

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOSIEL SILVEIRA TEIXEIRA

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INTERNET GRATUITA
PARA A POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOMBRIO/SC**

CRICIÚMA

2014

JOSIEL SILVEIRA TEIXEIRA

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INTERNET GRATUITA
PARA A POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOMBRIO/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para a obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Rogério Casagrande

CRICIÚMA

2014

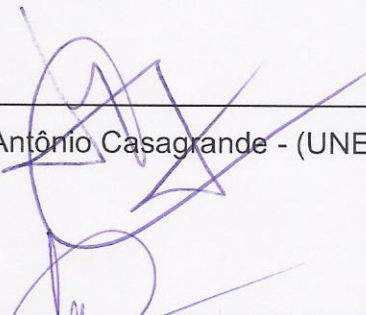
JOSIEL SÍLVEIRA TEIXEIRA

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INTERNET GRATUITA
PARA A POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOMBRIO/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para a obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Redes de Computadores.

Criciúma, 24 de novembro de 2014.

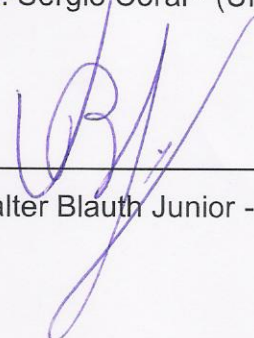
BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Rogério Antônio Casagrande - (UNESC) - Orientador



Prof. Esp. Sérgio Coral - (UNESC)



Prof. Esp. Valter Blauth Junior - (UNESC)

Dedico este trabalho a toda a minha família, namorada e amigos, que com apoio e dedicação me proporcionaram chegar a este momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças nessa trajetória.

Agradeço também a minha família que com sabedoria e dedicação sempre fizeram tudo que estava ao de alcance para me proporcionar sempre o melhor nessa caminhada.

A minha namorada Camila por todo o apoio que me deu principalmente me ajudando a nas decisões mais importantes e também pela paciência que teve ao me aturar, muitas vezes nervoso, pra baixo e outras vezes ausente.

Aos meus amigos e colegas, pelos momentos de dedicação e descontração.

Ao meu orientador Rogério Antônio Casagrande pelos momentos em que dedicou na elaboração desse trabalho.

Não posso deixar de agradecer a DellSystem, mais precisamente a pessoa do Fabiano e a prefeitura municipal de Sombrio pela oportunidade.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um
pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

RESUMO

O uso das redes de computadores é cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas, principalmente as redes sem fio por apresentarem um baixo custo de instalação e flexibilidade, podendo alcançar locais mais remotos, que por rede cabeada se tornariam inviáveis e o frequente uso de dispositivos móveis também tem ajudado a popularizar esse tipo de tecnologia. O presente trabalho tem o objetivo de estudar a implantação de um sistema que visa oferecer acesso gratuito a rede mundial de computadores (Internet) na cidade de Sombrio, através da instalação de pontos de acesso nos principais locais públicos da cidade. Para a etapa de levantamento dos dados foram feitas algumas reuniões entre o grupo de trabalho, prefeito municipal e lideres comunitários, que estabeleceram quais os bairros que seriam atendidos, quantidade e local dos pontos e acesso, necessidade de tráfego, entre outros. De posse desses dados, desenvolveu-se o projeto de uma *Wireless Local Area Network* (WLAN), que liga o centro de gerenciamento da rede aos locais que receberão os pontos de acesso. O Radio Mobile mostrou ser uma ferramenta bastante útil no planejamento de redes sem fio, ele calcula a propagação de um sinal de rádio através de mapeamento virtual do relevo da região e auxilia na escolha dos equipamentos a serem utilizados. Na implantação do sistema foi instalado um dos pontos de acesso sugerido no projeto, o PA rótula central fica localizado no principal bairro do município em um local de grande circulação de pessoas. O software desenvolvido por uma empresa local mostrou ser uma excelente ferramenta de obtenção e armazenamento dos dados de usuários e equipamentos que acessam o sistema. No período de avaliação da implantação do projeto pode-se observar os principais problemas e a adesão da população ao Sombrio Digital.

Palavras-chave: Redes-sem-fio, Cidade Digital, 802.11n, WLAN

ABSTRACT

The use of computers network is increasingly present in people's life, mostly wireless network because of the low cost on installation and flexibility and also it can reach odd places where standard network would be impossible furthermore the frequently use of mobile devices has helped catching on this type of technology. The present work has as a function studying the implantation of a system which has as a vision offer free World Wide Computer Network, called Internet, in the city of Sombrio through installing Access Points at the main public spots in the city. During the data collection stage was made some meetings among working group, city mayor, and community leaders who established witch communities would be attended, amount, spots for the Access Points, trafficking need and among other topics. With all these data in hands we developed the Wireless Local Area Network (WLAN) which connects the central network management to the spots that will receive the Access Points. The Mobile Radio showed being as a very useful tool on the wireless network planning, it estimates the propagation of the radio signal through virtual mapping from the ground structure of the region also helping on choosing the equipments to be used. During the system implantation one of the Access Points suggested from the project, the PA central rotary is located at the main city community at a spot with a big traffic of people. The development of software by a local company turned out being an excellent tool for obtaining and saving user's data also equipment that accesses the system. During the project evaluation period on the implementation we could observe the main problems and the population support to "Sombrio Digital".

Palavras-chave: Wireless Network, Digital City, 802.11n, WLAN

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Topologia estrela.....	107
Figura 2 – Topologia em anel.....	108
Figura 3 – Topologia barramento.	109
Figura 4 – Classificação das redes.	109
Figura 5 – Rede local (LAN).....	110
Figura 6 – MAN	111
Figura 7 – Rede de longa distância (WAN).	111
Figura 8 – Padronização global (IEEE e ETSI) para redes sem fio.....	117
Figura 9 – Arquitetura básica de um enlace de dados sem fio.....	120
Figura 10 – Elementos de uma rede sem fio.....	121
Figura 11 – Curva de radiação de uma antena omnidirecional.	122
Figura 12 – Curva de radiação de uma antena direcional.	123
Figura 13 – Curva de radiação de uma antena setorial.....	123
Figura 14 – Ilustração genérica de uma cidade digital (camada física).....	127
Figura 15 – Municípios onde a prefeitura o acesso à internet por conexão Wi-Fi - 2012	134
Figura 16 – Cidades com iniciativas digitais.....	135
Figura 17 – Localização de Sombrio em Santa Catarina	136
Figura 18 – Mapa do perímetro urbano da cidade de Sombrio	136
Figura 19 – Routerboard	143
Figura 20 – Topologia da Rede	145
Figura 21 – Localização de Sombrio na região da AMESC.....	146
Figura 22 – Mapa do perímetro urbano de Sombrio.....	147
Figura 23 – Bairros atendidos pelo programa	148
Figura 24 – Localização dos pontos de acesso.....	148
Figura 25 – Tela do sistema Radio Mobile	150
Figura 26 – Cobertura visual a partir do Centro de Gerenciamento da Rede.....	151
Figura 27 – Alcance das antenas setoriais.....	151
Figura 28 – Enlace PA Rótula Central - CGR.....	153
Figura 29 – Enlace Igreja Matriz - CGR.....	154
Figura 30 – Enlace PA Parque das Avenidas - CGR	154
Figura 31 – Enlace PA São Luiz - CGR.....	155

Figura 32 – Enlace PA Januária - CGR.....	156
Figura 33 – São José - CGR	156
Figura 34 – Enlace PA Nova Brasilia - CGR	157
Figura 35 – Enlace Raizeira - CGR	158
Figura 36 – Enlace CGR - PA Boa Esperança	158
Figura 37 – Enlace Estação repetidora - CGR	159
Figura 38 – Cobertura Estação repetidora – PA Boa Esperança	159
Figura 39 – Enlace PA Boa esperança – Estação repetidora.....	160
Figura 40 – Enlace PA Guarita – CGR.....	161
Figura 41 – Visão geral da rede Sombrio Digital	162
Figura 42 – PA rótula central - CGR.....	163
Figura 43 – Tela principal do sistema Sombrio Digital.	165
Figura 44 – Tela de cadastro do sistema Sombrio Digital.	165
Figura 45 – Local de realização dos testes.	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cabo par trançado.....	113
Tabela 2 – Tipologia das cidades digitais.....	129
Tabela 3 – Municípios com política ou plano de inclusão digital com parceiros das ações, segundo as Grandes Regiões e as classes de tamanho da população dos municípios – 2012.	133
Tabela 4 – Especificações da Routerboard.....	143
Tabela 5 – Características das antenas setoriais.....	152
Tabela 6 – Características das antenas direcionais dos PAs.....	153
Tabela 7 – Características da antena Direcional 1.....	160
Tabela 8 – Características da antena Direcional 2.....	160
Tabela 9 – Especificações do CPE ProEletronic Wireless Station 2.4GHz.....	163
Tabela 10 – Resultado dos teste de desempenho da rede.	167
Tabela 11 – Resultado dos teste de conexão do link de internet.	167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AES	Advanced Encryption Standard
AHCIET	Centros de Pesquisa e Empresas de Telecomunicação
AMESC	Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense
APM	Administração Pública Municipal
AWG	American Wire Gauge
CD	Compact Disc
CDDI	Cooper Data Distributed Interface
CE	Construção Especial
CGR	Centro de Gerenciamento de Rede
DSP	Digital Signal Processing
DSSS	Direct-Sequence Spread Spectrum
ECD	Equipamento de Comunicação de Dados
EIA	Electronic Industry Association
ER	Estação Repetidora
ETD	Equipamento Terminal de Dados
FDM	Multiplexação por Divisão de Frequência
Gbit	Gigabit
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISDN	Integrated Service Data Network
ISM	Industrial, Scientific and Medical
Kbit	Kilobit
KHz	Kilohertz
Km	Kilometro
LAN	Local Area Network
m	metro
MAN	Metropolitan Area Networks
Mbit	Megabit
MC	Ministério da Comunicações
MHz	Megahertz

MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
ONG	Organização
PA	Ponto de Acesso
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
s	segundos
SC	Santa Catarina
SDM	Multiplexação por Divisão de Espaço
SSTP	Single Shielded Twisted Pair
STP	Shielded Twisted Pair
TDM	Multiplexação por Divisão de Tempo
TE	Torção Espacial
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
TV	Televisão
WAN	Wide Area Networks
WEP	Wired Equivalent Privacy
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access
WPAN	Wireless Personal Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	102
1.1 OBJETIVO GERAL.....	102
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	102
1.3 JUSTIFICATIVA	103
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	104
2 CLASSIFICAÇÃO DAS REDES DE COMPUTADORES	106
2.1 TOPOLOGIAS.....	107
2.1.1 Estrela	107
2.1.2 Anel.....	108
2.1.3 Barramento	108
2.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA	109
2.2.1 LAN	109
2.2.2 MAN	110
2.2.3 WAN.....	111
2.3 MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	112
2.3.1 Par trançado	112
2.3.2 Cabo coaxial	113
2.3.3 Fibra óptica	114
2.3.4 Rádio difusor	114
3 TECNOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE REDES SEM FIO	116
3.1 TECNOLOGIAS DAS REDES SEM FIO	116
3.1.1 WiMAX (802.16).....	117
3.1.2 Wi-Fi (802-11)	118
3.1.2.1 Padrão IEEE 802.11a.....	118
3.1.2.2 Padrão IEEE 802.11b.....	119
3.1.2.3 Padrão IEEE 802.11g.....	119
3.1.2.4 Padrão IEEE 802.11n.....	119
3.2 EQUIPAMENTOS DE REDES SEM FIO.....	119
3.2.1 Equipamento Terminal de Dados.....	120
3.2.2 Equipamento de Comunicação de Dados	120
3.2.3 Antenas de Transmissão	121
3.2.3.1 Antenas omnidirecional	122

3.2.3.2 Antena direcional.....	122
3.2.3.3 Antenas setoriais.....	123
3.3 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA DAS REDES SEM FIO	124
3.3.1 WEP	124
3.3.2 WPA.....	125
3.3.2.1 WPA2	125
4 “CIDADE DIGITAL” E SEU FUNCIONAMENTO	126
4.1 O QUE É “CIDADE DIGITAL”.....	126
4.2 TIPOLOGIA DAS CIDADES DIGITAIS.....	127
4.3 IMPLANTAÇÃO DA “CIDADE DIGITAL”	130
4.3.1 Etapas de implementação da cidade digital.....	130
5 MUNICÍPIOS DO BRASIL E A CIDADE DE SOMBRIO	132
5.1 MUNICÍPIOS BRASILEIROS E A INFORMATIZAÇÃO.....	132
5.2 MUNICÍPIO DE SOMBRIO.....	135
5.3 TRABALHOS CORRELATOS	137
5.3.1 Projeto WLAN proposto para prefeitura municipal de Sombrio.....	137
5.3.2 Estruturando o Governo Municipal para a construção de uma Cidade Digital	137
5.3.3 Cidade Digital Estratégica: Modelo e Aplicação em um Município Paulista	138
5.3.4 Concepção de um modelo de cidade digital baseado nas necessidades informacionais do cidadão: o caso dos municípios brasileiros de pequeno porte	138
5.3.5 Cidades Digitais: Uma Metodologia para implementação	139
6 SOMBRIO DIGITAL	140
6.1 ESTUDO DO PROGRAMA CIDADES DIGITAIS.....	140
6.2 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE	141
6.2.1 Projeto experimental	142
6.3 GRUPO DE TRABALHO	144
6.4 PROJETO DE AMPLIAÇÃO.....	144
6.5 LEVANTAMENTO DE DADOS DO MUNICÍPIO	145
6.5.1 Bairros atendidos e quantidade de pontos de acesso.....	146
6.6 ANÁLISES DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO.....	149
6.6.1 Radio Mobile	149

6.6.2 Centro de Gerenciamento de Rede.....	150
6.6.3 Análise dos pontos de acesso	152
6.6.3.1 Ponto de acesso rótula central	153
6.6.3.2 Ponto de acesso igreja matriz	153
6.6.3.3 Ponto de acesso bairro Parque das Avenidas.....	154
6.6.3.4 Ponto de acesso bairro São Luiz.....	155
6.6.3.5 Ponto de acesso bairro Januária.....	155
6.6.3.6 Ponto de acesso bairro São José.....	156
6.6.3.7 Ponto de acesso bairro Nova Brasília.....	157
6.6.3.8 Ponto de acesso bairro Raizeira.....	157
6.6.3.9 Ponto de acesso distrito de Boa Esperança	158
6.6.3.9.1 Estação repetidora	158
6.6.3.10 Ponto de acesso distrito de Nova Guarita	160
6.6.3.11 Visão geral	161
6.7 IMPLEMENTAÇÃO DA AMPLIAÇÃO DO SISTEMA.....	162
6.7.1 PA rótula central.....	162
6.7.2 Sistema de controle de usuário	164
6.8 TESTES NO SISTEMA	165
6.9 RESULTADOS OBTIDOS	168
6.9.1 Monitoramento da utilização do sistema	168
7 CONCLUSÃO	170
7.1 TRABALHOS FUTUROS	171
REFERÊNCIAS.....	172

1 INTRODUÇÃO

Levy (2000) define o ciberespaço como espaço de comunicação aberto pela intercomunicação mundial dos computadores e das memórias dos computadores. Essa definição inclui o conjunto dos sistemas de comunicação eletrônicos, na medida em que transmitem informações provenientes de fontes digitais ou destinadas á digitalização.

Entende-se por Cidade Digital, a criação de infraestrutura, serviços e acesso público em uma determinada área urbana para o uso das novas tecnologias e redes telemáticas. O objetivo é criar interfaces entre o espaço eletrônico e o espaço físico através de oferecimento de teleportos, telecentros, quiosques multimídia e áreas de acesso e serviços. Há inúmeras iniciativas no Brasil. O Ministério das Comunicações elaborou um Plano Nacional de Cidades Digitais para levar banda larga a todo o país. O objetivo é articular ações de inclusão digital, levando acesso à internet para toda a população em cinco anos (LEMOS, 2006).

Sendo assim, esta pesquisa tem por objetivo viabilizar a implantação de um sistema público de rede wireless que faça a ligação dos habitantes da cidade de Sombrio com a rede mundial de computadores, fornecendo pontos de acesso em determinados locais da cidade, proporcionando aos habitantes da cidade, lazer, informação e conhecimento de forma gratuita.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a implantação de um sistema de internet gratuita para a população do município de Sombrio/SC

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos para o presente trabalho são:

- a) estudar o programa “Rede Cidade Digital” do governo federal;
- b) Acompanhar a implantação do sistema;

- c) identificar os pontos da cidade de Sombrio onde será disponibilizado o acesso à internet;
- d) identificar o um meio para transferência da internet para as localidades;
- e) identificar qual o equipamento que melhor atenderá aos usuários da localidade;
- f) analisar um sistema de controle de usuário;
- g) realizar testes para verificar a eficiência do sistema.

1.3 JUSTIFICATIVA

A tecnologia móvel está ampliando consideravelmente a capacidade dos governos de gerar benefícios e resultados para os cidadãos, comunidades e empresas. Atualmente muitos países que antes detinham uma infraestrutura de comunicações deficiente, agora mostram experiências bem sucedidas que transformam as relações dentro da sociedade (SOARES, 2012)

O acesso às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) está relacionado com os direitos básicos de liberdade e de expressão e é por esse motivo que se torna necessário que as TICs se tornem ferramentas contributivas ao desenvolvimento social, econômico, cultural e intelectual. (LIMA, 2005)

Uma infraestrutura de rede sem fio pode ser implantada com menos custo, se comparada a estruturas cabeadas, mas a construção de redes sem fio não é apenas uma questão de economia financeira, e sim permitir às pessoas em sua comunidade local o acesso fácil e barato à informação e beneficiá-las diretamente dos serviços que a internet pode oferecer. O acesso a uma rede global de informação traduz-se em riqueza em uma escala local, já que mais trabalho poderá ser feito em menos tempo, com menos esforço. (FLICKENGER et. al, 2007)

Os benefícios trazidos para os municípios que implantam projetos para se tornarem "Cidades Digitais" são inúmeros, principalmente quando se vai além da tecnologia. Assim, as cidades têm a oportunidades de melhorar a gestão pública através da rede, não apenas proporcionando à população acesso à internet, de qualidade e barato, mas principalmente elevando o nível dos serviços prestados pela Prefeitura nas áreas de educação, saúde, segurança, etc., implantando ações de

Governo Eletrônico. Além disso, as Cidades Digitais criam oportunidades para fomentar o empreendedorismo e o desenvolvimento econômico dos municípios (ROCHA, 2009).

Sendo assim, o desenvolvimento de um projeto que torne viável a implantação de um sistema que disponha internet de forma gratuita para a população do município de Sombrio é de suma importância para o desenvolvimento local, possibilitando o acesso a informação para todas as classes sociais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em sete capítulos, conforme descrito a seguir.

O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, a qual foi descrita anteriormente.

O segundo capítulo apresenta a classificação das redes de computadores, quanto a sua topologia, localização geográfica e meios de transmissão.

O terceiro capítulo aborda as tecnologias de redes sem fio, WiMAX e Wi-Fi, os equipamentos que envolvem um enlace de rede sem fio e os protocolos de segurança em redes sem fio.

