

Guilherme Bilbao Soares da Silva

Emissora FM em São Pedro de Alcântara

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como parte das atividades para obtenção
do título de tecnólogo em sistemas de
telecomunicações do Instituto Federal de
Santa Catarina - IFSC

Orientador

Prof. Jaci Destri

São José

2013

Trabalho de conclusão de curso sob o título “ *Emissora Fm em São Pedro de Alcântara* ”, defendida por Guilherme Bilbao Soares da Silva e aprovada 12 de fevereiro de 2008, em São José, Estado de Santa Catarina, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof^a. Fulana de Tal
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Beltrana de Tal
Nome da Instituição

Prof. Dr. Beltrano de Tal
Universidade Imaginária

*Este trabalho é dedicado à todos que
acreditaram em mim, inclusive eu mesmo.*

Agradecimentos

Ao término deste trabalho, deixo aqui meus sinceros agradecimentos:

- a Deus por tudo;
- ao Prof. Dr. NOME DO PROFESSOR ORIENTADOR, por toda dedicação, paciência e estímulo em sua orientação;
- a todos os professores do Departamento de NOME DO DEPARTAMENTO da NOME DA INSTITUIÇÃO;
- Aos professores NOME DOS PROFESSORES DA PRÉ-BANCA E/OU BANCA pelas valiosas sugestões;
- a minha família, pelo incentivo e segurança que me passaram durante todo esse período;
- aos amigos do curso de NOME DO CURSO QUE ESTÁ REALIZANDO pelo agradável convívio;
- a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;
- à NOME/SIGLA DA INSTITUIÇÃO DE FOMENTO pelo auxílio financeiro.

“ Nossa curiosidade é proporcional a nossa cultura.”

Rousseau.

Resumo

Digite seu resumo aqui.

Abstract

Write here the English version of your 'Resumo'...

Sumário

INTRODUÇÃO

1	PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)	13
1.1	CANALIZAÇÃO	13
2	RESOLUÇÃO N° 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998	15
2.1	RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546	15
2.1.1	Conceitos Básicos	16
2.2	Adaptações da recomendação	17
2.2.1	Nível Médio do Terreno	17
2.2.2	Altura da antena transmissora	17
2.3	Parâmetros necessários para o cálculo de viabilidade técnica	17
2.3.1	Contorno Protegido	17
2.3.2	Contornos Interferentes	18
3	CANAL PROPOSTO	19
3.1	Características básicas	19
3.2	Encuadramento na classe	19
3.3	Nível médio do terreno e altura acima do nível médio do terreno	20
3.3.1	Nível médio da Radial (NMR) e Nível médio do Terreno (NMT)	20
3.3.2	Altura Acima do nível médio do Terreno	22
3.4	CONTORNO PROTEGIDO	26

4	CÁLCULO DO SISTEMA IRRADIANTE	27
4.1	SISTEMA IRRADIANTE	27
4.1.1	Antena	27
4.1.2	Guia de onda e conectores	28
4.1.3	Transmissor	28
4.1.4	Ajustes de equipamentos	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	Referências	37

INTRODUÇÃO

Estudo e compreensão das normas mais recentes em relação à transmissão de rádio FM, utilizando ferramentas livres oferecidas pela ANATEL

Realizar um estudo de viabilidade técnica de um canal de rádio em frequência modulada, baseando-se num cenário real. Colocar em prática os conhecimentos obtidos das recomendações, aplicando em situação real e possível. Com os resultados obtidos, será elaborada uma solução para cada eventual problema que surgir.

Este projeto tem como objetivo criar uma documentação técnica, que reúna todos os requisitos necessários para que uma emissora de rádio possa ser homologada pela ANATEL, (de acordo com a Resolução N° 67) e, assim, ser utilizada comercialmente.

O que definiu o local de São Pedro de Alcântara como o escolhido para desenvolver este projeto da emissora FM foi, principalmente, o fator "cenário real", proporcionado pela disponibilidade do canal 238, na frequência de XXX Mhz e enquadrado na classe C (classificação das emissoras), através do plano básico administrado pela ANATEL. A idéia de desenvolver um projeto que poderia ser realmente implantado, foi uma motivação a mais. Todos os cálculos, itens e materiais, que foram definidos e documentados neste projeto, foram pensados e analisados com os cuidados de uma possível execução no futuro.

Outro ponto, é a relativa facilidade de acesso (São Pedro de Alcântara é um município vizinho à São José), isto foi importante para verificação e definição do ponto onde ficaria o sistema emissor. Ao visitar o local, verificamos que já existia uma antena (moradores informaram que trata-se de uma antena de transmissão de TV analógica) em um terreno no centro do município.

Constatando que existe espaço para uma construção de uma nova torre, partimos do princípio que o local, no centro do município, é o mais indicado para instalar nossa estrutura. Assim, definimos o ponto de origem da emissora, exatamente nas coordenadas (informar latitude e longitude).

Encontrado o ponto de partida, deu-se início aos cálculos, para definições dos equipamentos e materiais que vão compor a emissora FM.

Nos próximos capítulos, todas os procedimentos, que são necessários para homologar uma

emissora junto a ANATEL, serão apresentados, de uma forma pratica e direta.

1 PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF)

O PBFM foi aprovado em 12 de novembro de 1998, através da Resolução nº 67 (referencia), e nele constam os canais FM previstos para uso, em todo o território nacional. A faixa de radiodifusão sonora em frequência modulada estende-se de 87,8 a 107,9 MHz, e é dividida em 103 canais (os canais 198,199 e 200 são para uso exclusivo das estações de ROADCOM), cujas portadoras estão separadas de 200 kHz. Cada canal é identificado por sua frequência central, que é a frequência da portadora da estação de FM. A cada canal é atribuído um número de 198 a 300.

1.1 CANALIZAÇÃO

A tabela de Canalização da Faixa de FM atual foi publicada na RESOLUÇÃO Nº 46, DE 1º DE SETEMBRO DE 2010, que altera o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada. A tabela 1.1, que segue, foi retirada da RESOLUÇÃO e apresenta a faixa de Frequência para cada canal FM definido pelo Plano Básico.

