



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

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

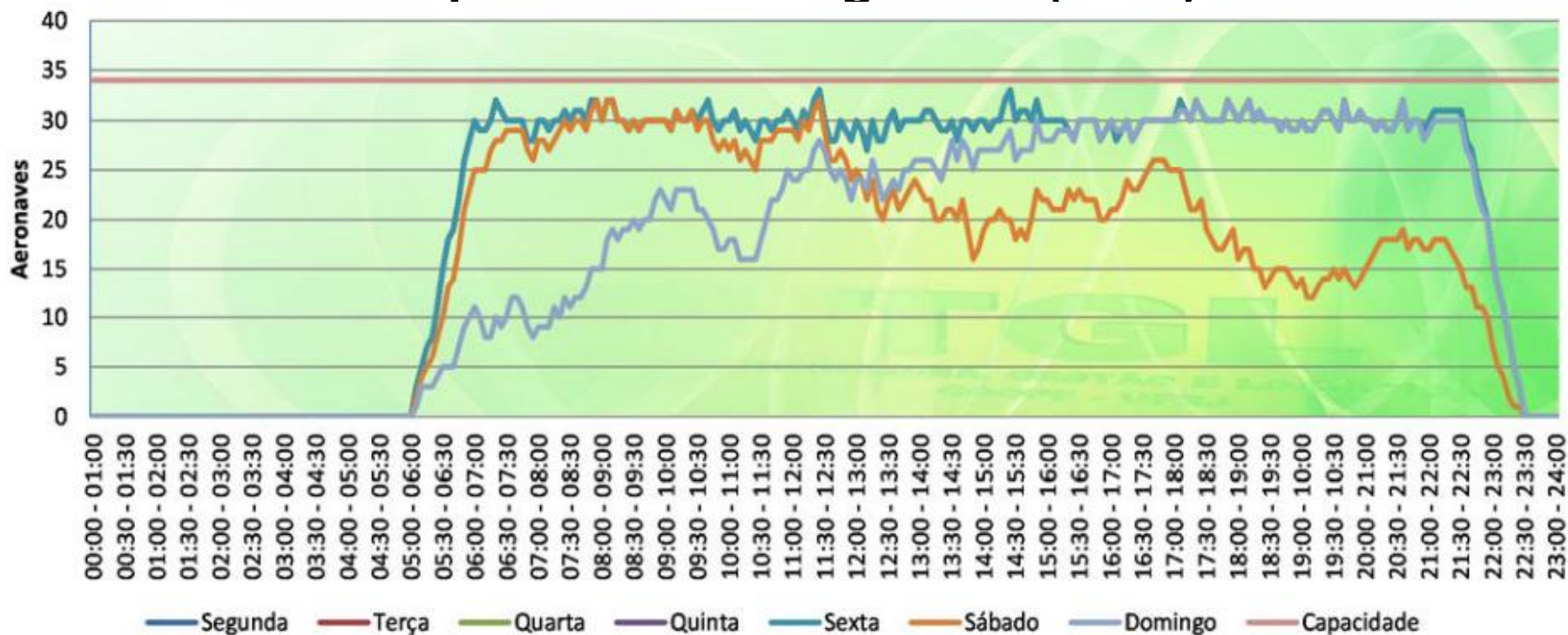
Código ICAO-IATA: SBGR / GRU

Fonte: CGNA, http://www.cgna.gov.br/?page_id=8, 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

Aeroporto de Congonhas - SP

Atualizado ago16, 2012

Aeroporto de Congonhas

Avenida Washington Luiz, s/nº

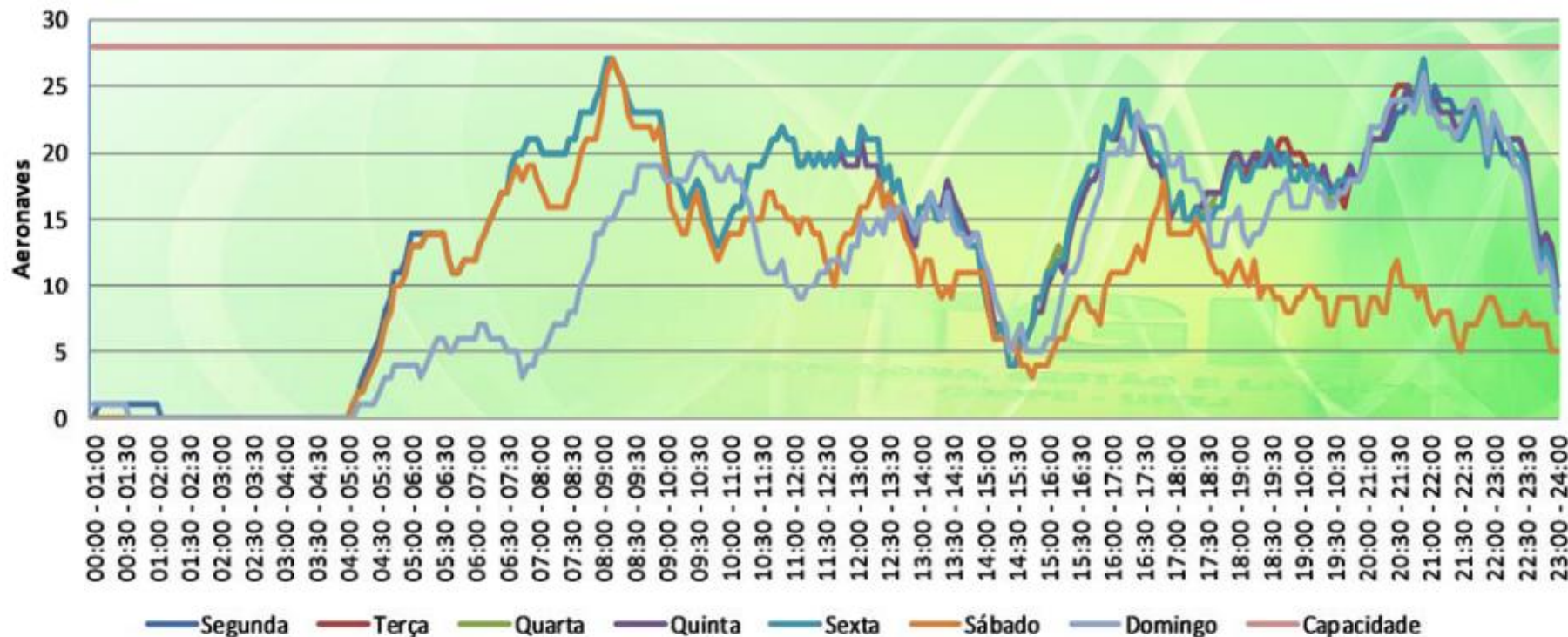
Tel: (11) 5090-9000

Capacidade de pista: 34 movimentos por hora

Código ICAO-IATA: SBSP / CGH



Demanda e capacidade – Viracopos (VCP)



Fonte: UFRJ – BITA, 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, 15Mar13 13:00 h



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

limite de separação

objetivo no rodoviário – restrições no aéreo
subjetivo – função da visibilidade

- visibilidade

rodoviário

aéreo

“unidimensional”

