

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA  
COORDENAÇÃO DE CURSO BACHARELADO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ARTHUR BARÔNCIO DE LUCENA KRAMER NETO

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AZIMUTE DE INSTALAÇÃO  
DE ANTENAS DIPOLO DE MEIA ONDA NA ÁREA DE  
COBERTURA DE RÁDIOS FM**

João Pessoa  
2023

ARTHUR BARÔNCIO DE LUCENA KRAMER NETO

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AZIMUTE DE INSTALAÇÃO  
DE ANTENAS DIPOLO DE MEIA ONDA NA ÁREA DE  
COBERTURA DE RÁDIOS FM**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Joabson Nogueira de Carvalho

João Pessoa  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus* João Pessoa

K91e	<p>Kramer Neto, Arthur Barôncio de Lucena Estudo da influência do azimute de instalação de antenas dipolo de meia onda na área de cobertura de rádios fm / Arthur Barôncio de Lucena Kramer Neto. – 2023. 39 f.</p> <p>TCC (Graduação – Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal da Paraíba – IFPB / Coordenação de Engenharia Elétrica, 2023.</p> <p>Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Joabson Nogueira de Carvalho.</p> <p>1. Radio FM. 2. Antenas dipolo de meia onda. 3. Antena. 4. Azimute. Google Earth Pro. QGIS. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 621.396</p>
------	---


Bibliotecária responsável Ivanise Andrade Melo de Almeida – CRB15/96

ARTHUR BARÔNCIO DE LUCENA KRAMER NETO

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AZIMUTE DE INSTALAÇÃO  
DE ANTENAS DIPOLO DE MEIA ONDA NA ÁREA DE  
COBERTURA DE RÁDIOS FM**


Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **JOABSON NOGUEIRA DE CARVALHO**  
Data: 14/12/2023 18:51:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Joabson Nogueira de Carvalho, Dr. –  
IFPB**  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 **ALFREDO GOMES NETO**  
Data: 13/12/2023 11:05:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Alfredo Gomes Neto, Dr. – IFPB**  
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente  
 **JEFFERSON COSTA E SILVA**  
Data: 13/12/2023 10:54:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Jefferson Costa e Silva, Dr. – IFPB**  
Membro da Banca

João Pessoa, 28 de novembro de 2023.

## Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por ter me concedido sabedoria, inspiração e resiliência para percorrer toda a minha trajetória durante o curso.

Gostaria de agradecer a meus pais Alecsandro Kramer e Dilene Barreto e a minha irmã Marcela, por toda a educação a mim dada, por terem sempre me apoiado e serem minha base para nunca desistir, confiar no meu potencial e seguir em frente.

Gostaria também de expressar aqui a minha gratidão aos professores por todos os ensinamentos de vida e de sala de aula. Em especial, quero agradecer ao professor Joabson Nogueira, por ter aceitado ser meu orientador e por toda a dedicação e disponibilidade nesse passo tão importante da minha vida.

Agradeço ao amor que o curso me deu o prazer de conhecer, minha namorada Ana Beatriz. Agradeço por todo apoio, incentivo, companhia diária e toda ajuda nos momentos de dificuldade. Obrigado por sempre me fazer confiar mais em mim e no meu potencial. Durante toda essa trajetória, os dias se tornavam bem melhores e tranquilos com você.

Agradeço também aos grandes amigos que fiz durante o curso. Allan, Jessly, Calebe, Andressa, Victor Herbert, quero que saibam que vocês foram extremamente importantes nessa trajetória. Sou grato por todo o companheirismo, apoio e ajuda durante toda essa caminhada. Os dias no IF eram melhores com vocês.

## RESUMO

As estações de rádio, ainda hoje, desempenham importante papel na disseminação de informações e cultura à sociedade brasileira. Dessa forma, as rádios procuram sempre atingir o maior número de pessoas possível, sendo, portanto, de fundamental importância o conhecimento da região de instalação da rádio, de modo a determinar de forma estratégica o azimute de instalação das antenas transmissoras. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a influência do azimute de instalação de antenas dipolo de meia onda na área de cobertura de rádios FM. Para tal, foram utilizados sistemas disponibilizados pela ANATEL para determinar a altura sobre o nível médio do terreno e a potência irradiada em cada radial, comparando duas situações de instalação. Como resultados desse trabalho, foram estimados, através do *Google Earth Pro* e QGIS a área de cobertura e o número de pessoas atingidas pela rádio.

**Palavras-chave:** Rádios FM, azimute, antenas dipolo de meia onda, *Google Earth Pro*, QGIS.

## ABSTRACT

*Even today, radio stations play an important role in disseminating information and culture to Brazilian society. In this way, radio stations always try to reach as many people as possible, and it is therefore of fundamental importance to know the region where the radio station is to be installed, in order to strategically determine the azimuth of installation of the transmitting antennas. The objective of this study is to analyze the influence of the azimuth of installation of half-wave dipole antennas on the coverage area of FM radios. To this end, systems provided by ANATEL were used to determine the height above the average terrain level and the radiated power in each radial, comparing two installation situations. As a result of this work, the coverage area and the number of people reached by the radio were estimated using Google Earth Pro and QGIS.*

**Keywords:** *FM radios, azimuth, half-wave dipole antennas, Google Earth Pro, QGIS.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parâmetros De Uma Radial . . . . .	12
Figura 2 – Curvas De Propagação — Recomendação UIT-R P.1546 . . . . .	14
Figura 3 – Estrutura Dipolo De Meia Onda . . . . .	15
Figura 4 – Diagrama De Radiação Horizontal (Azimutal) . . . . .	16
Figura 5 – Diagrama De Radiação Vertical (Elevação) . . . . .	16
Figura 6 – Interface Inicial Google Earth . . . . .	17
Figura 7 – Interface Inicial QGIS . . . . .	18
Figura 8 – Antena Dipolo de 1/2 Onda Para FM . . . . .	20
Figura 9 – Diagrama De Irradiação Azimutal . . . . .	20
Figura 10 – Interface Sistema ANATEL - Relatório HNMT . . . . .	21
Figura 11 – Radial De 180° Em Direção À Campina Grande/PB . . . . .	23
Figura 12 – Radial De 325° . . . . .	24
Figura 13 – Interface Sistema ANATEL - Validação De Classe - Parâmetros Técnicos	25
Figura 14 – Interface Sistema ANATEL - Validação De Classe - Localização . . . . .	25
Figura 15 – Radial Com Maior Distância — Instalação Com Direção A 180° . . . . .	28
Figura 16 – Radial Com Maior Distância — Instalação Com Direção A 325° . . . . .	29
Figura 17 – Distância Por Radial — Azimute De Instalação 180° . . . . .	31
Figura 18 – Distância Por Radial — Azimute De Instalação 325° . . . . .	31
Figura 19 – Área De Cobertura – Azimute De Instalação 180° . . . . .	32
Figura 20 – Área De Cobertura – Azimute De Instalação 325° . . . . .	32
Figura 21 – Comparação Áreas De Cobertura . . . . .	33
Figura 22 – Área De Cobertura Por Município – Azimute De Instalação 180° . . . . .	34
Figura 23 – Área De Cobertura Por Município – Azimute De Instalação 325° . . . . .	34
Figura 24 – Gráfico De Área Territorial Atingida Por Município . . . . .	36
Figura 25 – Gráfico De Estimativa De População Alcançada Por Município . . . . .	36



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação Dos Canais FM . . . . .	11
Tabela 2 – Informações Gerais Da Rádio Cajazeiras FM LTDA . . . . .	19
Tabela 3 – Especificações Técnicas Da Rádio Cajazeiras FM LTDA . . . . .	19
Tabela 4 – HNMT Por Azimute . . . . .	21
Tabela 5 – Atenuações Das Radiais Com Azimute De Instalação Em 180° . . . . .	26
Tabela 6 – Atenuações Das Radiais Com Azimute De Instalação Em 325° . . . . .	27
Tabela 7 – Informações Censo Demográfico IBGE 2022 . . . . .	30
Tabela 8 – Comparação Área Territorial Atingida Em $km^2$ . . . . .	35
Tabela 9 – Comparação Estimativa De População Alcançada . . . . .	35

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> . . . . .	<b>10</b>
2.1	Aspectos Técnicos Para Serviços De Rádio FM . . . . .	10
<b>2.1.1</b>	<b>Contorno Protegido</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Classificação Dos Canais</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Nível Médio Do Terreno</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Altura Sobre O Nível Médio Do Terreno</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Área De Prestação De Serviço</b> . . . . .	<b>12</b>
2.2	Recomendação UIT-R P.1546 . . . . .	13
2.3	Antenas Dipolo De Meia Onda . . . . .	14
2.4	Softwares Utilizados . . . . .	16
<b>2.4.1</b>	<b>Google Earth</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>2.4.2</b>	<b>QGIS</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> . . . . .	<b>19</b>
3.1	Escolha Da Região De Estudo . . . . .	19
3.2	Escolha Da Antena Dipolo De Meia Onda . . . . .	19
3.3	Determinação Da Altura Sobre O Nível Médio Do Terreno (HNMT) . . . . .	21
3.4	Escolha Dos Azimutes Da Antena Para Análise Da Área De Cobertura . . . . .	22
3.5	Enquadramento Da Rádio Na Classe . . . . .	24
3.6	Integração Com <i>Google Earth Pro</i> E QGIS . . . . .	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>38</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As rádios FM têm desempenhado um papel vital na cultura e na sociedade brasileira ao longo das décadas. Desde sua introdução no país, essas estações de rádio desempenharam um papel significativo na disseminação de notícias, informações, entretenimento e conexão com as comunidades locais. Apesar do aumento da popularidade dos outros meios de comunicação como a televisão e a internet, as estações de rádio, ainda nos dias de hoje, buscam constantemente se reinventar e se adaptar às novas tecnologias.

Em 2020, pesquisa realizada pelo Ibope mostrou que o rádio é um meio de comunicação com grande alcance em todas as classes sociais. Além disso, o rádio se mostrou uma ferramenta importante durante a pandemia. Oferecendo informações atualizadas e programas de entretenimento, o rádio aliviou o estresse e a ansiedade das pessoas em casa (STUANI, 2023).

Quando se trata da instalação de novas estações de rádio FM, existem diversas práticas e soluções possíveis de modo a encaixar a rádio dentro dos aspectos regulatórios e normativos exigidos pela ANATEL. No entanto, um dos fatores críticos e que influencia diretamente no alcance e na área de cobertura das rádios é o azimute de instalação da(s) antena(s) transmissora(s) da estação, sendo a escolha estratégica desse fator essencial para garantir uma cobertura eficaz em determinadas regiões geográficas.

