



EWERTON DONIZET RODRIGUES

IMPLEMENTAÇÃO DE TV DIGITAL EM INCONFIDENTES

INCONFIDENTES - MG

2013

EWERTON DONIZET RODRIGUES

IMPLEMENTAÇÃO DE TV DIGITAL EM INCONFIDENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Redes de Computadores.

Orientadora: Prof. MSc. Maria de Fátima Freitas Bueno

Coorientador: Prof. Anderson Fagiani

INCONFIDENTES - MG

2013

EWERTON DONIZET RODRIGUES

IMPLEMENTAÇÃO DE TV DIGITAL EM INCONFIDENTES

Data da aprovação: 24/06/2013

Orientadora: Prof. MSc. Maria Fátima de Freitas Bueno
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

Prof. André Luigi Amaral
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

Prof. Luiz Carlos Branquinho Caixeta Ferreira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram nesta jornada e que de uma maneira ou de outra não me deixaram desistir em especial a minha mãe, Sônia Maria da Rosa Rodrigues, que nunca me deixou pensar em desistir sempre acreditando em minha capacidade.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me deu essa oportunidade de estar aqui hoje. A meus pais, Sônia Maria da Rosa Rodrigues e Geraldo Donizet Rodrigues, por sempre me apoiaram e acreditaram em mim, a meu irmão, Anderson Donizet Rodrigues, que sempre me motivou.

A todos os professores que contribuíram com algum conhecimento em especial a professora Maria de Fátima de Freitas Bueno, nossa orientadora que se colocou a disposição para ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço por fim a meus colegas de curso que proporcionaram momentos únicos de diversão e tornaram sempre as coisas mais fáceis.

“Espera no Senhor mesmo que suas promessas demorem a se cumprir”

Eliana Ribeiro

RESUMO

Este trabalho aborda um tema muito discutido atualmente: a TV Digital.

Trata-se de uma nova plataforma para a operação da televisão, possibilitando melhoria na qualidade dos sinais e o oferecimento de serviços interativos. Para se compreender a transmissão digital, primeiramente, será explicado a escolha e os motivos que a justificaram para a adoção do padrão brasileiro de TV Digital, a definição deste padrão, os cálculos necessários de predição da possível área de cobertura do sinal onde será transmitido e por fim os formulários necessários para apresentação ao Ministério das Telecomunicações. Dessa forma, este trabalho tem como principal objetivo descrever sobre o tema TV Digital, os tópicos básicos para que seja realizada uma transmissão e quais as necessidades para se implantar este sistema em uma determinada cidade, especificamente a cidade de Inconfidentes, situada no Sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: Tv Digital, ISDB-Tb, Transmissão

ABSTRACT

This work approaches a topic much discussed currently: the TV Digital.

Treats-if of a new platform for operation of television, enabling improvement in quality of signals and the offering of interactive services. To if understand the digital transmission, first, will be explained the choice and the reasons that justified it for the adoption of the pattern Brazilian de TV Digital, the definition of this default, the necessary calculations prediction of possible area signal coverage where will be transmitted and by order the necessary forms for presentation to Ministry the Telecommunications. That way, this work has as main objective describe about the theme TV Digital, all threads basic to holding it one transmission and which the needs for if deploy this system in a particular city, specifically the city of Inconfidentes, situated in southern Minas Gerais.

Keywords: Tv Digital, ISDB-Tb, Transmission

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama em blocos simplificado do subsistema de transmissão ...	16
Figura 2 - Espectro do canal de RF segmentado.....	19
Figura 3 - Diagrama em blocos do modulador ISDB-Tb	20
Figura 4 - Alturas envolvidas para determinação da altura da torre transmissora (h1)	25
Figura 5 - Estrutura de uma torre de transmissão de TV Digital	26
Figura 6 - Antena de transmissão do sinal digital modelo TTSLD2	27
Figura 7 - Valor máximo da ERP estipulado pelo fabricante.....	30
Figura 8 - Curva de intensidade do campo elétrico.....	31
Figura 9 - Formulário de Informações Técnicas 1	32
Figura 10 - Formulário de Informações Técnicas 2.....	33
Figura 11 - Formulário de Informações Técnicas 3.....	34
Figura 12 - Formulário de Informações Técnicas 4.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Canalização para a transmissão do sinal de televisão na faixa de VHF.....	22
Tabela 2 - Canalização para a transmissão do sinal de televisão na faixa de UHF	22
Tabela 3 - Classificação das Estações em Função de suas Características Máximas para as faixas de UHF	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. A ESCOLHA DO SISTEMA.....	13
3. O PADRÃO ISDB	14
3.1. Transmissão do sinal	15
3.2. Modos de transmissão	17
3.3. ISDB-TB.....	17
4. TV DIGITAL EM INCONFIDENTES	24
4.1. Estrutura da Torre	26
4.2. Potência efetiva irradiada (ERP).....	28
4.3. Atenuação de potência e da intensidade de campo elétrico no espaço Livre.....	30
4.4. Atenuação de intensidade de campo elétrico	31
4.5. Ministério das Comunicações	32
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

TV Digital de uma forma superficial pode ser definida, como afirma PAES (2005), como *um sistema de televisão com transmissão, recepção e processamento digitais, o que aumenta a garantia de resultados de imagem e som para o telespectador.*

Faz-se necessário compreender este sistema de transmissão de TV, pois em breve todo o território nacional receberá o sinal digital em suas residências, sendo necessário conhecer o básico de toda a estrutura.

Os sistemas de Televisão Digital tiveram início na década de 1990, onde três sistemas foram desenvolvidos para a radiodifusão terrestre de TV Digital: o sistema Americano - *Advanced Television System Comuttee (ATSC)*, o sistema Europeu - *Digital Video Broadcasting (DVB)* e o sistema adotado pelo Brasil, que é o japonês - *Integrated System Digital Broadcasting (ISDB)*. Cada um possui diferentes abordagens, porém todos possibilitam o envio de sinais de vídeo e áudio com alta qualidade.

No Brasil, em 1998, a Universidade Mackenzie, conveniada à Sociedade Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (ABERT) e a Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão (SET), iniciaram os testes a fim de dar subsídio ao governo para a escolha do sistema que seria adotado no Brasil. Devido a condições territoriais do Brasil, ficou constatado que um sistema com múltiplas portadoras de transmissão seria mais eficiente do que o sistema Americano que utiliza portadora única. Também, por meio de testes, concluíram que o sistema ISDB apresentava maior flexibilidade e superioridade técnica em comparação ao sistema DVB.

No dia 29 de junho de 2006 foi decretado que o Sistema Brasileiro de TV Digital adotaria o padrão ISDB-T incorporando inovações tecnológicas aprovadas pelo comitê de desenvolvimento.

Desta forma, este trabalho visa a apresentar alguns conceitos sobre TV Digital e um estudo inicial para a implantação da TV Digital na cidade de Inconfidentes, situada no Sul de Minas Gerais.

Além de todos os equipamentos que são apresentados neste trabalho, veremos também outros fatores importantes para que a transmissão seja realizada com sucesso, tais como calcular a área de cobertura do sinal que será transmitido e

as normas e leis que regem a transmissão.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: após a introdução, são apresentados o principal motivo que definiu a escolha do Brasil pelo padrão ISDB, as características deste padrão, o processo de transmissão realizado desde a emissora até os telespectadores e, por fim, um estudo da implantação do Sistema Digital na cidade de Inconfidentes. Todo este trabalho foi fundamentado a partir de pesquisas em livros, trabalhos científicos, artigos, tutoriais, internet, entrevistas com pessoas qualificadas no assunto e pesquisas de campo onde foram realizadas as medições e cálculos locais.

