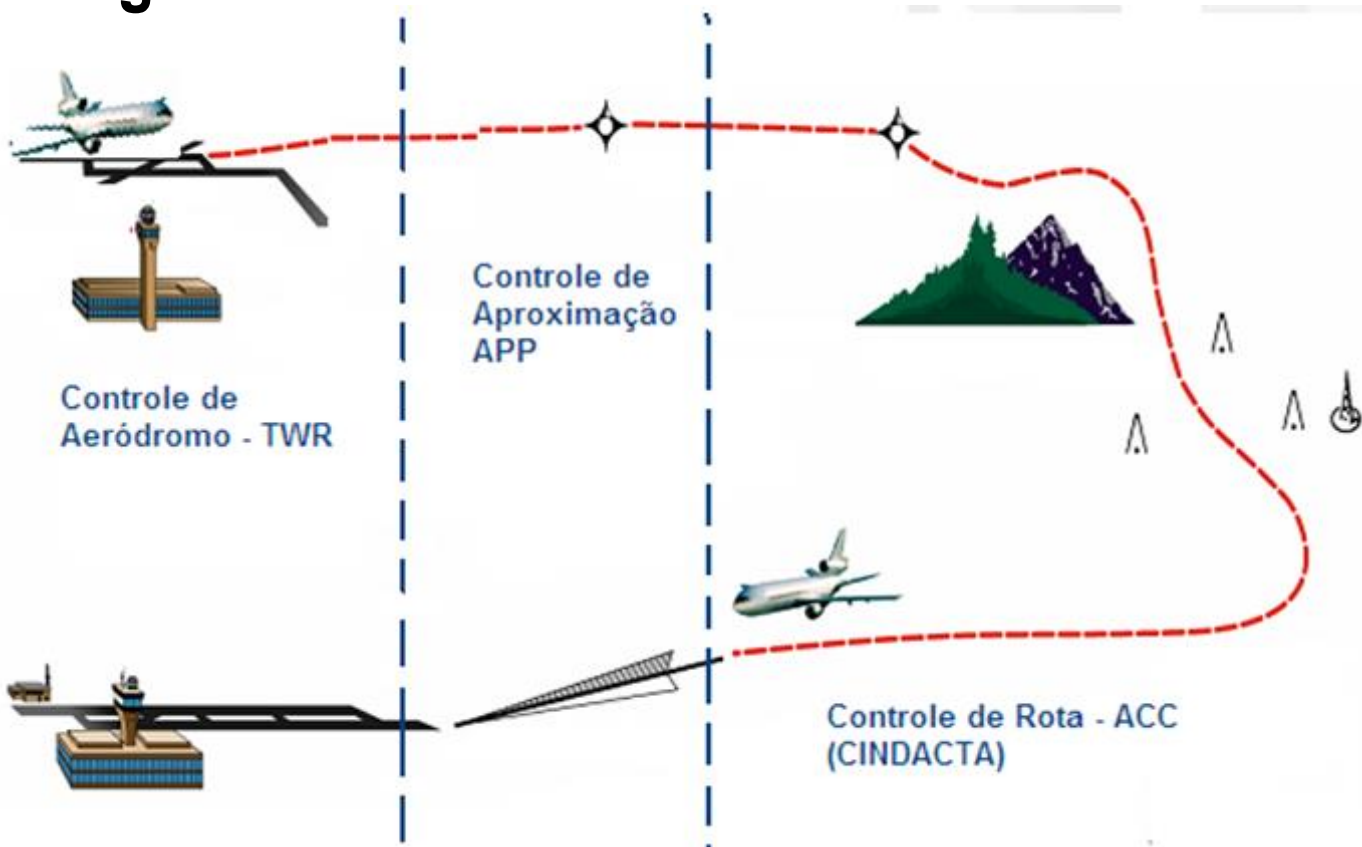


## Regras de CTA que afetam a capacidade de um aeroporto

- **Dois aviões não podem ocupar a mesma pista simultaneamente**  
quanto menos tempo o avião ocupar a pista, maior sua capacidade  
→ acessos e saídas de pista melhoram sua capacidade porque diminuem seu tempo de ocupação
- **Há uma separação mínima entre aeronaves no ar**  
quanto menor essa separação, maior a capacidade  
→ tipo de controle de tráfego aéreo disponível em um área terminal afeta a capacidade de pistas      controle convencional tem separações maiores que o radar
- **Aterragens têm prioridade sobre decolagens**  
aterragens demoram mais em uma pista que decolagens  
→ se houver muitas aterragens sucessivas, dependendo das separações entre aterragens sucessivas e da localização das saídas de pista, o tempo entre duas aterragens sucessivas pode não permitir a ocorrência de uma decolagem entre elas



