

6

Cálculo de cobertura de sistemas de TV Digital

Neste capítulo, os modelos desenvolvidos serão utilizados para a avaliação da cobertura de sistemas de TV digital na cidade de São Paulo. Partindo dos limiares de cobertura obtidos experimentalmente do modelo de Okumura-Hata e dos modelos propostos neste trabalho é realizado um estudo comparativo da cobertura obtida com cada um dos três sistemas utilizando a base de dados de 20 metros de resolução.

6.1. Aspectos Gerais

As vantagens da radiodifusão de TV Digital frente ao serviço de TV analógica já existente em todo o mundo são inúmeras [6]. Devem ser salientados a qualidade de serviço, os custos mais baixos e diversidade de programação possível.

Para os novos sistemas de TV digital existem dois sistemas de modulação propostos que são o de portadora única e o de múltiplas portadoras.

O sistema de modulação de portadora única trabalha com alta qualidade de transmissão de vídeo, áudio e dados utilizando a mesma banda do canal do sistema atual de TV. Este sistema tem uma taxa de transmissão de 19 Mbit/s numa banda de 6MHz atingindo taxas ainda mais elevadas em bandas de 7 e 8 MHz.

O sistema de multiportadoras foi idealizado originariamente para a banda de 8 MHz do canal de UHF usado na Europa, mas tem sido adaptado para os canais de 7 e 6 MHz utilizados em outros sistemas. Dependendo da escolha da codificação e os parâmetros de modulação as taxas de transmissão variam de 20 a 30 Mbit/s.

Para operação em rede pode-se construir sistemas de frequência única (SFN – Single Frequency Network), uma característica da modulação COFDM (tanto no DVB como no ISDB). Neste caso, em vez de se ter uma única antena transmissora de grande potência cobrindo uma vasta região ter-se-ia uma rede de transmissoras

de pequena potência em configuração celular, mas operando no mesmo canal e transmitindo o mesmo conteúdo da forma mais sincronizada possível. A distribuição das programações entre as transmissoras pode ser feita através de qualquer meio, como por exemplo, através de uma rede pública ATM, SDH ou mesmo PDH. A sincronização da transmissão das antenas é obtida com o empacotamento das informações em megaquadros e o uso de rótulos de tempo para sincronizar o início de transmissão dos mesmos. O relógio dos transmissores é sincronizado através de um satélite. Do lado da recepção, os sinais provenientes das diferentes antenas transmissoras provavelmente chegarão com uma pequena defasagem entre si e com diferentes amplitudes. O COFDM é capaz de lidar com os ecos usando o recurso do intervalo de guarda e, portanto, permite a recepção de sinais de uma rede SFN [9]. As vantagens e desvantagens de uma configuração desse tipo ainda não estão totalmente exploradas. Como pontos positivos, verifica-se a necessidade de menor potência localizada, uma melhor cobertura, particularmente em regiões com muitos acidentes geográficos, e a possibilidade de um serviço mais confiável, no caso de recepção móvel, ao minimizar as lacunas de cobertura. Se for estabelecido um canal de retorno próprio à mesma rede que suporta as antenas transmissoras pode ser utilizada para suportar as antenas receptoras da emissora. Como pontos negativos, a implantação de uma rede de antenas transmissoras pode tornar-se economicamente mais onerosa e tecnicamente mais complexa do que um sistema com antena centralizada.

Quanto aos tipos de interferência a considerar, podemos qualificá-la em três tipos [13]:

- Interferência do Sistema Digital no Analógico: A degradação produzida em um sinal analógico interferido por um sinal digital modulado é devido principalmente a canais interferentes do tipo co-canal e canais adjacentes superior e inferior.

- Interferência do Sistema Digital em outro Sistema Digital: Esta interferência é produzida principalmente por um sinal co-canal.

- Interferência do Sistema Analógico no Sistema Digital: Interferência produzida também por um sinal co-canal.

Em todos esses casos de interferência, utiliza-se uma medida de avaliação do parâmetro denominada “relação de proteção” (*protection ratio*) que é a relação,

em dB, entre a potência do sinal desejado e a potência do sinal indesejado (interferente).