2. A ESCOLHA DO SISTEMA

Existem três sistemas de Transmissão da TV Digital no mundo que se destacam: o padrão Norte-Americano ATSC, o padrão Europeu DVB e o padrão Japonês ISDB.

Na definição por qual padrão o Brasil iria adotar, priorizou-se a mobilidade que cada sistema poderia oferecer.

A partir desta condição, constatou-se que o padrão Norte-Americano não se enquadrava nesta exigência, pois 95% das casas nos Estados Unidos utiliza transmissão a cabo, ou seja, o sinal não chega em uma conexão sem fio como costumamos ver no Brasil. Por este motivo, o que se visa a garantir no padrão ATSC é a qualidade de imagem e som e não a mobilidade. Assim, por utilizar sistema de transmissão via cabo, é empregado neste padrão portadora única, ou seja, utiliza um único pacote para enviar todo o conteúdo da transmissão, que é mais barato, porém menos confiável. Supondo que houvesse interesse em mobilidade neste sistema, utilizando-se portadora única, qualquer barreira que atrapalhasse o sinal de chegar ao destino, permitiria que esse sinal fosse totalmente perdido.

Quanto ao padrão Europeu, na época da escolha do padrão Brasileiro, também não possuía a mobilidade pretendida. Atualmente o padrão DVB já possui essa mobilidade que é a DVB-H (a letra “H” vem de “hand”, ou seja, mão).

Já o padrão japonês visa a mobilidade, que caracteriza a funcionalidade dos serviços transmitidos pelas emissoras de televisão, destinados a recepção por terminais móveis, e a segmentação de banda, ou seja, “o sistema pode transmitir até três feixes de dados simultaneamente com modulações diferentes.” (CARVALHO NETO, 2011)

3. O PADRÃO ISDB

O padrão escolhido pelo Brasil utiliza sistema de transmissão de áudio, vídeo e dados independentes entre si, ou seja, cada um forma um pacote distinto para a transmissão.

Este padrão foi escolhido pelo Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) no dia 29 de junho de 2006, incorporando inovações tecnológicas aprovadas pelo comitê de desenvolvimento da TV Digital. Dentre as inovações duas tiveram destaque: o *middleware*, termo utilizado para definir um software que tem como objetivo unificar os padrões por meio da disponibilização de qualquer tipo de conteúdo em qualquer tipo de receptor, independente do padrão do transmissor (PAES, 2005). Essa inovação foi denominada como GINGA e constituído por duas linguagens, uma chamada GINGA NCL (Nested Context Language) e outra chamada GINGA-J (JAVA). A segunda inovação incorporada foi a codificação do sinal de fontes, a qual utiliza o padrão de codificação H.264, que é o *padrão de codificação de vídeo, conhecida como MPEG-4 - Parte 10, capaz de reduzir o tamanho de arquivo digital em até 80% comparado ao JPEG e em mais de 50% comparado ao padrão MPEG-4 - Parte 2* (REZENDE e CORREIA, 2011). Com estas incorporações, este novo sistema utilizado no Brasil passou a ser chamado de *Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Brazil (ISDB-TB)*.

Atualmente o padrão nipo-brasileiro foi adotado por outros países da América Latina, tais como o Peru, Argentina e Chile.

No Brasil, o instituto CPqD e a agência do Governo, a ANATEL, também realizam um trabalho semelhante, ao desenvolvido pelo ITU (International Telecommunications Union), que teve o objetivo de fornecer considerações técnicas para um plano básico de distribuição de canais de televisão digital, conhecida pela sigla PBTVD (Plano Básico de Distribuição de Canais de Transmissão Digital). (FAGIANI, 2012, p. 48)

O subsistema de transmissão para a radiodifusão terrestre de televisão digital do padrão ISDB-TB é responsável por transformar as informações digitais em sinais adequados para o envio através do canal de comunicação.

3.1. Transmissão do sinal

Para compreendermos todo processo de transmissão devemos ter o foco no objetivo da Televisão Digital que é transmitir sinais de vídeo, áudio e dados até os telespectadores.

Para se transmitir um sinal digital desde sua criação é realizado o seguinte caminho:

Conforme entrevista com Cândido Duarte, responsável geral pela transmissão do Sinal Digital da TV Canção Nova, localizada na cidade de Cachoeira Paulista, SP, a câmera é responsável por captar aquilo que se deseja transmitir produzido pelas emissoras, estes dados são digitalizados através de uma interface de áudio e vídeo – *Serial Digital Interface* (SDI) – sem nenhuma compressão e/ ou codificação. Em seguida, os dados são encaminhados para um compressor *encoder HD* (para transmissões HD) ou para um *encoder one-seg*, que é responsável pela compressão do sinal para aparelhos móveis. Ambos os processos utilizam o padrão MPEG-4. Depois disso, os dados são multiplexados.

Após passar pela compressão e multiplexação, o sinal é transportado por uma interface conhecida como ASI (*Asynchronous Interface Serial*) que é um formato de *streaming* de dados responsável por levar um fluxo de transportes MPEG, em um fluxo de bits de saída chamado de TS (*Transport Streams* - Fluxo de Transporte) até o remultiplexador.

Para identificar os respectivos pacotes de transmissão de cada sinal (áudio, vídeo em HD ou *one-seg*), cada pacote recebe um número PID, que é um identificador dentro dos feixes de bits TS. Por exemplo: Vídeo HD 111, áudio HD 112, Vídeo *one-seg* 211, Áudio *one-seg* 212.

Após a compressão, o sinal multiplexado e identificado, forma o *Broadcasting Transport Stream* (BTS), responsável por receber vários fluxos ou streams através da entrada do MUX (responsável por controlar não só todo o fluxo a ser transmitido pela emissora, mas também por configurar os parâmetros de transmissão) que a emissora deseja transmitir e entregar em uma saída do MUX um único fluxo BTS, que é o fluxo onde contém áudio, vídeo e dados.

Estes sinais multiplexados passam por um Modulador onde receberão a codificação de canal para a transmissão e são encaminhados para um amplificador

e, enfim, a antena, no caso de grandes cidades transmissoras como São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Belo Horizonte.

Na etapa de codificação de canal são utilizados dois códigos corretores de erros concatenados com o objetivo de melhorar o desempenho em termos da taxa de erro de bit. Existem dois níveis de codificação, onde no primeiro nível o código é chamado de código externo e no segundo nível é chamado de código interno. A informação protegida é então dividida em milhares de portadoras formando um sinal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). (BAHAI, 1999 *apud* PAIVA, 2010).

A figura 1 mostra o diagrama em blocos simplificados do subsistema de transmissão.

