

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA DE CANAIS DE TV DIGITAL

Paulo Henrique da Fonseca SILVA (1); Valdery SOUSA (2);

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba

Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado

Av. 1º de Maio, 720 Jaguaribe, CEP: 58015-430 – João Pessoa, PB, Brasil

(1) e-mail: henrique@cefetpb.edu.br

(2) e-mail: yredlav3@yahoo.com.br

RESUMO

Neste artigo descreve-se o uso de ferramentas numéricas para a simulação computacional de estudos de viabilidade técnica de canais de televisão digital (TVD). As áreas de cobertura e os campos interferentes de estações de TV digital foram calculados levando-se em conta as características dos canais digitais, bem como, o relevo na localidade de cada estação. A implementação computacional foi fundamentada no modelo de previsão ponto-área de intensidade de campo elétrico da Recomendação UIT-R P.1546 (União Internacional de Telecomunicações – Setor de Radiocomunicações). Nas simulações foram considerados os canais previstos no PBTVD (Plano Básico de Distribuição de Frequências de TV Digital) da Anatel (Agência nacional de Telecomunicações). As ferramentas numéricas desenvolvidas podem ser aplicadas para a inclusão/alteração de canais no PBTVD. Um estudo de viabilidade técnica foi realizado levando-se em conta o canal 15 de TV digital previsto no PBTVD para o município de João Pessoa/PB. Neste caso, considerou-se o canal relevante 15 de TV digital do município de Recife/PE, que apresenta interferência co-canal com o canal 15 de João Pessoa. Para a validação dos modelos/métodos implementados, realizou-se um estudo comparativo, utilizando como valores de referência os resultados teóricos obtidos através da ferramenta SIGAnatel – Sistema de Informações Geográficas da Anatel.

Palavras-chave: Sistemas de radiodifusão, propagação, TV digital.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, os estudos para a viabilização técnica de canais foram realizados com o auxílio de tabelas, curvas, cartas geográficas, calculadoras, etc. Contudo o uso destas ferramentas para a obtenção dos dados necessários a um projeto de radiodifusão (perfil do terreno, potência do sinal, contornos de serviço, campos interferentes, etc.) impõe aos engenheiros projetistas um trabalho minucioso, desde que, uma série de erros pode ser cometida durante a execução do modelo de previsão. Por outro lado, o uso destes procedimentos manuais responde pela maior parte do tempo gasto na realização dos estudos de viabilidade técnica.

Recentemente, a Anatel disponibilizou *on-line* em seu sítio na Internet a ferramenta SIGAnatel – um módulo de cálculo de viabilidade técnica, que reduz em até 70% o tempo gasto para a realização de estudos de viabilidade de sistemas de radiodifusão [1]. A ferramenta SIGAnatel permite estudos de viabilidade técnica para a inclusão de novos canais e para a alteração dos canais previstos nos seguintes Planos Básicos de Distribuição de Frequências: de televisão em VHF e UHF (PBTv), de retransmissão de televisão em VHF e UHF (PBRTv), de canais de televisão digital (PBTvD), de televisão por assinatura em UHF (PBTvA), e de radiodifusão sonora em frequência modulada (PBFM) [2].

Entre as funcionalidades da ferramenta SIGAnatel destaca-se, por exemplo, a visualização de mapas com divisões políticas do Brasil e da América Latina, incluindo imagens de satélite e perfis de terreno. Esta ferramenta acessa o banco de dados da Anatel, em tempo real, buscando informações técnicas dos canais dos Planos Básicos, realizando o cálculo dos parâmetros necessários para o estudo de viabilidade, tais como: distância ortodrômica, ângulo de azimuth, nível médio de radial (NMR), contorno protegido e contorno interferente. A ferramenta SIGAnatel utiliza as curvas de intensidade de campo apresentadas na Recomendação UIT-R P.1546, que apresenta um método de previsões ponto-área para serviços terrestres, na faixa de 30-3000 MHz [3].

Este artigo descreve o uso de técnicas numéricas para a solução computacional dos problemas encontrados durante o cálculo de viabilidade de canais de TV digital. O objetivo é o desenvolvimento de ferramentas numéricas próprias capazes de incluir as características dos canais digitais, bem como, as características do relevo na localidade de cada estação. Em particular, foram implementados os seguintes modelos e métodos: i) o modelo da Recomendação UIT-R P.1546-1 utilizado no Brasil desde o ano de 2006, conforme estabelecido na Resolução nº 398, de 7 de abril de 2005 da Anatel, que fornece os valores de intensidade de campo em função da distância a uma antena emissora e da altura desta acima do nível médio do terreno; ii) o método de Newton [4] usado para a solução do sistema de equações não-lineares do modelo que fornece a distância ortodrômica e o ângulo de azimuth entre dois pontos localizados através de suas coordenadas geográficas na superfície terrestre; iii) o método da falsa posição, usado para a determinação das distâncias aos contornos protegido e interferente de uma estação de TV digital.