6.2. Cobertura [17]

Um das grandes dificuldades na implantação do sistema de TV Digital no mundo se encontra no planejamento de frequências no sentido de minimizar as interferências com o sistema analógico (NTSC, PAL e SECAM) e outros serviços que atuam na faixa de VHF / UHF. Podemos resumir a implantação de um sistema de Radiodifusão digital nos seguintes aspectos:

- Ter o conhecimento do Spectrum e aspectos de planejamento dos serviços digitais incluindo a área de cobertura para diferentes condições de recepção e ambientes;

- Ter capacidade de fornecer um sistema de transmissão digital nas bandas de VHF / UHF permitindo a transmissão simultânea com os serviços de TV analógica já existentes. Os sistemas digitais têm a característica de terem uma rápida variação do sinal na recepção, de um bom nível de recepção para nenhum.

Considerando-se uma pequena área de cobertura de 100 m X 100 m, definimos quanto à cobertura dois níveis para a recepção da TV Digital:

- “Bom” para 95 % de localização;
- “Aceitável” para 70% de localização.

Os padrões de antena e área de cobertura definidos pelo ITU-R são resumidos nas próximas seções.

6.2.1. Tipos de Antenas [17]

Dentro das categorias de recepção podemos resumir em três principais tipos:

- Recepção de antena fixa: Neste tipo é utilizada uma antena fixa de 10 m de altura, acima do nível da terra.

Na tabela 6.1 verificamos os valores do ITU-R para ganho da antena (relativo um dipolo de meia onda) e perdas por alimentação:

Frequência (MHz)	65	200	500	800
Ganho da antena (dB)	3	7	10	12
Perda por alimentação (dB)	1	2	3	5

Tabela 6.1 – Ganho da antena e perda por alimentação

Para se trabalhar com outras frequências é só utilizar o fator de correção:

$$\text{Corr} = 10 \log (F_A/F_R) \quad (6.1)$$

Onde:

F_A : Frequência atual que esta sendo considerada

F_R : Frequência de referência da tabela acima

- Recepção portátil: É definido com um receptor portátil com uma antena embutida e se divide em duas classes:

a) Classe A – Para ambientes outdoor não menos que 1,5 m acima do nível da terra.

b) Classe B – Para ambientes indoors não menos que 1,5 m acima do nível de chão nos cômodos do assoalho a terra e com uma janela na parede externa.

As variações de intensidade de campo podem ser divididas em dois tipos de variações: as de micro-escala e as de macro-escala. As variações de micro-escala são causadas principalmente pelas reflexões de multipercursos. As variações de macro-escala são causadas principalmente pelas reflexões de multipercursos e efeitos de sombreamento. As tabelas seguintes mostram os valores dados pelo ITU-R para perda devido à penetração dos edifícios e variação de localização.

Banda	Valor Médio (dB)	Desvio Padrão (dB)
VHF	8	3
UHF	7	6

Tabela 6.2 – Valor médio de perda devido à penetração dos edifícios

Banda	Cobertura (%)	Varição da Localização (dB)
VHF	> 95	10
VHF	> 70	3
UHF	> 95	14
UHF	> 70	4

Tabela 6.3 – Variação da localização em macro escala

- Recepção Móvel: É um interessante fator no estudo dos futuros sistemas de implantação de TV Digital que não será abordado neste estudo.

6.2.2. Área de Cobertura [17]

Definindo área de cobertura para cada tipo de recepção podemos nomear três níveis:

Nível 1: “Receiving location” - A menor unidade é uma “receiving location” que é considerada como sendo a cobertura de um nível de sinal requerido bem acima dos níveis de ruído e interferência para uma dada porcentagem do tempo. O valor de 99% do tempo é usual.

Nível 2: Pequena área de cobertura - Tipicamente 100 m X 100 m, a cobertura é classificada como:

“Boa”, se no mínimo 95% estiver coberto;

“Aceitável”, se no mínimo 70% estiver coberto.

Nível 3: Área de cobertura – A cobertura de um transmissor ou de um conjunto de transmissores é composta do somatório das áreas de cobertura individuais em que uma dada porcentagem de cobertura (70% ou 95%) é conseguida.

