



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

CLÁUDIO PEREIRA DA COSTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Campina Grande
2009

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por contribuir de forma sempre marcante e gratificante na minha vida, possibilitando influenciar-me de maneira direta e gloriosa para mais sábia conquista.

Ao apoio imensurável da minha família e amigos que sempre acreditaram na realização desta conquista. A minha namorada Érika Carla, não apenas por seu amor, mas, por toda dedicação e apoio mesmo nos momentos difíceis, até mesmo de minha ausência para com ela.

Aos professores Glauco Fontgalland e Rômulo Valle pelas orientações e sugestões ao longo desta caminhada chamada graduação.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica por colaborarem direta e indiretamente na minha formação. Um destaque especial para três excepcionais pessoas: Adail, Juarez e Rosilda!

A TV Itararé por proporcionar o auxílio nas atividades com o LEMA para a realização desse estágio.

Em fim, a todos que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Muito obrigado!

Lista de figuras

Figura 1: Modelo típico de um sistema de enlace via rádio.	9
Figura 2: Curvas de nível de uma superfície terrestre.	12
Figura 3: Representação simplificada da radiovisibilidade e a presença de obstáculos no percurso do sinal.	13
Figura 4: Propagação no ar livre entre duas estações (Albuquerque, 2006).	13
Figura 5: Representação geral da radiovisibilidade e a presença de obstáculos no percurso do sinal.	16
Figura 6: Elipsóide de Fresnel.	18
Figura 7: Sistema com alimentação (a), sistema sem alimentação (b) (Esteves, 1980).	19
Figura 8: Transmissor de TV básico. Fonte: LINEAR (LD72K0).	20
Figura 9: Antena omnidirecional da TV Itararé. Fonte: http://www.idealantenas.com.br .	21
Figura 10: Atenuação no espaço-livre para frequência de 503MHz.	26

Lista de Tabelas

Tabela 1: Faixas de frequências e suas denominações. Fonte: (Alencar, 2001).	11
Tabela 2: Enlace A entre a Bela Vista e o ponto central no Conjunto dos Professores.	23
Tabela 3: Enlace B entre a Bela Vista e a extremidade a esquerda do ponto central no Conjuntos dos Professores.	24
Tabela 4: Enlace C entre a Bela Vista e a extremidade a direita do ponto central no Conjuntos dos Professores.	25

Sumário

1	INTRODUÇÃO	6
2	SISTEMA DE TRANSMISSÃO VIA RÁDIO ENLACE	8
2.1	Conceito Geral	8
2.2	Antena	9
2.3	Faixa de Frequência	11
2.4	Perfil topográfico	12
2.5	Propagação	13
2.6	Mecanismos de propagação	15
2.7	Zonas de Fresnel	17
3	ENLACES EM RF	19
3.1	Rádio enlace	19
3.2	Transmissor UHF para o Canal 19	20
3.3	Antena receptora	21
3.4	Curvas de Nível	22
3.5	Cálculo das perdas no espaço-livre	26
4	PROPOSTA DO SISTEMA	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6	REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
7	ANEXOS	32

1. Introdução

O estágio supervisionado no curso de Engenharia Elétrica tem a finalidade de integrar o aluno (estagiário), em uma realidade que até então, que não fazia parte de sua rotina acadêmica, a empresa.

Acompanhado por um professor (orientador), o estagiário participa de possíveis atividades que permitem ao aluno vivenciar um ambiente de trabalho onde estejam presentes em situações típicas de engenharia elétrica.

O aluno em processo de estágio torna-se uma pessoa apta a desenvolver habilidades relativas ao trabalho em equipe, organização e atendimento a cronogramas, e inserção de um determinado projeto no contexto mais amplo dos objetivos da empresa ou instituição.

Este estágio é o projeto sugerido para aplicação de um sistema de transmissão de sinal no bairro do Conjunto dos Professores em Campina Grande pelo Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado - LEMA. Este sistema é caracterizado para fazer a transmissão do sinal em UHF da TV Itararé através do conhecimento de enlaces em RF.

Os sistemas de teledifusão, assim como os de radiodifusão, são um dos meios mais utilizados pela população, em todas as classes sociais para se manterem informados dos acontecimentos de sua cidade, estado, país e do mundo como também ter acesso a qualificação profissional por meio da educação televisiva.

Por razões adversas as estações transmissoras de televisão não se encontram instaladas segundo o plano diretor da cidade. Esse fato torna complexo para estas transmissoras quanto a elaborar uma cobertura da região ou cidade de forma homogênea permitindo a todos os usuários o acesso as informações.

No caso particular da cidade de Campina Grande soma-se um agravante, qual seja a geometria do relevo da região. A cidade de Campina Grande é uma cidade localizada no complexo da Borborema, localizada a aproximadamente 500 metros acima do nível do mar.

As características de irregularidade geomorfológica da região e as novas edificações apontam a obstrução da transmissão do sinal. Um exemplo do fenômeno de supressão ao acesso das informações do sistema de teledifusão acontece no

setor residencial do Conjunto dos Professores localizado nas proximidades da Universidade Federal de Campina Grande. Essa região é classificada como região de sombra com relação às estações transmissoras de televisão local da cidade. Muitos dos usuários dessa área têm sistemas de recepção via satélite.

No entanto, eles não fornecem a programação local importante para a sociedade e para a municipalidade, uma vez que são esses os meios utilizados para divulgação de ações sociais da prefeitura e do governo. O sistema proposto beneficiará a todos da área supra sem custo para os usuários (necessidade de modificação nas antenas receptoras ou aparelhos de televisão) e nem para empresa (alteração na estrutura de transmissão da TV Cultura do sistema Itararé de teledifusão na faixa de UHF).

As etapas do projeto são:

Primeira fase: Pesquisa bibliográfica que permita conhecer todo o procedimento de transmissão em radiovisibilidade em uma faixa de UHF.

Segunda fase: Estudo dos enlaces RF até o ponto de instalação do sistema.

Terceira fase: Fazer uma pesquisa sobre a sugestão do sistema proposto.

2. Sistema de transmissão via Rádio enlace

2.1 - Conceito geral

Em 18 de Janeiro de 1920 ocorreu a primeira transmissão de teledifusão no Brasil, a Estação de TV - CANAL 3 - TV TUPI - DIFUSORA em São Paulo. A partir dessa data a informação de televisão deixou de ser algo distante dos brasileiros e passando a ser necessária.

Desde então, a crescente evolução da tecnologia permitiu o avanço e desenvolvimento de várias áreas do conhecimento humano entre elas, a engenharia de telecomunicações.

Em telecomunicações pode-se afirmar, com grande disposição, que as comunicações sem fio representam, sem dúvida, importante inovação que vem ao longo dos anos sofrendo muitas alterações em busca da aglutinação de aplicações agregadas ao mesmo serviço.

Graças a ela, o mundo tornou-se mais conectado, o conhecimento se propagou mais rápido e as distâncias se encurtaram.

Nas telecomunicações existem dois meios principais de transmissão; os sistemas que usam o espaço livre para transmissão (*wireless*), e os sistemas que adotam meios físicos de transmissão (*wired*) como fibras óticas, cabos telefônicos, cabos coaxiais, entre outros, conforme (Miyoshi & Sanches, 2002).

O rádio enlace ou sistema rádio ponto-a-ponto é fundamentado no transporte a um ou mais pontos das informações provenientes de uma ou mais fontes a fim de garantir que o sinal gerado em sua origem chegue a seu destino inteligível, dentro de uma taxa de erros aceitável, levando-se em consideração os diversos fatores que serão apresentados neste trabalho.

