

# DESENVOLVIMENTO DE UMA ANTENA MODELO YAGI-UDA PARA ANÁLISES DE SINAIS WIRELESS E CÁLCULO DO ELIPSÓIDE DE FRESNEL

Kelton Augusto Pontara da Costa<sup>1</sup>  
Pietro da Silva Panzuto<sup>2</sup>

## RESUMO

O estudo sobre a tecnologia wireless desperta interesse em muitas pessoas e organizações, devido a sua mobilidade, facilidade de instalação e manutenção; faz com que essas redes sem fio (wireless network) tornem-se mais populares. O Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica (IEEE) estabeleceu duas importantes topologias para a rede à *Ad-Hoc*, utilizado para efetuar a comunicação de ponto a ponto, e a *infraestruturada*, que é utilizado para interligar vários hosts através de um AP (*Access Point*), também estabeleceu protocolos de segurança como a WEP, WPA, EAP, WPA2. As antenas, dispositivos com capacidade de irradiar e receber ondas eletromagnéticas tem grande importância no avanço da tecnologia wireless, pois, cada tipo de antena possui sua particularidade em relação ao seu uso e alcance no envio do sinal na utilização outdoor; é necessário saber as especificações corretas de cada antena e ter o conhecimento da aplicação do elipsoide de Fresnel, que é de grande valia em caso de obstáculos entre duas antenas. O presente estudo aborda o desenvolvimento de uma antena tipo Yagi-Uda, para ser utilizada como objeto de análise para o cálculo do elipsóide de Fresnel bem como o alcance e a frequência gerada.

**Palavras-chave:** Antena Yagi-Uda, Tecnologia Wireless, Cálculo de Fresnel.

## ABSTRACT

Studying about wireless technology attracts many people and organization. Its mobility, easy setting up and maintenance have made these wireless networks become more popular. The *Institute of Electrical and Electronics Engineers* established two important topology to these networks: *AD-HOC*, used to establish a point-to-point link between two hosts; and the *Infra-Structure*, used to setup a link between various hosts trough a *Access Point (AP)*; also established security protocols, like WEP, WPA, EAP, WPA2. The antennas, devices with the ability to irradiate and receive electromagnetic waves, has great importance in advancing wireless technology, therefore, each type of antenna has its particularity in relation to its scope and use in sending the signal in outdoor use; it's necessary to know the right specifications of each antenna and have the knowledge of the application of the Fresnel ellipsoid, which is of great value in the event of obstacles between two antennas. This study discusses the development of a Yagi-Uda antenna type to be used as objects of the analysis to calculate the ellipsoid of Fresnel and the reach and frequency generated.

**Keywords:** Yagi-Uda antenna, Wireless Technology, calculus of Fresnel.

<sup>1</sup> Professor da Faculdade de Tecnologia de Ourinhos (FATEC), Av. Vitalina Marcusso, 1400 - Campus Universitário - Cep 19910-206 - Ourinhos/SP, E-mail: kelton.costa@gmail.com.  
<sup>2</sup> Universidade do Sagrado Coração (USC), Rua Irmã Armanda, 10-50 - Jardim Brasil, Cep 17011-160, Bauru SP, E-mail: pietropanzuto@gmail.com.

## 1 - Introdução

Muito se fala em novas tecnologias, mas uma das que despertou e ainda desperta interesse em qualquer pessoa ou organização, devido a sua mobilidade proporcionada e a facilidade de instalação e manutenção, é a tecnologia Wireless. É fácil encontrar em qualquer aeroporto, centros de convenções, Universidades, acessos a rede sem fio. Essa tecnologia de fácil acesso é regulamentada pelo *IEEE (Institute and Eletrical and Eletronics Engineers)*, que estabelece padrões técnicos nos campos da engenharia, elétrica, eletrônica e computação. Para o uso na transmissão sem fio foi estabelecidos os padrões *802.11a*, *802.11b*, *802.11g*, *802.11i* e *802.11n*. O padrão *IEEE 802.11* também estabeleceu duas topologias para se utilizar redes sem fio, que foi a *Ad-Hoc*, utilizada para conexão entre duas máquinas dispensando a utilização de *AP (Access Point)*, e Infraestruturada, utilizada para ligar mais de duas máquinas tendo um *AP* controlado as conexões. Este estudo mostra o desenvolvimento de uma antena modelo *Yagi-Uda*, um circuito digital e o software utilizado para rotacionar a antena e que serviram de base para a análise da elipsóide de Fresnel.