“bidimensional”

horizontal → visibilidade

vertical → teto

teto e visibilidade → condições de operação **visuais – VFR**

por instrumentos – IFR

Movimentos



ANO	TIPO DE VOO		TOTAL
	IFR	VFR	
2007	1.780.651	936.812	2.717.463
2008	1.939.144	831.062	2.770.206
2009	1.995.580	896.059	2.891.639
2010	2.347.325	1.356.424	3.703.749





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



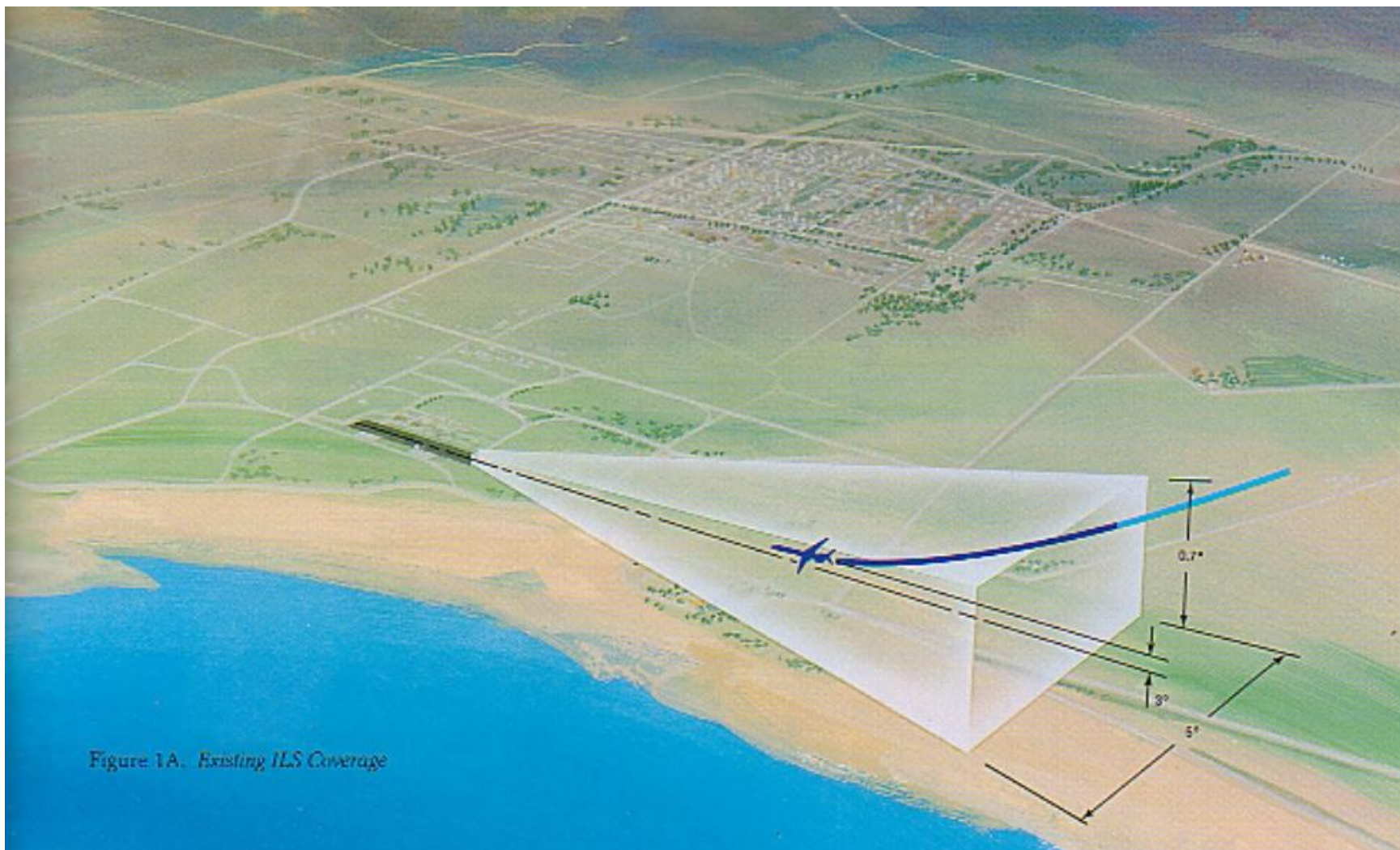
VOR – DME

DVOR 450 k USD – DME 100 k USD





Sistema de aproximação por instrumentos – ILS



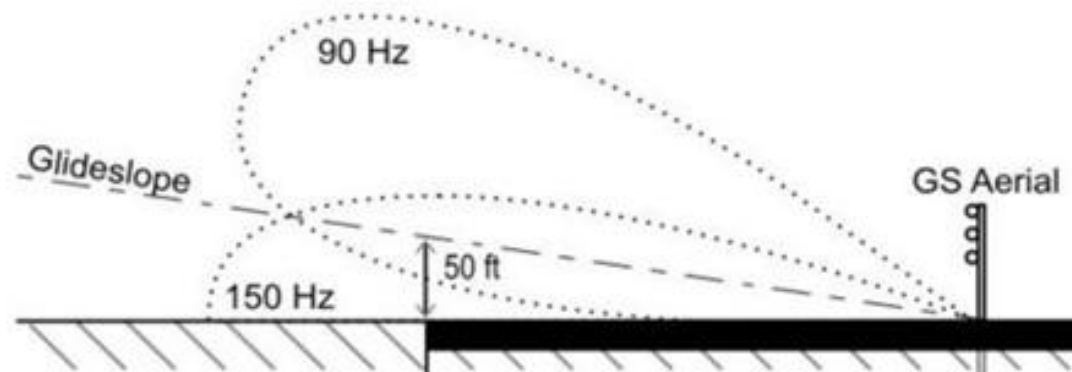
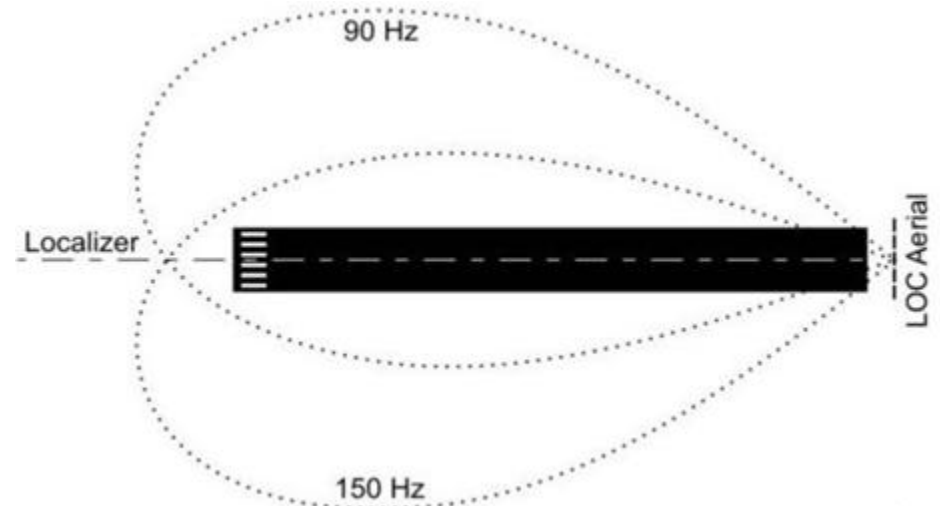