Um sistema típico para enlace via rádio entre antenas ponto a ponto, a depender deve possuir uma radiovisibilidade entre as estações de até 50 km do relevo local e as faixas de frequência empregadas, o transporte de dados baseia-se nas propriedades de propagação da energia eletromagnética no ar.

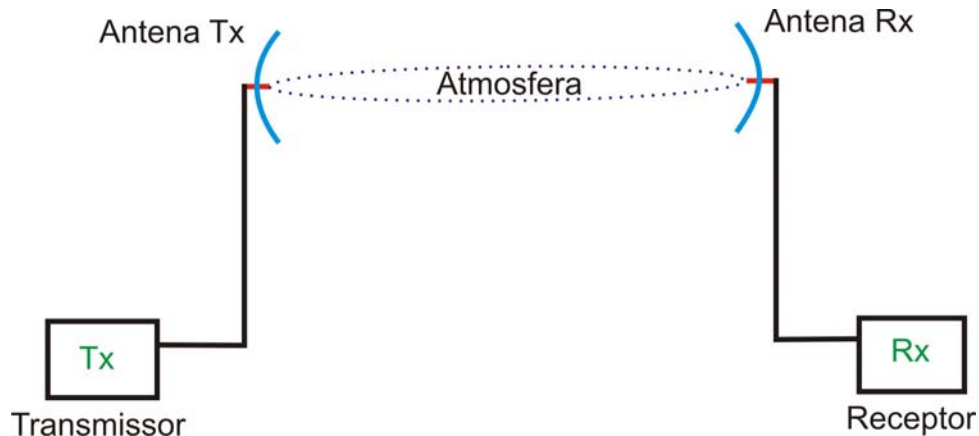


Figura 1: Modelo típico de um sistema de enlace via rádio.

A palavra radiovisibilidade deriva da situação espacial que deve oferecer condição de visibilidade direta, simultânea e contínua no tempo, entre duas antenas instaladas em torres (Tavares Junior, 2003).

Portanto, para que um rádio enlace funcione satisfatoriamente (Nascimento, 2000), são necessários os seguintes requisitos básicos:

- 1) A intensidade do sinal recebido deve ter potência suficiente para se sobrepôr ao sinal do ruído recebido,
- 2) A intensidade do sinal deve ser propagada sem distorção excessiva, ou seja, a onda deve ser transmitida em uma faixa de frequência com atenuação e velocidade de propagação constantes, para as frequências da faixa.
- 3) Para que o rádio enlace tenha confiabilidade, conforme o seu grau, as condições acima devem permanecer constantes na maior parte do tempo.

As aplicações com o sistema de rádio apresentam-se eficientes para prover o acesso a regiões distantes e de difícil acesso; ou quando se necessita estabelecer uma ligação de forma rápida e flexível que podem ou não serem feitas de maneira direta.

2.2 - Antena

Antena é um dispositivo cuja função é irradiar energia eletromagnética e/ou interceptar radiação eletromagnética (Temes, 1990). Uma antena não irradia de modo uniforme em todas as direções, mas concentra a energia direcionando-a, (Silva, 1977).

Do ponto de vista da eficiência, a antena ideal é aquela a qual irradia toda a potência liberada pelo transmissor em uma ou em diversas direções desejadas. A antena prática, pode não cumprir a performance do projeto, mas seu desempenho deve ser avaliado. Por tudo isto, foram definidos alguns parâmetros no estudo da teoria de antenas. Estes parâmetros revelam, portanto, características, algumas delas mensuráveis, outras fruto de deduções, todas associadas com o seu papel de irradiador de energia. Os principais são (Valle, 2000):

- Diagrama de irradiação;
- Diretividade;
- Ganho;
- Impedância;
- Resistência de Radiação;
- Área Efetiva;
- Nível de Lobo Secundário;
- Razão Frente-Costa;
- Largura do Feixe;
- Polarização;

Logo, o entendimento das antenas depende do conhecimento de princípios básicos de seu funcionamento, algumas noções sobre suas propriedades e suas implicações em termos de orientação e precisão angular referente ao espaço tridimensional.

Assim, para modelagem de um rádio enlace usando a Diretividade da antena é dada a equação (1), onde P_1 é a potência irradiada na direção do máximo do diagrama do dipolo, e P potência irradiada em qualquer direção por antena isotrópica (Silva, 1977).

$$D_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P} \right) \quad (1)$$

Para que ocorra a efetiva comunicação através de enlaces de rádio é necessária a utilização de equipamentos de transmissão ligados às antenas. Os mesmos têm a finalidade de realizar transformações das variações de corrente e tensão em ondas eletromagnéticas para se propagarem até outra antena receptora.

Na composição deste sistema estão: antenas, torres/postes, suportes de antenas, refletores, difratores, cabos coaxiais, guias de ondas, conectores e transmissores que possuem uma faixa de operação.

2.3 - Faixa de Freqüência

O espectro eletromagnético é a ordenação das radiações eletromagnéticas de acordo com os comprimentos de onda ou, em outras palavras, freqüência ou energia.

Apresenta-se dividido arbitrariamente em várias faixas de freqüências que são frações do espectro limitadas por duas freqüências limites, como ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1: Faixas de freqüências e suas denominações.
Fonte: (Alencar, 2001).

Designação da faixa	Intervalo de freqüência
VLF	3KHz - 30KHz
LF	30KHz - 300KHz
MF	300KHz – 3000KHz
HF	3MHz – 30MHz
VHF	30MHz – 300MHz
UHF	300MHz – 3000MHz
SHF	3GHz – 30GHz
EHF	30GHz – 300GHz
-	300GHz – 3000GHz

As faixas de freqüências possuem designações próprias para facilitar a identificação em suas aplicações:

- Freqüência muito baixa (VLF);
- Freqüência baixa (LF);
- Freqüência média (MF);
- Freqüência alta (HF);
- Freqüência muito alta (VHF);
- Freqüência ultra alta (UHF);
- Freqüência super alta (SHF).

Essas faixas não foram apenas alocadas para fins de radiodifusão, mas também para: a navegação aérea, telemetria, comunicação móvel, radares e satélites artificiais.

Vale destacar que a escolha inadequada de uma faixa de frequências pode resultar em problemas variados no futuro, como interferências elevadas, dificuldades na expansão futura de modo que deve ser realizada de forma criteriosa, após análise tanto do sistema a ser projetado como dos enlaces e sistemas existentes na mesma região.

2.4 - Perfil topográfico

O perfil topográfico é um conjunto de curvas de nível que representam a altimetria, ou altitude do terreno. A confecção do gráfico de perfil dos enlaces é elaborada de forma a ter os gráficos de alturas no eixo das ordenadas e das distâncias no eixo das abscissas.

As condições geológicas e geotécnicas das áreas atravessadas pelas ondas eletromagnéticas vão ter grande influência nas perdas e na escolha do perfil. Nem sempre é possível reduzir a altura de um obstáculo como: um monte, um vale, prédios, vegetação, etc.

As extremidades da visada direta (livre de bloqueio do relevo), são pontos de interesse imediato ou futuro para instalar torres, nas quais são fixadas e orientadas antenas para rádio enlace (Tavares Junior, 2003).

A figura 2 ilustra um perfil típico de uma elevação do terreno retirado a partir de uma carta topográfica (mapa com curvas de nível), com certa equidistância entre elas.

