



SFN - FM



Dois ou mais Transmissores de FM Operando na mesma Frequência com Modulador **DIGITAL** - FPGA + 

INTRODUÇÃO

A Teletronix tem se dedicado continuamente ao aprimoramento de seus produtos para atender às demandas técnicas e, principalmente, econômicas de seus clientes. Pensando nisso, a empresa, em conjunto com seu departamento de engenharia, desenvolveu uma solução para operação síncrona, permitindo que dois transmissores de rádio FM operem na mesma frequência, ou seja, em uma rede de frequência única (SFN).

Com os recentes avanços tecnológicos, os transmissores síncronos em FM e as redes SFN oferecem uma solução muito mais eficiente para os desafios enfrentados pelas emissoras, especialmente os relacionados à cobertura, que pode ser impactada por obstáculos e pelas características da propagação FM.

Hoje, com a escassez de novos canais, frequências limitadas e a expansão populacional para áreas antes não cobertas por sinais específicos de FM, aumentar a cobertura usando uma única frequência existente tornou-se uma solução técnica e econômica viável para as emissoras ampliarem seu alcance dentro da área de concessão, o que também possibilita o aumento do faturamento.

A técnica de alinhar precisamente as características de dois sinais FM eleva significativamente a qualidade da experiência do ouvinte em regiões de sobreposição ou interferência, sendo fundamental para o desempenho do sistema. Com isso, áreas que antes apresentavam problemas de interferência ou falta de sinal, muitas vezes devido a obstáculos, tornam-se agora alternativas viáveis para fortalecer e expandir a programação em novas áreas populacionais ou cobrir lacunas dentro da área de concessão que não eram bem atendidas pelo sinal de FM.

POR QUAL MOTIVO ESCOLHER UMA REDE SFN EM FM?

As redes de frequência única (SFN) consistem em múltiplas transmissões realizadas em diferentes locais, todas operando na mesma frequência.

Essas redes podem ser usadas para diversas finalidades, desde redes FM de baixa potência que cobrem uma região de certos municípios até sinais de reforço transmitidos para áreas com bloqueios, como montanhas ou ruas com altos edifícios.

Transmissores FM sincronizados, projetados para transmitir a mesma programação na mesma frequência, oferecem uma série de benefícios. As transmissões síncronas em FM garantem a continuidade do sinal da emissora ao longo de uma rodovia, através de vastas áreas ou como "reforço" para complementar o sinal principal em regiões específicas antes não atendidas ou mal servidas com baixos sinais.

Com transmissões sincronizadas e distribuídas geograficamente, os ouvintes podem continuar sintonizados na mesma estação ao longo por exemplo, de longos trechos de estrada, sem precisar alterar a frequência do rádio.

Assim, uma rede FM sincronizada permite que as emissoras ampliem a cobertura de sua programação para uma área mais extensa, algo que seria inviável com uma única torre de transmissão com os obstáculos citados.



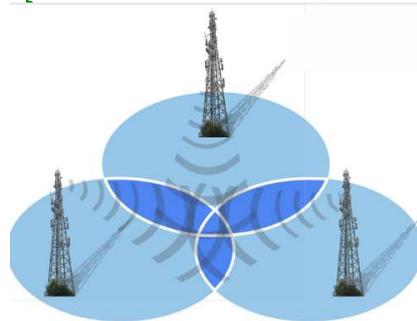
Central de Atendimento:
35 3473.3700
contato@teletronix.com.br
www.teletronix.com.br





Além disso, um sinal de reforço sincronizado com o sinal principal é uma alternativa cada vez mais usada para atender populações contidas dentro do contorno protegido de uma estação FM específica, mas que estariam inacessíveis devido a montanhas ou edifícios que bloqueavam o sinal da emissora naqueles locais.

REGIÕES DE SOBREPOSIÇÃO DE SINAIS



Na prática, a solução SFN em FM oferece uma oportunidade promissora para que a emissora alcance novos ouvintes.