Localizador (LOC) de um ILS





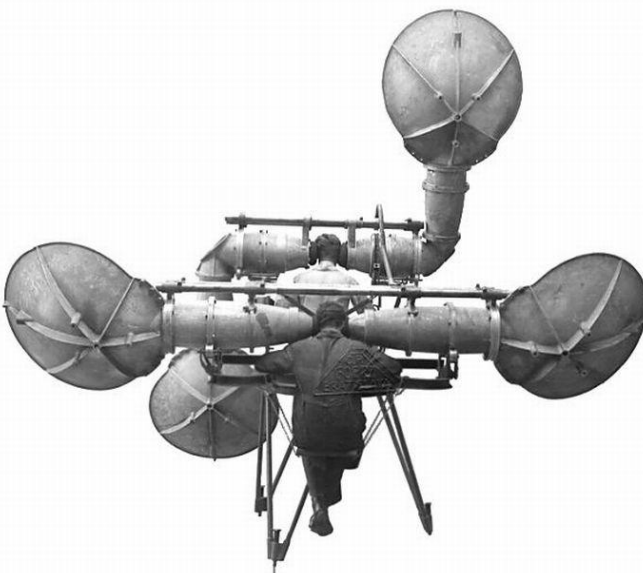
ILS – localizador (LOC) e *glide slope* (GLS) 500 k USD





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Radar





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**

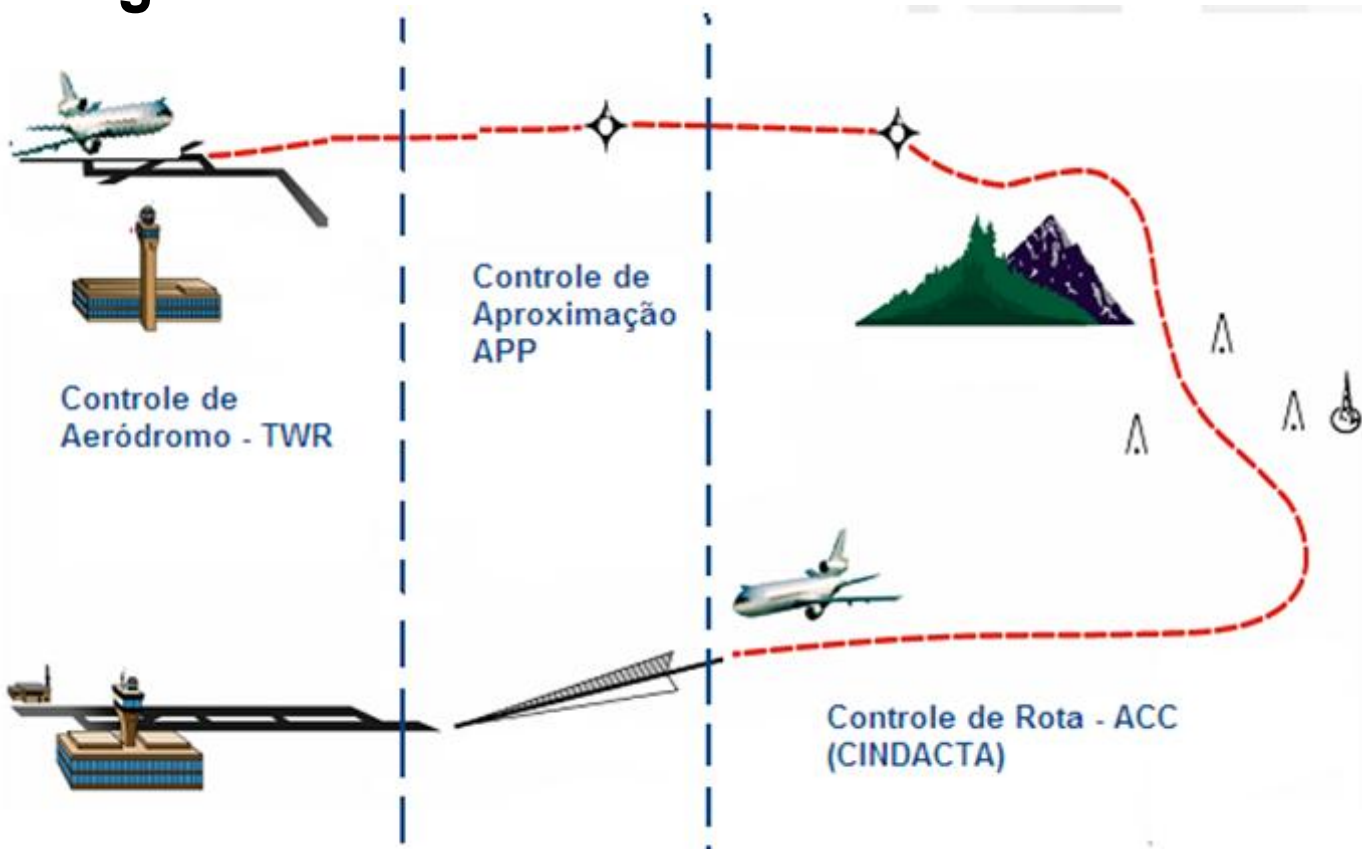


Regras de CTA que afetam a capacidade de um aeroporto

- **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
- **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
- **Aterragens têm prioridade sobre decolagens**
aterragens demoram mais em uma pista que decolagens
→ se houver muitas aterragens sucessivas, e dependendo da localização das saídas de pista, podem não ocorrer decolagens