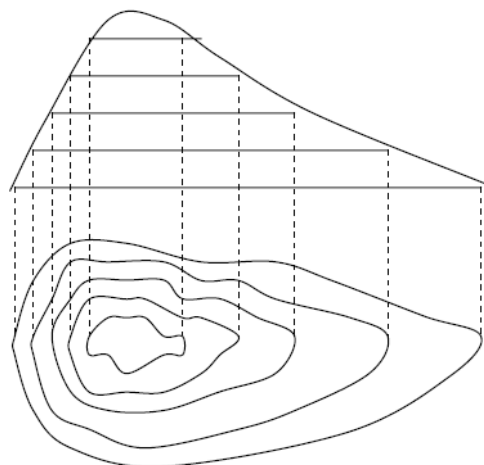


Figura 2: Curvas de nível de uma superfície terrestre.

São incluídas no gráfico de perfil do terreno, as torres para elevar as antenas acima de obstáculos em termos do próprio relevo, árvores e edificações em que suas dimensões estruturais possam oferecer obstrução total ou parcial ao sinal transmitido (Tavares Junior, 2003).

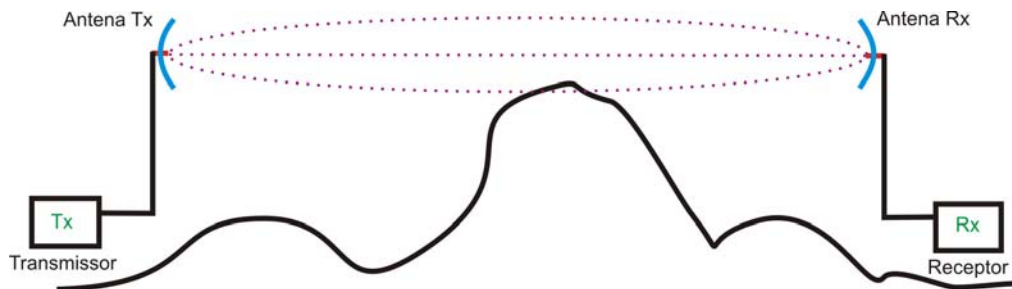


Figura 3: Representação simplificada da radiovisibilidade e a presença de obstáculos no percurso do sinal.

As torres das antenas devem ser elevadas acima de obstáculos em termos do próprio relevo, árvores e edificações de forma a não serem agentes causadores de interrupções nas transmissões de sinais.

2.5 - Propagação

A propagação de sinais EM ocorre de formas e meios variados dependentes da faixa de frequência utilizada e da distância do enlace. É do interesse deste trabalho fazer menção àquelas de relevância na faixa de UHF onde dentre outras, são utilizadas para estudos de teledifusão.



Figura 4 – Propagação no ar livre entre duas estações (Albuquerque, 2006).

Em um enlace de rádio o sinal é transmitido pela antena transmissora e propaga-se na forma de ondas de rádio (ondas eletromagnéticas) até a antena receptora (Albuquerque, 2006).

As condições de propagação para um sinal de UHF dependem dos fenômenos relacionados com os meios de transmissão. Esses meios são compostos por um conjunto de relevos de terrenos e as condições atmosféricas típicas que condicionam a não idealização do enlace.

Fatores da atmosfera tais como, temperatura, umidade e pressão apresentam-se como variáveis aleatórias em nosso planeta. Todas, funções da altitude, que provocam alterações nas propriedades eletromagnéticas.

A atmosfera pode ser dividida em diversas regiões sobrepostas (Perrault et al., 1996), a saber:

Troposfera – entre 0 e 15km – é onde ocorre a maior concentração do vapor d'água, e onde se formam as nuvens. Uma propriedade importante nessa faixa é que, na média, a temperatura diminui com a altura, e é transparente à radiação solar. Nesta camada o principal efeito na propagação das ondas de rádio é o da refração, que atua na trajetória das ondas com o aumento da velocidade de propagação, devido à elevação da altitude;

Tropopausa – entre 15 e 20km – nesta região a temperatura se mantém constante e depende do tipo de clima do local. Em regiões de clima tropical, ela pode apresentar espessura desprezível;

Estratosfera – entre 20 e 45km – aqui a temperatura aumenta com a altitude, devido à alta concentração de ozônio;

Estratopausa – entre 45 e 50km – a temperatura se mantém constante;

Mesosfera – entre 50 e 80km – nesta região novamente o fenômeno em que a temperatura decresce com a altitude a uma taxa de variação quase constante;

Mesopausa – entre 80 e 90km – a temperatura se mantém quase constante;

Ionosfera - acima de 90km – a temperatura aumenta com a altura, atingindo valores elevados, dependendo da hora do dia. A influência da irradiação solar ocorre de forma acentuada nesta região, e com isso acontece a dissociação das moléculas gasosas em íons positivos e elétrons livres, favorecendo a ionização desta camada – daí a denominação de ionosfera – a camada onde se encontra o melhor meio de condução de toda a atmosfera. Apresenta comportamento cíclico, a saber: diário,

anual e solar. No primeiro ocorre a maior ionização durante o dia e menor à noite; no segundo, a ionização é bem maior no verão do que no outono.

Logo, para realizar o estudo do mecanismo real de propagação, deve-se então considerar todas as influências possíveis que esse meio possa exercer como o relevo, vegetação, prédios, etc. (Albuquerque, 2006).

2.6 - Mecanismos de propagação

Quando ocorre uma transmissão UHF entre dois pontos a onda eletromagnética viaja no espaço real, a troposfera, se o enlace se encontra na crosta terrestre. Nessa propagação podem ocorrer cinco mecanismos de propagação tais como: reflexão (especular e difusa), difração, dispersão ou espalhamento, refração e desvanecimento. São eles:

Desvanecimento – Uma onda eletromagnética, ao atravessar o meio de propagação, sofre alterações de amplitude e de percurso. O desvanecimento representa alterações percebidas por atenuações, reforços e distorções no espectro do sinal (Tavares Junior, 2003).

Difração -- É a capacidade das ondas eletromagnéticas contornarem obstáculos, quando esses obstruem a visada entre o transmissor. Esse fenômeno se dá porque as ondas se propagam como se cada ponto da frente de onda gerasse uma nova onda. Como isso ao se deparar com um obstáculo, as fontes pontuais da frente de onda acima do obstáculo continuam irradiando, fazendo com que a região de sombra atrás do obstáculo também seja iluminada (Cavalcanti, 2005).

Espalhamento ou reflexão difusa – acontece quando existe uma superfície irregular na visada da onda eletromagnética que se propaga entre o transmissor e o receptor de um rádio enlace, cujas dimensões são comparáveis ao comprimento de onda deste sinal.

Reflexão – Esse fenômeno acontece quando as ondas eletromagnéticas colidem com uma superfície lisa e cujas dimensões são consideradas maiores que o comprimento da onda incidente. Um exemplo onde esse mecanismo acontece é a superfície terrestre.

Refração – ocorre quando as ondas eletromagnéticas não se propagam em linha reta, mas se inclinam em relação à normal, devido ao índice de refração inconstante encontrado na atmosfera (Felice, 2005).

Nota-se que, por todos os fenômenos apresentados formam-se componentes de campo que podem se propagar por diferentes mecanismos ou superfícies até chegar ao ponto de destino. O sinal que chega ao destino vai ser a composição de algumas ou todas estas componentes na antena receptora.