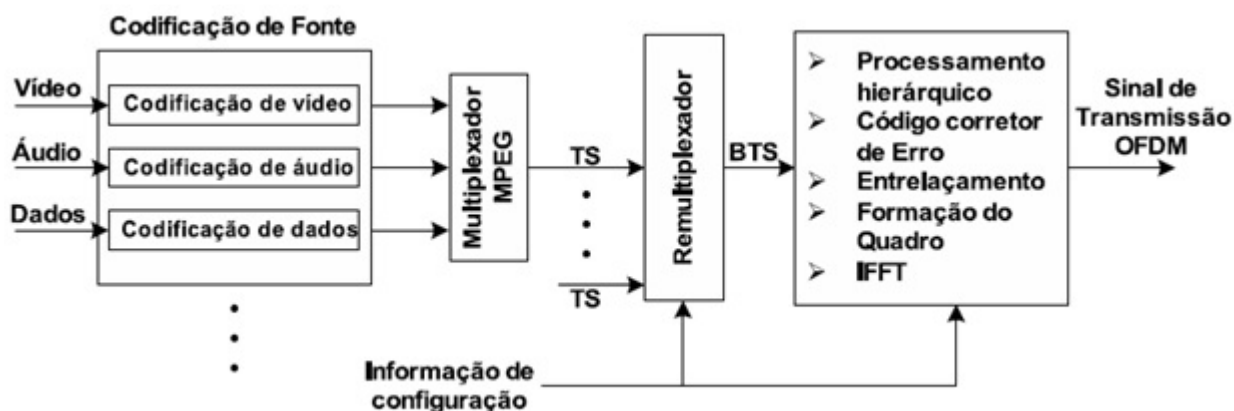


Figura 1 - Diagrama em blocos simplificado do subsistema de transmissão

Fonte: (JUNIOR, 2012, p.8).

Para cidades menores o sinal multiplexado é encaminhado para um satélite e recebido por uma antena na estação afiliada, onde passará por um *Down Converter* (DWC), que o envia para o demodulador onde é realizado o mesmo caminho inverso. Em seguida, há a monitoração da qualidade de serviço pelo código corretor de erro, é anexada a programação regional, tratada mais adiante, e então o sinal é encaminhado pelo Codificador (HD ou One-seg), multiplexador, modulador, amplificador e, por fim, a antena que leva o sinal para as cidades pequenas.

Como não se pode ter mais do que cinco geradoras, segundo normas da ANATEL, e as cinco geradoras gerando um único conteúdo, uma solução foi adotar as emissoras afiliadas, para cobrir todo o território. Em cada região que há um representante de uma emissora deverão ser transmitidos somente os programas regionais, caso haja programação simultânea. Por exemplo, estamos no Sul de

Minas Gerais e a representante da Rede Globo nesta região é a emissora afiliada EPTV. Dessa forma, das programações que serão transmitidas simultaneamente, somente poderemos assistir as transmitidas pela EPTV. Com a TV Digital, a apresentação de dois programas diferentes de uma mesma emissora simultaneamente é considerada crime conforme a regulamentação 583 da ANATEL.

3.2. Modos de transmissão

Existem diferentes modos em que o sinal pode chegar até a emissora afiliada: por via satélite ou por rotas.

O mais comum é por via satélite, por questões das distâncias envolvidas serem muito grandes. Por rota o sinal é transmitido através de micro-ondas e neste caso, há a necessidade de uma linha de visada direta, ou seja, um ponto deve ter visão do outro sem nenhum tipo de barreira visual.

Devido a esta necessidade é que ainda não temos transmissão de TV aberta com sinal digital em Inconfidentes e também por razões do alto custo da implantação.

Atualmente, no Sul de Minas as únicas cidades que possuem TV Digital são Varginha, Poços de Caldas e Santa Rita do Sapucaí, esta última cidade possui o sinal devido a sua privilegiada localização para servir como ponte entre as duas outras cidades.

3.3. ISDB-TB

Segundo Paiva (2010), o sistema ISDB-Tb utiliza a multiplexação por divisão em múltiplas portadoras ortogonais com segmentação de banda chamada OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) para permitir a flexibilidade de operação e robustez contra a seletividade em frequência do canal, que permite ao sistema atender a diferentes serviços, como por exemplo, a recepção móvel, fixa e portátil, no mesmo canal simultaneamente.

Levando em consideração os riscos que um sinal pode encontrar no caminho

até seu destino, e caso aconteça de se perder algum fragmento, para que não se perca todo o conteúdo é que se fraciona este conteúdo em múltiplas portadoras.

Assim funciona Múltiplas Portadoras, *o conteúdo a ser transmitido, é dividido em várias portadoras conhecidas como Frequency Carrier (1,2,3...n) que são moduladas através do sistema de modulação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex).* (MALBURG, 2004)

Conforme Fagiani (2012), *no Sistema Brasileiro de Televisão (SBT) são utilizadas 5.617 portadoras e os canais de transmissão são divididos da seguinte forma:*

O espectro de 6 MHz, destinado a serviço de TV é composto por 13 segmentos, sendo 1 reservado entre os canais; portanto, cada um ocupa uma largura de faixa de 428,57 KHz e consiste num bloco de portadoras que recebe o nome de One-Seg.

Esta divisão em segmentos proporciona a flexibilidade do sistema, a fim de que possa transmitir vários serviços.

Cada camada hierárquica é composta por um ou mais segmentos OFDM e os 13 segmentos OFDM podem ser agrupados em até 3 grupos hierárquicos distintos, chamados de camadas A, B e C.

Os segmentos são enumerados de 0 a 12 e são posicionados de forma que os segmentos ímpares ficam posicionados à esquerda do segmento central, que é o 0, e os segmentos pares ficam posicionados à direita.

A camada C, localizada nas extremidades, é a responsável pelo serviço fixo, a camada B, pelos serviços portáteis e a camada A, para serviços móveis, cada camada localizada de acordo com sua necessidade de proteção. (Figura 2)

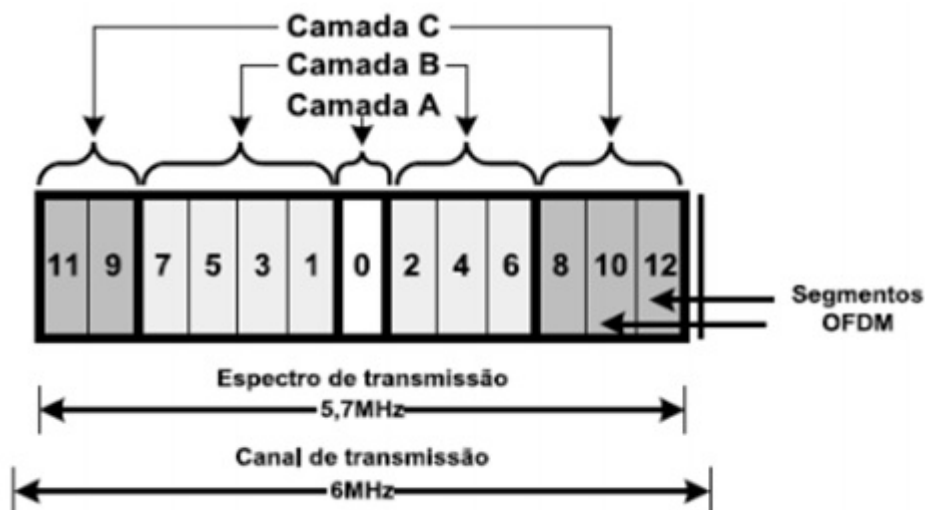


Figura 2 - Espectro do canal de RF segmentado

Fonte: (JUNIOR, 2012, p.).