## CTA – órgãos de controle



**TWR** – torre de controle

**APP** – controle de aproximação

**ACC** – controle de área

**ATZ** – zona de aeródromo

**TMA** – área terminal

**FIR** – região de informação de voo



## ACC – centro de controle de área

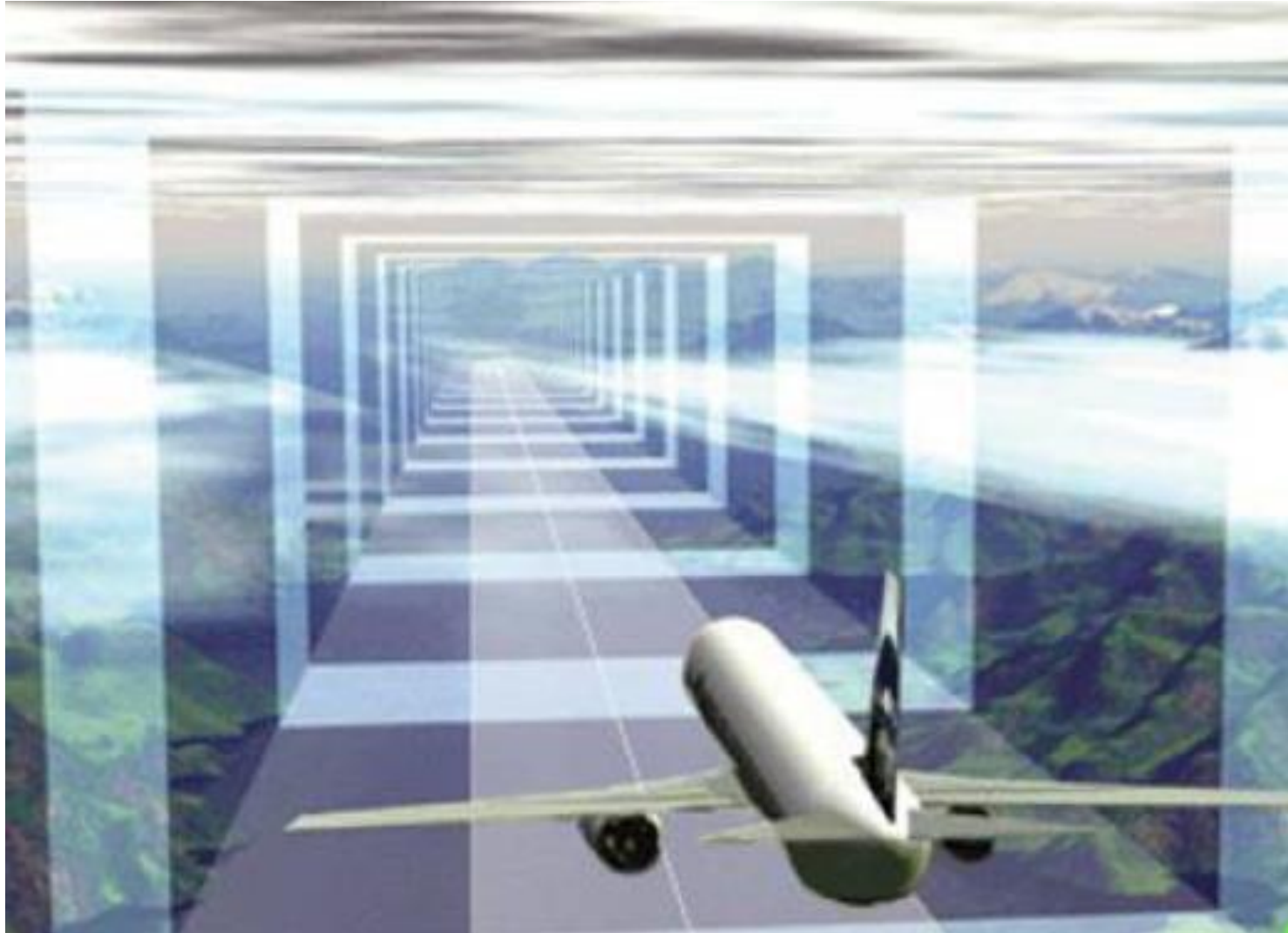


**controla regiões de informação de voo – FIR**

**monitoração de procedimentos (sobrevoo de pontos fixos pré-estabelecidos), com eventual uso de radar**



## CTA – navegação em rota



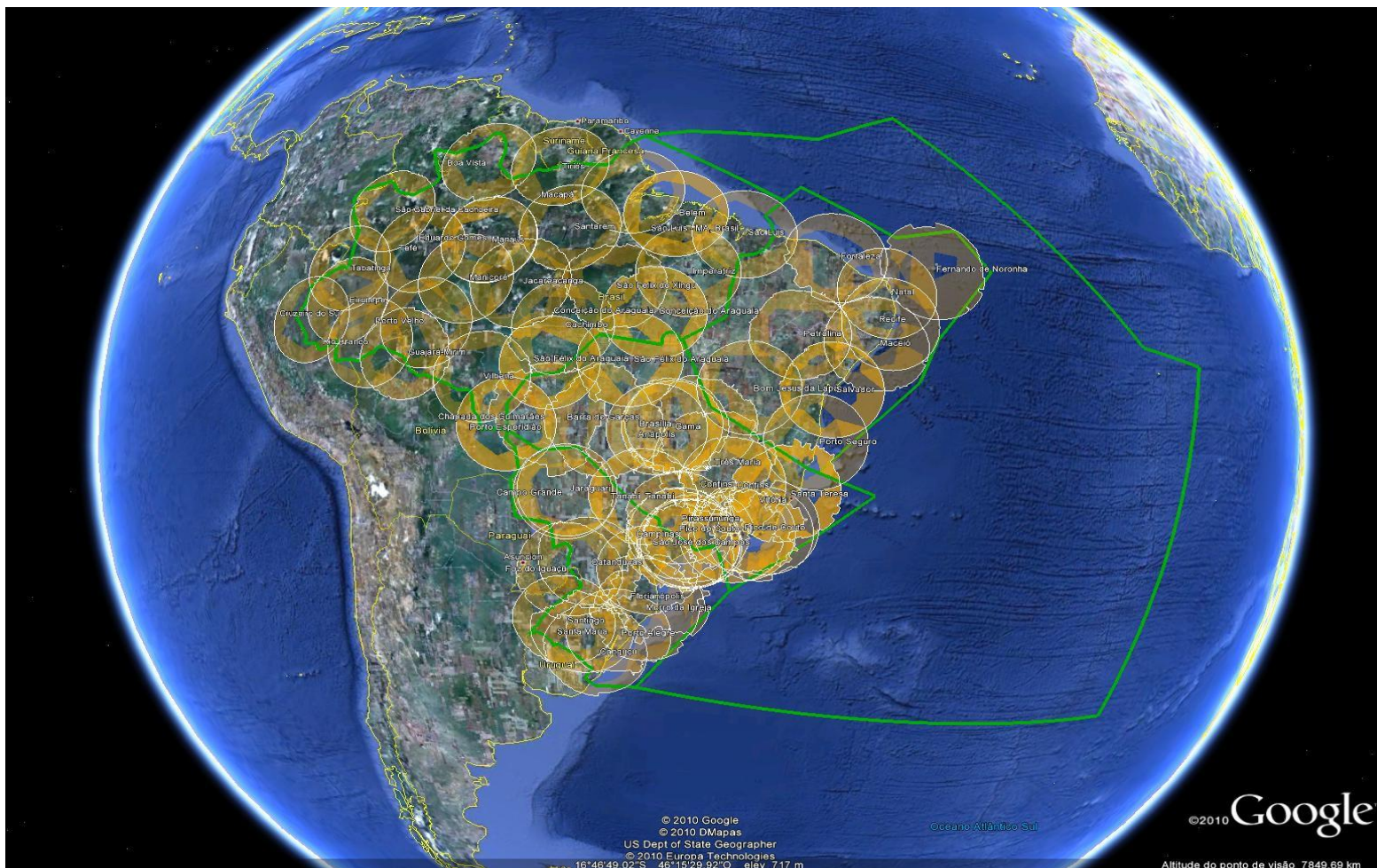


## ACC's – centros de controle de área no Brasil





# CTA – cobertura de radares no Brasil

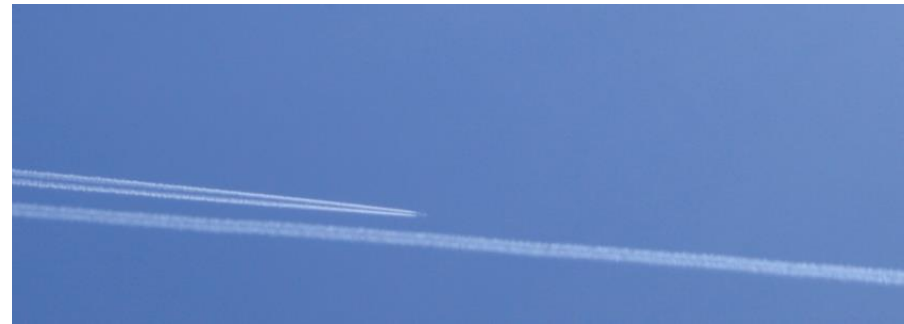








## CTA – aeronaves em aerovias





## APP – controle de aproximação



controla uma área terminal – TMA

- controle **convencional** – procedimentos pré-estabelecidos por fonia
- controle **radar** – visualiza pelo radar e vetora por fonia



## Capacidade de pistas e CTA

área terminal – TMA

controle de aproximação – APP

equipamentos disponíveis para CTA pelo APP

→ controle **convencional** – procedimentos e fonia  
separações por **tempo** e por **altura**

→ controle **radar** – visualisa e vetora por fonia  
separações por **distância**  
5 mn na TMA  
3 mn na reta de aproximação da pista

