

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
4.3.1	Interferências	29
5	DEFINIÇÕES DO SISTEMA IRRADIANTE	31
5.1	SISTEMA IRRADIANTE	31
5.1.1	Antena	31
5.1.2	Guia de onda e conectores	32
5.1.3	Transmissor	32
5.1.4	Cálculos de ERPmax, ERPaz e a orientação da antena	33
6	DESENVOLVENDO A EMISSORA FM	36
6.1	ESPECIFICAÇÕES DEFINIDAS	36
6.2	DEFININDO AS POTÊNCIAS ERPmax E ERPaz	37
6.3	DEFININDO OS CONTORNOS DAS ÁREAS DE SERVIÇOS	38
6.3.1	Área de Serviço Urbana (66dBm)	39
6.3.2	Áreas de Serviço Primário e Rural (74dBm e 54dBm)	41
6.3.3	O traçado dos contornos	41
7	RESULTADOS OBTIDOS COM O PROJETO	44
7.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CONTORNOS ENCONTRADOS	44
7.1.1	Analizando a cobertura da Área de Serviço Urbana em São Pedro de Alcântara	44

7.2	44
8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS		45
Referências		46
Anexo A – Especificações técnicas do fabricante da antena dipolo utilizada		47
Anexo B – Especificações técnicas do fabricante do guia de onda utilizado		52
Anexo C – Mapa de Macrozoneamento de São Pedro de Alcântara		54

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
4.6	Proximidade entre a base do sistema e a coordenada indicada no PBFM, para o canal proposto (GOOGLE MAPS., 2013).	30
5.1	Diagrama de Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM	32
6.1	Utilizando as curvas E(50,50) para encontrar as distâncias do contorno protegido.	40
6.2	Projeção da cobertura das áreas de serviços utilizando a ferramenta SIGANATEL.	43

Lista 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.	36
6.2	Valores de ERPaz para cada radial.	39
6.3	Distâncias do contorno protegido (66dBm).	41
6.4	Contornos das diversas áreas de serviço por radial e dados correspondentes. . .	42

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 (BRASIL), 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 (BRASIL), 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" link, a "Consulta" link, and a "Criar Arquivo Texto" link. 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 MEDIO 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.