Nos estudos de viabilidade técnica foram considerados alguns canais de TV digital previstos no PBTvD para os municípios de João Pessoa e Recife. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados teóricos fornecidos pela ferramenta SIGAnatel.

Nas seções seguintes serão descritos de forma sucinta os principais aspectos relacionados ao estudo de viabilidade de canais de TV digital. A seção 2 descreve o regulamento técnico para estações de TV digital. A seção 3 descreve a metodologia utilizada em conjunto com as facilidades da ferramenta SIGAnatel. A seção 4 apresenta os resultados numéricos obtidos para um estudo de caso considerando o canal 15 [TVd] previstos no PBTvD para os municípios de João Pessoa e Recife. Enfim, as conclusões são apresentadas, bem como, as referências utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

2. REGULAMENTO TÉCNICO PARA ESTAÇÕES DE TV DIGITAL

As implementações computacionais realizadas neste estudo seguem a Resolução nº 398 (2005) da Anatel, que estabelece os critérios técnicos para a elaboração de projetos de viabilidade de canais digitais no PBTvD. A Recomendação UIT-R P.1546-1, [3], que serve de base para esta Resolução da Anatel, também foi considerada. A metodologia proposta possibilita os estudos envolvendo canais digitais, de forma rápida e precisa, com auxílio da ferramenta SIGANATEL, que fornece as informações geográficas necessárias. Os modelos/métodos numéricos usados foram implementados em linguagem Matlab® [7].

2.1. Critérios Técnicos para a Inclusão/Alteração de Canais de TV Digital

O PBTVD estabelece a canalização para canais de TV Digital na faixa alta de VHF (*Very High Frequency*), que inclui os canais 7 (174~180 MHz) até o 13 (210~216 MHz), e na faixa de UHF (*Ultra High Frequency*), que inclui os canais 14 (470~476 MHz) até o 59 (740~746 MHz). Portanto, cada canal de TV digital possui uma largura de banda de 6 MHz.

Uma estação de TV digital pode ser classificada em Classe Especial, Classe A, Classe B e Classe C, de acordo com: (i) o valor máximo de potência efetiva irradiada (e.r.p. – *effective radiated power*); (ii) a altura de referência adotada (HNMT – altura do centro de irradiação da antena sobre o nível médio do terreno); (iii) a distância máxima ao contorno protegido. Para o enquadramento de classe, a estação digital é identificada a partir da radial de maior potência efetiva irradiada referida a uma altura HNMT de 150 metros.

Todo canal digital é protegido contra interferências prejudiciais dentro da área delimitada pelo seu contorno protegido, que corresponde ao lugar geométrico dos pontos onde a intensidade de campo de seu sinal apresenta os seguintes valores: 43 dB μ V/m para canais VHF e 51 dB μ V/m para canais UHF [5].

A proteção dos canais digitais é considerada assegurada para um serviço livre de interferências quando, em seu contorno protegido, a relação entre o sinal desejado e cada um dos sinais interferentes tiver, no mínimo, o valor indicado na Tabela I para canais em VHF e UHF, em função do canal interferente [5].

Tabela 1 – Relações de Proteção (dB) para Canais em VHF e UHF

Canal interferente	Canal desejado = N		
	Digital sobre Analógico	Analógico sobre Digital	Digital sobre Digital
N (co-canal)	+ 34	+ 7	+ 19
N-1 (adjacente inferior)	- 11	- 26	- 24
N+1 (adjacente superior)	- 11	- 26	- 24

2.2. Levantamento do Nível Médio do Terreno

Nos cálculo da distância ao contorno protegido de uma estação de TV digital, utilizando o modelo de previsão ponto-área de intensidade de campo do sinal, considera-se um terreno plano de altitude conhecida. As informações de relevo do terreno são levantadas ao longo de trajetos radiais a partir do sistema irradiante da estação digital (ponto de origem). A primeira radial é definida na direção do Norte Verdadeiro (N.V.) [5].

Neste contexto, o nível médio de uma radial (NMR) é a média aritmética das altitudes do terreno em relação ao nível do mar (cotas), levantadas no trecho entre 3 e 15 quilômetros, na respectiva direção radial. Os valores de NMR devem ser levantados, no mínimo, para 12 radiais, com espaçamento angular de 30° entre si, e considerando pelo menos 50 cotas igualmente espaçadas por radial.