O quarto capítulo trata dos diversos tipos de cidades digitais que vão desde o nível básico, que são cidades que possuem uma disponibilidade limitada de recursos de acesso a informação, até cidades digitais plenas que são as cidades que possuem total integração dos serviços públicos e privados. As etapas de implementação de uma cidade digital também é parte integrante desse capítulo.

O quinto capítulo mostra os municípios do Brasil que já possuem iniciativas de cidades digitais, seja ela de governo eletrônico ou inclusão digital, onde boa parte desses municípios está em Santa Catarina (SC), esse capítulo fala também da cidade de Sombrio e apresenta alguns trabalhos correlatos.

O sexto capítulo mostra todas as etapas de desenvolvimento do trabalho, passando pelo levantamento de dados, o uso do software Radio Mobile para verificar a viabilidade e cada um dos pontos de acesso, a implantação em fase de

avaliação de um dos pontos de acesso, a análise do sistema de controle de usuário, os testes para verificar a funcionalidade do sistema e os resultados obtidos.

No sétimo capítulo tem-se a conclusão deste trabalho onde são apresentados também algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 CLASSIFICAÇÃO DAS REDES DE COMPUTADORES

A fusão dos computadores e das comunicações teve uma profunda influência na organização dos sistemas computacionais. O conceito de "centro de computação" nas organizações com um grande computador em uma sala onde os usuários levavam seu trabalho para processamento agora está completamente ultrapassado. Este velho conceito foi substituído pelas chamadas redes de computadores. A expressão "redes de computadores" serve para mencionar um conjunto de computadores autônomos interligados por uma tecnologia, nesse novo conceito os trabalhos não são realizados por um grande computador da organização, mas sim por diversos computadores, todos interligados. Essa ligação entre computadores pode ser através de: fios de cobre, fibras ópticas, microondas, ondas de infravermelho e também podem ser de vários tamanhos, modelos e formas, como veremos mais adiante (TANENBAUM, 2003).

Para Carissimi, Rochol e Granville (2009) as redes de informação são sistemas de processamento interligados através de um sistema de comunicação permitindo a troca entre eles dos mais variados tipos de informação, como: dados de computadores de armazenamento em massa ou serviços em tempo real, como voz, áudio e vídeo.

Em termos gerais, as redes servem para o compartilhamento de recursos, que podem ser programas, equipamentos e especialmente dados, independente da localização física do recurso e do usuário, como o exemplo do escritório, onde todos os funcionários compartilham o uso de uma impressora. Além de compartilhar diversos recursos como: impressoras, scanners e gravadores de CDs, o compartilhamento de informações é ainda mais importante dentro de uma organização seja ela pequeno, médio ou de grande porte, onde compartilham informações de registro de clientes, estoques, contas a receber, extratos financeiros, informações sobre impostos e muitas outras informações de vital importância para o funcionamento da empresa (TANENBAUM, 2003).

As redes de computadores podem ser classificadas por suas topologias, distribuição geográfica e meios de transmissão e é isso que será detalhado agora.

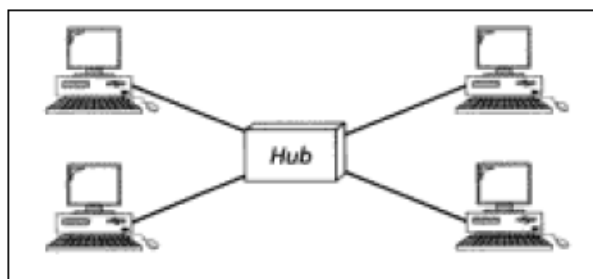
2.1 TOPOLOGIAS

A topologia de uma rede de computador refere-se à disposição e conexão dos dispositivos na rede, onde cada uma delas possui suas próprias características, com diferenças quanto ao desenvolvimento, operação e manutenção da rede (COSTA, 2010).

2.1.1 Estrela

Essa topologia é caracterizada por ter todas as estações ligadas a um equipamento central, que é por onde passa toda a informação (dados), esse equipamento central age como um controlador, interligando todas as estações da rede, e fazendo a interligação entre os nós da rede que desejam se comunicar, podendo também haver comunicações simultâneas desde que as estações envolvidas sejam diferentes (figura 1). Tais redes podem operar em difusão (*broadcasting*) ou não. Nas redes por difusão todas as informações que são enviadas ao nó central são distribuídas por toda a rede, as estações de destino captam a mensagem e as outras simplesmente ignoram. Já nas redes que não operam por difusão cada nó se comunica com o outro diretamente, sendo o nó central responsável por esse controle. Além do chaveamento de processamento de informações, o nó central também pode ter funções como realizar a compatibilidade da velocidade de comunicação entre os dispositivos, fornecer grau de proteção contra intrusos na rede e fazer o diagnóstico da rede (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

Figura 1 – Topologia estrela.

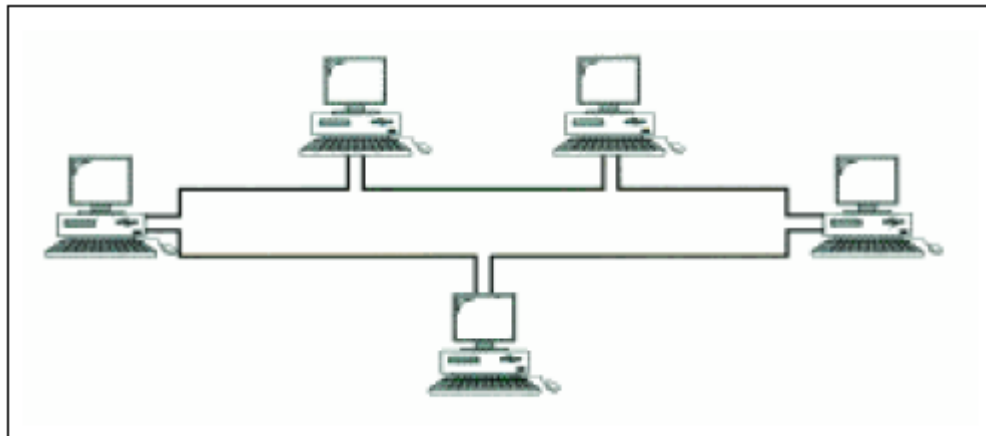


Fonte: Forouzan (2006).

2.1.2 Anel

Uma rede em anel possui as estações conectadas em um circuito fechado (figura 2). Nesse tipo de rede as estações não são interligadas diretamente, mas sim fisicamente a repetidores, que ligados em série formam a rede anel. A mensagem enviada por um dos nós através de uma rede anel, entra e circula até ser retirada pelo nó destino ou pelo nó de origem (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

Figura 2 – Topologia em anel.

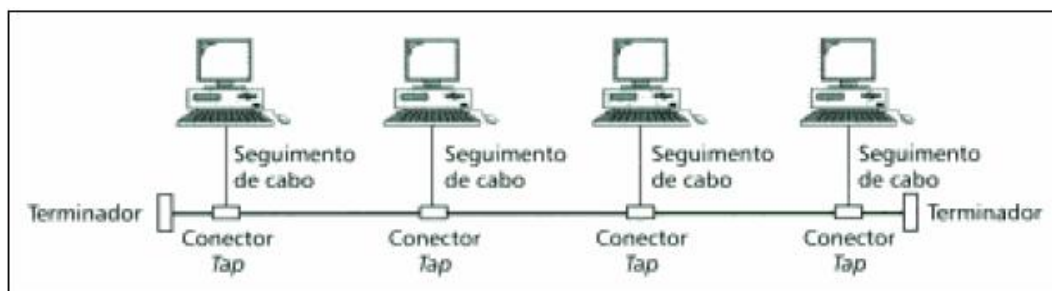


Fonte: Forouzan (2006).

2.1.3 Barramento

A topologia em barra caracteriza-se por todas as estações serem ligadas no mesmo meio de transmissão, uma linha única de dados (figura 3). Neste tipo de rede todos os nós conectados à rede podem ver todas as informações que trafegam pela rede, mas apenas o nó de destino reconhece a mensagem (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

Figura 3 – Topologia barramento.

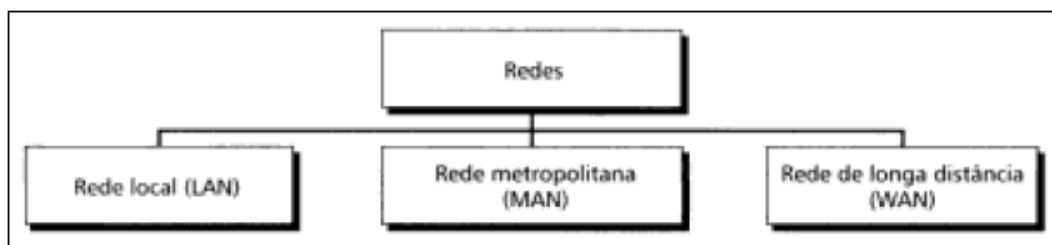


Fonte: Forouzan (2006).

2.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA

Segundo Carissimi, Rochol e Granville (2009), uma outra forma de classificar as redes é através de sua extensão geográfica, que podem ser: *Local Area Network* (LAN), *Metropolitan Area Networks* (MAN), *Wide Area Networks* (WAN). Veja na figura 4 a classificação das redes:

Figura 4 – Classificação das redes.



Fonte: Forouzan (2006).

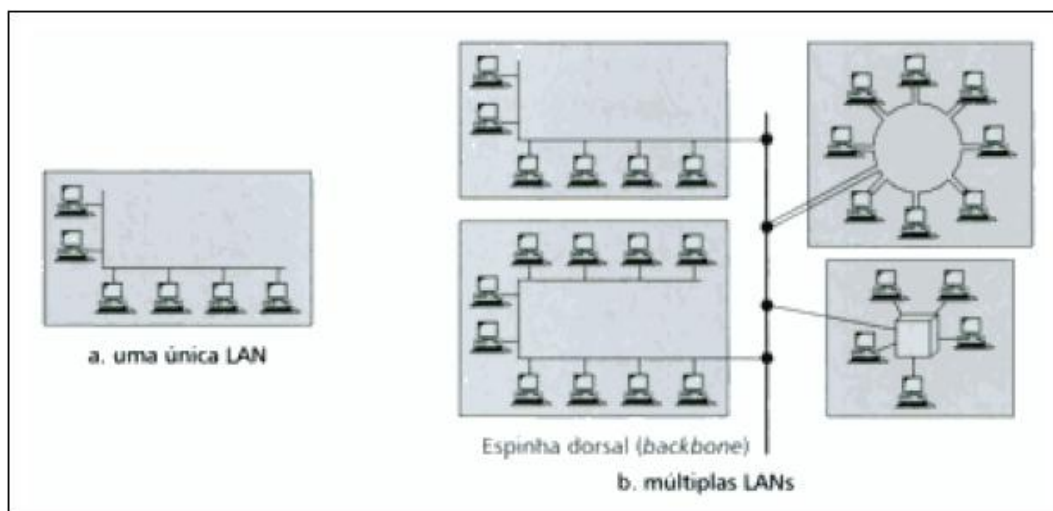
2.2.1 LAN

As redes locais são redes que podem ter até alguns quilômetros de extensão, e são amplamente utilizadas para conectar estações de trabalho em edifícios, condomínios, escritórios, campus universitários, empresas, entre outros (figura 5) (TANENBAUM, 2003).

Segundo Carissimi, Rochol e Granville (2009), a Local Area Networks (LAN) surgiu na década de oitenta seguindo três padrões do *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE): IEEE 802.3, IEEE 802.4, IEEE 802.5, que tinham

como objetivo a automação de escritório e automação de fábrica, e acabou ganhando mercado, pela simplicidade e baixo custo.

Figura 5 – Rede local (LAN).

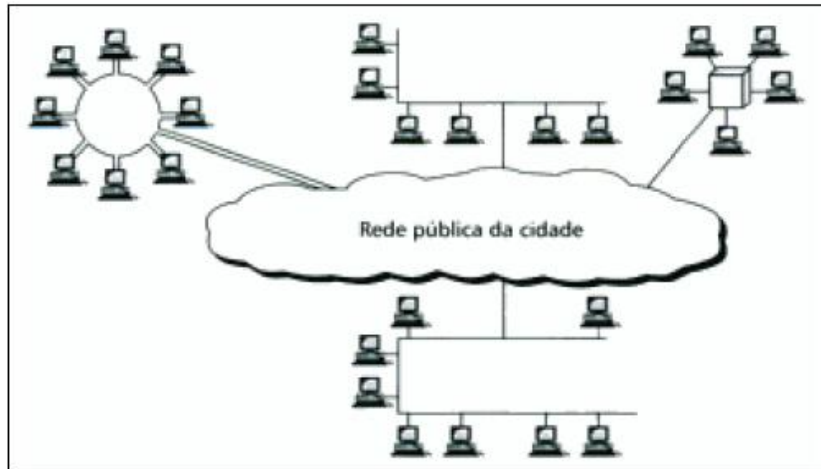


Fonte: Forouzan (2006).

2.2.2 MAN

Uma rede de área metropolitana (MAN) é projetada para estender-se por uma cidade inteira (figura 6). Pode ser um meio de ligação de várias LANs, compartilhando recursos e informações entre elas, como exemplo: uma empresa pode usar uma MAN para conectar todas as LANs de sua rede de escritórios ao longo de uma cidade, ou uma rede de TV a cabo que abrange toda a cidade. Esse tipo de rede pode ser operado por empresas privadas ou órgãos governamentais, como forma de prestar serviços a população e interligar órgãos da administração pública (KUMAR, 2007[?]).

Figura 6 – MAN

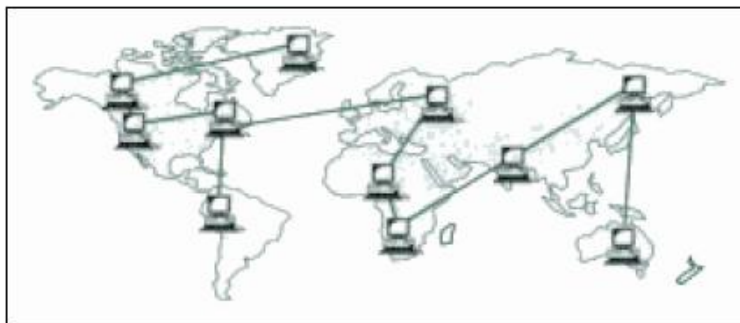


Fonte: Forouzan (2006).

2.2.3 WAN

A rede Wide Area Network (WAN) tem uma grande abrangência geográfica, normalmente um país ou continente (figura 7). Esse tipo de rede possui um conjunto de hosts conectados a uma sub-rede. As sub-redes que pertencem às operadoras de telefonia ou provedores de internet consistem em dois elementos distintos: linhas de transmissão e elementos de comutação. As linhas de transmissão são formadas por fios de cobre, fibra óptica ou enlaces de rádio e tem a função de transportar os bits de informação. Os elementos de comutação são equipamentos conectados a linhas de transmissão e são responsáveis por fazer o roteamento dos pacotes de informação, ou seja, recebe e encaminha para o caminho mais adequado (TANENBAUM, 2003).

Figura 7 – Rede de longa distância (WAN).



Fonte: Forouzan (2006).

2.3 MEIOS DE TRANSMISSÃO

Segundo Soares, Lemos e Colcher (2009), os meios de transmissão diferem-se com relação a passagem de banda, conexão, limitação geográfica e características do meio, como: proteção contra ruído, custo, disponibilidade e confiabilidade. Os meios mais comuns para transferência de dados são cabos par trançados, cabos coaxiais, fibras ópticas e através de radiodifusão (redes sem fio).

2.3.1 Par trançado

Atualmente o cabo par trançado atua com grande importância em redes locais (LANs), e são amplamente utilizados na ligação terminal/HUB em distâncias de até 100m, devido a baixa complexidade e economia.

As principais características de redes com par trançado são:

- a) dois pares de fios (um par de transmissão e um par recepção) por terminal;
- b) transmissão em banda base e topologia barra e anel;
- c) taxas de transmissão de 10 Mbit/s a 10 Gbit/s;
- d) grande flexibilidade e baixo custo;
- e) fácil instalação.

Nos dias de hoje, seguindo os padrões da *Electronic Industries Association* (EIA) e utilizando avançadas técnicas de *Digital Signal Processing* (DSP), já se consegue atingir taxas de até 1 Gbit de transferência em redes de até 100m (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

Veja na tabela 1 as categorias de pares trançados segundo a padronização do EIA 568 A (cabramento estruturado).

Tabela 1 – Cabo par trançado

Tipo de par trançado	Banda Passante	Taxa	Impedância e bitola	Dist.	Aplicações
Categoria 1 UTP	4 KHz	64 Kbit/s	140 Ohms (26 AWG)	-	Telefonia analógica (4KHz) Telefonia digital (64Kbit/s)
Categoria 2 UTP	5 MHz	4 Mbit/s	140 Ohms (26 AWG)	-	ISDN dados (2,048Mbit/s) IBM 3270, 3x, AS 400
Categoria 3 UTP	16 MHz	10 Mbit/s	100 Ohms (24 AWG)	100	IEEE 10BaseT Token ring (4Mbit/s), Ethernet 10Mbit/s
Categoria 4 UTP baixa perda	20 MHz	16 Mbit/s	100 Ohms (24 AWG)	100	IEEE 10BaseT Token ring (4Mbit/s e 16Mbit/s), Ethernet 10Mbit/s
Categoria 5 UTP	100 MHz	155 Mbit/s	100 Ohms (24 AWG)	100	IEEE 10BaseT e 100BaseT Token ring (4Mbit/s e 16Mbit/s) TPDDI/CDDI, 100Mbit/s
Categoria 5E UTP CE e TE	135 MHz	1 Gbit/s	100 Ohms (23 AWG)	100	IEEE 10, 100, 1000 BaseT, TPDDI/CDDI Vídeo pleno movimento
Categoria 6 SSTP e CE	250 MHz	1,2 Gbit/s	100 Ohms (23 AWG)	100	1 Gbe, ATM 1,2 Gbit/s vídeo de banda larga, anal. ou digital
Categoria 7 SSTP e CE	600 MHz	10 Gbit/s	100 Ohms	?	Em estudo

LEGENDA: American Wire Gauge (AWG); Cooper Data Distributed Interface (CDDI); Construção Especial (CE); Electronic Industry Association (EIA); Integrated Service Data Network (ISDN); Shielded Twisted Pair (STP); Single Shielded Twisted Pair (SSTP); Torção Especial (TE); Twisted Pair Data Distributed Interface (TPDDI).

Fonte: Carissimi, Rochol e Granville, (2009)

2.3.2 Cabo coaxial

Este tipo de cabo é formado por dois condutores, um circundando o outro, separados por um dielétrico, e a transmissão pode ser em banda base, onde o sinal é enviado pulsando-se o cabo diretamente, com corrente ou tensão, dessa maneira pode-se obter altas taxas de transmissão com um circuito bastante simples e que permitem uma distância de até 500 m com conexões de aproximadamente 200 nós. Na transmissão em banda larga é utilizado uma portadora modulada na faixa de frequência de rádio, com banda passante de 300 a 400 MHz, que pode ser dividida em diferentes canais independentes de transmissão, o que possibilita a transmissão de diversos tipos de informação (dados, voz e vídeo) simultaneamente. Nesse tipo

de cabo é possível fazer a conexão de milhares de nós que pode se estender por até aproximadamente 50 Km (WIRTH, 2002).