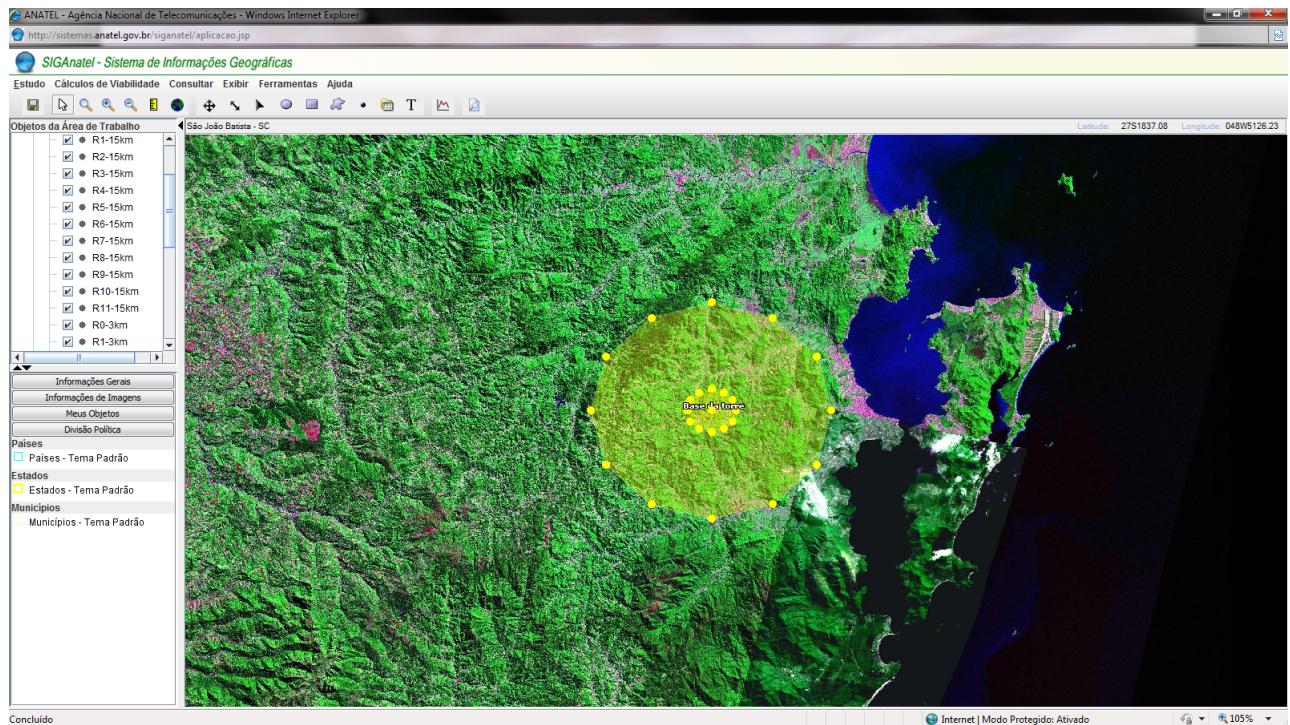


Figura 4.3: Demonstração do layout do aplicativo da SIGANATEL.

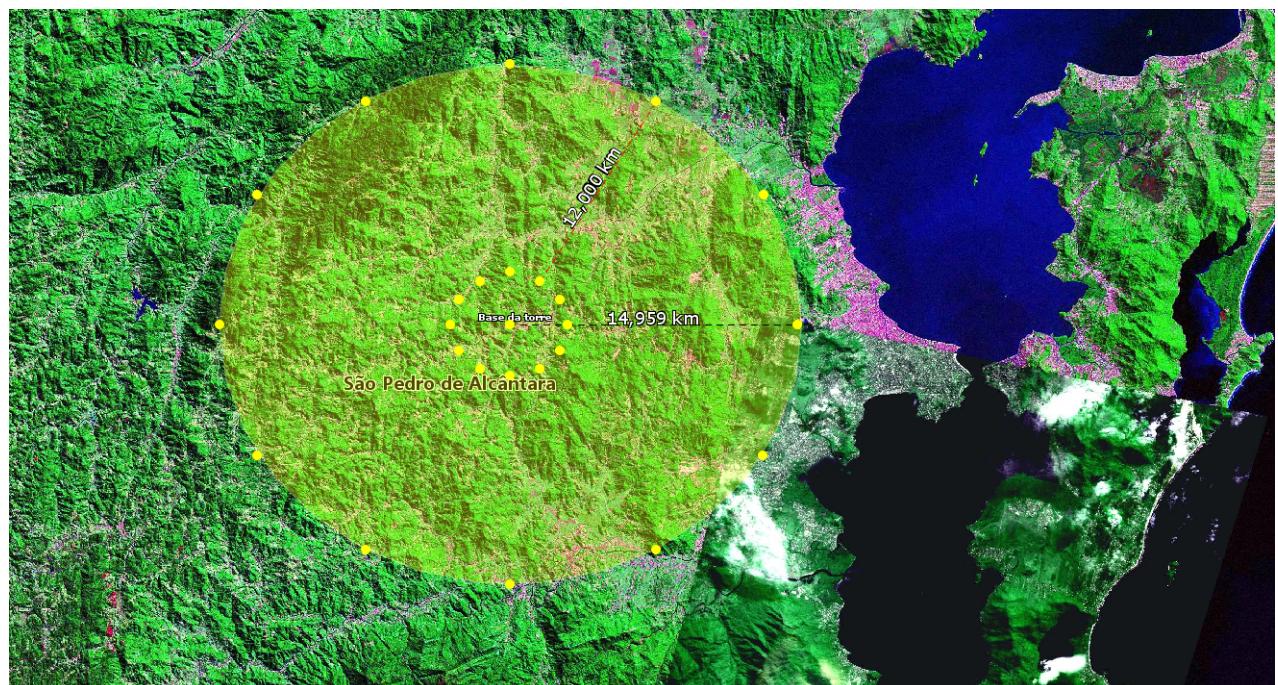


Figura 4.4: Traçado das 12 raias partindo da base da emissora.

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.