Por sua vez, define-se o nível médio do terreno (NMT) como a média aritmética dos níveis médios das radiais. O uso do parâmetro NMT possibilita a consideração de terreno plano de altitude conhecida. Através do NMT calcula-se a altura de referência HNMT, definida através de (1).

$$h_1 = HNMT = HBT + HCI - NMT \quad (1)$$

em que, HBT é a altura da base da torre em relação ao nível do mar; HCI é a altura da torre de sustentação até o centro geométrico da antena do sistema irradiante da estação radiodifusora. A altura de referência HNMT também é referida com o símbolo h_1 na Recomendação UIT-R P.1546.

2.3. Curvas de Intensidade de Campo

A Resolução nº 398 (2005) da Anatel estabeleceu a adoção exclusiva, a partir do ano de 2006, da Recomendação UIT-R P.1546-1. As tabelas com os valores de intensidade de campo são dadas como uma função da distância no Anexo 4 à Resolução nº 398. Dois tipos de curvas de intensidade de campo são considerados para um trajeto terrestre: E(50,90) e E(50,10), correspondendo à intensidade de campo excedido em 50% das localidades, em 90% e 10% do tempo, respectivamente.

As curvas E (50,90) são usadas no cálculo das distâncias aos contornos protegidos. As curvas E (50,10) são usadas para determinar as distâncias aos contornos interferentes e para calcular as intensidades de campo dos sinais interferentes das estações digitais. Estas curvas de propagação são encontradas na Recomendação UIT-R P.1546-1. Os valores de intensidade de campo são tabelados na Resolução nº 398 (2005) da Anatel.

As curvas de propagação são baseadas em dados medidos e representam os valores de intensidade de campo para uma potência irradiada efetiva de 1 kW (e.r.p.) nas frequências nominais de 100, 600 e 2000 MHz, respectivamente, em função de diversos parâmetros. A Recomendação UIT-R P.1546-1 possibilita a obtenção de valores mais precisos mediante interpolações em função de valores nominais de frequência, HNMT, distância, porcentagem de tempo, etc. Além disso, um modelo matemático de previsão ponto-área da intensidade de campo é descrito, possibilitando a sua implementação computacional.

De fato, este modelo foi implementado em Matlab®. Os resultados obtidos para as curvas E(50,10), considerando-se um trajeto terrestre e uma frequência de 600 MHz, são apresentados na Figura 1. As curvas indicam os valores de intensidade de campo em dB acima de $1\mu\text{V/m}$ ($\text{dB}\mu$), para uma e.r.p. de 1kW, irradiada de um dipolo de meia onda no espaço livre, que produz uma intensidade de campo não atenuada de 221,4 mV/m (aproximadamente 107 $\text{dB}\mu$) a 1 km da antenna transmissora. Verifica-se que há excelente concordância entre os valores calculados aqui e os valores tabelados na Resolução nº 398 (2005).

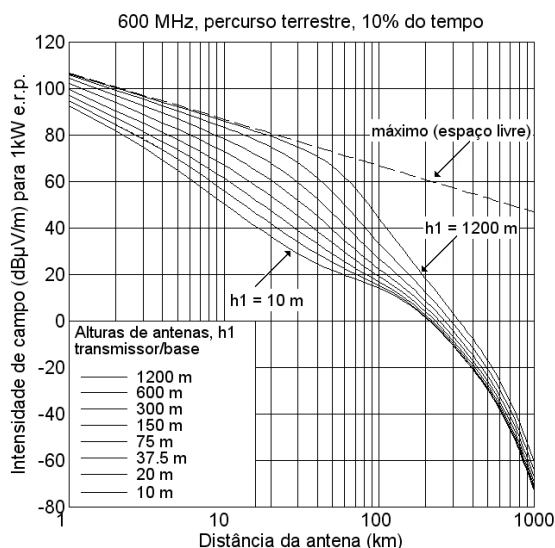


Figura 1 Curvas E(50,10) para percurso terrestre, 600 MHz, em função da distância da antenna e da altura h_1 , e considerando-se 1 kW e.r.p.: (---) valor máximo no espaço livre; (—) valores calculados, modelo de previsão da Recomendação UIT-R P.1546-1; (...) valores tabelados, Resolução nº 398 (2005).

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada baseia-se nas funcionalidades da ferramenta SIGAnatel, para a localização geográfica de canais previstos no PBTVD, cálculo de distâncias ortodrômicas, ângulos de azimute, NMT, bem como, para o estudo teórico de viabilidade técnica dos canais digitais. Os dados do Sistema de Informações Geográficas da Anatel foram incluídos no modelo de previsão de intensidade de campo, possibilitando a verificação da influência do relevo na localidade de cada estação nos seus contornos protegidos e interferentes.