Nesse contexto, este trabalho propõe analisar a influência do azimute de instalação de antenas dipolo de meia onda na área de cobertura de rádios FM, buscando verificar a importância de levar em consideração o relevo ao redor da estação transmissora na determinação desse azimute, estimando, assim, a área territorial atingida e a população alcançada pela rádio considerando o estudo baseado em dois azimutes, um onde a antena é posicionada sem ponderação de fatores externos, e outro escolhido estrategicamente com base nos valores de nível médio do terreno em torno da rádio.

O trabalho está organizado da seguinte maneira: neste primeiro capítulo, foi feita uma breve contextualização do cenário das rádios FM no Brasil e foi apresentado o propósito deste estudo. No segundo capítulo é realizada uma fundamentação teórica que baseia este trabalho, na qual são abordados aspectos técnicos para serviços de rádios FM, a Recomendação UIT-R P.1546, as antenas dipolo de meia onda e os softwares utilizados. O terceiro capítulo apresenta, com detalhes, a metodologia e a forma como o trabalho foi desenvolvido. No capítulo 4, são apresentados e comentados os resultados obtidos e por fim, no quinto capítulo é feita a conclusão sobre os estudos e análises conduzidos neste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados e explicitados os principais conceitos que basearam o desenvolvimento deste trabalho.

### 2.1 Aspectos Técnicos Para Serviços De Rádio FM

A implantação e funcionamento de serviços de radiodifusão no Brasil é regido por uma série de normas estabelecidas pela ANATEL, seguindo recomendações da União Internacional de Telecomunicações (UIT) (NETO et al., 2021). No caso dos serviços de Rádio FM, o ato n° 4174 da ANATEL, de junho de 2021, por exemplo, apresenta os requisitos técnicos de condições de usos de radiofrequências para os serviços de radiodifusão sonora em frequência modulada.

Tendo isso em vista, nesta seção serão apresentados alguns conceitos e aspectos regulatórios no que diz respeito aos serviços de Rádio FM.

#### 2.1.1 Contorno Protegido

No caso de estações de rádio FM, o contorno protegido de um canal é o lugar geométrico dos pontos em que são obtidos os valores de campo de  $66\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ . Tais pontos devem ser tomados em radiais espaçadas em 5 graus, iniciando no azimute correspondente ao Norte Verdadeiro, que é considerado o azimute zero, com distâncias em relação ao local das coordenadas geográficas da estação, utilizando-se os valores de ERP para cada radial e a altura de referência em relação ao nível médio do terreno por radial, dada pela Recomendação UIT-R P. 1546 (ANATEL, 2021).

O contorno protegido delimita a área de proteção dos canais de FM, onde deverão estar livres de interferências, e é determinado utilizando as curvas E (50,50) da Recomendação UIT-R P. 1546, que fornecem os valores de intensidade de campo excedidos em 50% dos locais durante 50% do tempo.

#### 2.1.2 Classificação Dos Canais

Os canais de FM são classificados em 10 classes. Essa classificação é feita em função das características máximas dos canais com relação a potência ERP, altura de referência em relação ao nível médio do terreno (HNMT) em metros, e distância ao contorno protegido em quilômetros. A Tabela 1 retrata essa classificação.

**Tabela 1** – Classificação Dos Canais FM

CLASSES	REQUISITOS MÁXIMOS			
	POTÊNCIA (ERP)		DISTÂNCIA MÁXIMA AO CONTORNO PROTEGIDO (66dB $\mu$ V/m) (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

Fonte: (ANATEL, 2021)

É importante salientar que o enquadramento de um canal de FM em uma classe é embasada pela distância máxima ao contorno protegido de 66dB $\mu$ V/m, não sendo permitido que essa distância seja excedida em nenhuma das radiais.

Dessa forma, para realizar este enquadramento, são feitos inúmeros ajustes nos parâmetros de instalação durante o projeto de uma nova estação de rádio FM, como tipo e altura da antena transmissora, azimute de instalação e potência de transmissão.

### 2.1.3 Nível Médio Do Terreno

No Brasil, as normas técnicas indicam que o nível médio do terreno (NMT) é obtido a partir da média aritmética dos valores de nível médio radial (NMR) de, no mínimo 12 radiais com espaçamento angular iguais, incluindo, obrigatoriamente, a radial com orientação ao Norte verdadeiro.

Por sua vez, os valores de NMR são conseguidos através da média aritmética de pelo menos 50 cotas igualmente espaçadas, compreendidas entre as distâncias de 3 km a 15 km da antena transmissora (REGIS, 2010).

### 2.1.4 Altura Sobre O Nível Médio Do Terreno

A altura sobre o Nível Médio do Terreno (HNMT) é um parâmetro muito importante no dimensionamento de sistemas de radiodifusão, pois é empregado na definição dos valores de intensidade de campo, que constituirá o contorno protegido de  $66\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ .

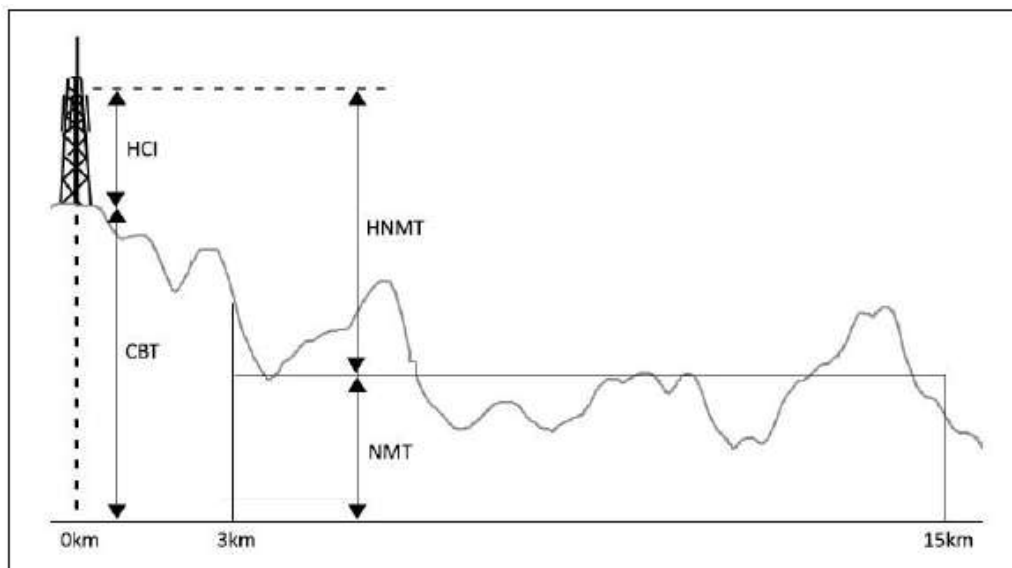
Os valores de HNMT são calculados para cada radial traçada, e seu cálculo é dependente dos valores de NMT por radial, da cota da base da torre transmissora (altura do terreno onde irá se instalar a base da estação) e da altura do centro de irradiação da antena transmissora, como demonstra a Equação 2.1. A Figura 1 ilustra esse parâmetro, bem como a forma de obtenção dos valores de NMT.

$$HNMT_{rad} = CBT + HCI - NMT_{rad} \quad (2.1)$$

onde:

- CBT = Cota da Base da Torre
- HCI = Altura do Centro Irradiante da Antena
- $NMT_{rad}$  = Nível Médio do Terreno por radial

**Figura 1** – Parâmetros De Uma Radial



Fonte: (PINHEIRO, 2019)

### 2.1.5 Área De Prestação De Serviço

A área delimitada pelo contorno protegido determina a área de prestação de serviço dos canais de FM.

Para fins de planejamento de novas inclusões e alterações de canais no Plano Básico pelas entidades outorgadas, a cobertura da área de prestação do serviço deve ser projetada de forma a garantir o uso eficiente do espectro eletromagnético atingindo pelo menos 50% da área dos setores censitários urbanos do município objeto do ato de outorga inserida no contorno protegido do canal.

Este requisito de cobertura citado também será considerado atendido quando no mínimo 50% da população do município objeto da outorga inserida no contorno protegido da estação for coberta.

O conjunto de estações deverá ser composto por uma estação principal e estações reforçadoras de sinal. A instalação de estação reforçadora de sinal será admitida dentro do contorno protegido do canal de FM. O contorno protegido de qualquer estação reforçadora de sinal deverá estar contido no contorno protegido do canal. A área de prestação do serviço do canal não poderá ser ampliada em função da instalação de estações reforçadoras de sinal adicionais sem a comprovação da viabilidade técnica desta ampliação (ANATEL, 2021).