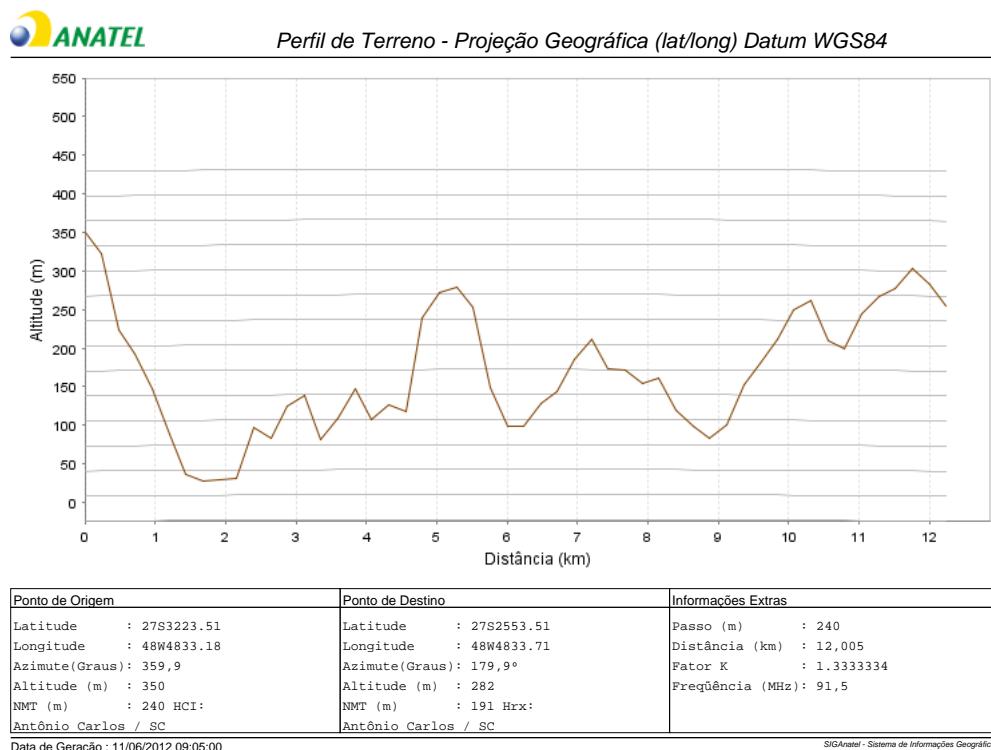


Figura 4.5: Gráfico do NMR da Radial 1 usando o aplicativo da SIGANATEL

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 Alt. média (m)
Distancia(m)													
3240	350	335	275	290	470	260	400	315	320	390	140	66	309,91
3480	325	290	325	340	530	245	390	320	400	400	140	40	296,25
3720	225	180	350	290	550	280	435	355	290	340	150	43	289,58
3960	190	183	360	220	540	300	425	400	340	350	250	40	291,75
4200	125	80	325	190	470	300	380	475	335	210	250	66	270,00
4440	30	45	275	220	450	305	350	430	310	270	350	140	249,25
4680	25	80	180	260	350	260	325	370	310	340	350	130	243,33
4920	27	100	200	250	355	270	250	380	350	350	440	130	249,75
5160	95	105	135	190	310	320	200	330	370	430	250	55	232,50
5400	80	80	137	220	250	400	175	280	330	355	200	57	213,67
5640	125	70	97	240	200	430	100	270	270	370	360	150	200,58
5880	140	75	115	250	250	475	75	370	400	450	450	115	227,91
6120	75	75	45	235	245	478	60	370	350	440	440	150	222,33
6360	150	30	150	190	190	440	55	375	350	490	490	270	218,75
6600	105	50	75	195	253	430	53	425	350	650	650	190	240,50
6840	125	30	43	225	285	400	51	500	375	500	300	310	262,00
7080	120	25	40	215	215	285	70	535	470	550	500	300	268,33
7320	238	30	50	230	250	320	100	540	570	570	570	130	278,16
7560	265	30	100	215	275	230	130	660	570	590	590	104	275,75
7800	270	30	150	240	270	150	125	480	635	645	645	160	279,16
8040	250	30	190	320	250	100	100	500	650	315	315	190	295,00
8280	150	30	180	315	220	80	115	450	630	580	580	300	272,08
8520	98	30	190	220	200	60	115	450	600	600	600	380	271,08
8760	98	125	170	220	170	40	120	445	510	650	650	410	300