3.1. Localização de um Canal Existente

O primeiro passo na simulação do estudo de viabilidade técnica consiste na localização de um canal digital previsto no PBTVD. Neste estudo de caso, considerou-se o canal de TV digital 15D (476~482 MHz) previsto para o município de João Pessoa/PB, cuja localização geográfica (projeção: geográfica, Datum: WGS-84) foi obtida no SIGAnatel, com os seguintes valores: (07°S02'29'',00; 34°W50'12'',00). A partir da localização do canal e para utilização do método gráfico foram traçadas as radiais de referência 1 e 4 a partir do ponto de origem (canal 15 João Pessoa/PB [TV-D]). O valor da distância ao contorno protegido obtida foi de 41,086 km. A Figura 2(a) reproduz os resultados obtidos com o uso do SIGAnatel.

3.2. Levantamento de Radiais

Nesta metodologia, o banco de dados de relevo do SIGAnatel é usado para o levantamento das radiais. Nos trajetos através das direções radiais são levantados os perfis altimétricos do terreno entre 2 e 15 Km a partir do ponto de origem. De posse destes valores, calcula-se o nível médio de cada radial (NMR) através da média aritmética das cotas do terreno.

Inicialmente, as coordenadas geográficas dos pontos extremos das radiais partindo do ponto de origem foram determinadas através de regra de três simples (2) e (3) a partir das radiais de referência 1 (0°) e 4 (90°).

$$\ell a_r = \ell a_0 + (\ell a_1 - \ell a_0) \cdot \cos(az) \quad (2)$$

$$\ell o_r = \ell o_0 + (\ell o_4 - \ell o_0) \cdot \sin(az) \quad (3)$$

em que, $(\ell a_r, \ell o_r)$, $r \leq 12$, são as coordenadas geográficas (latitude, longitude) do extremo de cada radial r ; az é o ângulo de azimuth do ponto de origem. Os resultados calculados através de (2) e (3) e usando a simetria do problema serviram para aproximar as radiais com distância fixa da estação em torno de 15,1 km. A Figura 2(b) mostra as radiais obtidas, através do método gráfico usando o SIGAnatel, considerando-se o ponto de origem na localidade do canal 15D João Pessoa/PB [TVD] previsto no PBTVD.

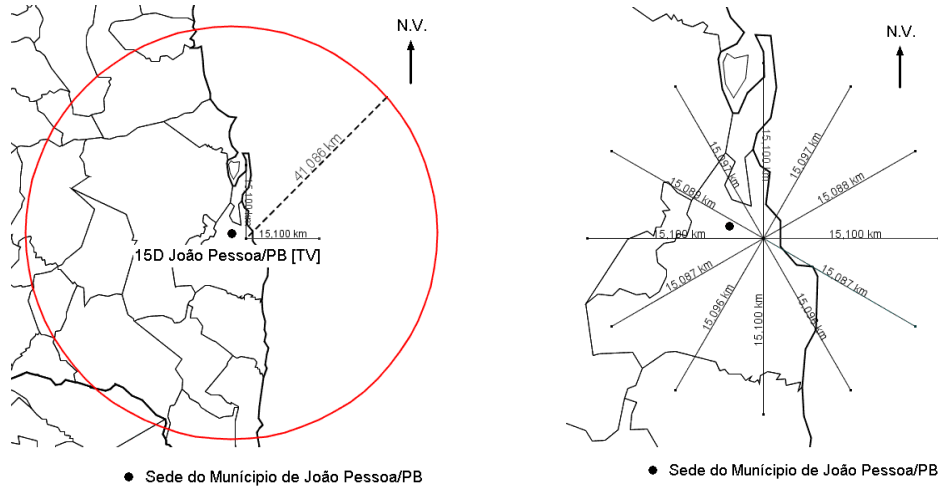


Figura 2 Localização geográfica do canal de TV digital 15D no município de João Pessoa. Localização de 12 radiais, com espaçamento de 30° entre si, na localidade do canal 15D João Pessoa/PB [TVD].

De uma forma mais rigorosa, as radiais são calculadas através dos modelos de distância ortodrômica (4-5), dado em [6], e de ângulo de azimuth (6-7). Estes modelos foram avaliados numericamente com o Matlab®.

$$D = 111,1775 \cdot \Delta^\circ \quad (4)$$

$$\Delta^\circ = \cos^{-1}(\Gamma) \quad (5)$$

$$\Gamma = \sin \ell a_A \sin \ell a_B + \cos \ell o_A \cos \ell o_B \cos(\ell o_B - \ell o_A) \quad (6)$$

$$az_A = \pi - \Phi \quad \text{e} \quad az_B = 2\pi - \Phi \quad (7)$$

$$\Phi = \cos^{-1}(\Psi) \quad (8)$$

$$\Psi = \frac{\sin \ell a_B - \sin \ell a_A \cos \Delta}{\sin \Delta \cos \ell a_A} \quad (9)$$

em que, Δ° é o arco do círculo máximo dado em graus; az_A , az_B , $(\ell a_A, \ell o_A)$ e $(\ell a_B, \ell o_B)$ simbolizam os ângulos de azimuth (medidos no sentido horário), as latitudes e longitudes da extremidades A e B de uma dada radial, respectivamente. Conforme a definição de ângulo de azimuth, a extremidade B corresponde ao ponto situado mais à direita em relação ao meridiano de Greenwich. O ângulo Φ é o ângulo que a radial faz com o norte verdadeiro (N.V.) no ponto B (medido no sentido anti-horário). A Figura 3 ilustra estas definições.