## 2 - Evolução Wireless

Redes sem fio (*wireless network*), a cada dia que passa se torna mais popular, principalmente pela sua praticidade e mobilidade oferecidas. Nos últimos anos observou um aumento expressivo no número de dispositivos portáteis e suporte a essa tecnologia, hoje se encontra salas de conferências, aeroportos e hotéis que oferecem como diferencial a seus clientes a possibilidade de acessar a internet a partir de seus dispositivos móveis (RUFINO, 2005 *apud* LACERDA, 2007). O uso de redes sem fio não se restringe a ambientes públicos, pois seu uso em ambientes corporativos está cada vez mais utilizado, como um auxiliar precioso para as *LANs (Local Area Networks)* convencionais, provendo vantagens econômicas e mobilidade aos usuários (DUARTE, 2003 *apud* LACERDA, 2007). Somente no início dos anos 90 as redes sem fio utilizando ondas de rádio ganharam destaque, quando os processadores se tornaram capazes de gerenciar dados transmitidos por rádios, mas, somente em 1999 o *IEEE (Institute and Eletrical and Eletronics Engineers)* consolidou o padrão 802.11b, e em 2002 o padrão 802.11a foi ratificado, superando significativamente o 802.11b em velocidade, mas infelizmente, devido à utilização da banda de 5.8 GHz, o 802.11a não é compatível com os dispositivos 802.11b, o que contribui para sua pouca utilização. No final de 2002 surgiu o 802.11g, compatível com o 802.11b e com a mesma velocidade do 802.11a (ENGST & FLSIESHMAN, 2005 *apud* LACERDA, 2007).

### 2.1 - Padrões IEEE 802.11

O *IEEE* é uma associação sem fins lucrativos de profissionais técnicos com o objetivo de estabelecer padrões técnicos nos campos das engenharias, elétricas, eletrônicas e computação. Um dos padrões mais conhecidos é o *802.11* que apresenta especificações que define o uso da comunicação entre dispositivos de uma rede sem fio (ENGST & FLSIESHMAN, 2005 *apud* LACERDA, 2007). A seguir são exibidos os principais padrões do IEEE 802.11 com suas semelhanças e diferenças.

O padrão *IEEE 802.11b* surgiu entre 1999 a 2001 e oferece transmissão de 11

Mbps (*Megabits per Second*) com um *throughput* real de 5 Mbps, operando na frequência de 2,4 GHz (*Gigahertz*).

Já o padrão *IEEE 802.11a* surgiu no ano de 2002 com sua principal característica, o aumento da velocidade para no máximo 54 Mbps com um *throughput* real de 25 Mbps e uma diferença, este padrão opera na faixa de 5,8 GHz, com menos concorrência (RUFINO, 2005 *apud* LACERDA, 2007). Uma vantagem desse padrão é que o mesmo possui 12 canais não sobrepostos, permitindo assim que mais pontos de acesso atuem em um mesmo ambiente sem interferências entre eles (ENGST; FLSIESHMAN, 2005 *apud* LACERDA, 2007). Uma desvantagem é que esse padrão não se comunica com o padrão *802.11b*, por terem suas frequências diferentes.

Sobre o padrão *IEEE 802.11g* mais utilizado atualmente opera na velocidade de 54 Mbps, com um *throughput* real de 20 Mbps, utiliza frequências do *802.11b* e trabalha em ambientes com padrões (b e g).

O padrão *IEEE 802.11i* foi criado em 2004, com a definição de mecanismos de autenticação e privacidade, podendo ser implementado nos padrões existentes, o mesmo inclui o *WPA* (*Wi-fi Protected Access*) como objetivo de oferecer soluções seguras e eficientes.

Finalizando os padrões mais utilizados, tem-se o padrão *IEEE 802.11n* e é conhecido como *WwiSE* (*Word Wide Spectrum Efficiency*), com o objetivo de oferecer um aumento de velocidade em torno de 100 a 500 Mbps.

### 3 - Arquitetura das Antenas

Antenas podem ser definidas como um dispositivo com a capacidade de radiar e receber ondas eletromagnéticas. Essa característica de radiação difere-se a cada tipo de antena, pois dependem da forma física e dos materiais utilizados em sua construção, fatores fundamentais na distribuição dos campos elétricos e magnéticos (SILVA, 2006).