9000	125	175	220	200	150	30	115	375	500	700	700	370	310
9240	145	155	180	205	130	25	110	340	525	740	740	405	278,33
9480	185	130	160	250	130	30	195	310	510	710	710	470	410
9720	210	100	195	315	170	40	150	230	560	720	500	440	302,50
9960	165	60	195	200	300	200	60	115	450	550	765	450	294,58
10200	165	50	250	340	250	50	130	230	470	540	540	460	306,25
10440	150	70	190	300	220	25	150	280	480	700	700	530	306,25
10680	160	60	160	200	160	25	100	250	520	600	600	590	580
10920	115	100	80	60	210	50	130	250	500	625	625	730	680
11160	140	50	50	25	240	160	100	280	500	650	650	840	690
11400	30	40	40	23	300	300	140	105	310	520	675	515	730
11640	125	30	30	20	340	150	150	350	540	700	650	550	830
11880	125	80	20	23	380	150	105	310	560	695	730	840	840
12120	270	50	25	23	410	100	40	390	580	700	700	410	810
12360	100	60	60	20	350	90	50	370	600	625	600	800	800
12600	185	35	140	17	300	110	70	390	610	570	570	750	500
12840	150	50	300	20	200	180	100	430	680	680	680	515	480
13080	80	60	350	23	180	170	150	470	665	665	665	550	440,00
13320	75	80	370	25	175	150	170	450	750	720	720	500	720
13560	98	35	365	23	130	130	130	480	740	740	740	410	730
13800	150	25	160	20	70	125	130	520	670	770	770	480	710
14040	200	20	170	20	35	200	135	540	640	790	790	500	650
14280	15	200	17	35	220	120	100	590	600	750	750	550	690
14520	270	15	220	17	30	200	100	550	580	730	730	600	650
14760	300	15	150	19	35	180	70	520	570	760	760	605	675
15000	280	15	130	25	10	100	55	490	580	800	800	500	690
Soma	7919	3673	8457	8310	12523	9843	7579	19740	25105	28980	28980	20266	14416,66
NMR(m)	158,38	73,46	169,14	166,2	250,46	196,86	151,58	394,8	502,1	579,6	412,1	405,32	288,33