Conforme Paiva (2010), o processamento realizado na camada física do padrão ISDB-Tb (figura 3) é iniciado com a inserção de redundância realizado pelo codificador externo, chamado de Red Solomon (RS) que insere bytes de redundância com o mesmo objetivo de proteger a informação. Com a inserção da redundância é realizada a codificação dos pacotes em até três caminhos, referentes às camadas hierárquicas. Em cada um destes caminhos são implementados os processamentos responsáveis pela codificação de canal e mapeamento da modulação. Os sinais provenientes destes três caminhos são combinados e seguem para o entrelaçamento no tempo e na frequência. Os processamentos seguintes são referentes à formatação no quadro OFDM e do sinal OFDM no domínio do tempo.

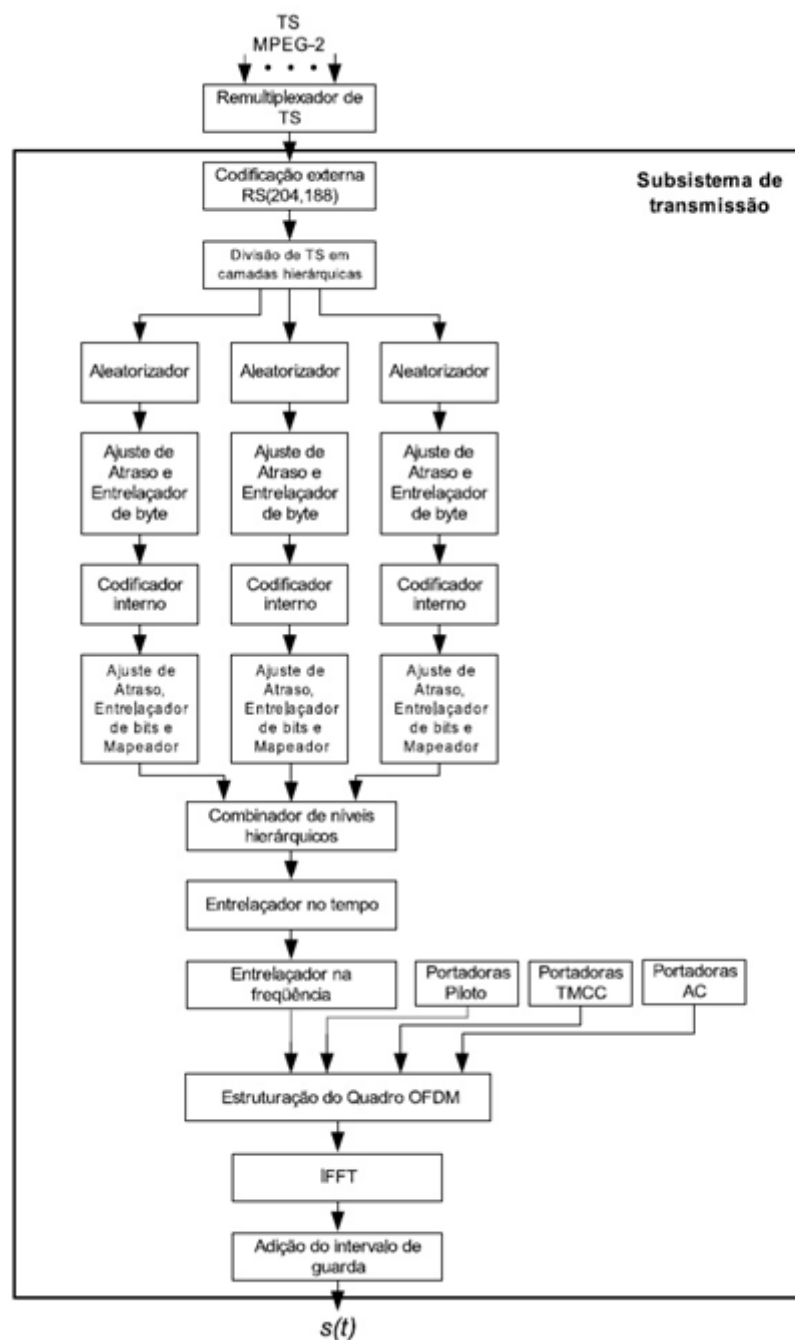


Figura 3 - Diagrama em blocos do modulador ISDB-Tb

Fonte: (PAIVA, 2010, p.38).

Ainda de acordo com Paiva (2010), *as informações de vídeo, áudio e dados transportadas em um TS proveniente do multiplexador MPEG são formatadas em um pacote de 188 bytes*. Sendo que os primeiros 4 bytes formam um cabeçalho com informações de sincronismos, identificadores e controles das informações do pacote. Os 184 bytes restantes transportam informações de áudio, vídeo, dados ou tabelas

de controle.

Assim a taxa de cada TS pode variar de acordo com os diversos fatores inerentes ao sistema MPEG, que envolve desde a qualidade e a resolução dos sinais de vídeos transportados até a quantidade de programas multiplexados. *A taxa de bits máxima suportada pelo subsistema de Transmissão Terrestre de TV Digital é de 23,234 Mpbs em todos os segmentos, conforme cálculo realizado em Paiva (2010, p.14).*

O subsistema de transmissão de TV Digital, além de operar com um TS proveniente de um multiplexador MPEG, prevê a possibilidade de operar com um TS já remultiplexado, que é realizado na entrada do subsistema de transmissão, onde os TSs de entrada são convertidos num único TS de saída. Essa conversão é necessária para garantir que o quadro de multiplexação, formado por um número inteiro de pacotes TS, possua a mesma duração de um quadro OFDM.

Garantindo que a sequência de reprodução dos pacotes TS seja realizado de modo ordenado no receptor modelo, é definido um modo de operação do receptor modelo no lado transmissor, estipulando indiretamente o arranjo dos pacotes. Com essa metodologia, o remultiplexador organiza os pacotes TS na sequência em que eles serão reconstituídos no receptor. Dessa forma, o equipamento de recepção é capaz de reproduzir os pacotes na ordem correta, sem a necessidade do transmissor inserir uma informação de posição do pacote no quadro de multiplexação.

3.3.1- Divisão dos canais e frequências:

De acordo com a resolução 583 da Anatel, de 27 de março de 2012, os canais são divididos da seguinte maneira:

- Do canal 2 ao canal 6: VHF Baixo
- Do canal 7 ao canal 13: VHF Alto
- Do canal 14 ao canal 69: UHF

Sendo a divisão de Canalização em frequências Ultra altas (UHF):

- o 14 ao 59: canais privados
- o 60 ao 69: canais públicos

Conforme podemos verificar na Tabela 1:

Tabela 1 - Canalização para a transmissão do sinal de televisão na faixa de VHF

Canal	Faixa de Frequência (MHz)
7	174 – 180
8	180 – 186
9	186 – 192
10	192 – 198
11	198 – 204
12	204 – 210
13	210 – 216

Fonte: (BRASIL, 2012).

Na Tabela 2, está exemplificada a divisão dos canais dentro da faixa de UHF:

Tabela 2 - Canalização para a transmissão do sinal de televisão na faixa de UHF

Canal	Faixa de Frequência (MHz)	Canal	Faixa de Frequência (MHz)
14	470 – 476	38	614 – 620
15	476 – 482	39	620 – 626
16	482 – 488	40	626 – 632
17	488 – 494	41	632 – 638
18	494 – 500	42	638 – 644
19	500 – 506	43	644 – 650
20	506 – 512	44	650 – 656
21	512 – 518	45	656 – 662
22	518 – 524	46	662 – 668
23	524 – 530	47	668 – 674
24	530 – 536	48	674 – 680
25	536 – 542	49	680 – 686
26	542 – 548	50	686 – 692
27	548 – 554	51	692 – 698
28	554 – 560	52	698 – 704
29	560 – 566	53	704 – 710
30	566 – 572	54	710 – 716
31	572 – 578	55	716 – 722
32	578 – 584	56	722 – 728
33	584 – 590	57	728 – 734
34	590 – 596	58	734 – 740
35	596 – 602	59	740 – 746
36	602 – 608		

Fonte: (BRASIL, 2012).