Segundo Gomes (1985), antenas consistem de um dispositivo equipado de condutores, geralmente dispostos em pares, sendo alimentados por uma linha de transmissão, denominada de dipolos, que é a capacidade de produzir ondas eletromagnéticas no espaço livre a partir de uma corrente elétrica variável no tempo, onde por sua vez gera um campo magnético variável no tempo induzindo assim a formação de um campo elétrico variável no tempo, podendo ser observado na Figura 1.

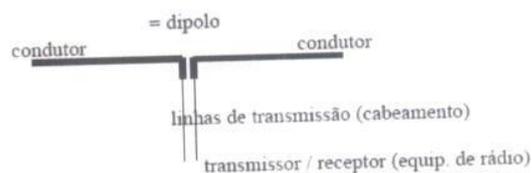


Figura 1 - Esboço de uma antena comum  
Fonte: MAIA (2000)

As antenas possuem um sentido de "mão-dupla" onde é possível transmitir e receber ondas e a unidade de grandeza física (MAIA, 2000). Ainda para Maia (2000)

algumas características que compreendem a construção e a aplicação das antenas buscando um melhor desempenho e seu comportamento satisfatório tanto para ambientes internos como externos, alguns parâmetros são dispostos: Diagramação de Irradiação; Ângulo de Abertura, Eficiência, Diretividade, Ganho, Relação Frente-Costa, Resistência a Irradiação, Largura de Faixa, Potencia Recebida, Polarização, Área Física x Área Utilizada, Ruídos Incidentes nos Sistemas de Antenas RF.

### 3.1 - Antena Yagi-Uda

A antena Yagi foi apresentada no Japão pelo engenheiro S.Uda, sendo introduzida no mundo ocidental pelo engenheiro H. Yagi, logo conhecida como Yagi-Uda. Este tipo de antena utiliza-se dos mesmos princípios do dipolo de meia-onda, e vários dipolos curtos, colocados em sequência para dar a direção e a radiação desejada (MAIA, 2000). Esta antena foi chamada de antena radiante, pois seu conjunto de elementos paralelos em ordem, feito usualmente de alumínio, tubo ou aço inoxidável em forma de varetas, sendo um ou mais destes elementos é condutor, e outros são parasitados. Estes elementos estão alinhados em algum plano podendo ser orientado horizontalmente, verticalmente ou inclinado (GOMES, 1985). Segundo Morimoto (2008) a potência de uma antena é medida em *dBi* (*decibel isotrópico*), sendo que uma antena que apresenta um ganho de 10 *dBi* é o que equivale a um aumento de 10 vezes a potência de um equipamento podendo exceder a área de cobertura padrão do ponto de acesso. O mesmo autor ainda esclarece que as antenas concentram sinais em determinadas direções, sendo assim quanto mais o sinal é concentrado maior é o ganho, de forma que quanto maior a antena maior é o ganho (MORIMOTO, 2008). O ganho da antena é medido em *dBi*, já a potência de transmissão é medida em *dBm* (*decibel milliwatt*). O padrão de comparação de potência de transmissão é de 1 *milliwatt* e corresponde a 0 *dBm*, que partindo disso cada vez é dobrada a potência do sinal, são somados aproximadamente 3 decibéis, sendo que dentro dessa escala apresenta um aumento de sinal duas vezes mais forte (MORIMOTO, 2008).

### 3.2 - Elipsóide Fresnel

A Elipsóide de Fresnel é o ponto geométrico entre duas antenas, na qual possui comprimento igual à soma de suas distâncias e o meio comprimento de onda. Essa região é denominada primeira zona de Fresnel como apresentado na Figura 2 (WARCHALKING, 2003).

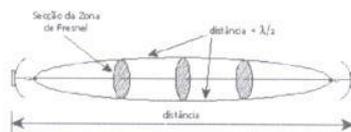


Figura 2 - Zona de Fresnel

Fonte: WARCHALKING (2003)

O objetivo do Elipsóide de Fresnel como mostra a Figura 3, é calcular o raio desta zona, em um determinado ponto entre as duas antenas, para verificar a possibilidade de visada mesmo atrás de um obstáculo (WARCHALKING, 2003).