2.3.3 Fibra óptica

A transmissão de dados por fibra óptica é realizada pelo envio de sinal de luz que vai de 10^{12} a 10^{14} Hz, através de cabo óptico, que consiste em um filamento de sílica ou plástico envolto em substâncias de menor índice de refração, fazendo com que os raios de luz, sejam refletidos internamente, diminuindo a perda de sinal. Existem três tipos de fibras ópticas:

Fibras multimodo degrau: referem-se a possibilidade de vários feixes em diferentes ângulos e incidências, são mais simples, foram as primeiras a serem produzidas e possuem índices de refração mais baixos, funciona baseada no fenômeno de refração interna na casca (SOARES; LEMOS; COUCHER, 1995).

Fibras multimodo com índice gradual: diminui gradativamente de forma contínua o índice de refração do núcleo para a casca.

Dependendo do ângulo de incidência, os raios sofrerão uma refração que aumentará os seus ângulos em relação à normal. Os ângulos, gradativamente, atingirão o ângulo crítico, quando então serão refletidos percorrendo o caminho inverso em direção ao eixo central do núcleo, passando por sucessivas refrações que diminuirão cada vez mais os ângulos em relação à normal. Ao passar pelo eixo central, os raios voltarão a se afastar da normal, repetindo o processo. Como índices de refração menores significam maiores velocidade de propagação do sinal, os raios que se afastam do eixo central do núcleo, apesar de percorrerem distâncias maiores, adquirem maior velocidade nestas partes mais externas; estes fatores (distância percorrida e velocidade de propagação) se compensam de tal forma que os raios apresentam os mesmos tempos de propagação, evitando o problema da dispersão modal. (SOARES; LEMOS; COUCHER, 1995, p. 101)

2.3.4 Rádio difusor

Nesse tipo de transmissão os dados são transmitidos através do ar, em canais de frequência de rádio ou infravermelho, onde as frequências de rádio são

mais utilizadas por computadores e adequadas para ligações ponto a ponto ou multiponto. As bandas de frequência *Industrial, Scientific and Medical* (ISM), não necessitam de uma licença para operar, por isso são mais utilizadas em pequenas redes como em condomínios, edifícios e escritórios. O padrão IEEE 802.11, que é um ISM, pode ser transmitido em uma largura de banda de 902 a 928 MHz, 2,4 a 2.48 GHz e 5.72 a 5.85 GHz. Como várias estações dividem o mesmo meio de transmissão, faz-se necessário inserir métodos para disciplinar o compartilhamento, que são: Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM), Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM) e Multiplexação por Divisão de Espaço (SDM) (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

Ainda para Soares, Lemos e Colcher (1995), um aspecto muito importante a ser considerado na radiodifusão, é a segurança. Como o meio de transmissão é o ar, o sinal pode ser captado por receptores não autorizados. Por isso se torna indispensável o uso de mecanismos de segurança, como a criptografia na transferência desses dados.

3 TECNOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE REDES SEM FIO

As redes wireless estão sendo cada vez mais utilizadas, atendendo as necessidades do nosso dia a dia e trazendo conforto, comodidade e flexibilidade estando presente nos mais diversos aparelhos como: controles remotos, celulares, notebooks e entre outros (PASCHOALINI, 2007)

A comunicação sem fio utiliza ondas eletromagnéticas para enviar e receber dados. Esse tipo de onda possui algumas propriedades diferentes, quando comparadas a uma rede cabeada. Diferenças essas que para os usuários parecem ser irrelevantes, mas nas redes cabeadas é possível ver o caminho que os dados os dados percorrem desde o equipamento transmissor, até o equipamento receptor dos dados, ou até colocar vários cabos lado a lado que os dados serão transmitidos sem alguma interferência entre eles. Já na comunicação sem fios se faz necessário responder perguntas como: por onde estão passando as ondas que trafegam os dados? E se essas ondas se chocarem com objetos dos mais diversos, como objetos de uma sala, paredes, ou em ambientes externos, prédios, árvores e limitações geográficas? Como colocar diversos equipamentos transmitindo e recebendo dados em uma mesma área, sem que um interfira no outro? (FLICKENGER, et al, 2008).

O item a seguir mostra as tecnologias e equipamentos de redes sem fio que satisfaçam as mais adversas situações para transmissão de dados por redes sem fio.

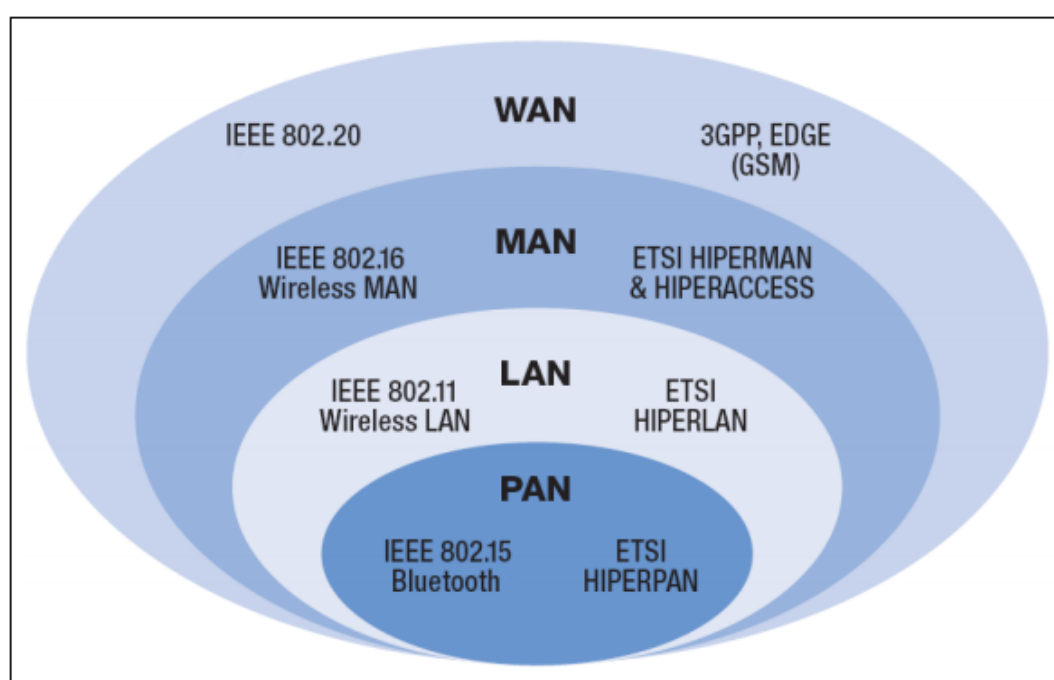
3.1 TECNOLOGIAS DAS REDES SEM FIO

Com a ajuda de muitos engenheiros especializados de comunicação *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) foram desenvolvidas diversas tecnologias de redes sem fio. Algumas delas são: o Bluetooth (802.15), Wi-Fi (802.11) e *Worldwide Interoperability for Microwave Access* WiMAX (802.16) (figura 8), cada um com suas características específicas. O IEEE 802.11, também conhecido como Wi-Fi tornou-se bem popular no seu uso em casa, no escritório ou em condomínios. Podendo alcançar quilômetros de distância, o WiMAX é uma

alternativa rápida e de baixo custo para levar a comunicação através das redes de computadores a locais mais remotos e de difícil acesso (KABIR et al, 2009[?]).

O Bluetooth é uma tecnologia para redes *Wireless Personal Area Network* (WPAN) ou seja, de pequeno alcance que vem sendo bastante utilizada, devido a facilidade de uso, distâncias e velocidade de comunicação e serve para conectar diversos equipamentos como: celulares, computadores impressoras entre outros (CHAVES, 2009).

Figura 8 – Padronização global (IEEE e ETSI) para redes sem fio.



Fonte: Lima, Soares e Endler (2006).

3.1.1 WiMAX (802.16)

O padrão IEEE 802.16, popularmente conhecido como WiMax, é o padrão para redes metropolitanas sem fio, tem o objetivo de atingir longas distâncias sem a necessidade de cabos. Em sua versão inicial que foi publicada em abril de 2002, a WiMax opera em frequências que vão de 10 a 66 GHz, com taxas médias de transferência de 70 Mbps e com picos de podem atingir 268 Mbps, a um alcance que pode chegar a 50 Kms. Entre outras variações do WiMax está o padrão IEEE 802.16a que possui taxa de frequências que vão de 2 a 11 GHz, taxas de

transferência que podem chegar a 75 Mbps e um alcance de 50 Km; o padrão IEEE 802.16-REVd, é uma revisão dos padrões 802.16a e 802.16b em um único padrão, entre as alterações o destaque para suporte as antenas *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), aumentando a confiabilidade do alcance com multipercurso, e o padrão IEEE 802.16e com largura de banda limitada em 5 GHz, possui velocidade mais lenta e antenas menores, em frequências inferiores a 3.5 GHz pode chegar a um alcance de 2 a 5 Km (LIMA; SOARES; ENDLER, 2004).

3.1.2 Wi-Fi (802-11)

Com o surgimento dos computadores portáteis, surgiu também a necessidade de uma conexão que atendesse esse tipo de equipamento. A partir daí iniciaram as primeiras descobertas de conexão sem fio entre computadores, mas o grande problema era conectividade dos aparelhos, ou seja, um aparelho da marca X não conectava com aparelhos da marca Y. Foi então que no final da década de 1990 o comitê do IEEE criou o padrão 802.11, essa versão básica do padrão opera a uma velocidade de 1 ou 2 Mbps, a uma faixa de frequência ISM de 2,4 GHz para redes LANs sem fio e a partir desse padrão foram surgindo novos padrões como: IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g (TANENBAUM, 2003).

3.1.2.1 Padrão IEEE 802.11a

Esse padrão de rede sem fio opera a uma faixa de frequência de 5 GHz, diferente da versão anterior que utiliza uma faixa ISM de 2,4 GHz. Sua taxa de transferência vai de 6 Mbps a 54 Mbps. O 802.11a trouxe como vantagem um nível menor de interferência, mas não se tornou muito popular, pois possui um esquema de modularidade diferente da versão 802.11, que ocasionou problemas de compatibilidade (VIEIRA, 2004).

3.1.2.2 Padrão IEEE 802.11b

No padrão 802.11b utilizou-se a faixa de frequência de 2.4 Ghz, e a técnica *Direct-Sequence Spread Spectrum* (DSSS) para espalhamento de espectro, o padrão ainda possui uma taxa de transmissão de até 11 Mbps, e a distância máxima entre duas estações é de 100 metros (VIEIRA, 2004).

3.1.2.3 Padrão IEEE 802.11g

O padrão 802.11g é uma evolução de 802.11b, utiliza a mesma faixa de frequência e pode ser visto como uma junção dos padrões 802.11a e 802.11b, pois usa a modulação de 802.11a, o *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM), e a faixa de frequência do 802.11b, a ISM de 2,4 GHz (VIEIRA, 2004). Para Reis (2012), o 802.11g usa a tecnologia de transmissão OFDM que é mais eficiente e pode chegar a uma velocidade de transmissão de 54 Mbps.

3.1.2.4 Padrão IEEE 802.11n

Com poucas mudanças dos padrões atuais, o padrão 802.11n tem o objetivo de aumentar a velocidade de transmissão de 54 Mbps para até 600 Mbps utilizando quatro canais de transmissão, esses canais operam em com uma faixa de frequência de 40 MHz por canal, fazendo com que a taxa de transmissão, praticamente dobre (REIS, 2012).

3.2 EQUIPAMENTOS DE REDES SEM FIO

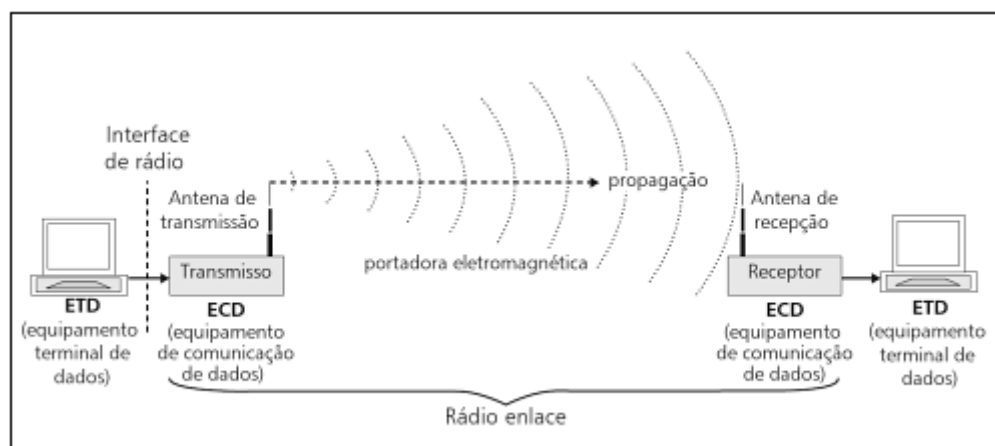
As redes sem fio para computadores são sistemas de comunicação de dados ponto-a-ponto, que fazem a comunicação entre um emissor e um receptor através de um canal de radiofrequência (figura 9). Para que haja essa comunicação é necessário alguns equipamentos, que são: Equipamento Terminal de Dados (ETD), Equipamento de Comunicação de Dados (ECD) e as antenas de transmissão (figura 9) (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

3.2.1 Equipamento Terminal de Dados

São os equipamentos que realmente desejam se comunicar, ou seja, enviar e receber informações. É constituído de um dispositivo físico, que torna possível o envio de dados de um terminal para o outro, ou de um terminal para um equipamento de comunicação de dados e vice-versa (COSTA, 2005).

Kurose e Ross (2010) chamam os ETDs de hospedeiros sem fio, sendo eles móveis ou fixos. Pode ser um ETD: laptops, palmtops, PDAs, celulares ou computadores de mesa, estes equipamentos conectam-se a uma estação-base através de um enlace de comunicação sem fio. O enlace de comunicação sem fio é a área de cobertura e a taxa de transmissão, que podem ser diferentes, dependendo da tecnologia utilizada (como visto no capítulo anterior).

Figura 9 – Arquitetura básica de um enlace de dados sem fio.



Fonte: Carissimi, Rochol e Granville (2009).

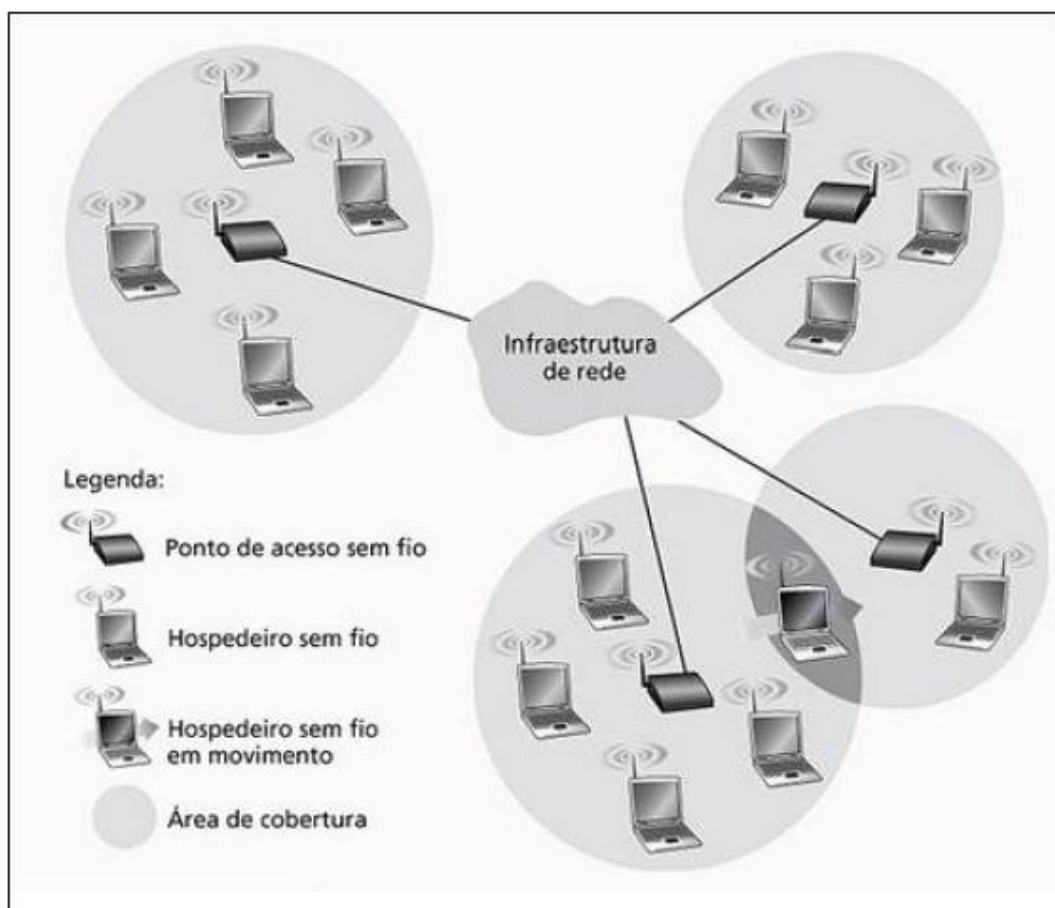
3.2.2 Equipamento de Comunicação de Dados

Também conhecido como transceptor (transmissor e receptor) ou modenrádio, esse tipo de equipamento, normalmente possui as funções de transmitir e receber o sinal de radiofrequência entre dois pontos (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

Kurose e Ross (2010) também chamam os ECDs de estação-base. Normalmente a estação-base coordena a transferência de dados dos hospedeiros

que estão ao seu alcance e também é responsável por transferir esses dados a uma rede maior, como internet, rede empresarial, residencial ou rede telefônica (figura 10).

Figura 10 – Elementos de uma rede sem fio.



Fonte: Kurose e Ross (2010).

3.2.3 Antenas de Transmissão

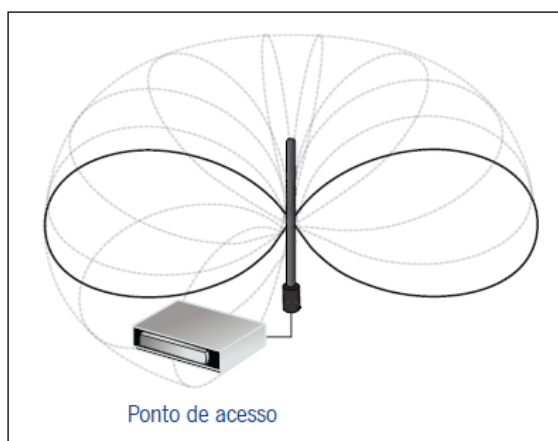
Como explica Freitas (2008), as definições para antenas do IEEE, diz que uma antena é parte de um sistema transmissor ou receptor que irradia ou recebe ondas de radiofrequência eletromagnéticas.

A escolha de uma antena para o projeto de rede deve ser conforme as necessidades do projeto, sempre visando ganho de desempenho da rede. Os tipos de antenas mais comuns para aplicações de redes sem fio são: omnidirecional, direcional e setorial (MIDIACOM, 2010).

3.2.3.1 Antenas omnidirecional

As antenas omnidirecional possuem um padrão de radiação não direcional e direcional em diferentes planos ortogonais ao redor da antena que distribuem a energia por todas as direções do plano, incluindo as direções em que não se deseja transmitir, por isso, nesse tipo de antena cada nó pode transmitir e receber os dados em um ângulo de 360 graus ao seu redor (figura 11) (FREITAS, 2008).