Logo, através da inserção desses mecanismos a representação de um sistema deixa de ser visto como apresentado anteriormente na Figura 3, para uma representação mais próxima da realidade através da Figura 5 abaixo:

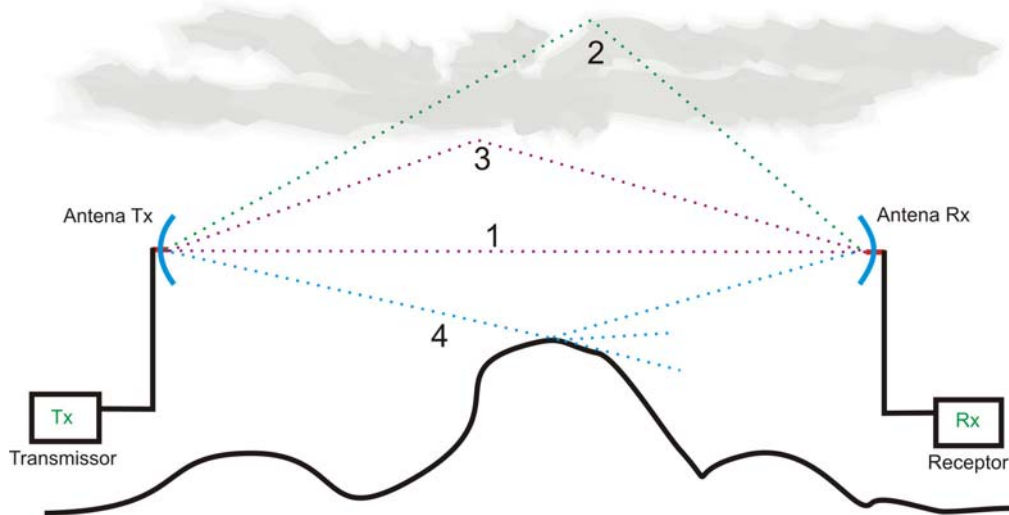


Figura 5: Representação geral da radiovisibilidade e a presença de obstáculos no percurso do sinal.

onde,

- 1: onda direta
- 2: onda celeste
- 3: refração troposférica
- 4: onda difratada e onda refletida para antena.

Portanto, em síntese, pode-se evidenciar que o sinal que alcança o receptor em um rádio enlace é uma composição de sinais, levando-se em conta o efeito das regiões troposféricas, ionosféricas e as terrestres ou de superfície, ocasionadas pelas ondas direta e a refletida.

Devido a esses mecanismos é importante ser possível prever o tamanho da área a ser coberta com qualidade de sinal aceitável para implementação do serviço de teledifusão em uma determinada região.

A situação mais simples vista na Figura 5 é a 1 – onda em visada direta – pois, possui um ambiente totalmente desobstruído e no espaço livre. Esse é um caso idealizado, mas pode ser útil para dar uma visão inicial dos mecanismos de propagação.

Percebe-se que a atenuação presente neste caso é baseado na geometria do sinal, uma vez que a energia irradiada tende a se espalhar por esferas cada vez maiores. De acordo com a recomendação ITU-R PN. 525-2 (ITU-R, 1994), a perda básica no espaço livre é calculada pela expressão:

$$L_{bf} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right) \quad (2)$$

onde:

L_{bf} - perda básica no espaço livre (dB)

d – distância

λ - comprimento de onda, sendo que d e λ devem ser expressas nas na mesma unidade.

O cálculo pode ser feito também se utilizando a frequência no lugar do comprimento de onda:

$$L_{bf} = 32,44 + 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) \quad (3)$$

onde:

f – frequência [MHz] e

d – distância [Km]

2.7 - Zonas de Fresnel

As Zonas de Fresnel são os volumes do espaço contidos em uma série de elipses concêntricas em torno da linha de visada entre duas estações em transmissão.

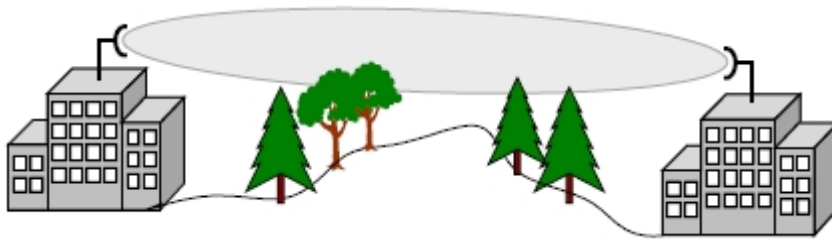


Figura 6: Elipsóide de Fresnel.

Fonte:

<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless004.asp>

A primeira zona de Fresnel é muito importante nos rádio enlaces, pois dependendo da porcentagem de que esta zona esteja livre de qualquer obstáculo, então a propagação pode ser considerada no espaço livre. Isto porque dentro do primeiro elipsóide de Fresnel, ou seja, no círculo central, as ondas se somam (Felice, 2005).

Existindo a obstrução ocorrerá o bloqueio de parte do sinal. Logo, a radiação precisa de uma região mínima desobstruída que assegure que sua propagação não seja comprometida. Assim, a radiação do círculo central deverá ser considerada a principal e que não deverá ser obstruída.

Para se calcular o raio da elipsóide de Fresnel em um ponto entre o transmissor e o receptor, a fórmula é:

$$R_f = 547,72 \cdot \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{(d_1 + d_2) \cdot f}} \quad (4)$$

sendo:

n : 1,2,3,...

f : frequência [MHz]

d_1 e d_2 : distâncias [Km] entre o transmissor e o receptor no ponto em que o raio de elipsóide é calculado.

Logo, teoricamente todo o dimensionamento das alturas das torres e antenas do sistema de rádio enlace é baseado no cálculo da porcentagem da liberação da primeira zona de Fresnel. Que para fins práticos é de aproximadamente 60% do elipsóide.

3 - Enlaces de RF

3.1 - Rádio enlace

A concepção de um rádio enlace engloba quais equipamentos utilizar, bem como sua configuração, e todas as atividades envolvidas na determinação dos locais para implantação dos equipamentos de rádio. O planejamento de um sistema deve evitar interferências e garantir a sua ininterruptão (Felice, 2005).

Este estágio no LEMA visa promover uma inovação tecnológica entre existente entre a TV Itararé e o Conjunto dos Professores.

O processo se deu basicamente através do acompanhamento das atividades de vários profissionais da emissora e no bairro da Bela Vista (Campinense Clube), local onde a mesma detém o direito de gerenciar atividades do seu interesse mediante acordo com os proprietários.

A intenção destes profissionais era de criar um sistema que atendesse ao Conjunto dos Professores, local que por está em uma altitude mais baixa em relação à Bela Vista torna-se uma região de sombra.

Assim, o projeto teve inicio com a caracterização do problema no sistema atual. Sabendo do interesse da emissora em instalar a possível proposta na Bela Vista é representado na Figura 7 abaixo a um esquema da fonte e destino em relação ao seu ponto de instalação.

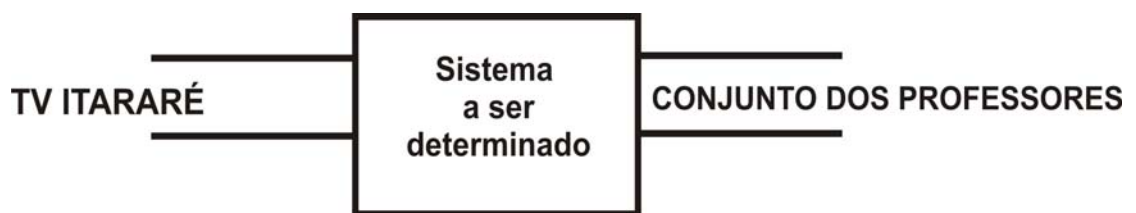


Figura 7: Representação do sistema de comunicação atual.