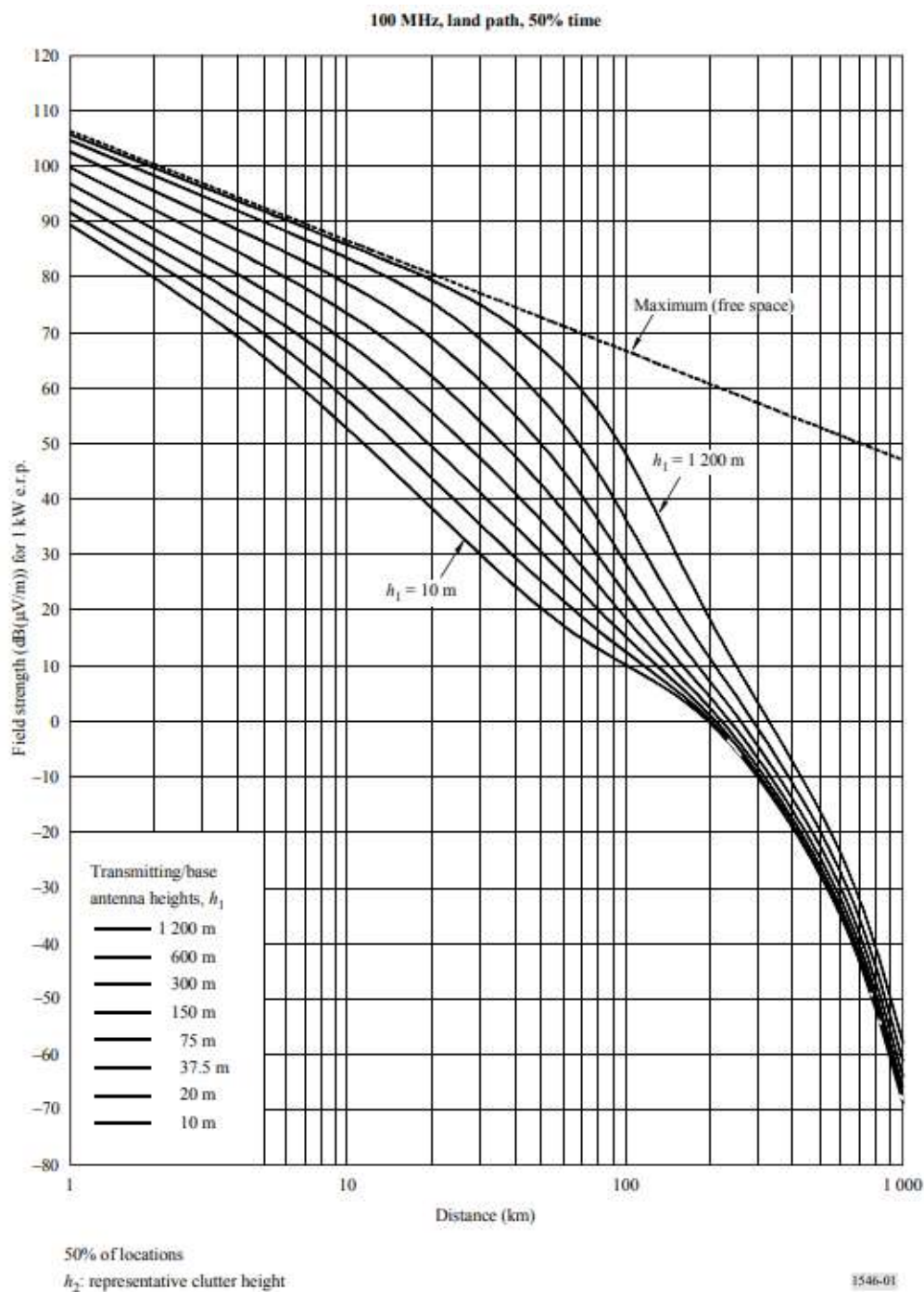
## 2.2 Recomendação UIT-R P.1546

A União Internacional de Telecomunicações, considerando que existia a necessidade de fornecer orientação aos engenheiros quanto ao planejamento de serviços de radiocomunicação terrestre nas bandas de VHF e UHF, publicou esta recomendação com o objetivo prever a intensidade de campo para radiodifusão, móvel terrestre, móvel marítimo e certos serviços fixos — como os que empregam sistemas ponto-multiponto — na faixa de frequências de 30 a 3 000 MHz e para distâncias entre 1 km e 1000 km (UIT, 2003).

A Recomendação UIT-R P.1546 tem como principal característica a utilização de curvas de propagação apresentadas na forma tabular, obtidas através de medidas realizadas em regiões temperadas dos EUA e da Europa. De forma geral, o que a recomendação faz é o seguinte: dadas as principais características ou parâmetros reais do caso em análise (comprimento do enlace, frequência, variabilidade temporal e variabilidade local desejadas, altura do transmissor e do receptor, localização geográfica, tipo de ambiente no qual o enlace está inserido, etc.), busca-se primeiramente, através das variáveis de entrada, as curvas de medidas que mais se aproximam do caso real a ser analisado (MAYRINK, 2005).

A Figura 2 ilustra um exemplo dessas curvas de propagação explicitadas.

**Figura 2** – Curvas De Propagação — Recomendação UIT-R P.1546



Fonte: (UIT, 2003)

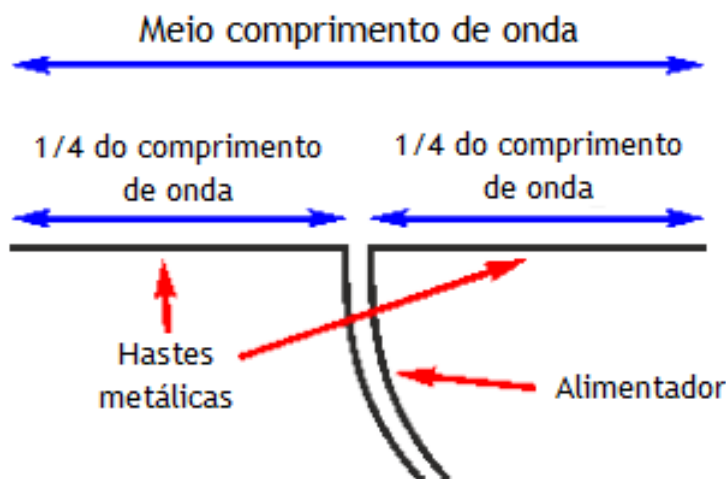
### 2.3 Antenas Dipolo De Meia Onda

Antenas são dispositivos geralmente metálicos que têm como função radiar e/ou receber ondas eletromagnéticas de rádio (BALANIS, 2016). As primeiras antenas datam do ano de 1888, desenvolvidas pelo físico alemão Heinrich Hertz durante seus experimentos para provar a teoria eletromagnética de James Clerk Maxwell, e até hoje estão presentes no dia a dia da população com as mais variadas aplicações.



As antenas dipolo de meia onda, caso especial das antenas dipolo, são compostas por dois elementos condutores idênticos, como hastes de metal, bilateralmente simétricos. O termo *meia onda* significa que o comprimento total dessa antena é igual a meio comprimento de onda na frequência de operação (THAPA et al., 2016), como ilustra a Figura 3.

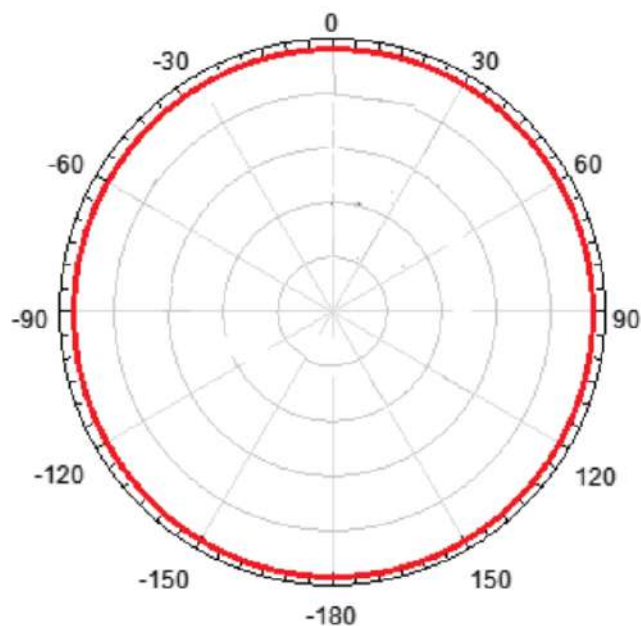
Figura 3 – Estrutura Dipolo De Meia Onda



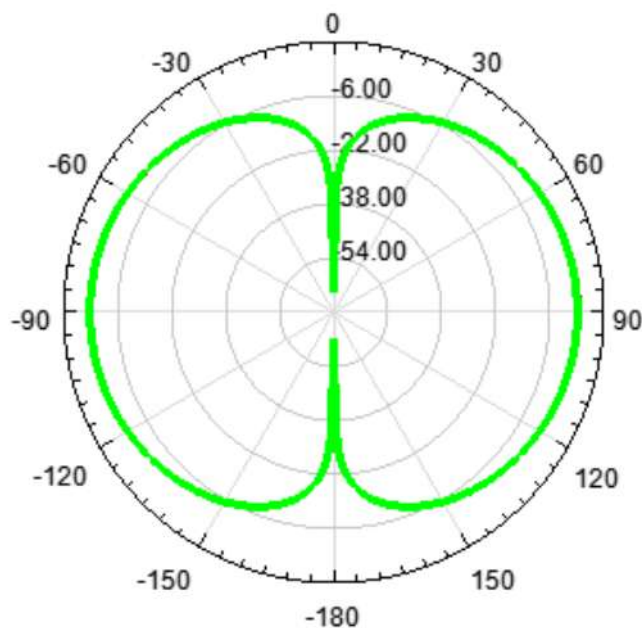
Fonte: Adaptado de (BORMANE; SONAWANE, 2021)

Esse tipo de antena é amplamente utilizado em diversas aplicações, como sistemas de comunicação por satélite e sistemas de radiodifusão, devido seu valor de impedância de entrada —  $73\Omega$ , no espaço livre — que é próximo dos valores de impedâncias de  $50\Omega$  e  $75\Omega$ , característica de muitas linhas de transmissão, simplificando o casamento de impedâncias entre a antena e a linha (BALANIS, 2016).

O perfil de radiação de uma antena dipolo de meia onda varia conforme o plano de análise (horizontal ou vertical) e a polarização da antena. Para uma polarização vertical, como ilustram as Figuras 4 e 5, o diagrama de radiação horizontal dessa antena, no plano magnético, tem forma de círculo, irradiando energia em todas as direções. Já o diagrama vertical, no plano elétrico, a irradiação máxima ocorre nas direções perpendiculares à antena.

**Figura 4** – Diagrama De Radiação Horizontal (Azimutal)

Fonte: (TREVISAN, 2021)

**Figura 5** – Diagrama De Radiação Vertical (Elevação)

Fonte: (TREVISAN, 2021)

## 2.4 Softwares Utilizados

### 2.4.1 Google Earth

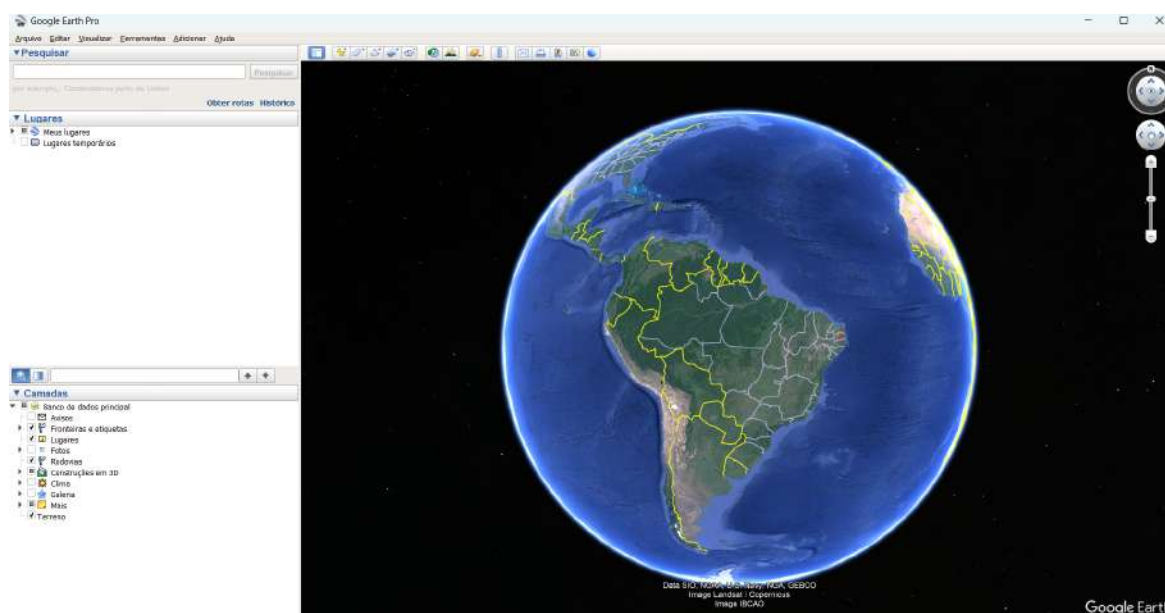
O Google Earth é um *software* gratuito desenvolvido pela Google que conta com versões *web*, *desktop* e *mobile*, e dispõe de um serviço de mapeamento e visualização geoespacial, oferecendo aos usuários uma representação tridimensional interativa da Terra,

na qual é possível passear virtualmente pelo mundo, conhecer lugares, entender detalhes geográficos e até visualizar o sistema solar e os oceanos.