Figura 11 – Curva de radiação de uma antena omnidirecional.

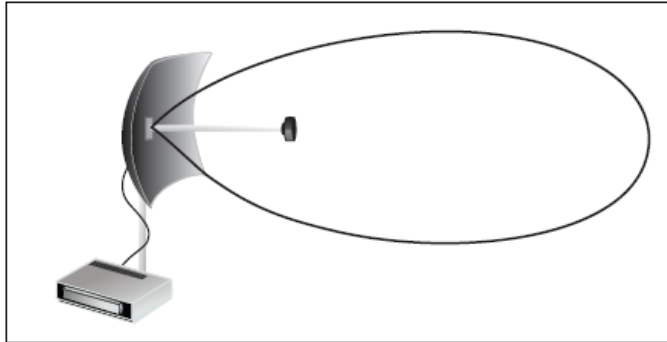


Fonte: MIDIACOM (2010).

3.2.3.2 Antena direcional

Esse tipo de antena tem como particularidade emitir ou receber energias eletromagnéticas de forma eficiente em algumas direções, por isso, o feixe de transmissão é mais estreito, mais direcionado ao ponto em que se quer transmitir ou receber informações, dessa maneira a antena consegue um maior alcance de transmissão, redução de ruído e interferência, melhorando a relação sinal-ruído e a capacidade da rede (figura 12) (FREITAS, 2008).

Figura 12 – Curva de radiação de uma antena direcional.

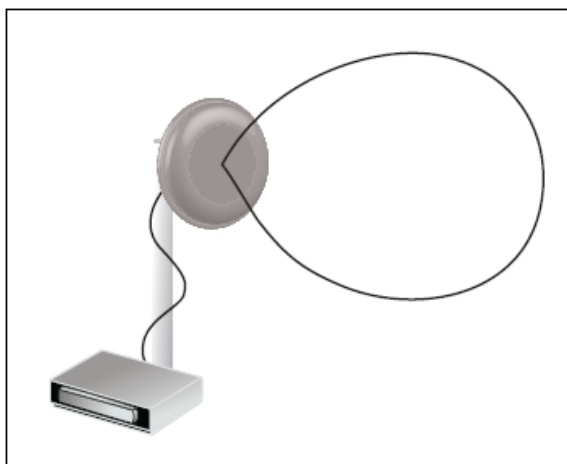


Fonte: MIDIACOM (2010).

3.2.3.3 Antenas setoriais

As antenas setoriais são um meio termo entre as antenas direcionais e omnidirecionais, ou seja, uma antena setorial apresenta um ângulo mais aberto quando comparada a uma antena direcional, porém com menores distâncias, nesse caso os receptores não precisam estar necessariamente localizados em frente a antena, como nas antenas direcionais, a podendo estar localizados geograficamente próximos (figura 13) (MIDIACOM, 2010).

Figura 13 – Curva de radiação de uma antena setorial.



Fonte: MIDIACOM (2010).

3.3 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA DAS REDES SEM FIO

Segundo Silva Filho (2004), informação é tudo aquilo que permite adquirir conhecimento e para as empresas tem uma fundamental importância na tomada de decisões. A informação digital é um dos mais importantes produtos da era atual, senão o mais importante e que pode ser manipulada de diversas maneiras, armazenada para ser lida posteriormente, modificada ou apagada. Para garantir que esse processo exista, uma série de fatores de devem ser levados em consideração, dentre eles: integridade, autenticidade, confidencialidade, não repúdio e a disponibilidade.

Nas redes sem fio essas informações são facilmente interceptadas quando se tem algum equipamento compatível, pois usam o ar como meio de transmissão, por isso foram desenvolvidas técnicas de criptografia dos dados, tornando esse tipo de comunicação mais segura para seus usuários. Os tipos de criptografia mais utilizados são: Wired Equivalent Privacy (WEP), Wi-Fi Protected Access (WPA) (SOUZA; SILVA, 2011[?]).

3.3.1 WEP

O WEP surgiu em 1999 com o intuito de oferecer usuários das redes sem fio um nível de proteção semelhante ao das redes cabeadas, fornecendo a eles:

- a) **confidencialidade**, garantindo que apenas do destinatário da mensagem possa interpretar os dados contidos nela;
- b) **autenticidade**, garantir que os usuários sejam legítimos e não invasores se passando pelos mesmos;
- c) **integridade**, garantindo que os dados cheguem ao seu destino sem perdas que possam afetar o conteúdo da mensagem.

Porém, em seus primeiros anos de vida o WEP demonstrou diversas fraquezas, tornando-se vulnerável a hackers e algumas ferramentas que são disponibilizadas gratuitamente na internet. Essas ferramentas exploram o pequeno vetor de inicialização que contém a apenas 24 bits, conseguindo quebrá-la em apenas algumas horas (CORRÊA JUNIOR, 2008).

3.3.2 WPA

Lançado pela Wi-Fi Alliance em 2003, o WPA veio para corrigir as diversas vulnerabilidades do WEP sem a necessidade de mudança de hardware e pontos de acesso. Diferente do WEP, o WPA não usa vetores de inicialização e chave fixa, que eram grandes pontos fracos da tipologia anterior. Em vez disso usa o *Temporal Key Integrity Protocol* (TKIP), nesse sistema a chave de encriptação é trocada periodicamente e uma chave que é definida na configuração da rede é usada apenas para fazer a conexão inicial. Com essas e outras melhorias o WPA tornou-se um sistema de criptografia de dados relativamente seguro (MORIMOTO, 2008).

3.3.2.1 WPA2

Em 2004 foi lançado o WPA2 que seria uma nova versão do WPA, a principal diferença entre ambos é que o WPA2 utiliza o *Advanced Encryption Standard* (AES) como algoritmo de criptografia enquanto a versão anterior utiliza o RC4 (mesmo algoritmo de criptografia utilizado no WEP). O AES usa chaves com 128 a 256 bits, por isso se torna um sistema bastante seguro (MORIMOTO, 2008).

4 “CIDADE DIGITAL” E SEU FUNCIONAMENTO

A inclusão digital vem a tempo despertando a preocupação e interesse do governo brasileiro, ONGs, empresas e escolas, ela se dá pelo acesso a informação através de um meio digital, computadores softwares e redes a indivíduos que até então não podiam ter acesso a tal informação ou meio de comunicação (SILVA NETO; CARVALHO, 2007).

A exclusão digital não afeta somente os mais carentes do ponto de vista socioeconômico, mas os trabalhadores das empresas, os indivíduos com necessidades especiais, muitos alunos e educadores que ainda não tem a oportunidade de trabalhar com esses recursos tecnológicos. Também não é um problema restrito a nosso país. Mesmo em países mais desenvolvidos, com melhor distribuição de tecnologia, a inclusão digital, ou *digital divide*, como é chamada, é uma preocupação que tem merecido a atenção de pesquisadores e entidades da sociedade civil (VALENTE, 2005).

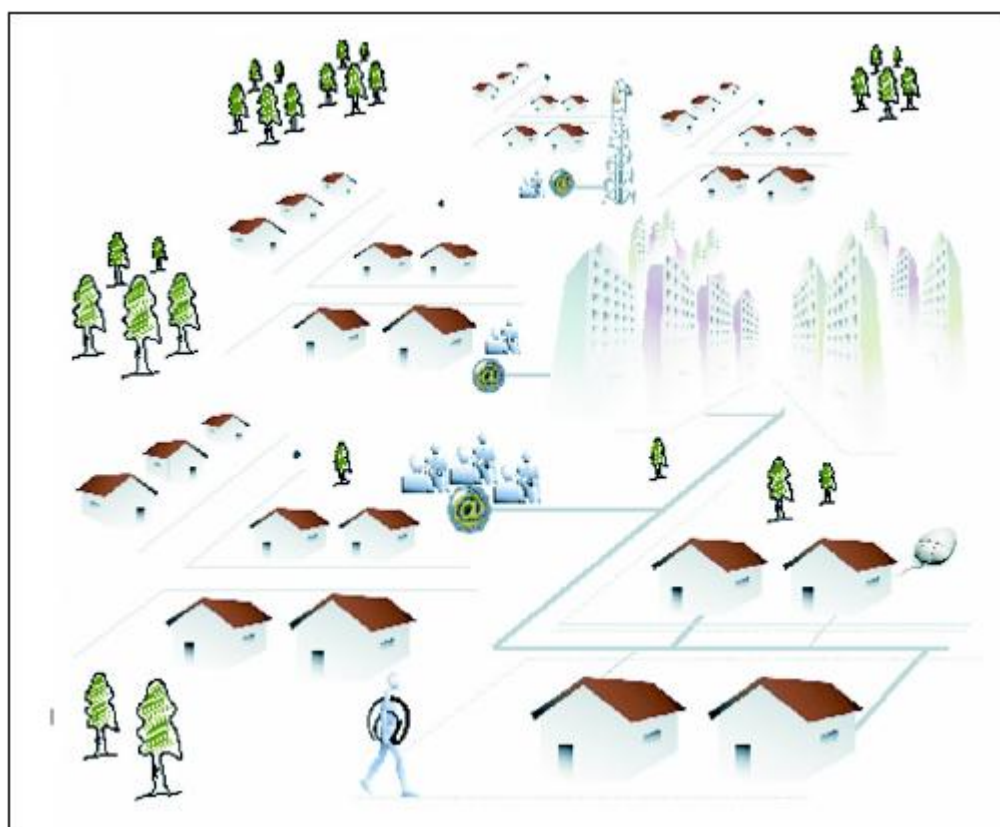
Lévy (1999) define o ciberespaço como espaço de comunicação aberto pela intercomunicação mundial dos computadores e das memórias dos computadores. Essa definição inclui o conjunto dos sistemas de comunicação eletrônicos (aí incluímos os conjuntos de redes hertzianas e telefônicas clássicas), na medida em que transmitem informações provenientes de fontes digitais ou destinadas á digitalização.

4.1 O QUE É “CIDADE DIGITAL”

Uma das definições para o termo “Cidade Digital” ou CiberCidade são as experiências que visam criar em uma determinada cidade uma infraestrutura de acesso a informação e comunicação para a população, nessa infra-estrutura podem conter portais de informações gerais e serviços de comunicação entre o governo e os cidadãos. Porém o principal objetivo é criar ciberespaços como: telecentros ou pontos de acesso a redes *Wi-Fi*, onde os cidadãos possam acessar essas informações através de seus laptops, *smartphones*, *tablets* e outros dispositivos portáteis (figura 14) (LEMOS, 2006).

Ainda para Lemos (2006) cidades como: São Francisco, Nova York, Paris, Londres, São Paulo, entre outras estão sofrendo diversas transformações na estrutura de mobilidade urbana por conta das tecnologias de redes sem fio (3G, *Wi-Fi*, *WiMAX*, *bluetooth*) essas cidades estão se tornando ambientes generalizados de conexão e mobilidade no acesso a informações, conectando máquinas e pessoas a cidade onde vivem. Em cidades contemporâneas, são os espaços públicos como: ruas, praças e parques que fazem esse ambiente de acesso, troca e controle de informação.

Figura 14 – Ilustração genérica de uma cidade digital (camada física)



Fonte: Brasil (2006)

4.2 TIPOLOGIA DAS CIDADES DIGITAIS

Para Brasil (2010), assim como as cidades possuem os diferentes níveis de urbanização, no que se refere a serviços de infra-estrutura, como: água, esgoto transporte, segurança pública, áreas de lazer, entre outros, as cidades digitais

também possuem um nível de urbanização digital, ou seja, uma classificação de como elas se encontram integradas ao ciberespaço. Essa classificação é baseada considerando os níveis de infra-estrutura de redes de telecomunicação, acesso as TICs e oferta de serviços públicos e privados. Dessa maneira é possível destacar que a classificação de uma cidade digital, depende do que ela oferece a seus habitantes em termos de conectividade, uso das TICs e acesso dos indivíduos a informação. Na classificação que também é chamada de tipologia, os níveis de urbanização digital das cidades do Brasil, é baseado em uma perspectiva sociotécnica, onde são considerados aspectos tecnológicos de conectividade e recursos disponíveis à população (tabela 2). Essa tipologia possui seis níveis de classificação, que são elas:

- a) **Cidades com acesso básico** são cidades que possuem o mínimo de recursos a disposição da sua população, limitando-se a postos de acesso e de bandas transmissão, que normalmente possuem baixas taxas de transmissão, representando uma forte barreira de entrada à sociedade informacional;
- b) **Cidades com telecentros** são cidades que já contam com provedor de acesso às redes digitais e telecentros para acesso público a Internet com o mínimo de acessibilidade, porém, também possuem limitações quanto as taxas de transmissão;
- c) **Cidades com serviços eletrônicos** são cidades que apresentam cobertura total para acesso público em toda a extensão territorial, ou seja, acesso as TICs para toda a população e disponibilização de alguns serviços públicos e privados, mas as taxas de transmissão ainda são uma barreira;
- d) **Cidades digitais pré-integradas** são cidades que também possuem cobertura total de acesso público, porém não possuem limitação de banda e os serviços públicos encontram-se em um único ambiente virtual, uma plataforma de governo eletrônico;
- e) **Cidades digitais integradas** apresentam alto grau de digitalização com cobertura total, seja para acesso público ou individual. Possuem todos os serviços públicos totalmente integrados e uma série de

serviços privados em ambiente virtual. Há um pleno uso das TICs por parte da população, elevando assim os ganhos em termos culturais.

- f) **Cidades digitais plenas** são cidades que alcançam a plenitude em termos de digitalização nos contextos sociais, econômicos, políticos e tecnológicos. Conta com serviços públicos e privados totalmente integrados criando um espaço virtual que reflete em todos os aspectos o ambiente real.

Tabela 2 – Tipologia das cidades digitais

Nível	Características de urbanização digital
Cidades digitais	
Pleno	<ul style="list-style-type: none"> - Integração de cidades, estados e países - Construções inteligentes e conectadas - Serviços públicos e privados totalmente replicados em ambiente virtual integrado - Integração de comunidades - Novo espaço público - Recursos plenos de acessibilidade, usabilidade e inteligibilidade - Cobertura total para acesso público individual - Sem limitação de banda para acesso público e individual
Integrado	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços públicos integrados em ambiente virtual - Serviços privados em ambiente virtual - Integração de comunidades (intra-urbana) - Novo espaço público - Quantidade e diversidade significativas de recursos de acessibilidade, usabilidade e inteligibilidade - Cobertura total para acesso público e individual - Sem limite de banda para acesso público e individual
Pré-integrado	<ul style="list-style-type: none"> - alguns serviços públicos e privados em ambiente virtual - Recursos mínimos de acessibilidade, usabilidade e inteligibilidade - Cobertura total para acesso público - Limitação de banda
Estágio de habilitação	
Serviços eletrônicos	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns serviços públicos e privados em ambiente virtual - Recursos mínimos de acessibilidade, usabilidade e inteligibilidade - Cobertura total para acesso público - Limitação de banda
Telecentros	<ul style="list-style-type: none"> - Acesso público à Internet - Recursos mínimos de acessibilidade - Limitação de número de telecentros e de banda
Acesso básico	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços de telecom para acesso a Internet - Limitação de pontos de acesso, banda e provedor de acesso

Fonte: Brasil (2006)

4.3 IMPLANTAÇÃO DA “CIDADE DIGITAL”

Para que uma cidade digital possa ser implantada de forma eficiente, a mesma deve ser planejada envolvendo setores público e privado, estabelecendo etapas de transição, investimentos, serviços, metas e obrigações de cada um dos envolvidos. Como visto anteriormente, foram apresentados seis níveis de urbanização digital para as cidades brasileiras. Para a implantação em níveis mais elevados, há uma maior complexidade, ou seja, a exigência de ações bem planejadas, disponibilização de serviços de telecomunicações e integração de todos os serviços públicos e privados em ambiente virtual. Exige também um diagnóstico da situação atual da cidade para verificar o seu nível de urbanização digital e ações personalizadas com papéis e responsabilidades bem definidas e claras. Uma cidade digital deve considerar em sua implantação serviços de acesso a informação, locais de geração e consumo de conteúdos comunitários e multiculturais, a disponibilização de serviços públicos em meio eletrônico para a população e posteriormente uma ampliação de desse sistema, tornando-o disponível não apenas localmente, mas também regional ou nacionalmente (BRASIL, 2006).

4.3.1 Etapas de implementação da cidade digital

Baseado em sua pesquisa Simão (2010), diz que para obter sucesso na implantação de projetos de cidades digitais, a Administração Pública Municipal (APM) deve efetuar as seguintes ações:

- a) realizar análise preliminar sobre a possibilidade de se transformar em uma cidade digital;
- b) definir um grupo de trabalho para estudar o tema;
- c) realizar levantamento sobre os níveis de apropriação e uso de TICs na cidade;
- d) buscar as melhores práticas de implantação de projetos de cidades digitais;
- e) definir o escopo do projeto;
- f) elaborar um estudo de viabilidade;

- g) elaborar um projeto;
- h) enviar o projeto para o Legislativo Municipal;
- i) elaborar o edital;
- j) avaliar as propostas;
- k) implementar o projeto;
- l) solicitar licença de operação da Anatel;
- m) elaborar uma campanha de divulgação do projeto;
- n) realizar estudo de impacto econômico e social do projeto;
- o) inaugurar o projeto;
- p) avaliar o projeto;
- q) buscar sustentabilidade do projeto;
- r) expandir o projeto.

5 MUNICÍPIOS DO BRASIL E A CIDADE DE SOMBRIO

Neste capítulo será apresentado um pouco da realidade dos municípios brasileiros em relação a sua informatização e também informações sobre o município de Sombrio, estrutura da cidade, perímetro urbano, população, entre outros.

5.1 MUNICÍPIOS BRASILEIROS E A INFORMATIZAÇÃO

Contribuindo para o desenvolvimento econômico, político e social do país, a inclusão digital e produção de conhecimento são fatores imprescindíveis e devem ser tratados como direito universal. Como um dos direitos inalienáveis do ser humano é o direito a informação e comunicação, o uso das novas tecnologias de informação, comunicação e produção de informação deve ser tratado como um novo direito humano fundamental. Contudo, para que esse novo direito seja assegurado às prefeituras, estado e a união devem incluir em seus programas de governo políticas e ações de inclusão digital de forma que possam atender toda a população, inclusive as classes menos favorecidas. Em uma Pesquisa de Informações Básicas Municipais verificou que em 2006 dos 5.565 municípios brasileiros 2.944 possuíam esse tipo de ação, em 2012 esse número passou para 5.034, num percentual de 90,5% dos municípios de Brasil que possuem ações de inclusão digital. Veja na tabela 3, dados da pesquisa realizada em 2012 (IBGE, 2013).

Ainda para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2013), dentre as ações necessárias para uma política ou plano de inclusão digital que ofereça aos munícipes meios de produção e difusão de conhecimento estão:

- a) a disponibilização pela prefeitura de acesso público e gratuito à Internet através de centros de acesso;
- b) informações e serviços de inúmeros órgãos públicos disponibilizados em quiosque ou balcão informatizado;
- c) estabelecer uma ponte entre possíveis parceiros (doadores de equipamentos e prestação de serviços nas áreas de informática e telecomunicações) e as comunidades carentes do município, a fim de

promover o acesso à Internet e aos computadores aos indivíduos menos favorecidos;

d) a criação de Telecentros (espaços com computadores conectados à Internet, com uso livre dos equipamentos, cursos de informática e oficinas especiais);

e) a instalação de computadores na rede pública municipal de ensino com acesso à internet para utilização de alunos e professores.