Frequência (MHz)	CANAL	Frequência (MHz)	CANAL	Frequência (MHz)	CANAL
87,5	198	94,5	233	101,5	268
87,7	199	94,7	234	101,7	269
87,9	200	94,9	235	101,9	270
88,1	201	95,1	236	102,1	271
88,3	202	95,3	237	102,3	272
88,5	203	95,5	238	102,5	273
88,7	204	95,7	239	102,7	274
88,9	205	95,9	240	102,9	275
89,1	206	96,1	241	103,1	276
89,3	207	96,3	242	103,3	277
89,5	208	96,5	243	103,5	278
89,7	209	96,7	244	103,7	279
89,9	210	96,9	245	103,9	280
90,1	211	97,1	246	104,1	281
90,3	212	97,3	247	104,3	282
90,5	213	97,5	248	104,5	283
90,7	214	97,7	249	104,7	284
90,9	215	97,9	250	104,9	285
91,1	216	98,1	251	105,1	286
91,3	217	98,3	252	105,3	287
91,5	218	98,5	253	105,5	288
91,7	219	98,7	254	105,7	289
91,9	220	98,9	255	105,9	290
92,1	221	99,1	256	106,1	291
92,3	222	99,3	257	106,3	292
92,5	223	99,5	258	106,5	293
92,7	224	99,7	259	106,7	294
92,9	225	99,9	260	106,9	295
93,1	226	100,1	261	107,1	296
93,3	227	100,3	262	107,3	297
93,5	228	100,5	263	107,5	298
93,7	229	100,7	264	107,7	299
93,9	230	100,9	265	107,9	300
94,1	231	101,1	266		
94,3	232	101,3	267		

Tabela 1.1: CANALIZAÇÃO DA FAIXA DE FM.

2 *RESOLUÇÃO N° 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998*

A Resolução nº 67 aprova o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada. Tem por objetivo disciplinar a utilização da faixa de 87,8 a 108 MHz, no serviço de Radiodifusão sonora em Frequência modulada e em serviços nela executados, para oferecer um serviço de boa qualidade, evitar interferências sobre outros serviços de telecomunicações regularmente autorizados e reduzir possibilidades de danos físicos à população. Para isto, estabelece requisitos mínimos para os equipamentos utilizados em Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, afim de, além de atender o exposto anterior, racionalizar sua produção industrial.

Este é o documento principal que será usado para a realização deste projeto, pois informa todas as especificações mínimas necessárias para que uma emissora de rádio FM possa ser instalada e liberada para iniciar seus serviços. Um fator importante é sempre ficar atento as novas resoluções que atualizam este regulamento, para que o projeto possa atender as novas exigências.

A última resolução, que altera o regulamento aprovado na RESOLUÇÃO N° 67, foi a de nº 546. Esta altera alguns aspectos importantes para o desenvolvimento do projeto. Como exemplo posso citar a classificação das emissoras em função de seus requisitos máximos e as curvas de intensidade de campo (E (50,10) e E (50,10)), vindos da Recomendação UIT-R P.1546.

As resoluções podem ser consultadas através do portal da ANATEL, através do link <http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/>

2.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546

*** verificar se este tópico se enquadra neste trabalho realmente *** *** verificar a tabela de intensidade de campo na ultima RESOLUÇÃO e bater com as encontradas nos meus cálculos

2.1.1 Conceitos Básicos

A seguir serão descritos parâmetros básicos muito utilizados nos cálculos.

Altura acima do nível médio do terreno

A altura acima do nível médio do terreno (HNMT) é um valor que representa o nível do terreno ao redor da base transmissora.

Para encontrar o seu valor, deve-se obter cotas entre as distâncias de 3 e 15Km da antena e fazer uma média aritmética dos pontos obtidos. As alturas podem variar de 10 a 1200m, conforme a recomendação, porém o documento também descreve um método para, caso seja necessário, extrapolar esses valores.

Curvas E(L,T)

São gráficos que representam a intensidade de campo excedida em L% das localidades e T% do tempo. O método é válido apenas para distâncias de 1 a 1000km da antena transmissora. Os valores tabulados pela recomendação foram obtidos com frequências de valores nominais iguais a 100, 600 e 2000MHz; HNMT de 10, 20, 37,5, 75, 150, 300, 600 e 1200m ; porcentagem de tempo de 1, 10 e 50%. Uma curva é tracejada para cada tipo de percurso e frequência. Os percursos considerados são: terrestre, sobre o mar morno e sobre o mar frio.

Novamente são descritos métodos para obter intensidade de campo quando esses valores não forem exatamente iguais aos tabulados.

As curvas utilizadas neste estudo são a E(50,50) e E(50,10) que podem ser encontradas na referência [2].

***Indicar a referência do TCC

Implementação computacional da recomendação

***Verificar sobre a utilização do MATLAB (se sobrar tempo...)**

2.2 Adaptações da recomendação

2.2.1 Nível Médio do Terreno

Para efeitos de cálculo, no Brasil o nível médio do terreno (NMT) é calculado obtendo-se 12 valores de nível médio da radial (NMR). O NMR por sua vez é obtido calculando a média aritmética de pelo menos 50 cotas igualmente espaçadas, compreendidas entre as distâncias de 3 a 15km da antena transmissora.

As 12 radiais devem ser também igualmente espaçadas de 30 em 30 graus, e deve incluir a radial do norte verdadeiro. O NMT é então obtido, fazendo-se também uma média aritmética, dos NMR.

***Indicar a referência do TCC

2.2.2 Altura da antena transmissora

Apesar de ser possível calcular a intensidade de campo para valores fora da faixa de 10 a 1200m para altura da antena transmissora, a RESOLUÇÃO considera esses os valores máximos. Ou seja, quando a HNMT da antena for interior a 10m, deve ser tomado o valor de 10m, e quando exceder os 1200m, este valor que deve ser considerado.

***Indicar a referência do TCC

2.3 Parâmetros necessários para o cálculo de viabilidade técnica

Utilizando os métodos mencionados, vamos calcular os valores necessários para que um canal de rádio FM possa ser viabilizado.

2.3.1 Contorno Protegido

O contorno protegido é a distância entre a antena transmissora até o local geométrico onde a intensidade de campo $E(50,50)$ apresenta o valor de $66dB\mu V/m$, para um canal de rádio FM. A RESOLUÇÃO define, através da ultima alteração (RESOLUÇÃO n° 546), que, para a classe C, a distância máxima ao contorno protegido é de 7,5 KM, a partir da base da antena transmissora.

2.3.2 Contornos Interferentes

*** Verificar ***

3 *CANAL PROPOSTO*

Para que possa ser autorizado pela ANATEL a utilização de um canal de rádio FM, além da documentação solicitada conforme a resolução, deve ser considerada as características básicas do canal.

3.1 Características básicas

Ao analisar os canais disponíveis no Plano Básico de Distribuição de Canais de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada, observou-se a existência de um canal 218 disponível para a região do município de São Pedro de Alcântara.

O canal é enquadrado na classe C, sendo assim, deve seguir os requisitos máximos que caracterizam os canais autorizados para esta classe.

3.2 Enquadramento na classe

O canal que será usado para esta emissora FM está enquadrado na classe C, conforme apresentado no plano Básico (ANEXO I), e para que o projeto fique enquadrado nesta classe, deve ser respeitado seus requisitos máximos, que podem ser verificados na tabela 3.1.

porém, a RESOLUÇÃO aceita algumas diferenças aos requisitos apresentados, desde que, ainda assim, respeite algumas condições. Segue estas observações, que são informadas na RESOLUÇÃO N°546:

a) Poderão ser utilizadas alturas de antena ou ERP superiores às especificadas na tabela 3.1, desde que não seja ultrapassada, em qualquer direção, a distância máxima ao contorno protegido.

b) Apenas para as emissoras de classe C poderá ser permitida a utilização de transmissor com potência nominal inferior a 50 W.