Existe dentro da divisão UHF um canal reservado para serviços de radioastronomia e, na divisão VHF, canais alocados para outros tipos de serviços.

Dentro da faixa UHF, o canal 37 (608 MHz a 614 MHz) deve ser desconsiderado a sua utilização do sinal de televisão, pois nesta faixa de frequências é atribuída internacionalmente ao serviço primário de radioastronomia. Dentro da faixa de VHF, os canais entre 2 e 6 correspondidos entre as frequências 54 MHz e 88 MHz, não haverá

transmissão do serviço de televisão para esta faixa de frequências, sendo assim alocadas para outros tipos de serviços. Quanto a classificação das Estações em função de suas características Máximas para a Faixa de UHF a ANATEL atualizou sua tabela nas normas 583 da seguinte maneira: (FAGIANI, 2012, p.)

Tabela 3 - Classificação das Estações em Função de suas Características Máximas para as faixas de UHF

Classe	Canais	Máxima Potência ERP	Distância Máxima ao Contorno Protegido (km)
Especial	14 a 46	80kW (19 dBk)	58
	47 a 68	100 kW (20 dBk)	
A	14 a 68	8 kW (9 dBk)	42
B	14 a 68	0,8 kW (-1 dBk)	29
C	14 a 68	0,08 kW (-11 dBk)	18

Fonte: (BRASIL, 2012,)

4. TV DIGITAL EM INCONFIDENTES

A cidade de Inconfidentes, situada no Sul de Minas Gerais, possui em seu perímetro urbano a área de 3.160.329,00 m². Neste estudo, foi escolhido o modo de transmissão por rota, por apresentar o menor custo para implantação.

Para a transmissão do sinal digital por rotas serão necessários na cidade, ao menos, dois pontos com antenas direcionais ou um ponto com antena omnidirecional. Apesar de a cidade apresentar uma dimensão teoricamente pequena, uma antena direcional não seria suficiente devido ao relevo que dificulta na visada. É importante lembrar que o sinal já chega à cidade por meio de satélites através de algumas operadoras pagas.

Foram pesquisadas as altitudes de alguns pontos da cidade na Prefeitura Municipal, onde pudemos observar que o local mais apropriado para se colocar uma antena transmissora omnidirecional seria próximo ao cemitério municipal. A altitude deste ponto é de 911m em relação ao nível do mar, sendo exatamente essa a altura onde ficará a base da torre para a transmissão digital.

Outro ponto alto próximo a zona urbana da cidade, que também poderia ser utilizado, se encontra no Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Inconfidentes, com uma altitude de 921m em relação ao nível do mar.

Em ambos os pontos, o sinal deverá percorrer uma distância de no máximo 2 km em um terreno de nível médio igual a 880m em relação ao nível do mar, para cobrir todo o território urbano. Para encontrar o nível médio foi calculada a média de diversos pontos onde o sinal será transmitido.

A altura adotada para a torre de transmissão será de 44m, considerada uma altura adequada para a transmissão do sinal de TV bem como para a recepção do sinal vindo de outro ponto qualquer.

Todos os valores citados estão apresentados na figura 4, que exemplifica a cidade de Inconfidentes:

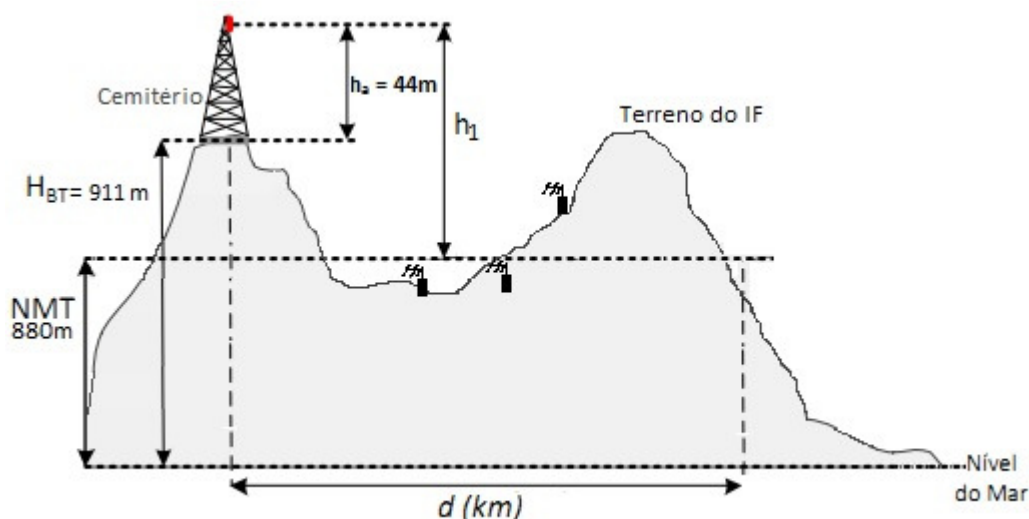


Figura 4 - Alturas envolvidas para determinação da altura da torre transmissora (h_1)

Fonte: Autoria Própria.

Com esses dados, podemos descobrir qual o valor da altura da antena transmissora (h_1). Para isso, basta somar a altura da base da torre em relação ao nível do mar com a altura da torre e subtrair a altura média do terreno conforme a equação 1.

$$h_1 = H_{BT} + h_a - NMT \quad (1)$$

Aplicando os valores corretamente, temos:

$$h_1 = 911 + 44 - 880 = 75\text{m}$$

Como demonstrado, o valor da altura da antena de transmissão para a cidade de Inconfidentes em relação ao nível médio do terreno será de 75m.

Conforme Fagiani (2012), essa fórmula só é possível pelo fato da distância ser menor que 15 km e todas as informações estarem disponíveis. Outro detalhe que permite a utilização desta equação é o fato do sinal não ter percurso marítimo o que obrigaria a fazer o cálculo de uma maneira diferente.

Mostraremos, adiante, quais os equipamentos que são utilizados e alguns cálculos para a transmissão do sinal digital.