Tabela 3 – Municípios com política ou plano de inclusão digital com parceiros das ações, segundo as Grandes Regiões e as classes de tamanho da população dos municípios – 2012.

Grandes Regiões e classes de tamanho da população dos municípios	Municípios							
	Total	Com política ou plano de inclusão digital (%)						
		Total	Parceiros das ações (1)					
			Governo Federal	Governo Estadual	Outro município	Iniciativa privada	outros	Por iniciativa exclusiva da prefeitura
Brasil	5 565	90,5	76,9	38,1	0,5	5,3	3,3	26,3
Norte	445	84,2	78,3	36,0	0,5	5,3	4,2	20,6
Nordeste	1 794	89,7	83,2	34,3	0,4	3,0	3,0	20,3
Sudeste	1 668	93,1	72,2	54,0	0,5	6,6	2,6	26,2
Sul	1 188	89,2	71,6	22,8	0,8	6,3	3,4	37,5
Centro-Oeste	466	92,9	81,5	34,4	0,2	7,2	5,8	26,6
Classes de tamanho da população dos municípios								
Até 5 000	1 298	89,7	78,0	29,4	0,6	2,5	2,4	22,9
De 5 001 a 10 000	1 210	88,9	78,8	34,6	0,4	4,6	1,9	21,0
De 10 001 a 20 000	1 388	90,1	77,5	41,6	0,5	3,4	3,0	25,3
De 20 001 a 50 000	1 054	91,0	74,7	45,2	0,5	8,3	4,7	28,3
De 50 001 a 100 000	327	93,6	75,2	47,1	-	8,2	4,9	35,6
De 100 001 a 500 000	250	96,4	73,0	40,7	1,2	14,9	5,8	47,3
Mais de 500 000	38	97,4	62,2	24,3	5,4	18,9	16,2	56,8

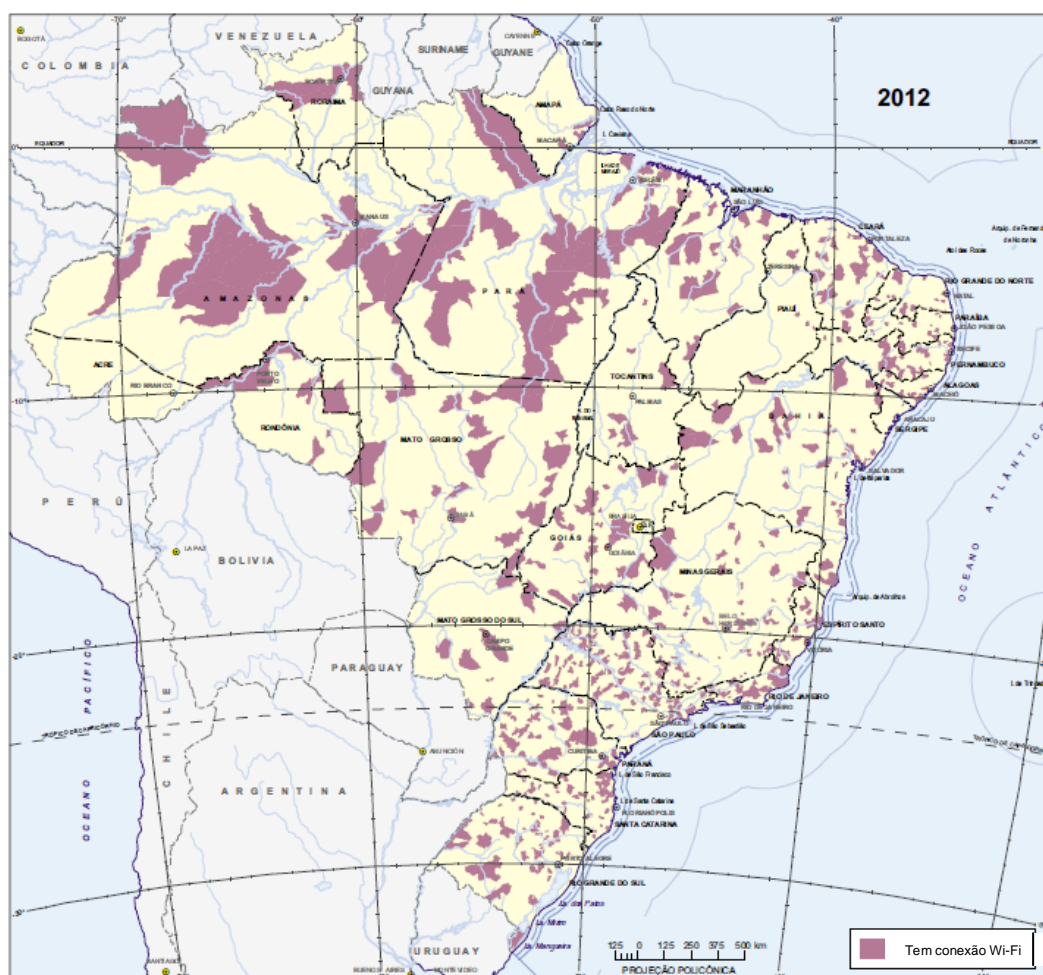
Fonte: IBGE (2013)

A pesquisa ainda mostrou que 795 municípios brasileiros possuem acesso a internet via *Wi-Fi* garantido pela prefeitura. Onde grande maioria encontram-se nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. A figura 15 mostra no mapa as cidade que disponibiliza o serviço (IBGE, 2013).

O estado de Santa Catarina (SC) possui 53 cidades com características mínimas para serem consideradas cidades digitais (figura 16), ou seja,

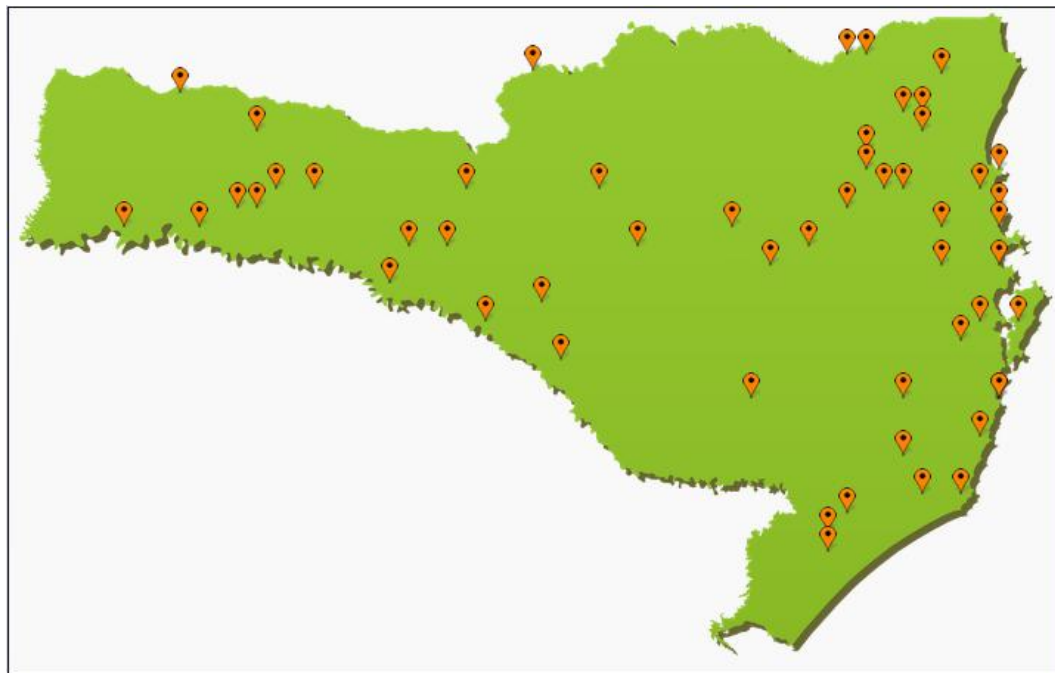
disponibilizam aos seus cidadãos em sua área total ou parcial sinal de internet sem fio gratuitamente, locais de acesso público com computadores conectados a internet e/ou oferecem serviços e ferramentas de governo eletrônico. Dentre essas cidades algumas delas foram selecionadas pelo programa Cidade Digital do Governo Federal, são elas: Joaçaba, Araquari, Curitibaanos, Guaramirim, São Francisco do Sul e São Joaquim. O programa tem o objetivo de modernizar a gestão, conectando órgãos públicos municipais, oferecendo serviços da administração, capacitação para servidores e a população e pontos de acesso à internet para os munícipes (REDE CIDADE DIGITAL, 2012[?]).

Figura 15 – Municípios onde a prefeitura o acesso à internet por conexão Wi-Fi - 2012



Fonte: IBGE (2013)

Figura 16 – Cidades com iniciativas digitais



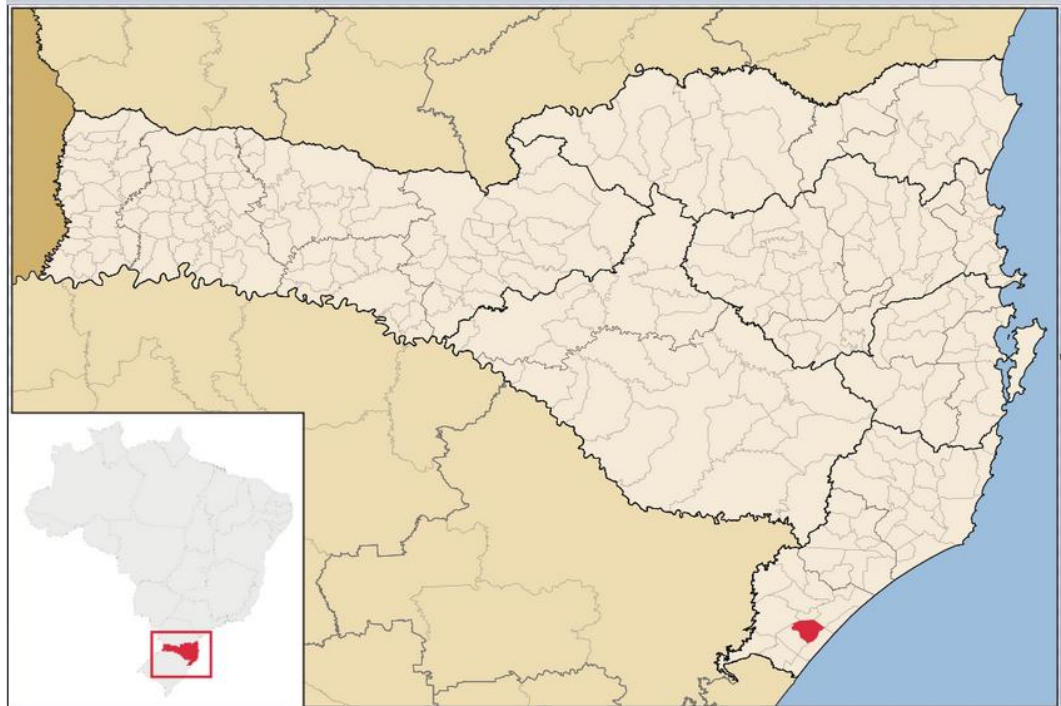
Fonte: Rede Cidade Digital (2012[?])

5.2 MUNICÍPIO DE SOMBRIO

O município de Sombrio é um dos 15 municípios pertencentes à Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense (AMESC), faz limite com os municípios de Santa Rosa do Sul, Araranguá, Ermo, Jacinto Machado e Balneário Gaivota (figura 17). Possui área territorial de 142,7 Km². Com uma população de 28.209 habitantes o município de Sombrio tem grande destaque no turismo de compras que conta com grandes Centros Atacadistas que distribuem para todo o Brasil artigos de moda e vestuário produzidos na cidade. Outros setores de destaque como a indústria cerâmica e agropecuária também fazem parte da economia local (AMESC, 2013[?]).

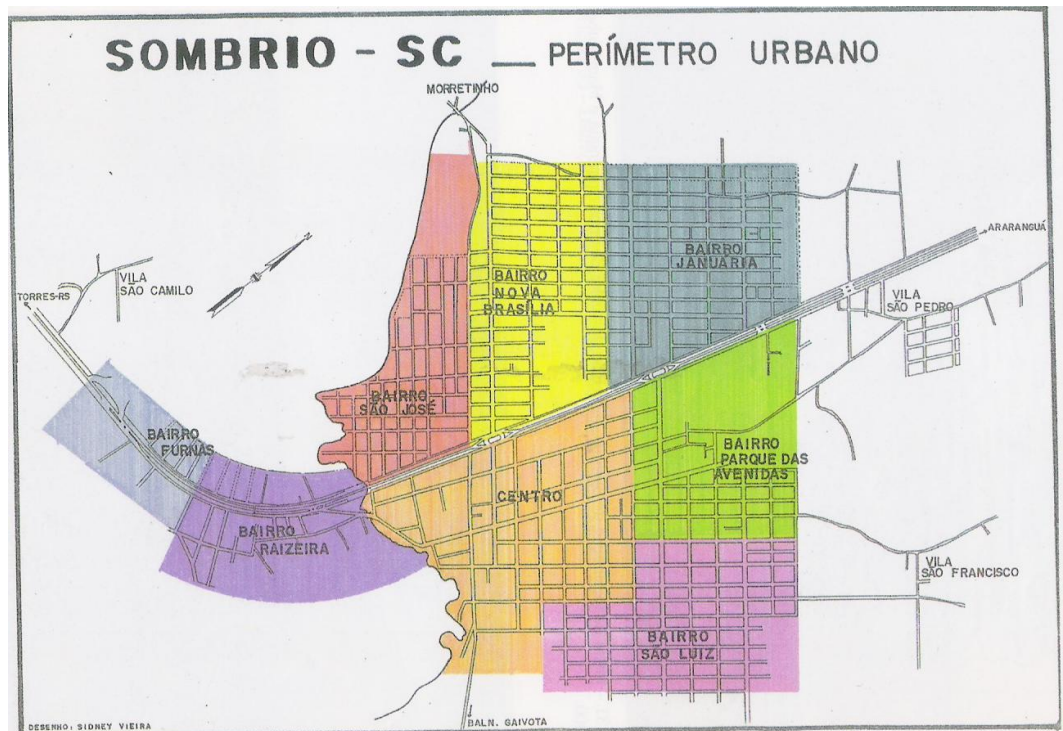
A figura 18 mostra o perímetro urbano de Sombrio e os bairros que fazem parte dele, entre os bairros mencionados encontra-se o bairro Centro, local onde há intenção de iniciar o projeto de implantação de sistema de internet gratuita para toda a população.

Figura 17 – Localização de Sombrio em Santa Catarina



Fonte: Wikipédia (2006)

Figura 18 – Mapa do perímetro urbano da cidade de Sombrio



Fonte: Farias (2000)

5.3 TRABALHOS CORRELATOS

Os trabalhos apresentados neste capítulo em sua grande maioria apresentam casos de uso ou projetos a respeito da implementação das cidades digitais.

5.3.1 Projeto WLAN proposto para prefeitura municipal de Sombrio

O projeto WLAN tem o objetivo de integrar todos os órgãos públicos da prefeitura municipal de Sombrio através de redes sem fio. Para isso foram utilizadas pesquisas de campo e entrevistas com servidores municipais para o levantamento de dados da rede atual. Com os dados em mãos, desenvolveu-se o projeto no padrão 802.11n, conhecido como *Wireless Local Area Network* (WLAN), que é utilizado para redes locais que trabalham em faixas não licenciadas. O projeto contou com o auxílio de softwares como o Radio Mobile que é uma ferramenta bastante útil no planejamento de uma rede sem fio, para a segurança dos dados com essa integração dos órgãos municipais foi utilizado o WAP2. Os benefícios da integração são visíveis, seja na rede da saúde, gestão eficiente na educação, possibilitando a utilização do Voice over Internet Protocol (VoIP), utilização de câmaras IP, dentre outras vantagens (CORREA; BITENCOURT, 2013).

5.3.2 Estruturando o Governo Municipal para a construção de uma Cidade Digital

Buscando tornar-se uma cidade digital, o município de São Lourenço do Oeste criou um projeto que foi dividido em duas etapas, onde em um primeiro momento será implantado o “Governo Eletrônico”, que visa equipar toda a infraestrutura da prefeitura com equipamentos de informática e telecomunicação. Um segundo momento do projeto tem o objetivo de levar a tecnologia aos cidadãos do município. Como resultado desse projeto tem-se uma cidade com o uso de tecnologia de ponta para servidores e munícipes, que podem desfrutar dos novos meios de comunicação implantados na cidade, gerando assim uma economia capaz

de manter e ampliar o projeto, levando a todos o acesso a internet, que é tão importante nos dias de hoje (TOCHETTO, 2009).

5.3.3 Cidade Digital Estratégica: Modelo e Aplicação em um Município Paulista

Este trabalho tem como objetivo descrever um modelo e projetar uma Cidade Digital Estratégica para o município de Vinhedo-SP, a cidade faz parte da Região Metropolitana de Campinas e tem a intenção de disponibilizar aos seus gestores e cidadãos informações, sistemas e serviços. A metodologia utilizada foi uma pesquisa-ação envolvendo servidores municipais e cidadãos. Como conclusão o estudo destacou a importância de um bom planejamento das estratégias para a implantação do projeto, envolvendo toda a comunidade, objetivando a democratização do espaço público, transparência, governabilidade, desenvolvimento social, urbano e regional. Trazendo assim uma melhor qualidade de vida para os munícipes (REZENDE, 2012).

5.3.4 Concepção de um modelo de cidade digital baseado nas necessidades informacionais do cidadão: o caso dos municípios brasileiros de pequeno porte

Este trabalho tem como objetivo de oferecer um Modelo para a Implantação de Cidade Digital (MICD) para municípios com menos de 100 mil habitantes em áreas urbanas. A pesquisa baseado-se nas melhores práticas já utilizadas nos municípios brasileiros e nas recomendações dos órgãos internacionais de telecomunicação, através de pesquisa em literatura relacionada ao tema de cidades digitais, e também em documentos de conceituados órgãos internacionais, como a Associação Ibero-americana de Centros de Pesquisa e Empresas de Telecomunicações (AHCJET), aplicação de métodos de pesquisa qualitativa, e na coleta de dados com os cidadãos e servidores públicos a respeito do uso das TICs. Como resultado, a pesquisa mostra que para a implantação de uma cidade digital é necessário a realização de uma pesquisa a fim de diagnosticar a apropriação dos cidadãos quanto ao uso das TICs. Também é possível concluir que as iniciativas de

implantação das cidades digitais em municípios pequenos não levam em consideração as boas práticas de projetos similares e conta com pouca participação de universidades e centros de pesquisa para auxiliar nos projetos. Diante da coleta e análise dos dados recolhidos, a aquisição de conhecimentos a partir da revisão de literatura e recomendações dos órgãos da área de telecomunicações, foi possível concluir a elaboração do MICD (SIMÃO, 2010).