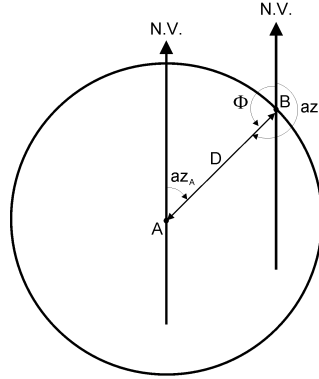


Figura 3 Distância ortodrômica D e ângulos de azimuth de uma radial

As coordenadas geográficas que definem as 12 radiais necessárias à computação do parâmetro NMT, foram calculadas através da solução numérica, através do método de Newton, do sistema não-linear formado pelas equações (10) e (11).

$$f_1(\ell a_B, \ell o_B) = Cr - 111,1775 \cdot \cos^{-1}(\Gamma) = 0 \quad (10)$$

$$f_2(\ell a_B, \ell o_B) = \Phi r - \cos^{-1}(\Gamma) = 0 \quad (11)$$

em que, Cr é o comprimento da radial r e Φ é o ângulo que define os azimuths da mesma. A partir do método iterativo de Newton uma sequência convergente de aproximações é encontrada para o sistema não-linear (10-11) através da relação recursiva (12).

$$\mathbf{x}^{(p+1)} = \mathbf{x}^{(p)} - \mathbf{J}^{-1}(\mathbf{x}^{(p)})\mathbf{F}(\mathbf{x}^{(p)}) \quad (12)$$

em que, $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \ell a_B \\ \ell o_B \end{bmatrix}$, $\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}$ e $\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \ell a_B} & \frac{\partial f_1}{\partial \ell o_B} \\ \frac{\partial f_2}{\partial \ell a_B} & \frac{\partial f_2}{\partial \ell o_B} \end{bmatrix}$ é a matriz Jacobiana.

3.3. Cálculo da Distância a um Contorno

O cálculo da distância a um contorno protegido (C_p) ou interfrente (C_i) envolve o cálculo das raízes das equações não lineares (13-14).

$$f(d_{C_p}) = C_p - E(50,50) = 0 \quad (13)$$

$$f(d_{C_i}) = C_i - E(50,10) = 0 \quad (14)$$

Neste estudo, os valores de intensidade de campo foram obtidos através da implementação computacional do modelo descrito em [3]. Através do método da Falsa Posição as soluções de (13-14) foram encontradas. Este método usa apenas os valores das funções $E(50,90)$ e $E(50,10)$. Neste caso, as soluções iterativas foram obtidas através das relações recursivas (15-16).

$$d_{Cp}(n+1) = d_{Cp}(n) - \frac{f(d_{Cp}(n)) \cdot (d_{Cp}(n) - d_{Cp}(0))}{f(d_{Cp}(0)) - f(50,50, d_{Cp}(n))} \quad (15)$$

$$d_{Ci}(n+1) = d_{Ci}(n) - \frac{f(d_{Ci}(n)) \cdot (d_{Ci}(n) - d_{Ci}(0))}{f(d_{Ci}(0)) - f(50,10, d_{Ci}(n))} \quad (16)$$

em que, d_{Cp} e d_{Ci} correspondem às distâncias aos contornos protegido e interferente, respectivamente; $n = 0,1,\dots,N_{máx}$; $N_{máx}$ é o número máximo de iterações.

4. RESULTADOS NUMÉRICOS

4.1. Levantamento de Radiais

A Tabela 1 apresenta os valores das coordenadas geográficas obtidas através do método gráfico com auxílio da ferramenta SIGAnatel. Os valores calculados através de (4-9) para as distâncias ortodrômicas e ângulos de azimuth de cada radial também são listados na Tabela 1. Verifica-se a ocorrência de diferenças pequenas entre os resultados do método gráfico e os respectivos valores calculados.

A Tabela 1 também compara os valores dos parâmetros NMR e NMT, obtidos através de relatórios e arquivos de dados gerados pelo SIGAnatel. A título de comparação, os valores de NMR foram calculados a partir dos dados gerados pelo SIGAnatel e usando os critérios estabelecidos em [5].