Tabela 4.2: Mapeamento das altitudes de cada radial.

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.

4.3.1 Interferências

A resolução mostra, em várias passagens, bastante rigor no que diz respeito à interferências entre canais. Apesar de informar que o PBFM foi organizado para evitar interferências, a norma exige que este quesito esteja incluso no estudo de viabilidade técnica, conforme previsto no subitem 3.6.2 (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2010).

Porém, a norma também informa que, no caso do sistema irradiante estar fixado p?oximo das coordenadas informadas no PBFM para este canal, o estudo de interferências torna-se dispensável, conforme segue no trecho da resolução:

8.3.1.2 Nos projetos de instalação de emissoras, bem como nos de mudança de localização de sistema irradiante, o demonstrativo de compatibilidade do subitem 3.6.2 é indispensável, a menos que as coordenadas geográficas de seu sistema irradiante estejam fixadas no PBFM (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2010).

O caso do nosso sistema é exatamente este, ou seja, nosso sistema irradiante está fixado muito próximo de onde o está definido o canal no PBFM, conforme apresentado na Figura 4.6. Sendo assim, ficamos isentos da obrigação de buscar estas informações.

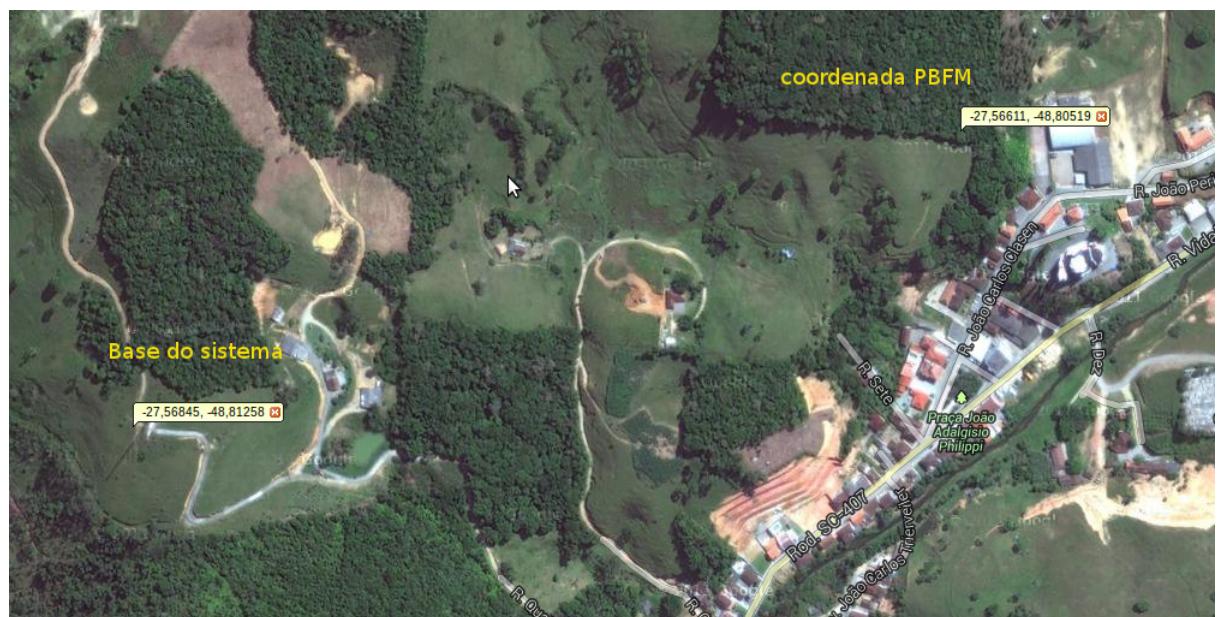


Figura 4.6: Proximidade entre a base do sistema e a coordenada indicada no PBFM, para o canal proposto (GOOGLE MAPS., 2013).

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.

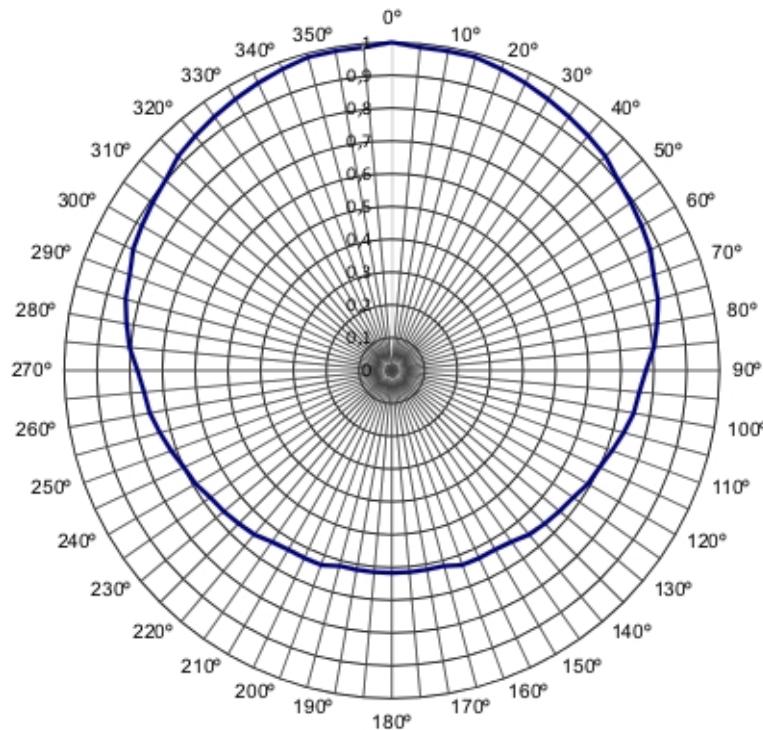


Figura 5.1: Diagrama de Irradiação da Antena Dipolo 1/2 Onda para FM

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 $0,442dB$.

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).

