

Guilherme Bilbao Soares da Silva

Emissora FM em São Pedro de Alcântara

São José

2013

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 08 de setembro de 2011, 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.

“O rádio, por transmitir apenas sons, liberta o imaginário do ouvinte, transformando-o num construtor de imagens que “vestem” os sons. Instigando-o a ser um engenheiro de idéias e não um repetidor delas.”

Algusto Cury.

Resumo

Digite seu resumo aqui.

Abstract

Write here the English version of your ‘Resumo’...

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL | 13 |
| 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO | 14 |
| 1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA | 14 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 14 |
| 2 PLANO BÁSICO DE DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS DE RADIODIFUSÃO SONORA EM FREQUÊNCIA MODULADA (PBMF) | 15 |
| 2.1 CANALIZAÇÃO | 15 |
| 3 RESOLUÇÃO N° 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998 | 17 |
| 3.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546 | 17 |
| 3.1.1 Conceitos Básicos | 18 |
| 3.2 ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO | 19 |
| 3.2.1 Nível Médio do Terreno | 19 |
| 3.2.2 Altura da antena transmissora | 19 |
| 3.3 PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE VIABILIDADE TÉCNICA | 19 |
| 3.3.1 Contorno protegido | 19 |
| 4 CANAL PROPOSTO | 20 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1 | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS | 20 |
| 4.1.1 | Enquadramento na classe | 21 |
| 4.2 | NÍVEL MEDIO DO TERRENO E ALTURA ACIMA DO NÍVEL MÉDIO DO TERRENO | 22 |
| 4.2.1 | Nível médio da Radial (NMR) e Nível médio do Terreno (NMT) | 22 |
| 4.2.2 | Altura Acima do nível médio do Terreno | 25 |
| 4.3 | CONTORNO PROTEGIDO | 28 |
| 5 | DEFINIÇÕES DO SISTEMA IRRADIANTE | 30 |
| 5.1 | SISTEMA IRRADIANTE | 30 |
| 5.1.1 | Antena | 30 |
| 5.1.2 | Guia de onda e conectores | 31 |
| 5.1.3 | Transmissor | 31 |
| 5.1.4 | Cálculos de ERPmax, ERPaz e a orientação da antena | 32 |
| 6 | DESENVOLVENDO A EMISSORA FM | 35 |
| 6.1 | ESPECIFICAÇÕES DEFINIDAS | 35 |
| 6.2 | DEFININDO AS POTÊNCIAS ERPmax E ERPaz | 36 |
| 6.3 | DEFININDO OS CONTORNOS DAS ÁREAS DE SERVIÇOS | 37 |
| 6.3.1 | Área de Serviço Urbana (66dBm) | 38 |
| 6.3.2 | Áreas de Serviço Primário e Rural (74dBm e 54dBm) | 40 |
| 6.3.3 | O traçado dos contornos | 40 |
| 7 | RESULTADOS OBTIDOS COM O PROJETO | 43 |
| 7.1 | CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTORNOS ENCONTRADOS | 43 |
| 7.1.1 | Analisando a cobertura da Área de Serviço Urbana em São Pedro de Alcântara | 43 |
| 8 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 44 |

| | |
|---|-----------|
| Referências | 45 |
| Anexo A – Especificações técnicas do fabricante da antena dipolo utilizada | 46 |
| Anexo B – Especificações técnicas do fabricante do guia de onda utilizado | 51 |
| Anexo C – Mapa de Macrozoneamento de São Pedro de Alcântara | 53 |

Lista de Figuras

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Consulta de canais disponíveis para uso - Portal da ANATEL | 20 |
| 4.2 | Classificação das emissoras em função de seus requisitos máximos (tabela reti- rada da resolução). | 21 |
| 4.3 | Demonstração do layout do aplicativo da SIGANATEL. | 23 |
| 4.4 | Traçado das 12 radias partindo da base da emissora. | 23 |
| 4.5 | Gráfico do NMR da Radial 1 usando o aplicativo da SIGANATEL | 24 |
| 5.1 | Diagrama de Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM | 31 |
| 6.1 | Utilizando as curvas E(50,50) para encontrar as distâncias do contorno protegido. | 39 |
| 6.2 | Projeção da cobertura das áreas de serviços utilizando a ferramenta SIGANATEL. | 42 |

Listas de Tabelas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Canalização da faixa de FM. | 16 |
| 4.1 | Coordenadas indicando as referências latitudinais e longitudinais de cada radial. | 25 |
| 4.2 | Mapeamento das altitudes de cada radial. | 26 |
| 4.3 | Valores de HSNMT para cada radial. | 28 |
| 6.1 | Resumo das especificações técnicas da emissora. | 35 |
| 6.2 | Valores de ERPaz para cada radial. | 38 |
| 6.3 | Distâncias do contorno protegido (66dBm). | 40 |
| 6.4 | Contornos das diversas áreas de serviço por radial e dados correspondentes. . . | 41 |

1 INTRODUÇÃO

Visando aprofundar os conhecimentos em rádiotransmissão, através deste estudo é apresentado os aspectos e considerações técnicas necessárias para projetar uma emissora de rádio em frequência modulada.

Comunicar-se, utilizando como meio ondas eletromagnéticas, já é um método bastante conhecido e difundido à muitos anos, consolidando-se historicamente como um dos meios de comunicação mais usados no mundo. Apesar da crescente e irreversível expansão da comunicação através da transmissão de dados, as emissoras de rádio ainda mantém seu espaço entre os uruários. Seja para ouvir músicas, notícias ou entretenimento em geral, este método de comunicação ainda mantém-se ativo devido à simplicidade para o acesso dos ouvintes, que já são culturalmente habituados à ouvir o rádio durante as suas atividades ou nos momentos de lazer.

Em municípios onde ainda prevalece entre seus habitantes as atividades rurais, as emissoras de rádio são de fato importantíssimas para estabelecer a comunicação e a interação entre as comunidades destas regiões, devido a falta de infraestrutura que possibilitaria também o uso dos meios mais modernos.

Para que a ANATEL autorize que uma emissora de rádio transmita seu sinal, fazendo uso de um dos canais disponibilizados e ainda vagos no plano básico, deve-se seguir e apresentar uma documentação técnica que esteja respeitando todos os requisitos apresentados na norma técnica (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2010), publicada no seu portal (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2013a). Demonstrar os procedimentos necessários para desenvolver um projeto que respeite esta norma é o principal objetivo do estudo apresentado neste trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudo e compreensão das normas técnicas, relacionadas à rádio FM, e suas atualizações, juntamente com a utilização de ferramentas livres oferecidas pela ANATEL.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar um estudo sobre as especificações técnicas necessárias para homologar um canal de rádio FM disponível no plano básico da ANATEL. Colocar em prática os procedimentos e conhecimentos obtidos das recomendações, aplicando em um cenário real.

1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Uma das razões para estudar o tema, além de adquirir maiores conhecimentos em rádiotransmissão, é abordar as atualizações nas normas técnicas. Também para servir como referência para estudantes e futuros projetistas, pois, apesar de ser um tipo de projeto já muitas vezes executados em diversos cenários e situações, é grande a dificuldade para encontrar um modelo disponível para consulta. Este documento certamente pode servir de base para outros projetos de emissoras FM ou rádiotransmissão em geral.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Nos primeiros capítulos são estudados as resoluções e normas aprovados referentes aos cálculos de viabilidade de um canal de rádio FM. Seguindo, aborda-se sobre o canal proposto. Depois começam as definições para o início dos cálculos do contorno protegido. Após são apresentados as especificações definidas para o projeto da emissora. Ao final são apresentadas as conclusões e novas propostas de trabalhos.

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

O Plano Básico de Distribuição de Canais de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada é definido e gerenciado pela ANATEL, e nele constam os canais FM previstos para uso em todo o território nacional. Os canais que ainda estão vagos podem ser consultados no portal da ANATEL (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2013b).

A faixa de radiodifusão sonora em frequência modulada estende-se de 87,8 a 107,9MHz, 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 200KHz. Cada canal é identificado por sua frequência central, que é a frequência da portadora da estação de FM, e a cada canal é atribuído um número de 198 a 300, que será o seu identificador.

2.1 CANALIZAÇÃO

A tabela de Canalização da Faixa de FM atual foi publicada na RESOLUÇÃO N°46, DE 1º DE SETEMBRO DE 2010, que altera o Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada. A tabela 2.1, que segue, foi retirada da norma (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2010) e apresenta a faixa de Frequência para cada canal FM, definido pelo PBFM.

| 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 2.1: Canalização da faixa de FM.

3 RESOLUÇÃO N° 67, DE 12 DE NOVEMBRO DE 1998

A Resolução n°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/>

3.1 RECOMENDAÇÃO UIT-R P.1546

A UIT-R, através da Recomendação UIT-R P.1546 (UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, SETOR DE RADIOPROPAGAÇÃO, 2013), descreve um método prático para a previsão

de cobertura ponto-área para serviços terrestres, na faixa de 30 a 3000MHz. Os procedimentos que seguimos neste trabalho, principalmente para definir as áreas de serviços, foram baseados nestes métodos.

3.1.1 Conceitos Básicos

A seguir serão descritos parâmetros básicos muitos 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 resolução (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2010). (RÉGIS, 2010)

3.2 ADAPTAÇÕES DA RECOMENDAÇÃO

3.2.1 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. (RÉGIS, 2010)

3.2.2 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 inferior a 10m, deve ser tomado o valor de 10m, e quando exceder os 1200m, este valor que deve ser considerado. (RÉGIS, 2010)

3.3 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.

3.3.1 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 66dBm, 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 7,5km, a partir da base da antena transmissora.

4 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.

4.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

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

O canal é enquadrado na classe C, sendo assim, deve seguir os requisitos que caracterizam os canais autorizados para esta classe (Figura 4.1) .