6.3. Limiares de Cobertura

Os requisitos mínimos de relação sinal ruído para recepção de TV digital podem ser obtidos teoricamente através da metodologia descrita em [17]. Entretanto, valores mais precisos podem ser obtidos em testes de laboratório como foi o caso nos experimentos realizados em São Paulo. O procedimento utilizado

nos testes realizados pelo Instituto Presbiteriano Mackenzie para determinar os limiares de C/N para cada um dos sistemas é descrito sucintamente a seguir [15]:

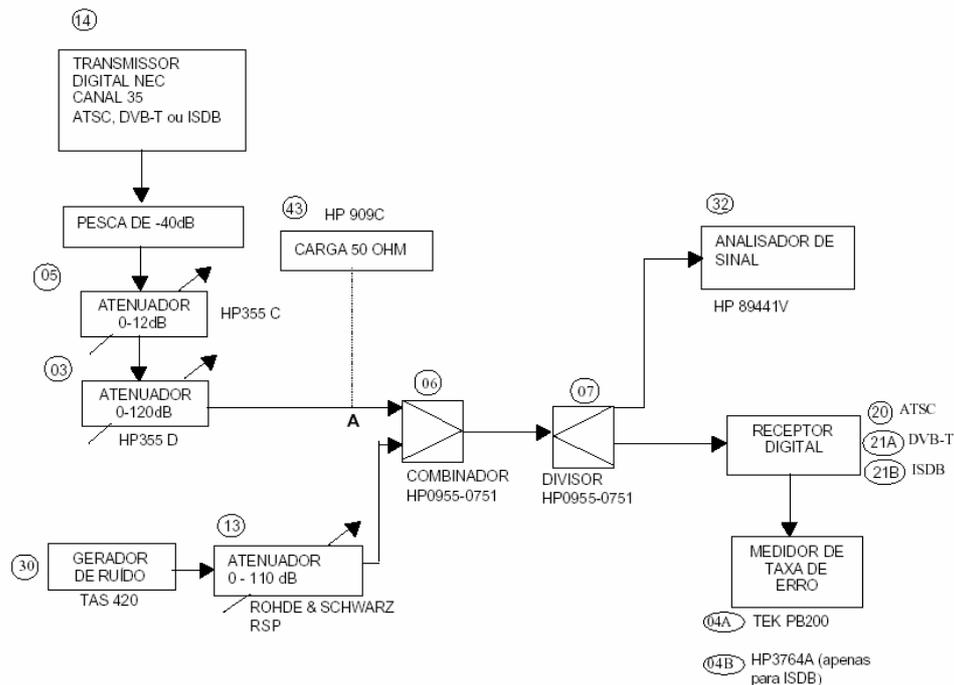


Figura 6.1 – Lay-out básico das medidas do Limiar da relação C/N

- Os testes foram realizados em laboratório, sem efeitos de interferência;
- Foram utilizados um gerador de sinal, um gerador de ruído, atenuadores e um analisador de sinal.
- Variaram-se os valores dos atenuadores até que o nível de potência lido fosse de -30 dBm. O valor medido é anotado e considerado como C (potência do sinal útil).
- Através de um atenuador, ajusta-se o nível de ruído injetado pelo gerador de ruído até que a taxa de erro indicada pelo medidor de taxa de erro seja igual ao limiar de taxa de erro. Lê-se a potência de ruído na banda do canal através do analisador de sinal. Este será o valor de N (potência de ruído na entrada do receptor).
- O valor de C/N (dB) de limiar é obtido pela diferença destes valores.

ATSC	ATSC CHIP A	DVB	ISDB
14,5 dB	15,1 dB	19,0 dB	18,6 dB

Tabela 6.4 – Relação portadora – ruído de limiar

6.4. Previsão da cobertura para São Paulo

Para este teste utilizamos os mesmos valores de configuração do Netdimension obtidos no teste do levantamento do modelo, tendo uma potência do transmissor de 65 dBm, frequência de 593 MHz e ganho da antena transmissora de 11,4 dBi, e utilizando os mesmos valores do banco de dados de medidas.

Os limiares de nível de sinal recebido para cada um dos sistemas foram obtidos a partir dos limiares de C/N como indicado a seguir:

$$C/N_{\text{limiar}} \text{ (dB)} = P_{r\text{limiar}} + 174 - 10 \log B \text{ (Hz)} - F \text{ (dB)} \quad (6.2)$$

$$C/N_{\text{limiar}} \text{ (dB)} = RSL_{\text{limiar}} - G_r \text{ (dBi)} + L_r \text{ (dB)} + 174 - 10 \log B \text{ (Hz)} - F \text{ (dB)} \quad (6.3)$$

$$RSL_{\text{limiar}} = C/N_{\text{limiar}} \text{ (dB)} + G_r \text{ (dBi)} - L_r \text{ (dB)} - 174 + 10 \log B \text{ (Hz)} + F \text{ (dB)} \quad (6.4)$$

Com $G_r = 4.7 \text{ dBi}$

$L_r = 3,9 \text{ dB}$

$B = 6 \times 10^6 \text{ Hz}$

$F = 7,2 \text{ dB}$

Os limiares obtidos são dados na tabela abaixo.