CLASSES	REQUISITOS MÁXIMOS			
	POTÊNCIA (ERP)		DISTÂNCIA MÁXIMA AO CONTORNO PROTEGIDO (66dBμ) (km)	ALTURA DE REFERÊNCIA SOBRE O NÍVEL MÉDIO DA RADIAL (m)
	kW	dBk		
E1	100	20,0	78,5	600
E2	75	18,8	67,5	450
E3	60	17,8	54,5	300
A1	50	17,0	38,5	150
A2	30	14,8	35,0	150
A3	15	11,8	30,0	150
A4	5	7,0	24,0	150
B1	3	4,8	16,5	90
B2	1	0	12,5	90
C	0,3	-5,2	7,5	60

Figura 3.1: classificação DAS EMISSORAS EM função DE SEUS REQUISITOS máximos (tabela retirada da resolução).

c)As distâncias apresentadas na TABELA I foram obtidas para o canal 201 e servem como referência para elaboração de estudos sem o uso de ferramentas computacionais.

3.3 Nível médio do terreno e altura acima do nível médio do terreno

A seguir vamos apresentar o método usado para o reconhecimento geométrico do local onde será instalado a emissora. Estes dados são de extrema importância para o sucesso do projeto.

3.3.1 Nível médio da Radial (NMR) e Nível médio do Terreno (NMT)

A resolução exige que sejam tracejadas ao menos 12 radiais com espaçamento angular de 30° e com pelo menos 50 cotas, igualmente espaçadas. O ponto previamente definido, como sendo o local onde a antena será fixada, será a origem das radiais. Para tracejar estas radiais, usei os mapas disponíveis no site do IBGE (citar fonte)(edição de 08-10-2007), na escala 1 : 50.000. através destas radiais vamos conseguir obter as altitudes do relevo ao redor da base da antena. Esses valores servirão de base para definir todas as características do nosso sistema. As radiais foram tracejadas a partir do ponto (coordenadas)(local da antena) e deve, obrigatoriamente, incluir a direção do norte Verdadeiro.

Após os 12 raios tracejados, calcula-se o nível médio da Radial (NMR) para cada uma delas. O NMR é definido pela média aritmética de todas as cotas da radial, que, de acordo

com a norma, devem ser compreendidas no trecho entre 3 e 15 quilômetros. Para obter esses valores das cotas, no caso os 50 valores correspondentes a alturas do terreno dentro da cada radial, existe uma ferramenta disponível no portal online da ANATEL, o SIGANATEL (citar fonte). Mas, para conseguir usar esta ferramenta, é preciso obter as coordenadas das 12 radiais, nas distâncias de *3km* e *15km* partindo da base da emissora.

Para buscar estes valores temos que usar como referencia os valores informados no mapa (referencias de coordenadas) e sua escala. Numa escala de 1 : 50.000 cada centímetro no mapa equivale à 500 metros, então, as radiais devem ter, no mínimo, 30 centímetros para atingir o ponto equivalente à *15Km*.

Definidos os pontos de *3km* e *15km* em todas as radiais, agora devemos buscar as coordenadas de cada um desses 24 pontos no mapa. Utilizando a regra de tres, podemos encontrar todas as coordenadas. Traçando uma linha horizontal e uma vertical, partindo dos pontos determinados antes, encontramos os valores de referência para as coordenadas que se busca, aplica-se a regra de três e defini-se todas as coordenadas que serão usadas na ferramenta SIGANATEL.

A tabela 3.1 mostra as coordenadas dos pontos definidos no mapa.

*** Indicar como faz para usar a ferramenta online (cadastró, links, até chegar aos gráficos.)

Esta é uma ferramenta que apresenta um gráfico com a projeção geográfica desejada. Para usar esta recurso basta apenas inserir as coordenadas dos pontos inicial e final de cada radial (*3km* e *15km*) e o passo, em metros, desejado para a construção da curva (12/quantidade de passos)

O gráfico Figura 3.2 apresenta um exemplo do retorno que a aplicação nos disponibiliza. Note que usei um passo de 240 metros para cada medição, este é o valor mínimo exigido pela resolução. A partir deste gráfico, retirei os valores para descobrir o NMR de cada radial.

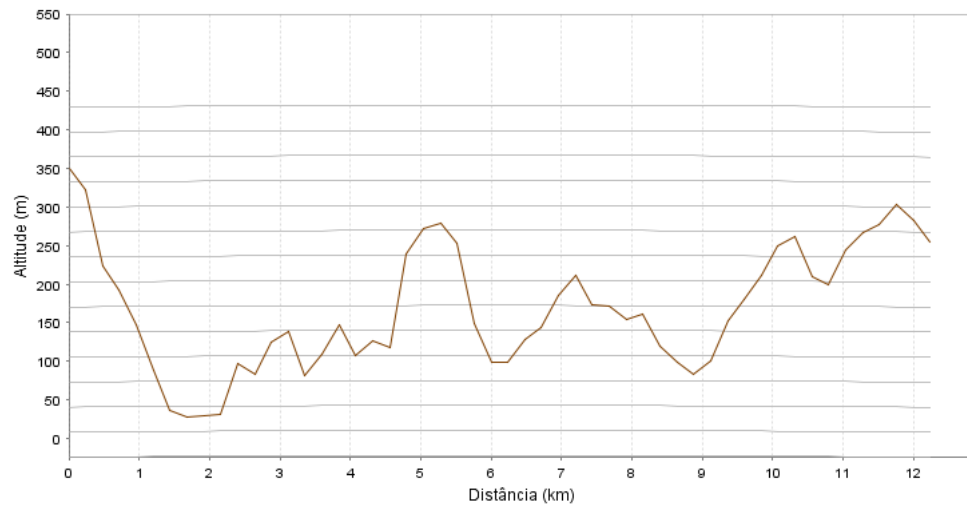
De posse dos resultados dos NMR's, podemos agora encontrar o nível médio do terreno (NMT), que é a média aritmética das 12 NMRs, tornando o terreno simbolicamente plano e de altura conhecida.

A tabela 3.2 apresenta os valores encontrados nas 12 radiais. Esta tabela indica as altitudes encontradas dos 50 pontos ao longo de cada radial, possibilitando obter a média para encontrar o NMR e, conseqüentemente, o NMT de *288,33m*, como pode ser observado.

Os NMR's encontrados neste processo serão usados para obter todos os valores de intensidade de sinal para cada uma das radiais, como informaremos mais á frente.