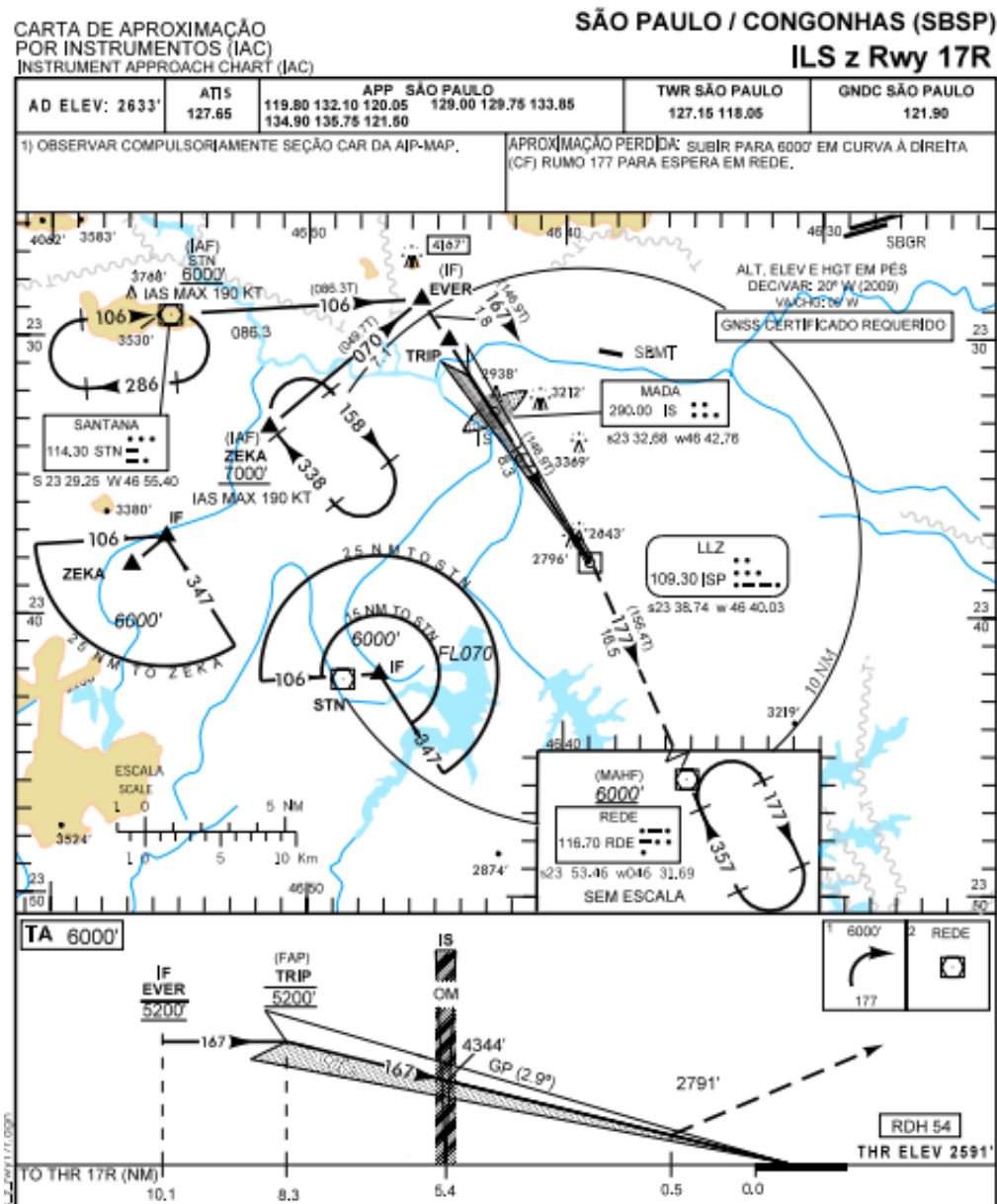


# Capacidade de pistas

## Carta de aproximação por instrumentos – IAC

### Congonhas – SBSP

### descida ILS – Rwy 17R





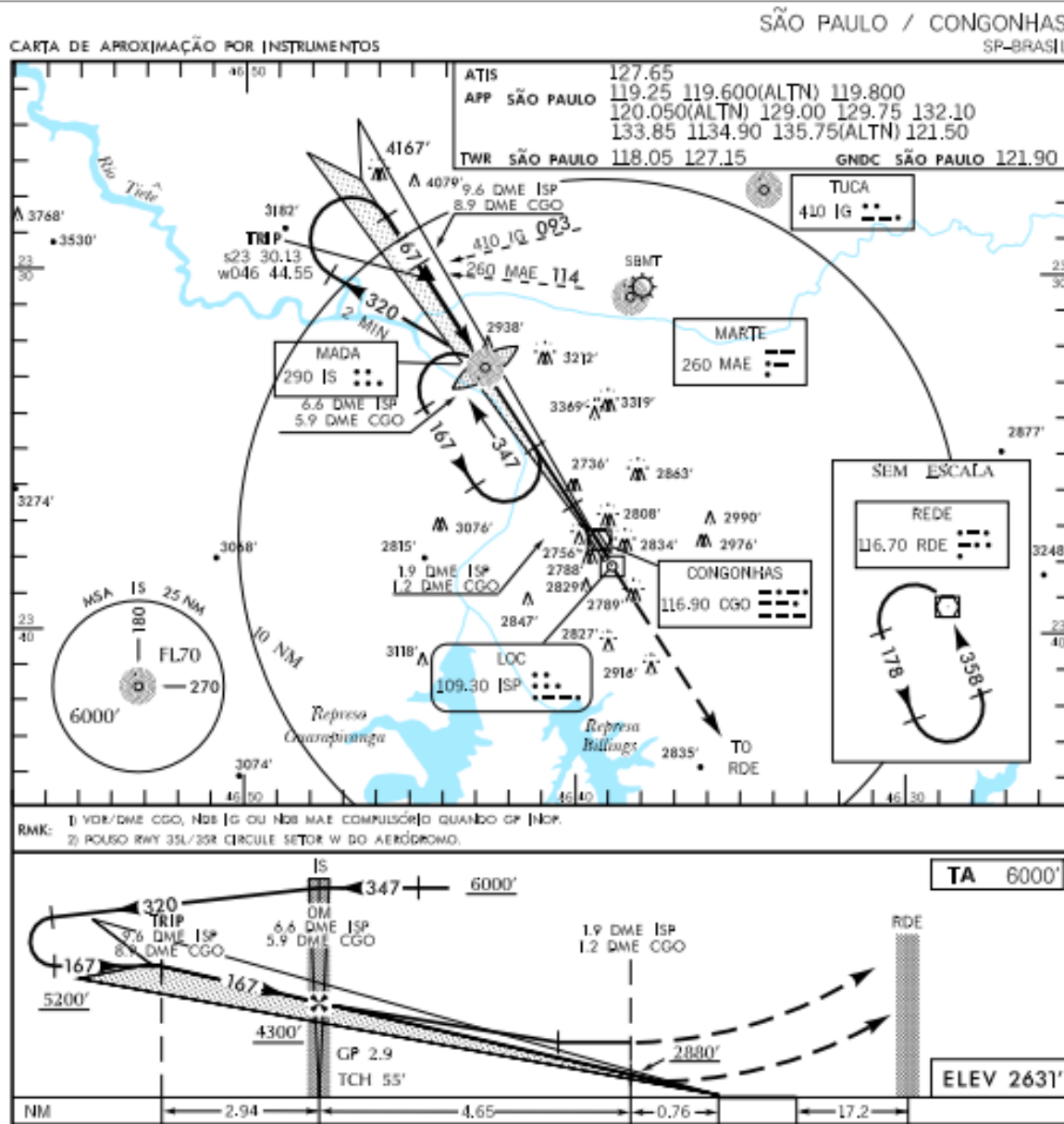
# Capacidade de pistas

## Carta de aproximação por instrumentos – IAC

### Congonhas – SBSP

#### pista 17R – ILS

#### descida Hotel 2



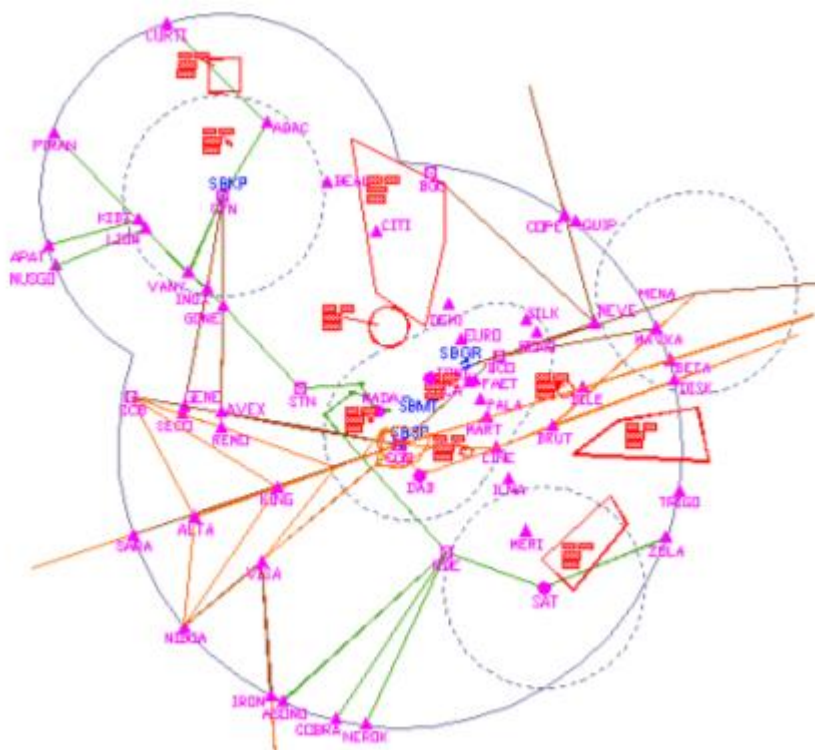


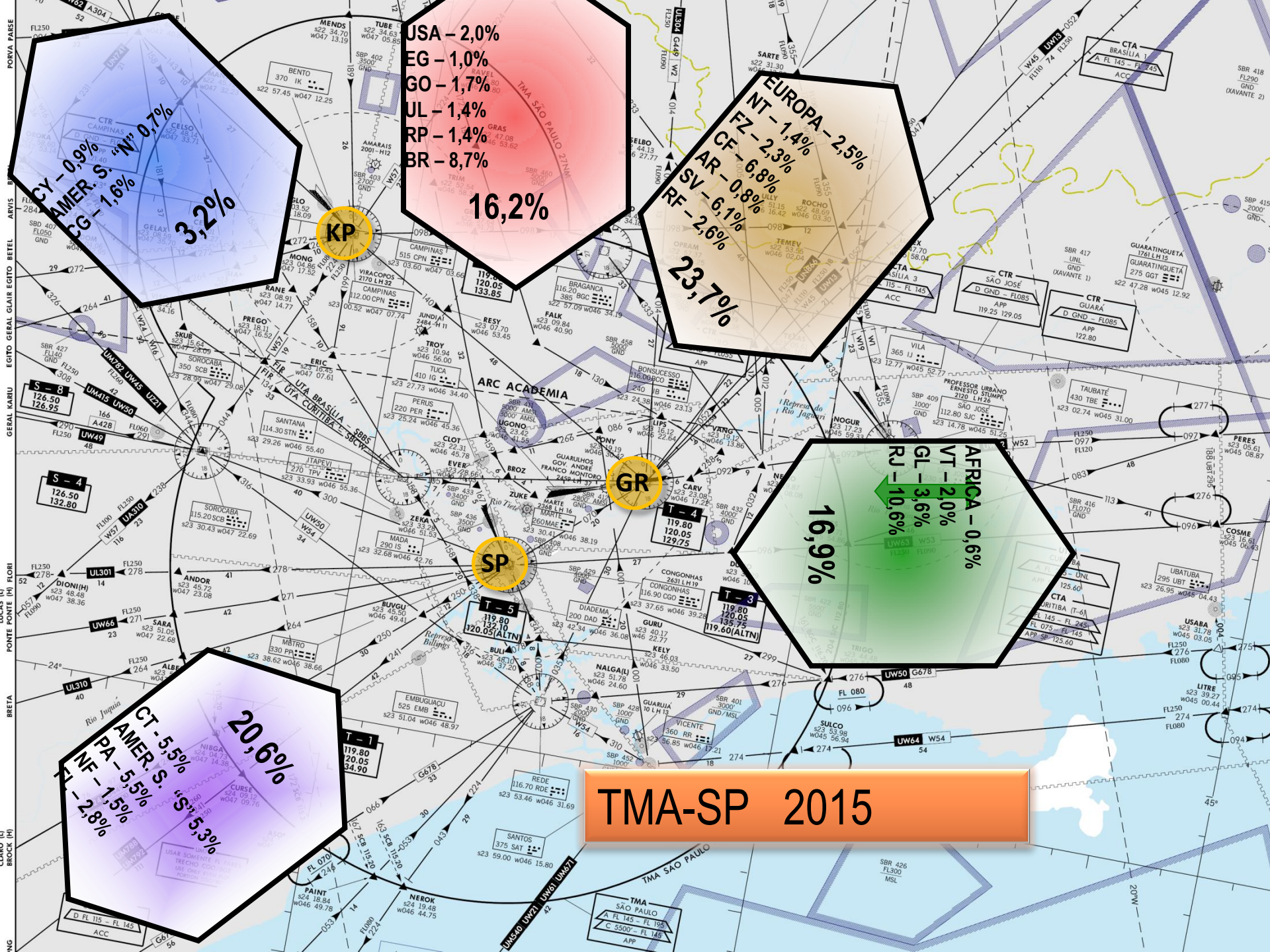
# APP – controle de aproximação

## TMA – SP

esquemática

tela radar





USA - 2,0%  
 EG - 1,0%  
 GO - 1,7%  
 UL - 1,4%  
 RP - 1,4%  
 BR - 8,7%  
**16,2%**

EUROPA - 2,5%  
 NT - 1,4%  
 FZ - 2,3%  
 CF - 6,8%  
 AR - 0,8%  
 SV - 6,1%  
 RF - 2,6%  
**23,7%**

AMER. S. "N" - 0,7%  
 CY - 0,9%  
 CG - 1,6%  
**3,2%**

AFRICA - 0,6%  
 VT - 2,0%  
 GL - 3,6%  
 RJ - 10,6%  
**16,9%**

AMER. S. "S" - 5,3%  
 CT - 5,5%  
 PA - 5,5%  
 NF - 1,5%  
 FL - 2,8%  
**20,6%**

**TMA-SP 2015**

**KP**

**GR**

**SP**

**RJ**

**T-5**

**T-4**

**T-3**

**T-1**

**T-2**

**T-3**

**T-4**

**T-5**

**T-6**

**T-7**

**T-8**

**T-9**

**T-10**

**T-11**

**T-12**

**T-13**

**T-14**

**T-15**

**T-16**

**T-17**

**T-18**

**T-19**

**T-20**

**T-21**

**T-22**

**T-23**

**T-24**

**T-25**

**T-26**

**T-27**

**T-28**

**T-29**

**T-30**

**T-31**

**T-32**

**T-33**

**T-34**

**T-35**

**T-36**

**T-37**

**T-38**

**T-39**

**T-40**

**T-41**

**T-42**

**T-43**

**T-44**

**T-45**

**T-46**

**T-47**

**T-48**

**T-49**

**T-50**

**T-51**

**T-52**

**T-53**

**T-54**

**T-55**



## Torre de controle – TWR



**controla uma zona de aeródromo – ATZ**

**operação visual, podendo usar um radar de superfície – SMR**





## Capacidade de pistas

separações no ar e capacidades de pista (referenciais)