Tabela 2 – Levantamento de Radiais – SIGANATEL

TVD canal 15 João Pessoa/PB			SIGAnatel		Calculado	
RADIAL	Latitude	Longitude	Dr (km)	NMR	Dr (Km)	NMR
1	06S5917,45	34W5012,00	15,100	4,000	15,190	4,433
2	07S0023,30	34W4606,22	15,097	0,000	15,160	0,000
3	07S0323,22	34W4306,30	15,088	0,000	15,100	1,000
4	07S0729,00	34W4159,90	15,100	0,000	15,090	0,000
5	07S1134,78	34W4306,30	15,087	0,000	15,100	0,619
6	07S1434,70	34W4606,22	15,095	15,000	15,160	15,694
7	07S1540,55	34W5012,00	15,100	30,000	15,190	30,403
8	07S1434,70	34W5417,78	15,095	34,000	15,160	34,157
9	07S1134,78	34W5717,70	15,087	40,000	15,100	40,425
10	07S0729,00	34W5824,10	15,100	26,000	15,090	26,649
11	07S0323,22	34W5717,70	15,088	9,000	15,100	9,769
12	07S0023,30	34W5417,78	15,097	27,000	15,160	27,836
NMT – Nível Médio do Terreno (m)				15,417		15,832

4.2. Estudo de Viabilidade Técnica do Canal 15 João Pessoa/PB [TVD]

Neste estudo de caso, considerou-se a viabilidade técnica do canal 15 de TV digital previsto no PBTVD para o município de João Pessoa/PB. Dentre os canais relevantes neste estudo, considerou-se o canal 15 de TV digital localizado no município do Recife/PE, que apresenta interferência co-canal com o canal 15 João Pessoa [TVD]. A Tabela 3 apresenta as características técnicas destas estações, obtidas através do SIGAnatel.

As distâncias aos contornos C_p e C_i foram encontradas usando o SIGAnatel em uma simulação de interferência co-canal entre os canais digitais TVD 15 dos municípios de João Pessoa e Recife. Por outro lado, os valores calculados foram obtidos através da aplicação do método da falsa posição (15)-(16) sobre o modelo da Recomendação UIT-R P.1546-1, considerando-se uma relação de proteção de 19,0 dB para interferência co-canal, um campo interferente de 32 dB μ (0,04 mV/m), e a frequência da portadora de vídeo do canal 15 da faixa de UHF (477,25 MHz) [5]. Os resultados são apresentados na Tabela 4. Os valores das distâncias aos contornos teóricos calculados são praticamente os mesmos daqueles obtidos através do SIGAnatel, com uma diferença entre as distâncias mínimas obtidas de 0,41%. Em todos os casos, levando-se em conta a distância existente entre as estações e os contornos teóricos obtidos, os resultados apontam para a inviabilidade do canal 15 de TV digital, devido à interferência co-canal.

Tabela 3 – Características técnicas das estações de TV digital

Canal 15 João Pessoa/PB [TVD]		
Localização	07S0729,00	34W5012,00
CLASSE A	e.r.p.max = 8,00 kW	HNMT = 150 m
Canal 15 Recife/PE [TVD]		
Localização	08S0339,00	34W5252,00
CLASSE A	e.r.p.max = 8,00 kW	HNMT = 150 m

Tabela 4 – Interferência co-canal entre canais UHF de TV digital

Interferência do canal 15D João Pessoa/PB no canal 15D Recife/PE (vice-versa)	Relatório SIGAnatel (km)	Calculado (km)
contorno protegido	42,510	42,553
contorno interferente	101,796	101,792
distância mínima	144,306	144,345
distância existente	104,622	104,190
viabilidade	inviável	inviável

A Figura 4(a) reproduz a simulação de viabilidade através do SIGAnatel. A Figura 4(b) ilustra o resultado do cálculo das distâncias d_{C_p} e d_{C_i} aos respectivos contornos através do método da falsa posição (15-16) sobre o modelo de previsão ponto-área de intensidade de campo da Recomendação UIT-R P1546-1.

