

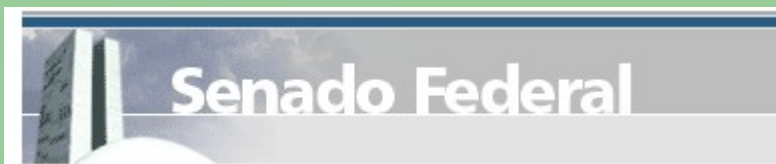
Audiência Pública: “Interferências de rádios clandestinas no controle de tráfego aéreo”

**Comissão de Ciência, Tecnologia,
Inovação, Comunicação
e Informática - CCT**

Interferências:

A Verdade da Razão

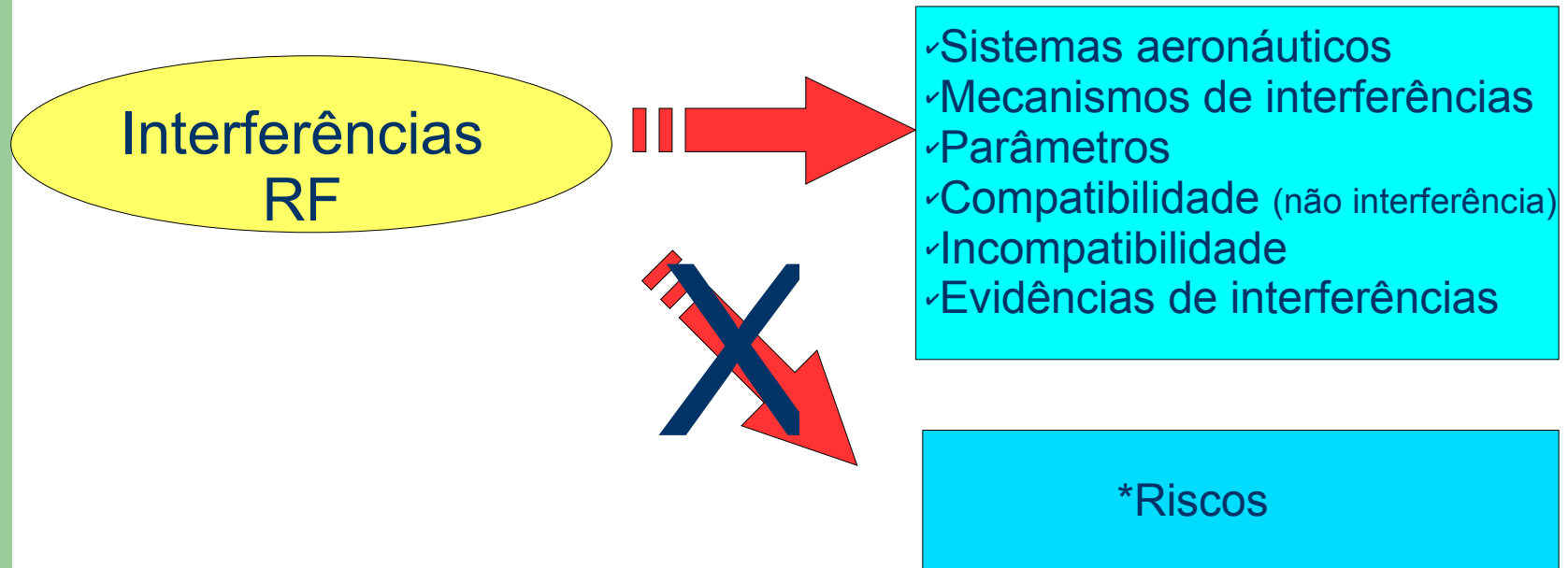
Marcus Manhães*



**Brasília, DF
09/07/2008**

***pesquisador em
telecomunicações,
expressa opinião
independente**

Objetivo: Interpretar, pontual e objetivamente, as normas de compatibilidade



*A análise de riscos exige a expertise do aeronauta

Tipos de interferências

Tipo A oriundas de emissões na faixa aeronáutica

A1: decorrente de 1 ou mais transmissores que resultem em **espúrias** na faixa de frequência aeronáutica **CONTROLÁVEL**

A2: proveniente de transmissores de radiodifusão, operando próximo de 108MHz e que emitam espúrias na faixa aeronáutica, interferindo unicamente nos serviços ILS e VOR **CONTROLÁVEL**

Tipo B - oriundas de emissões fora da faixa aeronáutica

B1: decorrente do aparecimento de produtos de **intermodulação** ocasionados pela não linearidade do receptor **CONTROLÁVEL**

B2: decorrente da incapacidade do estágio de RF do receptor do Serviço Aeronáutico em rejeitar **sinais fortes** fora da faixa do serviço, provocando sua dessensibilização. **INEVITÁVEL**

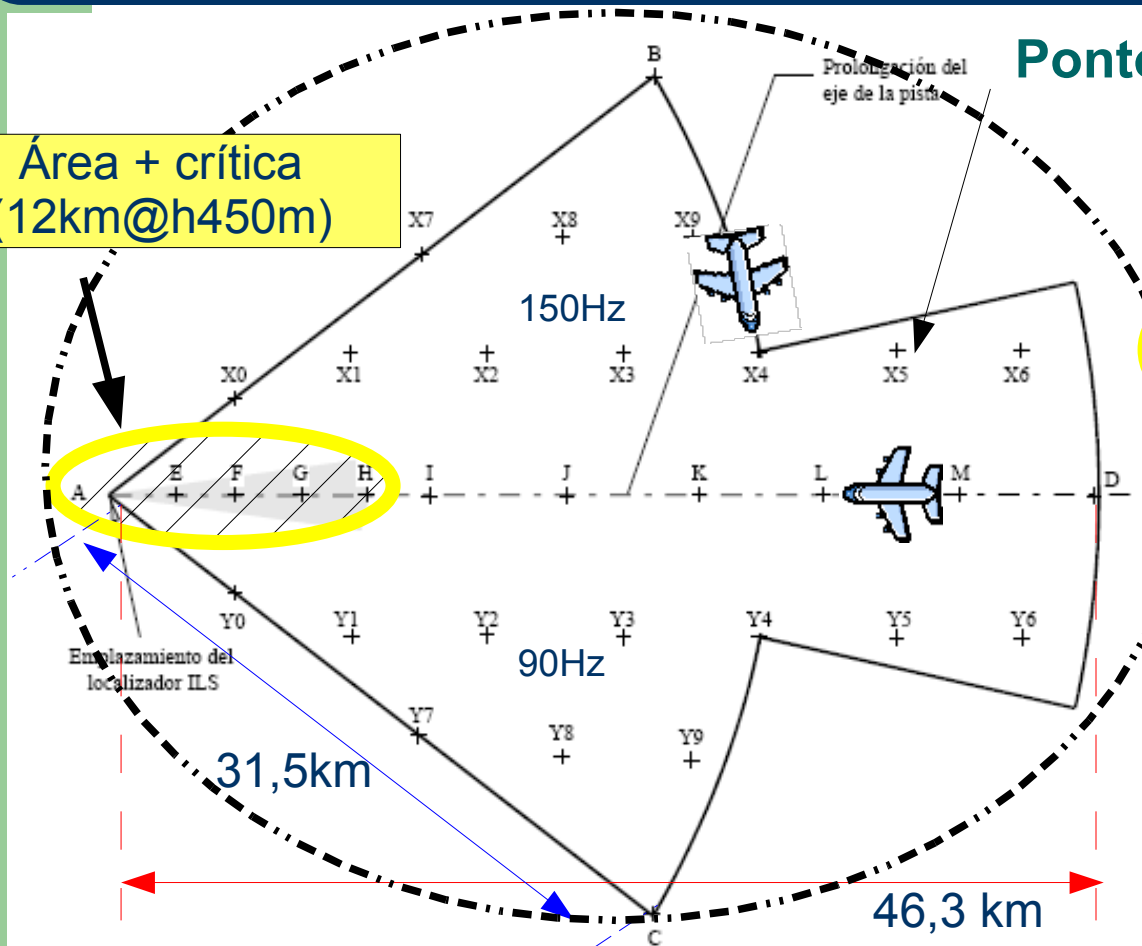
Sistemas Aeronáuticos

- **ILS** - Instrument Landing System localizer
- **VOR** - VHF omnidirectional radio range
- **COM** VHF communications equipment