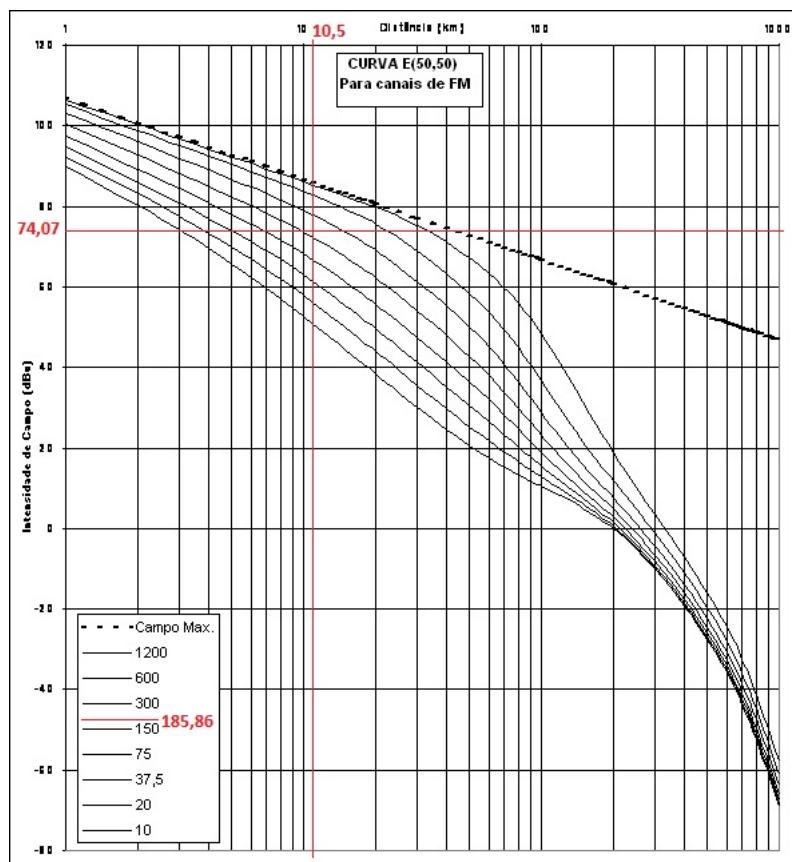


Figura 6.1: Utilizando as curvas E(50,50) para encontrar as distâncias do contorno protegido.

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.

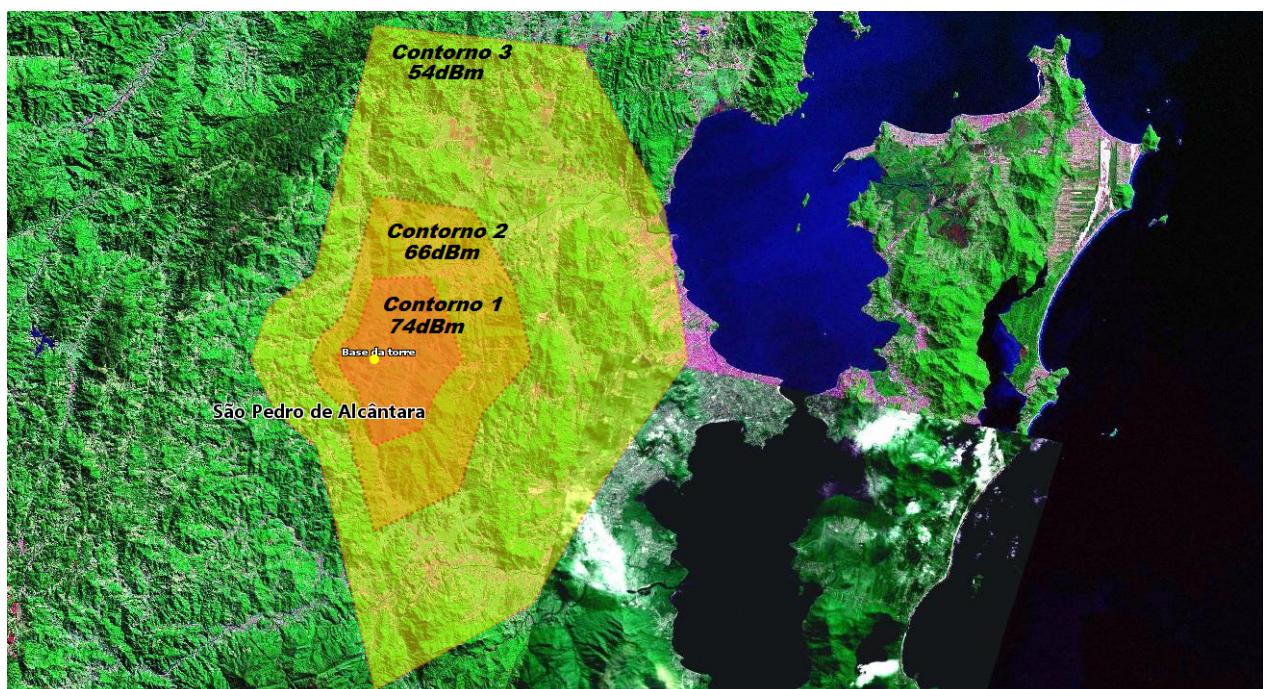


Figura 6.2: Projeção da cobertura das áreas de serviços utilizando a ferramenta SIGANATEL.

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.***

7.2

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Digitar as conclusões do trabalho.

Referências

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.