Além do uso casual, o Google Earth também é utilizado para fins educacionais e científicos, pois conta com ferramentas de medições e cálculos que permitem análises de estudiosos em pesquisas de sensoriamento remoto, previsão de epidemias, gerenciamento de recursos naturais (GOOGLE, 2023), como também realizar estudos dos níveis médios dos terrenos na determinação da área de cobertura de rádios FM, um dos focos deste trabalho.

A Figura 6 ilustra a interface inicial do *software*.

**Figura 6** – Interface Inicial Google Earth



Fonte: Autoria própria

## 2.4.2 QGIS

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), uma organização sem fins lucrativos fundada em 2006 com a missão de apoiar e promover o desenvolvimento de tecnologias e dados geoespaciais gratuitos. Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters (imagens matriciais) e bases de dados e funcionalidades (QGIS, 2023).

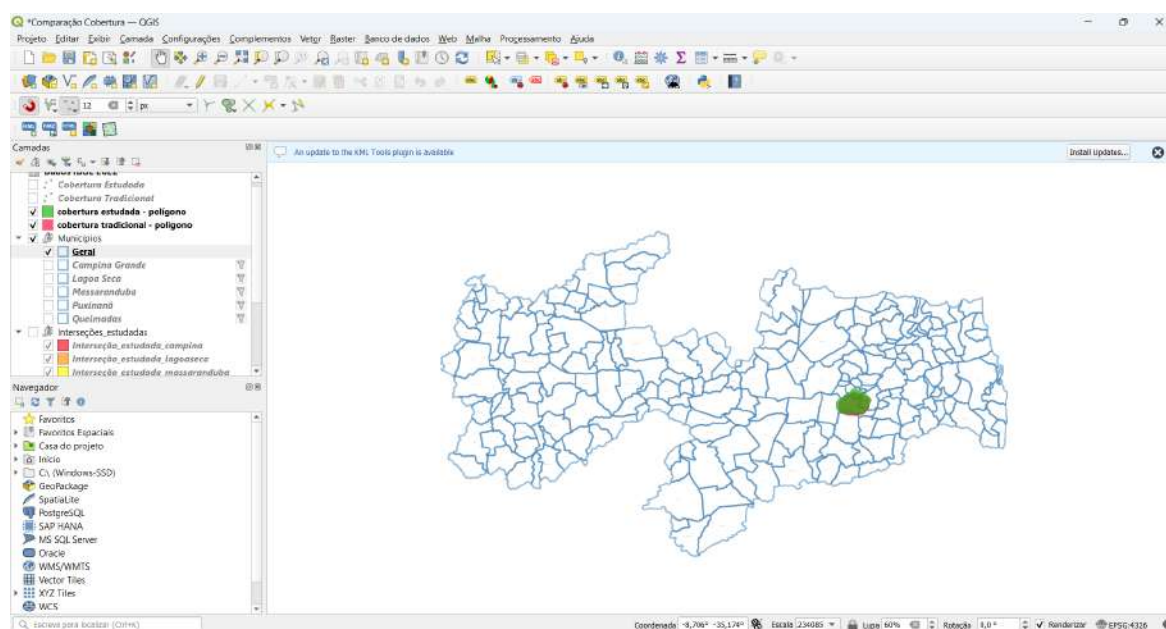
O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções nativas e de complementos. É possível visualizar, gerir, editar, analisar dados, e criar mapas para impressão (QGIS, 2023). É um software muito utilizado para fins científicos, sendo aplicado em diversas áreas de estudo.

Os exemplos de aplicações são inúmeros. Na área ambiental, é aplicado na delimitação de áreas de preservação permanente (APP), produção de mapas de localização, uso e ocupação do solo. Na hidrologia, auxilia na delimitação de bacias hidrográficas, monitoramento de geleiras, alterações de cursos d'água. Para a agricultura, com o QGIS é possível estimar a saúde vegetal e a produção de colheita, realizar caracterização do solo, classificar o tipo de colheita e realizar monitoramento da mesma (GIS, 2023).

Neste trabalho, o QGIS foi utilizado na delimitação das áreas de cobertura de uma rádio FM, como também, com auxílio de dados do IBGE, foi aplicado na estimativa da área atingida e da população alcançada pela rádio.

A Figura 7 retrata a interface inicial do QGIS.

**Figura 7 – Interface Inicial QGIS**



**Fonte: Autoria própria**

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão expostas os recursos e os procedimentos realizados que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1 Escolha Da Região De Estudo

Como ponto de partida para este estudo, foi necessária a determinação prévia do território sobre o qual seriam feitas as análises das áreas de coberturas. Portanto, de modo a basear este projeto, foi escolhida a região da Rádio Cajazeiras FM LTDA, localizada na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba. As informações gerais, bem como as principais especificações técnicas da rádio utilizadas nas simulações estão contidas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

**Tabela 2** – Informações Gerais Da Rádio Cajazeiras FM LTDA

<b>Rádio Cajazeiras FM LTDA</b>	<b>Informações Gerais</b>
Município	Campina Grande
Estado	Paraíba
Número da Estação	1005548207
Número Indicativo	ZYR616

**Tabela 3** – Especificações Técnicas Da Rádio Cajazeiras FM LTDA

<b>Rádio Cajazeiras FM LTDA</b>	<b>Especificações Técnicas</b>
Canal	284
Frequência	104,7 MHz
Classe	B1
HCI	56 m
Latitude	7° 11' 44,02"S
Longitude	35° 53' 40,99"W
Cota da base	594,9 m
Linha de Transmissão	LCF78-50JA-A0
Comprimento da Linha	65 m
Atenuação da Linha	1,17 dB/100 m
Impedância da Linha	50 $\Omega$

#### 3.2 Escolha Da Antena Dipolo De Meia Onda

Em seguida, após a definição da área de estudo, foi determinada qual antena dipolo de meia onda seria utilizada como parâmetro para realização das simulações das áreas de cobertura da Rádio FM em análise.

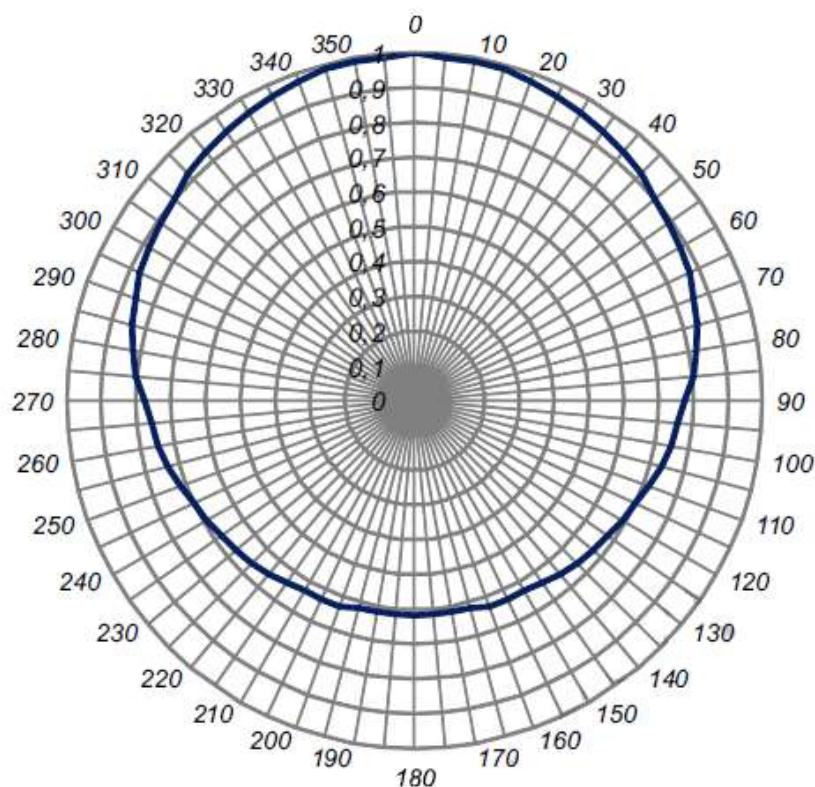
Dessa forma, foi considerada a Antena Dipolo de 1/2 Onda para FM de 2 elementos da fabricante IDEAL Antenas Profissionais, com um ganho de 3 dBd (2 vezes), ilustrada na Figura 8. Esta antena possui polarização vertical e é ideal para a transmissão em média e alta potência. Seu Diagrama de Irradiação Azimutal (horizontal) está ilustrado na Figura 9, no qual é possível verificar o valor de  $E/E_{max}$  para cada azimute. As especificações dessa antena estão presentes em (IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS, 2023).

**Figura 8** – Antena Dipolo de 1/2 Onda Para FM



Fonte: (IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS, 2023)

**Figura 9** – Diagrama De Irradiação Azimutal



Fonte: (IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS, 2023)

### 3.3 Determinação Da Altura Sobre O Nível Médio Do Terreno (HNMT)

O nível médio do terreno, explicado na seção 2.1.3, é um parâmetro de extrema importância a se analisar quando o objetivo é a instalação de uma rádio FM, pois, a partir do seu estudo, é possível definir para qual azimute a antena da rádio será direcionada, de modo a otimizar a área de cobertura.

Dessa forma, dando sequência a realização deste trabalho, foi definido que o estudo seria baseado em 72 radiais (a cada 5°), onde a radial de 0° aponta para o norte geográfico da Terra. Após isso, foi utilizado o sistema disponibilizado em (ANATEL, 2023a), denominado *Relatório HNMT*, pertencente à plataforma MOSAICO da ANATEL, para gerar o relatório que contém a altura sobre o nível médio do terreno da região estudada para todas as radiais.

Neste sistema, cuja interface é mostrada na Figura 10, é necessário informar o HCI (altura em que a antena está instalada), o número de radiais a ser considerado, e por fim, a latitude e a longitude da estação.

**Figura 10** – Interface Sistema ANATEL - Relatório HNMT

**Fonte:** Autoria própria.

Informados os dados necessários, é gerado um relatório em formato PDF especificando a altura sobre o nível do terreno para cada uma das 72 radiais. A Tabela 4 apresenta, portanto, os valores de HNMT, em metros, para cada azimute, com base neste relatório gerado.