Perfil de Terreno - Projeção Geográfica (lat/long) Datum WGS84



Ponto de Origem	Ponto de Destino	Informações Extras
Latitude : 27S3223.51	Latitude : 27S2553.51	Passo (m) : 240
Longitude : 48W4833.18	Longitude : 48W4833.71	Distância (km) : 12,005
Azimuth (Graus) : 359,9	Azimuth (Graus) : 179,9°	Fator K : 1.3333334
Altitude (m) : 350	Altitude (m) : 282	Frequência (MHz) : 91,5
NMT (m) : 240 HCI:	NMT (m) : 191 Hrx:	
Antônio Carlos / SC	Antônio Carlos / SC	

Data de Geração : 11/06/2012 09:05:00

SIGANatel - Sistema de Informações Geográficas

Figura 3.2: gráfico NMR usando o recurso da SIGANATEL (Radial 1)

3.3.2 Altura Acima do nível médio do Terreno

No momento que já temos definidos os níveis médios do terreno para cada uma das 12 radiais, podemos encontrar os valores de HSNMT (Altura do nível médio do terreno) também para cada radial. Estes valores serão usados para definir os valores de intensidade do campo, que formará o contorno protegido de 66dB? Os valores de HSNMT serão aplicados posteriormente nas Curvas de Intensidade de Campo, que será abordada com maiores detalhes mais à frente.

O HSNMT é definido pela expressão:

$$HSNMT = CBT + HCGSI - NMT$$

, onde:

CBT = Altura da base da torre (Altura do terreno onde será instalada a base da emissora);

$HCGSI$ = Altura da torre, somado com o Centro de Fase do Sistema Irradiante;

NMT = nível médio do Terreno.

Utilizando o SIGANATEL, informando as coordenadas tal e tal, buscamos a altura do terreno da nossa base, que resultou em 285m acima do nível do mar. Assim, já temos nosso

Radial(Graus)	Latitude(3Km)	Longitude(3Km)	Latitude(15Km)	Longitude(15Km)
0	27° 32' 23,51" S	48° 48' 33,71" O	27° 25' 53,51" S	48° 48' 33,71" O
30	27° 32' 42,16" S	48° 47' 38,18" O	27° 27' 04,86" S	48° 44' 00,00" O
60	27° 33' 15,40" S	48° 47' 00,00" O	27° 30' 00,00" S	48° 40' 38,18" O
90	27° 34' 02,72" S	48° 46' 45,45" O	27° 34' 02,73" S	48° 39' 33,64" O
120	27° 34' 52,37" S	48° 47' 00,00" O	27° 38' 05,67" S	48° 44' 00,00" O
180	27° 35' 38,11" S	48° 48' 33,71" O	27° 42' 10,54" S	48° 48' 33,71" O
210	27° 35' 25,46" S	48° 49' 29,09" O	27° 41' 05,67" S	48° 53' 05,45" O
240	27° 34' 52,37" S	48° 50' 09,09" O	27° 38' 07,78" S	48° 56' 29,09" O
270	27° 34' 02,72" S	48° 50' 25,63" O	27° 34' 02,73" S	48° 57' 40,00" O
300	27° 33' 15,40" S	48° 50' 09,09" O	27° 30' 00,00" S	48° 56' 29,09" O
330	27° 32' 42,16" S	48° 49' 29,09" O	27° 27' 04,86" S	48° 53' 05,45" O

Tabela 3.1: COORDENADAS INDICANDO AS REFERÊNCIAS LATITUDINAIS E LONGITUDINAIS DE CADA RADIAL.

primeiro parâmetro definido.

***(mostrar imagem do siganatel ou google maps)

$$CBT = 285m$$

Mais um fato curioso, e compreensível, é que o CBT tem um valor muito próximo do já encontrado NMT (288,33m), demonstrando que o relevo, nas redondezas, tende a manter a mesma altura da nossa base. porém, devemos tomar cuidado com este valor, pois trata-se de uma média das 12 radiais.

Se analisarmos os valores de NMR apresentados na tabela tal, notaremos que a região voltada ao Oeste (Sudoeste - Noroeste) da base emissora, apresenta níveis de altura do terreno maiores que a base, enquanto as outras regiões são todas mais baixas. Os obstáculos atrapalham na propagação do sinal, então teremos que fazer um esforço maior nos locais onde os terrenos são mais elevados que a antena, e, ao mesmo tempo, cuidar para que o contorno protegido seja respeitado.

Embora a vida útil de uma torre de estrutura metálica (a mais utilizada) e a de um transmissor, sejam ambas de cerca de 20 anos, o transmissor apresenta, além de um custo de manutenção muito superior ao da torre, alto gasto de energia elétrica, fazendo com que, normalmente, seja mais recomendável o aumento da altura da torre, em vez da potência do transmissor.

Sendo assim, sabendo que a emissora está localizada em uma área de relevo acidentado e com radiais apresentado um NMR mais elevado que a base, ficará definida a altura da torre em 60 metros. Esta é a altura máxima que pode ser usada para a torre de um canal classe C,

Radial 01	Radial 02	Radial 03	Radial 04	Radial 05	Radial 06	Radial 07	Radial 08	Radial 09	Radial 10	Radial 11	Radial 12	NMT
Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Altitude(m)	Alt. média (m)
3240	335	275	290	470	260	400	315	320	390	140	66	300,91
3480	290	325	340	530	245	390	320	300	400	50	40	296,25
3720	180	350	290	550	280	435	355	290	340	140	40	289,58
3960	183	360	220	540	300	425	400	340	350	150	43	291,75
4200	125	325	190	470	300	380	475	335	270	250	66	270,00
4440	30	275	220	450	330	350	430	310	210	300	66	249,25
4680	25	180	260	350	260	325	370	310	270	350	140	243,33
4920	27	200	250	355	270	250	380	340	350	345	130	249,75
5160	95	105	190	310	320	200	330	370	430	250	55	232,50
5400	80	137	220	250	400	175	280	330	355	200	57	213,67
5640	125	97	240	200	430	100	270	360	360	150	35	200,58
5880	140	115	250	250	475	75	370	420	370	110	85	227,91
6120	75	45	235	245	478	60	370	400	450	115	120	222,33
6360	150	40	190	255	440	55	375	350	440	150	150	218,75
6600	105	75	195	253	430	53	425	350	490	270	190	240,50
6840	125	43	225	285	400	51	500	375	500	300	310	262,00
7080	120	25	215	285	380	70	535	470	550	300	230	268,33
7320	238	30	230	250	320	100	540	530	570	350	130	278,16
7560	265	30	215	275	230	130	460	570	590	340	104	275,75
7800	270	150	240	270	150	125	480	635	580	260	160	279,16
8040	250	30	320	250	100	100	500	650	645	315	190	295,00
8280	150	30	315	220	80	115	450	630	580	300	215	272,08
8520	98	190	220	200	60	115	450	600	600	380	310	271,08
8760	125	170	220	170	40	120	445	500	650	410	300	271,5
9000	125	220	200	150	30	115	375	500	700	370	310	272,5
9240	145	155	205	130	25	110	340	525	740	380	405	278,33
9480	185	130	250	130	30	195	310	510	710	470	410	290,83
9720	210	100	315	170	40	150	230	560	720	500	440	302,50
9960	165	60	300	200	60	100	210	550	765	450	480	294,58
10200	165	50	340	250	50	130	230	470	750	460	530	306,25
10440	150	70	300	220	25	150	280	480	700	530	580	306,25
10680	160	60	200	160	25	100	250	520	600	590	680	292,08
10920	115	100	60	210	50	130	250	500	625	730	680	294,16
11160	140	50	25	240	160	100	280	500	650	840	690	310,427
11400	30	40	23	300	140	105	310	520	675	830	730	311,91
11640	125	30	20	340	150	150	350	540	700	750	830	334,58
11880	125	20	23	380	150	105	310	560	695	730	840	334,83
12120	270	25	23	410	100	40	390	580	700	730	810	344,00
12360	100	60	20	350	90	50	370	600	625	600	800	310,42
12600	185	35	17	300	110	70	390	610	570	510	750	307,25
12840	150	30	200	200	180	100	430	680	575	515	800	300,00
13080	80	60	23	180	170	150	470	665	650	550	780	344,00
13320	75	80	25	175	150	170	450	750	720	500	720	348,75
13560	98	35	23	130	130	150	480	740	770	410	730	338,42
13800	150	25	20	70	125	130	520	670	770	480	710	319,16
14040	200	20	20	35	200	135	540	600	790	500	650	325,00
14280	240	15	17	35	220	120	590	600	750	550	690	335,58
14520	270	15	17	30	200	100	550	580	730	600	650	330,16
14760	300	15	19	35	180	70	520	570	760	605	675	324,92
15000	280	15	25	10	100	55	490	580	800	500	690	306,25
Soma	7919	8457	8310	12523	9843	7579	19740	25105	28980	20605	20266	14416,66
NMT(m)	158,38	169,14	166,2	250,46	158,38	196,86	394,8	502,1	579,6	412,1	405,32	288,33