The screenshot shows a web-based application interface for the ANATEL SISCOM system. At the top, there's a green header bar with the text "Acesso à Informação" and "BRASIL". Below it, the ANATEL logo and the text "Agência Nacional de Telecomunicações" are visible. On the right side of the header, there's a "Sistemas Interativos" button. The main content area has a light blue background. At the top left of this area, there's a "Menu Principal" dropdown, a "Dados da consulta" button, a "Consulta" button, and a "Criar Arquivo Texto" button. In the center, the text "UF: SC" and "SERVIÇO: FM" is displayed. Below this, there's a table with columns: Entidade, Latitude, Longitude, Canal, Azimute, ERP (kW), CL, and Obs. A single row is shown for "Localidade: São Pedro de Alcântara" with values: 27S335800, 48W481900, 218, and C. At the bottom of the table, it says "Usuário: - Data: 08/05/2013 Hora: 15:38:17". At the very bottom, it shows "Registro 1 até 1 de 1 registros" and "Página: [1] [Ir] [Reg]".

Figura 4.1: Consulta de canais disponíveis para uso - Portal da ANATEL

4.1.1 Enquadramento na classe

Como já mencionado, o canal usado para este projeto está enquadrado na classe C, conforme apresentado no portal da ANATEL (Figura 4.1) e, para que o projeto respeite as especificações desta classe, deve ser observado seus requisitos máximos, que podem ser verificados na figura 4.2.

Porém, a resolução aceita algumas diferenças aos requisitos apresentados, desde que, ainda assim, respeite algumas outras condições também informadas. Segue estas observações, que foram publicadas na RESOLUÇÃO N°546:

| CLASSES | REQUISITOS MÁXIMOS | | | |
|---------|--------------------|------|---|--|
| | POTÊNCIA (ERP) | | DISTÂNCIA MÁXIMA AO CONTORNO PROTEGIDO (66dB μ) (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 4.2: Classificação das emissoras em função de seus requisitos máximos (tabela retirada da resolução).

- a) Poderão ser utilizadas alturas de antena ou ERP superiores às especificadas na tabela 4.2, 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.
- 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.

4.2 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.

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

A resolução exige que sejam tracejadas ao menos 12 radias 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 radias. Para tracejar estas radias, 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 das coordenadas 27°34'02.72"S com 48°48'33.71"O (ponto referente à base da torre 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 radias, 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 500m, então, as radias devem ter 30 centímetros para atingir o ponto equivalente à 15km.

Definidos os pontos de 3km e 15km em todas as radias, 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 4.1 mostra as coordenadas dos pontos definidos no mapa, a figura 4.3 mostra o layout da ferramenta SIGANATEL e a figura 4.4 detalha as 12 radiais traçadas, partindo da

base da torre.

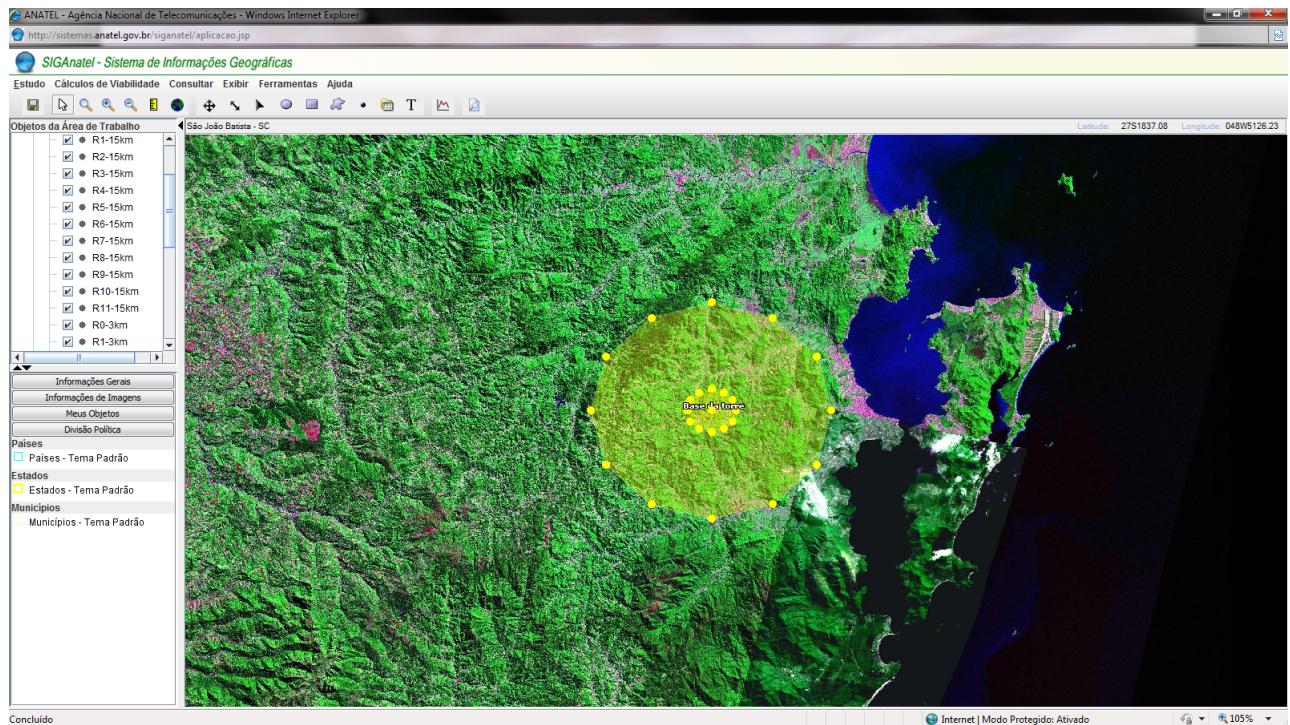


Figura 4.3: Demonstração do layout do aplicativo da SIGANATEL.

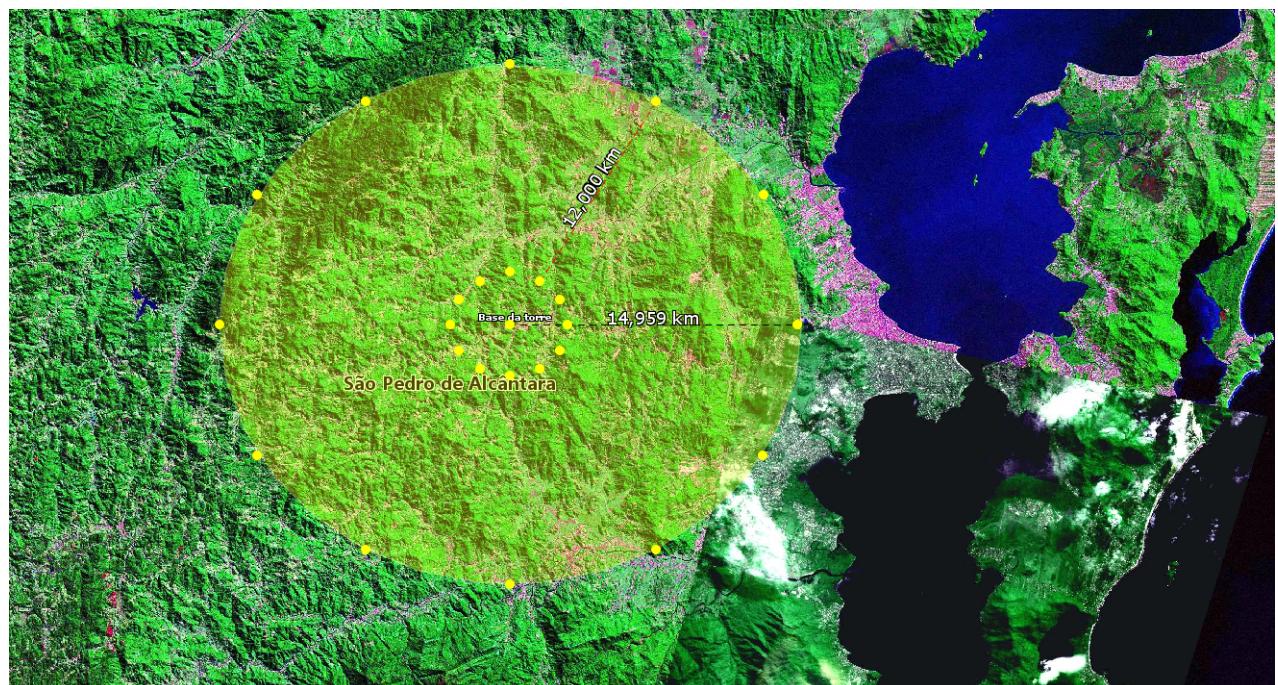


Figura 4.4: Traçado das 12 raias partindo da base da emissora.

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 (12km/quantidade de passos).

O gráfico Figura 4.5 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.

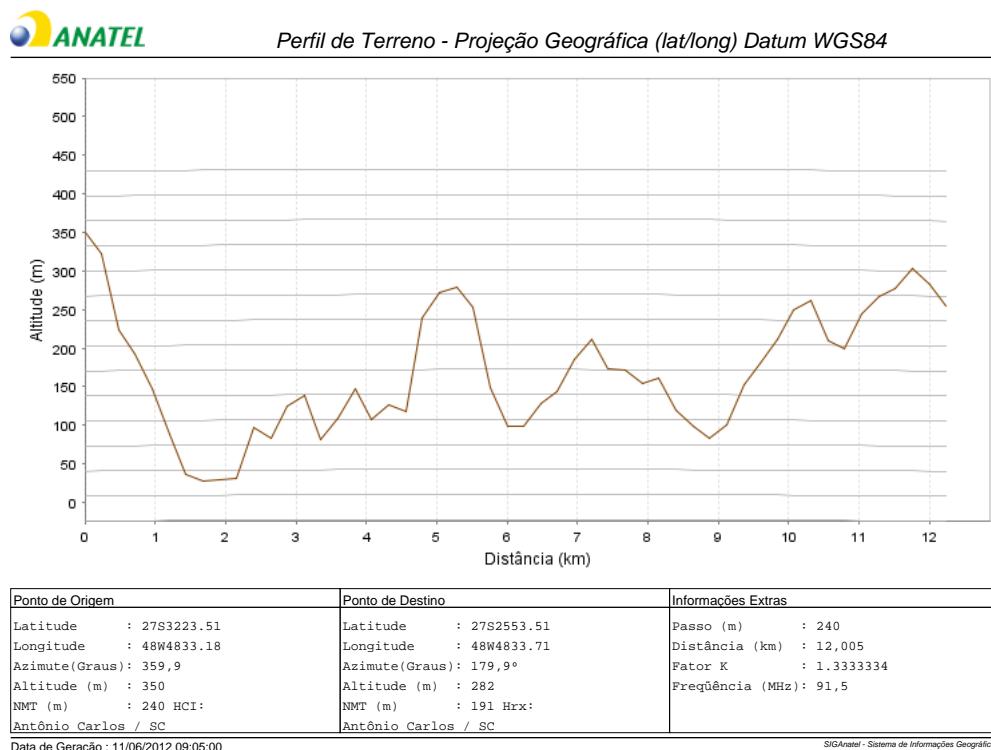


Figura 4.5: Gráfico do NMR da Radial 1 usando o aplicativo da SIGANATEL

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 4.2 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, consequentemente, 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 radias, como informaremos mais à frente.

| Radial | 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 |

Tabela 4.1: Coordenadas indicando as referências latitudinais e longitudinais de cada radial.