DOC - Designated Operational Coverage

Pontos de prova fixos

Área + crítica
(12km@h450m)



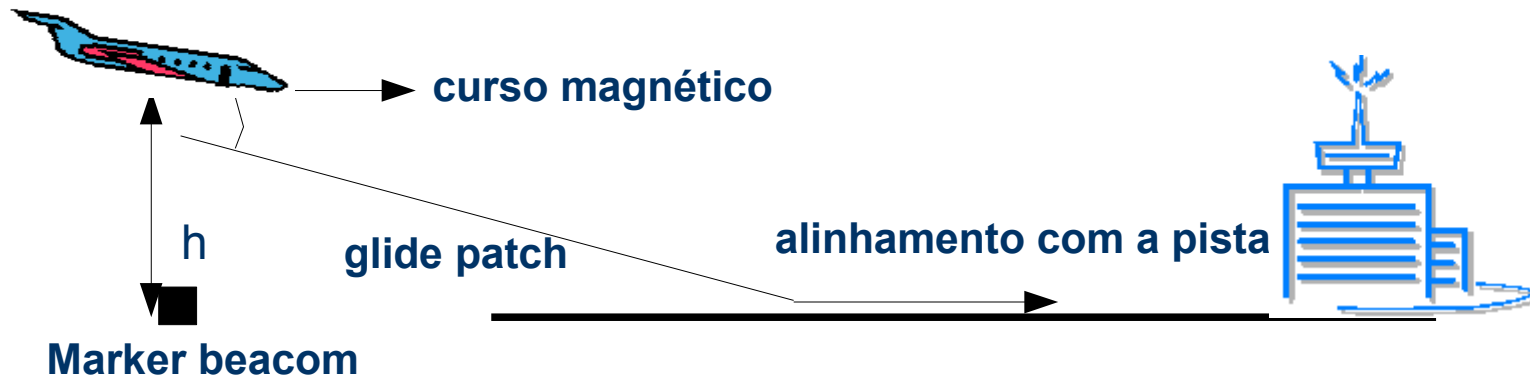
Puntos situados sobre la prolongación de la línea de pista		
Identificación	Distancia (km)	Altura mínima (m)
A	0	0
E	3	0
F	6	150
G	9	300
H	12	450
I	15	600
J	21,25	600
K	27,5	600
L	33,75	600
M	40	600
D	46,3	600

- Os sistemas operam na área
- DOC e/ou fora dela
- Há implicações distintas para o local da incompatibilidade
-

ILS

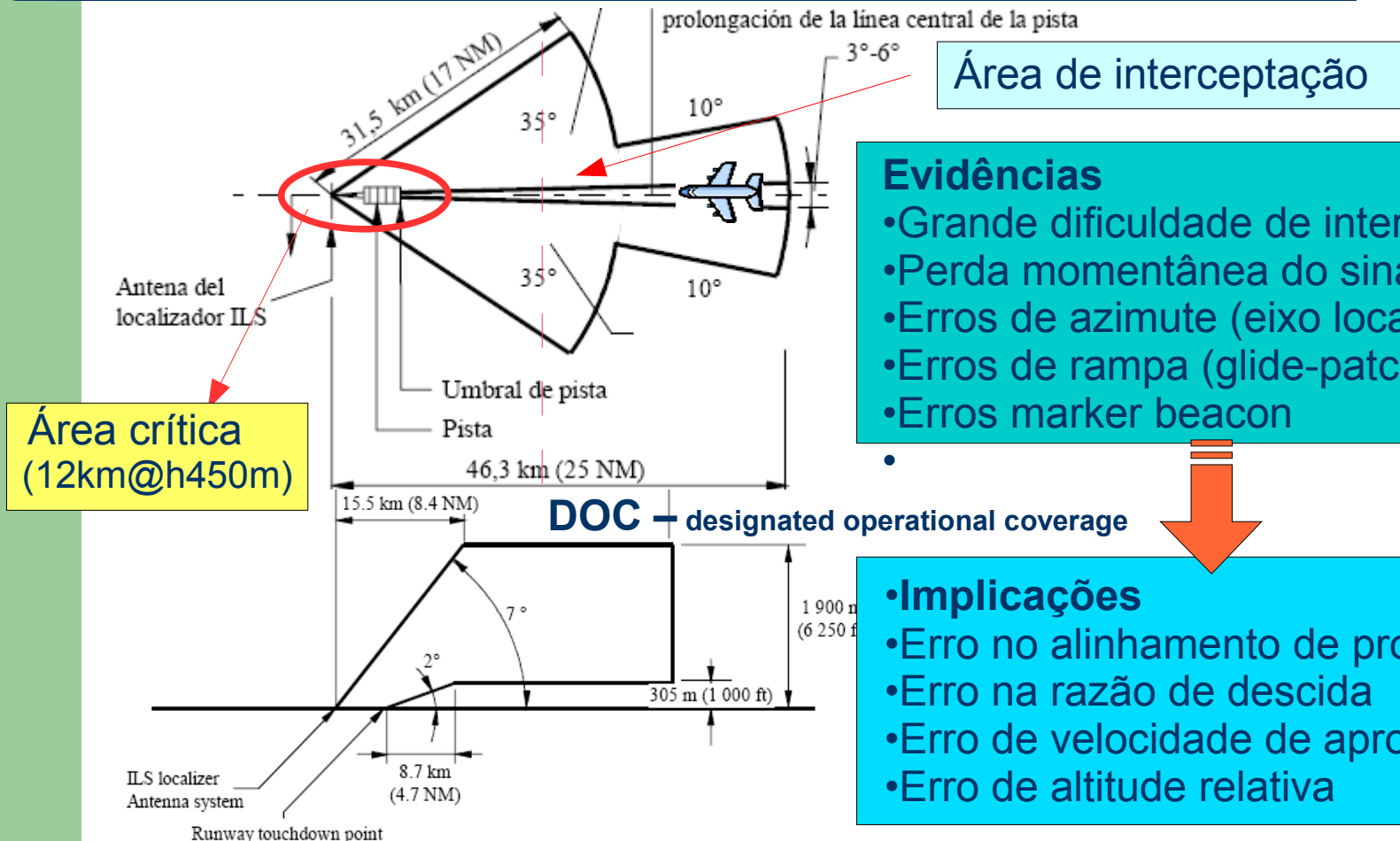


O Instrument **L**anding **S**ystem localizer tem a finalidade de guiar aeronaves em procedimento de aproximação e aterrissagem: ângulo de descida e alinhamento com a pista



Faixa de freqüência entre 108 ~112 MHz: 40 canais disponíveis em 108,10; 108,15; 108,30; 108,35 MHz, etc. a 111,70; 111,75, 111,90 e 111,95 MHz.
A freqüência é fixa por pista/aeroporto

ILS – incompatibilidade



Evidências

- Grande dificuldade de interceptação
- Perda momentânea do sinal
- Erros de azimute (eixo localizador)
- Erros de rampa (glide-patch)
- Erros marker beacon