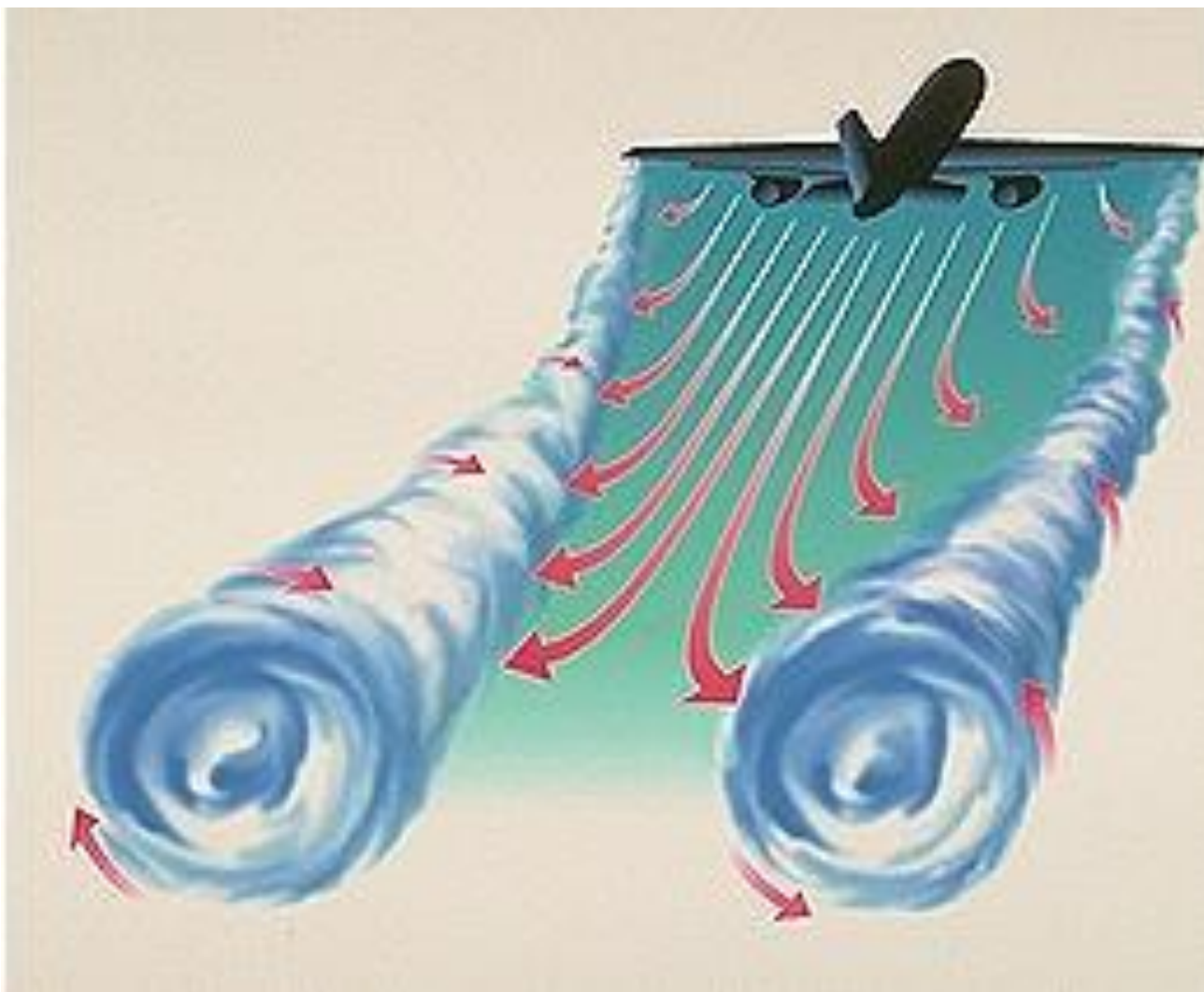
	TIPO DE CONTROLE NA ÁREA TERMINAL			
	CONVENCIONAL		RADAR	
	separação	mov/h	separação	mov/h
<b>ATERRAGENS</b>	5'	12	3 mn - 2'	30
<b>DECOLAGENS</b>	1'	55	1'	55
<b>ATERRAGENS &amp; DECOLAGENS</b>	-	24	-	55

3 mn - 3 milhas náuticas

2' - 2 minutos



## Esteiras de turbulência





## Esteiras de turbulência





## Esteiras de turbulência



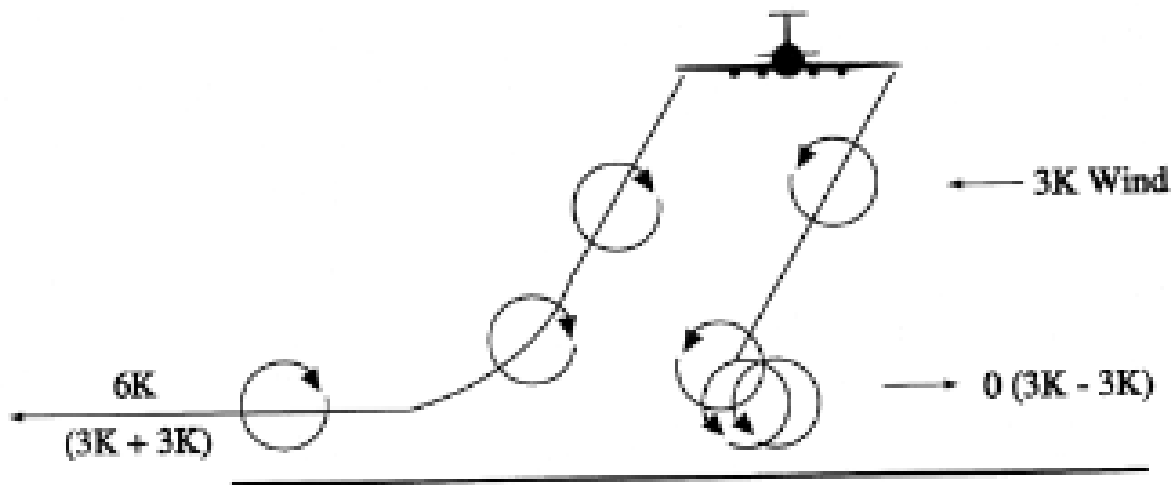
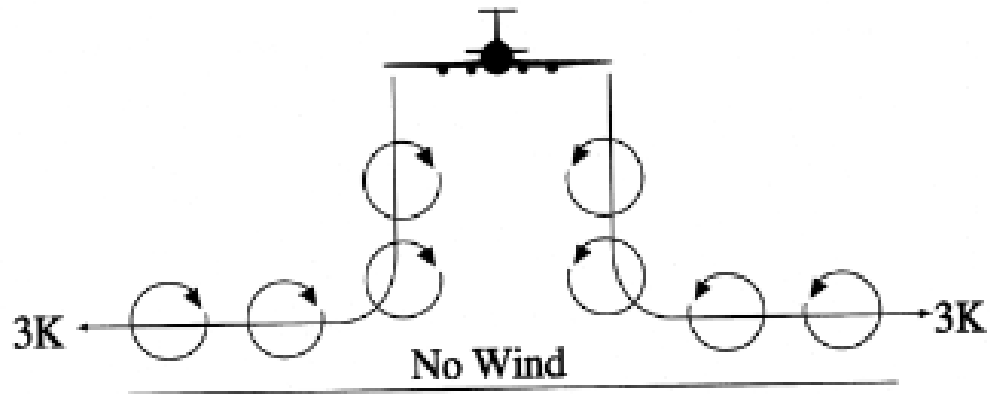


