

Efeitos Indesejáveis Causados por Batimentos entre Frequências

Luiz Antônio Côrtes Grillo¹

Neste trabalho, pretendo falar um pouco sobre os efeitos indesejáveis que batimentos entre frequências distintas podem causar, em determinadas condições, em sistemas de telecomunicações.

Em julho de 1983, o radioamador Iwan Th. Halász, PY2AH, publicou um artigo na Revista Antena – Eletrônica Popular, intitulado “Caçando Falácias”. O artigo, tratava da desmistificação de um termo disseminado no meio técnico como, “sub-harmônico”. Este conceito partia da pré-suposição de que, se harmônicos são múltiplos íntegros de uma frequência fundamental, analogamente, “sub-harmônicos”, seriam divisores íntegros de uma frequência fundamental o que, em hipótese alguma, pode ser verdade. Então surge a seguinte pergunta:

Como se explica o fato de um transmissor gerar um sinal em uma determinada frequência, e este mesmo sinal ser captado em frequências inferiores, o que é muito comum quando temos estes transmissores próximos aos receptores, e não somente em frequências múltiplas da fundamental?

Realmente é um fato. E por falta de uma investigação mais apurada, surgem termos inadequados que se tornam verdades absolutas para muitos colegas e até mesmo profissionais da área.

Na verdade, os aparecimentos destes sinais, em frequências anteriores, originam-se, como alerta PY2AH, de imagens, bem como de harmônicos do oscilador local do receptor e, eventualmente, de imagens destes.

Analisemos o funcionamento de um receptor super-heteródino.

Começemos lembrando o conceito de batimento entre frequências distintas:

Quando dois sinais de frequências diferentes são misturados ou mixados, obtém-se como resultado um terceiro e um quarto sinal de ampli-

¹ Engenheiro de Telecomunicações (ex-aluno Licenciatura).

tudes diferentes, cujas frequências resultantes, correspondem à soma e a diferença daquelas que as formaram. Assim, se misturamos dois sinais, por exemplo, $f_1=1.600\text{kHz}$ com $f_2=400\text{ kHz}$, obteremos $f_{\text{soma}} = (f_1 + f_2)$ e $f_{\text{diferença}} = (f_1 - f_2)$, resultando em: $f_{\text{soma}}=2.000\text{kHz}$ e $f_{\text{diferença}}=1.200\text{kHz}$.

Destes dois sinais, para a configuração dos receptores super-heteródino, importa-nos o sinal diferença.

O circuito de recepção tem como função, captar pela antena, um sinal modulado do TX ao mesmo tempo em que, dentro do receptor, existe um pequeno oscilador gerando um segundo sinal não modulado que, ao ser mixado com o recebido pela antena, produz dois outros sinais que conservam a informação modulada do sinal do TX, provenientes do fenômeno de batimento sendo, o diferença, amplificado pelo estágio seguinte, para posterior demodulação.

Este sinal é conhecido como *Frequência Intermediária, ou FI*; seu valor será sempre constante na saída do estágio misturador (mixer), não importa a frequência que seja selecionada, dentro do projeto ao qual se propõe o receptor, pois qualquer frequência selecionada pelo circuito de sintonia faz com que o oscilador local também gere outra frequência, de tal forma que sua resultante do batimento (diferença) seja sempre àquela pré-determinada. Este método traz grandes vantagens para este tipo de receptor, porque os estágios amplificadores de RF (amplificadores de FI) amplificarão sempre uma única frequência, mantendo seu ganho linear; outra vantagem, é que esta frequência será sempre inferior àquela captada no início da faixa para o qual o receptor foi projetado. Isto quer dizer que os estágios amplificadores de RF são menos críticos em sua confecção e ajuste, o que não aconteceria se tivessem de amplificar diretamente os sinais captados pela antena, principalmente em altas frequências como o caso de FM comercial, TV etc.

Na figura 1, ilustramos um diagrama em blocos do estágio misturador de um receptor AM comercial.