**Tabela 4** – HNMT Por Azimute

Azimute	HNMT (m)	Azimute	HNMT (m)	Azimute	HNMT (m)
0°	11,62	5°	23,82	10°	30,94
15°	38,22	20°	40,64	25°	48,11
30°	53,16	35°	51,93	40°	53,84
45°	61,55	50°	70,98	55°	76,98

Azimute	HNMT (m)	Azimute	HNMT (m)	Azimute	HNMT (m)
60°	95,23	65°	117,39	70°	118,5
75°	140,08	80°	164,78	85°	196,47
90°	224,21	95°	245,42	100°	236
105°	228,25	110°	228,76	115°	241,21
120°	238,61	125°	241,94	130°	232,55
135°	237,17	140°	229,42	145°	216,93
150°	199,8	155°	194,86	160°	179,46
165°	173,18	170°	164,11	175°	156,29
180°	156,45	185°	157,25	190°	152,39
195°	156,9	200°	158,34	205°	162,05
210°	162,41	215°	161,87	220°	157,45
225°	155,71	230°	144,22	235°	132,36
240°	121,8	245°	110,68	250°	102,16
255°	92,81	260°	70,31	265°	54,4
270°	38,01	275°	26,17	280°	18,88
285°	19,45	290°	-10,63	295°	-24,05
300°	-21,88	305°	-14,94	310°	-22,18
315°	-21,1	320°	-25,22	325°	-33,05
330°	-28,43	335°	-23,9	340°	-10,29
345°	-1,08	350°	2,04	355°	4,41

Analisando os valores obtidos, é possível verificar que a radial de 95° possui o maior valor de HNMT, representando a radial mais crítica, pois apresenta uma maior desobstrução em relação ao relevo, de modo que são necessários menores valores de potência para enquadrá-la na classe da rádio.

Em contrapartida, a radial de 325° possui o menor valor de HNMT, sendo esta a radial que necessita de valores de potência mais elevados, de forma que o sinal transmitido seja irradiado para maiores distâncias dentro do enquadramento da classe.

### 3.4 Escolha Dos Azimutes Da Antena Para Análise Da Área De Cobertura

Após obter e analisar os dados da altura sobre o nível médio do terreno da região estudada, foram determinadas dois azimutes para direcionar a antena dipolo de meia onda, a fim de analisar a influência desse parâmetro na área de cobertura da rádio, ponto focal desse trabalho.

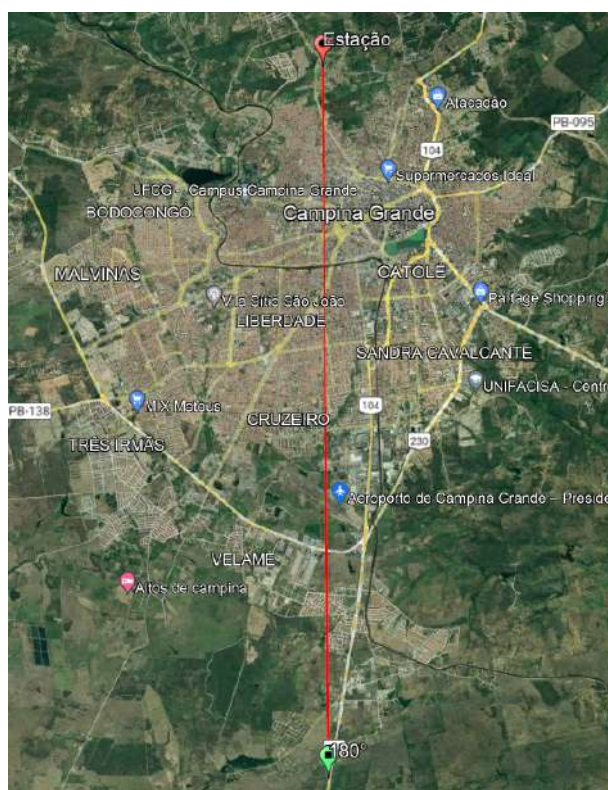
Sendo assim, primeiramente foi escolhida a radial de 180° (em direção ao sul geográfico da Terra), com a justificativa de que, por apontar diretamente para a cidade



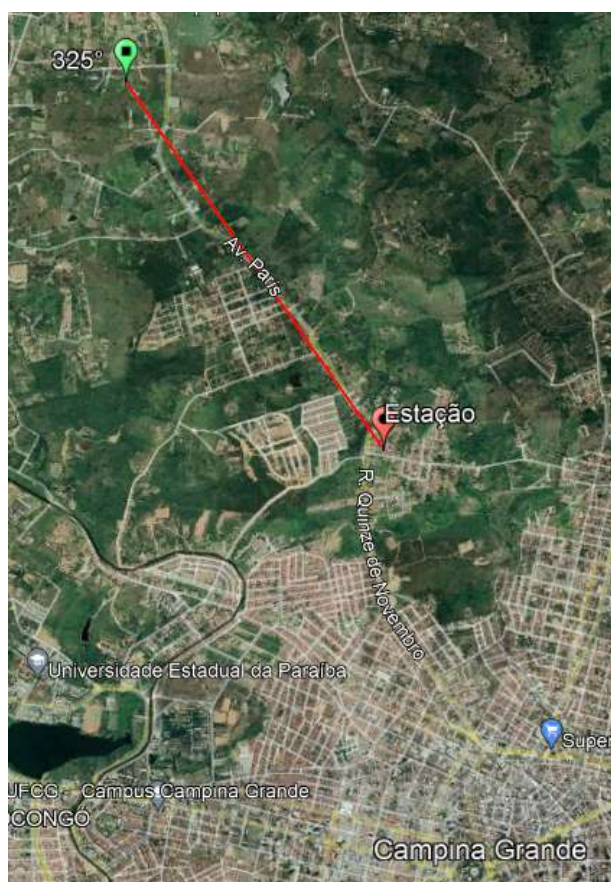
de Campina Grande/PB, como ilustra a Figura 11, transmite a ideia de que esse seja o melhor azimute de instalação da antena da rádio, pois a maior parcela de potência será transmitida em direção à cidade.

Para o segundo azimute de instalação, portanto, considerando os valores de HNMT obtidos, foi escolhida a radial de  $325^\circ$ , de forma a direcionar a maior parcela da potência transmitida para a radial que apresentou o menor valor de HNMT, evidenciado na seção anterior, como mostra Figura 12.

**Figura 11** – Radial De  $180^\circ$  Em Direção À Campina Grande/PB



Fonte: Autoria própria.

**Figura 12** – Radial De 325°

Fonte: Autoria própria.

### 3.5 Enquadramento Da Rádio Na Classe

Após determinação dos azimutes, foi utilizado outro sistema pertencente à plataforma MOSAICO da ANATEL, disponibilizado em (ANATEL, 2023b), a fim de realizar a validação do enquadramento da rádio na classe B1, classe esta que segundo (ANATEL, 2021), tem como requisito máximo a distância de 16,5 km ao contorno protegido de  $66\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ .

Neste sistema, cuja interface está mostrada na Figura 13, é necessário informar uma série de parâmetros: tipo de serviço, classe, ERP PB, altura máxima da antena segundo a classe, potência de operação do transmissor, características da linha de transmissão (comprimento, atenuação, perdas acessórias e impedância), propriedades da antena (ganho, HCI, atenuação da potência por radial) e quantidade de radiais. Além destes requisitos técnicos, são informadas também a latitude e longitude da estação, como mostra a Figura 14.

**Figura 13** – Interface Sistema ANATEL - Validação De Classe - Parâmetros Técnicos

**Simulador**

Serviço	FM	▼
Classe	B1	▼
ERP PB		kW
Altura Antena		m
Frequência		MHz

**Transmissor Principal**

Potência de Operação	kW
----------------------	----

**Linha de Transmissão Principal**

Comprimento da Linha	m
Atenuação	dB/100m
Perdas Acessórias	dB
Impedância	ohms

**Antena Principal**

Ganho	dBd
HCI	m
ERP Máximo	kW
Antena	10 ▼

0 °	10 °	20 °
30 °	40 °	50 °
60 °	70 °	80 °
90 °	100 °	110 °
120 °	130 °	140 °
150 °	160 °	170 °
180 °	190 °	200 °
210 °	220 °	230 °
240 °	250 °	260 °
270 °	280 °	290 °
300 °	310 °	320 °
330 °	340 °	350 °

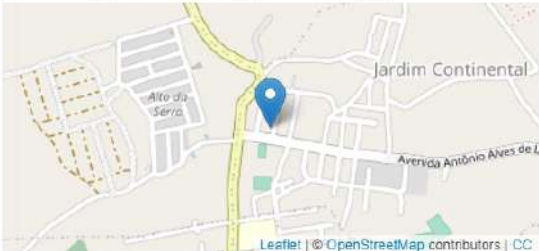
Informar atenuação da antena em dB:  $-10 \log ( E/E_{max})^2$ , sendo que:

**Fonte: Autoria própria.**

**Figura 14** – Interface Sistema ANATEL - Validação De Classe - Localização

**Localização**

Cota da base (m)	594.9	Buscar	
Latitude	7 ° 11 ' 44.02 "	<input type="radio"/> N <input checked="" type="radio"/> S	
Longitude	35 ° 53 ' 40.99 "	<input type="radio"/> E <input checked="" type="radio"/> O	



Leaflet | © OpenStreetMap contributors | CC

**Fonte: Autoria própria.**

A atenuação da potência em cada radial foi calculada com base nos valores de

$E/E_{max}$  disponibilizados em (IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS, 2023) segundo expressão  $-10\log(E/E_{max})^2$ . Os valores de atenuação calculados para as radiais das duas situações apresentadas estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

É de fundamental importância salientar que para cada situação, a atenuação é de 0 dB no seu respectivo azimute de instalação ( $180^\circ$  e  $325^\circ$ ).