## Esteiras de turbulência





## Esteiras de turbulência





## Esteiras de turbulência

**Mais fortes**

quanto mais pesado o avião  
quanto mais lento o voo  
quando estiver com *flaps* e *slats*

→ aterragens e decolagens

→ necessário aumentar a separação

aviões menores atrás de maiores

separações 3 mn → 4, 5 e 6 mn



## Esteiras de turbulência

separações mínimas entre aviões em aproximação para pouso (m.n.)

		AVIÃO ATRÁS			
		SUPER	PESADO	GRANDE	PEQUENO
AVIÃO À FRENTE	SUPER Airbus A 380	4	6	7	8
	PESADO > 140 ton	3	4	5	6
	GRANDE 19 ton - 140 ton	3	3	3	5
	PEQUENO < 19 ton	3	3	3	3





# Estudos de capacidade

## Capacidade de pistas



## ESTUDOS DE CAPACIDADE

→ **dimensionar instalações**

pistas, caminhos de circulação/*taxiways*, pátio, terminais, ...

base → projeção de demanda

dois “tempos” importantes:

horizonte de projeto – configuração final do aeroporto

→ área global do sítio aeroportuário

evolução da demanda – fases de desenvolvimento

→ minimizar atrasos e ociosidade

equilíbrio = análise de custo x benefício

custos – investimento em obras

benefício – redução de atrasos



## CAPACIDADE DE PISTAS

### Afetada por

- configuração de pista(s) – quantidade, separação, ângulo relativo e sentido de operação    pistas em ângulo
- configuração de caminhos de circulação/taxiways – acessos e saídas
- auxílios-rádio – operação em condições meteorológicas ruins (IFR)
- tipos de controle de tráfego aéreo na TMA – convencional ou radar
- tipos de avião – separações dependem de pesos e velocidades relativas
- disponibilidade de espaço aéreo – restrições aumentam separações    **como?**
- procedimentos de redução de ruído – fechamento total ou parcial    **por que?**



## CAPACIDADE DE PISTAS

É função de

- quantidade
- separação
- ângulo relativo
- sentido de operação    pistas em ângulo

Tabela de capacidade de pistas do FAA

depende também de:

- tipos de aviões    mix maior = aviões maiores
- operação    IFR ou VFR

TABLE 5-3 Runway Capacities for Long-Range Planning

Layout	Description	Mix	PANCAP	%IIOCAP	
				IFR	VFR
	Single runway (arrivals – departures)	1	215,000	53	99
		2	195,000	52	76
		3	180,000	44	54
		4	170,000	42	45
	Close parallels (IFR dependent) Less than 3,500 ft	1	385,000	64	198
		2	330,000	63	152
		3	295,000	55	108
		4	280,000	54	90
	Independent IFR approach/departure parallels 3,500 to 4,999 ft	1	425,000	79	198
		2	390,000	79	152
		3	355,000	79	108
		4	330,000	74	90
	Independent IFR arrivals and departures 5,000 ft or more	1	430,000	106	198
		2	390,000	104	152
		3	360,000	88	138
		4	340,000	84	90
	Independent parallels plus two close parallels 5,000 ft or more	1	770,000	122	396
		2	690,000	126	304
		3	590,000	110	216
		4	560,000	108	180
	Widely spaced open V with independent operations	1	425,000	79	198
		2	340,000	79	136
		3	310,000	76	94
		4	310,000	74	84
	Open V, dependent, operations away from intersection	1	420,000	71	198
		2	335,000	70	136
		3	300,000	63	94
		4	295,000	60	84
	Open V, dependent, operations toward intersection	1	235,000	57	100
		2	220,000	56	86
		3	215,000	50	60
		4	200,000	50	53



## London Gatwick – LGW

Runways			
Direction	Length		Surface
	m	ft	
08L/26R	2,565	8,415	Asphalt
08R/26L	3,407	11,178	Asphalt

Statistics (2016)	
Passengers	43,119,628
Passenger change 15–16	▲ 7.1%
Aircraft Movements	280,666
Movements change 15–16	▲ 4.8%
Gates	115 (in terminal)