ATSC	ATSC CHIP A	DVB	ISDB
83,6 dBm	83,1 dBm	79,2 dBm	79,6 dBm

Tabela 6.5 – Limiares da relação C/N dos padrões de TV

6.4.1. Okumura-Hata com difração

Inicialmente a análise de cobertura foi realizada utilizando o modelo de Okumura-Hata acrescido de efeitos pontuais de difração múltipla pelo relevo. A figura 6.2 mostra a intensidade de campo calculada e a figura 6.3 à cobertura de cada sistema. O sistema DVB apresenta limiar mais alto e, portanto menor área de cobertura (em vermelho). A seguir são mostrados em amarelo os pontos adicionais cobertos pelo sistema ISDB. Os pontos em azul correspondem aos locais adicionais (além dos dois anteriores) cobertos pela versão chip A do

sistema ATSC e, finalmente em verde aparecem dos pontos adicionais cobertos pelo sistema ATSC, de mais baixo limiar.

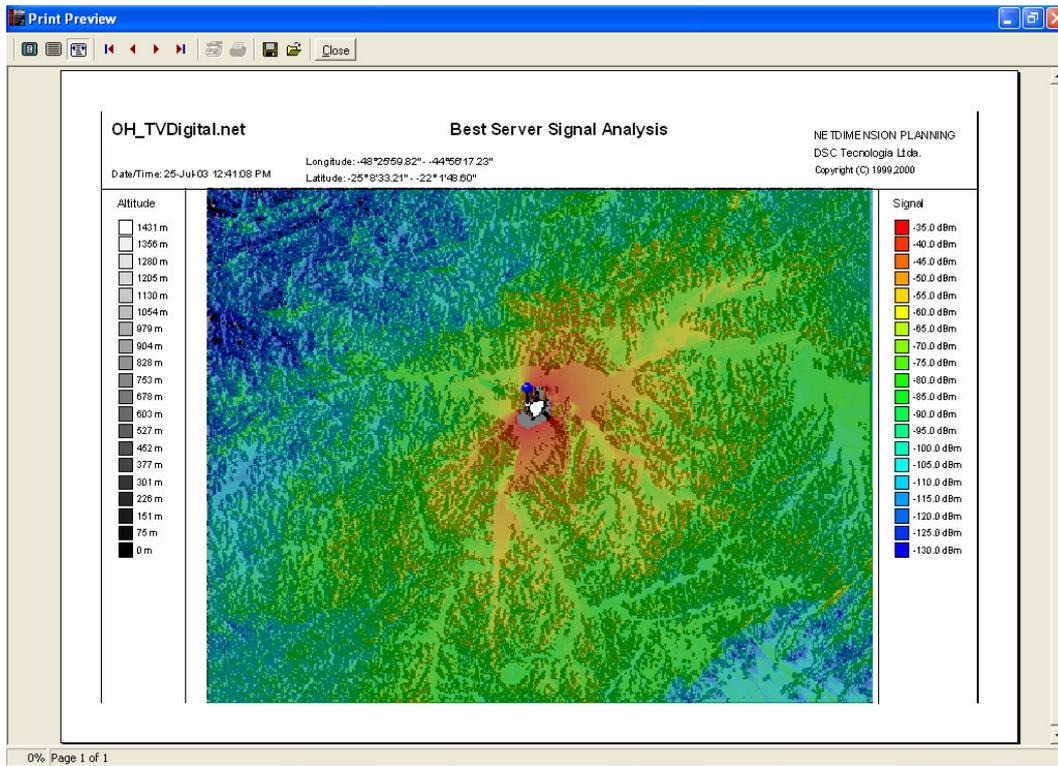


Figura 6.2 – Análise da intensidade de cobertura utilizando o modelo de OH

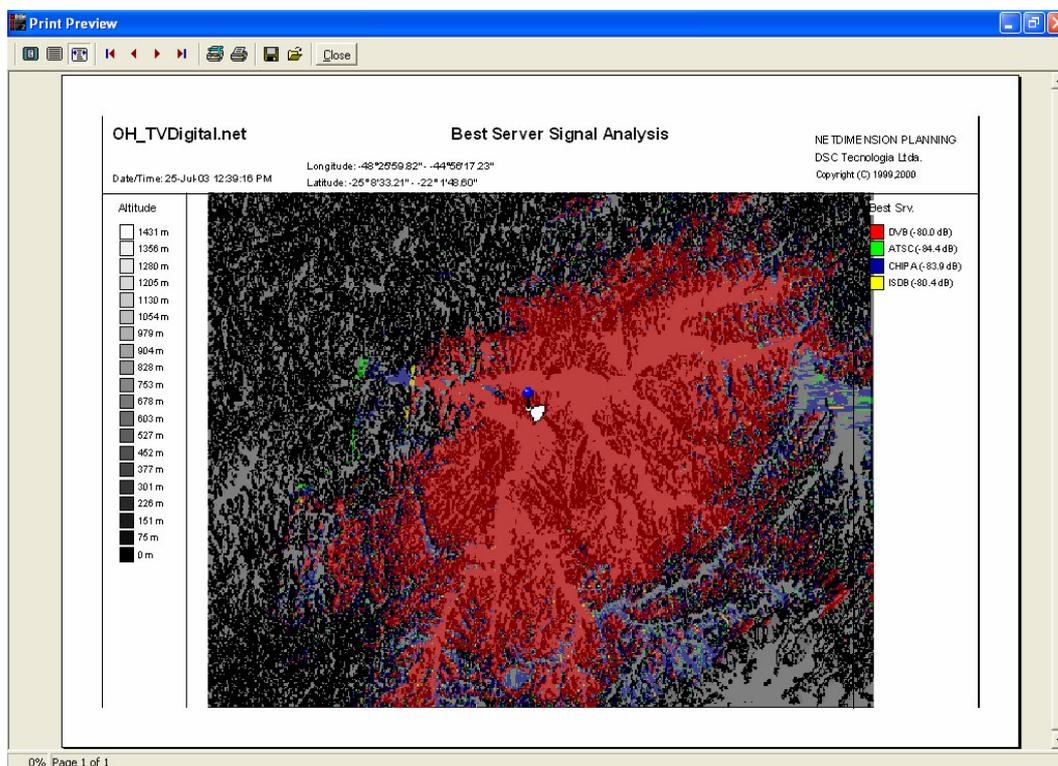


Figura 6.3 – Análise da cobertura utilizando o modelo de OH

6.4.2. Modelo ajustado com difração

Resultados análogos foram obtidos utilizando o modelo ajustado com difração múltipla adicional, que são mostrados nas figuras 6.4 e 6.5.