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

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

GOOGLE MAPS. *Localização da base do sistema irradiante. São Pedro de Alcantara - 2013*. [S.I.], 2013. Disponível em: <<https://maps.google.com.br>>. Acesso em: 03 jun. 2013.

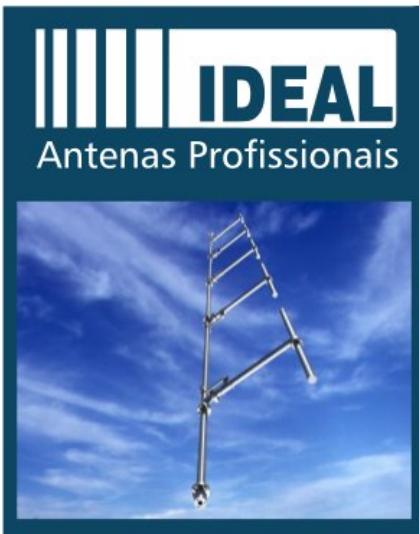
NOME, O. *Algum nome*. [S.I.: s.n.], 1978. 101-114 p.

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***



Empresa Certificada ISO 9001

Membro da Federação Cisq

RINA ISO 9001:2008

Sistema de Qualidade Certificado

Dipolo $\frac{1}{2}$ Onda para FM

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 $\frac{1}{2}$ 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

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°

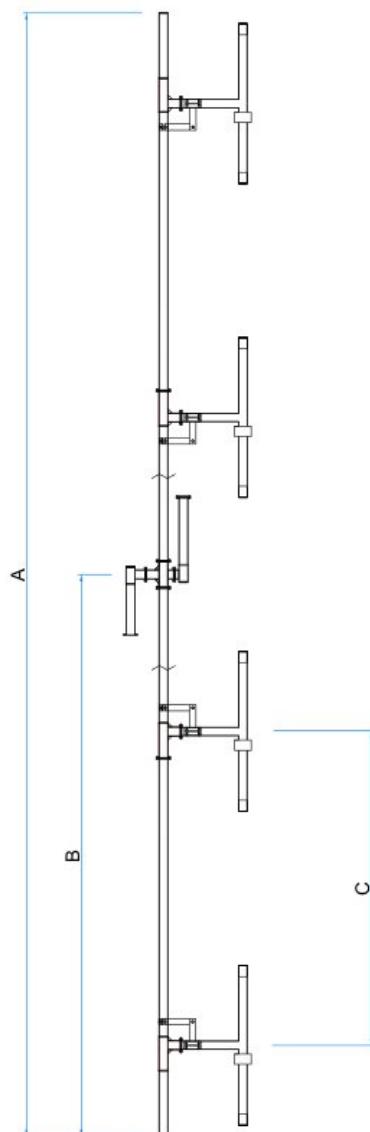
* Dipolos confeccionados em 3 1/8"

MODELO





Dipolo de ½ Onda para FM



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)

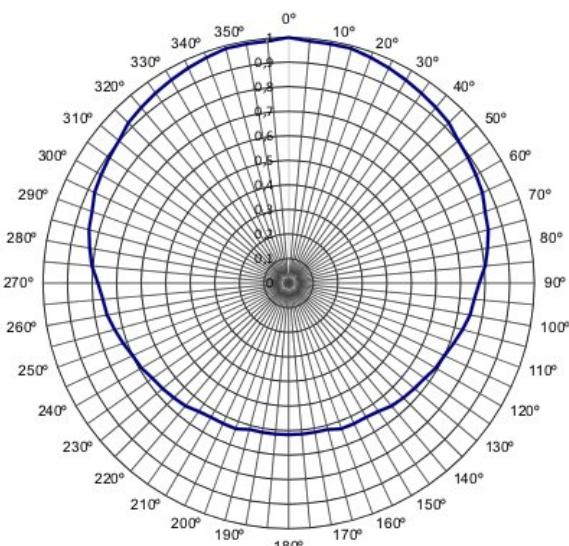
* Características referentes a confecção em tubo padrão em latão.