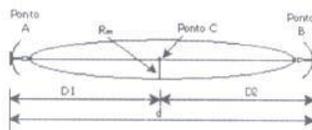


Figura 3 - Ponto central do encontro do sinal

Fonte: WARCHALKING (2003)

Segue cálculo segundo Warchalking (2003) como mostra a Figura 18.

R<sub>m</sub> = raio de Fresnel (m)  
D<sub>1</sub> = Distancia AC (km)  
D<sub>2</sub> = Distancia BC (km)  
d = Distancia de Enlace (km)  
F = Frequencia em Mhz

$$r_m = 547 \sqrt{\frac{D_1 \cdot D_2}{f \cdot d}}$$

Figura 2 - Cálculo de Fresnel  
Fonte: WARCHALKING (2003)

#### 4 - Desenvolvimento da antena

O desenvolvimento da antena se baseia no modelo *Yagi-Uda* que segundo Morimoto (2008) essas antenas apresenta um ganho de 14 a 19 dBi bem superior as setoriais que são utilizadas para cobrir áreas que estejam muito distantes do ponto de acesso ou utilizadas para conectar pontos distantes de até 25 km, muito utilizada para transpor obstáculo que esteja entre as antenas, mas neste caso a distância atingida será mais curta, do que o esperado. Para a criação da antena foi utilizada uma lata de solvente, podendo também ser utilizada lata de óleo de mesma dimensão ou até mesmo a lata da batata *Pringles*, mas sempre mantendo as medidas necessárias para fixação do conector. O material utilizado para o desenvolvimento da parte física da antena foi uma lata de solvente, um conector N fêmea, fio de quatro milímetros, alicate, solda, ferro de solda, rebite e uma furadeira. Para facilitar a compreensão da construção da antena a que se refere o presente trabalho o desenvolvimento desta foi dividido em quatro passos, que serão descritos a seguir. O Primeiro passo descrito por Moreira (2008) diz que após limpeza da lata realizar uma abertura em uma das extremidades, como mostrado na Figura 3.

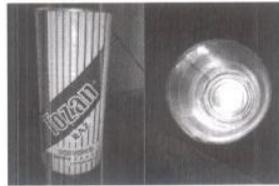


Figura 5 - Abertura da Lata

Segundo Moreira (2008) após a abertura, realizar um furo à ¼ da base da lata, como é exibido na Figura 6.



Figura 6 - Furo na lata

No Segundo passo descrito pelo site <http://www.warchalking.com> aborda que para a fixação do conector à lata é necessário só fazer modificações, pois o conector deve ter uma altura de  $\frac{1}{4} \lambda^o$  (comprimento de onda), e para achar o comprimento  $\lambda^o$  foi utilizada a equação fundamental da ondulatória, sendo a velocidade "v" igual à velocidade da luz no vácuo ( $3.10^8$  m/s). A Equação:  $v = \lambda^o * f$ ; que no caso usado para a frequência de 2,45 GHz.

Cálculos:

$$3.10^8 \text{ m/s} = \lambda^o * 2,45. 10^9 \text{ Hz}$$

$$\lambda^o = 3.10^8 \text{ m/s} / (2,45. 10^9 \text{ Hz})$$

$$\lambda^o \sim 12,25 \text{ cm.}$$

Como o comprimento deve ser de  $\lambda^o/4$ , então o comprimento do pino foi de pouco mais de 3 cm. Esse valor é fixo, pois o comprimento de onda  $\lambda^o$  depende apenas da frequência e velocidade de propagação, sendo independente das medidas da sua lata (WARCHALKING, 2006). Após os cálculos foi feita a solda de um pedaço de fio rígido de aproximadamente 3 cm no conector N externo como mostrado na Figura 7.



Figura 7 - Conector N

Para o Terceiro passo após a soldagem do fio rígido no conector, o mesmo foi preso no furo feito na lata com um rebite como mostrado na Figura 8.



Figura 8 - Fixação do conector.

No Quarto passo após a criação da antena, é confeccionado o cabo de comunicação entre a antena e a placa wireless. Os materiais utilizados foram quatro metros de cabo coaxial RG58 de 50 ohms, um conector N macho, que foi usado para ligar ao conector fêmea da antena, um conector RP-SMA macho, que foi utilizado para conectar a placa wireless.