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

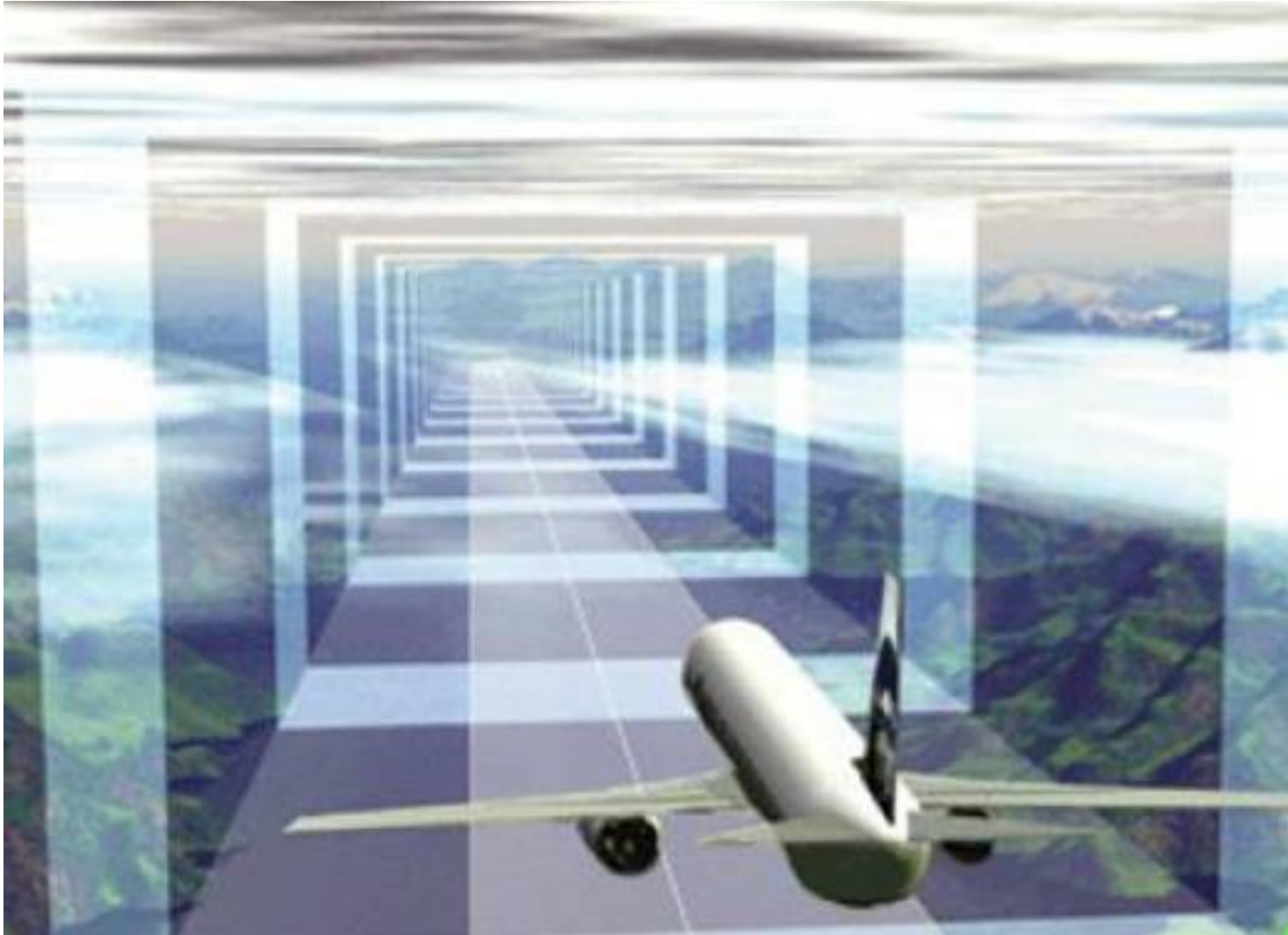


controla regiões de informação de voo – FIR

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



CTA – navegação em rota



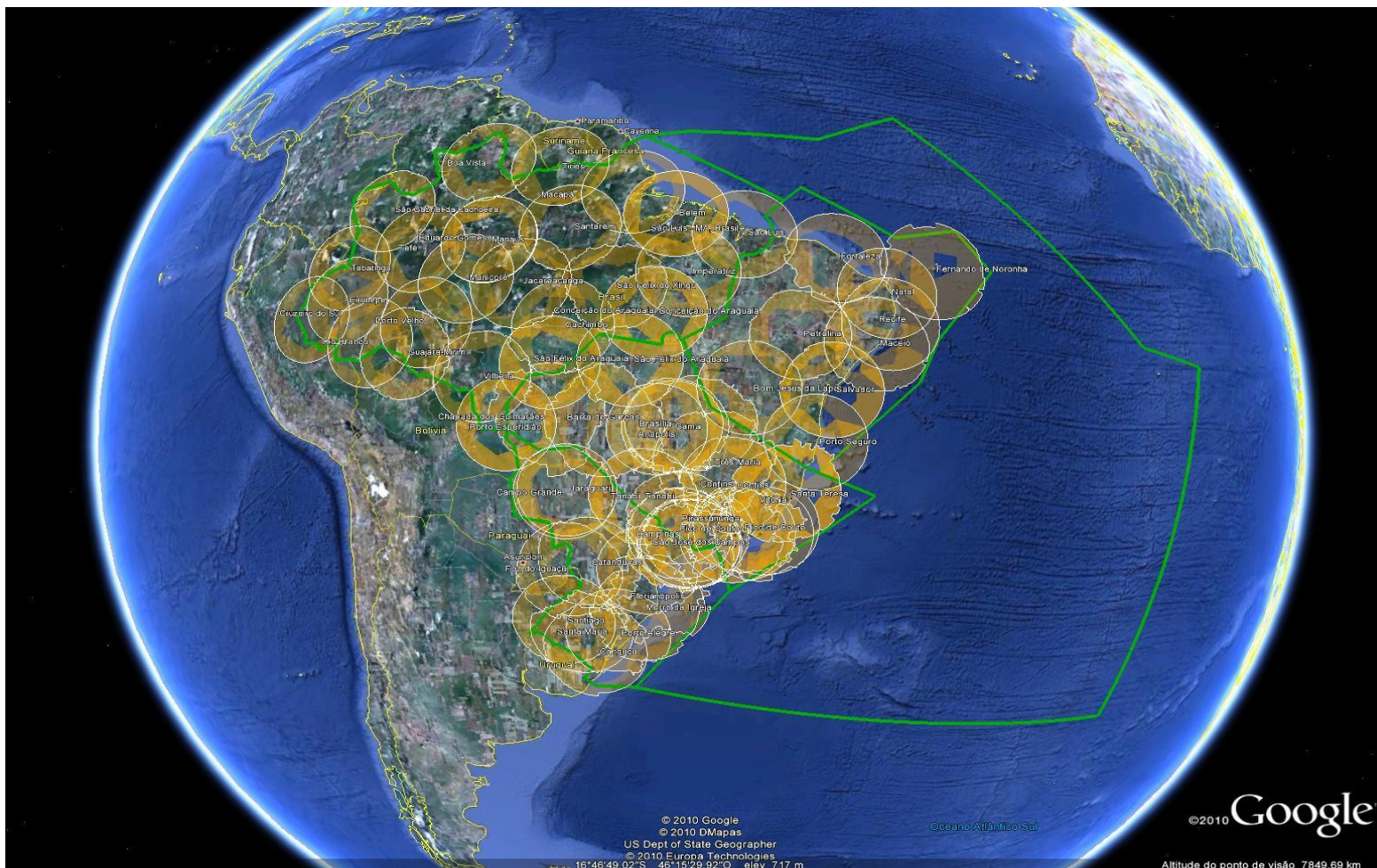


ACC's – centros de controle de área no Brasil





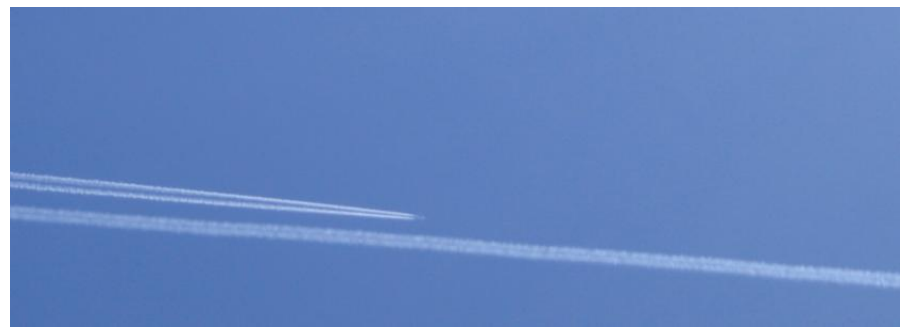