Entretanto, essas implementações enfrentam desafios em áreas de "interferência," onde a sobreposição de sinais de intensidade semelhante, provenientes de duas transmissões na mesma frequência, pode causar distorções audíveis e aumentar significativamente o ruído na recepção. A interferência ocorre quando dois sinais transmitidos na mesma frequência chegam ao receptor com uma diferença de intensidade de apenas 4 dB. Essas zonas de interferência surgem onde a cobertura de um transmissor passa a ser substituída pela de outro. Se a diferença de intensidade entre os sinais for maior que 4 dB, o receptor prioriza o sinal mais forte, ignorando o mais fraco e garantindo uma recepção adequada.

O problema ocorre quando ambos os sinais têm intensidades muito próximas e se combinam no receptor. Nesse caso, ao receber sinais de intensidade praticamente igual, o receptor não consegue diferenciá-los, resultando em ruído devido à sobreposição.

CONDIÇÕES QUE AFETAM A INTERFERÊNCIA ENTRE SINAIS NA MESMA FREQUÊNCIA

Diversos fatores influenciam a intensidade e a severidade do ruído e da distorção nas áreas de sobreposição de sinais. Abaixo estão as principais condições e soluções desenvolvidas pela Teletronix para solucionar esses efeitos:

CONDIÇÃO INICIAL: A ausência de sincronização precisa nas frequências das portadoras de RF pode gerar distorções e ruídos consideráveis devido a erros de frequência. Para resolver esse problema, o Excitador com Modulador Digital da Teletronix dispõe de entradas externas para sinais de 10 MHz e 1PPS, garantindo uma sincronização exata entre as frequências dos dois sinais.

SEGUNDA CONDIÇÃO: Pequenas diferenças nos níveis de modulação, mesmo de aproximadamente 0,1 dB, podem resultar em um aumento drástico no ruído, especialmente um efeito de "ruído branco" que varia conforme o nível de áudio entre os sinais. Para resolver esse problema, o Excitador com Modulador Digital da Teletronix possui ajustes precisos de modulação, realizados numericamente por meio de algoritmos matemáticos em seu software, garantindo modulação precisa em comparação aos moduladores analógicos.



TERCEIRA CONDIÇÃO: Desalinhamentos no piloto, tanto na frequência quanto na fase, podem causar oscilações audíveis no sinal estéreo. O Processador de FM da Teletronix FMP 300, com a opção (OPCIONAL-GPS), permite o sincronismo do sinal estéreo com o sinal de 1PPS do GPS, alinhando o sinal MPX com as portadoras dos transmissores na rede SFN. Caso o radiodifusor prefira usar um processador de outra marca, é possível inserir as saídas de áudio processadas dele no FMP 300, configurando o FMP em modo Bypass Flat.

QUARTA CONDIÇÃO: A falta de sincronização de fase/tempo no áudio resulta em distorção. O Excitador Digital da Teletronix possui um Menu SFN, no qual podem ser feitos ajustes temporais para garantir a sincronização de fase e tempo dos sinais sobrepostos na zona de interação. Complementando essa sincronização, o IP-MPX Signal Processor - TM-MPX 100 da Teletronix converte o sinal MPX do Processador FMP 300 para IP, permitindo o envio do sinal MPX ao outro transmissor via IP, seja por fibra óptica ou micro-ondas. Este processador também complementa o ajuste da fase e o tempo do sistema. Assim, a Teletronix garante uma sincronização precisa para redes SFN, otimizando a interação entre os sinais nas áreas em que ambos alcançam a faixa de 4 dB, tanto em frequência quanto em tempo.

POSSÍVEIS CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS.

- 1 – PRIMEIRO CASO: (Emissora-Unificada)** Transmissor operando no mesmo local do Estúdio de Transmissão (Estúdio e sistema de transmissão no mesmo prédio - Torre da Rádio junto com o Estúdio)

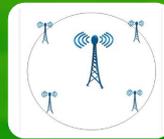


Neste caso, o sinal de áudio de PROGRAMA da emissora, saindo da Mesa de Som (L) e (R), é direcionado para as duas entradas de Áudio (L) e (R) do Processador FMP 300 da Teletronix, equipado com o OPCIONAL - GPS.