5.3.5 Cidades Digitais: Uma Metodologia para implementação

Este trabalho mostra a conceituação, exemplos de cidades digitais no Brasil e no mundo e que o custo e esforço da implantação são justificados pelos benefícios trazidos aos usuários. A metodologia utilizada é através da apresentação de modelos técnicos que garantem o funcionamento dos serviços, aplicações e sustentabilidade do projeto. E como forma de validação, um projeto real de uma cidade com um diagnóstico para verificar a possibilidade de implantação de uma Cidade Digital com os recursos disponíveis na cidade. O estudo de caso foi realizado na Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, que tinha como objetivo principal, reduzir os custos com telefonia em um governo municipal, porém com a análise aplicada, não se mostrou possível alcançar o objetivo. Mas a implementação de uma Cidade Digital que pode disponibilizar diversos outros serviços, beneficiando o governo municipal, a população e empresas locais, acaba se tornando um projeto viável. Implementar uma Cidade Digital não é um processo simples nem barato, mas com auxílio de programas governamentais podem ser acessíveis, e os benefícios podem ser colhidos na gestão governamental, na educação e no desenvolvimento da economia local e dos cidadãos (ALMEIDA, 2010).

6 SOMBRIO DIGITAL

O número de cidades que disponibiliza redes sem fio a seus municípios tem crescido rapidamente e os modelos de implantação desses sistemas variam de cidade para cidade. Algumas delas constroem apenas áreas, as *hot zones*, que são pontos de acesso público em centros, áreas comerciais, parques, entre outros. Os governos municipais estão cada vez mais envolvidos na construção e gestão de redes banda larga sem fios. Os avanços da tecnologia *wireless* tem facilitado o envolvimento dos governos locais nesse processo, onde normalmente são atendidas as comunidades negligenciadas ou mal atendidas pelas operadoras de banda larga, comunidades essas que são atendidas por outros serviços municipais, como serviços elétricos por exemplo, demonstrando grande vantagem aos municípios pois esses grupos comunitários controlam localizações-base da antena e tem postes de luz e semáforos que fornecem energia elétrica para manter o ponto de acesso (BAR; GALPERIN, 2006).

Este trabalho tem como objetivo estudar a implantação pontos de acesso a redes sem fio na cidade de Sombrio-SC, fornecendo internet gratuita a toda a população, de forma que os municípios tenham acesso à informação, pública e gratuita, esse é o primeiro passo, rumo a se tornar uma cidade digital.

6.1 ESTUDO DO PROGRAMA CIDADES DIGITAIS

O programa Cidades Digitais é um programa do Ministério das Comunicações (MC), que visa modernizar a gestão, ampliar o acesso aos serviços públicos e promover o desenvolvimento dos municípios brasileiros por meio da tecnologia. A ideia de estudar esse programa é tomá-lo como base na implementação do projeto na cidade de Sombrio buscando em seus princípios e objetivos métodos para o desenvolvimento do projeto.

O projeto-piloto foi feito em 2012, onde 80 municípios brasileiros foram contemplados, dos quais 24 desses municípios estão na região sul do país. Em Santa Catarina apenas os municípios de Araquari, Curitibanos, Guaramirim, São Francisco do Sul e São Joaquim receberam os benefícios do programa. Em 2013, o

programa Cidades Digitais foi incluído no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. Nesta etapa do programa foram selecionados 262 municípios com população de até 50 mil habitantes (BRASIL, 2012[?]).

O programa tem os princípios de buscar a afirmação da cultura digital, através da inclusão digital, do software livre e da criação e circulação da informação, onde a construção de uma cultura digital por meio de uma política pública estratégica seja democrática e transformadora, e a inclusão digital vista como um exercício da cidadania que possibilita o desenvolvimento cultural, educacional, social e econômico de toda a sociedade. A fim de atingir os objetivos deve-se firmar vínculos colaborativos entre governo federal, governos locais, sociedade e setor produtivo.

O programa Cidades Digitais foi instituído por meio da Portaria Nº 376, de 19 de agosto de 2011, publicada no Diário Oficial da União em 22 de agosto de 2011. Nessa portaria, as Cidades Digitais são definidas como redes digitais locais de comunicação nos municípios brasileiros, voltadas para a inclusão digital, tendo como objetivos:

- a) a melhoria da qualidade e transparência na gestão pública;
- b) a democratização do acesso;
- c) o fomento à economia criativa e sustentável;
- d) a criação e desenvolvimento de conteúdos;
- e) a construção de ambientes de colaboração em redes abertas.

Como visto anteriormente o programa cidades digitais tem a contribuir para este projeto com seus princípios e objetivos, porém não contribui em questões de especificações, como: locais de instalação dos pontos de acesso e equipamentos. O projeto que será implantado em Sombrio é apenas uma parte do que trata o programa cidades digitais, que busca implantar nas cidades contempladas uma cidade digital com muitos outros recursos além fornecer pontos de acesso a redes sem fio.

6.2 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE

O projeto teve início na segunda metade do ano de 2013 em fase

experimental, onde foram implantados o Centro de Gerenciamento de Rede (CGR) e o Ponto de Acesso (PA) rótula central e a instalação de um sistema de controle de usuário. Nessa primeira fase de implantação o sistema não funcionou corretamente, apresentando algumas falhas, como o PA rótula central, que apresentou algumas falhas no equipamento, dificultando a conexão dos usuários. E também o sistema de controle de usuário, que dentre outras limitações, exigia no cadastro uma senha, causando um certo transtorno aos usuários que a esqueciam.

Diante disso o projeto precisou passar por uma nova fase de implantação, onde foram feitas as correções no PA rótula central e no sistema de controle de usuário. Juntamente com essas alterações foi feita uma ampliação do sistema e é essa nova fase de implantação que será relatada nesse trabalho.

6.2.1 Projeto experimental

Para formar o CGR, foi disponibilizado pela prefeitura, uma cobertura no alto de um prédio localizado em uma área central do município. O CGR é o nó principal da rede, é ele que recebe o link de internet e fica responsável por distribuir para todas os PAs.

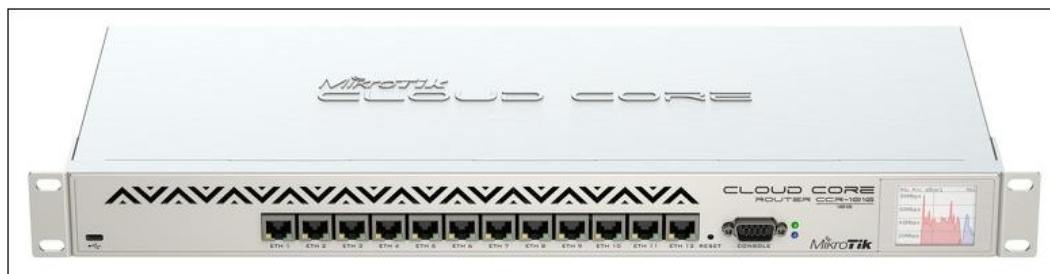
Para a primeira etapa do sistema do sistema optou-se pela contratação de um link compartilhado, por ser de baixo custo de instalação e utilização e que atenderá de forma satisfatória essa primeira etapa de implantação do sistema. Para isso foi contratado de uma empresa local um link de 10 megabits de velocidade. A empresa também se responsabilizou em levar o link até o servidor.

O servidor é responsável por fazer o controle da rede, distribuindo o link de internet e controlando usuários e equipamentos que se conectam ao sistema. Para executar essa tarefa optou-se por usar uma routerboard, por ser um equipamento próprio para esse fim, atenderem as necessidades do sistema e serem de fácil configuração e instalação.

O equipamento utilizado para fazer o gerenciamento da rede foi a Routerboard Mikrotik CCR1016-12G (figura 19). As principais características dessa versão é a velocidade de 2000 megabits de memória RAM e as 12 portas LAN que possui. Sendo assim, o equipamento atenderá as exigências do sistema e está apto

para uma possível ampliação do mesmo. Veja na tabela 4 as especificações do equipamento.

Figura 19 – Routerboard



Fonte: Do autor.

Tabela 4 – Especificações da Routerboard

Especificações	
Frequência nominal da CPU	1.2 GHz
Número de núcleos	16
Memória RAM	2 GB
Arquitetura	Tile GX
Portas Ethernet 10/100/1000	12
Portas USB	1
Voltagem	12 V – 28 V
Monitor de voltagem	Sim
Monitor de temperatura da CPU	Sim
Dimensão	355x145x55mm
Sistema operacional	RouterOS v6 (64 bits)
Faixa de temperatura operacional	Temperatura ambiente entre -10C e 50C; @1.2Ghz; 70C @1Ghz CPU core frequency
Licença nível	6
Monitor de corrente	Sim
CPU	TLR4-01680CG-12CE-A3a
Consumo máximo	38W
Tipo de slot USB	microUSB type AB
Porta serial	RS232

Fonte: Do autor

Conectada a essa routerboard uma antena direcional que faz a ligação em um link ponto-a-ponto com o PA rótula central.

No PA rótula central, que é responsável por receber o sinal de internet do CGR e distribuir para a população local, tem instalado um equipamento que recebe o sinal que vem do CGR e um Customer Premises Equipment (CPE), que é um equipamento indicado para sistemas de internet via rádio e construção hotspots.

E instalado nesse servidor um sistema de controle de usuário, responsável por fazer a captura e o armazenamento dos dados dos usuários do sistema. O sistema exigia do usuário um cadastro incluindo alguns dados como: CPF, email, telefone e senha.

6.3 GRUPO DE TRABALHO

Para Simão (2010) um ponto importante no desenvolvimento e implementação do projeto é a escolha dos membros que farão parte do grupo de trabalho. Segundo ele a equipe deve ser a mais disciplinar possível e ter representantes dos setores envolvidos e também representantes da comunidade. As pessoas envolvidas no projeto devem ter ideais voltados à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e de que o projeto não pode ser visto como propriedade do governo, mas sim da administração municipal e da comunidade, garantindo que o trabalho tenha continuidade independentemente da alternância do poder local.

Para formar o grupo de trabalho foi contratado pela prefeitura municipal, a empresa DellSystem que é a responsável pelo projeto e implementação do Sombrio Digital. E na fase de ampliação do sistema contou com o acompanhamento e a participação do acadêmico responsável por este trabalho. O projeto conta também com a participação, através de consultas, de outros envolvidos no projeto como o prefeito municipal e líderes comunitários.

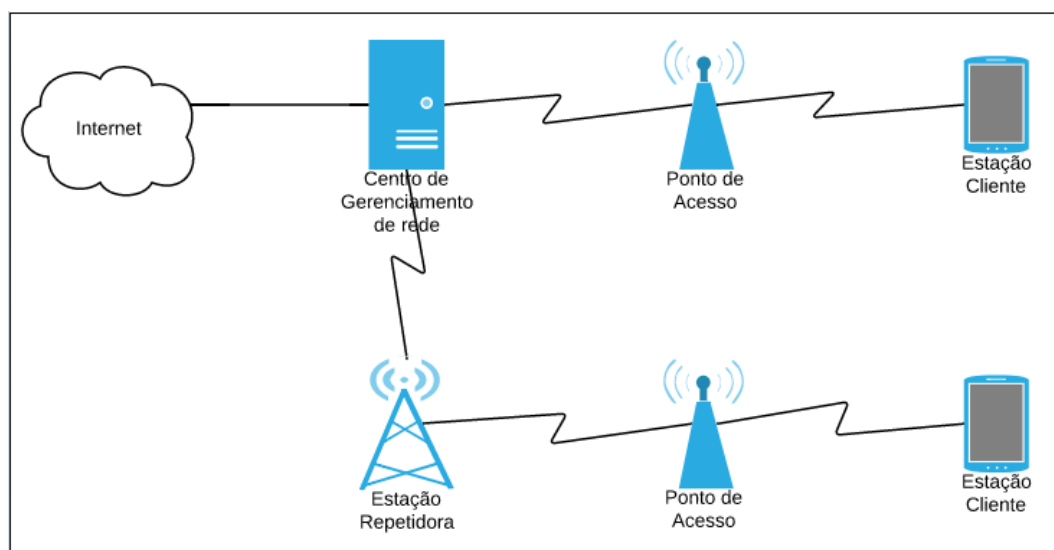
6.4 PROJETO DE AMPLIAÇÃO

Visando oferecer uma conexão a rede mundial de computadores (internet) de forma gratuita para a população de Sombrio, o projeto atende dez pontos espalhados pelo município, os mesmos serão instalados em praças e parques públicos, que são locais de grande circulação de pessoas.

Segundo Correa e Bitencourt (2013), que em seu projeto WLAM proposto para a prefeitura de Sombrio, indicaram a tecnologia sem fios como solução para viabilizar o projeto. Esse projeto tem o propósito de implantar na cidade de Sombrio um modelo de cidade digital que faz a interconexão de todos os órgãos públicos municipais. A tecnologia sem fio está se tornando cada vez mais popular por seu baixo custo e flexibilidade. O projeto ainda aponta que o padrão de rádio frequência a ser utilizado para interconectar os nós do sistema é o 802.11n que opera em uma frequência não licenciada de 5.8 Ghz.

O projeto é composto por um Centro de Gerenciamento de Rede (CGR), que é o nó principal da rede, onde fica localizado o servidor e as antenas responsáveis por distribuir o link de internet, uma Estação Repetidora (ER), que repelem o sinal para os locais fora de alcance do CGR e os PAs, que captam o sinal do CGR e distribuem às estações clientes (figura 20).

Figura 20 – Topologia da Rede



Fonte: Do autor.

6.5 LEVANTAMENTO DE DADOS DO MUNICÍPIO

O primeiro passo para que uma cidade se torne digital é definir os objetivos, características e necessidades que serão implantadas no município e para isso faz-se necessário um levantamento de dados para descobrir, a quantidade de

conexões que a cidade terá, quais as conexões e as necessidades em cada uma dessas conexões (aplicações, áudio, vídeo, etc.). Além disso, a elaboração do projeto deve ser precedida de consultas às autoridades municipais, funcionários públicos, líderes comunitários e todos os envolvidos no projeto (INATEL, 2010[?]).

O município de Sombrio (figura 21) está localizado no extremo sul catarinense, mais precisamente na microregião da AMESC. Com uma população de 26.613 habitantes, onde 19.638 vivem em área urbana, área onde preferencialmente será implantado o projeto piloto do Sombrio Digital (IBGE, 2014).

Figura 21 – Localização de Sombrio na região da AMESC



Fonte: IBGE, (2014)

6.5.1 Bairros atendidos e quantidade de pontos de acesso

A ampliação do Sombrio Digital irá colocar mais nove pontos de acesso a internet pública e gratuita para toda a população. Esses PAs serão localizados em pontos estratégicos da cidade, que são os bairros que fazem parte do perímetro urbano, onde há uma maior densidade demográfica e possivelmente um maior número de usuários do sistema. A escolha desses PAs leva em consideração fatores como: população e disponibilidade de local para a instalação da antena.

Os bairros que serão atendidos pelo sistema são:

- a) Bairro Centro;
- b) Bairro Parque das Avenidas;
- c) Bairro São Luiz;
- d) Bairro Raizeira;
- e) Distrito Nova Guarita;
- f) Bairro Januária;
- g) Bairro São José;
- h) Bairro Nova Brasília;
- i) Distrito de Boa Esperança.

Figura 22 – Mapa do perímetro urbano de Sombrio

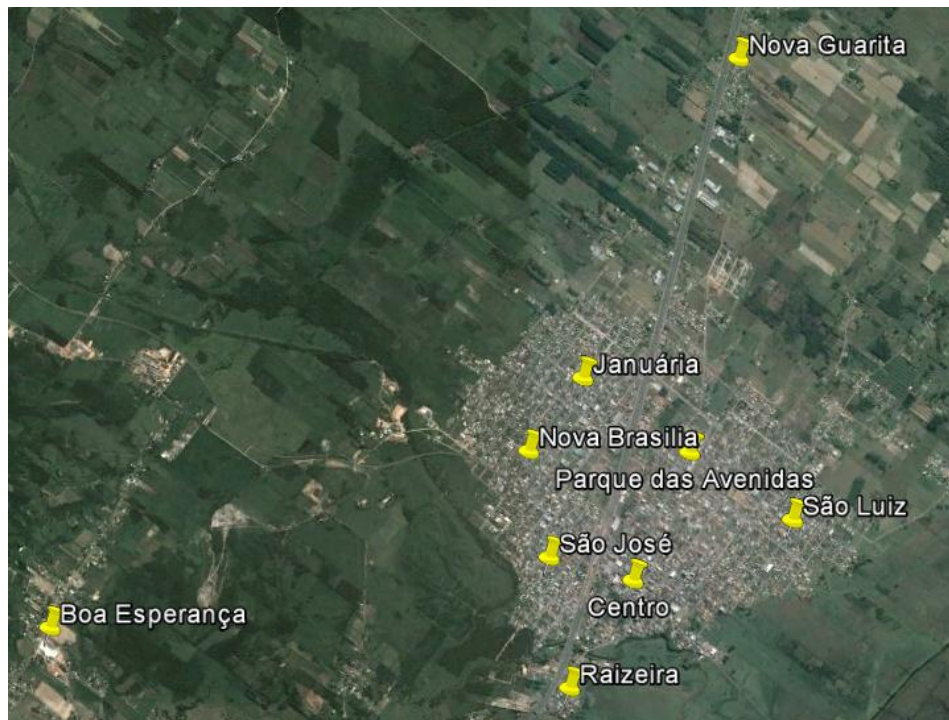


Fonte: Do autor

A figura 22 mostra a disposição de alguns desses bairros no mapa de Sombrio, a exceção é o Distrito de Boa Esperança, que pode-se verificar sua localização em relação aos outros bairros na figura 23.

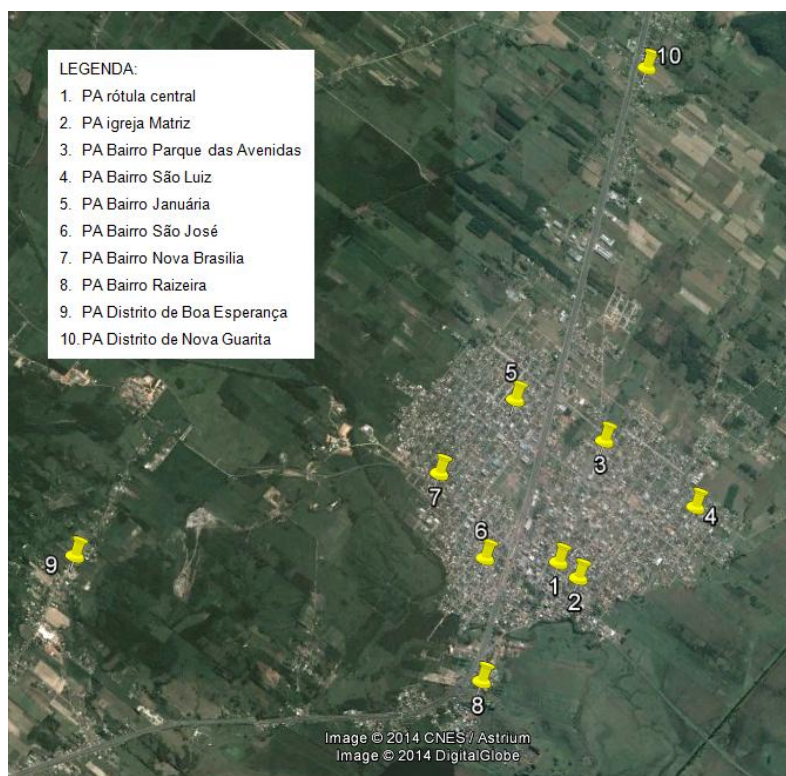
Ao todo serão nove bairros atendidos pelo sistema sendo que o bairro Centro receberá dois PAs, uma delas na rótula central do município, no cruzamento das avenidas Getúlio Vargas e Nereu Ramos e a outra será na praça em frente a igreja matriz do município de Sombrio. Os demais bairros receberão apenas um PA em a cada localidade. A figura 24 mostra os locais que irão receber os pontos de acesso.