Implicações

- Erro no alinhamento de proa
- Erro na razão de descida
- Erro de velocidade de aproximação
- Erro de altitude relativa

VOR - VHF omnidirectional radio range

Proporciona auxílio à navegação, fornecendo a radial da aeronave (NAV-> rx)



Indicador do VOR 1

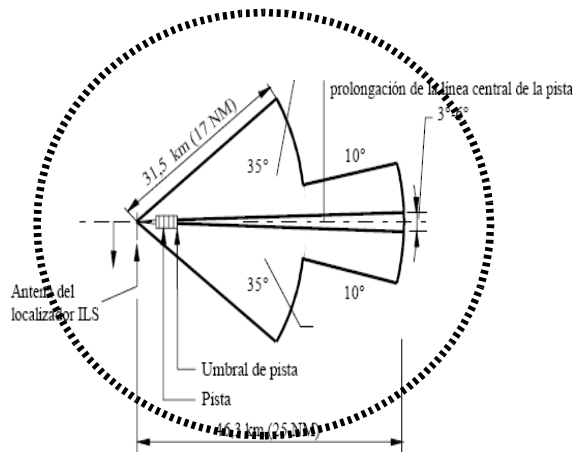
Frequência do Rádio de Comunicação

Frequências dos VORs

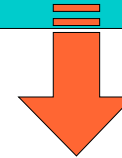
O alcance depende da altitude da aeronave mais alto, mais longe.

Na faixa de 108~112 MHz, entre as frequências do ILS: 108,05; 108,20; 108,25; 108,40; 108,45 MHz, etc., a 111,60; 111,65; 111,80 e 111,85 MHz. Na faixa de 112~118 MHz os **canais** estão separados em intervalos de 50 kHz, da seguinte maneira: 112,00; 112,05 ... 117,95 MHz

VOR – incompatibilidade



- Evidências
- Perda momentânea do sinal
- Erros de azimute (eixo localizador)
- Redução de alcance



- Implicações:
- Erro no alinhamento de proa
- Falta de 1 referência de curso

O VOR atua além do limite do DOC, com ângulo de elevação de até 40° e pode ir além de 380 km de alcance

COM VHF communications equipment

Proporciona comunicação bidirecional de voz entre tripulação da aeronave e controladores



As freqüências dos receptores COM ocupam canais separados de 25 kHz na faixa de 118~137 MHz:
118,000; 118,025 ... 136,975 MHz
vários canais/aeroporto

Freqüências COM (MHz)

gerais

Aproximações/partidas de São Paulo

▶ 135,750 - 123,700 - 125,600 - 133,800 - 132,1000 - 123,700
Aproximação: Congonhas: 120,4 / 129,0 Guarulhos: 129,75
Controle de vôos visuais: 129,5 Freqüência livre (interior SP): 130,55
Coordenação de Helicópteros: 127,35 ATIS (Transmissão contínua): 127,75

específicos

Aeroporto Internacional de Guarulhos

Solo - 121,7 Tráfego - 121,0
▶ Torre : 118,4 - 121,5 - 126,9 - 118,1

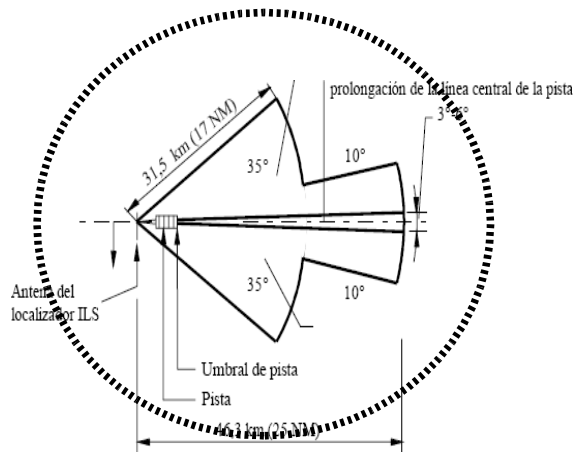
Aeroporto de Congonhas

Solo - 121,9 Tráfego - 120,6
Torre - 127,15

Aeroporto Campo de Marte

Solo - 121,6 Torre - 118,7
Setor 1 - 119,0 Setor 2 - 119,7 Setor 3 - 120,0 Setor 4 - 120,3
ATIS - 127,6 Emergência - 121,5

COM – incompatibilidade



O COM atua além do limite do DOC

•Evidências

- Perda momentânea do sinal
- Cortes na comunicação
- Áudio clandestino
- Redução no alcance de cobertura



•Implicações:

- Comunicação ininteligível
- Redução de canais operacionais
- Uso de canais adicionais

Interferências do tipo B1

intermodulações de terceira ordem no receptor, representada por:

$$F_{\text{int}} = (2 \times F1) - F2 \text{ (duas emissoras FM)}$$

$$F_{\text{int}} = F1 + F2 - F3 \text{ (três emissoras FM)}$$

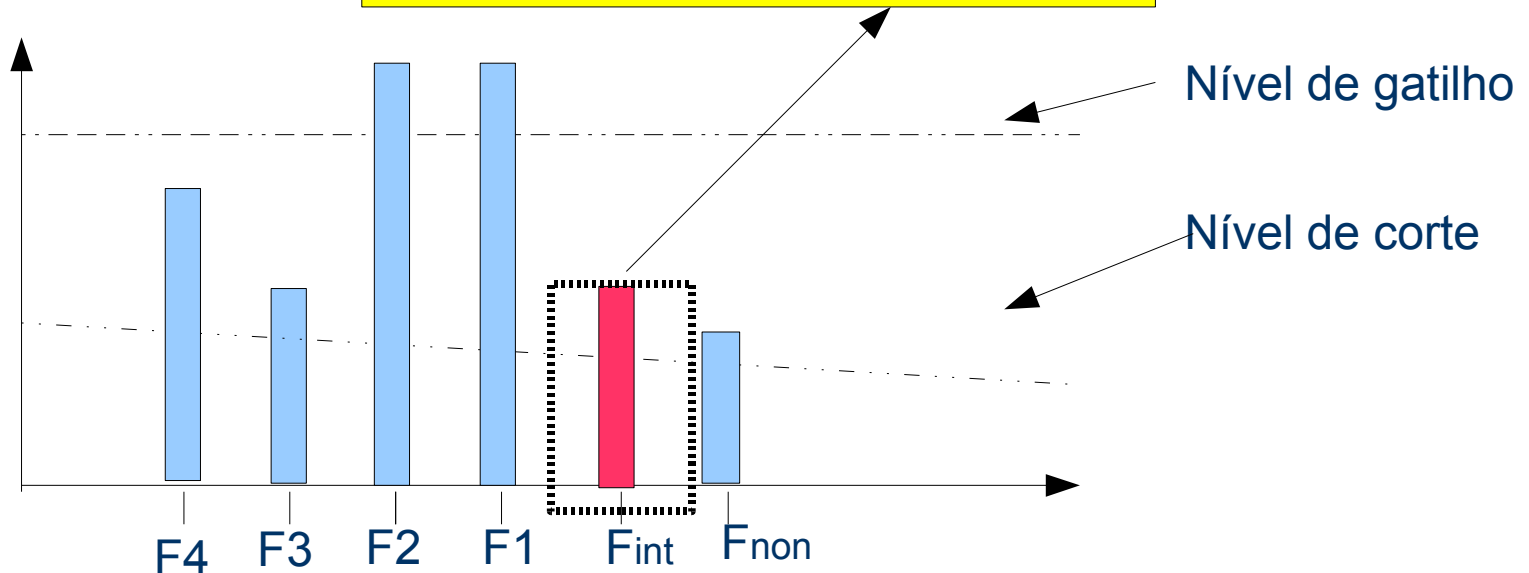
F int representa a intermodulação resultante com **potencial** de interferência
F1, F2 e F3 são frequências de diferentes emissoras de rádio FM, onde:

$$F1 \geq F2 > F3$$

Interferências B1 – ILS

Nível no rx

Freqüência ILS GRU= 110,7 MHz



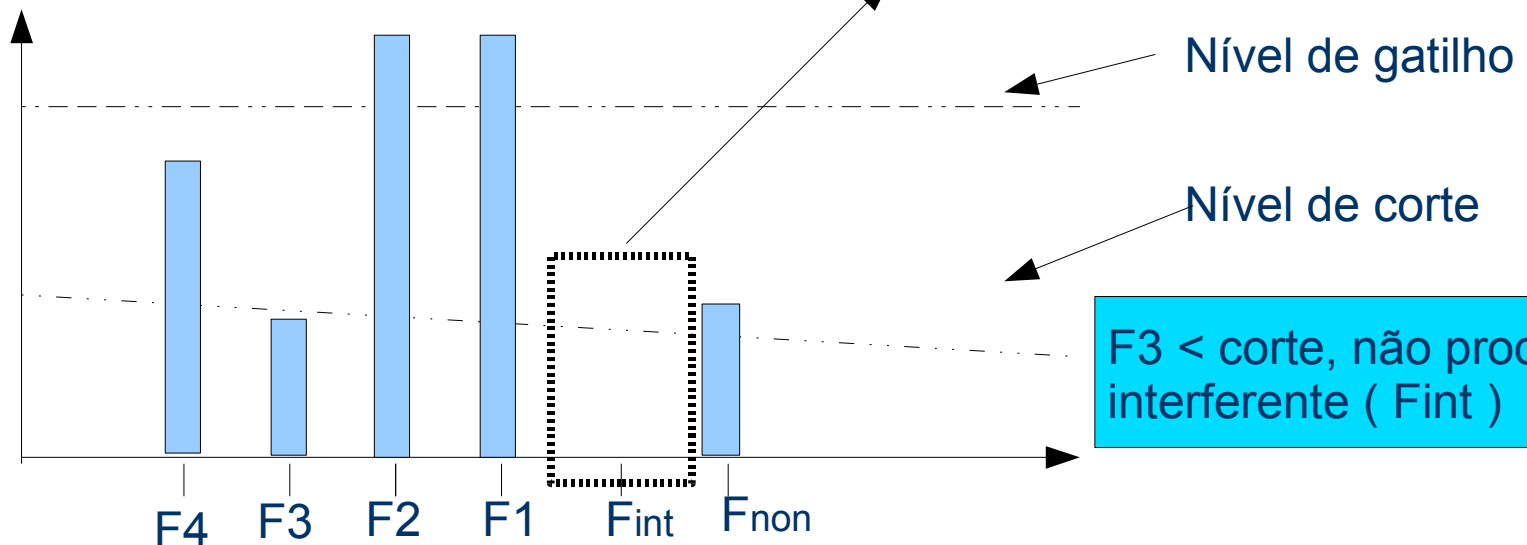
$$F_{int} = (F1 + F2) - F3 = (105,1 + 89,7) - 84,1 = 110,7 \text{ MHz}$$

$$F_{non} = (F1 + F2) - F4 = (105,1 + 89,7) - 80,5 = 114,3 \text{ MHz}$$

Interferências B1 – ILS

Nível no rx

Freqüência ILS GRU= 110,7 MHz



$$F_{int} = (F1 + F2) - F3 = (105,1 + 89,7) - 84,1 = 110,7 \text{ MHz}$$

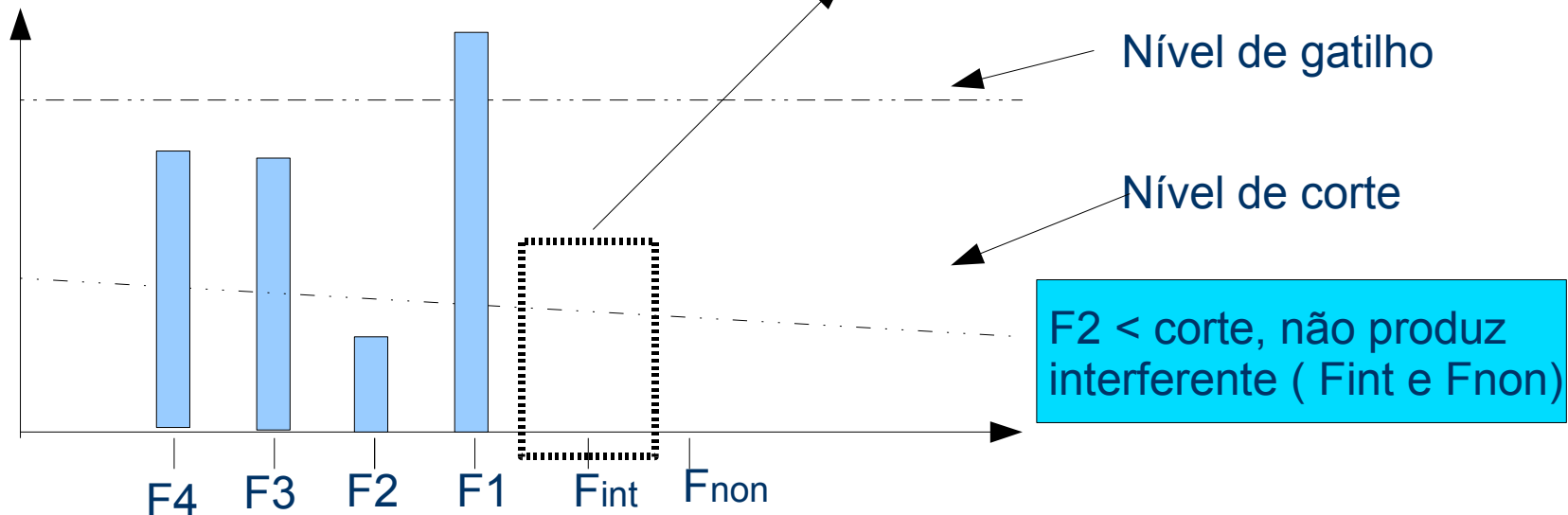
$$F_{non} = (F1 + F2) - F4 = (105,1 + 89,7) - 80,5 = 114,3 \text{ MHz}$$

Baixa potência
não configura
interferência!