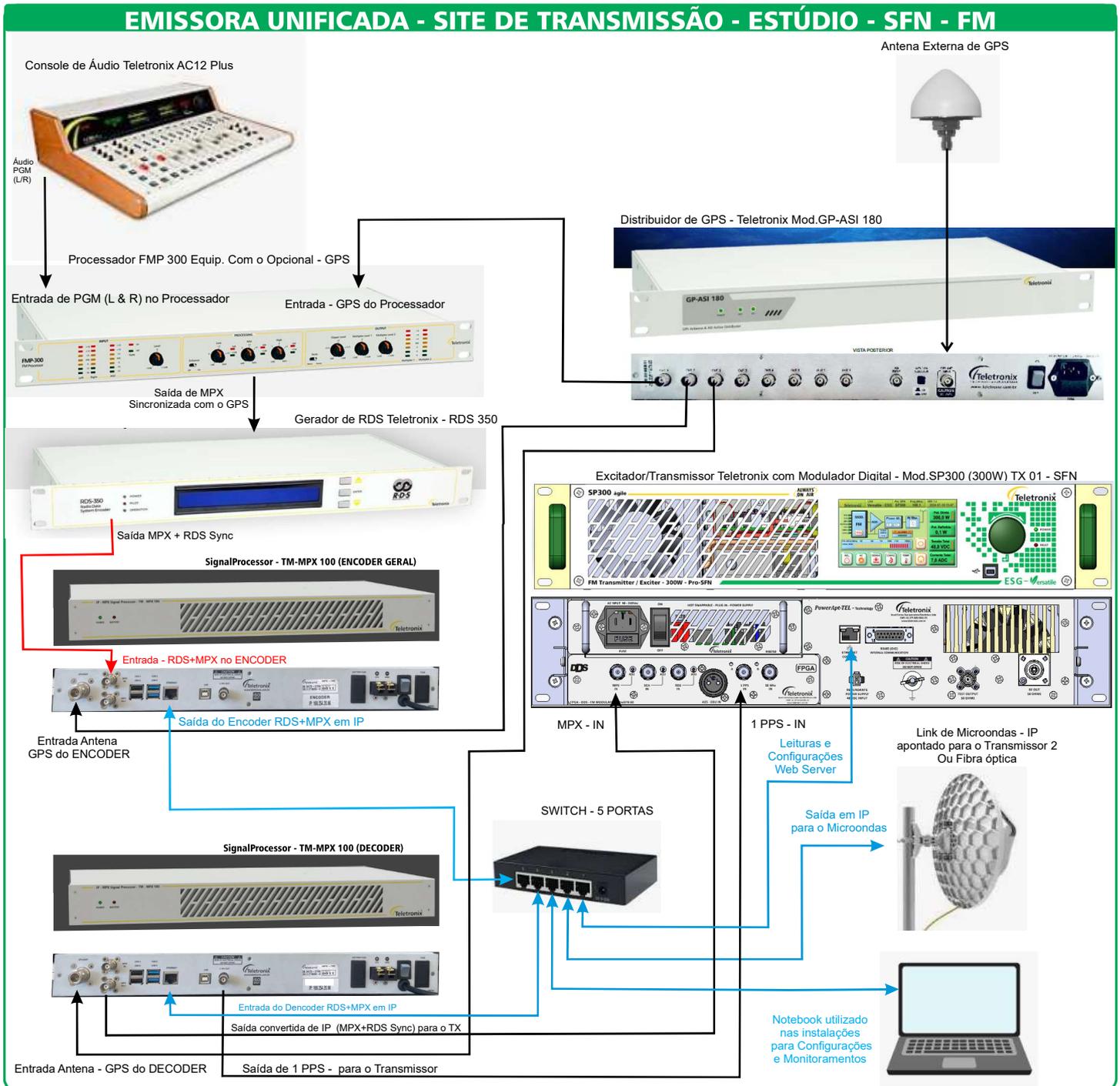
Operação em SFN: Para operar em uma rede de Frequência Única (SFN), o sinal piloto do gerador de estéreo do processador FMP300 deve estar sincronizado com a portadora dos transmissores da rede SFN. Nesse contexto, o processador de FM Teletronix FMP300, com o opcional de GPS, possui uma entrada dedicada para sinal GPS no painel traseiro, através de um conector tipo "N" fêmea..