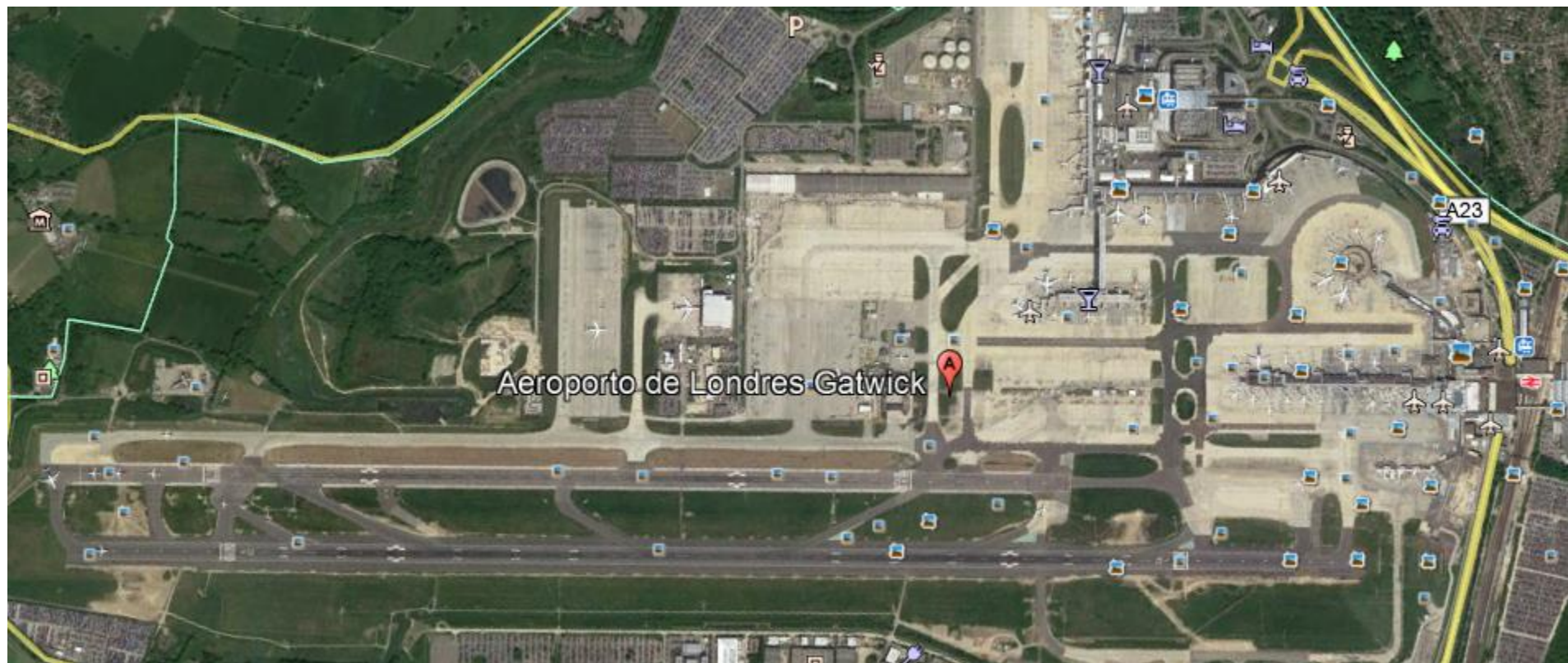


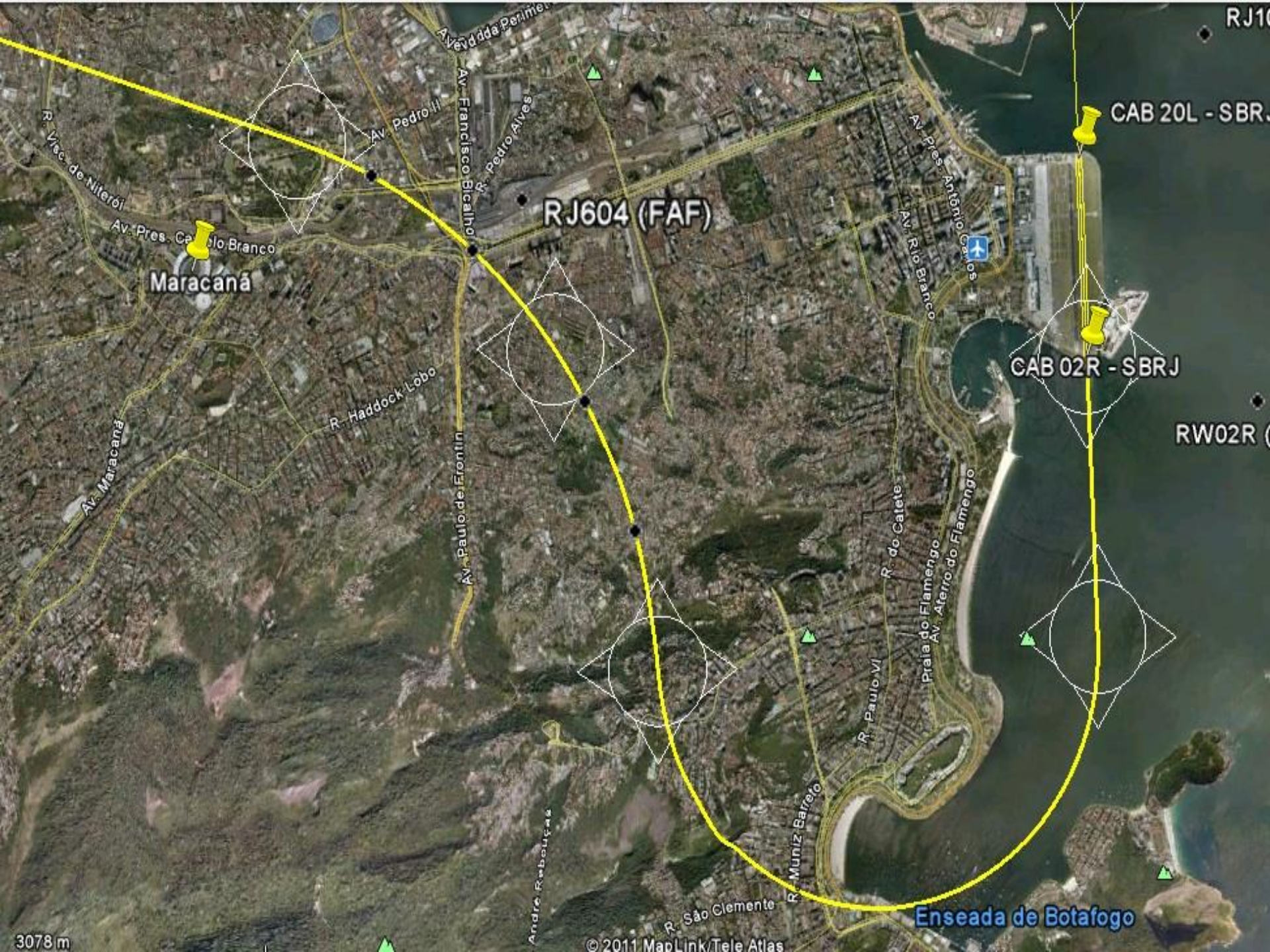
## London Gatwick – LGW





## London Gatwick – LGW





RJ10

CAB 20L - SBRJ

RJ604 (FAF)

Maracanã

CAB 02R - SBRJ

RW02R (

Enseada de Botafogo

3078 m

© 2011 MapLink/Tele Atlas

R. Visconde de Niterói

Av. Pres. Castelo Branco

Av. Pedro II

Av. da Perimetral

Av. Francisco Bicalho

R. Pedro Alves

Av. Pres. Antônio Carlos

Av. Rio de Janeiro

R. Haddock Lobo

Av. Paul de Frontin

Av. Maracanã

R. do Catete

Av. Aterro do Flamengo

R. Paulo VI

R. Muniz Barreto

R. São Clemente

Andre Rebouças