Posteriormente, realizou-se o estudo da fonte e do destino da Figura 7 de maneira separada buscando identificá-las de forma clara para produzir informações que possibilitam caracterizar a proposta do sistema.

3.2 - Transmissor UHF para o Canal 19

O sinal da emissora TV Itararé dispõe uma rede de transmissores interligados via satélite que são permitidos realizar a distribuição do sinal no estado utilizando as faixas de VHF e UHF.

Desenvolvido pela empresa Linear Equipamentos Eletrônicos S/A, o modelo LD72K0 configurado no canal 19 UHF está operando na cidade de Campina Grande. Num sistema básico de transmissão de TV os sinais analógicos de áudio e vídeo são modulados gerando duas portadoras através de uma saída de FI (frequência intermediária).

O sinal de FI gerado pelo modulador é aplicado em um misturador que o converte para VHF ou UHF conforme estabelecido. O sinal UHF gerado passa por um filtro passa-faixa e é encaminhado para o estágio de excitação onde ele é pré-amplificado e enviado para o estágio de potência. Aí é amplificado e filtrado através de um filtro de harmônicos seguindo então para a antena onde é irradiado. A figura 1 ilustra o processo.

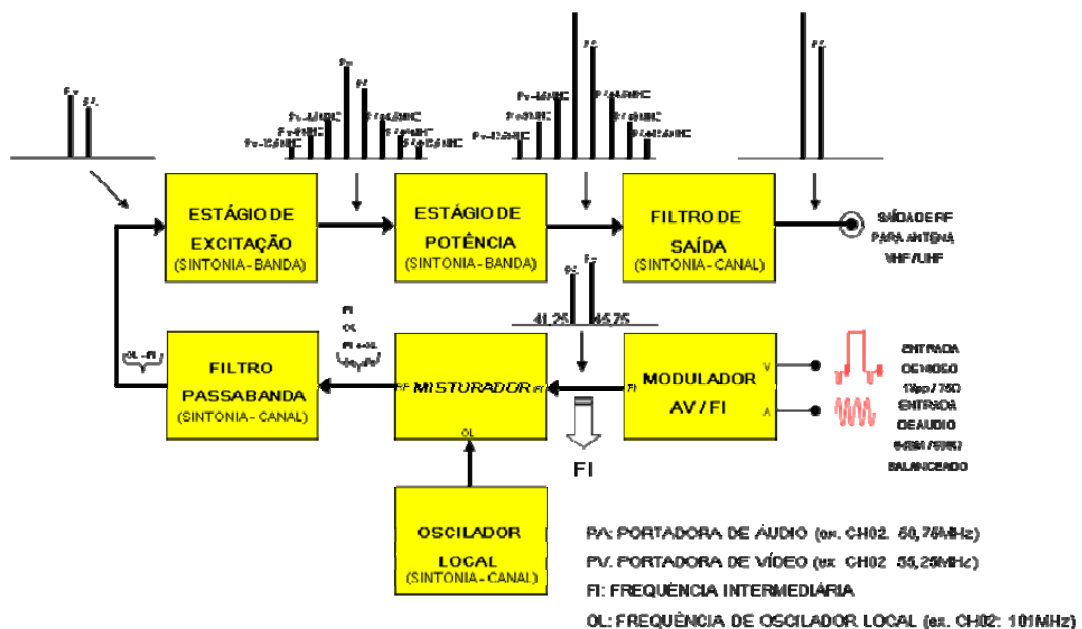


Figura 8: Transmissor de TV básico
Fonte: LINEAR (LD72K0).

Constituído por cinco módulos de potência e, cada um com três sub-módulos o transmissor possui ainda um somador que gera na sua saída uma potência total

de 2000W que são passadas por um guia de onda para um um filtro de tratamento de harmônicos.

Após esse tratamento e amplificação o sinal é levado até uma antena omnidirecional com ganho de 6dBi através de outro guia de onda extenso (69m), na frequência central de 503MHz.



Figura 9: Antena omnidirecional da TV Itararé.

Fonte: <http://www.idealantenas.com.br>.

O funcionamento do transmissor é baseado na verificação das leituras no seu painel frontal onde são analisados valores de potência transmitida e potência refletida.

Existe na empresa um sistema de monitoramento via web para o transmissor. Através de uma interface serial os profissionais podem gerenciar todas as variáveis existentes dentro da cabine transmissora.

Assim, com as informações obtidas foi calculado o valor da ERP para o esse ponto de transmissão dos sinais levando em consideração todas as perdas que possam existir. Logo, para a transmissão esse valor é aproximado de 360dBm.

3.3 - Antena receptora

Para o caso da recepção teve-se que se reunir alguns dados com os profissionais da emissora, são eles: o valor de campo considerado por eles como aceitável para recepção do sinal de TV e a altura média da antena receptora.

Após a consulta a empresa informou que o nível de campo aceitável para o sinal transmitido por eles. O valor fornecido foi de 500 a 700 μ V que convertendo em dB indica um valor de -52 dBm. Considerando um ganho de antena no receptor igual a 10 dB (valor passado pelo orientador), tem-se que o valor da potência ERP na recepção deve ser aproximadamente de -520 dBm.

3.4 - Curvas de Nível

Para a radiovisibilidade é necessário saber o perfil do enlace, obtido a partir ou de curvas de nível – digitalizada para o caso de utilização de programas computacionais, ou de levantamentos em campo. Neste estudo o levantamento de perfil foi realizado utilizando o software Google Earth junto com as curvas de nível da cidade de Campina Grande (ver anexos).

Com isto, deve-se aplicar a correção equivalente da curvatura da Terra – fator K ao perfil do enlace.

A escolha do valor de K é um assunto polêmico, pois muitos projetistas adotam até hoje os critérios de $K=2/3$ e $K=4/3$ para o $K_{\text{mínimo}}$ e o $K_{\text{médio}}$ indiferente de qualquer situação. Este padrão data dos rádios analógicos e se baseia nas famosas práticas TELEBRAS e serão aplicadas nesse estudo.

Após a aplicação do fator K , determina-se a altura da antena baseando-se na porcentagem do raio de Fresnel que terá que liberar que varia de acordo com a frequência de operação do radio enlace, que no caso deste trabalho é 503 MHz.

Com base no levantamento topográfico realizados com as curvas de nível do município de Campina Grande entre os meses de Setembro e Outubro de 2008 são apresentados os seguintes resultados abaixo:

Informações foram passadas pela empresa sobre a possível localização do elemento passivo, após sua constatação de veracidade através das curvas de nível da cidade pode-se afirmar que o local de instalação do refletor passivo simples seria na Bela Vista (Campinense Clube).

Para aperfeiçoar a caracterização da região de sombra através das curvas de perfis foram traçados três enlaces da Bela Vista (local do repetidor) para pontos distintos no Conjunto dos Professores: Dois correspondem às extremidades do

bairro (enlaces B e C), a região mais distante do ponto onde seria colocado o refletor (Bela Vista) e outro para a região central do bairro (enlace A). Os mesmos foram traçados no programa Google Earth e confrontando os dados das curvas de nível fornecidos pelo município.

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentadas abaixo representam os valores de altitude dos pontos traçados pelos enlaces A, B e C respectivamente que representam o levantamento topográfico do bairro em estudo. Em paralelo com as latitudes foram determinados valores de campo incidentes na frequência da empresa para as suas respectivas portadoras de áudio de vídeo.

Tabela 2: Enlace A entre a Bela Vista e o ponto central no Conjunto dos Professores.