CTA – cobertura de radares no Brasil







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



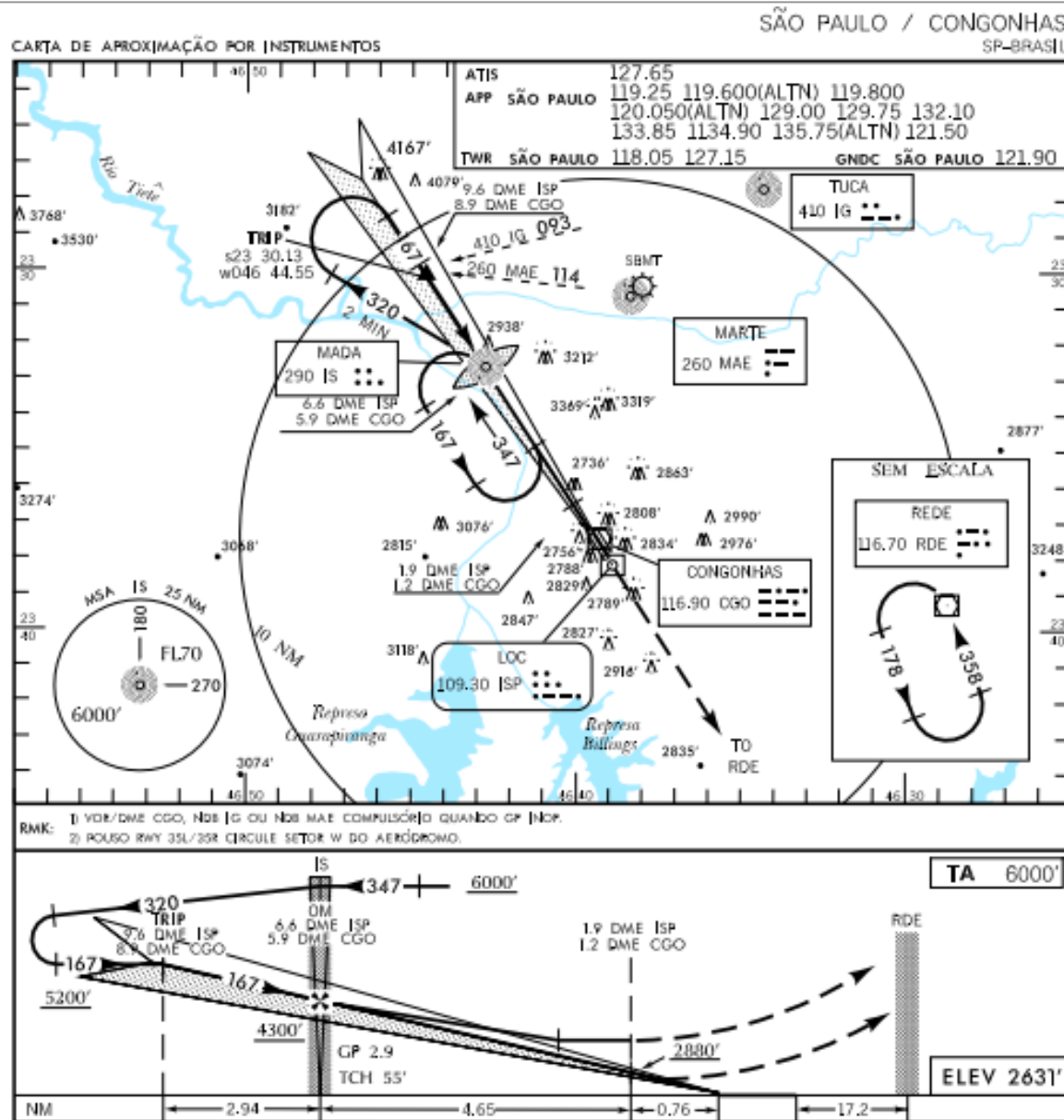
Capacidade de pistas

Carta de aproximação por instrumentos – IAC

Congonhas – SBSP

pista 17R – ILS

descida Hotel 2



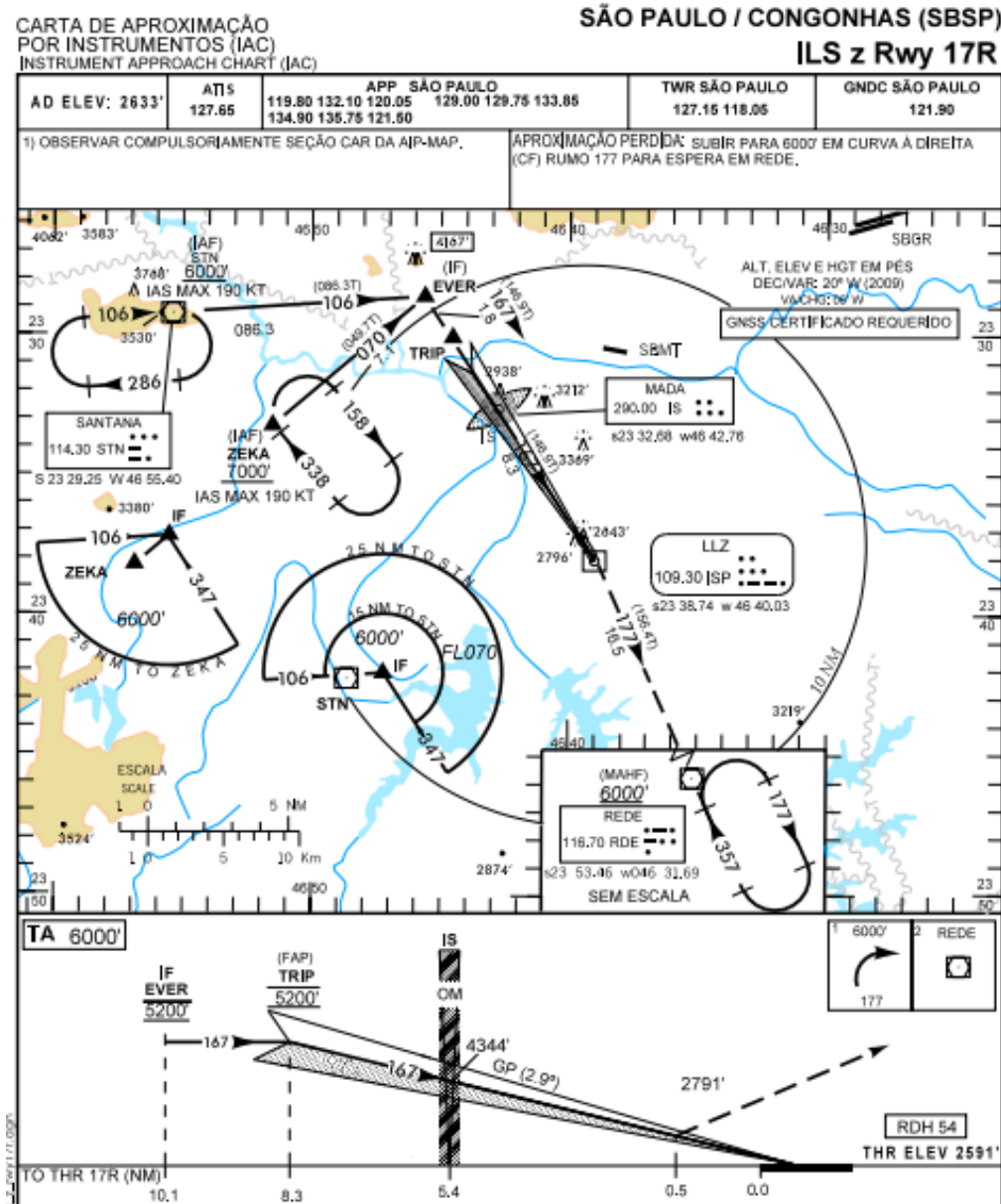


Capacidade de pistas

Carta de aproximação por instrumentos – IAC

Congonhas – SBSP