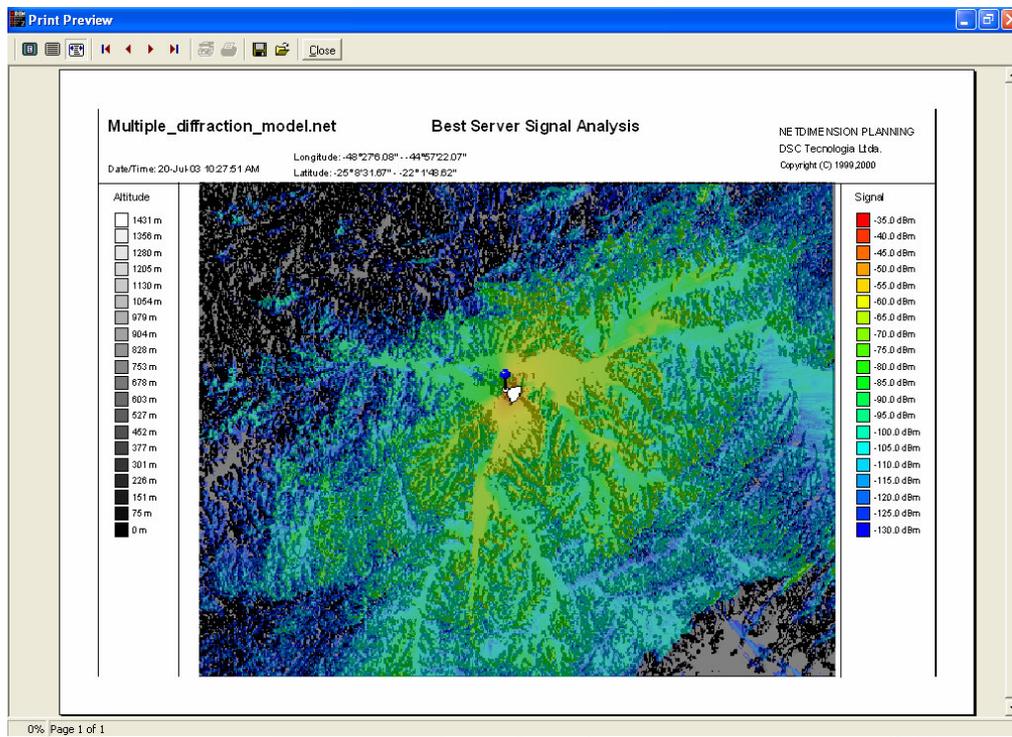


Figura 6.4 – Análise de intensidade de campo com o modelo de múltiplas difrações

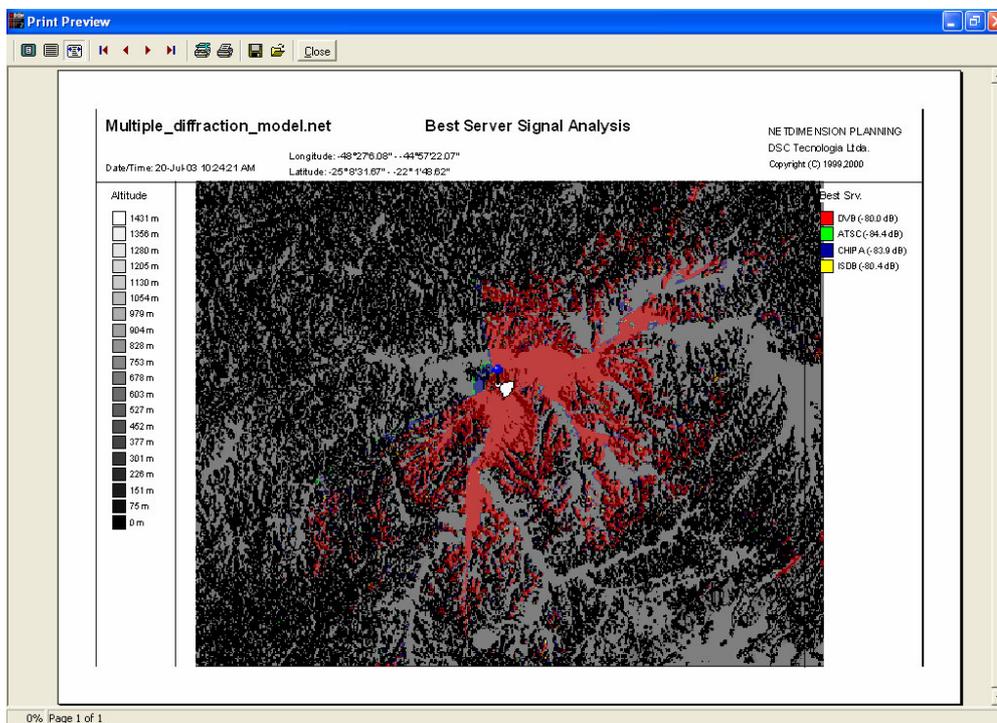


Figura 6.5 – Análise de cobertura utilizando o modelo de múltiplas difrações

Observa-se que a inclusão do efeito de difração permite identificar diversas regiões em que o nível de sinal encontra-se abaixo dos limiares de recepção e que poderiam ser consideradas cobertas se fosse utilizado o modelo de Okumura-Hata.

Os resultados obtidos com o modelo simplificado que utiliza difração simples são bastante semelhantes, como indicado nas figuras 6.6 e 6.7.