Pontos	Altitude - Curvas de Nível do Município (m)	Altitude - Google Earth (m)	Valor de Campo da portadora de vídeo (dBm)	Valor de Campo da portadora de áudio (dBm)
A1	575	571	-60,0	-65,4
A2	573	565	-71,6	-78,0
A3	563	561	-51,4	-61,3
A4	556	556	-65,0	-72,0
A5	547	554	-64,2	-74,0
A6	542	553	-60,6	-70,1
A7	535	544	-59,0	-67,2
A	528	531	-50,5	-63,0

Tabela 3: Enlace B entre a Bela Vista e a extremidade a esquerda do ponto central no Conjunto dos Professores.

Pontos	Altitude - Curvas de Nível do Município (m)	Altitude - Google Earth (m)	Valor de Campo da portadora de vídeo (dBm)	Valor de Campo da portadora de áudio (dBm)
B1	572	566	-48,8	-54,1
B2	566	554	-55,5	-65,5
B3	558	548	-53,8	-62,0
B4	550	544	-44,0	-53,0
B5	540	538	-58,6	-66,8
B6	530	537	-62,5	-72,6
B7	526	535	-74,0	-78,0
B8	518	526	-59,8	-67,8
B	510	516	-57,9	-67,2

Tabela 4: Enlace C entre a Bela Vista e a extremidade a direita do ponto central no Conjunto dos Professores.

Pontos	Altitude - Curvas de Nível do Município (m)	Altitude - Google Earth (m)	Valor de Campo da portadora de vídeo (dBm)	Valor de Campo da portadora de áudio (dBm)
C1	570	567	-40,8	-53,4
C2	555	558	-66,8	-74,0
C3	545	552	-64,0	-66,0
C4	530	539	-69,0	-75,2
C5	528	537	-69,0	-70,0
C6	526	537	-63,0	-74,0
C7	522	529	-59,9	-68,2
C	517	523	-61,0	-70,2

Após a coleta destas medidas verificou-se que em um mesmo bairro existe uma variância grande de perfil com destaque para os pontos extremos B e C que se encontram na mesma rua e com valores distintos 510m e 517m respectivamente. Na prática nem todos os pontos foram levados em consideração de campo, pois, era tão próximo a um ponto já medido que foi desconsiderada outra medição.

Os sinais de vídeos e de áudio próximos a Bela Vista possuem valores significativos de campo chegando até ser perceptíveis a receptores comuns (aparelhos de televisão), porém, nas extremidades do bairro a realidade é totalmente de contrária.

Em Anexos estão representadas o levantamento topográfico dos três enlaces A, B e C com seus respectivos valores de nível de campo registrados com o software Google Earth e com as curvas de nível do município.

Além dos dados coletados foi realizada uma simulação em linguagem de programação em Matlab (ver anexos), servindo como uma pré-análise do comportamento de parâmetros essenciais para o projeto: área e ganho do refletor além, de levar em conta o crescimento da atenuação no espaço livre oriunda do aumento da distância do receptor.

3.5 - Cálculo das perdas no espaço-livre

O cálculo da perda do sinal transmitido no espaço livre, que independe da antena utilizada, é dado pela equação (3). Que resultou nos seguintes valores para os enlaces: estação A – repetidor e repetidor – estação B, 101,44dB e 84,54dB respectivamente (ver anexos).

Para o caso da frequência em estudo 503 MHz em que o primeiro raio de Fresnel esteja livre de obstruções, tem-se a Figura 18, apresentando a atenuação em função da distância. Nele nota-se que, quando se dobra ou se reduz pela metade a distância, respectivamente se adiciona ou subtrai 6 dB ao valor inicial.

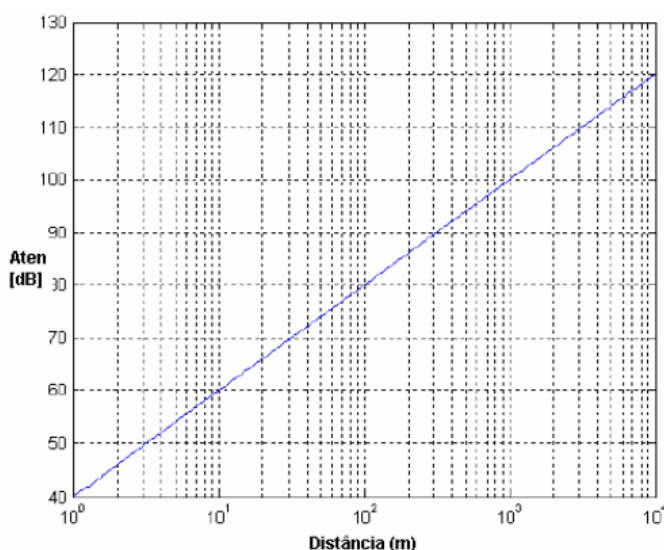


Figura 10: Atenuação no espaço-livre para frequência de 503MHz.

Após o cálculo de todas as variáveis que se encontram nas extremidades do sistema (caixa preta), pode-se determinar uma ou mais propostas de soluções de fácil aplicabilidade para que a empresa possa implementar.

4 - Proposta do sistema

Com vários pontos e medidas obtidas pode-se destacar o valor de um ponto específico que possibilita fazer uma determinação sobre o sistema a ser proposto. Este ponto está localizado na Bela Vista local onde mensurou um nível de campo igual a -35dBm.

De posse desses dados do sistema pode-se equacionar uma expressão baseado no conceito de ERP que permitiu determinar o valor do ganho no ponto onde foi sugerido implantar o sistema de 59,54dB.

Com esse valor de ganho pode-se propor um arranjo de antenas que poderão ser instaladas na Bela Vista da seguinte forma: uma em visada direta para a antena transmissora da TV Itararé e a outra apontada para o Conjunto dos Professores. Além do arranjo de antenas deverá existir uma torre em forma de aste que será alimentado por fonte de alimentação.

As antenas podem ser do tipo Log-Periódica com um ganho de 14dBi cada, que tem uma estrutura geométrica projetada de modo que os diagramas de radiação e a sua impedância de entrada variem de acordo com o logaritmo da frequência.

Além das antenas deve ser inserido ao sistema um booster alimentador de ganho superior a 30dB permitindo assim, que o sistema possibilite a transmissão de sinais até a região de sombra.

5 – Considerações finais

A primeira fase foi concretizada com toda investigação bibliográfica sobre o estudo da radiovisibilidade em enlaces de microondas. O que possibilitou veredar por todo o sistema da TV Itararé de forma eficiente diagnosticando os possíveis pontos que poderia caracterizar o sistema.

Posteriormente, foi possível identificar e caracterizar todos os elementos existentes na origem e no destino do sistema de forma individual. Através da verificação da potência que sai da fonte e que deve chegar no destino e conhecido a medida de campo no local de instalação do sistema pode-se determinar o valor de ganho que o sistema deve ter.

Assim, na terceira fase foi determinado um arranjo de antenas com uma valor de ganho maior ou igual ao determinado que podem fornecer uma diretividade elevada e controlável, que é útil para a situação específica. O projeto apresenta uma certa simplicidade em sua estrutura mas, necessita de uma certa experiência para instalação do sistema devido a fatores como: potencia de saída do sistema e a relação frente-costa das antenas.

Na antena que aponta para o Conjunto dos Professores deve existir uma inclinação em relação ao seu plano normal. Assim, pode-se direcionar o feixe de RF para o destino de forma plena sem a possibilidade de irradiar o sinal para outro ponto sem necessidade.

6 – Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, Gauber Alex Limeira de. PROJETO DE RÁDIO ENLACE. Trabalho final da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado do curso de Engenharia Elétrica Telecomunicações – UFE, Recife, 2006.