Aqui, é possível verificar que o capacitor variável de sintonia que seleciona a emissora a ser captada (1.600kHz), está mecanicamente acoplado a um segundo capacitor variável que controla o oscilador local (dentro do receptor), gerando uma portadora de baixa intensidade, não modulada, com frequência 455 kHz a mais que a sintonizada ($1.600 + 455 = 2.055\text{kHz}$). Assim, quando ambas são mixadas (misturador), teremos em sua saída, duas frequências; uma correspondente a soma (3.655kHz) e outra, à dife-

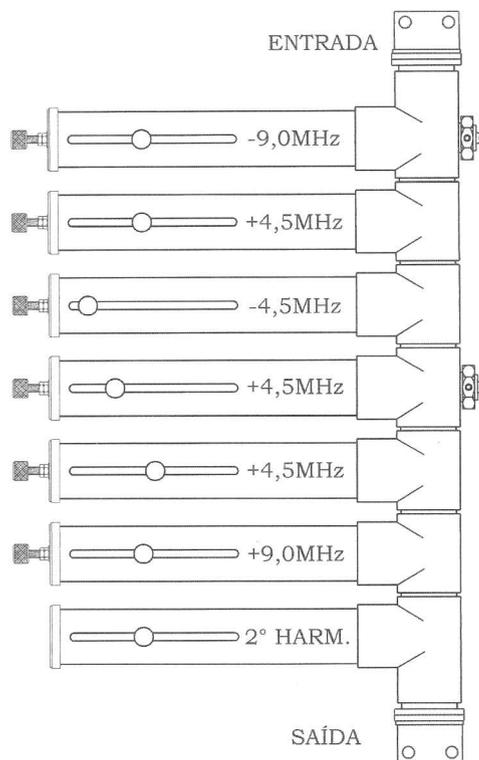


Figura 1

rença (455 kHz). Estando o amplificador de frequência intermediária sintonizado para amplificar os 455 kHz com banda passante de até 10 kHz, portanto amplificando sinais somente entre 450 e 460 kHz, evidentemente, rejeitará a frequência de 3.655kHz, também conhecida como **frequência imagem**. O sinal de FI, de 455 kHz será então amplificado pelos demais estágios amplificadores de FI e finalmente demodulado para ser entregue ao estágio de áudio.

Cabe ressaltar que, a FI nos receptores comerciais de AM é de 455kHz; em FM, 10,7MHz; em TV analógica, 41,25MHz para o som e 45,75MHz para o vídeo. Como se verifica, a FI varia de faixa para faixa de operação. A escolha do sinal de FI obedece a determinados critérios que fogem ao escopo deste artigo, mas que poderemos voltar a abordá-lo, em outra ocasião.

Bem, voltemos ao oscilador local de nosso receptor.
Para tanto, vamos adotar alguns índices:

f_o . frequência do oscilador local
 f_E . frequência da emissora recebida
 f_i . frequência intermediária (no caso de AM/OM – 455 kHz)

A diferença entre f_o e f_p , nos dá a frequência da emissora a ser recebida.

Acontece que o oscilador local gera também, além do batimento (soma/diferença), harmônicos. Assim, suponhamos que um receptor AM/OM, esteja sintonizado na frequência de 500kHz, e esteja recebendo uma emissora transmitindo em 1.410kHz, o que, aparentemente, contraria a definição da Série de Fourier com relação aos múltiplos de harmônicos da frequência fundamental. Analisemos:

Como vimos, $f_o - f_p$, nos dá a frequência do Dial $\therefore 955 - 455 = 500kHz$

Contudo, a frequência imagem $f_o + f_i$, nos dá: $955 + 455 = 1.410kHz$

Podemos claramente verificar que, se dois sinais, um de 500kHz ou um de 1.410kHz chegar ao estágio misturador com o sinal do oscilador, que está gerando 955kHz, obteremos na saída do mixer, para estes dois sinais, a resultante de 455kHz, que será amplificada pelos estágios de FI. Observe que estas duas frequências estão distantes, simetricamente da frequência do oscilador local (955kHz), exatamente 455kHz. É como se a frequência do oscilador local estivesse no lugar de um espelho; a frequência de 500kHz fosse um objeto e a de 1.410kHz, seu reflexo ou sua **imagem**, ou vice-versa. Por isso uma é chamada imagem da outra, e se uma das duas for misturada a do oscilador local, teremos como resposta os exatos 455kHz.