4.2.2 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 o 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 *66dBm*. Os valores de *HSNTM* serão aplicados posteriormente nas Curvas de Intensidade de Campo, que será abordada com maiores detalhes mais à frente.

O HSNTM 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 $27^{\circ}34'02.72''S$ e $48^{\circ}48'33.71''O$, buscamos a altura do terreno da nossa base, que resultou em $285m$ acima do nível do mar. Assim, já temos nosso 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

| -/- | Radial 01 | Altitude(m) | Radial 02 | Altitude(m) | Radial 03 | Altitude(m) | Radial 04 | Altitude(m) | Radial 05 | Altitude(m) | Radial 06 | Altitude(m) | Radial 07 | Altitude(m) | Radial 08 | Altitude(m) | Radial 09 | Altitude(m) | Radial 10 | Altitude(m) | Radial 11 | Altitude(m) | Radial 12 | Altitude(m) | NMF | |
|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|---------------|--------|--------|
| Distancia(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Alt. média(m) | | |
| 3240 | 350 | 335 | 275 | 290 | 470 | 260 | 400 | 315 | 320 | 390 | 320 | 355 | 320 | 300 | 390 | 320 | 355 | 320 | 340 | 400 | 390 | 140 | 66 | 309,91 | | |
| 3480 | 325 | 290 | 325 | 340 | 530 | 245 | 390 | 320 | 350 | 320 | 320 | 400 | 340 | 340 | 320 | 320 | 350 | 340 | 340 | 340 | 340 | 40 | 40 | 296,25 | | |
| 3720 | 225 | 180 | 350 | 290 | 550 | 280 | 425 | 425 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 340 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 43 | 43 | 289,58 | |
| 3960 | 190 | 183 | 360 | 220 | 540 | 300 | 470 | 300 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 475 | 335 | 475 | 335 | 335 | 335 | 335 | 335 | 335 | 250 | 40 | 291,75 | |
| 4200 | 125 | 80 | 325 | 190 | 470 | 220 | 305 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 210 | 40 | 270,00 | |
| 4440 | 30 | 45 | 275 | 220 | 450 | 260 | 350 | 260 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 300 | 66 | 249,25 | |
| 4680 | 25 | 80 | 180 | 260 | 350 | 200 | 250 | 255 | 270 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 350 | 140 | 243,33 | |
| 4920 | 27 | 100 | 100 | 190 | 310 | 135 | 190 | 320 | 320 | 200 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 345 | 130 | 249,75 | |
| 5160 | 95 | 105 | 135 | 190 | 310 | 137 | 220 | 250 | 400 | 400 | 175 | 280 | 280 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 250 | 55 | 232,50 | |
| 5400 | 80 | 80 | 137 | 220 | 250 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 200 | 57 | 213,67 | |
| 5640 | 125 | 30 | 97 | 240 | 200 | 430 | 100 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 360 | 150 | 200,58 | |
| 5880 | 140 | 75 | 115 | 250 | 250 | 475 | 75 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 110 | 85 | 227,91 | |
| 6120 | 75 | 75 | 45 | 235 | 245 | 478 | 60 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 450 | 115 | 120 | 222,33 |
| 6360 | 150 | 30 | 40 | 190 | 190 | 440 | 55 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 350 | 440 | 150 | 150 | 218,75 |
| 6600 | 105 | 50 | 75 | 195 | 253 | 430 | 53 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 425 | 490 | 270 | 190 | 240,50 |
| 6840 | 125 | 30 | 43 | 225 | 285 | 400 | 51 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 300 | 310 | 310 | 262,00 |
| 7080 | 120 | 25 | 40 | 215 | 215 | 285 | 380 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 360 | 150 | 230 | 268,33 |
| 7320 | 238 | 30 | 50 | 230 | 250 | 320 | 320 | 100 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 540 | 350 | 130 | 130 | 278,16 |
| 7560 | 265 | 30 | 100 | 215 | 275 | 230 | 230 | 130 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 460 | 590 | 104 | 104 | 275,75 |
| 7800 | 270 | 30 | 150 | 240 | 270 | 150 | 150 | 150 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 480 | 635 | 635 | 279,16 |
| 8040 | 250 | 30 | 190 | 320 | 250 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 | 650 | 650 | 295,00 |
| 8280 | 150 | 30 | 180 | 315 | 220 | 80 | 115 | 115 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 580 | 630 | 630 | 272,08 |
| 8520 | 98 | 30 | 190 | 220 | 200 | 200 | 60 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 600 | 600 | 600 | 271,08 |
| 8760 | 98 | 125 | 175 | 220 | 200 | 150 | 30 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 445 | 510 | 510 | 300 |
| 9000 | 125 | 125 | 175 | 220 | 200 | 150 | 30 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 510 | 570 | 570 | 370 |
| 9240 | 145 | 155 | 180 | 180 | 205 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 740 | 805 | 805 | 405 |
| 9480 | 185 | 130 | 160 | 250 | 250 | 300 | 60 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 210 | 710 | 710 | 710 | 410 |
| 9720 | 210 | 100 | 195 | 315 | 170 | 170 | 170 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 560 | 560 | 560 | 440 |
| 9960 | 165 | 60 | 195 | 300 | 200 | 200 | 60 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 550 | 550 | 550 | 480 |
| 10200 | 165 | 50 | 250 | 340 | 250 | 250 | 50 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 470 | 530 | 530 | 306,25 |
| 10440 | 150 | 70 | 190 | 300 | 220 | 220 | 25 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 480 | 530 | 530 | 306,25 |
| 10680 | 160 | 60 | 160 | 200 | 160 | 160 | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 520 | 590 | 590 | 306,25 |
| 10920 | 115 | 100 | 80 | 60 | 210 | 210 | 350 | 90 | 50 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 370 | 625 | 625 | 680 | |
| 11160 | 140 | 50 | 25 | 240 | 240 | 160 | 160 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 | 650 | 650 | 680 |
| 11400 | 30 | 40 | 23 | 300 | 300 | 340 | 340 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 510 | 570 | 570 | 610 |
| 11640 | 125 | 30 | 20 | 23 | 380 | 150 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 520 | 580 | 580 | 640 |
| 11880 | 125 | 80 | 20 | 23 | 410 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 390 | 700 | 700 | 810 |
| 12120 | 270 | 50 | 25 | 23 | 410 | 70 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 670 | 730 | 730 | 730 |
| 12360 | 100 | 60 | 60 | 20 | 350 | 200 | 35 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 640 | 790 | 790 | 800 |
| 12600 | 185 | 35 | 140 | 17 | 35 | 17 | 30 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 510 | 570 | 570 | 570 |
| 12840 | 150 | 50 | 300 | 23 | 180 | 170 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 680 | 750 | 750 | 800 |
| 13080 | 80 | 60 | 350 | 23 | 370 | 25 | 175 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 650 | 720 | 720 | 780 |
| 13320 | 75 | 80 | 350 | 23 | 365 | 23 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 470 | 540 | 540 | 640 |
| 13560 | 98 | 35 | 150 | 19 | 19 | 19 | 35 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 570 | 640 | 640 | 710 | |
| 13800 | 150 | 25 | 160 | 20 | 170 | 20 | 35 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 640 | 790 | 790 | 800 | |
| 14040 | 200 | 20 | 170 | 17 | 35 | 35 | 30 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 510 | 570 | 570 | 640 | |
| 14280 | 15 | 200 | 200 | 17 | 30 | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 550 | 620 | 620 | 680 |
| 14520 | 270</td | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

já encontrado NMT (288,33m), demonstrando que o relevo, nas redondezas, tende à manter a mesma altura do ponto escolhido como base, porém, devemos tomar cuidado com este valor, pois trata-se de uma média das 12 radias.

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 algumas radias apresentando um NMR mais elevado que a base, ficará definida a altura da torre em 55 metros.

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 Dipolo 1/2 Onda para FM do fabricante IDEAL, conforme ANEXO A, que será usada no projeto e varia conforme o número de elementos usados na estrutura do sistema irradiante. De acordo com a especificação da antena, usando três elementos para irradiar o sinal e usando como referência os dados referentes à sistemas com frequência de 88,1MHz, que é a frequência mais aproximado da que será propagada o sinal da nossa emissora (91,5MHz), o centro de fase do sistema fica em 4244,5mm, ou 4,244m. Efetuando-se a soma entre a altura da torre e a altura do Centro de Fase do Sistema Irradiante, teremos o seguinte valor:

$$HCGSI = 55m + 4,244m = 59,244m$$

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

$$HSNMT = 285m + 59,244m - 288,33m$$

, encontramos o resultado aproximado de :

| Radial | NMR | HSNMT |
|--------|--------|---------|
| 0° | 158,38 | 185,86 |
| 30° | 73,46 | 270,78 |
| 60° | 169,14 | 175,10 |
| 90° | 166,20 | 178,04 |
| 120° | 250,46 | 93,78 |
| 150° | 196,86 | 147,38 |
| 180° | 151,58 | 192,66 |
| 210° | 394,80 | -50,55 |
| 240° | 502,10 | -157,85 |
| 270° | 579,60 | -235,35 |
| 300° | 412,10 | -67,85 |
| 330° | 405,32 | -61,07 |

Tabela 4.3: Valores de HSNMT para cada radial.

$$HSNMT = 55,914m$$

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 (60 metros), considerando a média de todas as radiais (NMT).