ALENCAR, M. S. **Sistemas de comunicações**. [S. l.]: Ed. Érica, 2001. 296p. Brasil ENGENHARIA: <http://www.brasilengenharia.com.br/artelecom534.htm>, Acessado em 19 de janeiro de 2009.

CAVALCANTI, João Felipe Buenaga. Medidas de rádio propagação em UHF em ambientes suburbanos para TV digital: estudo de cobertura para recepção fixa (Dissertação de mestrado)/João Felipe Buenaga Cavalcanti; orientador: Gláucio Lima Siqueira. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

Conversor de Unidades de Medição:

<http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/cv2/index.htm>. Acessado em 23 de janeiro de 2009.

FELICE, Fernando Análise do Desempenho de Enlaces Ponto-a-Ponto utilizando a faixa de Frequência não Licenciada de 2,4GHz em Tecnologia *Spread Spectrum* / Fernando Felice. Curitiba: UFPR / Setor de Tecnologia / Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

NASCIMENTO, Juarez. **Telecomunicações**. Makron Books, São Paulo, Brasil. 2000. 340 p.

MIYOSHI, E. M.; SANCHES, C. A. **Projetos de sistemas rádio**. [S.l.]: Ed. Érica, 2002. 534p.

O RÁDIO: <http://www.sitiodosrodeos.com.br/rodeos/ondas/oradio.htm>, Acessado em 22 de janeiro de 2009.

RADIO POINT: <http://www.radiopoint.com.br/tabconvniveis.htm>. Acessado em 23 de Janeiro de 2009.

REDES WIRELESS:

<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless004.asp>. Acessado em 27 de Janeiro de 2009.

SILVA, G. **Sistemas radiovisibilidade**. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos: Embratel, 1977. 629p.

TAVARES JÚNIOR, João Rodrigues. **Modelagem em realidade virtual de rádio enlace**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

TEMES, Lloyd. **Princípios de telecomunicações** / Lloyd Temes; Tradução Lars Gustav Erick Unonius. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

VALLE, Rômulo R. Maranhão, “Fundamentos de Antenas – Um Curso Introdotório”, Apostila da disciplina Antenas e Propagação do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG, Campina Grande, 2000.

7 – Anexos

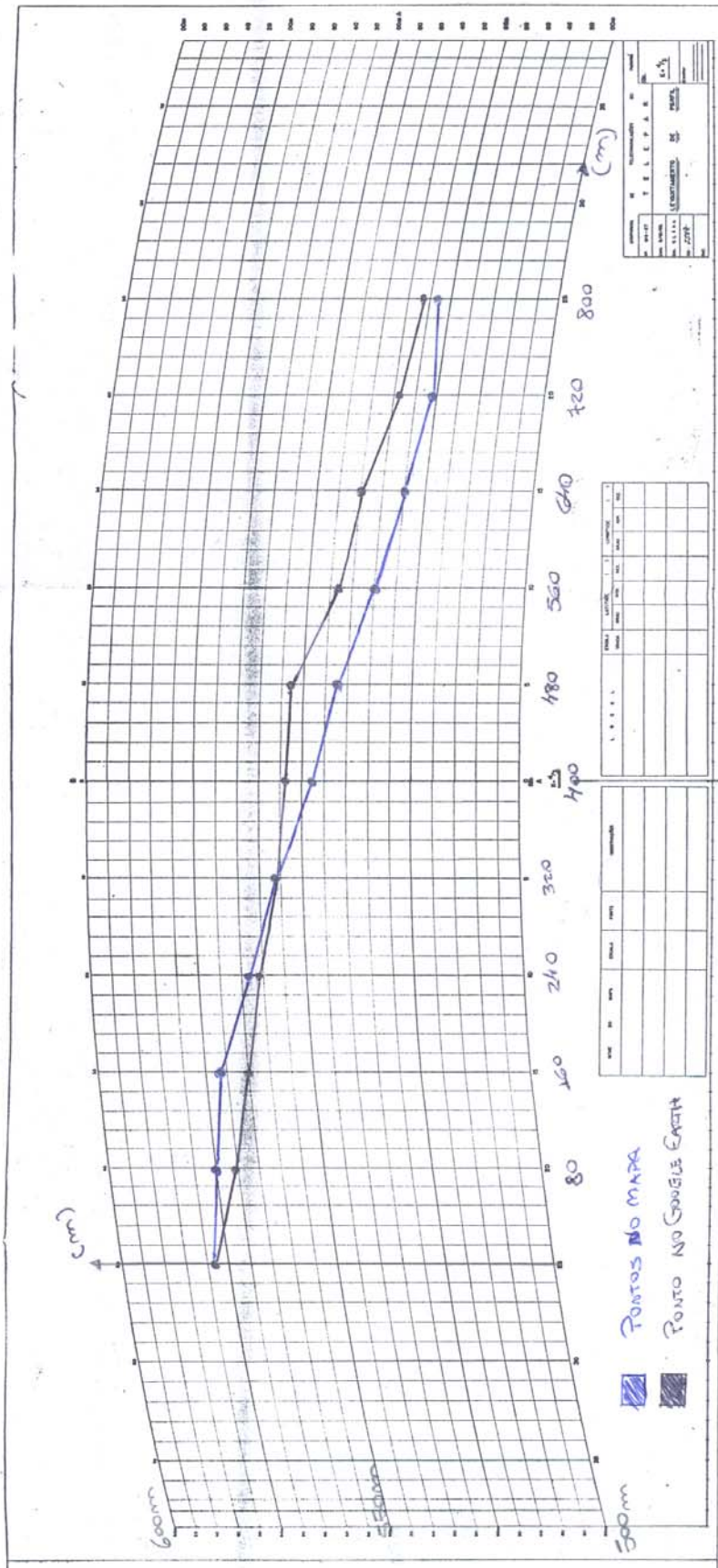


Região do Conjunto dos Professores e os Enlaces A, B e C com seus respectivos pontos de medição. Fonte: Google Earth.



Vista superior dos enlaces: TV Itararé – Bela Vista (sistema proposto) e Bela Vista – Conjunto dos Professores (Ponto A). Fonte: Google Earth.

- ENLACE A: BELA VISTA - CENTRO DO CONSULTÓRIOS PROFESSORES
- DISTÂNCIA DO ENLACE A: 5,0cm @ 800m (MAPA)
 - ESCALA DO PASSO: 10% da = 0,5cm