#### 4.1 - Estrutura para rotacionamento

Para o suporte e fixação da antena foi construída uma estrutura que possui uma base de 22,5 x 22,5 cm em ferro como e apresentado na Figura 9.

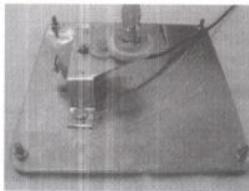


Figura 9 - Base da estrutura da antena e suporte do motor de passo

A Figura 10 apresenta uma pequena base que acomoda o motor de passo responsável pelo movimento da antena e uma engrenagem de plástico retirada de uma unidade CD-ROM serve de ligação entre o motor de passo a outra engrenagem que foi aproveitada de uma peça de impressora.

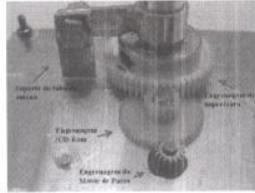


Figura 10 - Engrenagens e suporte da antena

Na engrenagem que fornece a base da antena, foi fixado um tubo de 55 cm de altura 1,5cm de diâmetro e na outra extremidade foi criada uma cinta de chapa de ferro que serve para fixar a antena permitindo a movimentação em diversos ângulos na horizontal como mostrado na Figura 11.

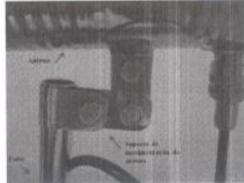


Figura 11 - Tubo e Suporte da antena

#### 4.2 - Desenvolvimento da placa e motor de passo

Para a criação do circuito foi utilizada a porta paralela mostrada na Figura 10, e os pinos responsáveis pelo envio dos sinais foram: o Pino 2 D0 cabo marrom, envio de dados; o Pino 3 D1 cabo rosa, envio de dados; o Pino 4 D2 cabo laranja, envio de dados; o Pino 5 D3 cabo amarelo, envio de dados e o Pino 20 GND cabo preto, terra.

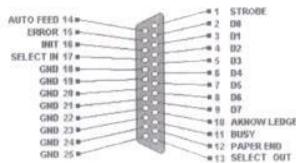


Figura 12 - Conector DB25

O circuito criado e mostrado na Figura 13 é o responsável pela movimentação da antena, para seu desenvolvimento foi dividido em 4 etapas.

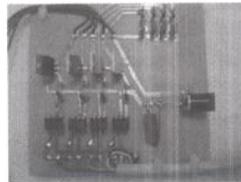


Figura 13 - O Circuito

Os componentes mostrados na Figura 14 são responsáveis pela entrada dos sinais ao circuito através dos cabos da porta paralela, como os mesmos enviam sinais com corrente elétrica, estes precisam ser tratados antes de chegarem ao motor e a qualquer componente. Logo que soldados a placa em seu trajeto de envio de sinais são enviados por resistores de 10 ohms responsáveis por controlar a corrente que logo é enviada para os *fotoacopladores (4n25h)* que filtrarão novamente a voltagem enviada. Esse primeiro grupo tem em seu conjunto a importância de separar os circuitos de forma que se algo acontecer como o envio de alguma voltagem fora dos padrões por parte das portas paralelas.

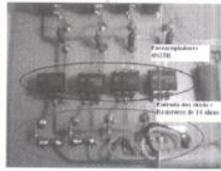


Figura 14 - Entrada dos sinais e fotoacopladores

Para esta parte do processo do circuito, após os sinais terem sido filtrados pelos fotoacopladores, os mesmos passam por mais um resistor de 100 ohms, que já é enviado para os TIP122 que é o responsável por normalizar a corrente do sinal que será enviada ao motor de passo como mostrado na Figura 15.

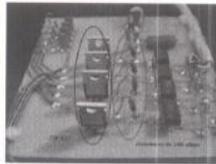


Figura 15 - Resistores e Tips

Essa etapa é a responsável por receber a energia externa que é alimentada por uma fonte de 9 volts e que percorre o circuito, mas antes é filtrada por um resistor de 5 watts que controla a corrente da fonte de energia antes de chegar aos componentes como pode ser mostrado na Figura 16.



Figura 16 - Fonte de energia e resistor

Para esta etapa do circuito a responsabilidade se define pelo envio do sinal ao motor de passo e aos leds que indicaram qual bobina do motor que estará energizada, mas antes de receberem o sinal são filtrados por resistores de 1k limitando a corrente para não danificá-los como mostrado na Figura 17.