FI.01 - Processador FMP300 com o Opcional - GPS



Para implementar essa solução, serão necessários três sinais GPS: um para o processador FMP300, outro para o processador de IP-MPX SignalProcessor TM-MPX 100, que atuará como **ENCODER GERAL** do sistema, e um terceiro para outro processador de IP-MPX SignalProcessor TM-MPX 100, que funcionará como **DECODER** para o transmissor do estúdio, detalhado posteriormente. Para isso, utilizaremos o divisor de GPS da Teletronix, modelo GP-ASI 180, que possui uma entrada e oito saídas, todas conectadas a uma única antena GPS externa. Nesse arranjo, o processador FMP300 será conectado a uma das saídas do divisor. Essa configuração assegura que o processador gere o sinal MPX (Multiplex Estéreo) da emissora com a precisão e o sincronismo exigidos pelo sistema SFN



FI.02 - Emissora Unificada - Estúdio



Esse sinal então é direcionado para a entrada MPX do Gerador de RDS, onde é utilizado para gerar a portadora de 57 kHz com as informações de RDS. O sinal final, na saída MPX do gerador de RDS, combina o sinal gerado pelo processador FMP300 MPX com o RDS, ambos sincronizados agora ao sinal PPS do satélite gerando então o sinal Final: **(MPX+ RDS - Sync)**

Agora, esse sinal **(MPX + RDS - Sync)** será conectado à entrada MPX do Processador IP-MPX SignalProcessor - TM-MPX 100 da Teletronix, configurado como **ENCODER GERAL** e também ligado na sua entrada Antena GPS a outra saída do Distribuidor de GPS Modelo GP-ASI 180 como descrito anteriormente.

Esse processador irá converter o sinal **(MPX + RDS - Sync)** para **IP**, disponibilizando o sinal de streaming IP que chamaremos **[(MPX + RDS - Sync) - IP]** pela porta RJ45 Ethernet.

Esse sinal de streaming **[(MPX + RDS - Sync) - IP]** Ethernet gerado pelo Processador IP-MPX SignalProcessor - TM-MPX 100 configurado como **ENCODER GERAL** é totalmente distinto de um streaming comum, pois contém marcas temporais que serão lidas por outro processador configurado como **DECODER** desse sinal.

Agora, temos o sinal **[(MPX + RDS - Sync) - IP] Ethernet**, que precisará ser enviado para o transmissor 01 da rede. Nesse caso, o transmissor está localizado junto ao estúdio e, conseqüentemente, próximo ao ENCODER GERAL. Para isso, será necessário utilizar um switch conectado tanto ao ENCODER GERAL quanto ao DECODER 01.

O DECODER 01 será responsável por converter o sinal **[(MPX + RDS - Sync) - IP] Ethernet** em **(MPX + RDS - Sync)**, permitindo sua conexão à entrada MPX do transmissor do estúdio, que corresponde ao transmissor 01 da rede SFN.

Então conectamos a Saída MPX do SignalProcessor - TM-MPX 100 configurado como DECODER à entrada MPX do Transmissor 01 da rede SFN que neste caso estão todos juntos.

O **SignalProcessor TM-MPX 100**, configurado como DECODER, também possui uma saída de 1PPS, que será conectada à entrada de 1PPS do excitador com modulador digital do transmissor 01 da rede SFN, fabricado pela Teletronix.

Esse sinal será responsável por sincronizar a portadora de FM do transmissor 01 com o sinal de 1PPS, reduzindo o erro de frequência dele para menos de 0,01 Hz.

Com isso, temos na **Fig.02** o site de transmissão 01 completamente configurado. O áudio sai da mesa de som e é encaminhado ao processador de áudio, que está conectado à antena GPS por meio de um divisor. O sinal do processador é enviado ao gerador de RDS, sendo o sinal RDS somado ao sinal do processador de FM, que por sua vez é conectado ao processador de IP. Esse processador de IP também está ligado ao divisor para receber o sinal GPS e conectado a um switch. O switch, por sua vez, está integrado a outro processador configurado como DECODER, que fornece o sinal MPX ao transmissor, além do sinal de 1PPS, utilizado para sincronizar a frequência do transmissor, garantindo um erro de frequência inferior a 0,01 Hz.