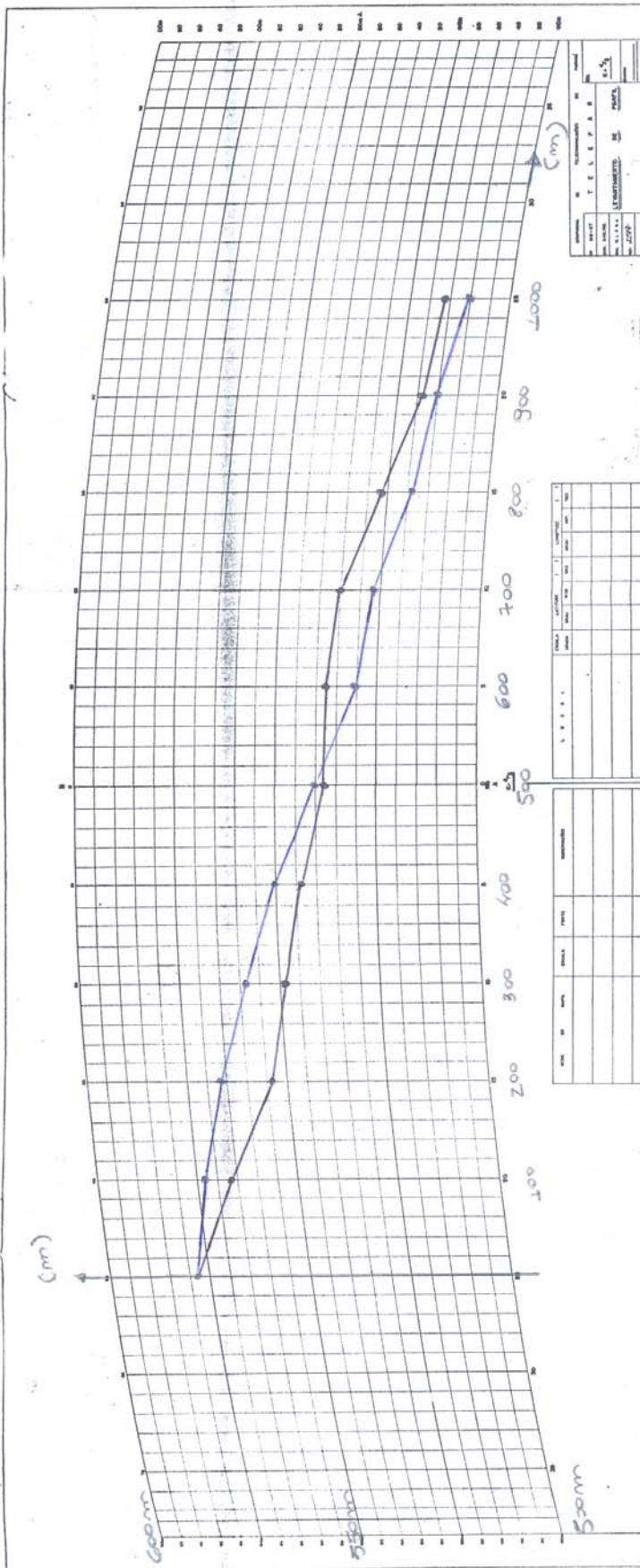


Perfil topográfico do Enlace A.

ENLACE B: BELA VISTA AO PONTO B (CONJUNTO DOS PROFESSORES)

• DISTÂNCIA DO ENLACE B: 7,20m ou 1.152mm

• ESCALA DO PASSO: 10% de $\Delta B = 100mm$

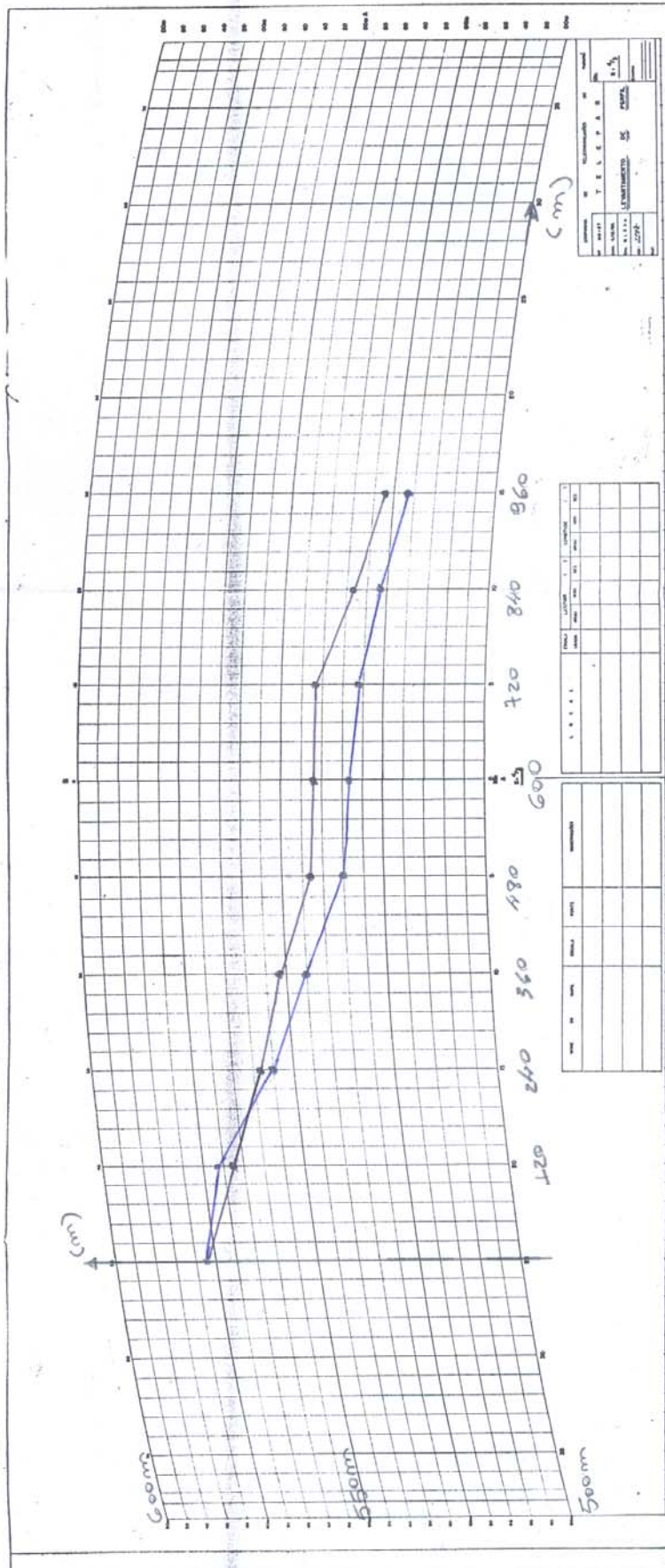


Perfil topográfico do Enlace B.

ENLACE C é uma via de acesso para a construção de um edifício

• DISTÂNCIA DO ENLACE C: 8cm ou 1.280m

• ESCALA DO PASSO: 10% de \approx 120m



Perfil topográfico do Enlace C.

Simulação em Matlab

```
% CLÁUDIO PEREIRA DA COSTA
% PROJETO DO REFLETOR PASSIVO - BITEC 2009
% PROGRAMA QUE SIMULA AS PERDAS NO ESPAÇO LIVRE
% CONSTANTES
clc();
p = -35; % Valor em dB medido no Campinense Clube
f = 503; % Frequencia em MHz
d = [0.1:0.1:1]; % Distancia em km

% EQUAÇÃO DE PERDAS NO ESPAÇO LIVRE

x = log10(f*d);
disp ('Valores das perdas no espaço livre em dB:');
L = -(32.44 + (20*x)) % Valor de Ganho em dB

% SINAL NO RECEPTOR
disp ('Valores de nível de sinal em um receptor no Centro do Conjunto dos
Professores (PONTO A):');
receptor = p + L + 10 % Valor de Ganho em dB
```

Cálculos

Dados

$$f = 503\text{MHz}$$

$$2\alpha = 120^\circ$$

$$d_1 = 5600\text{m}$$

$$d_2 = 800\text{m}$$

$$G_{\text{antena_receptora}} = 10\text{dB}$$

Atenuação no espaço-livre

$$L_{bf} = 32,44 + 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d)$$

TV – Refletor: d_1

$$L_{bf} = 32,44 + 68,99944$$

$$L_{bf} = 101,439\text{dB}$$

Refletor – Conjunto dos Professores: d_2

$$L_{bf} = 32,44 + 52,093$$

$$L_{bf} = 84,5375\text{dB}$$