

Desmitificando as Interferências de radiodifusão FM em Comunicações Aeronáuticas
Marcus Manhães
manharider@yahoo.com.br
21/11/2006

Introdução

Um argumento recorrente para o fechamento de rádios comunitárias não outorgadas faz alusão à interferência dos sistemas de radiodifusão FM em comunicações aeronáuticas, chegando ao ponto de afirmar-se que as transmissões das rádios poderiam resultar em queda de aeronaves.

A natureza técnica do tema, incompreensível para a maioria das pessoas, adicionada à comoção que provoca ao atribuir grave risco a vidas humanas estabelecem a aceitação deste ardid, tornando-o referencial inquestionável.

Neste texto objetivamos esclarecer o tema, ressaltando sua importância e área de aplicabilidade. Assim, procedemos em duas partes: na primeira parte criamos uma fábula que ilustra a afirmação fantasiosa; na segunda parte, de caráter técnico, destacamos limites e impedimentos reais a serem considerados.

A narrativa da Parte I, enquanto recurso literário, fantasiosa em sua essência, ilustra situações interferentes que são, em verdade, utilizadas como argumentos e exemplos de interferências dos sinais de radiodifusão VHF-FM sobre os sistemas de comunicação e radionavegação aeronáuticos, com potencial relativo de ocorrência em todo o território nacional.

Na Parte II, tomamos como base a RECOMMENDATION ITU-R IS.1009-1, adaptada pela Anatel para a norma 03/95 a fim de estabelecer referenciais que relativizem as generalizações equivocadas e que são sustentadas no entendimento parcial do que se refere como potencial de interferência. De fato, são destacadas as condições e conjunções reais de fatores técnicos distintos que efetivamente potencializariam interferências. Ao proceder deste modo, as hipóteses fantasiosas são, concomitantemente, dissipadas.

Os argumentos técnicos concluem-se enquanto questionamentos acerca da ausência de materialidade para as afirmações que estabelecem toda e qualquer emissão em rádios comunitárias, outorgadas ou não, como fonte de perigo para pessoas e bens em trânsito aéreo.

Parte I - A Fábula:

Radio-interferência desvia Demoiselle em seu Pouso no Aeroporto da Pampulha

Santos Dumont aproximava-se cuidadosamente da amada Belo Horizonte, seguindo criteriosamente o curso indicado no VOR - VHF *Omnidirecional Range*. O dia um tanto nublado impedia a navegação visual. Os modernos instrumentos eletrônicos que agora equipavam o Demoiselle, aeronave muito superior ao seu antecessor 14 Bis, estavam em plena atividade e eram essenciais nesta situação - totalmente dependente da navegação instrumental. O pai da aviação, através do equipamento COM, operando em frequências situadas entre 118 e 137 MHz, fazia a comunicação de voz com a torre de controle, quando o operador informava: “chuva torrencial, temperatura 19 graus centígrados, vento 7 nós, direção sudeste ...”. A aproximação já sinalizada pelo instrumento ILS- *Instrument Landing System*, operando em frequências entre 108 e 112 MHz, apresentava orientação precisa para a mimosa aeronave Demoiselle em seu procedimento de aproximação e pouso, indicando uma orientação lateral correta em relação a pista e ângulo de descida, ligeiramente acentuado para a distância em que se encontrava.

Repentinamente, todos os instrumentos de radionavegação enlouqueceram, apresentando informações errôneas e perigosas até mesmo para o experiente aviador. Ao tentar comunicar-se com a torre, através do COM, Dumont ouve como resposta um sinal interferente, uma discussão social contemporânea, estabelecida pelo também ilustre José Guilherme, que transmitia diretamente da Rádio Favela, em Belo Horizonte. Dumont, por mera fração de segundo titubeou, mas, interessando-se muito pelo tema abordado, agiu em completa destreza ao ponto de arremeter sua aeronave de volta aos céus e aguardar melhor oportunidade para aterrissar em plena segurança. Buscando a melhor sintonia para ouvir com clareza o discurso proferido na Rádio Favela, foi necessário a Dumont aproximar sua aeronave do Aglomerado da Serra, em distância não superior a 1km daquele local, para deliciar-se com as questões abordadas e pertinentes ao povo de sua essência brasileira...