4.1. Estrutura da Torre

Juntamente com a estrutura metálica da torre de transmissão serão necessários: uma antena para transmissão do sinal, uma antena para a recepção do sinal que vem da emissora, um transmissor, que ficará em um abrigo com geradores, e uma linha de transmissão, conforme a figura 5:

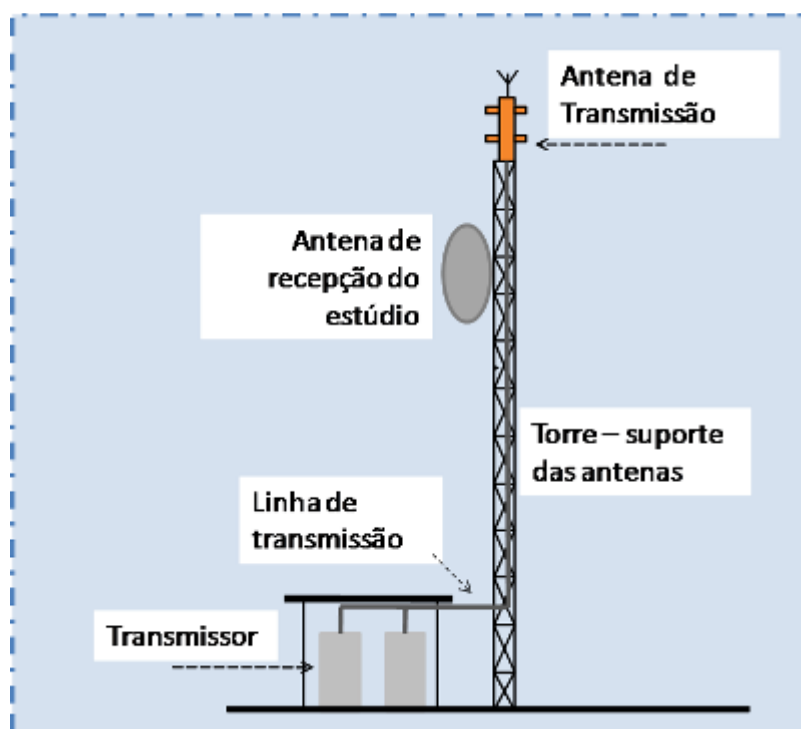


Figura 5 - Estrutura de uma torre de transmissão de TV Digital

Fonte: (<http://www.adtech.ind.br/>).

O sinal é recebido pela antena de recepção do estúdio, que como o próprio nome diz, recebe o sinal vindo de um estúdio de uma emissora qualquer e o encaminha para o transmissor.

Segundo Donzelli (2011, p.30), o transmissor é o responsável por converter a informação que chegará ao telespectador por meio da emissora dentro da largura de banda de 6 MHz referente a algum canal. Esse transmissor opera com uma potência nominal de 1 kW (60 dBm). Esse transmissor ficará dentro de uma sala feita de alvenaria com equipamentos como no-break, geradores entre outros.

A antena de transmissão que adotaremos para cálculos será uma da Transtel,

do modelo TTSLD2 omnidirecional, semelhante à figura 6, que trabalha na faixa de frequência da TV Digital UHF do padrão brasileiro, atendendo todos os canais do 14 ao 69. O ganho desse modelo de antena é de 3,1dBi e a impedância de entrada é de 50 ohms (TRANSTEL, 2013).



Figura 6 - antena de transmissão do sinal digital modelo TTSLD2

Fonte: (<http://www.transtelconti.com.br/>).

Todo o percurso efetuado por esses equipamentos é feito através da linha de transmissão que, neste caso, será com cabo coaxial RG11, *cuja perda de sinal é equivalente a 0,1 dB por metro de cabo e por conector, e de 0,3 à 0,5 dB por emenda*, de acordo com Nascimento (2008). Serão utilizados aproximadamente 75m de cabo para a transmissão.

Depois de todo esse processo, o sinal será transmitido para os telespectadores. Para isso será necessário calcular qual o valor real da potência transmitida.

4.2. Potência efetiva irradiada (ERP)

O cálculo do valor da potência efetiva que é realmente irradiada é necessário para assegurar que um serviço seja adequado para cada emissora.

Para encontrar o valor da ERP, em kW, devemos somar a potência nominal do transmissor (PTX) em dBm com ganho da antena transmissora (GTX) em dBd e subtrair por todas as perdas conforme mostrado na equação 2.

$$\text{ERP} = \text{PTX} + \text{GTX} - \sum p \quad (2)$$

Conforme indicado na seção anterior, a potência nominal do transmissor, nesse caso, seria de 60 dBm. O ganho da antena transmissora sempre deverá vir especificado pelo fabricante, sendo que no modelo TTSLD2 esse valor é de 3,1 dBi, fazendo a conversão teremos 5,25 dBd.

O resultado final da somatória das perdas deverá ser em dB. Levando em consideração somente as perdas da linha de transmissão, temos uma perda equivalente a 8,5 dB e aplicando esses valores na equação 2 temos:

$$\text{ERP} = 60 + 5,25 - (75 * 0,1 + 2 * 0,5) = 56,75 \text{ kW}$$

Existem outras perdas que também poderiam ser acrescentadas, porém seriam necessários testes em equipamentos já instalados, o que não será possível demonstrar nesse trabalho, uma vez que ainda não temos a antena instalada. Deve-se considerar que o referido trabalho trata-se apenas de um projeto de implantação. No entanto, podemos explicar como essas perdas podem ser calculadas.

Uma dessas perdas é a atenuação pela reflexão do mesmo sinal. Segundo Fagiani (2012), para encontrar essa atenuação, precisamos primeiro calcular o valor da onda estacionária (ROE), que é uma onda formada a partir da superposição de duas ondas iguais em sentidos opostos. Para isso, devemos aplicar a equação 3:

$$\text{ROE} = \frac{(|V_{\text{inc}}| + |V_{\text{ref}}|)}{(|V_{\text{inc}}| - |V_{\text{ref}}|)} \quad (3)$$

Nesse caso, é necessário saber qual o valor da tensão incidente (V_{inc}) e da

tensão da reflexão (V_{ref}), ambos em volts. Descoberto o valor da ROE, encontraremos o coeficiente de reflexão, representado pela letra gama do alfabeto grego (Γ), a partir da equação 4.

$$|\Gamma| = (ROE - 1) / (ROE + 1) \quad (4)$$

Depois de calculado o coeficiente, podemos enfim, encontrar a atenuação pela reflexão do mesmo sinal (A_d) em dB, a partir da equação 5. O resultado obtido deverá ser acrescentado como perda na equação 2. Dessa forma, teremos a potência efetiva irradiada.

$$A_d = -10 \log(1 - \Gamma^2) \quad (5)$$

Ainda, depois de instalada a antena e feitos os cálculos anteriores, em alguns casos, será necessário fazer uma correção na potência de saída do transmissor, sempre que o resultado obtido por um medidor ($N(\text{dBm})_{\text{medido}}$) for diferente na entrada e na saída ou na terminação da linha de transmissão. Para isso, devemos utilizar a equação 6:

$$N(\text{dBm})_{\text{real}} = N(\text{dBm})_{\text{medido}} + 10 \log (Z_m / Z_c) \quad (6)$$

O valor obtido será a potência real do medidor ($N(\text{dBm})_{\text{real}}$) que deverá ser utilizado na equação 2 para o cálculo da ERP. Os dados Z_m e Z_c são as impedâncias de entrada e de saída ou da linha de transmissão respectivamente, em ohms. Para a utilização dessa fórmula, seria necessário a torre de transmissão para se utilizar o medidor.

Utilizando corretamente essas fórmulas, será obtido o valor da Potência Efetiva Irradiada de qualquer antena transmissora desde que se tenham alguns dados do equipamento utilizado.

Independentemente do tipo de antena adotada, ela não conseguirá apresentar uma mesma eficiência de irradiação para todas as direções apesar de ser uma antena omnidirecional. A figura 7 mostra a ERP efetiva (linha em destaque) em relação a máxima em que a ERP pode chegar (circunferência maior) de acordo com o próprio manual da fabricante.