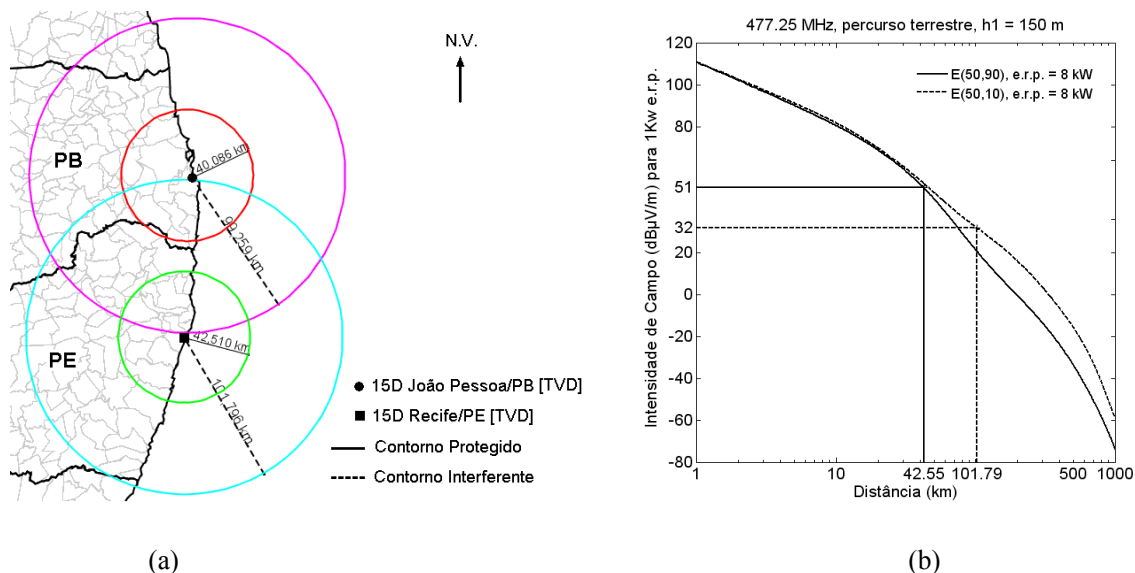


Figura 4 Distâncias aos contornos teóricos, protegido ($C_p = 51$ dB μ) e interferente ($C_i = 32$ dB μ), para interferência co-canal. (a) Resultados SIGAnatel. (b) Resultados calculados. (—) E(50, 90); (---) E(50, 10).

4.3. Influência do Relevo

A partir das informações de relevo nas localidades das estações, levando-se em conta 24 direções radiais, e usando as funções gráficas do Matlab®, foram traçados os perfis tridimensionais dos relevos (ver Figura 5). A influência do relevo nos contornos das estações digitais foi considerada neste estudo para uma altura de torre HCI = 100 m. A Figura 5 apresenta as deformações nos contornos protegido e interferente decorrentes da inclusão dos dados de relevo no modelo de previsão. Pode-se verificar que a intensidade de campo é menor nas direções radiais onde o relevo é mais proeminente. Este efeito pôde ser verificado mesmo para as cidades litorâneas de João Pessoa e Recife.