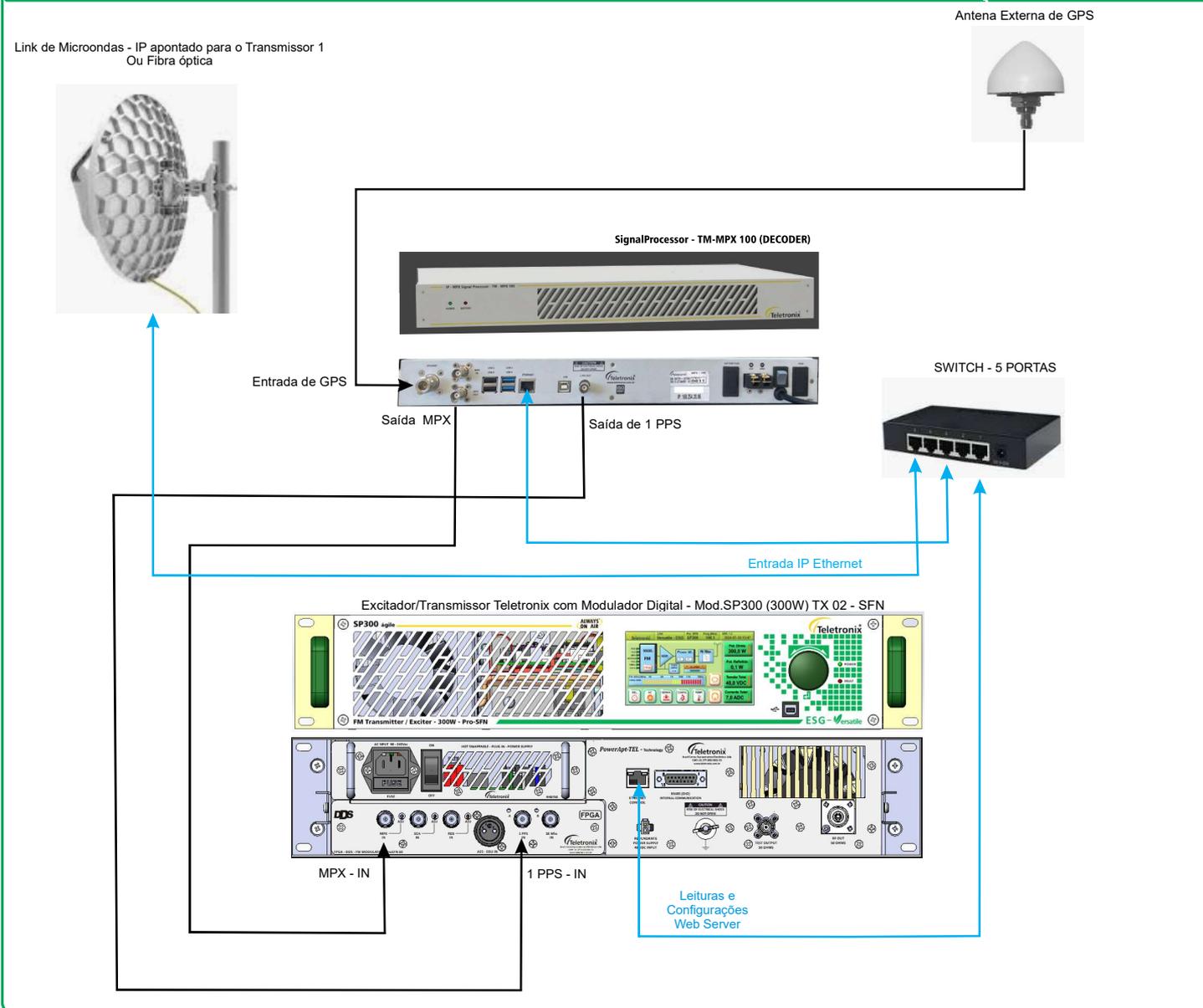


No ponto de sombra do Transmissor 02 da rede SFN, instalamos o link de micro-ondas devidamente alinhado com o sistema de micro-ondas do estúdio. O cabo de rede Ethernet deve ser conectado à entrada de rede do processador TM-MPX 100, configurado como DECODER. Esse equipamento converte o sinal (MPX + RDS Sync), encapsulado em IP, para o sinal analógico original (MPX + RDS Sync), que é então inserido na entrada MPX do transmissor localizado em seu painel traseiro.

Também utilizamos a saída de 1PPS (um pulso por segundo) do DECODER e o conectamos à entrada correspondente do transmissor. Esse sinal de 1PPS é responsável por garantir que o erro