Parte II - A realidade:

Potencial de interferência de rádios VHF-FM em comunicações aeronáuticas

A norma internacional aplicável para análise e determinação de interferências de emissões de rádio VHF/FM em comunicações aeronáuticas é estabelecida pela RECOMMENDATION ITU-R IS.1009-1, acolhida e adaptada pela Anatel através da Norma 03/95. Nestes referenciais técnicos, três sistemas de comunicação aeronáutica contíguos estão delineados na faixa de frequências do espectro eletromagnético compreendida entre 108 MHz e 137 MHz. Esses sistemas estão descritos em Report ITU-R M.927 e são eles:

- ILS - *Instrument landing system localizer*, com finalidade de guiar aeronaves em procedimento de aproximação e aterrissagem;
- VOR - *VHF omnidirectional radio range*, proporciona auxílio à navegação aérea, fornecendo informação sobre a radial da aeronave em relação a um ponto terrestre de localização conhecida, também denominado radiofarol.
- COM - *VHF communications equipment*, que proporciona comunicação bidirecional de voz entre tripulação da aeronave e controlador de voo.

Estes sistemas estão sujeitos a interferências classificadas em dois grupos distintos:

- Tipo A - oriundas de emissões dentro da faixa aeronáutica;
- Tipo B - oriundas de emissões fora da faixa aeronáutica.

Os transmissores de radiodifusão FM, por efeitos não-lineares ou problemas de consistência técnica, têm potencial de emitir sinais de radiofrequência que coincidam com a faixa aeronáutica. Neste caso, uma interferência do Tipo A, que seria caracterizada por uma exceção técnica – um defeito ou problema técnico grave a ser solucionado no equipamento transmissor FM, inclusive por interesse imediato do radiodifusor, pois reduz a qualidade do sinal transmitido. Tal situação pode ser evidenciada em qualquer transmissor, mas é particularmente crítica quando o transmissor operar em potências elevadas, o que destaca-se às estações comerciais, especialmente aquelas acima da classe C com potências de transmissão superiores a 1 kW. Como as interferências do Tipo A são consideradas uma exceção de emissão para as estações de rádio FM, emissões fora da faixa, não são destacadas nas análises de interferentes provenientes das estações de rádio FM.

Deste modo, as interferências nas quais devemos por olhos são aquelas classificadas como Tipo B, oriundas de emissões fora da faixa aeronáutica e bem próximas tal como se dão as emissões de rádio FM. As interferências do Tipo B estão divididas em dois subgrupos:

- B1 - Interferência decorrente do aparecimento de produtos de intermodulação ocasionados pela não linearidade do receptor (nos equipamentos aeronáuticos),
- B2 - Interferência decorrente da incapacidade do estágio de RF do receptor do Serviço Aeronáutico em rejeitar sinais de intensidade elevada que estejam sendo transmitidos fora

da faixa do referido serviço, provocando sua dessensibilização.

As interferências do tipo B1 somente ocorrem a partir de transmissões oriundas de várias rádios FM, onde sinais simultâneos provocariam o surgimento de produtos de intermodulação nos receptores utilizados em sistemas de aeroportos e aeronaves, especialmente devido a não linearidade nos sistemas receptores. Tal afirmação é muito importante, pois destaca que o problema surge no receptor, ou seja, no equipamento que está instalado na aeronave ou no aeroporto.

Sinais de emissoras de rádios FM distintas, ao serem captados com níveis suficientemente fortes potencialmente podem provocar um efeito denominado intermodulação, que resulta numa mudança de freqüências dos sinais recebidos, tornando-os idênticos ou relativamente próximos da faixa de freqüência utilizada na recepção dos serviços aeronáuticos.