Tabela 3.2: Mapeamento das altitudes de cada radial.

conforme mostra a tabela 3.1. Usando este critério ao nosso favor, estamos proporcionado ao sistema um menor custo de manutenção, á longo prazo.

Para definir a *HCGSI*, precisamos ainda obter o valor da altura do Centro de Fase do Sistema Irradiante. Este valor é encontrado nas especificações da antena que será usada no projeto e varia conforme o número de elementos usados na estrutura do sistema irradiante. Esta definição será melhor explicada no tópico específico sobre antena, mais à frente.

Para concluir este cálculo, vamos buscar o valor faltante na especificação da antena definida para este projeto (será usada uma Dipolo 1/2 Onda, para FM, do fabricante IDEAL, conforme ANEXO II). De acordo com a especificação da antena, usando dois elementos para irradiar o sinal e usando como referência os dados referentes à sistemas com frequência de 98.1MHz , que é a frequência mais aproximado da que será propagada o sinal da nossa emissora ($95,5\text{MHz}$), o centro de fase do sistema fica em 2315mm , ou $2,315\text{m}$. Efetuando-se a soma entre a altura da torre e a altura do Centro de Fase do Sistema Irradiante, teremos o seguinte valor:

$$HCGSI = 60\text{m} + 2,315\text{m} = 62,315\text{m}$$

Agora já temos definidas todas as variáveis que compõem nossa equação, vamos encontrar o *HSNMT*, ficou assim:

$$HSNMT = 285\text{m} + 62,315\text{m} - 288,33\text{m}$$

, encontramos o resultado aproximado de :

*****usar os valores originais canal 218

$$HSNMT = 59\text{m}$$

Na verdade, este valor de *HSNMT* encontrado vai servir somente de referência. através dele, podemos comprovar que a antena estará numa altura dentro do limite estabelecido pela resolução, considerando a média de todas as radiais (*NMT*).

Esta equação agora deve ser usada trocando o *NMT* por *NMR* e, assim, encontrar o *HSNMT* de cada radial, isoladamente.

A tabela 3.3 apresenta os valores de *HSNMT* obtidos. Essa coluna apresenta a diferença entre a altura da antena e o *NMR* da radial correspondente.

Os resultados negativados informam que, na direção das radiais correspondentes à estes

Radial(Graus)	NMR	HSNMT
0	158,38	188,94
30	73,46	273,85
60	169,14	178,18
90	166,20	181,12
120	250,46	96,85
150	196,86	150,45
180	151,58	195,73
210	394,80	-47,48
240	502,10	-154,78
270	579,10	-231,78
300	412,10	-64,78
330	405,32	-58,00

Tabela 3.3: Valores de HSNMT para cada radial.

valores, o nível do terreno é mais alto que a altura da antena ($347,315m$). então podemos concluir que, o sinal irradiado para estas direções encontraria obstáculos que iriam interferir na sua propagação. Essa informação é muito importante para a otimização da área de cobertura da emissora, e será lembrada mais adiante.

3.4 CONTORNO PROTEGIDO

Como mencionado anteriormente, o contorno protegido de uma estação de rádio Fm corresponde ao lugar geométrico onde a intensidade de campo do sinal apresentar o valor de $66dB?$ ($2mV/m$)(Contorno 2). Este contorno tem como finalidade atender a área de serviço Urbana. Uma vez que a cobertura desta área estiver atendendo os padrões da resolução, as demais áreas de serviços, a área de serviço Primária (Contorno 1), limitada pelo contorno de $74dB?$ ($5mV/m$) e a área de serviço Rural (Contorno 3), compreendida entre o contorno 2 e o contorno de $54dB?$ ($0,5mV/m$), também estará de acordo com a norma.

O que vai determinar toda a extensão deste contorno será a escolha dos equipamentos e especificações usados no Sistema Irradiante, que devem ser definidos da maneira que melhor atenda a geografia da localidade, e que também respeite todas as regularidades expostas na RESOLUÇÃO determinada pela ANATEL, para a classe do canal proposto.

4 *CÁLCULO DO SISTEMA IRRADIANTE*

Agora que já conhecemos geograficamente a localidade onde será fixada a nossa emissora, e também já temos definidos os outros aspectos Técnicos primários necessários, vamos para a construção do conjunto de equipamentos que formará o Sistema Irradiante, além de realizar os cálculos necessários para deixar a emissora enquadrada conforme a resolução.

4.1 SISTEMA IRRADIANTE

Um sistema irradiante é composto basicamente de uma antena, um guia de onda, e um transmissor. Cada um dos componentes apresenta características próprias, variando de fabricante. No levantamento das informações são apresentadas as características que influenciam diretamente nos cálculos.

A seguir serão apresentados as características do sistema irradiante, bem como os critérios usados para a utilização de cada um dos equipamentos.