Mas então, é lícito, num primeiro momento, pensar que não se devem alocar duas emissoras operando em *frequências imagem*, pois se assim o fizermos, os receptores estariam sempre captando no dial, emissoras misturadas. Isto, é claro, não acontece. A não ser em situações especiais. Expliquemos:

Na figura 1, existe o bloco de sintonia que seleciona a emissora desejada. Desta forma, se houver duas emissoras transmitindo, uma em 500kHz e outra em 1.410kHz, e o circuito de sintonia estiver ajustado para ressonar na frequência de 500kHz, este circuito dará livre acesso para este sinal e atenuará ao máximo os demais, inclusive o de 1.410kHz, o que levará para a saída de FI, apenas a informação correspondente ao sinal 500kHz. Porém, como comentamos, existem casos especiais em que ocorre a mistura e que são intitulados, erroneamente, de subharmônicos. Este fato se dá quando, por exemplo, o receptor está ajustado para receber uma emissora em 500kHz, portanto com seu oscilador local em 955kHz, e o mesmo, encontra-se localizado nas proximidades de uma emissora operando em 1.410kHz; nesta situação, o campo gerado pela emissora (Vetor de Poynting), sendo demasiadamente elevado, “invade” o circuito de sintonia do receptor que não consegue elimina-lo, ou atenua-lo de forma eficiente, sendo então este sinal, “indesejável”, levado também à saída de FI.

Outra questão importante a ser considerada é que, o oscilador local do receptor, também produz harmônicos. Assim, nas condições do exemplo citado, o 1º harmônico de 955kHz do oscilador local, gera 1.910kHz, e se o receptor estiver nas proximidades de emissoras operando em 1.455kHz ou de 2.365kHz, estas também serão por ele captadas, dado que o batimento entre elas com a frequência (1º harmônico) dos oscilador local (1.910kHz), produzem também os 455kHz correspondente a FI. Mas voltamos a reite- rar: Estes casos só acontecem quando os sinais das emissoras do exemplo, chegam extremamente intensos ao receptor, caso que frequentemente acon- tece quando este se encontra nas proximidades destes transmissores.

Verificamos nestes exemplos que é possível captar no dial de 500 kHz, emissoras de 1.410, 1.455, 2.365kHz,... Portanto não correspondente a harmônicos, muito menos de “sub-harmônicos” mas, de uma sucessão de batimentos descritos acima.

Este fenômeno não está restrito apenas aos receptores. Trans- missores também geram vários harmônicos que podem provocar entre si múltiplos batimentos ao atingirem um receptor, provocando uma verdadeira miscelânea num sistema de telecomunicações. Muitos transmissores pro- fissionais, inclusive, são dotados de filtros especiais para cortarem estes sinais indesejáveis; como exemplo, podemos citar o retransmissor da TELAVO, RTU – 100, que utiliza um sistema de filtro com diversas arma- dilhas, figura 2. ◆

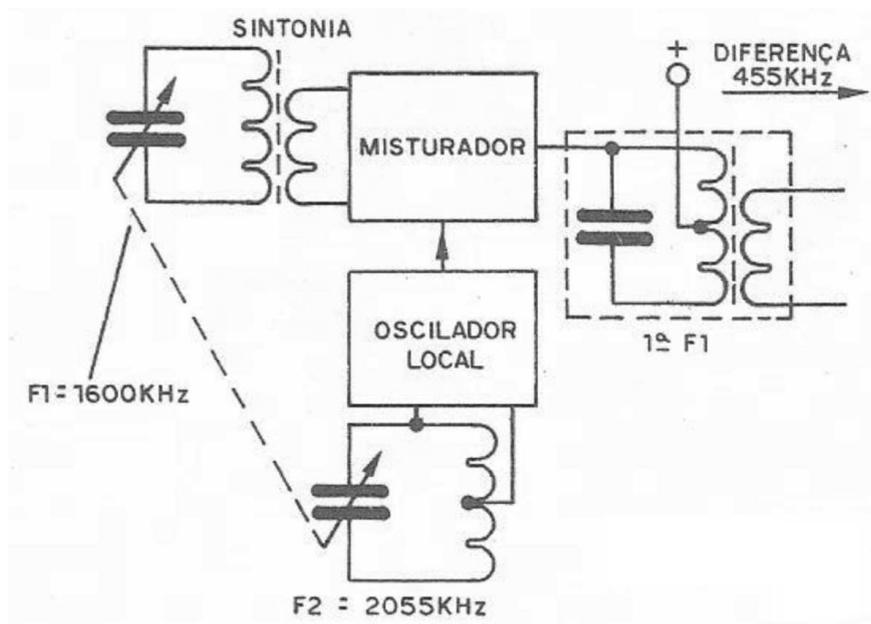


Figura 2 - Filtro de armadilha do retransmissor de TV analógica em UHF, RTU - 100 da TELAVO - Telecomunicações.