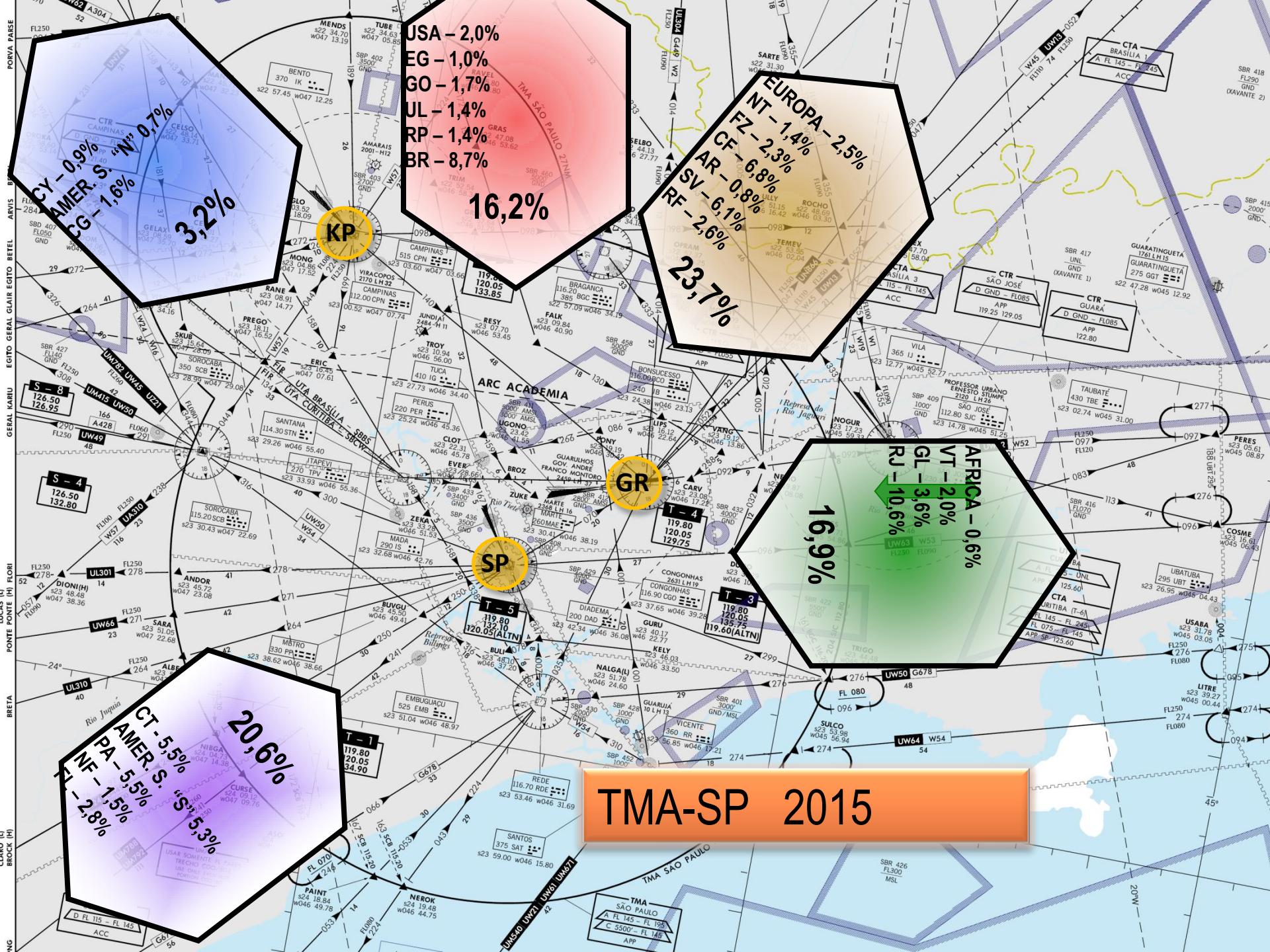
descida ILS z Rwy 17R





esquematisação **tela radar**







Torre de controle – TWR



controla uma zona de aeródromo – ATZ

operação visual, podendo usar um radar de superfície – SMR



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



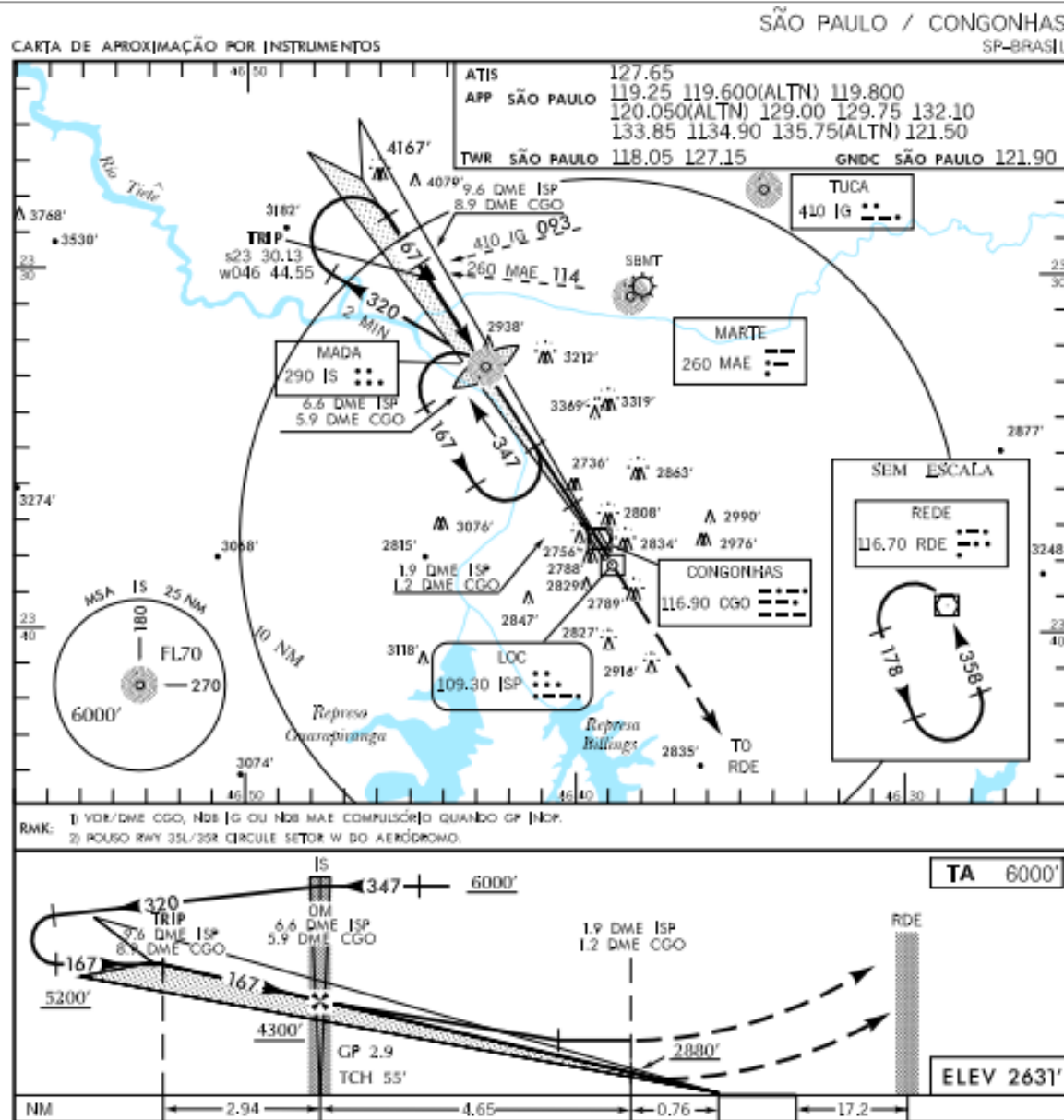
Capacidade de pistas

Carta de aproximação por instrumentos – IAC