4.1.1 Antena

A antena utilizada neste projeto é uma Dipolo 1/2 onda e de polarização vertical. O diagrama de irradiação desta antena é útil para o relevo acidentado da região de São Pedro de Alcântara. Como podemos ver na Figura 4.1, o diagrama apresenta uma antena com uma irradiação levemente direcionada, vamos usar esta característica para direcionar a antena para azimute onde for necessário um ganho maior, visando sempre o objetivo de cobrir toda a área urbana do município com o contorno de 66dB?

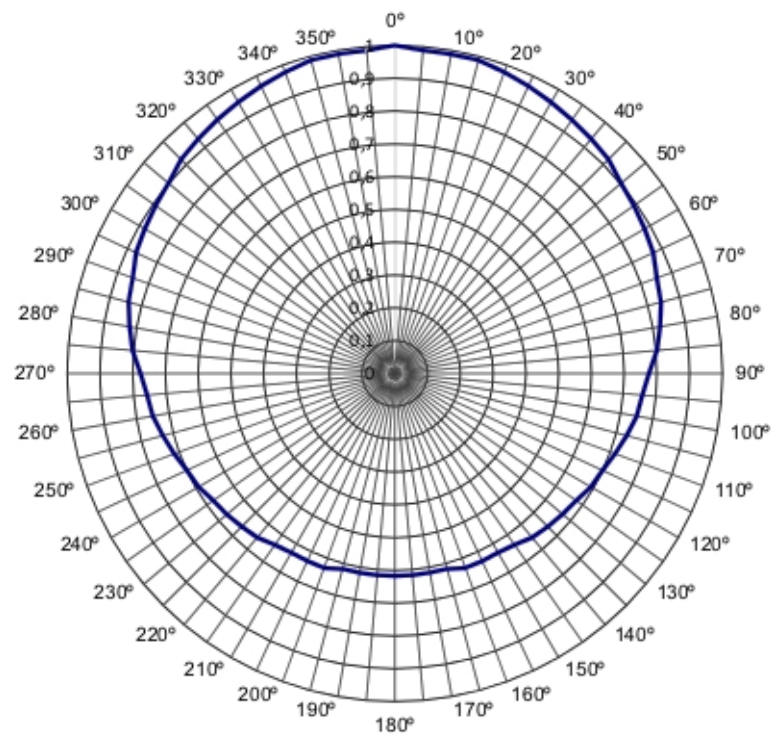


Figura 4.1: Diagrama de Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM

4.1.2 Guia de onda e conectores

4.1.3 Transmissor

4.1.4 Ajustes de equipamentos

Orientação da antena

potência efetiva irradiada máxima (ERPmax)

Conforme a determinação publicada na RESOLUÇÃO N° 546, DE 1° DE SETEMBRO DE 2010, que Altera o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em frequência Modulada, segue os cálculos:

Para determinar a intensidade de campo de uma emissora a uma dada distância, utilizam-se as Tabelas 4.2 e 4.3 da seguinte forma:

a) seleccionar a coluna correspondente à altura do centro geométrico da antena h_1 sobre o NMR da Radial 0;

$$h_1 = h_{bt} - NMT + h_a$$

$h1$ é a altura da antena transmissora em m;

hbt é a altura do terreno da antena em relação ao nível do mar em m;

NMT é o nível médio do terreno em m;

ha é a altura da antena acima do solo em m.

$$h1 = 285m - 158,38 + 20m$$

$$h1 = 146,62m$$

b) selecionar a linha correspondente á distância de interesse;

A tabela 4.2 não mostra com precisão o valor de intensidade de campo. Para os valores de $h1$ que não estiverem muito bem próximos a uma curva definida na Tabela, deve-se usar a seguinte fórmula 2 (*marcar fórmulas) para encontrar os valores de E para cada Radial:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(\mu V/m)$$

Onde:

E é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$, em função de $h1$, para a distância d desejada;

E_{inf} é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$ para uma altura h_{inf} , extraída das curvas;

E_{sup} é o valor de intensidade de campo em $dB(\mu V/m)$, para uma altura h_{sup} extraída das curvas;

h_{inf} é a altura nominal da antena em m, com valor imediatamente inferior a $h1$;

h_{sup} é a altura nominal da antena em m, com valor imediatamente superior $h1$.

Apresentarei o cálculo utilizando a fórmula para encontrar o valor de intensidade do campo, para a Radial 0:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(\mu V/m)$$

$$E = 72dB\mu + (77dB\mu - 72dB\mu) \log(146,62m/75m) / \log(150m/75m)$$

$$E = 72dB + (5dB) \log(1,955) / \log(2)$$

$$E = 72dB + (5dB) + 2,9dB - 3dB$$

$$E = 72dB + (5dB) + 2,9dB - 3dB$$

$$E = 76,9dB$$

c) a intersecção de a) com b), contém o valor da intensidade de campo na distância desejada, em dB, para uma ERP de 1kW;

Neste caso, como foi usada a fórmula 2, esta etapa já foi concluída no item b).

d) adiciona-se ao valor (em dB) obtido, o valor da ERP na direção de interesse (em dBk); este resultado é o valor da intensidade de campo, em dB, no ponto considerado.

Minha ERP calculada ficou:

Após verificar várias maneiras de aumentar a potência do transmissor, de maneira que não desrespeite o contorno protegido de 66dB, segue as definições para a potência do transmissor:

- Utilizando 4 antenas dipolo na torre de transmissão, podemos usar um transmissor de 150W (0,150 KW). Isso foi possível pois as antenas são conectadas em série, distribuindo em partes iguais a potência para cada uma delas (37,5 W para cada dipolo da torre), ou seja, 14,25dBk.

- está definido que a antena (colocar o nome técnico da antena) proporciona um ganho de 1,5dB para o sistema.

- Eficiência da linha, basicamente atenua a transmissão em -2dB de acordo com os seguintes cálculos:

$$Pl = (L \times A) / 100$$

, onde:

L = comp. do guia de onda em metros = $c/f = 300000/91500 = 3,278m$ (c = vel.luz f = frequência transmissão)

Al = Informa a atenuação do guia a cada 100 metros de comp. Em $dB = 1,13dB$ p/ o cabo LCF78 - 50JA - A8. (cabo homologado)

Então $Pl = (3,278 \times 1,13)/100 = 0.037dB$, então temos a perda total somando $0.037dB$ com $2dB$ das perdas dos conectores média estabelecida ($2,037db$).

- Logo, o intensidade do sinal irradiado, Radial 0, para o contorno 2 será definida por:

$$ERP = -14,25dBk + 1,5dB - 2,037dB$$

$$ERP = -14,78dBk \text{ (valor de ERP base)}$$

1. - Para a Radial 0, de acordo com a antena usada, o valor de (E/E_{max}) fica em 1,00, então o valor de ERP não sofre alterações para esta direção.

Para definir o valor do contorno para a Radial 0, temos que somar a intensidade do campo ($E = 76,9dB?$) com o valor de ERP ($ERP = -14,78dBk$), que totaliza :

1.

$$ContornoR0 = 76,9dB? + (-14,78dBk) = 62,11dB?$$

, é 7,5 Km da base.