de frequência do transmissor 2 seja inferior a 0,01 Hz, garantindo o sincronismo perfeito da frequência

Com os dois transmissores instalados – um no estúdio e outro no ponto de reforço –, ambos operando na mesma frequência, será necessário realizar o ajuste de sincronismo temporal em campo. Esse ajuste deve ser realizado na região onde os dois sinais apresentam a mesma amplitude, que fica no ponto médio da área de sobreposição dos dois sinais de 4 dB.

EMISSORA UNIFICADA - SITE DE TRANSMISSÃO - PONTO DE REFORÇO - SFN - FM

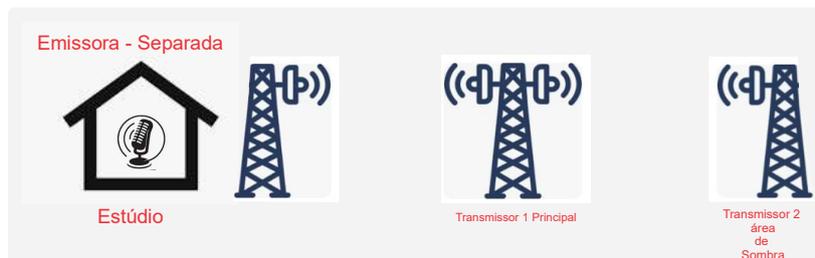


FI.03 - Emissora Unificada - Ponto de Sombra



POSSÍVEIS CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS.