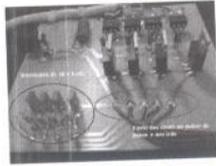


Figura 17 - Leds e envio de sinais

O motor de passo utilizado para rotacionar a antena foi um da Minebea-Matsushita modelo PM55L-048, utilizado em impressoras laser da marca HP mostrado na Figura 18.



Figura 18 - Motor de Passo

Para o envio de sinal ao circuito e ao motor de passo foi utilizado o programa DSPCOM como mostrado na Figura 19.



Figura 19 - Programa DSPCOM

A Figura 20 mostra a tela inicial do programa é encontrado varias opção de envio de sinal pela porta paralela.

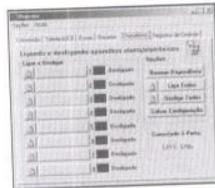


Figura 20 - Tela inicial do Programa

Para o envio do sinal ao circuito foi selecionada a aba "Enviar", e para que o motor movimente-se de acordo com o desenvolvimento proposto, criamos um "Loop" com valores binários, que foi carregado o arquivo em através da opção "Abrir" mostrado na Figura 21.



Figura 21- Abrindo arquivo

Após carregar o arquivo, ao lado esquerdo do programa é apresentado o conteúdo do arquivo, o mesmo exibe os números binários referentes ao envio de sinal as pinagens da porta paralela, para que o motor gire a antena em uma volta completa o mesmo precisa dar um *Loop* de 14 voltas horárias e anti-horárias.

#### 4.3 - Antena e sinal

Para realizar a análise do raio de Fresnel, foi utilizada a seguinte equação:

$$r_m = 547 \sqrt{\frac{D_1 \cdot D_2}{f \cdot d}}$$

$r_m$  = raio de Fresnel (metros),  
 $D_1$  = Distancia do primeiro ponto (Km),  
 $D_2$  = Distancia do segundo ponto (Km),  
 $d$  = Distancia do enlace (Km),  
 $f$  = Frequência em Mhz.

Na Figura 22 é possível ver a aplicação do cálculo de raio de Fresnel, pois na distância do ponto A até o obstáculo tem-se 8 km ( $D_1$ ), do ponto B até o obstáculo temos 2 km ( $D_2$ ), temos 10 km ( $d$ ) que é a distância total do enlace e a frequência 2.4 GHz que foi convertida para 2400Mhz.

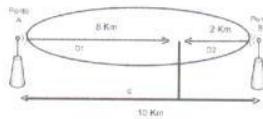


Figura 22 - Elipsóide de Fresnel

É possível verificar a seguir uma aplicação/exemplo da fórmula:

$$R_m = 547 \sqrt{8 \cdot 2 / 2400 \cdot 10}$$

$$R_m = 547 \sqrt{6.666}$$

$$R_m = 547 \cdot 2.58$$

$$R_m = 1411,26$$

Com este exemplo tem-se um raio de 1411,26 metros, o mesmo podendo estar sob um obstáculo com o máximo de 25% desse total para não ter problemas com o envio e recebimento do sinal.

#### 5 - Resultados Obtidos

Com a antena desenvolvida descrita pelo capítulo anterior, foi possível realizar alguns testes para averiguar o alcance medido em metros e aplicar na fórmula de Fresnel. Para realizar os testes foram definidos aleatoriamente dois pontos em regiões afastadas, mais precisamente na região leste (Distrito Industrial II e Vale do Igapó) que se localizam na cidade de Bauru, estado de São Paulo. Nos testes para análise foi utilizado a antena *Yagi-Uda* desenvolvida neste trabalho e como resultado foi identificado uma melhora nos sinais wireless baseada na ferramenta denominada *NetStumbler*, esta ferramenta é gratuita e possui uma interface de fácil manipulação, sendo possível analisar os níveis de sinais presentes ao seu alcance dependendo da antena utilizada. A melhora do sinal conforme citado no parágrafo anterior, baseando-se nos testes realizados e não descartando os objetos que possam barrar os sinais (árvores, fios elétricos, entre outros), o ganho de sinal foi de