Assim, esta radial está respeitando a norma que exige, conforme a tabela, que para a classe C, a distância máxima ao contorno protegido é de 7,5km com a potencia irradiada de $66dBm$, no máximo, para esta distância.

Porém, devemos ter uma atenção especial para a radial que apresente a NMR mais baixo em relação a base da antena. No nosso caso, a radial que apresenta este valor é a Radial 1 com o valor de $NMR = 73,46$ m. então vamos repetir os cálculos para esta radial e verificar os resultados.

a) selecionar a coluna correspondente é altura do centro geométrico da antena $h1$ sobre o NMR da Radial 1;

$$h1 = hbt - NMT + ha$$

$$h1 = 285m - 73,46 + 20m$$

$$h1 = 231,54$$

b) selecionar a linha correspondente é distância de interesse;

Aplicando a fórmula 2 para encontrar o valor:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h_1/h_{inf}) / \log(h_{sup}/h_{inf}) - > dB(uV/m)$$

$$E = 77dB? + (82dB? - 77dB?) \log(231,54/150) / \log(300/150)$$

$$E = 77dB? + (5dB?) \log(1,5436) / \log(2)$$

$$E = 77dB? + 5dB? + 1,88dB - 3dB$$

$$E = 80,88dB?$$

c) a intersecção de *a)* com *b)*, contém o valor da intensidade de campo na distância desejada, em *dB?*, para uma *ERP* de 1kW;

Temos que pular essa etapa pois já temos o valor encontrado pelo cálculo (80,88*dB?*).

d) adiciona-se ao valor (em *dB?*) obtido, o valor da *ERP* na direção de interesse (em *dBk*); este resultado é o valor da intensidade de campo, em *dB?*, no ponto considerado.

ERP já encontrado anteriormente é -14,78*dBk*, mas ainda temos que multiplicar com o valor de (*E/E_{max}*) (valor é informado na tabela do sistema irradiante).

$$\text{Valor para Radial 1} = (E/E_{max}) = 0,9025$$

Para multiplicar, temos que converter para potencia(W):

$$ERP(W) = 10^x, \text{ onde } x = ERP(dBk)/10$$

$$ERP(W) = 33,26W$$

Multiplicando fica:

$$ERPradial1(W) = 33,26(0,9025); ERPradial1(W) = 30,01W, \text{ em dBk fica:}$$

$$ERPradial1(dBk) = -15,22dBk.$$

Logo, o intensidade do sinal na distância final é:

$$ContornoR1 = 80,88dB? + (-15,22dBk) = 65,66dB?$$

, para a Radial 1

De acordo com a norma, o contorno protegido deve apresentar, no seu limite máximo, a potencia máxima de 66dB ?, o resultado mostra que estamos logo abaixo deste valor. Como esta é a Radial em que o sinal consegue se propagar mais livremente, devido ao NMR ser o mais baixo da lista, consequentemente também será o que terá o sinal mais forte, entre as radiais, no limite do contorno protegido.

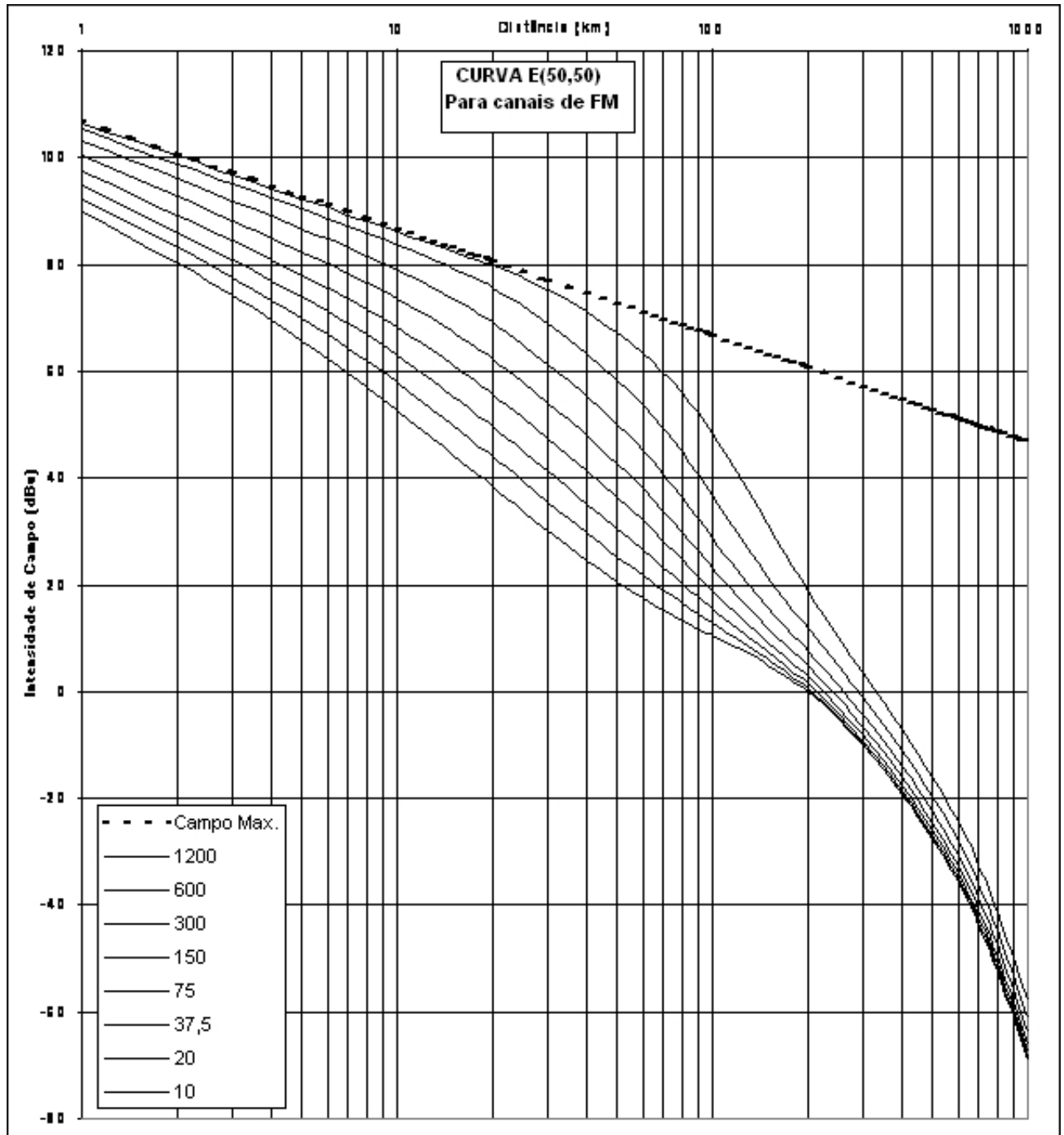


Figura 4.2: Curvas E(50,50)