Interferências B1 – ILS

Nível no rx

Freqüência ILS GRU= 110,7 MHz



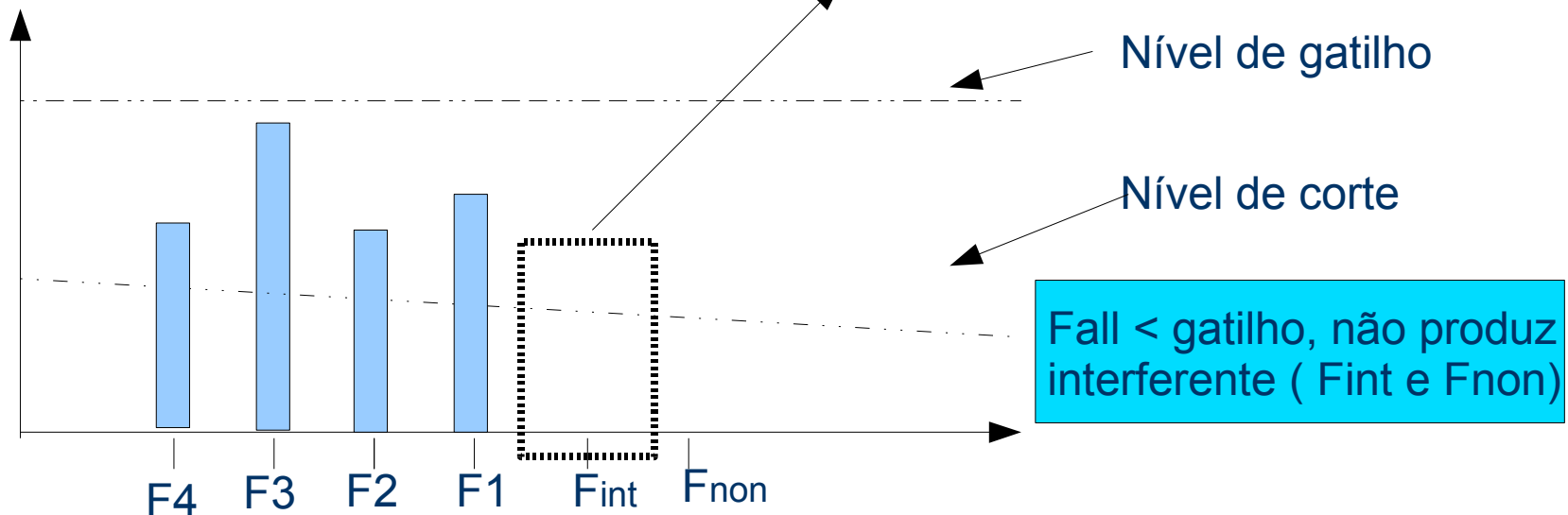
$$F_{int} = (F1 + F2) - F3 = (105,1 + 89,7) - 84,1 = 110,7 \text{ MHz}$$

$$F_{non} = (F1 + F2) - F4 = (105,1 + 89,7) - 80,5 = 114,3 \text{ MHz}$$

Interferências B1 – ILS

Nível no rx

Freqüência ILS GRU= 110,7 MHz



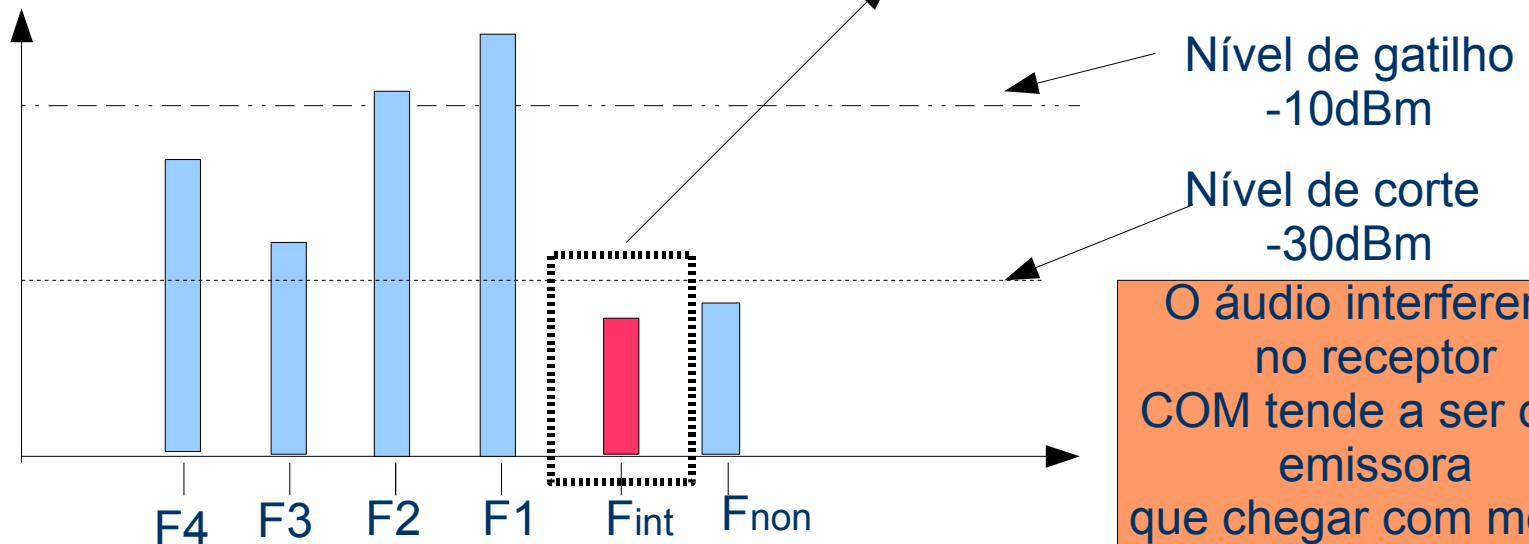
$$F_{int} = (F1 + F2) - F3 = (105,1 + 89,7) - 84,1 = 110,7 \text{ MHz}$$

$$F_{non} = (F1 + F2) - F4 = (105,1 + 89,7) - 80,5 = 114,3 \text{ MHz}$$

Interferências B1 - Com

Nível no rx

Freqüência COM GRU = 118,10 MHz



O áudio interferente no receptor COM tende a ser o da emissora que chegar com menor potência, e pode ser proveniente de uma emissora regularizada (F3)

$$F_{int} = (F1 + F2) - F3 = (105,1 + 97,1) - 84,1 = 118,1 \text{ MHz}$$

$$F_{non} = (F1 + F2) - F4 = (105,1 + 97,1) - 80,5 = 121,7 \text{ MHz}$$

Interferências B2 - dessensibilização

Limites mínimos para ILS e VOR

<i>Frequência (MHz)</i>	<i>Intensidade do Sinal (dBm)</i>
≤ 102	+15dBm
104	+10dBm
106	+5dBm
107,9	-10dBm
Limite mínimo para COM	- 5 dBm

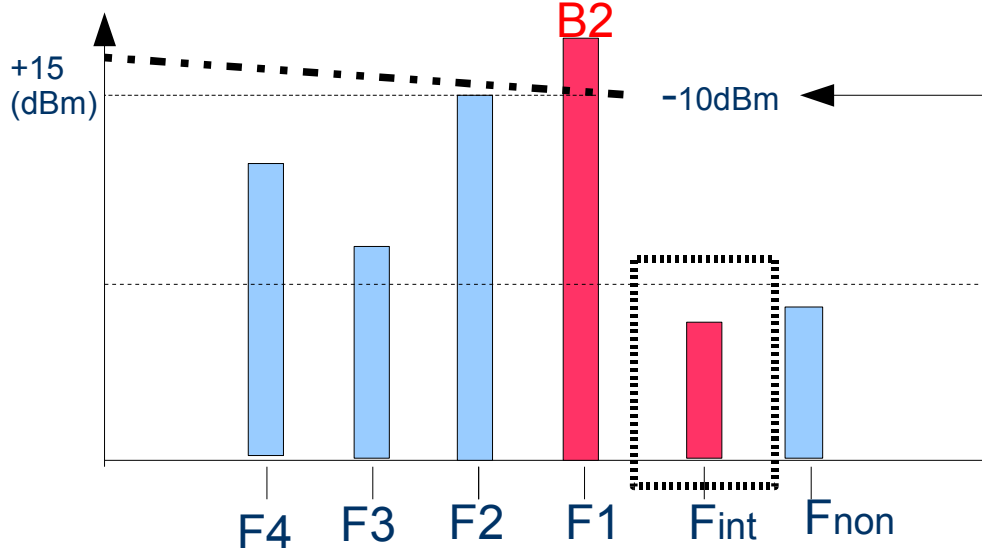
~ 300 vezes maior



sob esta óptica, é melhor alocar as emisoras de menor potência na faixa de frequência mais alta