**Tabela 5** – Atenuações Das Radiais Com Azimute De Instalação Em  $180^\circ$

Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)	Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)
0°	0,62	4,1522	5°	0,62	4,1522
10°	0,62	4,1522	15°	0,62	4,1522
20°	0,63	4,0132	25°	0,63	4,0132
30°	0,63	4,0132	35°	0,64	3,8764
40°	0,65	3,7417	45°	0,66	3,6091
50°	0,67	3,4785	55°	0,68	3,3498
60°	0,69	3,2230	65°	0,7	3,0980
70°	0,72	2,8534	75°	0,73	2,7335
80°	0,75	2,4988	85°	0,76	2,3837
90°	0,78	2,1581	95°	0,8	1,9382
100°	0,82	1,7237	105°	0,84	1,5144
110°	0,85	1,4116	115°	0,87	1,2096
120°	0,88	1,1103	125°	0,89	1,0122
130°	0,9	0,9151	135°	0,92	0,7242
140°	0,93	0,6303	145°	0,94	0,5374
150°	0,95	0,4455	155°	0,97	0,2646
160°	0,98	0,1755	165°	0,99	0,0873
170°	0,99	0,0873	175°	0,99	0,0873
<b>180°</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	185°	0,99	0,0873
190°	0,99	0,0873	195°	0,99	0,0873
200°	0,98	0,1755	205°	0,97	0,2646
210°	0,95	0,4455	215°	0,94	0,5374
220°	0,93	0,6303	225°	0,92	0,7242
230°	0,9	0,9151	235°	0,89	1,0122
240°	0,88	1,1103	245°	0,87	1,2096
250°	0,85	1,4116	255°	0,84	1,5144
260°	0,82	1,7237	265°	0,8	1,9382
270°	0,78	2,1581	275°	0,76	2,3837
280°	0,75	2,4988	285°	0,73	2,7335
290°	0,72	2,8534	295°	0,7	3,0980

Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)	Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)
300°	0,69	3,2230	305°	0,68	3,3498
310°	0,67	3,4785	315°	0,66	3,6091
320°	0,65	3,7417	325°	0,64	3,8764
330°	0,63	4,0132	335°	0,63	4,0132
340°	0,63	4,0132	345°	0,62	4,1522
350°	0,62	4,1522	355°	0,62	4,1522

Tabela 6 – Atenuações Das Radiais Com Azimute De Instalação Em 325°

Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)	Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)
0°	0,94	0,5374	5°	0,93	0,6303
10°	0,92	0,7242	15°	0,9	0,9151
20°	0,89	1,0122	25°	0,88	1,1103
30°	0,87	1,2096	35°	0,85	1,4116
40°	0,84	1,5144	45°	0,82	1,7237
50°	0,8	1,9382	55°	0,78	2,1581
60°	0,76	2,3837	65°	0,75	2,4988
70°	0,73	2,7335	75°	0,72	2,8534
80°	0,7	3,0980	85°	0,69	3,2230
90°	0,68	3,3498	95°	0,67	3,4785
100°	0,66	3,6091	105°	0,65	3,7417
110°	0,64	3,8764	115°	0,63	4,0132
120°	0,63	4,0132	125°	0,63	4,0132
130°	0,62	4,1522	135°	0,62	4,1522
140°	0,62	4,1522	145°	0,62	4,1522
150°	0,62	4,1522	155°	0,62	4,1522
160°	0,62	4,1522	165°	0,63	4,0132
170°	0,63	4,0132	175°	0,63	4,0132
180°	0,64	3,8764	185°	0,65	3,7417
190°	0,66	3,6091	195°	0,67	3,4785
200°	0,68	3,3498	205°	0,69	3,2230
210°	0,7	3,0980	215°	0,72	2,8534
220°	0,73	2,7335	225°	0,75	2,4988
230°	0,76	2,3837	235°	0,78	2,1581
240°	0,8	1,9382	245°	0,82	1,7237
250°	0,84	1,5144	255°	0,85	1,4116
260°	0,87	1,2096	265°	0,88	1,1103

Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)	Azimute	E/Emax	Atenuação (dB)
270°	0,89	1,0122	275°	0,9	0,9151
280°	0,92	0,7242	285°	0,93	0,6303
290°	0,94	0,5374	295°	0,95	0,4455
300°	0,97	0,2646	305°	0,98	0,1755
310°	0,99	0,0873	315°	0,99	0,0873
320°	0,99	0,0873	<b>325°</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
330°	0,99	0,0873	335°	0,99	0,0873
340°	0,99	0,0873	345°	0,98	0,1755
350°	0,97	0,2646	355°	0,95	0,4455

Calculadas as taxas de atenuações para cada radial em ambas as situações de instalação, foi utilizado o sistema descrito anteriormente para validar o enquadramento da rádio na classe B1.

Gerados os relatórios de validação de enquadramento de classe, é possível verificar que, para a instalação com direção à radial de 180°, na qual foi aplicada uma potência de operação de 0,29kW, a radial que apresentou maior distância de propagação do sinal foi a de 135°, com 16,48 km, como evidencia a Figura 15.

Já para a instalação com direção à radial de 325°, a potência de operação do transmissor aplicada foi 0,51kW, e a radial que apresentou maior distância de propagação — também com 16,48 km — foi a de 95°, que, como explicado em seções anteriores, é radial mais crítica, como ilustra a Figura 16.

**Figura 15** – Radial Com Maior Distância — Instalação Com Direção A 180°

✓ Enquad. não obrigatório azimuth 120	Técnico	Sistema Principal	az   120   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.359   Kw   Razão   98.1  Dist Calc  16.19 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 125	Técnico	Sistema Principal	az   125   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.367   Kw   Razão   99  Dist Calc  16.33 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 130	Técnico	Sistema Principal	az   130   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.378   Kw   Razão   97.2  Dist Calc  16.04 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ <u>Enquad. não obrigatório azimuth 135</u>	Técnico	Sistema Principal	az   135   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.393   Kw   Razão   99.9  <u>Dist Calc  16.48 km </u> Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 140	Técnico	Sistema Principal	az   140   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.401   Kw   Razão   98.1  Dist Calc  16.19 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 145	Técnico	Sistema Principal	az   145   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.41   Kw   Razão   96.3  Dist Calc  15.89 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 150	Técnico	Sistema Principal	az   150   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.419   Kw   Razão   91.9  Dist Calc  15.18 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw

Fonte: Autoria própria.

**Figura 16** – Radial Com Maior Distância — Instalação Com Direção A 325°

✓ Enquad. não obrigatório azimuth 080	Técnico	Sistema Principal	az   080   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.4   Kw   Razão   81.2  Dist Calc  13.4 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 085	Técnico	Sistema Principal	az   085   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.388   Kw   Razão   89.2  Dist Calc  14.72 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 090	Técnico	Sistema Principal	az   090   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.377   Kw   Razão   95.5  Dist Calc  15.75 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ <u>Enquad. não obrigatório azimuth 095</u>	Técnico	Sistema Principal	az   095   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.366   Kw   Razão   99.9  <u>Dist Calc  16.48 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw</u>
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 100	Técnico	Sistema Principal	az   100   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.355   Kw   Razão   97.2  Dist Calc  16.04 km  Dist Class  16.5 km   ERP calc  scr   Kw
✓ Enquad. não obrigatório azimuth 105	Técnico	Sistema Principal	az   105   ERP PB   3  Kw   ERP Az  0.345   Kw   Razão   94.5  Dist Calc  15.6 km  Dist Class  16.5

Fonte: Autoria própria.

### 3.6 Integração Com *Google Earth Pro* E QGIS

Feito o devido enquadramento das duas situações na classe B1, a próxima etapa do trabalho foi representar no *Google Earth Pro*, por cada radial, os pontos máximos de distância de irradiação do sinal, a fim de determinar a área de cobertura atingida pela rádio.

Desse modo, tomando como base as informações geradas no relatório de validação da rádio, foi feita essa representação primeiramente para a situação de instalação da antena dipolo de meia onda em direção a radial de 180°, e posteriormente para a com instalação em direção a radial de 325°.

Após esse passo, o arquivo com esses pontos representados no *Google Earth Pro* foi exportado para o software QGIS, no qual foram traçados dois polígonos, um para cada situação de instalação, para representar a área de cobertura atingida pela rádio, diferenciando as áreas atingidas por município. Os municípios alcançados foram: Campina Grande, Lagoa Seca, Massaranduba, Puxinanã e Queimadas.

A fim de obter detalhes e informações individualizadas da área de cobertura atingida pela rádio em cada município citado, foram realizadas interseções dos municípios com a área de cobertura traçada, de modo a relacioná-las com as informações de população residente, área territorial e densidade demográfica disponibilizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no censo demográfico de 2022. A Tabela 7 retrata esses dados.

**Tabela 7** – Informações Censo Demográfico IBGE 2022

<b>Município</b>	<b>Área (<math>km^2</math>)</b>	<b>População (hab)</b>	<b>Dens. Demog (hab/<math>km^2</math>)</b>
Campina Grande	592	419379	708,82
Lagoa Seca	108	27730	256,24
Massaranduba	209	14139	67,52
Puxinanã	71	14277	200,75
Queimadas	403	47658	118,33

**Fonte: (IBGE, 2022)**

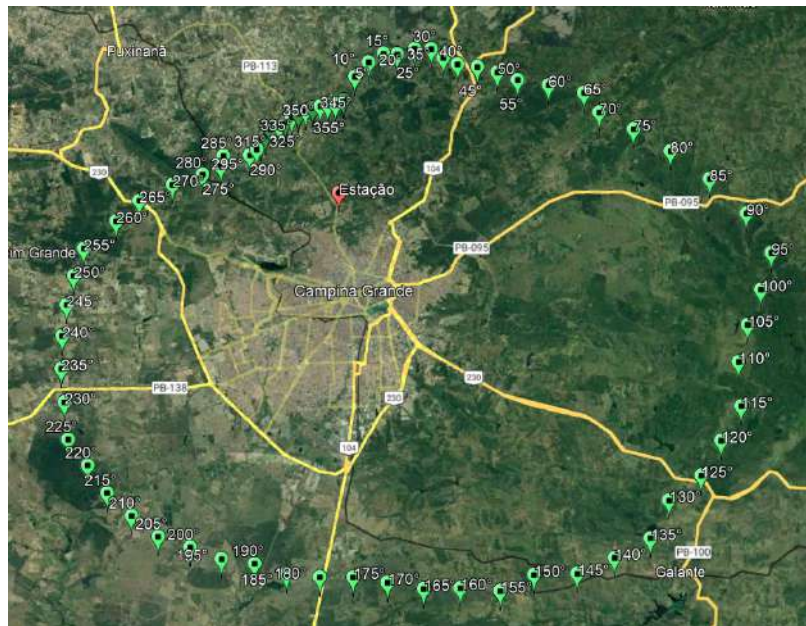
Feito isso, o arquivo do QGIS foi exportado novamente para o *Google Earth Pro*. Assim, foi possível observar as áreas de cobertura das duas situações analisadas em comparação com o contorno protegido de  $66dB\mu V/m$ .



## 4 RESULTADOS

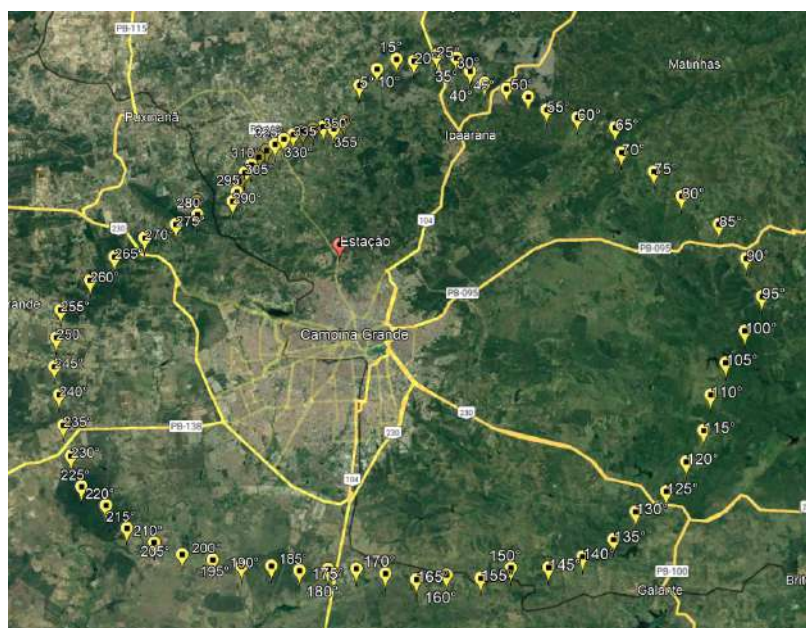
Como descrito no capítulo anterior, no *Google Earth Pro*, foi possível representar as distâncias máximas por radial em ambos os azimutes de instalação em análise, mostrado nas Figuras 17 e 18.