Radiais Azimutes (Graus)	NMT (m)	HSMNT (m)	(E/Emax) for square	potência Proposta Perp(KW)	potência Proposta Perp(dBk)	Contorno 1		Contorno 2		Contorno 3	
						74 dB?	C1 (Km)	66 dB?	C2 (Km)	54 dB?	C3 (Km)
0	158,38	189,19	0,6084	0,1482	-8,29	82,29	5,5	74,29	10,3	62,29	21
30	73,46	274,11	0,4761	0,1159	-9,35	83,35	6,2	75,35	12,5	63,35	24
60	169,14	178,46	0,3969	0,0966	-10,14	84,14	5	76,14	10	64,14	18
90	166,2	181,37	0,3844	0,0936	-10,28	84,28	5	76,28	9	64,28	18,5
120	250,46	97,57	0,3969	0,0966	-10,14	84,14	3,6	76,14	8	64,14	12
150	196,86	150,71	0,4761	0,1159	-9,35	83,35	5	75,35	10	63,35	17
180	151,58	195,99	0,6084	0,1482	-8,29	82,29	5,8	74,29	11	62,29	21
210	394,8	-47,23	0,7744	0,1886	-7,24	81,24	1,8	73,24	3,2	61,24	6,8
240	502,1	-154,53	0,9025	0,2198	-6,57	80,57	1,9	72,57	3,4	60,57	6,9
270	579,1	-231,53	1,00	0,2436	-6,13	80,13	2	72,13	3,5	60,13	7
300	412,1	-64,53	0,9025	0,2198	-6,57	80,57	1,9	72,57	3,4	60,57	6,9
330	405,32	-57,75	0,7744	0,1886	-7,24	81,24	1,8	73,24	3,2	61,24	6,8
Valores médios	288,29										

Tabela 4.1: Contorno das diversas áreas de serviço segundo cada radial.

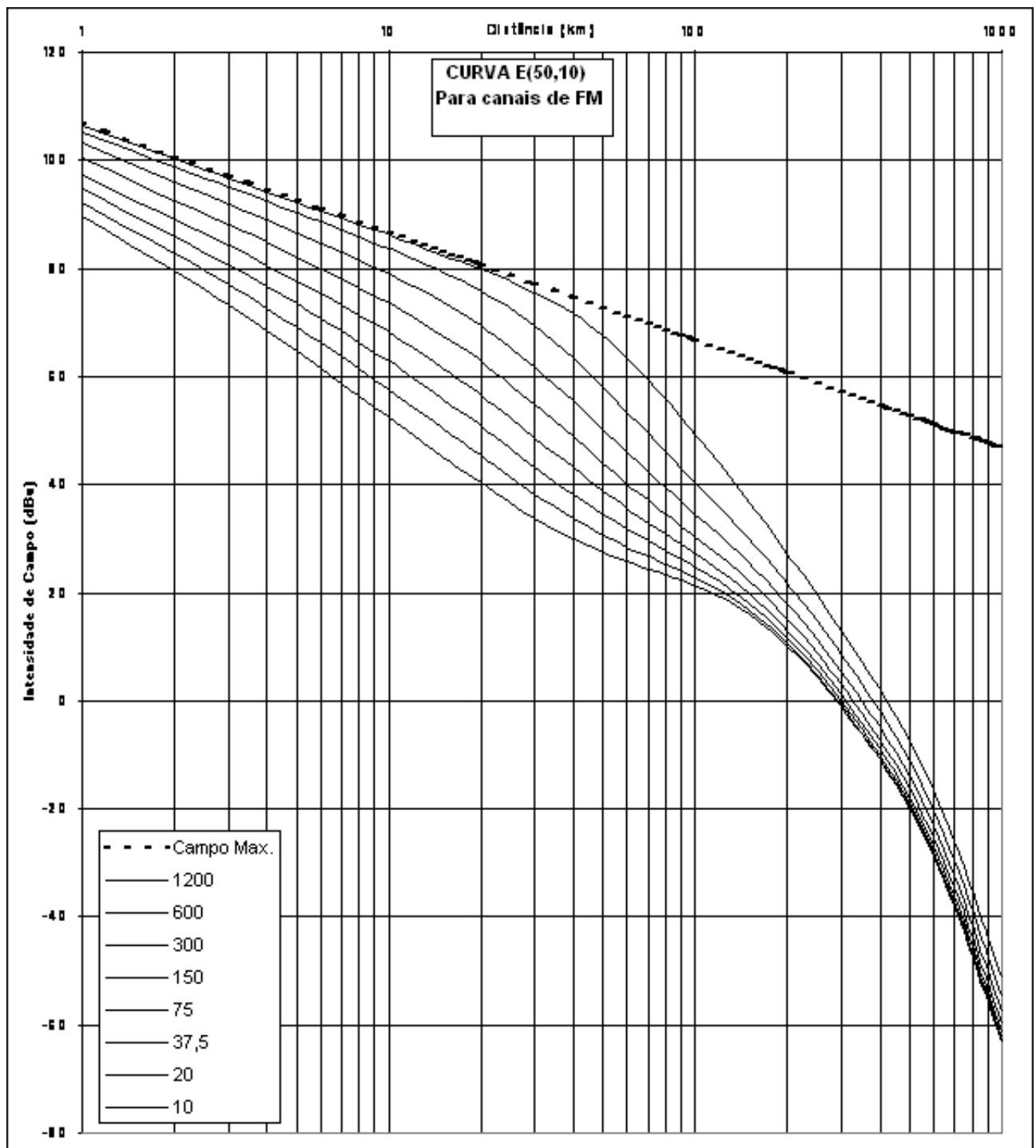


Figura 4.3: Curvas E(50,10)

Potência efetiva irradiada por azimuth (ERP)

5 *CONSIDERAÇÕES FINAIS*

Digitar as conclusões do trabalho.

Referências

AUTOR, N. *Título*: Subtítulo, que vem depois de dois pontos. São Paulo: Editora, 1995.

AUTOR, N. Título do artigo. *A Folha de S. Paulo*, São Paulo, p. 11–23, 7 set. 1995.

CONCEITOS criados como exemplo. 2003. Disponível em: <<http://nomedodominio.com.br>>. Acesso em: 8 mar. 1999.

EVANS, X. Y. Z. et al. *Exemplo de citação no texto*. [S.l.: s.n.], 1987.

NOME do artigo. *A Folha de S. Paulo*, São Paulo, p. 4, 2 abr. 1995.

NOME, O. *Algum nome*. [S.l.: s.n.], 1978. 101-114 p.

SILVA, X. Y. *Título de exemplo*. [S.l.], 2003. Disponível em: <<http://nomedodominio.com.br>>. Acesso em: 8 mar. 1999.

TÍTULO do Artigo. *Nome da revista*, Rio de Janeiro, n. 35, p. 51–60, jan. 1987.

Texto de exemplo!