Figura 23 – Bairros atendidos pelo programa



Fonte: Do autor.

Figura 24 – Localização dos pontos de acesso



Fonte: Do autor.

6.6 ANALISES DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO

Após a etapa de levantamento de dados, onde foram definidos os bairros que serão atendidos pelo sistema e o local que será instalado os PAs, faz-se necessário uma análise que viabiliza a instalação do PAs em relação ao CGR. Essa análise foi realizada pelo acadêmico responsável por esse trabalho através do software Radio Mobile e será utilizada na instalação dos demais PAs.

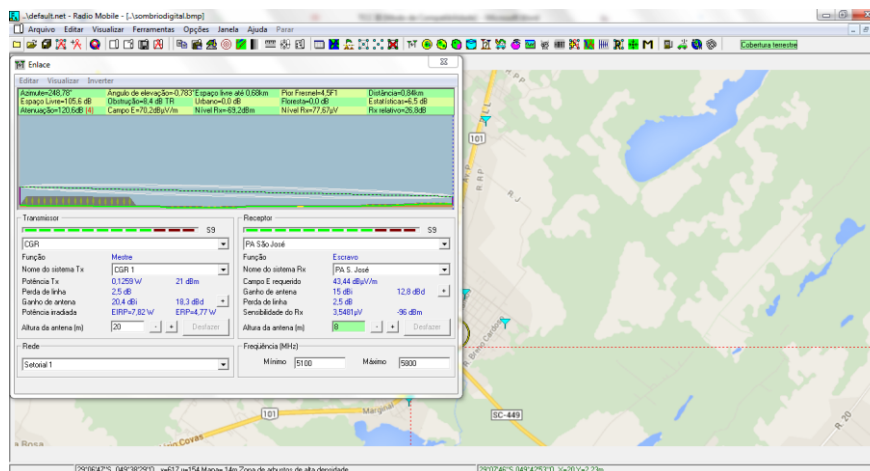
6.6.1 Radio Mobile

Segundo Flickenger, et al (2008) Radio Mobile é um software que faz a simulação da propagação de sinal de radiofrequência e funciona em sistemas que operam na faixa de frequência entre 100KHz e 200GHz. O programa permite que sejam retirados mapas de elevação de áreas específicas, através de um modelo digital de elevação do terreno (*digital terrain elevation model*), fazendo assim, o cálculo da cobertura e indicando a potência do sinal. Esses mapas digitais de elevação (*digital elevation maps*) são disponibilizados livremente em diversas fontes e cobrem a maior parte do mundo. Além disso, o sistema também mostra dados como:

- a) azimute, que é a posição da antena em relação ao norte em graus contados no sentido horário;
- b) distância entre as estações;
- c) pior caso;
- d) entre outros.

O software foi criado por Roger Coudé e pode ser baixado gratuitamente no site www.cplus.org/rmw/, pedindo apenas uma colaboração anual para quem utiliza o software profissionalmente. Sua utilização e configuração são relativamente simples, bastando apenas a inserção dos mapas e equipamentos e a marcação dos locais que receberão as antenas, que para ser mais exato, pode ser importado de marcações no Google Earth. A figura 25 mostra um screenshot do Radio Mobile.

Figura 25 – Tela do sistema Radio Mobile



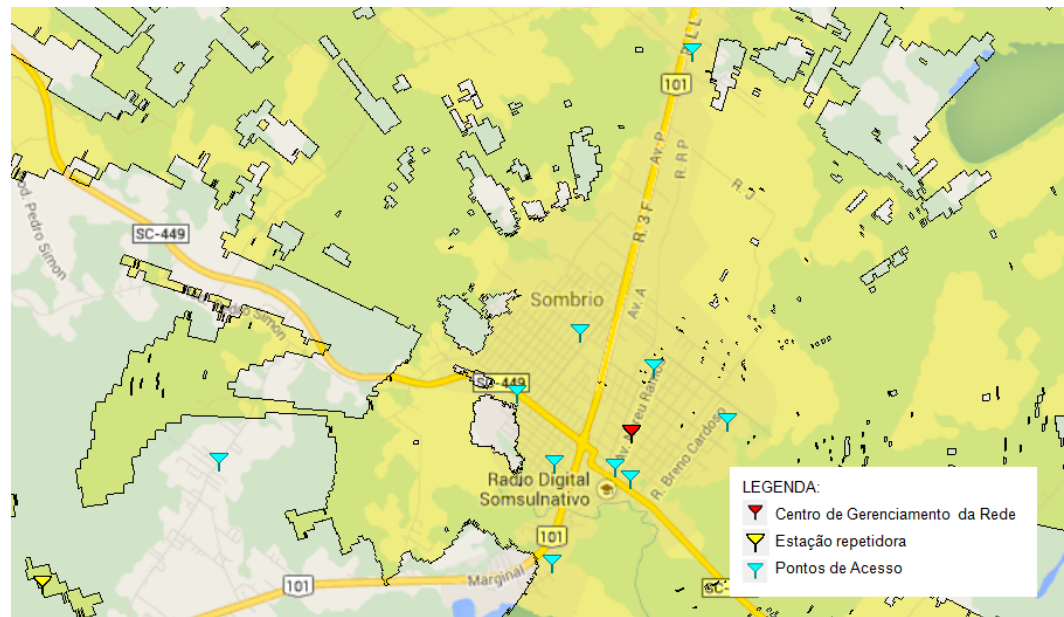
Fonte: Do autor.

6.6.2 Centro de Gerenciamento de Rede

No CGR devem ser instaladas as antenas que transmitirão o sinal da internet até os PAs que estarão espalhados pelo município. A figura 26 mostra a localização dos CGR e sua projeção de cobertura visual. Serão 3 antenas setoriais, cada uma delas será responsável por distribuir o sinal aos PAs que estão ao seu alcance, que são:

- a) **setorial 1:** com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 208° , atenderá os PAs da Rótula Central, Igreja Matriz, Bairro São José, e Bairro Raizeira;
- b) **setorial 2:** com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 50° , atenderá os PAs do bairro Parque das Avenidas, bairro São Luiz e Distrito Nova Guarita;
- c) **setorial 3:** com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 298° , atenderá os PAs do distrito de Boa Esperança, bairro Nova Brasília e bairro Januária (figura 27).

Figura 26 – Cobertura visual a partir do Centro de Gerenciamento da Rede



Fonte: Do autor.

Figura 27 – Alcance das antenas setoriais



Fonte: Do autor.

A tabela 5 mostra a especificação das antenas setoriais do CGR obtidas através do software Radio Mobile.

Tabela 5 – Características das antenas setoriais

	Características das antenas setoriais
Frequência	5.8 GHz
Potência de transmissão	23 dBm (0,1995262 Watts)
Sensibilidade do receptor	-92 dBm
Ganho da antena	20 dBi
Tipo de antena	Setorial (abertura 90°)

Fonte: Do autor

A partir da exploração desses dados, faz-se necessário uma análise para verificar a viabilidade de conexão entre as antenas instaladas no CGR e as antenas instaladas nos PAs.

6.6.3 Analise dos pontos de acesso

O Radio Mobile permite verificar a viabilidade de um entre dois pontos em uma conexão sem fio a partir da obtenção de dados sobre o relevo da região encontrada em diversas fontes a ser avaliada, o programa consegue calcular o enlace, garantindo assim a que a conexão funcione satisfatoriamente. Para essa análise foram obtidos no *United States Geological Survey* (Serviço Geológico dos Estados Unidos) os dados sobre o relevo da América do Sul, através do link <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/South_America/> e importados para o sistema. A configuração dos equipamentos que colocados no sistema, foram obtidas através da internet com o intuito de fazer uma simulação dos equipamentos a serem utilizados no projeto.

A tabela 6 mostra a especificação das antenas instaladas nos PAs que receberão o sinal do CGR obtidos através do software Radio Mobile.

Tabela 6 – Características das antenas direcionais dos PAs

	Características das direcionais dos PAs
Frequência	5.8 GHz
Potência de transmissão	23 dBm (0,1995262 Watts)
Sensibilidade do receptor	-92 dBm
Ganho da antena	13 dBi
Tipo de antena	Direcional

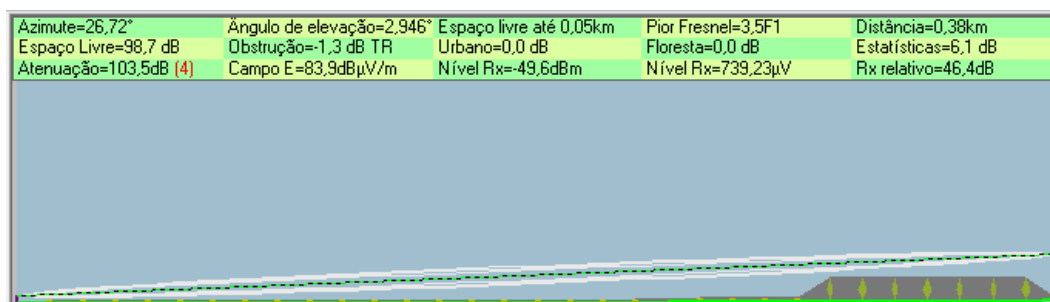
Fonte: Do autor

6.6.3.1 Ponto de acesso rótula central

A rótula central está localizada no bairro Centro, no cruzamento das duas principais avenidas do município, a Avenida Getúlio Vargas e Avenida Nereu Ramos. O local é de intensa circulação de pessoas, por estar próximo ao calçadão e o grande número de comércios.

Este PA é o mais próximo do CGR, a apenas 380 metros, a variação de altitude do terreno é de -1,6 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena Setorial 1 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 28 mostra de forma visual o enlace PA Rótula central com a antena Setorial 1 e também os dados sobre o enlace.

Figura 28 – Enlace PA Rótula Central - CGR



Fonte: Do autor.

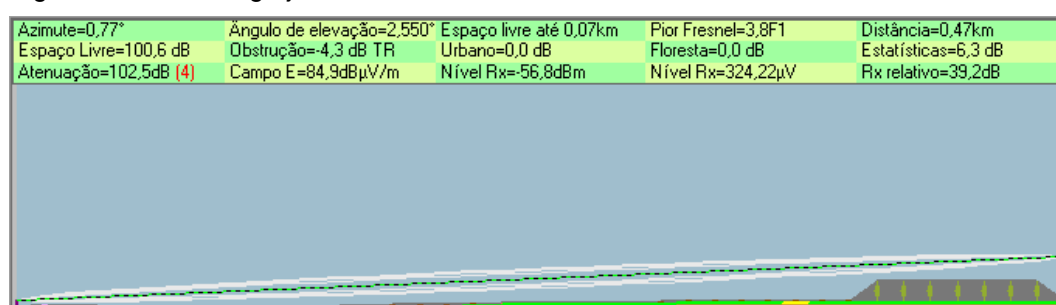
6.6.3.2 Ponto de acesso igreja matriz

A praça em frente igreja matriz de Sombrio também está localizada no bairro centro, em uma das extremidades da avenida Getúlio Vargas. O local é de intensa movimentação por ser um espaço livre para o lazer e pelos eventos que

ocorrem no local.

Este PA está uma distância de 470 metros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de -2,6 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 1 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 29 mostra de forma visual o enlace PA Igreja Matriz com a antena Setorial 1 e também os dados sobre o enlace.

Figura 29 – Enlace Igreja Matriz - CGR

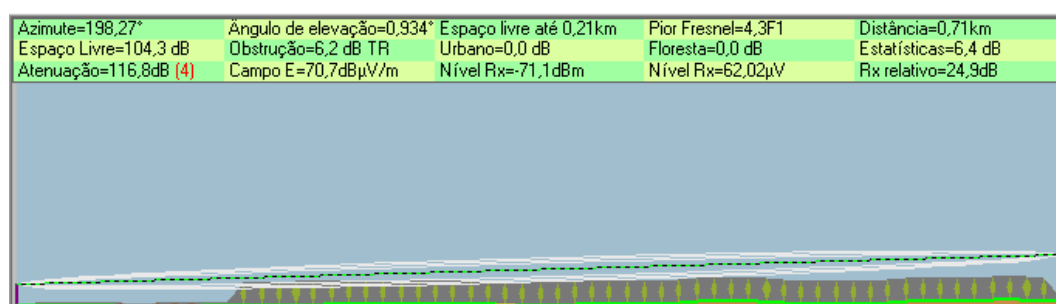


Fonte: Do autor.

6.6.3.3 Ponto de acesso bairro Parque das Avenidas

Parque das Avenidas é um bairro próximo ao bairro Centro, localizado ao Norte do mesmo. A área central possui um complexo esportivo onde estão instalados o ginásio municipal, o estádio municipal, o ginásio local, além de quadras de vôlei e basquete, pista de skate e academia ao ar livre e é nesse local que será instalado o PA.

Figura 30 – Enlace PA Parque das Avenidas - CGR



Fonte: Do autor.

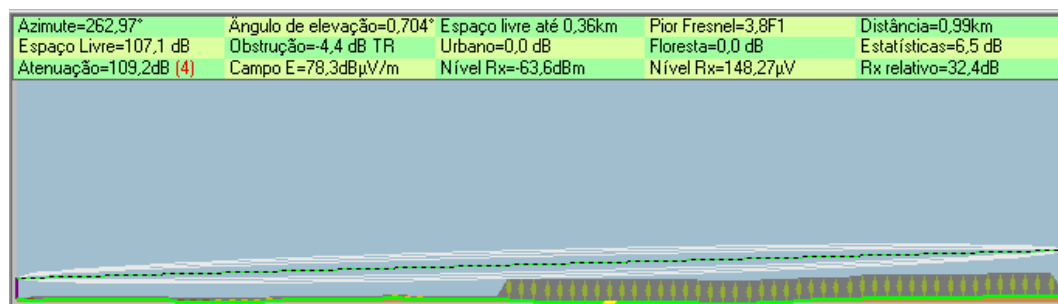
Este PA está a uma distância de 710 metros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de -2,6 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 2 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 30 mostra de forma visual o enlace PA Parque das Avenidas com a antena Setorial 2 e também os dados sobre o enlace.

6.6.3.4 Ponto de acesso bairro São Luiz

O bairro São Luiz também fica próximo ao bairro Centro e está localizado a Nordeste do mesmo. Neste bairro o PA será instalado em uma praça que fica em frente a igreja do bairro, que por ser uma área de lazer possui uma intensa movimentação de pessoas.

Este PA está a uma distância de 990 metros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de -2,6 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 2 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 31 mostra de forma visual o enlace PA São Luis com a antena Setorial 2 e também os dados sobre o enlace.

Figura 31 – Enlace PA São Luiz - CGR



Fonte: Do autor.

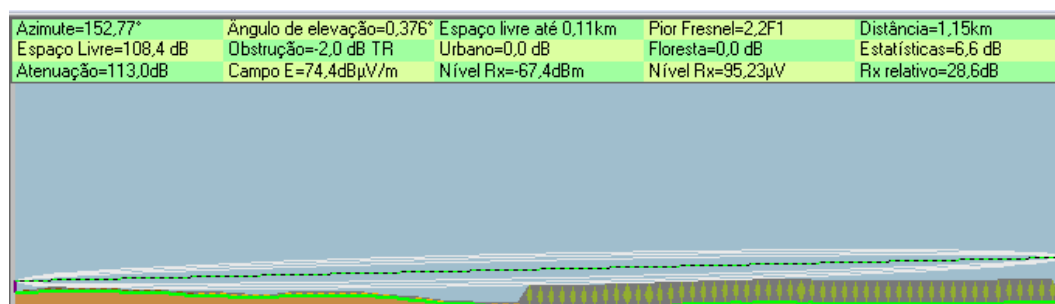
6.6.3.5 Ponto de acesso bairro Januária

O bairro Januária também se localiza próximo ao bairro Centro, neste bairro o PA será instalado no posto de saúde da localidade, pois é uma área de

grande circulação de pessoas.

Este PA está uma distância de 1,15 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 4,4 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 3 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 32 mostra de forma visual o enlace PA Januária com a antena Setorial 3 e também os dados sobre o enlace.

Figura 32 – Enlace PA Januária - CGR



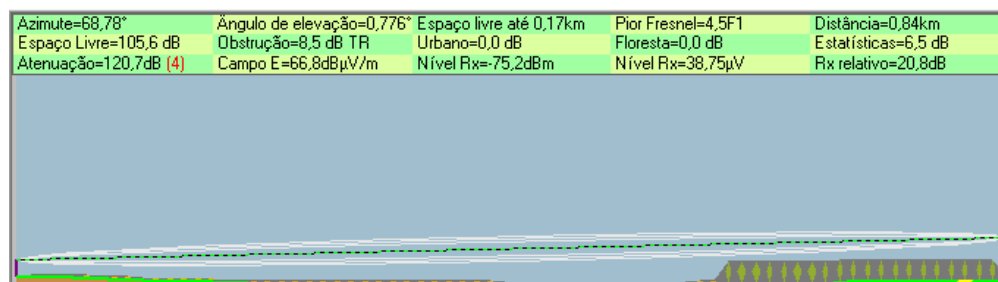
Fonte: Do autor.

6.6.3.6 Ponto de acesso bairro São José

O bairro São José situa-se próximo ao bairro Centro e o PA será instalado na praça que fica em frente a igreja do local.

Este PA está uma distância de 840 metros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 1,4 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 1 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 33 mostra de forma visual o enlace PA São José com a antena Setorial 1 e também os dados sobre o enlace.

Figura 33 – São José - CGR



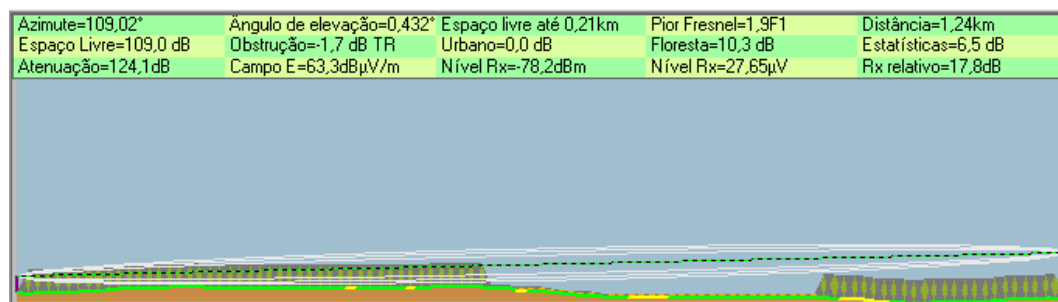
Fonte: Do autor.

6.6.3.7 Ponto de acesso bairro Nova Brasília

O bairro Nova Brasília situa-se próximo ao bairro Centro e o PA será instalado em complexo esportivo do bairro.

Este PA está uma distância de 1,24 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 2.4 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 1 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 34 mostra de forma visual o enlace PA Nova Brasília com a antena Setorial 1 e também os dados sobre o enlace.