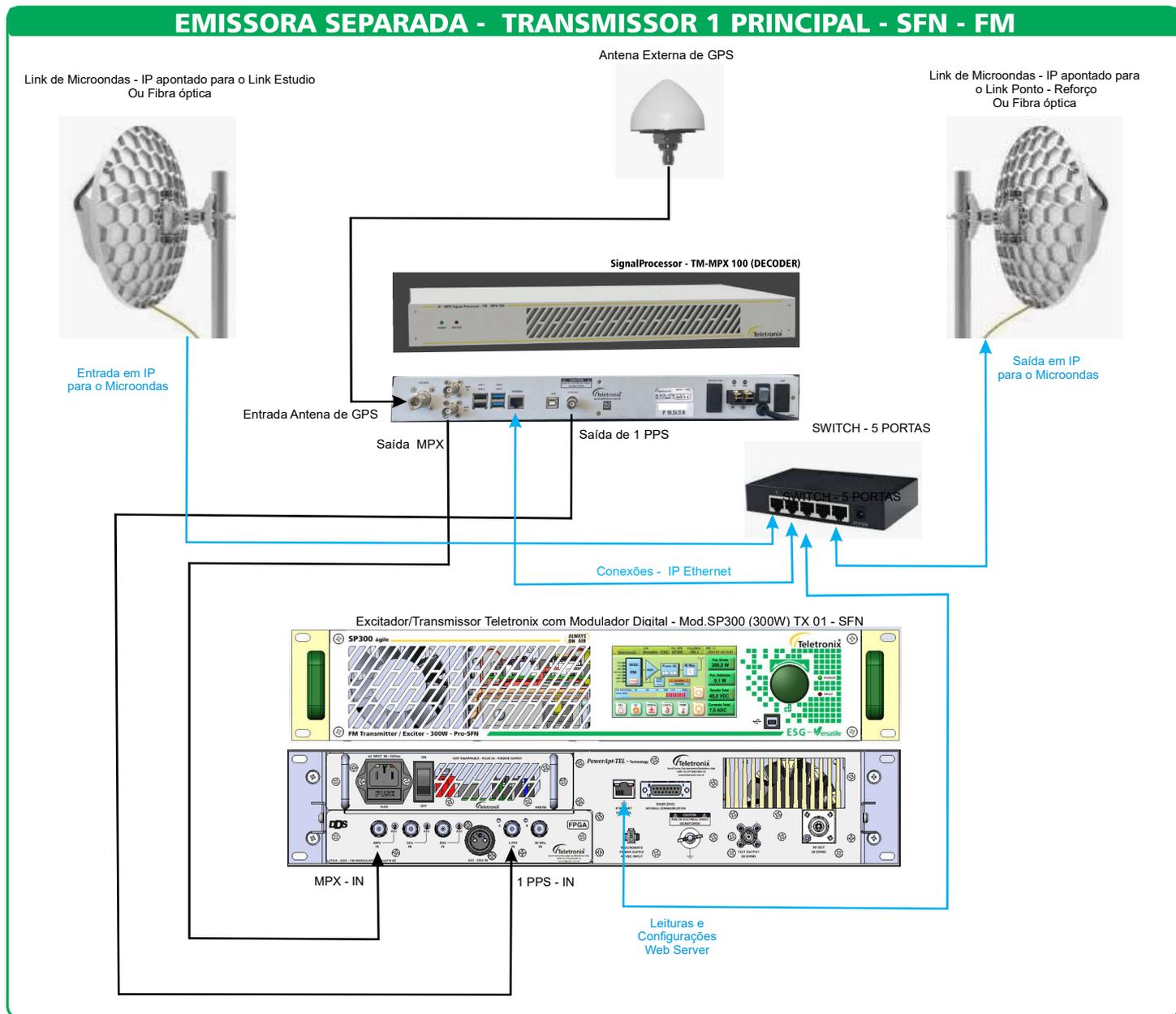
2 – **SEGUNDO CASO: (Emissora - Separada)** O estúdio é separado do transmissor principal, sendo interligado a ele por meio de um link. Entre o transmissor principal e o transmissor localizado no ponto de sombra, há outro link para garantir a comunicação entre eles.