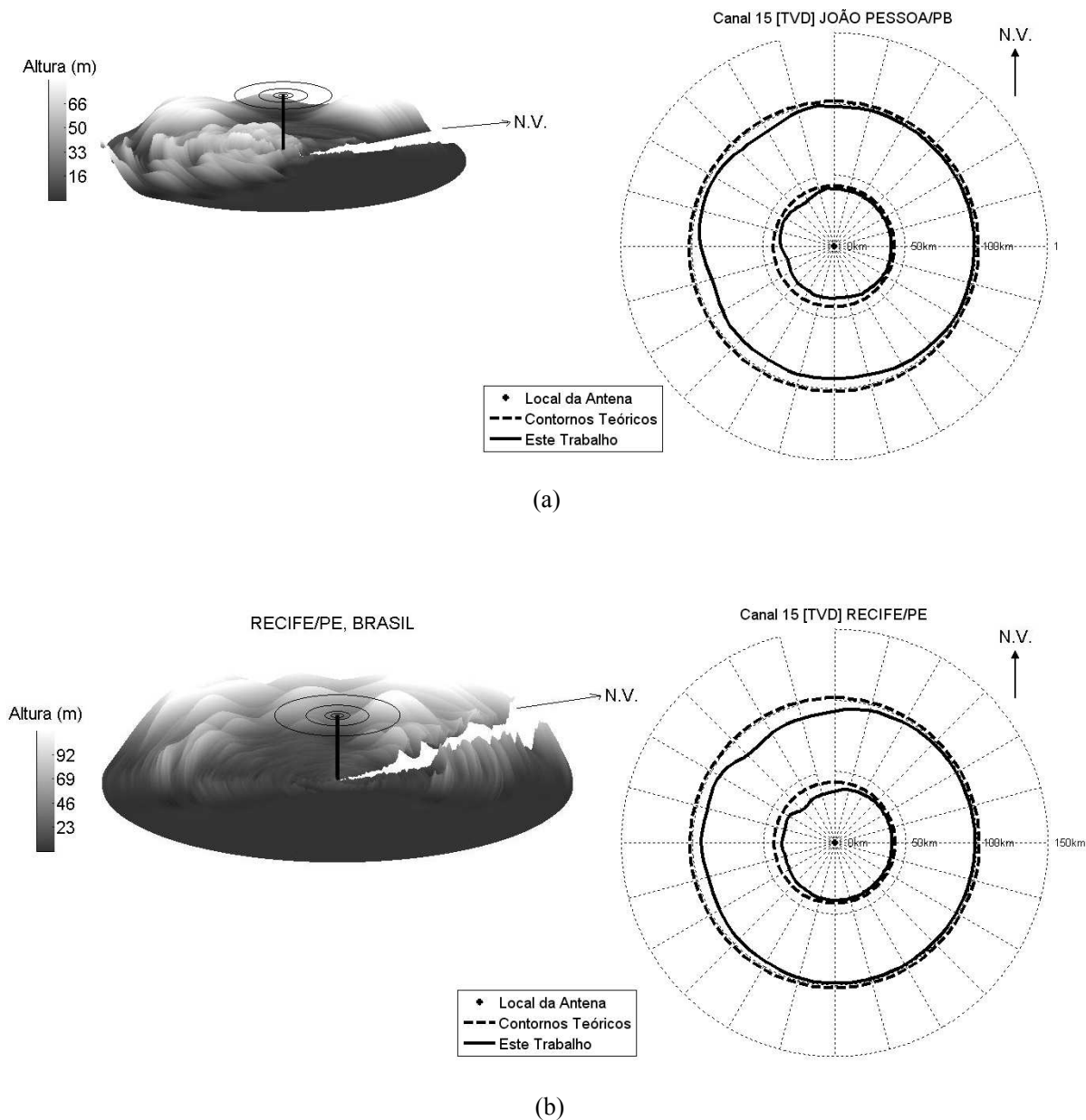


Figura 5 Relevo em torno das estações de TV digital e sua influência nos contornos destas estações
(a) Canal 15 João Pessoa/PB [TVD] (b) Canal 15 Recife/PE [TVD]

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, a ferramenta SIGAnatel em conjunto com os modelos/métodos numéricos implementados em Matlab[®] foi usada para o cálculo de viabilidade de canais de TV digital. No cálculo da distância teórica mínima necessária entre as estações com interferência co-canal, verificou-se uma diferença insignificante entre os resultados da ferramenta SIGAnatel e este trabalho. Contudo, na computação dos níveis médios das radiais, seguindo os critérios técnicos da Resolução nº 398 (2005) da Anatel, verificou-se um erro máximo em torno de 10% em relação aos valores do SIGAnatel, e em consequência, uma diferença de 2,6% nos valores obtidos para o nível médio do terreno da estação TVD 15 localizada em João Pessoa (ver Tabela 2).

Os métodos para o levantamento de radiais descritos neste artigo possibilitaram a inclusão de informações de relevo da base de dados do SIGAnatel no modelo de previsão da Recomendação UIT-R P.1546-1. Nos casos estudados, nas cidades litorâneas de João Pessoa e Recife, verificou-se que nas radiais onde o relevo é mais proeminente há uma redução na intensidade de campo irradiado. Com poucas modificações, os procedimentos descritos neste artigo podem ser aplicados a outros estudos de viabilidade para os planos básicos de distribuição de canais de televisão PBTV, PBRTV e PBTVA, bem como para o PBFM.

REFERÊNCIAS

- [1] SIGANATEL - Sistema de informações Geográficas (Ferramenta para Calculo de Viabilidade de Canais de Radiodifusão de TV e FM). Disponível em: <http://sistemas.anatel.gov.br/SIGAnatel/>. Acesso em: 20 abr 2007.
- [2] ANATEL, “Instruções para Utilização da Ferramenta de Calculo de Viabilidade de Canais de TV e FM”. disponível em <http://www.anatel.gov.br/radiodifusao/instrucoes/SIGAnatel.pdf>. Acesso em: 20 abr 2007.
- [3] Recomendação UIT-R P.1546-1, “Método de previsões pontuaria para serviços terrestres na faixa de frequências de 30 a 3000 MHz”. disponível em: www.anatel.gov.br/biblioteca/resolucao/2005/anexoi/res3982005.pdf. Acesso em: 15 abr 2007.
- [4] BARROSO, L. C. et al., “Calculo Numérico (Com Aplicações)”, 2a ed., São Paulo: Harbra, 1987.
- [5] RESOLUÇÃO ANATEL Nº 398/2005, 7/4/2005. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/biblioteca>. Acesso em: 10 abr 2007.
- [6] Resolução ANATEL nº 67/1998, 12/11/1998, Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/biblioteca>. Acesso em: 10 abr 2007.
- [7] MATLAB[®], The Language of Technical Computing, Version 7, Setembro, 2004, The MathWorks, Inc.