Agora, esta equação deve ser usada trocando o NMT por NMR e, assim, encontrar o $HSNMT$ de cada radial, isoladamente.

A tabela 4.3 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 radias correspondentes à estes valores, o nível do terreno é mais alto que a altura da antena ($344,24m$). 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.

4.3 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 $66dBm$ ($2mV/m$)(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 $74dBm (5mV/m)$ e a área de serviço rural (Contorno 3), compreendida entre o contorno 2 e o contorno de $54dBm (0,5mV/m)$, 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.

5 *DEFINIÇÕES 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.

5.1 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.

5.1.1 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 5.1, o diagrama apresenta um antena com uma irradiação levemente direcionada.

O ANEXO A contém o documento do fabricante na íntegra.

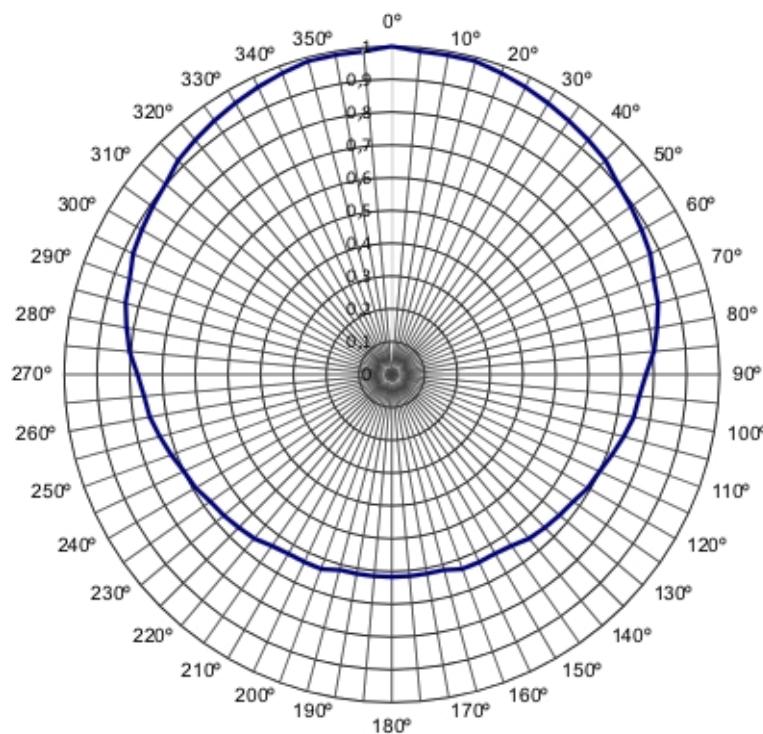


Figura 5.1: Diagrama de Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM

5.1.2 Guia de onda e conectores

Conforme a potência máxima irradiada e a antena escolhida, para o guia de onda deve ser usado o padrão EIA 1-5/8". Optou-se pelo 1-5/8"CELLFLEX® Lite Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable , da fabricante RFS, que apresenta uma atenuação de apenas $0.663dB/100m$, operando numa frequênciancia de $88MHz$; conforme especificações em ANEXO B. Como a frequênciancia do canal que está sendo projetado é de $91,5MHz$, adotaremos o valor de $0.680dB/100m$.

Como já definido, a estrutura da torre onde será alocada a antena tem uma altura de 55m. Sendo assim, o comprimento do guia de onda será de 65m, visando que ele será conectado ao transmissor, que deverá estar abrigado dentro de uma estrutura adequada (já construída no local). Portanto, a atenuação introduzida pelo cabo será de $0,442\text{dB}$.

5.1.3 Transmissor

A única característica de um transmissor levada em consideração nos cálculos é a sua potência de saída. Essa potência é informada nas especificações técnicas, e dada geralmente em Wrms.

Baseando-se em pesquisas nos sites de fabricantes de transmissores nacionais, foi encon-

trado transmissores com potências nominais de 25, 100,150 e 300 Wrms. Visando atender a resolução, que limita a potência da emissora de rádio em 300Wrms para a classe C, usaremos nos cálculos um transmissor de 150Wrms , que , combinado com o ganho da antena e com a eficiência da linha de transmissão, terá que resultar numa potência $P(\text{erp}) \leq 300\text{Wrms}$.

link http://www.videolinkpro.com.br/transmissor_fm_ex150.shtml

5.1.4 Cálculos de ERPmax, ERPaz e a orientação da antena

A seguir serão mostrados os ajustes e cálculos necessários para obter o resultado mais eficiente e dentro da norma.

Potência efetiva irradiada máxima (ERPmax)

A fórmula para obter a ERPmax , a partir do equipamentos escolhidos, é a seguinte:

$$\text{ERPmax} = Pt \times Gtmax \times Ef$$

A variável Pt representa a potência de saída do transmissor em Wrms, $Gtmax$ o ganho máximo da antena representado em vezes, e Ef a eficiência da linha de transmissão.

Através das especificações do fabricante podem ser obtidos a potência de saída do transmissor e o ganho máximo da antena. Caso o $Gtmax$ esteja somente representado em dBd é usado a seguinte fórmula para a conversão:

$$Gtmax = 10^{0,1 \times Gtmax(\text{dBd})}$$

A eficiência da linha de transmissão é determinada através das perdas do sistema. Para calcular as perdas na linha usa-se a seguinte fórmula:

$$Pl = \frac{L \times Al}{100}$$

O parâmetro L informa o comprimento do guia de onda em metros, Al representa a atenuação do guia a cada 100m de comprimento, em dB/100m. É usual considerar o valor de 2dB como perda com acessórios (Pc), provenientes de conectores e divisores de linha, que deve ser somado ao valor Pl , resultando então na perda total da linha (Pd), em dB:

$$Pd = Pl + Pc$$

Converte-se então as perdas totais em vezes (Pv):

$$Pv = 10^{0,1 \times Pd}$$

Por fim, para definir o parâmetro que falta para encontrar o $ERPmax$, inverte-se o último resultado, obtendo a eficiência da linha:

$$Ef = 1/Pv$$

Potência efetiva irradiada por azimute (ERPAz)

A $ERPmax$ representa a potência máxima, mas, conforme o diagrama de irradiação da antena, na prática essa potência será irradiada somente em uma direção. Então, a $ERPAz$ é usada e necessária para encontrar os valores de potência em cada radial. Com esses valores definidos poderemos encontrar as distâncias e traçar os contornos do nosso sistema.

A $ERPAz$ é simplesmente a parcela do $ERPmax$ irradiada em um azimute determinado, e pode ser calculado com a fórmula:

$$ERPAz = ERPmax \times (E/E_{max})^2$$

Onde E/E_{max} representa a porcentagem da potência máxima que é irradiada no azimute correspondente. Este pode ser buscado diretamente das especificações técnicas do fabricante.

Orientação da antena

Como pode ser visto na tabela 4.3, existem valores de $HSNMT$ negativos. Em locais onde o terreno é acidentado, o sinal transmitido apresentará mais dificuldades em propagar-se nas direções onde o terreno é mais alto que a antena, atenuando-o conforme vai se distanciando da origem.

Na região onde está sendo projetado a emissora, o azimute 270° é a direção onde o NMR é o mais alto e, consequentemente, o HSMNT mais negativado. Gradativamente, a altura terrena nesta região vai baixando junto com as outras direções das radiais. Afim de amenizar a

atenuação do sinal neste cenário, a antena será direcionada para o oeste, ou seja, o azimute 0° da antena, que conforme a especificação irradia o ERP_{max} para esta direção, ficará apontado para o azimute 270° da base. Com esta atitude, o sinal está sendo irradiado com a maior potência possível para estas regiões.

6 DESENVOLVENDO A EMISSORA FM

Agora que já conhecemos detalhadamente o local em que vamos trabalhar, os equipamentos que vão compor a emissora, e também quais caminhos devemos seguir para desenvolver o projeto, tem-se o início do desenvolvimento.

6.1 ESPECIFICAÇÕES DEFINIDAS

Ao decorrer desta leitura, já foram mostrados alguns levantamentos que apresentam seus valores definitivos. Vimos a tabela 4.3, que apresenta o mapeamento geográfico da localidade com os valores de NMR e HSNMT, e agora temos a tabela 6.1, que agrupa as especificações técnicas já definidas até este momento.

Os próximos passos serão destinados à mostrar os valores que comprovarão que esta configuração do sistema está respeitando todos os requisitos máximos, principalmente o contorno protegido de 66dBm.

| | |
|---|-------------------------------|
| Canal | 218 |
| Frequência | 91,5 |
| Classe | C |
| Altura do centro geométrico do sistema irradiante (HSNMT) | 55,914 metros |
| Orientação do Norte Verdadeiro | 90° no diagrama de irradiação |
| Cota da base da torre | 285 metros |
| Comprimento da linha de transmissão | 65 metros |
| Altura da antena | 59,244 metros |
| Atenuação do guia de onda e conectores | 0,442dB (para 65 metros) |
| Ganho da antena | 4,77dBd (para 3 elementos) |
| Potência do transmissor | 0,150kW |

Tabela 6.1: Resumo das especificações técnicas da emissora.