Interferências B2

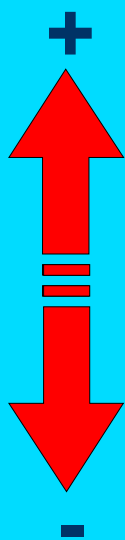
Nível no rx



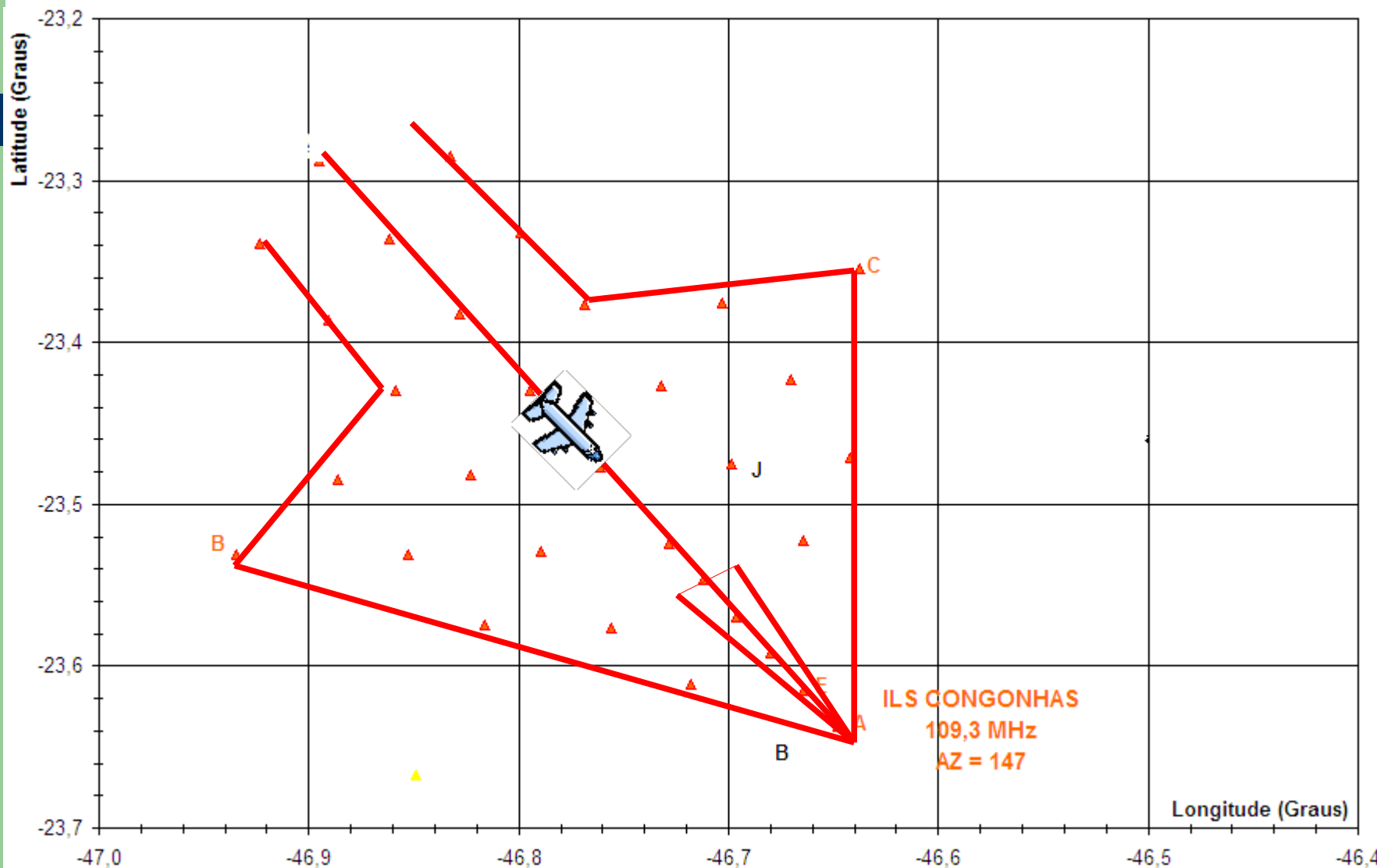
Nível de dessensibilização \geq nível de gatilho

-
-
- A interferência B2
- ocorre independente
- de intermodulações
- de 3ª ordem
- é potencial toda vez
- que uma aeronave se
- aproximar de um
- transmissor
- com potência elevada
-
-

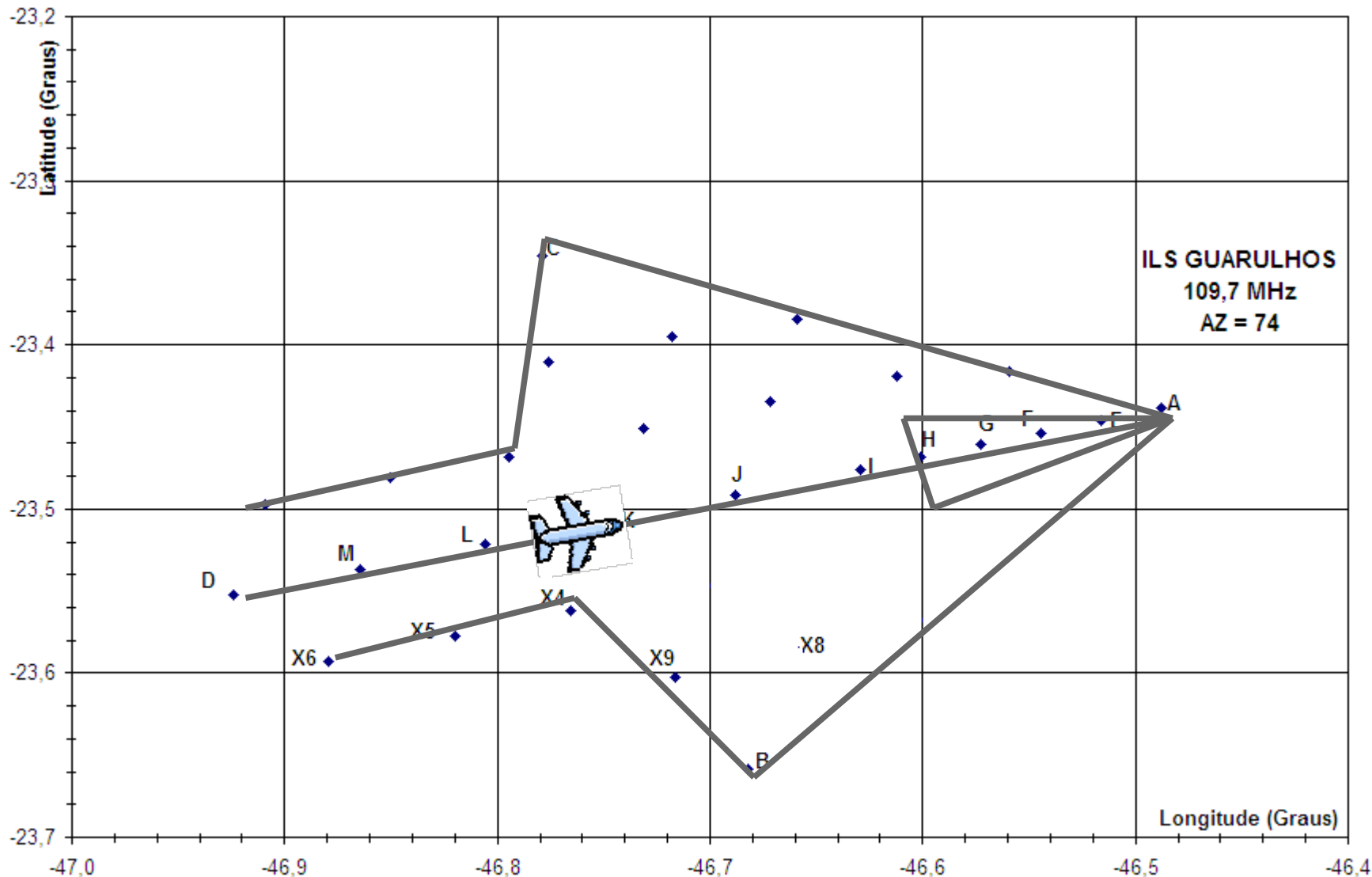
Classificação de emissoras FM

Potencial de interferência	Classe	Potência (kW)	contorno(km)
	E1	100	78
	E2	75	66
	E3	60	54
	A1	50	40
	A2	30	36
	A3	15	31
	A4	5	24
	B1	3	16
	B2	1	12
	C	0,3	7
	Radcom	0,025	1