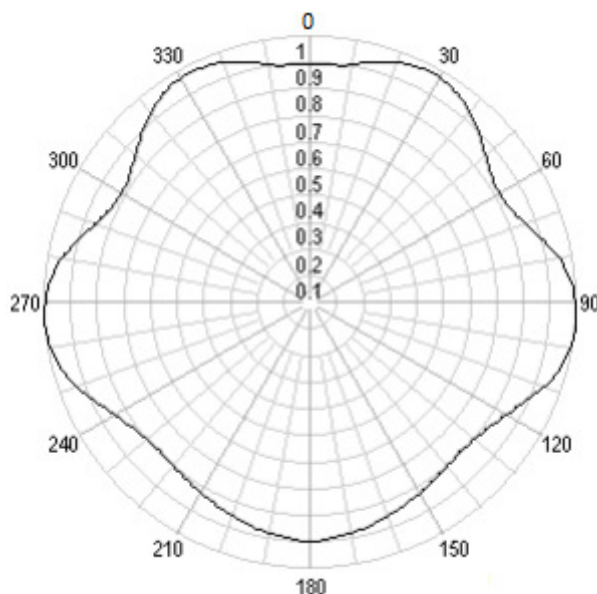


Figura 7 – Valor máximo da ERP estipulado pelo fabricante

Fonte: (<http://www.transtelconti.com.br/>).

4.3. Atenuação de potência e da intensidade de campo elétrico no espaço Livre

Mesmo em campos onde a visada é totalmente livre, existe uma atenuação devido ao fato das antenas, tanto receptoras como transmissoras, não possuírem diretividade infinita. Para obter o valor dessa atenuação devemos utilizar a equação 7, levando em consideração também o equipamento do telespectador, ou seja, devemos saber qual o ganho da antena de recepção (GRX) em dBi. Além desse valor, precisamos do valor do ganho da antena transmissora (GTX) também em dBi, a distância (d) entre os dois pontos em Km e a frequência utilizada (f) em Mhz.

$$\mathbf{Adbi = 32,44 + 20\log(f) + 20 \log(d) - GTX - GRX} \quad (7)$$

É importante ressaltar que essa fórmula só deve ser utilizada quando o campo de visão for livre entre as antenas. É interessante fazer testes em diversos pontos estratégicos da cidade, com equipamentos acessíveis aos futuros telespectadores, a fim de verificar a qualidade do sinal a partir do equipamento utilizado.

4.4. Atenuação de intensidade de campo elétrico

O campo elétrico (campo da força pela ação de cargas elétricas) também possui uma variação no espaço livre variando de acordo com distancia (d) em km e o valor da potencia efetiva irradiada que já foi calculada na seção 4.2 apenas considerando as perdas causadas pela linha de transmissão. Para isso devemos utilizar a equação 8:

$$E_{max}=106,9-20 \log (d) + 10\log(ERP) \quad (8)$$

A intensidade do campo elétrico (E_{max}) diminui conforme aumenta a distancia, como podemos observar na figura 8.

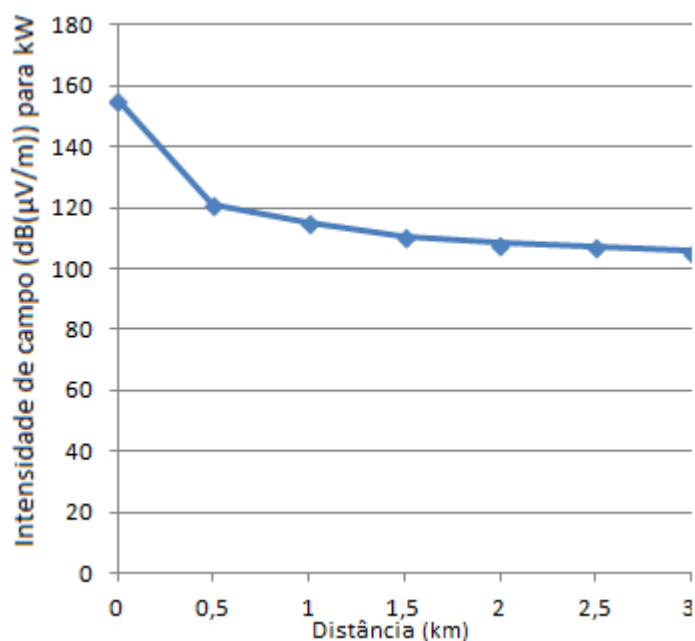


Figura 8 - Curva da intensidade de campo elétrico.

Fonte: Autoria Própria.

6 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO

* CANAL ANALÓGICO OUTORGADO (QUANDO EXISTIR PARALELISMO)

6.1 - CANAL DBC 08 CLASSE 6.2 - FREQUÊNCIAS EXTREMAS 6.3 - ERP(máx)/150 m (PBTV)

- MHz kW

* CANAL DIGITAL

6.4 - CANAL 08 CLASSE 6.5 - FREQUÊNCIAS EXT. 6.6 - ERP(máx)/150 m (PBTVD)

- MHz kW

6.7 - INTERVALO DE GUARDA 6.8 - CÓD. ERRO (FEC) 6.10 - MODO DE TRANSMISSÃO

/ 1 2 3

7 - TRANSMISSOR PRINCIPAL

7.1 - FABRICANTE

7.2 - MODELO

7.3 - POT. DE OPERAÇÃO (vódeo) 7.4 - CERTIFICAÇÃO (Anexar cópia)

kW

8 - TRANSMISSOR AUXILIAR

8.1 - FABRICANTE

8.2 - MODELO

8.3 - POT. DE OPERAÇÃO (vódeo) 8.4 - CERTIFICAÇÃO (Anexar cópia)

kW

9 - ANTENA

9.1 - FABRICANTE

9.2 - MODELO

9.3 - BEAM-TILT

°

9.4 - G_{max}

dBd

9.5 - AZIMUTE DO 0° DA ANTENA

°

9.6 - C_{ap} 9.7 - H_{cap} 9.8 - H_{cap} 9.9 - H_{y}

metros metros metros metros

9.9 - POLARIZAÇÃO

H V C E

10 - LINHA DE TRANSMISSÃO

10.1 - FABRICANTE

10.2 - MODELO

10.3 - COMPRIMENTO (L)

metros

10.4 - IMPED. CARAC

Ohms

10.5 - ATENUAÇÃO (A_L)

dB/100m

ESTUDO TÉCNICO

11 - PERDAS NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO (P_D)

11.1 - Comprimento da linha (L): _____ metros

11.2 - Atenuação em 100 metros (A_L): _____ dB

11.3 - Perdas na linha ($P_L = \frac{L \cdot A_L}{100}$): _____ dB

11.4 - Perdas acessórias (conectores e divisores) (P_C): _____ dB

11.5 - Perdas totais na linha ($P_D = P_L + P_C$): _____ dB

11.6 - Perdas na linha ($P_V = 10^{\frac{P_D}{10}}$): _____ vezes

11.7 - Eficiência da linha ($E_p = 1 / P_V$): _____

12 - POTÊNCIA EFETIVA IRRADIADA MÁXIMA (ERP_{MAX})

$$ERP_{\text{MAX}} = P_T \times G_{\text{TMAX}} \times E_p = \text{_____} \times \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} \text{ kW}$$

Onde: P_T : Potência de saída do transmissor, em kW.

G_{TMAX} : Ganho máximo do sistema irradiante, em vezes ($G_{\text{TMAX}}(\text{vódeo}) = 10^{\frac{G_{\text{TMAX}}(\text{dBd})}{10}}$).