As interferências do tipo B1 consideram exclusivamente as intermodulações de terceira ordem e, por essa razão, devemos compreender com simplicidade o que isso significa. A intermodulação de terceira ordem é aquela representada matematicamente por:

$$\mathbf{F \text{ intermodulação} = 2 \times F1 - F2}$$

no caso de ser resultante de apenas duas emissoras FM.

$$\mathbf{F \text{ intermodulação} = F1 + F2 - F3}$$

no caso de ser resultante de três emissoras FM.

A “F intermodulação” representa a freqüência interferente que foi modificada pela combinação de outras freqüências e que é estabelecida sobre a faixa aeronáutica. As freqüências F1, F2 e F3 são provenientes de diferentes emissoras de rádio FM e que mantém a seguinte relação:

$$F1 \geq F2 > F3$$

Observemos que as expressões algébricas mostram a mudança, ou conversão, de freqüência pelo efeito da não-linearidade, e de intermodulação, no receptor dos sistemas aeronáuticos. Porém, a álgebra nos permite apenas prever o valor da freqüência interferente, mas não nos garante que ela ocorrerá.

Com o valor estimado da “F intermodulação” podemos verificar se este é coincidente às freqüências utilizadas nos sistemas aeronáuticos na região das emissoras de rádio FM consideradas, sem, no entanto, fornecer materialidade de ocorrência da interferência. De fato, a intermodulação somente ocorrerá com a conjunção e concomitância dos diferentes fatores, apresentados na Tabela 1:

<i>Fator</i>	<i>característica</i>
A	A intermodulação de duas ou três emissoras deve resultar em freqüência igual ou próxima daquela em operação no receptor aeronáutico, dentro da margem de 200kHz.
B	Os níveis de sinais de todas as estações FM no receptor aeronáutico, que resultam na freqüência de intermodulação potencialmente nociva, devem estar acima do valor mínimo denominado nível de corte. A fórmula de cálculo encontra-se na norma 03/95, item 3.5.3.1.
C	O nível de sinal recebido no receptor aeronáutico, proveniente de ao menos uma das 2 ou 3 emissoras de FM que resultam freqüência de intermodulação potencialmente nociva deve estar acima do valor mínimo denominado gatilho, que é significativamente superior ao nível de corte. A fórmula de cálculo encontra-se na norma 03/95, item 3.5.3.1.

Tabela 1: fatores em conjunção

As interferências do Tipo B2 somente ocorrerão na presença de sinais de rádio FM muito fortes nos receptores aeronáuticos. No serviço COM considera-se nível potencialmente interferente, apenas se for superior a -5dBm. Nos serviços de ILS e VOR os níveis mínimos de intensidade que provocariam interferências variam com o valor da frequência da estação FM, conforme a tabela 2 a seguir:

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

Tabela 2: níveis interferentes B2 para ILS e VOR

No serviço COM as interferências do tipo B1 somente ocorrerão se ao menos um dos sinais na entrada do receptor aeronáutico for superior a -10 dBm, valor de gatilho. Os demais sinais de composição devem, necessariamente, serem superiores a -30 dBm, que é o valor de corte.

Para os serviços ILS e VOR o nível de corte não é o mesmo em toda a faixa de VHF-FM. Admitem-se níveis maiores para os canais mais baixos da faixa de FM. Tal variação significa que os receptores aeronáuticos estão mais sujeitos às interferências provenientes dos canais mais altos da faixa de FM e, conseqüentemente, são menos susceptíveis aos canais mais baixos.

Para ilustrar as observações foi elaborado o exercício hipotético em que uma emissora operando em características técnicas de rádio comunitária é considerada interferente no tipo B1, admitindo-se que as condições de junção e concomitância para o estabelecimento de interferência da Tabela 1 estejam apresentados para qualquer canal alocado.