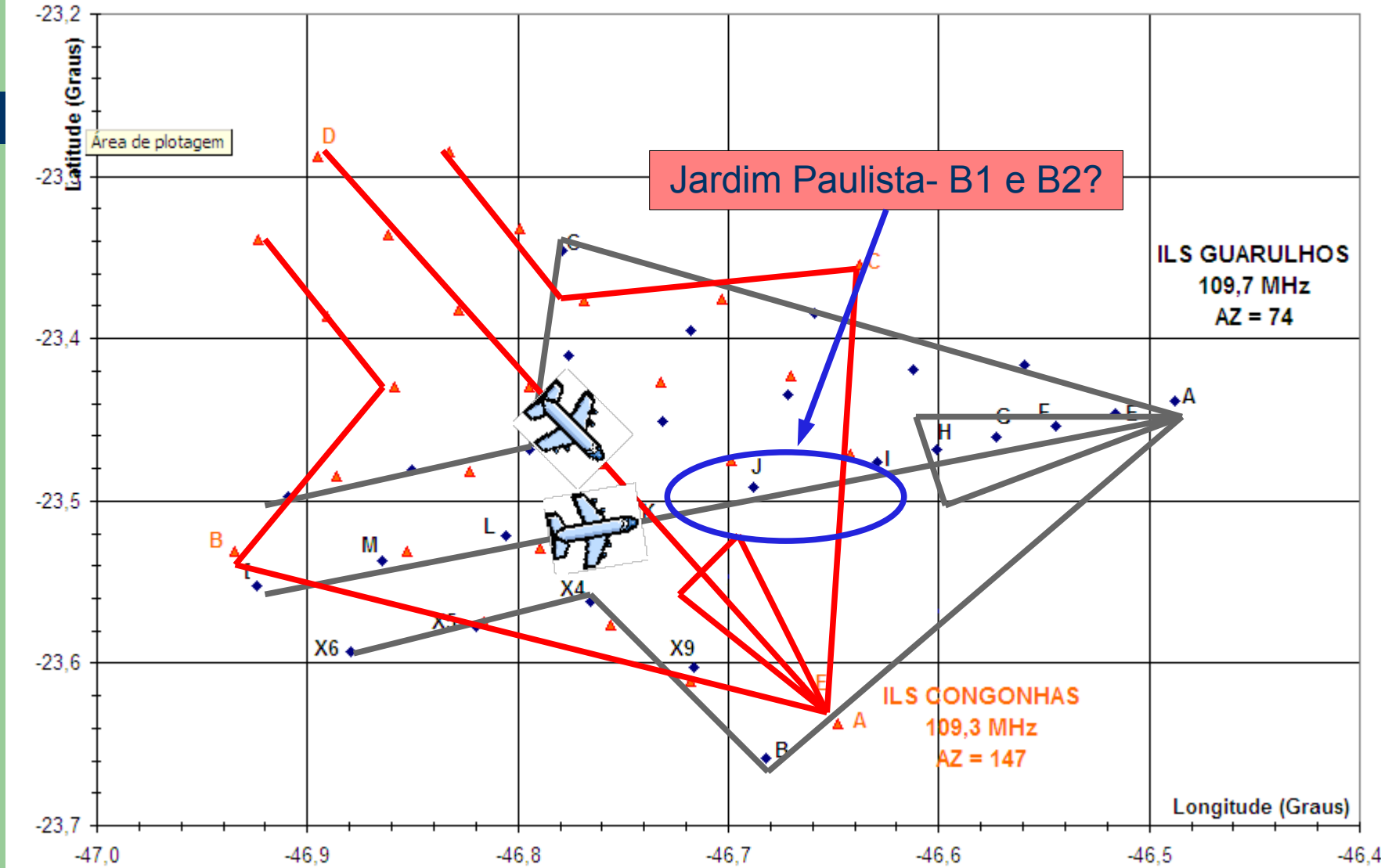
ILS Congonhas



ILS Guarulhos



Sobreposição ILS - SP



Algumas emissoras em SP

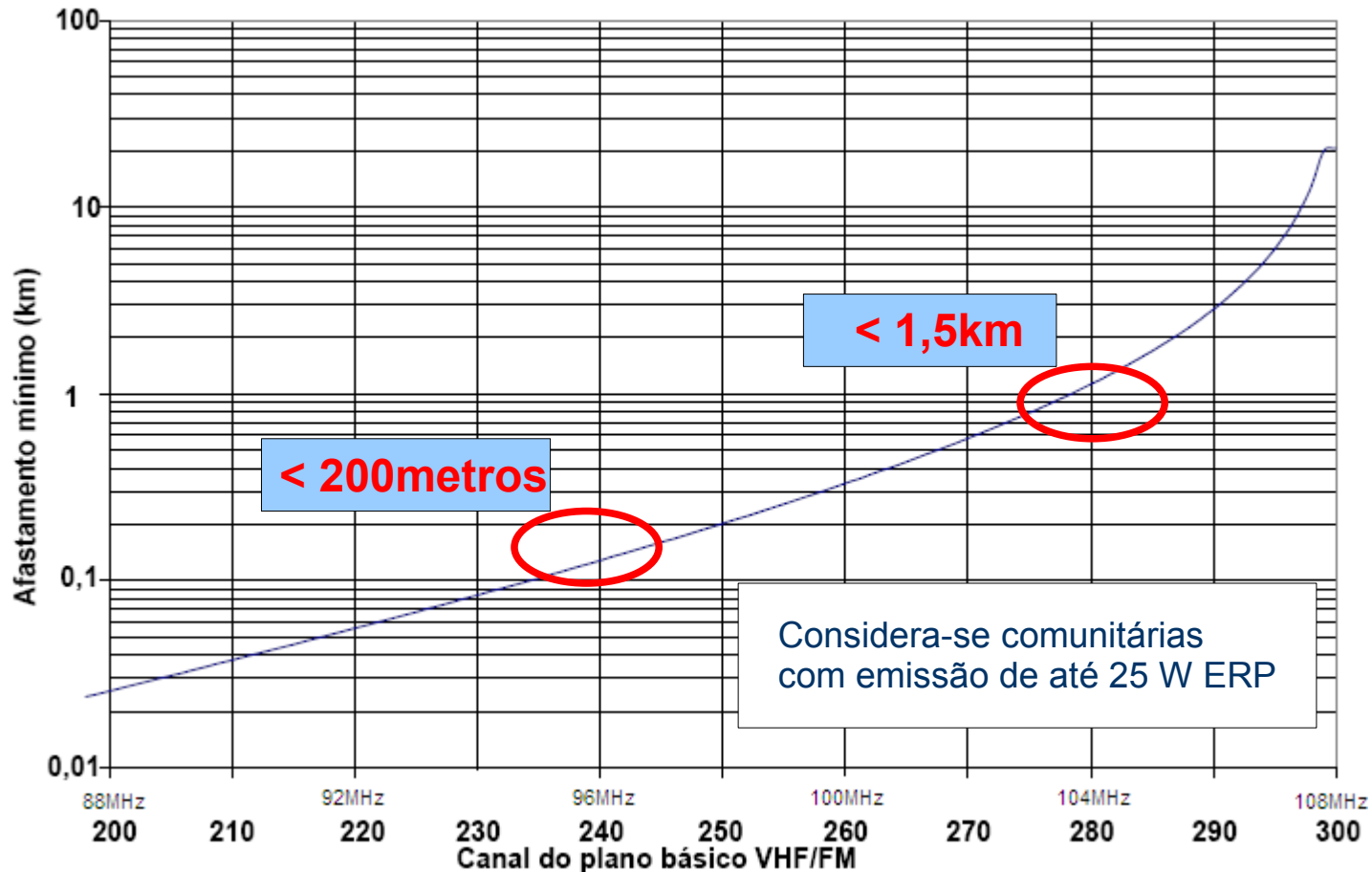
Serviço: 230 (Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada)