aproximadamente 1.000 metros, podendo facilmente ser utilizado para trafegar informações e utilização para navegação na internet. O primeiro teste foi realizado em uma rua localizada no Distrito Industrial II na cidade de Bauru, estado de São Paulo, e conforme Figura 21, representada através da ferramenta de análise *NetStumbler*, mostra o momento em que a antena Yagi-Uda estava próxima da base (no caso era um roteador wireless D-Link modelo DI-524 com uma antena omni de baixo alcance), a partir deste momento iniciou-se o deslocamento em aproximadamente 600 metros e foi observado que a qualidade do nível de sinal diminuía, mas que se manteve constante em determinado momento, mas em outros momentos teve falta de sinal devido ao teste estar sendo efetuado em uma rua que em alguns momentos havia a presença de carros e ônibus atravessando o sinal e também a movimentação humana em relação ao manuseio dos equipamentos, pois ambos, antena Yagi-Uda e roteador D-Link, estavam sendo manuseados não em bases fixas sendo que qualquer movimentação provocava alterações no nível do sinal.

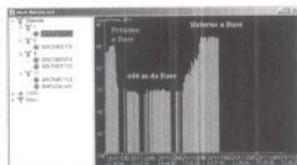


Figura 23 - Primeiro teste área Distrito Industrial II

O segundo teste foi realizado na área denominada Vale do Igapó também na cidade de Bauru estado de São Paulo, e conforme apresentado na Figura 22, a ferramenta de análise *NetStumbler* mostra inicialmente o momento em que a antena está próxima ao roteador e se desloca 1300 metros, e analisando o nível de sinal, o mesmo se manteve constante em determinado momento, mas com algumas oscilações devido a essa área escolhida conter fatores que possam barrar ou causar oscilações como as árvores e fios de eletricidades na trajetória do sinal. Vale também ressaltar que no primeiro teste em uma distância de 600 metros o sinal chegou ao mesmo nível comparado com o segundo teste que chegou a 1300 metros, sendo possível observar que no caso de conseguir uma visada de maior distância e manter ambos os pontos fixos em uma base, é possível ter melhores resultados em maiores distâncias.



Figura 24 - Segundo teste Vale do Igapó

Após os testes, os resultados obtidos pela antena desenvolvida, foram aplicados ao cálculo da elipsóide de Fresnel para verificar em relação a distâncias o raio que poderia ser gerado e chegou-se aos seguintes resultados:

Na aplicação da Elipsóide de Fresnel no teste feito no Distrito Industrial II:

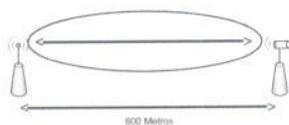


Figura 25 - Elipsóide de Fresnel aplicado ao primeiro teste prático

Aplicação da fórmula representada pela Figura 25:

$$R_m = 547 \sqrt{0,6 / 2400 * 0,6}$$

$$R_m = 547 \sqrt{0,000416}$$

$$R_m = 547 * 0,0203$$

$$R_m = 10,982$$

O resultado do primeiro teste apresenta um raio de 10,982 metros, o mesmo livre de interferência podendo se usar todo o raio sem problema de interferência. No segundo local, o Vale do Igapó, com o teste já realizado através da antena e aplicando o cálculo da Elipsóide de Fresnel tem-se o seguinte resultado:

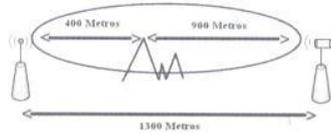


Figura 26 - Elipsóide de Fresnel aplicado ao segundo teste prático

Aplicação da fórmula representada pela Figura 24:

$$R_m = 547 \sqrt{0,4 * 0,9 / 2400 * 1,3}$$

$$R_m = 547 \sqrt{0,000115}$$

$$R_m = 547 * 0,0107$$

$$R_m = 5,852$$

O resultado deste teste apresenta um raio de 5,852 metros, no momento que encontra o obstáculo, podendo o mesmo ter no máximo 25% de obstrução que não causará interferência no sinal. Com isso todos os resultados foram satisfatórios observados que através de uma antena caseira de baixo custo, e lugares não muito apropriados para o uso, foi possível ter um sinal de qualidade satisfatória e que em melhores condições poderia ser usado com maior qualidade para enviar e receber informações.