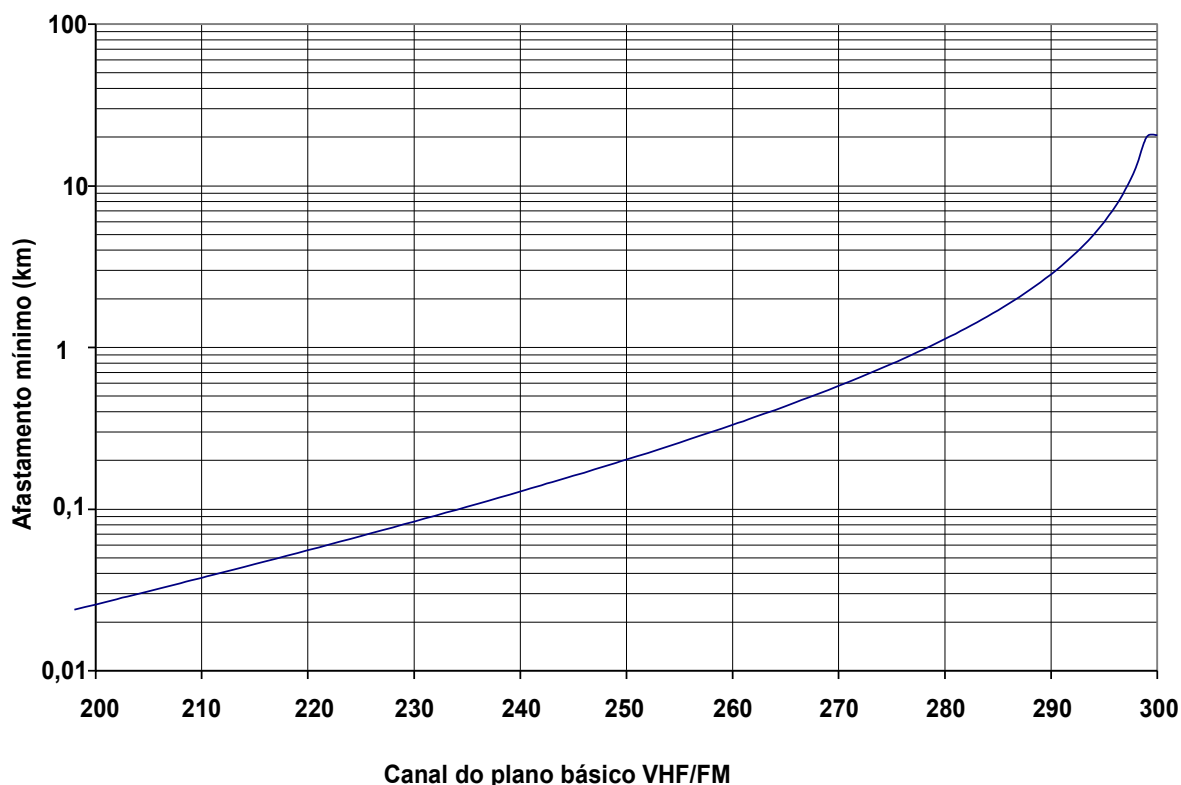


Figura 1: Afastamento de rádios comunitárias e pontos de teste

Observa-se que, mesmo admitindo-se o potencial de interferência de forma intencional e tecnicamente construído, quando um afastamento mínimo é atendido entre a emissora e qualquer dos pontos de teste do sistema aeronáutico há condição de operação para a emissora de rádio comunitária sem que a referida interferência B1 seja manifestada no sistema ILS, representativo para análise de interferências.

Como já destacado, observa-se na Figura 1, que o afastamento mínimo eleva-se para os canais mais próximos da faixa de frequência aeronáutica. Por isso, os canais mais altos da faixa de FM, com classes de emissão a partir da classe C, com potência maior ou igual a 300 Watt ERP (potência efetivamente radiada) representam maior potencial de interferência aos receptores aeronáuticos.

Em oposição, a alocação de rádios comunitárias, com emissão de 25W ERP nos canais mais elevados tende a minimizar as interferências, desde que estejam suficientemente afastados ou isolados de outras emissões que possam compor o valor de “F interferente”, para o tipo B1.