6.2 DEFININDO AS POTÊNCIAS ERPmax E ERPaz

O limite máximo da potência que o nosso sistema pode usar para irradiar o sinal está fixado em 0,300kW. Já temos todos os fatores necessários para saber o valor de ERPmax da emissora, vamos aos cálculos, começando pela perda da linha:

$$Pl = \frac{65 \times 0,680}{100}$$

$$Pl = 0,442dB$$

Soma-se este resultado à atenuação dos conectores:

$$Pd = 0,442 + 2$$

$$Pd = 2,442dB$$

Convertendo para perdas totais em vezes (Pv):

$$Pv = 10^{0,1 \times 2,442}$$

$$Pv = 1,754$$

Inverte-se este resultado para obter a Eficiência da linha:

$$Ef = 1/1,754$$

$$Ef = 0,569$$

Portanto, a potência de saída do sistema fica:

$$ERPmax = 0,15 \times 3 \times 0,569$$

$$ERP_{max} = 0,256kW$$

Se for usada a notação em dB:

$$ERP_{max} - 5,91dBk$$

Este resultado atende o estabelecido pela resolução, é menor que 300W, então podemos começar à calcular o ERPaz para cada um dos azimutes traçados.

Como já mencionado anteriormente, a antena ficou posicionada apontando o seu 90° em direção ao norte verdadeiro, assim ficando de frente para o azimute 270° da emissora.

Considerando a posição da antena e os valores de E/E_{max} (disponível na especificação da antena - ANEXO A), segue o cálculo para o azimute 0°:

$$ERP_{az}(0^\circ) = 0,256kW \times (0,78)^2$$

$$ERP_{az}(0^\circ) = 0,256kW \times 0,6084$$

$$ERP_{az}(0^\circ) = 0,1557kW$$

Convertendo para dBk ($10 \times \log$):

$$ERP_{az}(0^\circ) = -8,07dBk$$

Repete-se este procedimento para todos os outros 11 angulos. Segue tabela completa 6.2, com os valores de E/E_{max} e ERP_{az} :

6.3 DEFININDO OS CONTORNOS DAS ÁREAS DE SERVIÇOS

Definir a distância do contorno protegido, cobertura da Área de Serviço Urbana com potência mínima de 66dBm, é o principal objetivo deste estudo. Esta distância é a média aritmética das distâncias a este contorno, segundo cada radial, e é o que irá identificar a classe desta emissora. Para a classe C, o Contorno 2 não deve ultrapassar 7,5km, sendo este o resultado da média das 12 radiais.

A norma também solicita as definições das outras duas áreas de serviços, a Área de Serviço Primário (74dBm) e a Área de Serviço Rural (54dBm), Contornos 1 e 3 respectivamente. O

| Radial | E/Emax | ERPaz(kW) | ERPaz(dBk) |
|--------|--------|-----------|------------|
| 0° | 0,78 | 0,1560 | -8,07 |
| 30° | 0,69 | 0,1220 | -9,13 |
| 60° | 0,63 | 0,1017 | -9,92 |
| 90° | 0,62 | 0,0985 | -10,06 |
| 120° | 0,63 | 0,1017 | -9,92 |
| 150° | 0,69 | 0,1220 | -9,13 |
| 180° | 0,78 | 0,1560 | -8,07 |
| 210° | 0,88 | 0,1985 | -7,02 |
| 240° | 0,95 | 0,2314 | -6,35 |
| 270° | 1,00 | 0,2564 | -5,91 |
| 300° | 0,95 | 0,2314 | -6,35 |
| 330° | 0,88 | 0,1985 | -7,02 |

Tabela 6.2: Valores de ERPaz para cada radial.

conjunto desses 3 contornos compõem a área de serviço da emissora.

Já temos o potencial de irradiação de cada uma das radias do sistema, a próxima etapa é identificar cada uma das distâncias que formarão os contornos. As curvas de intensidade de campo $E(50,50)$ serão usadas para esta finalidade. Através destas curvas obtemos as relações entre potência e relevo, necessárias para determinar as distâncias dos contornos das áreas de serviços. Tais curvas baseiam-se em uma potencia efetiva de 1KW irradiado por um dipolo de 1/2 onda, em espaço livre, que produz uma intensidade de campo não atenuada, a 1km, de aproximadamente 107dBu.

6.3.1 ÁREA DE SERVIÇO URBANA (66dBm)

Como já mencionado, a Área de Serviço Urbana é o contorno principal do projeto. Para identificar se a emissora está respeitando o contorno de 7,5km, temos que fazer uso das curvas de intensidade, combinadas com as potências ERPaz. Como as potências efetivas irradiadas, que encontramos anteriormente, são inferiores à 1KW, deve ser feito um ajuste, subtraindo estes valores em dBk do valor para o contorno desejado. O resultado será o valor referência do eixo das ordenadas. O ponto de intersecção será o valor de HSMNT correspondente à radial desta potência, que deverá ser encontrado entre as escalas apresentadas nas curvas de intensidade.

Definido o ponto, busca-se o valor, em km, que está em escala logarítmica no eixo das abscessas. A figura 6.1 mostra um exemplo deste procedimento para os valores referentes à radial 0°. À esquerda está destacado o valor resultante da subtração de $66dBm - 8,07dBk = 74,07dBm$ e, através do valor de HSMNT de 185,86m na radial 0°, utilizando a curva correspondente obtém-se o valor de 10,5km.

Agora sabemos que à 10,5km da base da emissora, em direção ao norte verdadeiro, a intensidade do sinal apresenta uma potência de 66dbm. Nota-se que esta distância ultrapassa o valor de limite de 7,5km, porém, devido à irregularidade do terreno, é permitido que algumas distâncias ultrapassem o limite máximo, desde que a média geral não à ultrapasse. Para que esta exclusividade seja permitida, a potência ERPmax e altura da antena não podem estar excedendo os limites de 0,3 KW e 60 metros respectivamente, sendo este o nosso caso.

Executando este procedimento em todas as 12 radias, obteve-se os resultados apresentados na tabela 6.3. Para os valores de HSMNT negativos é considerado a curva de menor valor como referencia (10m).

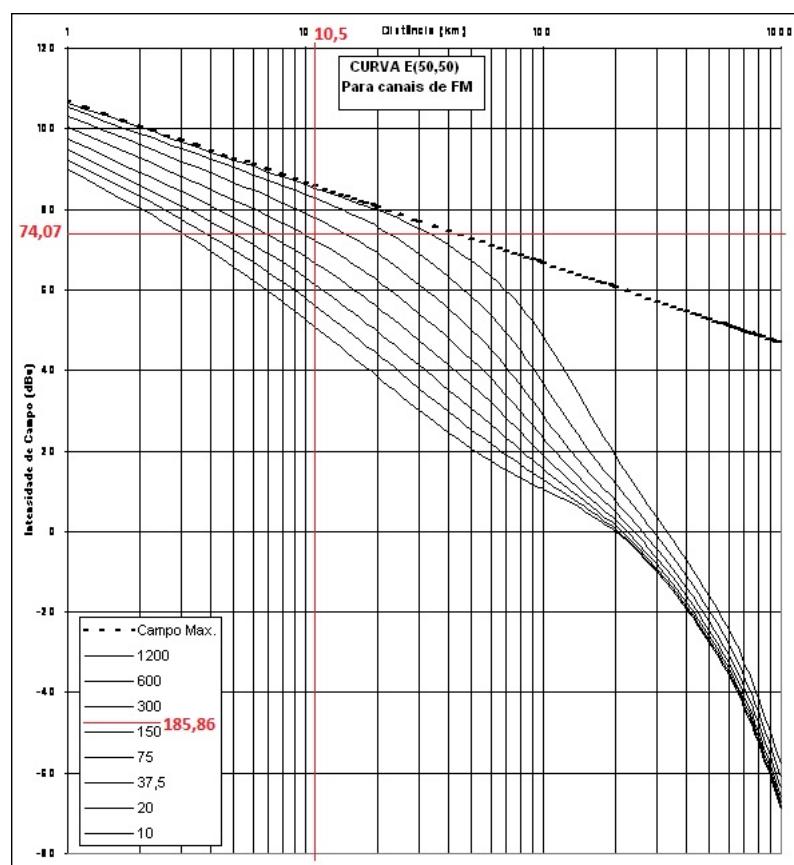


Figura 6.1: Utilizando as curvas E(50,50) para encontrar as distâncias do contorno protegido.

A o valor médio deste contorno protegido é de aproximadamente 7km, então este fator está de acordo com a norma.

Cobertura da Área de Serviço Urbana

Encontramos no site de prefeitura um mapa do macrozoneamento de São Pedro de Alcântara (ANEXO C), que delimita as áreas conforme sua densidade populacional urbana ou rural (pesquisa realizada em 2010).

| Radial | ERPAZ(dBk) | HSMNT (m) | 66dBm | Contorno 2 (km) |
|--------|------------|-----------|-------|-----------------|
| 0° | -8,07 | 185,86 | 74,07 | 10,5 |
| 30° | -9,13 | 270,78 | 75,13 | 11 |
| 60° | -9,92 | 175,10 | 75,92 | 9 |
| 90° | -10,06 | 178,04 | 76,06 | 9 |
| 120° | -9,92 | 96,78 | 75,92 | 7 |
| 150° | -9,13 | 147,38 | 75,13 | 9 |
| 180° | -8,07 | 192,66 | 74,07 | 11 |
| 210° | -7,02 | -50,55 | 73,02 | 3,2 |
| 240° | -6,35 | -157,85 | 72,35 | 3,4 |
| 270° | -5,91 | -235,35 | 71,91 | 3,6 |
| 300° | -6,35 | -67,85 | 72,35 | 3,4 |
| 330° | -7,02 | -61,07 | 73,02 | 3,2 |

Tabela 6.3: Distâncias do contorno protegido (66dBm).

A área em vermelho corresponde à área urbana atual, e a área um laranja é correspondente à área de expansão urbana. O contorno de 66dBm deve cobrir ao menos 90% dessas áreas para, assim, comprovar a cobertura da área urbana do município, conforme o estabelecido pela resolução.