Razão Social	Lic. (S/N)	Localidade Estação	Endereço Estação	Latitude/Longitude	Ind.	Canal	Freq (MHz)	Classe PBFM
Localidade da Outorga: São Paulo								
ANTENA UM RADIODIFUSAO LTDA	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA, 326 - 19 ANDAR	23S340200/46W394600	ZYD823	234	94,7	E3
ANTENA UM RADIODIFUSAO LTDA	(S)	São Paulo	AVENIDA PAULISTA 326 19 ANDAR	23S340200/46W394600			94,7	E3
FUNDAÇÃO BRASIL 2000	(S)	São Paulo	RUA PEDRO SOARES DE ALMEIDA, 130	23S323100/46W410000			107,3	A2
FUNDAÇÃO CASPER LIBERO	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA - 14 ANDAR 900	23S335500/46W394600			88,1	E3
FUNDAÇÃO CASPER LIBERO	(S)	São Paulo	AVENIDA PAULISTA - 14º ANDAR 900	23S335500/46W394600			88,1	E3
FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA - CENTRO PAULISTA DE RADIO E TV EDUCATIVAS	(S)	São Paulo	AVENIDA DOUTOR ARNALDO 1761	23S325600/46W404900	ZYD820	277E	103,3	E2
RADIO DIFUSORA ATUAL LTDA	(S)	São Paulo	Av. Paulista / 24º andar 2200	23S332600/46W393300	ZYU650	231	94,1	A3
RADIO E TELEVISAO BANDEIRANTES LTDA	(S)	São Paulo	RUA MINAS GERAIS, 460	23S331700/46W395200	ZYD819	241	96,1	E2
RADIO E TELEVISAO BANDEIRANTES LTDA	(S)	São Paulo	RUA MINAS GERAIS, 460	23S331700/46W395200	ZYD819	241	96,1	E2
RADIO ELDORADO LTDA	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA - 20º ANDAR 509	23S340300/46W385400	ZYD818	225	92,9	E3
RADIO EXCELSIOR LTDA	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA, 900 - 14 ANDAR	23S335500/46W390200	ZYD800	213	90,5	A1
RADIO EXCELSIOR LTDA	(S)	São Paulo	AVENIDA PAULISTA 900 14º ANDAR	23S335500/46W390200	ZYD800	213	90,5	A1
RADIO IMPRENSA S/A	(S)	São Paulo	PRACA OSWALDO CRUZ - 18 ANDAR 124	23S342200/46W383100	ZYD877	273	102,5	A1
RADIO MENSAGEM LTDA	(S)	São Paulo	AV PAULISTA , 2198 - COBERTURA- 24 ANDAR	23S332600/46W393300	ZYD891	253	98,5	E3
RADIO MENSAGEM LTDA	(S)	São Paulo	AVENIDA PAULISTA - COBERTURA- 24º ANDAR 2198	23S332600/46W393300	ZYD891	253	98,5	E3
RADIO PANAMERICANA S A	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA, 807 - 24 ANDAR	23S333700/46W392300	ZYD825	265	100,9	E3
RADIO SOCIEDADE MARCONI LTDA	(S)	São Paulo	AVENIDA PAULISTA, 2200 - 24 ANDAR	23S332600/46W393300		223	92,5	A3
RADIO TRANSAMERICA DE SAO PAULO LTDA	(S)	São Paulo	RUA PIO XI 1587	23S321100/46W405900		261	100,1	E2
RADIO TRANSAMERICA DE SAO PAULO LTDA	(S)	São Paulo	RUA PIO XI, 1587	23S321100/46W405900		261	100,1	E2
REDE CENTRAL DE COMUNICACAO LTDA	(S)	São Paulo	AV. PAULISTA - SOBRELLOJA 01 2001	23S333100/46W393200	ZYD801	209	89,7	E3
REDE CENTRAL DE RADIO E TELEVISAO LTDA	(S)	São Paulo	RUA BRUXELAS 199	23S323600/46W405900	ZYD849	217	91,3	E3

60 kW

75 kW

Afastamento mínimo de rádios comunitárias e pontos de teste



Conclusões

- Emissoras nos canais mais altos da faixa de FM, com maior potência e mais próximas dos pontos de teste, apresentam maior potencial de interferência nos receptores aeronáuticos (B1+B2)
- Regiões com maior concentração de emissoras de FM tendem a apresentar maior potencial de interferência
- Nos pontos de teste, uma dada emissora jamais será interferente se não atingir o nível de corte
- A conjunção de emissões, de baixa potência (Radcom) com aqueles de potência elevada (Comerciais), somente resultará em interferência do tipo B1 se, e somente se, todas as emissoras envolvidas atingirem níveis de corte e, ao menos, uma delas atingir o nível de gatilho

Mitigação de Interferências

Tipo A oriundas de emissões na faixa aeronáutica

OK- processo de certificação de transmissores

Tipo B - oriundas de emissões fora da faixa aeronáutica

B1: intermodulação

Ação: Combater emissões irregulares, de emissoras legalizadas e clandestinas - alocação adequada e controlada

B2: dessensibilização

Ação: Rastreamento e análises teóricas, remanejamento de emissoras em área operacional crítica do DOC

Aplicação de regras de convivência e regularização de todas as emissões, para todas as classes de emissoras

A Anatel deve apresentar análises do potencial de interferência de cada emissora (B2), em conjunção às suas vizinhas (B1)

Bibliografia

Adobe flash por Rafael Faria Carvalho

Anatel; Norma n.º 03/95; Norma de Compatibilidade Entre o Serviço de Radiodifusão Sonora em FM (88 a 108 MHz) e os Serviços de Radionavegação Aeronáutica e Móvel Aeronáutico (108 a 137 MHz)

REC. ITU-R IS.1009-1 1; Recommendation ITU-R IS.1009-1; Compatibility Between The Sound-Broadcasting Service in the Band of about 87-108 MHz and the Aeronautical services in the Band 108-137 MHz (Question ITU-R 1/12) Report ITU-R M.927.

Manhães, Marcus; Desmitificando as Interferências de Radiodifusão FM em Comunicações Aeronáuticas;2006; <http://www.fndc.org.br/arquivos/Interferencia.pdf>

Manhães, Marcus; Direitos inalienáveis: Impedimento Técnico na Legislação da Radiodifusão Comunitária Brasileira;2006
http://www.obore.com.br/utilitarios/editor2.0/UserFiles/File/direitos_inalienaveis.pdf



**Apresentação e simulador disponível em:
<http://www.arlindojunior.com.br/#manhaes>**

Obrigado !

Marcus Manhães
manharider@yahoo.com.br