Fl.04 - Emissora Separada - Estúdio



EMISSORA SEPARADA - TRANSMISSOR 1 PRINCIPAL - SFN - FM

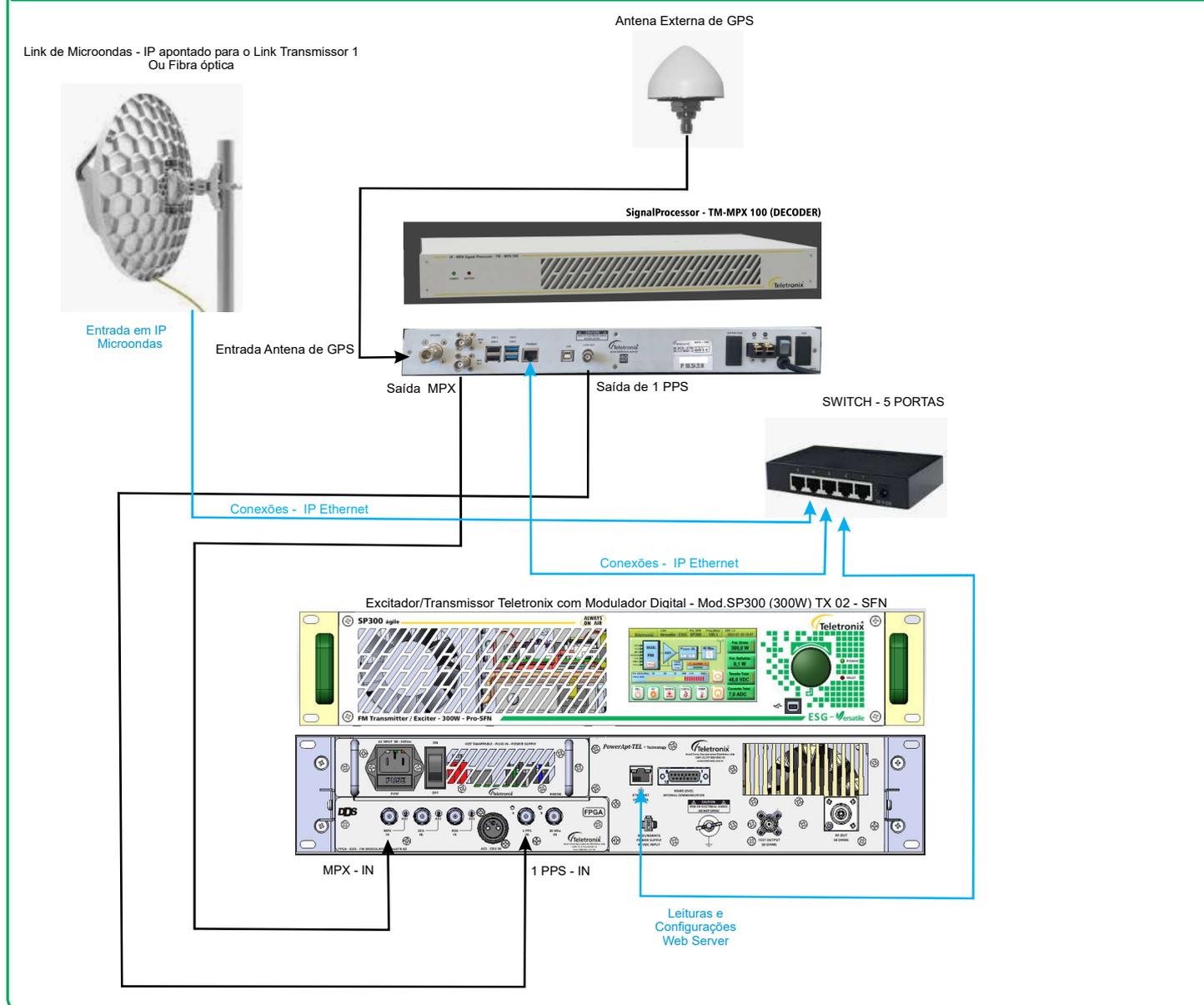


Fl.05 - Emissora Separada - Transmissor 1 Principal

A única diferença neste caso é que o estúdio é separado do transmissor principal, sendo interligado a ele por meio de um link de micro-ondas ou fibra óptica. No local do transmissor principal, outro link de micro-ondas conecta esse ponto ao transmissor responsável por fortalecer o sinal. Com os dois transmissores instalados – Transmissor 1 e outro no ponto de reforço Transmissor 2 –, ambos operando na mesma frequência, será necessário realizar o ajuste de sincronismo temporal em campo. Esse ajuste deve ser realizado na região onde os dois sinais apresentam a mesma amplitude, que fica no ponto médio da área de sobreposição dos dois sinais de 4 dB.



EMISSORA SEPARADA - TRANSMISSOR 2 PONTO SOMBRA - SFN - FM



Fl.06 - Emissora Separada - Transmissor Ponto Sombra

A Teletronix oferece soluções para **operação de múltiplos transmissores ao longo de rodovias, em SFN** interligados por links de micro-ondas ou fibra óptica, conforme detalhado neste documento.

Esse cenário é semelhante à Solução 2, na qual um estúdio de geração abriga o encoder e o link inicial (ou fibra óptica). Diversos pontos de retransmissão são distribuídos ao longo do trajeto, cada um equipado com seu par de links ou fibra óptica, decoder e transmissor. Nesses casos, a potência dos transmissores é limitada a 300 watts ou menos, utilizando uma antena do tipo Yagi com refletor de canto direcionada ao longo da rodovia. Com essa abordagem, a Teletronix apresenta sua solução **SFN (Single Frequency Network) em FM**, disponibilizando suporte técnico detalhado, treinamentos específicos para atender às particularidades de cada projeto, além de orientação para ajustes e calibrações necessários ao sistema.