**Figura 17** – Distância Por Radial — Azimute De Instalação 180°



Fonte: Autoria própria.

**Figura 18** – Distância Por Radial — Azimute De Instalação 325°



Fonte: Autoria própria.

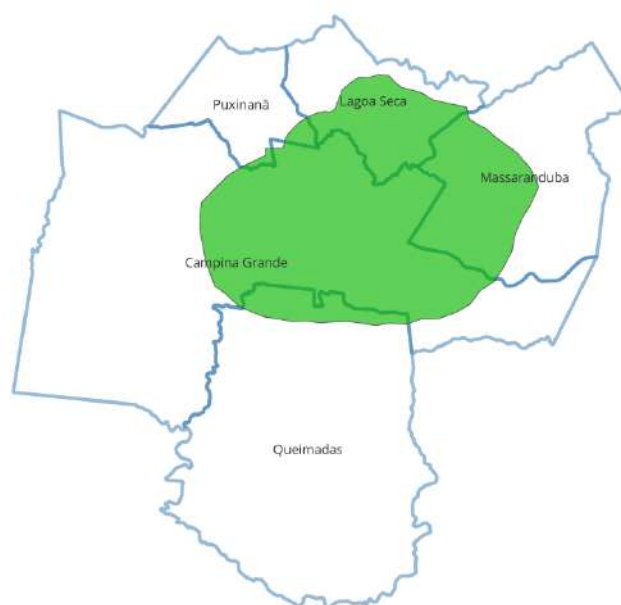
Dispondo das áreas de cobertura traçadas no QGIS, ilustradas nas Figuras 19 e 20, e dos dados de população residente, área territorial e densidade demográfica do censo demográfico de 2022 disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), foi possível verificar e analisar a influência do azimute de instalação da antena dipolo de meia onda escolhida para este trabalho na área de cobertura de uma rádio FM.

**Figura 19** – Área De Cobertura – Azimute De Instalação 180°



**Fonte: Autoria própria.**

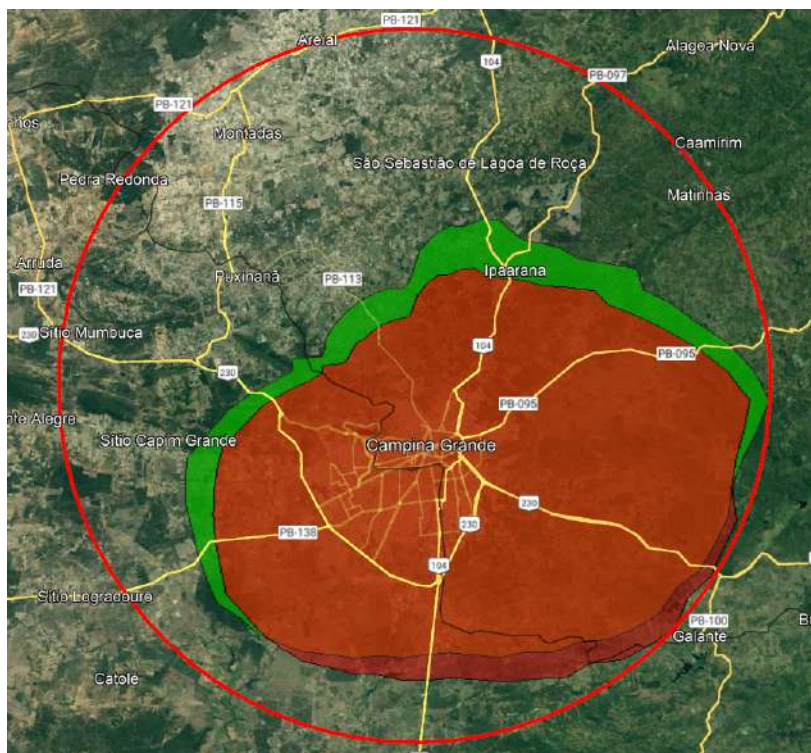
**Figura 20** – Área De Cobertura – Azimute De Instalação 325°



**Fonte: Autoria própria.**

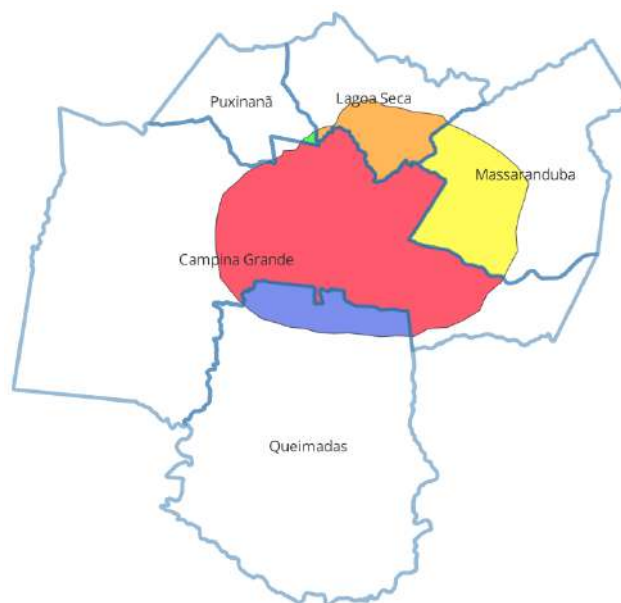
Primeiramente, na Figura 21, é mostrado uma sobreposição entre as áreas de cobertura das duas situações explicitadas neste projeto. Nela pode ser observado, de forma gráfica, que o polígono de cor verde — que representa a área de cobertura resultante da instalação com azimute de  $325^\circ$  — resultou em uma cobertura maior que o polígono de cor vermelha, que, por sua vez, retrata a área de cobertura consequência da instalação da antena em direção à azimute de  $180^\circ$ .

**Figura 21** – Comparação Áreas De Cobertura

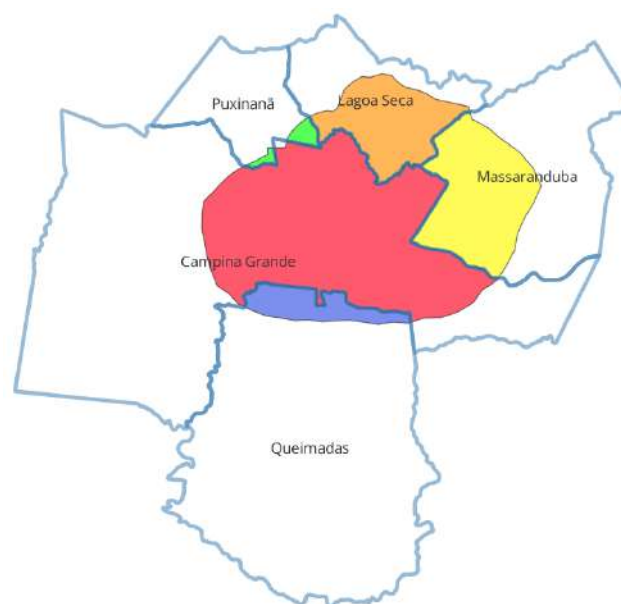


**Fonte:** Autoria própria.

Através das interseções traçadas entre os municípios e as áreas de cobertura ilustradas nas Figuras 22 e 23, foram obtidas, através do QGIS, as informações de área territorial e população estimada atingida pela rádio em ambas as situações.

**Figura 22** – Área De Cobertura Por Município – Azimute De Instalação 180°

**Fonte: Autoria própria.**

**Figura 23** – Área De Cobertura Por Município – Azimute De Instalação 325°

**Fonte: Autoria própria.**

A Tabela 8 demonstra o comparativo entre as duas áreas de cobertura em relação a área territorial em  $km^2$  atingida em cada município.

**Tabela 8** – Comparação Área Territorial Atingida Em  $km^2$ 

<b>Município</b>	<b>Azimute de Instalação 180°</b>	<b>Azimute de Instalação 325°</b>
Campina Grande	212,70	217,90
Lagoa Seca	34,49	56,41
Massaranduba	72,11	81,53
Puxinanã	0,92	5,54
Queimadas	36,38	24,29
<b>Total</b>	<b>356,60</b>	<b>385,67</b>

Por meio deste resultado, foi verificado que, de forma geral, como é possível observar, houve um aumento de 29,07  $km^2$  da área territorial atingida, representando um aumento de 8,15%.

Já em uma visão mais estratificada por municípios. Em Campina Grande houve um aumento percentual de 2,44% na área territorial atingida. Em Lagoa Seca, o aumento foi de 63,55%. Em Massaranduba, de 13,06%. E em Puxinanã, esse aumento foi de 502,17%. Entretanto, no município de Queimadas, houve uma redução de 33,23%.

A Tabela 9 reflete um novo comparativo entre as áreas de cobertura, mas desta vez em relação à quantidade de população estimada alcançada pela rádio.