Congonhas – SBSP

pista 17R – ILS

descida Hotel 2





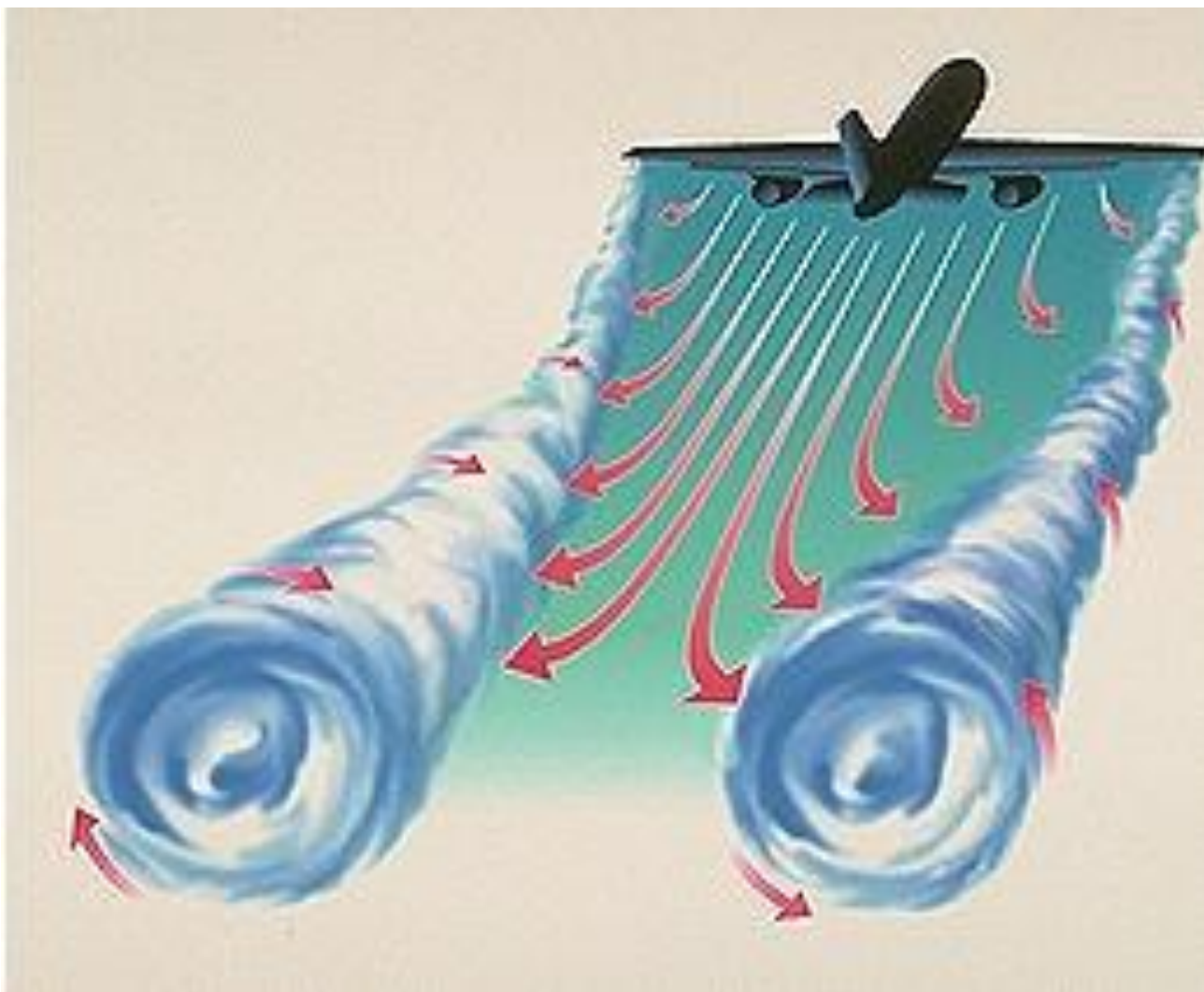
Capacidade de pistas

separações no ar e capacidades de pista (referenciais)

	TIPO DE CONTROLE NA ÁREA TERMINAL			
	CONVENCIONAL		RADAR	
	separação	mov/h	separação	mov/h
ATERRAGENS	4'	12	3 mn - 2'	30
DECOLAGENS	1'	55	1'	55
ATERRAGENS & DECOLAGENS	-	24	-	55



Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência



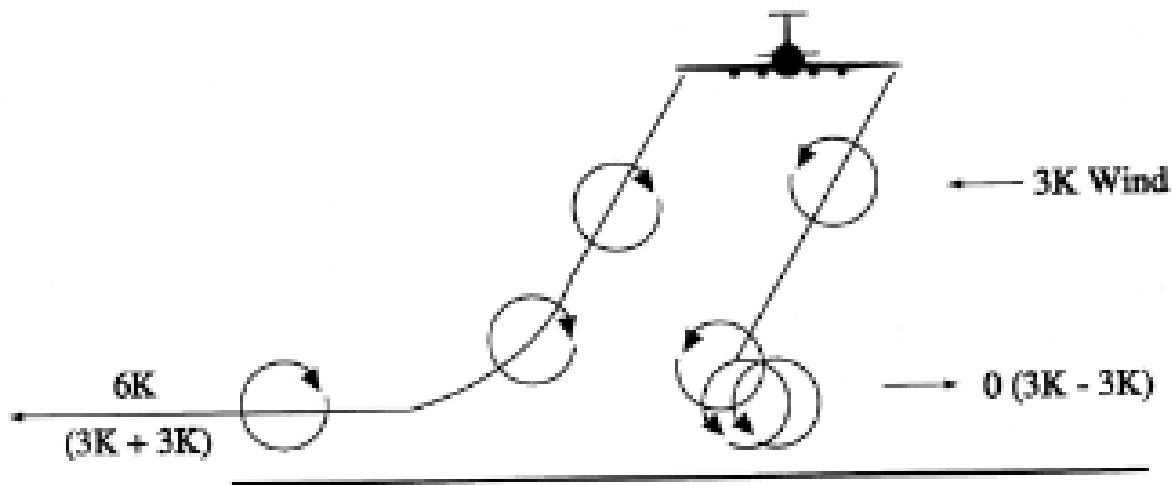
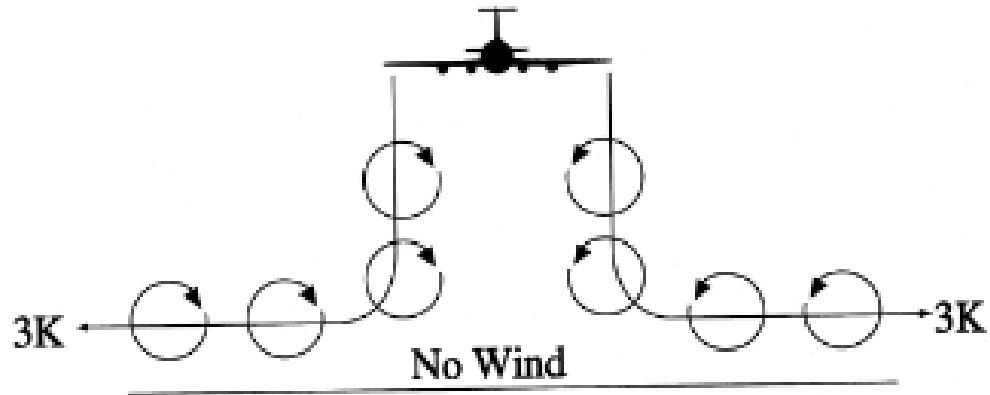


Esteiras de turbulência





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

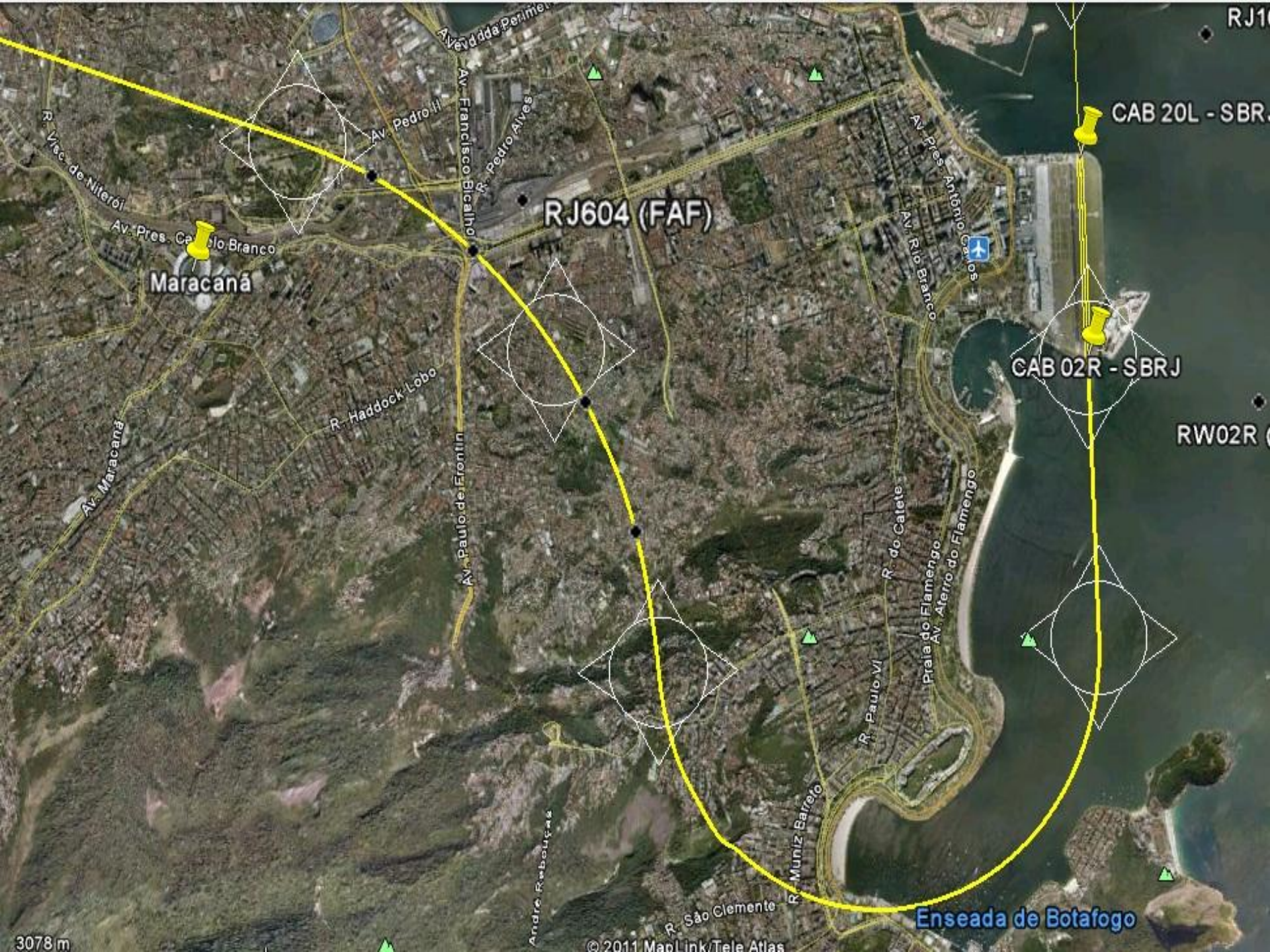
separações 3 mn → 4, 5 e 6 mn



Esteiras de turbulência

separações mínimas entre aviões em aproximação para pouso

		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



RJ10

CAB 20L - SBRJ

RJ604 (FAF)

Maracanã

CAB 02R - SBRJ

RW02R

Enseada de Botafogo

3078m

© 2011 MapLink/Tele Atlas



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

Runway configuration			PHOCAP		
Layout	Description	Mix	PANCAP	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	66
		4	200,000	50	53