Lembramos mais uma vez que a conjunção de sinais de baixa potência, característica das rádios comunitárias, com aqueles de potência elevada, das rádios comerciais, pode resultar em interferentes do tipo B1, desde que, e somente se, os níveis mínimos de corte e de gatilho forem atingidos. A probabilidade de conjunção de sinais é particularmente elevada nas regiões com maior número de emissoras de FM.

Porém, independentemente da frequência de operação, desde que abaixo do canal 280, se uma rádio qualquer estiver transmitindo com potência máxima de 25 Watt ERP e, se a mesma estiver afastada 1,5km dos pontos de teste ou de receptores aeronáuticos, o nível desta emissora no receptor aeronáutico será necessariamente inferior aos valores de corte e de gatilho, como efeito da perda em espaço livre. Essa perda representa a menor perda concebível na propagação de sinais eletromagnéticos e que, deste modo, garantirá o atendimento aos limites técnicos impostos, ao resultar em nível inferior ao valor mínimo para o nível de corte, que excetua tal emissão da composição de interferentes.

Esta observação pode ser generalizada para qualquer emissora, mesmo não outorgada, cuja frequência que assumir para sua atividade não esteja coordenada em plano de canalização. Se estiver operando com transmissores em até 25 Watt ERP, em canal abaixo do 280 e estiver afastada dos pontos de teste dos serviços aeronáuticos, e de seus receptores, numa distância mínima de 1,5 km, tal emissora não poderá ser considerada interferente nas comunicações aeronáuticas.

Entretanto, se uma emissora, transmitindo em até 25 Watt ERP, assumir qualquer dos canais acima do 280 e se o afastamento mínimo para o canal em questão previsto na Tabela 1 for respeitado, também não deverá ser considerada interferente nas comunicações aeronáuticas.

Para a confirmação do potencial de interferência de uma dada emissora é necessário obter as seguintes informações que subsidiarão a análise técnica:

- localização da emissora,
- características de elemento irradiante (antena),
- altura de torre,
- nível médio do terreno ao redor da emissora,
- frequência de operação,
- potência de transmissão ERP,
- distância de pontos de teste dos serviços aeronáuticos,
- distância de receptores em aeroportos,
- frequência dos serviços aeronáuticos na área interferente potencial,
- frequência, potência e localização de outras emissoras na área interferente potencial.

Contudo, a análise técnica apenas irá revelar o potencial de interferência sem, no entanto, estabelecer materialidade para a ocorrência de interferência, pois a robustez dos equipamentos aeronáuticos é, certamente, superior àquela considerada no exercício de determinação hipotético que a literatura normativa traduz. Desta forma, é necessário a comprovação através de ocorrências registradas pelos operadores dos serviços aeronáuticos e, conseqüente pesquisa de determinação de fontes reais de interferências e medidas efetivas dos níveis produzidos nos pontos de testes estabelecidos para cada localidade em particular. Naturalmente, as localidades onde as interferências têm potencial de ocorrência são aquelas onde existem aeroportos e estes fazem uso dos equipamentos de navegação aeronáutica considerados.

Destaca-se que são poucas as localidades brasileiras onde os sistemas aeronáuticos estejam em atividade e, todas elas constam de registros que incluem suas coordenadas geográficas, indicação dos pontos de teste e frequências de operação. Para as demais regiões do território nacional não se aplicam as possibilidades de interferências entre os serviços considerados, havendo liberdade de alocação espectral para as rádios dentro das normas aplicáveis para tal fim.

Finalmente, ao constatar-se uma interferência do tipo B1 deve-se ter em conta que as duas ou três emissoras que resultam tal interferência precisam ser identificadas, bem como avaliadas suas instalações e características de transmissão, considerando-se como a de maior grau de contribuição para a manifestação do problema aquela que evidenciar maior potência de transmissão.

Bibliografia

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.