## 6 - Considerações Finais

O constante crescimento da rede sem fio se deve ao grande avanço tecnológico e a mobilidade oferecida por essa tecnologia. Uma vez em que essas redes podem ser implementadas em um ambiente corporativo ou residencial, pois, hoje equipamentos são facilmente encontrados a um preço bem acessivo. Com o avanço da utilização de redes sem fio, muitos problemas são apresentados, devido a fácil configuração muitos usuários não se preocupam com a segurança, tornando-se alvo de algum tipo de ataque ou utilização indevida, com isso o IEEE apresenta formas de segurança como padrões de autenticações, trocas de chaves, cartões e *tokens*, sempre com o objetivo de manter as informações trafegadas o mais seguro possível. Sabe-se que na área da informática nunca irá ter um ambiente totalmente seguro, no uso de redes sem fio a utilização dos padrões e protocolos criados pelo IEEE já servem de segurança, mas se pode ter um ambiente ainda mais seguro quando aplicado em conjunto com Firewalls e uma monitoração constante dos acessos. Essas redes bem estruturadas, com todas as políticas possíveis aplicadas ao determinado ambiente, trazem uma segurança necessária.

A utilização de antenas para uso indoor como outdoor tem um papel fundamental no tipo de aplicação a redes sem fio, pois em um ambiente em que se deseja conectar poucas

- máquinas em uma estrutura indoor, tende-se a levar em consideração a estrutura física aplicada, pois uma antena que irradie uma frequência muito longa pode apresentar risco
- caso o sinal ultrapasse a estrutura, já no caso de uma utilização outdoor, como na interligação de prédios, é necessário observar as distâncias que serão utilizadas as antenas e levando em consideração a qualidade da antena na irradiação do sinal e possíveis interferências e obstáculos. A criação de uma antena caseira, mostra que é possível de uma forma simples, interligar prédios ou emitir sinal a um determinado lugar. A criação da antena modelo Yagi-Uda serviu de base para implementar o estudo da elipsóide de *Fresnel* que tem por objetivo mostrar que dependendo do ambiente aplicado, pode-se possuir objetos que atrapalhem a visão total ou parcial entre pontos de acesso e mostra que mesmo assim é possível enviar e receber sinal, baseado em seus cálculos.

## 7 - Referências

- LACERDA, P. S. **Análise de Segurança em Redes Wireless 802.11x**. 2007. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora.
- RUFINO, N.M.O. **Segurança em Redes sem Fio: Aprenda a proteger suas informações em ambientes Wi-Fi e Bluetooth**. São Paulo: Novatec, 2005. 224p.
- DUARTE, L.O. **Análise de Vulnerabilidades e Ataques Inerentes a Redes Sem Fio 802.11x**. São José do Rio Preto, SP. UNESP / IBILCE, 2003, 55p. Monografia defendida para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.
- ENGST, A.; FLEISHMAN, G. **Kit do Iniciante em Redes Sem Fio: O guia prático sobre redes Wi-Fi para Windows e Macintosh**. 2ª ed.: São Paulo. Ed.: Pearson Makron Books.
- MAIA, W.L.G. **Um estudo de Viabilidade de Links de Rádio Frequência para Integração de Redes de Computadores na UFACNet e Região do Acre**. Florianópolis, SC. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000, 191p. Dissertação de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.
- GOMES, A.T. **Telecomunicações: transmissão e recepção AM - FM: Sistemas pulsados**. Ed. Érica, 2ª ed. São Paulo, 1985.
- MORIMOTO, C.E. **Redes Wireless**. 06 de fevereiro de 2008. Disponível em: <http://www.guiadohardware.net/tutoriais/alcance-antenas-conectores-potencia/>. Acessado em: 17/04/2008.
- WARCHALKING. **Cálculo do raio de Fresnel**. 04 de Setembro de 2003. Disponível em: <http://www.warchalking.com.br/cgi-bin/base/tutoriais2.444?27>. Acessado em 22/05/2008.
- MOREIRA, A. **Sinhantena - antena 2.5Ghz wireless**. Disponível em: <http://www.geocities.com/sinhantena/>. Acessado em 18/04/2008.
- SILVA, L.W.T. **Otimização do Controle Eletrônico do Diagrama de Radiação de Arranjos de Antenas Usando Algoritmos Genéticos com Codificação Real**. Natal, RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006, 165p. Dissertação de Mestrado defendido para a obtenção do grau de Mestre em Ciência.