6.3.2 Áreas de Serviço Primário e Rural (74dBm e 54dBm)

Os outros contornos de serviço, Área de Serviço Primário (74dBm) e Área de Serviço Rural (54dBm), tem como objetivos atender a área de maior densidade populacional e área rural, respectivamente, na localidade. Os mesmos procedimentos usados para encontrar as distâncias do contorno de 66dBm são usados para esses dois outros contornos. Os resultados estão na tabela 6.4.

6.3.3 O traçado dos contornos

Já sabemos todas as distâncias, em todas as radias, para cada intensidade do sinal (área de serviço), que juntos formam os 3 contornos do sistema. Utilizando a ferramenta SIGANATEL, podemos visualizar estes contornos, projetados no mapa da localidade, e assim analisar, num primeiro momento, se os efeitos destas coberturas estão dentro do esperado.

A figura 6.2 apresenta as projeções das áreas de serviço da emissora em São Pedro de Alcântara.

| Radiais | (graus) | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° |
|----------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| NMT | (m) | 158,38 | 73,46 | 169,20 | 166,20 | 250,46 | 196,86 |
| HSMNT | (m) | 185,86 | 270,78 | 175,10 | 178,04 | 93,78 | 147,38 |
| E/Emax | vezes | 0,78 | 0,69 | 0,63 | 0,62 | 0,63 | 0,69 |
| Potência | (KW) | 0,1560 | 0,1220 | 0,1017 | 0,0985 | 0,1017 | 0,1220 |
| ERPaz | (dBk) | -8,07 | -9,13 | -9,92 | -10,06 | -9,92 | -9,13 |
| Contorno | 74dBm | 82,07 | 83,13 | 83,92 | 84,06 | 83,92 | 83,13 |
| 1 | (km) | 5,2 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Contorno | 66dBm | 74,07 | 75,13 | 75,92 | 76,06 | 75,92 | 75,13 |
| 2 | (km) | 10,5 | 11 | 9 | 9 | 7 | 9 |
| Contorno | 54dBm | 62,07 | 63,13 | 63,92 | 64,06 | 63,92 | 63,13 |
| 3 | (km) | 21 | 23 | 19 | 18 | 15 | 18 |
| Radiais | (graus) | 180° | 210° | 240° | 270° | 300° | 330° |
| NMT | (m) | 151,58 | 394,80 | 502,10 | 579,60 | 412,10 | 405,32 |
| HSMNT | (m) | 192,66 | -50,55 | -157,85 | -235,35 | -67,85 | -61,07 |
| E/Emax | vezes | 0,78 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 0,95 | 0,88 |
| Potência | (KW) | 0,1560 | 0,1985 | 0,2314 | 0,2564 | 0,2314 | 0,1985 |
| ERPaz | (dBk) | -8,07 | -7,02 | -6,35 | -5,91 | -6,35 | -7,02 |
| Contorno | 74dBm | 82,07 | 81,02 | 80,35 | 79,91 | 80,35 | 81,02 |
| 1 | (km) | 5,2 | 1,8 | 2 | 2,1 | 2 | 1,8 |
| Contorno | 66dBm | 74,07 | 73,02 | 72,35 | 71,91 | 72,35 | 73,02 |
| 2 | (km) | 11 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,4 | 3,2 |
| Contorno | 54dBm | 62,07 | 61,02 | 60,35 | 59,91 | 60,35 | 61,02 |
| 3 | (km) | 21 | 6,5 | 6,8 | 7 | 6,8 | 6,5 |

Tabela 6.4: Contornos das diversas áreas de serviço por radial e dados correspondentes.

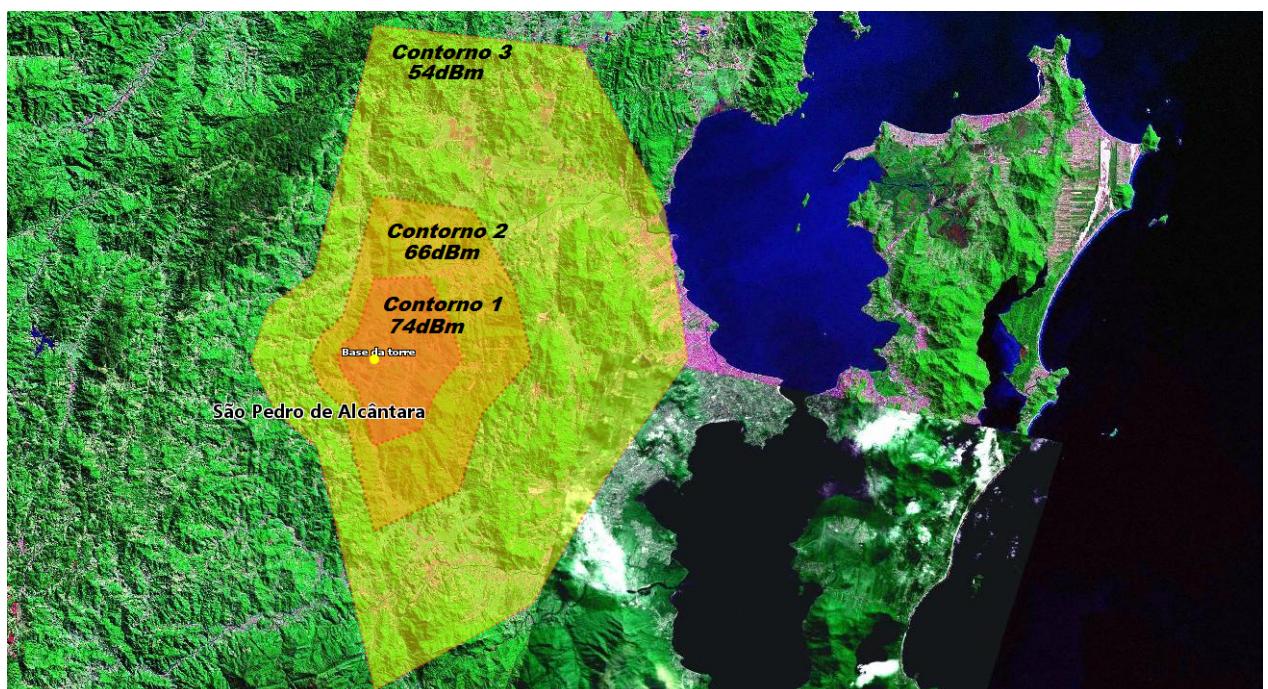


Figura 6.2: Projeção da cobertura das áreas de serviços utilizando a ferramenta SIGANATEL.

7 *RESULTADOS OBTIDOS COM O PROJETO*

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTORNOS ENCONTRADOS

7.1.1 Analisando a cobertura da Área de Serviço Urbana em São Pedro de Alcântara

Aplicando as distâncias do contorno de 66dBm no mapa, podemos ver que este cobre totalmente as áreas necessárias. É mais um requisito atingido.

*** obter uma figura para demostrar este passo.***

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Digitar as conclusões do trabalho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. *Portal ANATEL*. [S.I.], 2013. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. *SRD - SISTEMA DE CONTROLE DE RADIODIFUSÃO*. [S.I.], 2013. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/srd>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL). *Resolução nº 67, de 12 de novembro de 1998*. [S.I.], 2010. Disponível em: <<http://legislacao.anatel.gov.br/resolucoes/13-1998/168-resolucao-67>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

AUTOR, N. *Título*: Subtítulo, que vem depois de dois pontos. São Paulo: Editora, 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.I.: s.n.], 1987.

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

RÉGIS, P. A. *Cálculo de Viabilidade Técnica de um Canal de Televisão Digital*. Blumenal: FURB, 2010.

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

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES: SETOR DE RADIOPROGRAMAÇÃO. *Recomendação P.1546 -1: Método de previsões ponto-área para serviços terrestres na faixa de frequências de 30 a 3000MHz* . [S.I.], 2013. Disponível em: <<http://sistemas.anatel.gov.br/siganatel/>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

*ANEXO A – Especificações técnicas do fabricante da
antena dipolo utilizada*



IDEAL
Antenas Profissionais



**Eletro-eletrônicos
BRASIL**
O Vale da Eletrônica

Empresa Certificada ISO 9001
Membro da Federação Cisq
RINA
ISO 9001:2008
Sistema de Qualidade Certificado

Dipolo ½ Onda para FM

| Nº de Elementos | Ganho dBd | Vezes | Potência Máxima de Entrada (kW) | Conexão | Âng. ½ Pot Vertical |
|-----------------|-----------|-------|---------------------------------|-------------|---------------------|
| 1 | 0 | 1 | 5 | EIA 1 5/8" | 84° |
| 2 | 3 | 2 | 10 | EIA 1 5/8" | 27° |
| 3 | 4,77 | 3 | 15 | EIA 3 1/8" | 18° |
| 4 | 6 | 4 | 20 | EIA 3 1/8" | 13° |
| 6 | 7,76 | 6 | 30 | EIA 3 1/8" | 8,5° |
| 8 | 9,03 | 8 | 40 | EIA 4 1/16" | 6,5° |

* Dipolos confeccionados em 1 5/8"

| Nº de Elementos | Ganho dBd | Vezes | Potência Máxima de Entrada (kW) | Conexão | Âng. ½ Pot Vertical |
|-----------------|-----------|-------|---------------------------------|-------------|---------------------|
| 1 | 0 | 1 | 10 | EIA 3 1/8" | 84° |
| 2 | 3 | 2 | 20 | EIA 3 1/8" | 27° |
| 3 | 4,77 | 3 | 30 | EIA 3 1/8" | 18° |
| 4 | 6 | 4 | 40 | EIA 4 1/16" | 13° |
| 6 | 7,76 | 6 | 40 | EIA 4 1/16" | 8,5° |
| 8 | 9,03 | 8 | 40 | EIA 4 1/16" | 6,5° |

* Dipolos confeccionados em 3 1/8"

Antena para transmissão de FM, com polarização Vertical. Podendo ser confeccionada em linha EIA 1 5/8" ou EIA 3 1/8".

Ideal para transmissão em média e alta potência. Podendo ser instalada em lateral de torre ou tubulão em topo de torre.