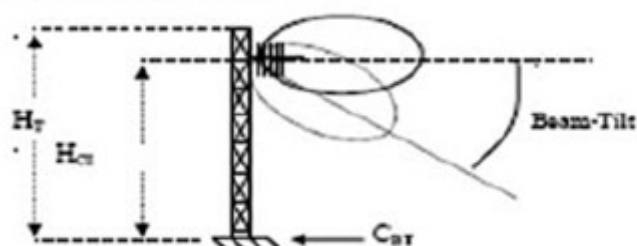
E_p : Eficiência da linha de transmissão.

Figura 10 - Formulário de Informações Técnicas 2

Fonte: MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2010.

16 - INFORMAÇÕES ADICIONAIS
(INFORMAR AQUI QUALQUER OBSERVAÇÃO ADICIONAL QUE O PROJETISTA CONSIDERE RELEVANTE)

17- LEGENDA / DEFINIÇÕES



- $H_{\text{SIST}} = C_{\text{BT}} + H_{\text{CI}} - N_{\text{MT}}$
 - H_{SIST} : Altura do centro de irradiação do sistema irradiante em relação ao nível médio do terreno, no azimute considerado.
 - C_{BT} : Cota da base da torre em relação ao nível do mar.
 - H_{CI} : Altura do centro geométrico do sistema irradiante em relação à base da torre.
 - N_{MT} : Nível médio do terreno no azimute considerado.
 - $\left(\frac{E}{E_{\text{MAX}}}\right)^2$: Ganho do sistema irradiante no azimute considerado.
- OBS.: $\left(\frac{E}{E_{\text{MAX}}}\right)^2 = \left(\frac{EH}{E_{\text{MAX}}}\right)^2 \times \left(\frac{EV}{E_{\text{MAX}}}\right)^2$
- $\left(\frac{EV}{E_{\text{MAX}}}\right)^2 = 1$, para inclinação do feixe principal (beam-tilt) = 0°
- ERP_{AZ} (potência proposta por azimute) = $ERP_{\text{MAX}} \times \left(\frac{E}{E_{\text{MAX}}}\right)^2$

C/E	Comercial / Educativo.
G_{TMAX}	Gain máximo do sistema irradiante.
C_{BT}	Cota da base da torre em relação ao nível do mar.
$H_{\text{CI}(P)}$	Altura do centro de irradiação do sistema irradiante principal em relação à base da torre.
$H_{\text{CI}(A)}$	Altura do centro de irradiação do sistema irradiante auxiliar em relação à base da torre.
H_T	Altura física da estrutura de sustentação dos sistemas irradiantes em relação à sua base.

Figura 12 - Formulário de Informações Técnicas 4

Fonte: MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2010.

Cada Transmissora e Retransmissora deverá preencher estes formulários para solicitar a autorização do projeto de instalação da estação e utilização de equipamentos da RTV para fins de aprovação, enviar ao Ministério das Telecomunicações, na Secretaria de Serviços de Comunicação Eletrônica, Departamento de Outorga de Serviços de Comunicação Eletrônica.

5. CONCLUSÃO

Podemos concluir ao final deste trabalho que Transmissão Digital é muito mais que uma imagem com qualidade superior à recebida pela Transmissão Analógica. Existe, antes do que podemos visualizar em nossas TV's, todo um processo que torna possível a imagem gerada ser transportada e recebida em nossos aparelhos. Porém, ainda há um longo caminho e um árduo trabalho até que seja possível todo esse processo se tornar acessível, em transmissão aberta, para todo o povo brasileiro, principalmente em cidades pequenas com baixo número de habitantes, como Inconfidentes, além de outras características tais como as condições financeiras da população brasileira e ao alto investimento que deve ser realizado em cada estação transmissora.

A TV Digital é uma realidade, ainda que com previsões para sua implantação até o ano de 2016 para todo o Brasil. É, também, um assunto muito delicado, levando em consideração que as promessas do Governo são de que até esta data haverá cobertura Digital em todo o território brasileiro, devido às questões mencionadas acima.

Enfim, sendo nesta data ou em outra qualquer, podemos verificar com este trabalho quais são os passos necessários para a implantação da Transmissão Digital, além do mesmo se mostrar um ponto inicial de estudo, especificamente para esta cidade, quando a TV Digital se tornar uma realidade nacional.

REFERÊNCIAS

ADTHEC ENGENHARIAS & SISTEMAS. Disponível em:
<<http://www.adtech.ind.br/>> Acesso em: 8 abr. 2013

BAHAI, A. R. and SALTZBERG B. R. **Multi-Carrier Digital Communications - Theory and Applications of OFDM**, Kluwer Academic, 1999 *apud* PAIVA, M. C. **Uma implementação em software do subsistema de transmissão do padrão ISDB-Tb.** 2010. 168f. Dissertação (Mestrado em Telecomunicações) - INATEL, Santa Rita do Sapucaí, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Diário Oficial da União- DOU 2010**, de 5 de abril de 2010. Diário Oficial da União. Formulário de Informações Técnicas, 63, n. 1677-7042, p. 117-121, Abril de 2010.

BRASIL. **Resolução 583**, de 27 de março de 2012. **Resolução 583. Resolução 583**, Brasília, n. 284, p. 1-10, Março de 2012.

CARVALHO NETO, Alfredo de. **Tutoriais Sobre TV Digital. Teleco.** Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtvdentr2/pagina_2.asp> Acesso em: 15 jan. 2013

Departamento de Engenharia Eletronica e Computação- UFRJ 2004. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/tv-digital/index.html> Acesso em: 25 jan. 2013

DONZELLI, V. A. **Polarização Elíptica: Influência no desempenho de cobertura da TV digital.** 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Mackenzie, São Paulo, 2011.

DUARTE, Cândido. responsável geral pela transmissão do Sinal Digital da TV Canção Nova, localizada em Cachoeira Paulista, SP. **Entrevista**, abril de 2013.

FAGIANI, A. **TV Digital. TV Digital**, INATEL, n.1, p.48, 2012.

JUNIOR, H. C. **Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital. Sistema de Transmissão no Padrão Brasileiro de TV Digital**, Departamento de Engenharia de Telecomunicações Universidade federal Fluminense, n.1, p.8, 2012.

MALBURG, Maria Moura. **Modulação.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/Modulacao/. Acesso em abril de 2013.

NASCIMENTO, E. **Cabo coaxial - atenuação**, 2008. Disponível em www.nascimentoantenista.com.br/2008/08/cabo-coaxial-atenuao.html. Acesso em: 04 de maio de 2013.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/Modulacao/index.html#Topic17 Acesso em: 25 jan. 2013

PAES, A., **Padrões de Middleware para Tv Digital**. 2005. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtvdpadrao/default.asp>

PAIVA, M. C. Uma implementação em software do subsistema de transmissão do padrão ISDB-Tb. 2010. 145f. Dissertação (Mestrado em Telecomunicações) – INATEL, Santa Rita do Sapucaí, 2010.

REZENDE, E. V. e CORREIA, M. P. H.64: Uma Breve Discussão acerca da Codificação de Vídeo; IN: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação e Engenharia, Blumenau, SC, outubro de 2011. Disponível em www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1828.pdf.; Acesso em: 20 de janeiro de 2013.

TRANSTEL. Disponível em: <http://www.transtelconti.com.br/> Acesso em: 8 abr. 2013.