**Tabela 9** – Comparação Estimativa De População Alcançada

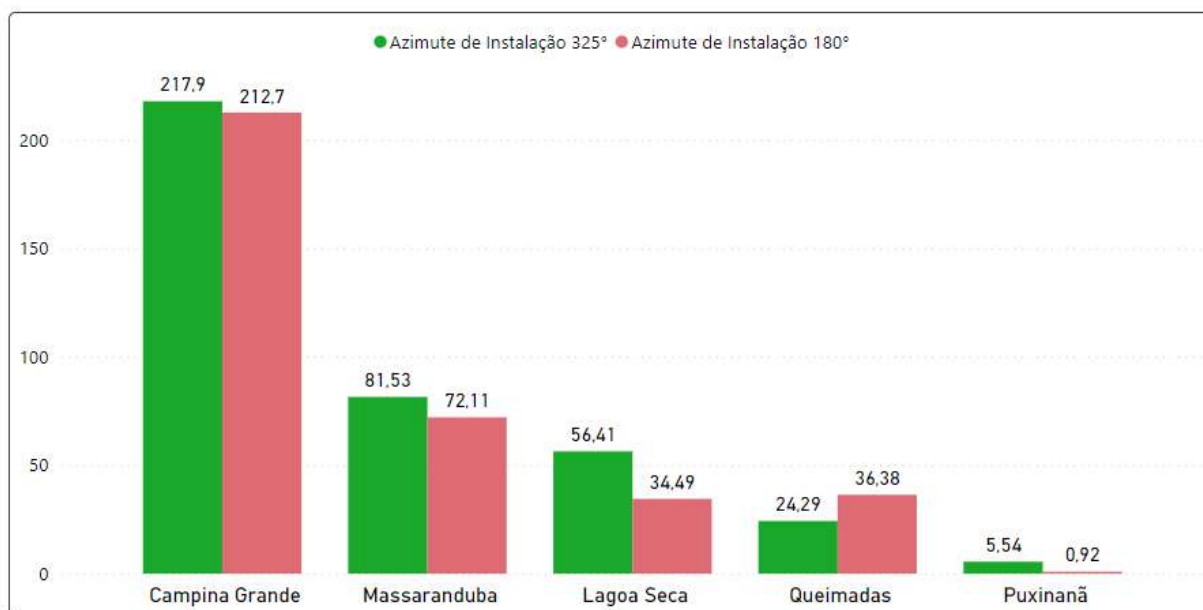
<b>Município</b>	<b>Azimute de Instalação 180°</b>	<b>Azimute de Instalação 325°</b>
Campina Grande	150766	154452
Lagoa Seca	8838	14454
Massaranduba	4869	5505
Puxinanã	185	1112
Queimadas	4305	2874
<b>Total</b>	<b>168962</b>	<b>178398</b>

Para este resultado, é possível constatar que foi obtido um aumento na população estimada alcançada de 9436 habitantes, aumento de 5,58% em percentual.

Em uma análise estratificada por municípios, é conferido que houve um aumento no número de habitantes alcançados em Campina Grande (2,44%), Lagoa Seca (63,54%), Massaranduba (13,06%) e Puxinanã (501,08%). Em Queimadas, foi observado uma diminuição de 33,24% da população alcançada.

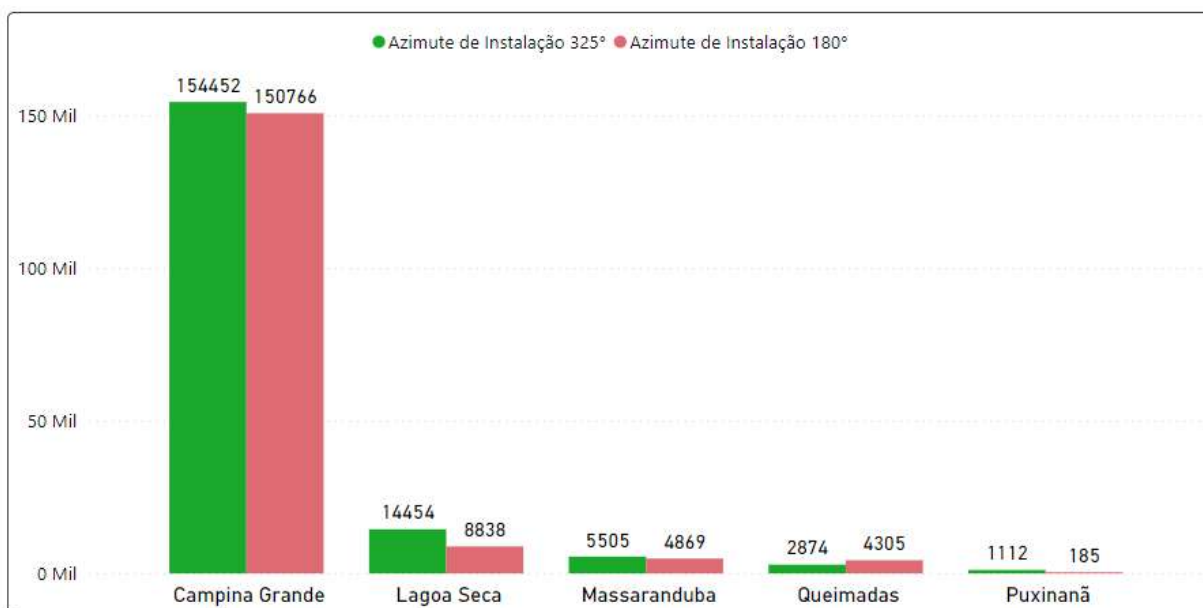
Por fim, as Figuras 24 e 25 ilustram, em forma de gráfico essa comparação em relação à área territorial atingida e população estimada alcançada pela rádio em cada município.

**Figura 24** – Gráfico De Área Territorial Atingida Por Município



Fonte: Autoria própria.

**Figura 25** – Gráfico De Estimativa De População Alcançada Por Município



Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma análise da influência do azimute de instalação de antenas dipolo de meia onda na área de cobertura de rádios FM. Para tal, tomando como base a localização da Rádio Cajazeiras FM LTDA, com auxílio de sistemas disponibilizados pela ANATEL para determinar a altura sobre o nível médio do terreno (HNMT) em cada radial e juntamente com os softwares *Google Earth Pro* e QGIS, foi possível selecionar duas radiais —  $180^\circ$  e  $325^\circ$  — para embasar tal análise.

Dessa forma, a partir de dados do Censo Demográfico IBGE do ano de 2022 para o estado da Paraíba e realizando a interseção da área de cobertura com os municípios atingidos, foram estimados a área territorial e a população alcançada em cada município.

Portanto, observando os resultados apresentados, é possível concluir que o azimute de instalação é um parâmetro de extrema importância a se considerar na instalação de sistemas de rádio FM, visto que a instalação direcionada ao azimute de  $325^\circ$ , azimute este escolhido baseado nos níveis médios de terreno das radiais, apresentou uma maior área de cobertura do que a instalação com azimute de  $180^\circ$ .

Um fato importante de se destacar é que os resultados obtidos nesse trabalho foram alcançados através de simulações em sistemas disponibilizados pela ANATEL. Sendo assim, essa circunstância pode gerar divergências entre os resultados simulados e os medidos em campo.

Para estudos e trabalhos futuros, pode ser feita a análise também da influência do ângulo de elevação de instalação das antenas na área de cobertura, como também podem ser utilizados outros métodos de predição de campo, de modo a verificar os efeitos na área de prestação de serviço de rádios FM.

## REFERÊNCIAS

- ANATEL. Ato n° 4174. requisitos técnicos de condições de uso de radiofrequências para os serviços de radiodifusão sonora em frequência modulada, de retransmissão de rádio na amazônia legal e radiodifusão comunitária. *Diário Oficial da União*, 2021. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/comunicacao/rede-legislativa-radio-tv/arquivos/legislacao-arquivos/atos-anatel/ato-no-4-174-2021-anatel>>.
- ANATEL. *Relatório HNMT*. 2023. Disponível em: <<https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/hnmt.php>>.
- ANATEL. *Simulador*. 2023. Disponível em: <<https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/simulador.php>>.
- BALANIS, C. A. *Antenna Theory: Analysis and Design*. 4. ed. [S.l.]: John Wiley Sons, 2016.
- BORMANE, D. S.; SONAWANE, A. D. Design and analysis of half wave dipole antenna for sar measurement. *Journal of Cardiovascular Disease Research*, v. 12, n. 2, p. 844–853, 2021.
- GIS, C. do. *QGIS: O que é, o que faz e para que serve?* 2023. <<https://clubedogis.com.br/blog/qgis-o-que-e-o-que-faz-e-para-que-serve/#:~:text=O%20QGIS%20fornece%20ferramentas%20diferentes,%2C%20ainda%2C%20realizar%20an%C3%A1lises%20multicrit%C3%A9rio.>> Acesso em: 25/10/2023.
- GOOGLE. *Análise de todo o planeta na nuvem do Google*. 2023. <[https://www.google.com/intl/pt\\_in/earth/education/tools/google-earth-engine/#:~:text=O%20Google%20Earth%20Engine%20%C3%A9,de%20sat%C3%A9lite%20do%20nosso%20planeta.](https://www.google.com/intl/pt_in/earth/education/tools/google-earth-engine/#:~:text=O%20Google%20Earth%20Engine%20%C3%A9,de%20sat%C3%A9lite%20do%20nosso%20planeta.)> Acesso em: 25/10/2023.
- IBGE. *Censo Demográfico*. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=37225&t=resultados>>.
- IDEAL ANTENAS PROFISSIONAIS. *Dipolo 1/2 Onda para FM*. [S.l.], 2023. Disponível em: <<https://idealantenas.com.br/produtos/fm/01%20Antenas%20Verticais%20FM/Antena%20FM%20Dipolo%20de%20Meia%20Onda/Antena%20FM%20Dipolo%20de%20Meia%20Onda.pdf>>.
- MAYRINK, M. A. D. S. *Uma nova abordagem da Recomendação ITU-R P.1546 para a predição de cobertura em enlaces curtos sobre terrenos mistos*. 2005. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/CGRO-6JZKPP/1/marco\\_ant\\_nio\\_de\\_souza\\_mayrink.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/CGRO-6JZKPP/1/marco_ant_nio_de_souza_mayrink.pdf)>.
- NETO, A. et al. Cobertura de tv digital: Avaliação subjetiva e medições em um cenário real. *XXXIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS*, 2021. Disponível em: <<https://biblioteca.sbrrt.org.br/articles/2826>>.
- PINHEIRO, G. F. B. Estudo de viabilidade técnica para inclusão de serviço de radiodifusão de tv digital. *UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA*, 2019.



QGIS. *QGIS - A liderança do SIG de código aberto*. 2023. <[https://qgis.org/pt\\_BR/site/about/index.html](https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html)>. Acesso em: 25/10/2023.


REGIS, P. A. Cálculo de viabilidade técnica de um canal de televisão digital. *UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU*, 2010.

STUANI, C. *A importância do rádio na vida das pessoas*. 2023. Acesso em: 07/11/2023. Disponível em: <<https://mentoriacristianostuani.com/a-importancia-do-radio-na-vida-das-pessoas/>>.

THAPA, B. et al. Half wave dipole antenna. 2016. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/roshankattel/half-wave-dipole-antenna-64646583?smtNoRedir=1>>.

TREVISAN, G. A. D. M. Antenas inteligentes. 2021. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/210892/trevisan\\_gam\\_tcc\\_sjbv.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/210892/trevisan_gam_tcc_sjbv.pdf?sequence=1)>.

UIT. *Recomendação UIT-R P.1546-1*. 2003. Disponível em: <[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-1-200304-S!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-1-200304-S!!PDF-E.pdf)>.

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, Joao Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC Arthur Kramer

<b>Assunto:</b>	TCC Arthur Kramer
<b>Assinado por:</b>	Arthur Kramer
<b>Tipo do Documento:</b>	Anexo
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Arthur Barôncio de Lucena Kramer Neto, ALUNO (20181610007) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 14/12/2023 21:24:45.

Este documento foi armazenado no SUAP em 14/12/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1023976

Código de Autenticação: 0a6343ab44