Antena de fácil instalação e baixa carga de vento.

Pode ser utilizado diagrama de elevação com tilt elétrico e/ou preenchimento de nulo. Possui confecção com alimentação inferior ou central.

É produzida, sendo sua estrutura externa em latão e suas conexões internas em cobre e latão banhados a prata. Possui tratamento anticorrosivo com epoxi em coloração branca. Com possibilidade de pressurização plena ou até a entrada da antena.

Sistemas com configurações diferentes as apresentadas, entrar em contato.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| | |
|-------------------------------------|---|
| Faixa de Frequência | 87,5 a 108,1 Mhz |
| Largura de Banda..... | 500 KHz |
| Polarização | Vertical |
| Impedância | 50 ohms |
| Ganho..... | Vide tabela |
| Máxima potência por elemento..... | 5000 Watts (EIA 1 5/8") 10000 Watts (EIA 3 1/8") |
| Ângulo de ½ pot. vertical | Vide tabela |
| VSWR | <1.05:1 |
| Dimensões (Altura x Diâmetro)..... | Vide tabela |
| Área exposta..... | Vide tabela |
| Carga ao Vento | Vide tabela |
| Peso..... | Vide tabela |
| Conexão de entrada do sistema | EIA 1 5/8", EIA 3 1/8", EIA 4 1/16" |
| Resistência a ventos | 180 Km/h |
| Proteção elétrica | Por intermédio da estrutura da antena |

MODELO

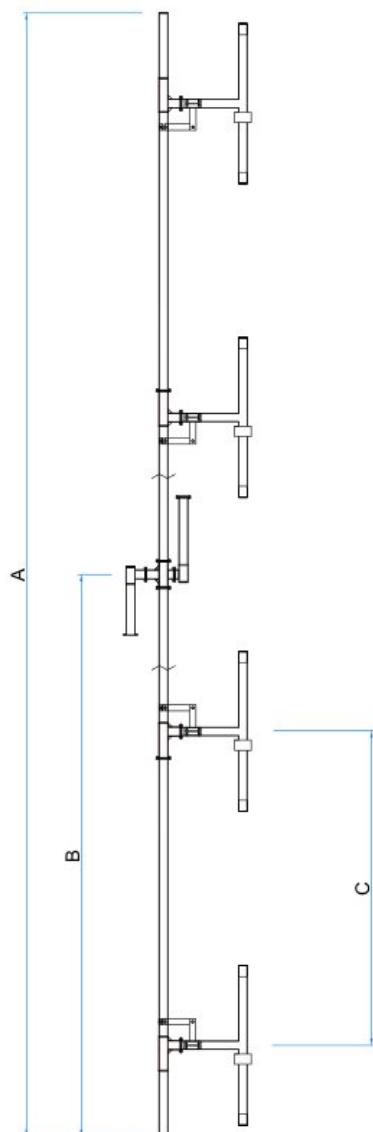




Dipolo de ½ Onda para FM



IDEAL
Antenas Profissionais



| Características Mecânicas * | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|------|--------------|----------------|
| Números de Elementos | A | B | C | Área Exposta | Carga ao Vento |
| 1 | 1815 | 907,5 | 3337 | 0,13 | 13 |
| 2 | 5152 | 2576 | | 0,61 | 61 |
| 3 | 8489 | 4244,5 | | 0,89 | 89 |
| 4 | 11826 | 5913 | | 1,15 | 115 |
| 6 | 18500 | 9250 | | 1,71 | 171 |
| 8 | 25155 | 12577 | | 2,27 | 227 |

* Dados referentes a sistemas com frequência de 88.1 MHz em Linha 1 5/8"

| Características Mecânicas * | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|--------------|----------------|
| Números de Elementos | A | B | C | Área Exposta | Carga ao Vento |
| 1 | 1630 | 815 | 3000 | 0,12 | 12 |
| 2 | 4630 | 2315 | | 0,56 | 56 |
| 3 | 7630 | 3815 | | 0,82 | 82 |
| 4 | 10630 | 5315 | | 1,06 | 106 |
| 6 | 16630 | 8315 | | 1,57 | 157 |
| 8 | 22623 | 11312 | | 2,09 | 209 |

* Dados referentes a sistemas com frequência de 98.1 MHz em Linha 1 5/8"

| Características Mecânicas * | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|--------------|----------------|
| Números de Elementos | A | B | C | Área Exposta | Carga ao Vento |
| 1 | 1480 | 740 | 2720 | 0,11 | 11 |
| 2 | 4200 | 2100 | | 0,51 | 51 |
| 3 | 6920 | 3460 | | 0,75 | 75 |
| 4 | 9640 | 4820 | | 0,97 | 97 |
| 6 | 15080 | 7540 | | 1,43 | 143 |
| 8 | 20520 | 10260 | | 1,91 | 191 |

* Dados referentes a sistemas com frequência de 108.1 MHz em Linha 1 5/8"

A = Altura do sistema (mm)

B = Centro de Fase do sistema (mm)

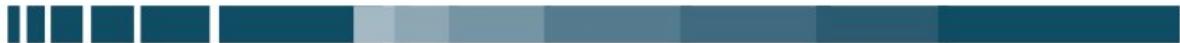
C = Espaçamento entre antenas (mm)

Área Exposta (m²)

Carga ao Vento (Kg)

Peso (Kg)

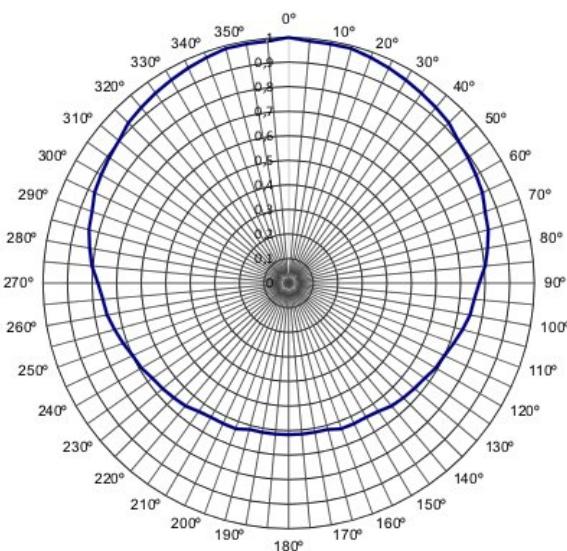
* Características referentes a confecção em tubo padrão em latão.



Dipolo de ½ Onda para FM

IDEAL
Antenas Profissionais

Diagrama de Azimute



| Graus | E/Emax (dB) | (%) | Graus | E/Emax (dB) | (%) |
|-------|-------------|------|-------|-------------|------|
| 0° | 1,00 | 0,0 | 100° | 0,78 | -2,2 |
| 5° | 0,99 | -0,1 | 95° | 0,76 | -2,4 |
| 10° | 0,99 | -0,1 | 100° | 0,75 | -2,5 |
| 15° | 0,99 | -0,1 | 105° | 0,73 | -2,7 |
| 20° | 0,98 | -0,2 | 110° | 0,72 | -2,9 |
| 25° | 0,97 | -0,3 | 115° | 0,70 | -3,1 |
| 30° | 0,95 | -0,4 | 120° | 0,69 | -3,2 |
| 35° | 0,94 | -0,5 | 125° | 0,68 | -3,4 |
| 40° | 0,93 | -0,6 | 130° | 0,67 | -3,5 |
| 45° | 0,92 | -0,7 | 135° | 0,66 | -3,6 |
| 50° | 0,90 | -0,9 | 140° | 0,65 | -3,7 |
| 55° | 0,89 | -1,0 | 145° | 0,64 | -3,9 |
| 60° | 0,88 | -1,1 | 150° | 0,63 | -4,0 |
| 65° | 0,87 | -1,2 | 155° | 0,63 | -4,0 |
| 70° | 0,85 | -1,4 | 160° | 0,63 | -4,0 |
| 75° | 0,84 | -1,5 | 165° | 0,62 | -4,2 |
| 80° | 0,82 | -1,7 | 170° | 0,62 | -4,2 |
| 85° | 0,80 | -1,9 | 175° | 0,62 | -4,2 |

| Graus | E/Emax (dB) | (%) | Graus | E/Emax (dB) | (%) | | |
|-------|-------------|------|--------|-------------|------|------|-------|
| 180° | 0,62 | -4,2 | 38,0% | 270° | 0,78 | -2,2 | 60,3% |
| 185° | 0,62 | -4,2 | 38,0% | 275° | 0,80 | -1,9 | 64,6% |
| 190° | 0,62 | -4,2 | 38,0% | 280° | 0,82 | -1,7 | 67,6% |
| 195° | 0,62 | -4,2 | 38,0% | 285° | 0,84 | -1,5 | 70,8% |
| 200° | 0,63 | -4,0 | 39,8% | 290° | 0,85 | -1,4 | 72,4% |
| 205° | 0,63 | -4,0 | 39,8% | 295° | 0,87 | -1,2 | 75,9% |
| 210° | 0,63 | -4,0 | 39,8% | 300° | 0,88 | -1,1 | 77,6% |
| 215° | 0,64 | -3,9 | 40,74% | 305° | 0,89 | -1,0 | 79,4% |
| 220° | 0,65 | -3,7 | 42,7% | 310° | 0,90 | -0,9 | 81,3% |
| 225° | 0,66 | -3,6 | 43,7% | 315° | 0,92 | -0,7 | 85,1% |
| 230° | 0,67 | -3,5 | 44,7% | 320° | 0,93 | -0,6 | 87,1% |
| 235° | 0,68 | -3,4 | 45,7% | 325° | 0,94 | -0,5 | 89,1% |
| 240° | 0,69 | -3,2 | 47,9% | 330° | 0,95 | -0,4 | 91,2% |
| 245° | 0,70 | -3,1 | 49,0% | 335° | 0,97 | -0,3 | 93,3% |
| 250° | 0,72 | -2,9 | 51,3% | 340° | 0,98 | -0,2 | 95,5% |
| 255° | 0,73 | -2,7 | 53,7% | 345° | 0,99 | -0,1 | 97,7% |
| 260° | 0,75 | -2,5 | 56,2% | 350° | 0,99 | -0,1 | 97,7% |
| 265° | 0,76 | -2,4 | 57,5% | 355° | 0,99 | -0,1 | 97,7% |