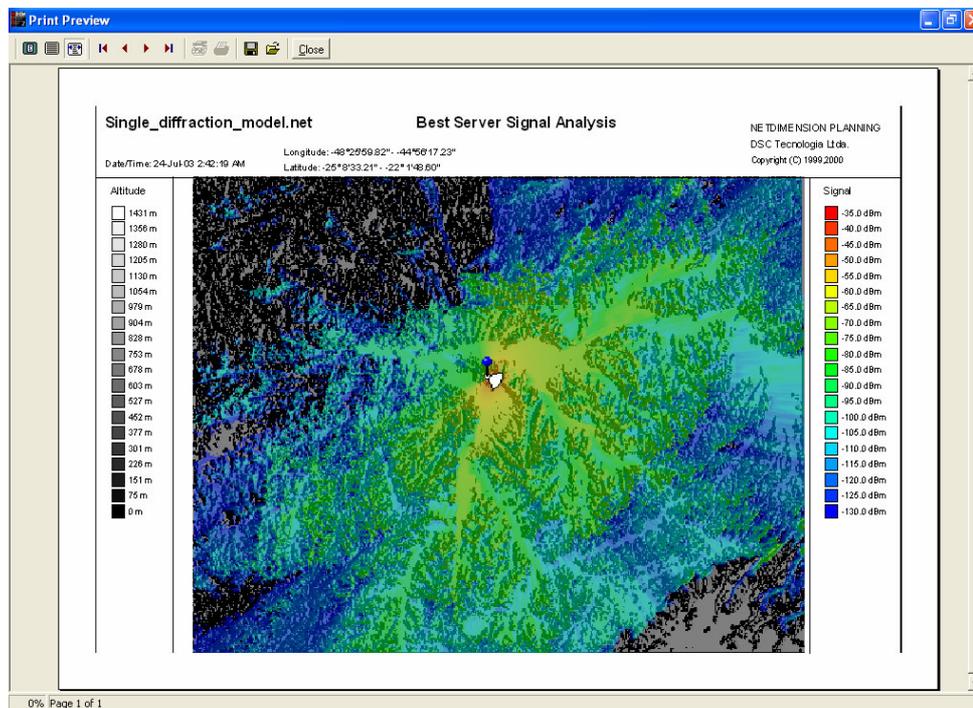


Figura 6.6 – Análise de intensidade de campo utilizando o modelo de difração simples

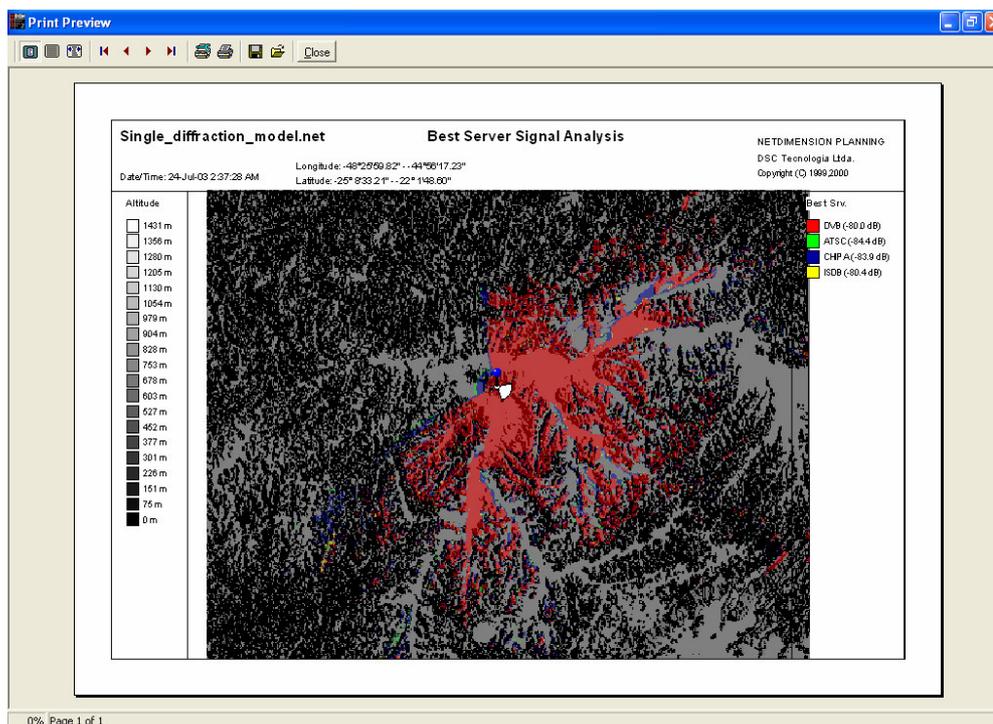


Figura 6.7 – Análise de cobertura utilizando o modelo de difração simples