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%

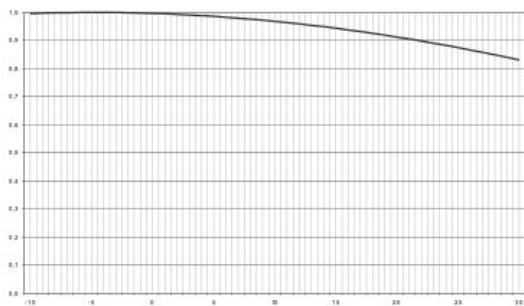


Dipolo de ½ Onda para FM

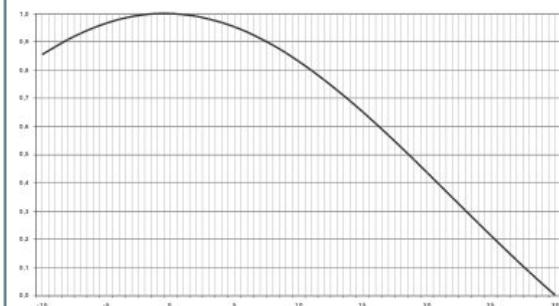


Diagrama de Elevação

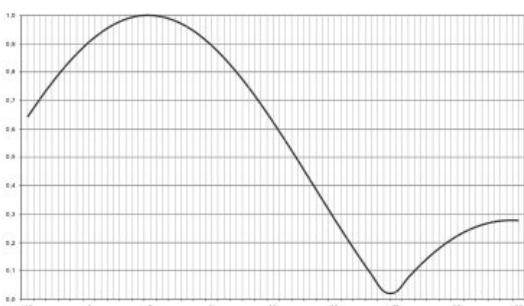
1 Elemento



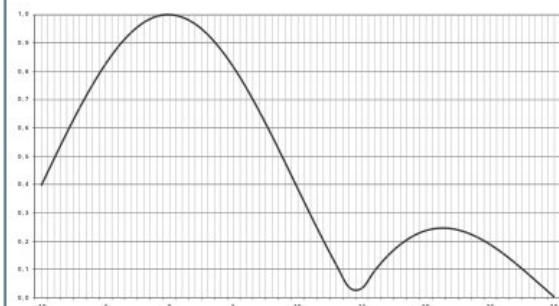
2 Elementos



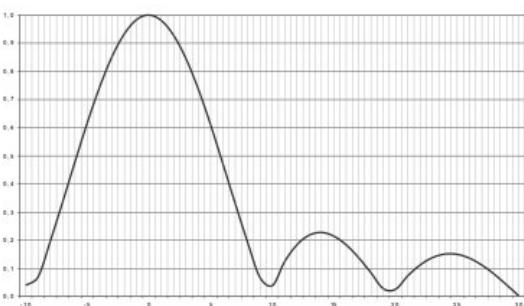
3 Elementos



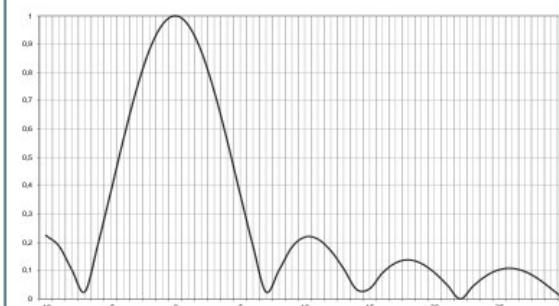
4 Elementos



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.

Frequency [MHz]	Attenuation [dB/100m]	Power [kW]
0.5	0.0480	0.0146
1.0	0.0680	0.0207
1.5	0.0834	0.0254
2.0	0.0963	0.0294
10	0.217	0.0662
20	0.309	0.0942
30	0.380	0.116
50	0.495	0.151
88	0.663	0.202
100	0.709	0.216
108	0.738	0.225
150	0.877	0.267
174	0.948	0.289
200	1.02	0.311
300	1.27	0.387
400	1.48	0.452
450	1.58	0.481
500	1.67	0.510
512	1.70	0.517
600	1.85	0.564
700	2.01	0.614
750	2.09	0.638
800	2.17	0.661
824	2.21	0.672
894	2.31	0.704
900	2.32	0.707
925	2.35	0.718
960	2.40	0.733
1000	2.46	0.750
1250	2.79	0.851
1400	2.98	0.908
1500	3.10	0.945
1700	3.33	1.02
1800	3.45	1.05
2000	3.67	1.12
2100	3.77	1.15
2200	3.88	1.18
2400	4.08	1.24
2500	4.18	1.28
2600	4.28	1.31
2700	4.38	1.34
2750	4.43	1.35

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature
Mean power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

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	[dB (VSWR)]	18 (1.288:1)
Other Options:	Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.		

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*