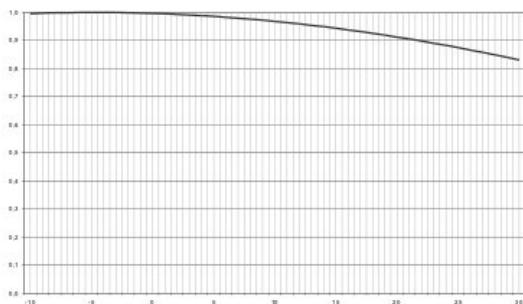


Dipolo de ½ Onda para FM

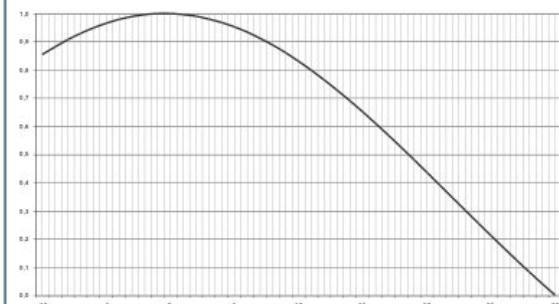


Diagrama de Elevação

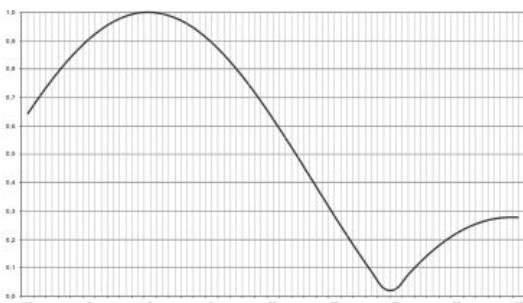
1 Elemento



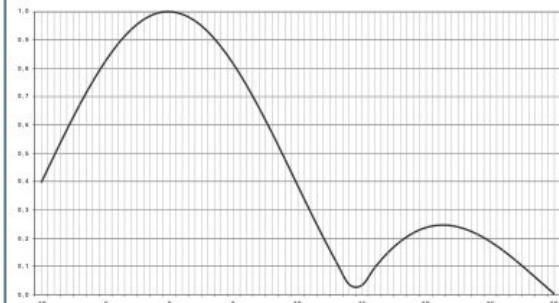
2 Elementos



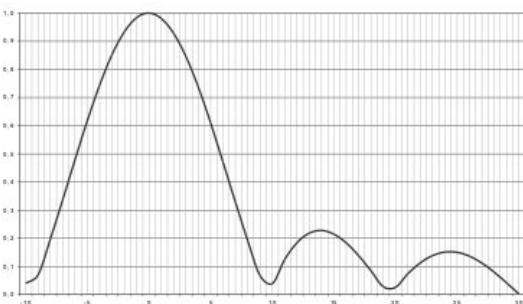
3 Elementos



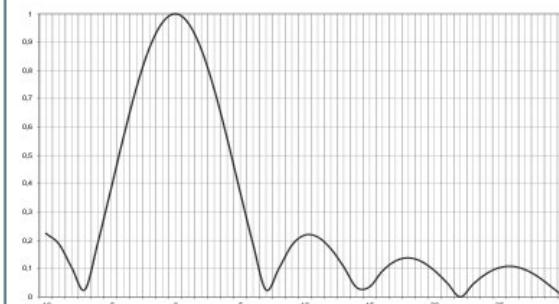
4 Elementos



6 Elementos



8 Elementos



*ANEXO B – Especificações técnicas do fabricante do
guia de onda utilizado*

Product Data Sheet **LCF158-50JFNL**
1-5/8" CELLFLEX® Lite Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

Product Description

CELLFLEX® Lite 1-5/8" low loss flexible cable
Application: Main feed line, Riser-rated In-Building


Features/Benefits

- It represents a light-weight transmission line solution
The light weight of CELLFLEX® Lite coaxial cable results in reduced work-force and lifting gear.
- It is easy to transport, handle and install
CELLFLEX® Lite coaxial cables enable savings in shipping cost.
- It exhibits a cost-efficient alternative to copper transmission line
CELLFLEX® Lite coaxial cable helps to reduce CAPEX spending.
- It offers a user-friendly compatibility with RFS's existing range of accessories
CELLFLEX® Lite coaxial cable requires less inventory additions, thus reduced OPEX.
- It enables trouble-free installation and operation
CELLFLEX® Lite coaxial cable avoids downtime and reduces OPEX.
- The attenuation is comparable to the industry standard in traditional cable
CELLFLEX® Lite coaxial cable maintains uncompromised coverage.
- Specially developed connectors exhibit low and stable intermodulation performance
CELLFLEX® Lite coaxial cable exceeds present PIM standards ensuring no dropped calls.
- It is available with UV-resistant polyethylene or flame-retardant jackets
CELLFLEX® Lite coaxial cable can be used outside and in indoor applications where restrictions apply.
- It exceeds industry standard for return loss performance
CELLFLEX® Lite coaxial cable means zero risk in network planning.

Technical Features
Structure

| | | | |
|------------------|---|-----------|-------------|
| Inner conductor: | Corrugated Copper Tube | [mm (in)] | 17.6 (0.69) |
| Dielectric: | Foam Polyethylene | [mm (in)] | 40.9 (1.61) |
| Outer conductor: | Corrugated Aluminum | [mm (in)] | 46.5 (1.83) |
| Jacket: | Polyethylene, PE, Metalydroxite Filling | [mm (in)] | 50.3 (1.98) |

Mechanical Properties

| | | |
|--|----------------|-----------------------|
| Weight, approximately | [kg/m (lb/ft)] | 0.78 (0.52) |
| Minimum bending radius, single bending | [mm (in)] | 200 (8) |
| Minimum bending radius, repeated bending | [mm (in)] | 500 (20) |
| Bending moment | [Nm (lb-ft)] | 46.0 (34.0) |
| Max. tensile force | [N (lb)] | 1800 (405) |
| Recommended / maximum clamp spacing | [m (ft)] | 1.2 / 1.5 (4.0 / 5.0) |

Electrical Properties

| | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------|
| Characteristic impedance | [Ω] | 50 +/- 1 |
| Relative propagation velocity | [%) | 90 |
| Capacitance | [pF/m (pF/ft)] | 74.0 (22.5) |
| Inductance | [μH/m (μH/ft)] | 0.185 (0.056) |
| Max. operating frequency | [GHz] | 2.75 |
| Jacket spark test RMS | [V] | 10000 |
| Peak power rating | [kW] | 310 |
| RF Peak voltage rating | [V] | 5600 |
| DC Resistance inner conductor | [Ω/km (Ω/1000ft)] | 1.30 (0.396) |
| DC Resistance outer conductor | [Ω/km (Ω/1000ft)] | 0.68 (0.205) |

Recommended Temperature Range

| | | |
|--------------------------|-----------|--------------------------|
| Storage temperature | [°C (°F)] | -70 to +85 (-94 to +185) |
| Installation temperature | [°C (°F)] | -25 to +60 (-13 to +140) |
| Operation temperature | [°C (°F)] | -50 to +85 (-58 to +185) |

Other Characteristics

| | |
|-------------------|--|
| Fire Performance: | Flame Retardant, LS0H |
| VSWR Performance: | Standard |
| Other Options: | Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request. |

| Frequency [MHz] | Attenuation [dB/100m] | Power [kW] |
|--------------------|--------------------------|---------------|
| 0.5 | 0.0480 | 244 |
| 1.0 | 0.0680 | 172 |
| 1.5 | 0.0834 | 140 |
| 2.0 | 0.0963 | 121 |
| 10 | 0.217 | 53.9 |
| 20 | 0.309 | 37.9 |
| 30 | 0.380 | 30.8 |
| 50 | 0.495 | 23.6 |
| 88 | 0.663 | 17.6 |
| 100 | 0.709 | 16.5 |
| 108 | 0.738 | 15.9 |
| 150 | 0.877 | 13.3 |
| 174 | 0.948 | 12.3 |
| 200 | 1.02 | 11.5 |
| 300 | 1.27 | 9.21 |
| 400 | 1.48 | 7.91 |
| 450 | 1.58 | 7.41 |
| 500 | 1.67 | 7.01 |
| 512 | 1.70 | 6.88 |
| 600 | 1.85 | 6.32 |
| 700 | 2.01 | 5.82 |
| 750 | 2.09 | 5.60 |
| 800 | 2.17 | 5.39 |
| 824 | 2.21 | 5.29 |
| 894 | 2.31 | 5.06 |
| 900 | 2.32 | 5.04 |
| 925 | 2.35 | 4.98 |
| 960 | 2.40 | 4.88 |
| 1000 | 2.46 | 4.76 |
| 1250 | 2.79 | 4.19 |
| 1400 | 2.98 | 3.93 |
| 1500 | 3.10 | 3.77 |
| 1700 | 3.33 | 3.51 |
| 1800 | 3.45 | 3.39 |
| 2000 | 3.67 | 3.19 |
| 2100 | 3.77 | 3.10 |
| 2200 | 3.88 | 3.02 |
| 2400 | 4.08 | 2.87 |
| 2500 | 4.18 | 2.80 |
| 2600 | 4.28 | 2.73 |
| 2700 | 4.38 | 2.67 |
| 2750 | 4.43 | 2.64 |

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature

Mean power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

All information contained in the present datasheet is subject to confirmation at time of ordering

RFS The Clear Choice ®
Please visit us on the internet at <http://www.rfsworld.com/>**LCF158-50JFNL**

Rev: C / 16.DEC.2010

Radio Frequency Systems

*ANEXO C – Mapa de Macrozoneamento de São
Pedro de Alcântara*