Figura 34 – Enlace PA Nova Brasília - CGR



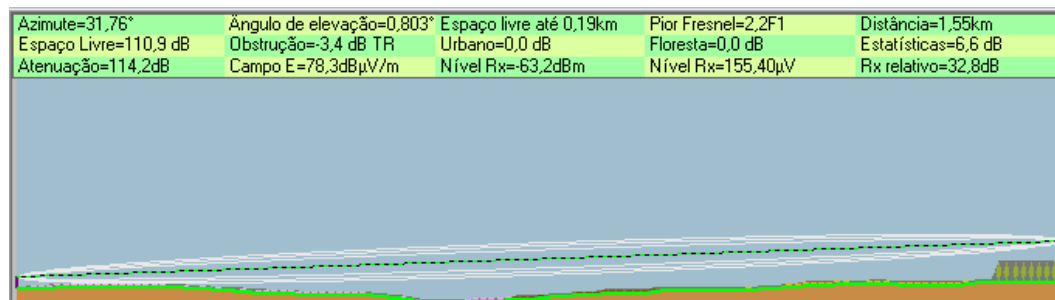
Fonte: Do autor.

6.6.3.8 Ponto de acesso bairro Raizeira

O bairro Raizeira situa-se próximo ao bairro Centro e o PA será instalado em frente a igreja do local.

Este PA está uma distância de 1,55 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de -3.2 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 1 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 35 mostra de forma visual o enlace PA São José com a antena Setorial 1 e também os dados sobre o enlace.

Figura 35 – Enlace Raizeira - CGR



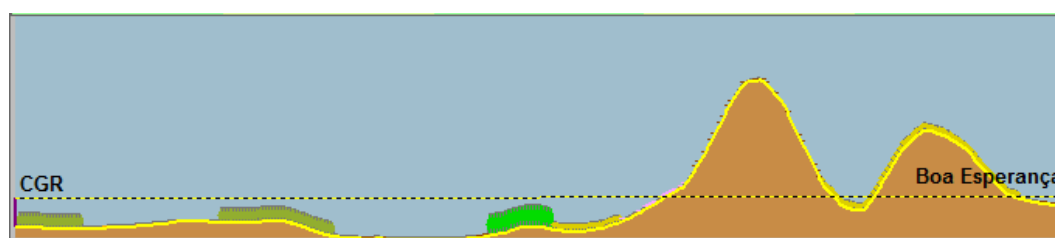
Fonte: Do autor.

6.6.3.9 Ponto de acesso distrito de Boa Esperança

O Distrito de Boa Esperança está localizado a alguns quilômetros do bairro Centro, local onde encontra-se o CGR, o distrito é uma das localidades com maior número de habitantes. Nesse local o PA será instalado na praça que fica em frente a igreja local, onde nas proximidades fica também o ginásio e o campo de futebol da comunidade. A localidade fica situada entre alguns morros, formando uma espécie de vale.

Este PA está uma distância de 4,22 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 14,8 metros em relação ao CGR e não possui linha visada com o mesmo, como mostrado na figura 36. Sendo assim, faz-se necessário uma repetidora que possui visibilidade e leve o sinal até a comunidade.

Figura 36 – Enlace CGR - PA Boa Esperança



Fonte: Do autor.

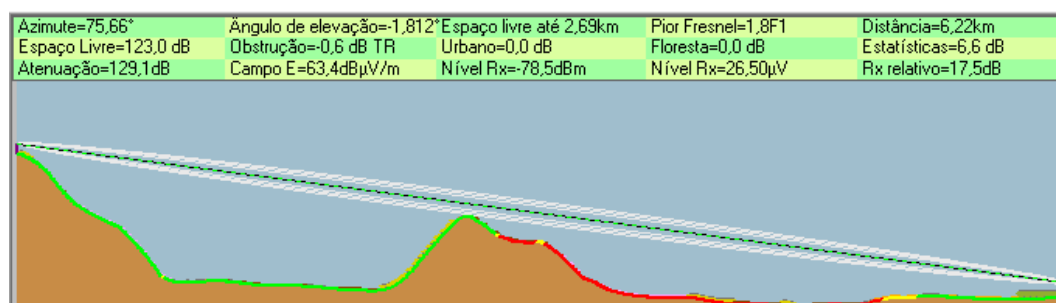
6.6.3.9.1 Estação repetidora

A melhor alternativa nesses casos seria instalar a repetidora no ponto mais alto entre o CGR e a PA Boa Esperança, porém o local não possui energia

elétrica e é de difícil acesso. A solução encontrada é a instalação da repetidora no alto do Morro da Embratel, nome dado por possuir uma antena da telecomunicação da empresa Embratel. O local está a mais de 200 metros acima do nível do mar, é um local de fácil acesso, possui energia elétrica e é característico por possuir diversas outras antenas de telecomunicação.

A ER está uma distância de 6,22 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 203,2 metros em relação ao CGR e está conectada através da antena setorial 3 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 37 mostra de forma visual o enlace Estação repetidora com a antena Setorial 3 e também os dados sobre o mesmo.

Figura 37 – Enlace Estação repetidora - CGR



Fonte: Do autor.

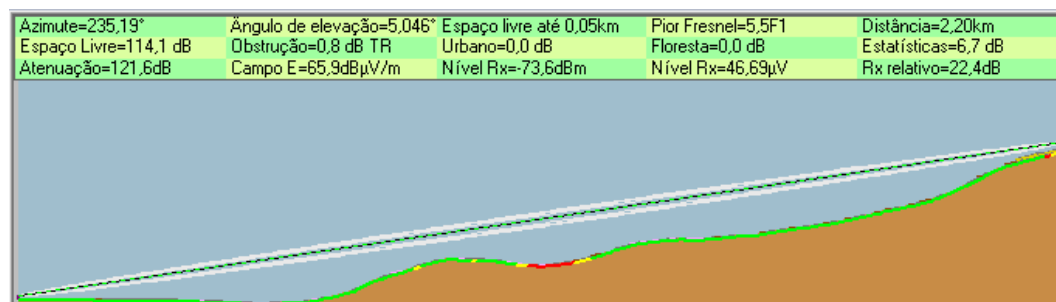
A ER conterà também uma antena direcional na posição azimute de 55°, que será responsável por emitir o sinal recebido pela estação até o PA Boa Esperança. As figuras 38 e 39 mostram a cobertura e o enlace com o CGR, respectivamente.

Figura 38 – Cobertura Estação repetidora – PA Boa Esperança



Fonte: Do autor.

Figura 39 – Enlace PA Boa esperança – Estação repetidora



Fonte: Do autor.

As antenas direcionais, são parte do estação repetidora, a Direcional 1 é responsável por captar o link de internet da Setorial 3. A antena Direcional 2 envia o link ao PA Boa Esperança. A tabela 7 e tabela 8 mostram a características das antenas direcionais 1 e 2 respectivamente.

Tabela 7 – Características da antena Direcional 1

Características das antenas direcionais	
Frequência	5.8 GHz
Potência de transmissão	23 dBm (0,1995262 Watts)
Sensibilidade do receptor	-92 dBm
Ganho da antena	25 dBi
Tipo de antena	Direcional

Fonte: Do autor

Tabela 8 – Características da antena Direcional 2

Características das antenas direcionais	
Frequência	5.8 GHz
Potência de transmissão	23 dBm (0,1995262 Watts)
Sensibilidade do receptor	-92 dBm
Ganho da antena	13 dBi
Tipo de antena	Direcional

Fonte: Do autor

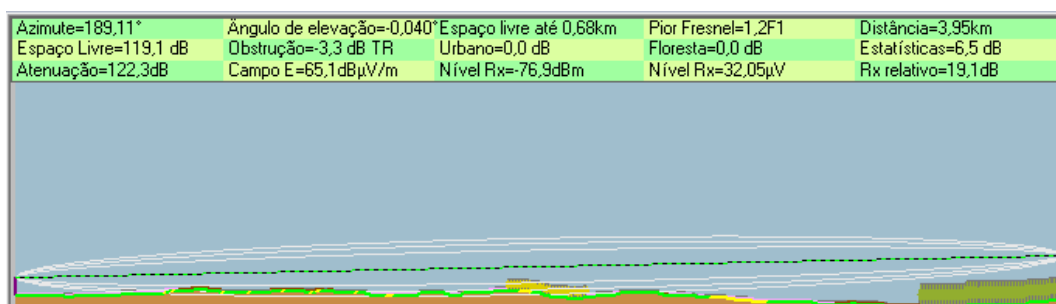
6.6.3.10 Ponto de acesso distrito de Nova Guarita

O Distrito de Nova Guarita esta localizado ao norte do bairro Centro, juntamente com o distrito de Boa Esperança é uma das localidades com maior

número de habitantes. Nesta localidade, o PA será instalado na praça em igreja da comunidade.

Este PA está uma distância de 3,95 quilômetros do CGR, com uma variação de altitude do terreno de 2,4 metros em relação ao CGR e está conectado através da antena setorial 2 com linha visada em um link ponto-multi-ponto. A figura 40 mostra de forma visual o enlace PA Guarita com a antena Setorial 2 e também os dados sobre o enlace.

Figura 40 – Enlace PA Guarita – CGR

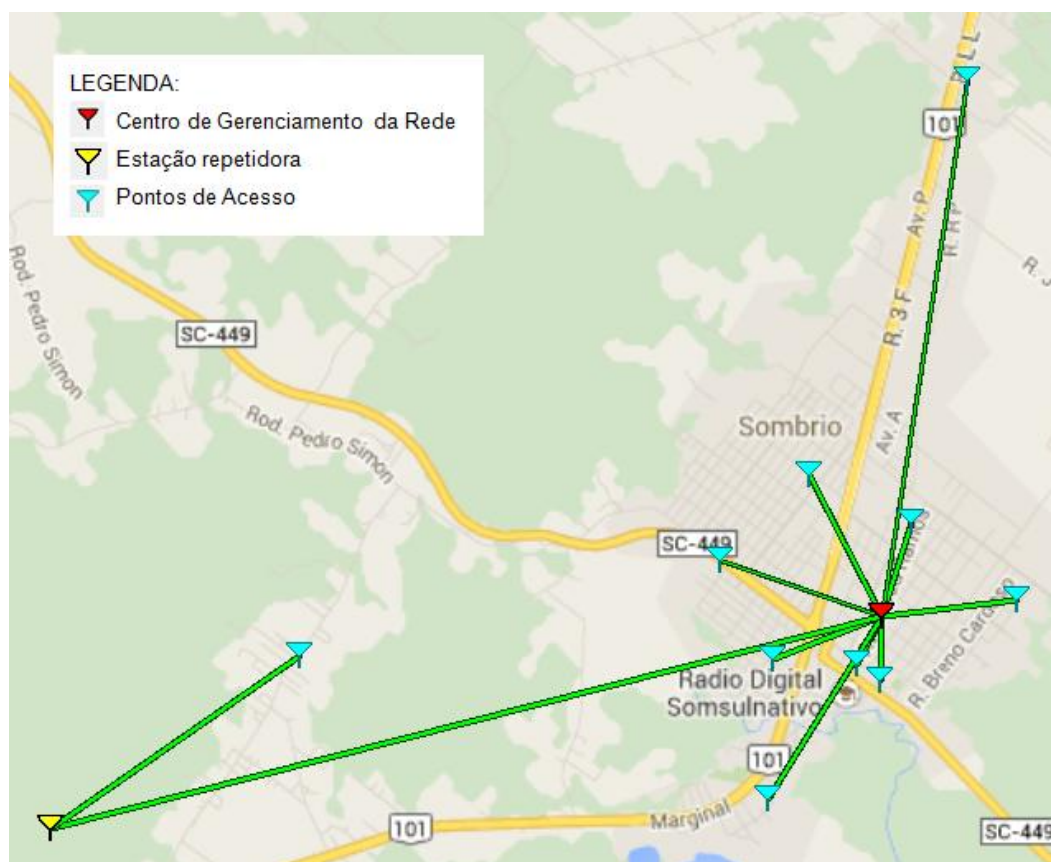


Fonte: Do autor.

6.6.3.11 Visão geral

A figura 41 mostra uma visão geral de como será distribuída a rede pelo município de Sombrio.

Figura 41 – Visão geral da rede Sombrio Digital



Fonte: Do autor.

6.7 IMPLEMENTAÇÃO DA AMPLIAÇÃO DO SISTEMA

Para iniciar a ampliação do sistema foi feita a reinstalação do PA rótula central pela empresa DellSystem, onde foram substituído os equipamentos do mesmo e também a instalação de um novo sistema de controle de usuário.

6.7.1 PA rótula central

No PA rótula central, foi instalado uma Ubiquiti NanoStation loco M5, essa antena recebe o sinal que vem do CGR. Conectado a essa Ubiquiti NanoStation loco M5, esta um Customer Premises Equipment (CPE), que é um equipamento indicado para sistemas de internet via rádio e construção hotspots. Para essa função foi instalado o equipamento ProEletronic Wireless Station 2.4GHz (tabela 9). Este CPE trabalha em uma frequência de 2,4GHz que é compatível com a maioria dos

dispositivos móveis. A figura 42 mostra o PA rótula central instalado.

Tabela 9 – Especificações do CPE ProEletronic Wireless Station 2.4GHz

Especificações do CPE	
Chip Set	RT8186
Memória	8MB SDRAM
Flash	2MB
Frequência	2,4~2,484 GHz
Ganho da antena	17 dBi
R.O.E.	<1,5:1
Frente Costa	20 dB
Polarização Cruzada	19 dBi
θ_E	$\pm 12^\circ$
θ_H	$\pm 15^\circ$
Impedância	50 Ohms

Fonte: ProEletronic (2010)

Figura 42 – PA rótula central - CGR



Fonte: Do autor

6.7.2 Sistema de controle de usuário

O Projeto de Lei 3446/2008 que modifica o Estatuto da Criança e do Adolescente prevê que todos os estabelecimentos que oferecem serviços de acesso a Internet, para qualquer finalidade, manterão registro dos dados pessoais dos clientes, suficientes para sua identificação e localização. A justificativa para a alteração da lei, é que a internet tem facilitado a realização de uma nova modalidade de crimes, alguns dos quais de gravidade, e o caráter virtual acaba dificultando a identificação dos responsáveis (BRASIL, 2008).

Após a utilização de um software que não atendeu as necessidades do sistema, a solução foi sugerida pela empresa DellSystem, que se propôs a desenvolver um *software* que faça a coleta, armazenamento e recuperação dos dados dos usuários, o mesmo foi instalado no CGR e guardará as informações pessoais, bem como equipamentos utilizados para acessar o sistema e dados de navegação. Além disso, o sistema tem outras funcionalidades como o controle de conexões inativas, que desconecta o usuário após determinado tempo de inatividade de maneira que o usuário precise logar-se novamente para continuar usando a internet.

Para acessar o sistema Sombrio Digital o interessado deverá ir até um dos PAs que estão espalhados pela cidade com um aparelho com conexão por rede sem fio, como computadores portáteis (notebooks ou tablets) e telefones móveis que tenham o dispositivo, também é necessário ter um navegador instalado, como Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, entre outros. Ao conectar-se a um dos PAs e abrir o seu navegador, abrirá a tela principal do sistema onde o usuário deverá, obrigatoriamente, informar o seu CPF (figura 43). No caso de primeiro acesso o usuário será direcionado para uma página de cadastro onde irá completar o seu cadastro informando o nome, telefone e email (figura 44). No caso de usuário já cadastrado, ao informar o CPF na página principal, será liberado o acesso.

Figura 43 – Tela principal do sistema Sombrio Digital.



Fonte: Do autor.

Figura 44 – Tela de cadastro do sistema Sombrio Digital.



Fonte: Do autor.

6.8 TESTES NO SISTEMA

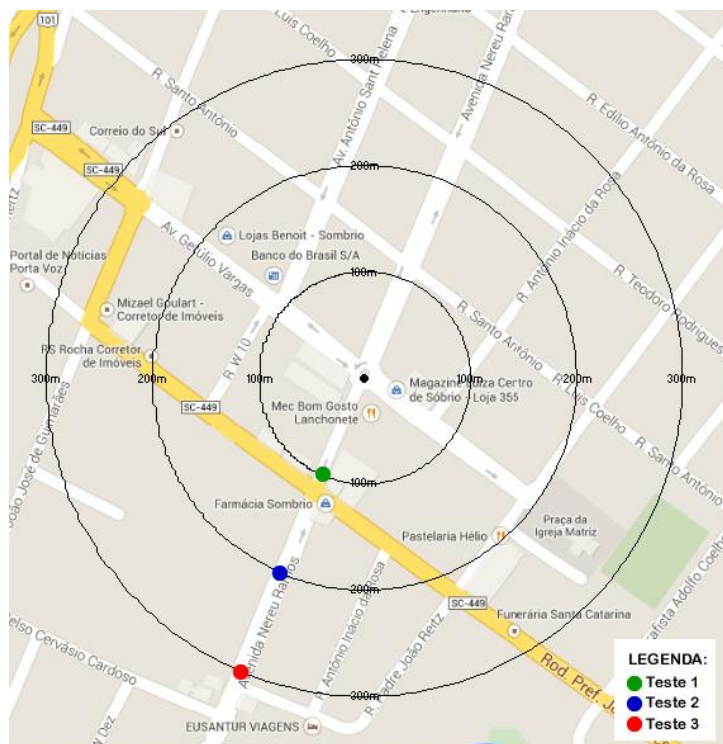
Após a instalação e configuração dos equipamentos é necessário fazer os

testes para verificar o funcionamento do sistema. Os testes foram realizados pelo acadêmico responsável por este trabalho e as ferramentas utilizadas para a realização dessa tarefa foram:

- a) o Vistumbler, este software é um excelente scanner gratuito de redes *wireless*, capaz de obter mostrar e armazenar diversas informações das redes que estão ao alcance de um determinado dispositivo (PASH, 2008).
- b) o ping, que é um aplicativo que utiliza o protocolo ICMP e permite o envio de pacotes por determina máquina e aguarda uma resposta, com o cálculo do tempo feito entre o envio e recebimento da mensagem é possível obter uma velocidade da conexão (FERRAZ; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2002).

A figura 45 mostra que foram realizados três testes em diferentes distâncias do PA Rótula central, onde o teste 1 foi realizado a cem metros, o teste 2 a uma distancia de duzentos metros e o teste 3 a trezentos metros de distancia do PA.

Figura 45 – Local de realização dos testes.



Fonte: Do autor.

A tabela 10 mostra o resultado dos testes feitos através do software Vistumbler, responsável por analisar o desempenho de redes sem fio.

Tabela 10 – Resultado dos teste de desempenho da rede.

Informações do sistema	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Endereço MAC	B8:55:10:05:1A:E3	B8:55:10:05:1A:E3	B8:55:10:05:1A:E3
SSID	SombrioDigital	SombrioDigital	SombrioDigital
Sinal(%)	99	82	40
RSSI	-51 dBm	-52 dBm	-82 dBm
Canal	6	6	6
Criptografia	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Tipo de Radio	802.11n	802.11n	802.11n

Fonte: Do autor

A tabela 11 mostra o resultado dos testes que foram realizados nos mesmos locais com o aplicativo ping, a fim de verificar a conexão do link de internet.

Tabela 11 – Resultado dos testes de conexão do link de internet.

Teste	Ping
Teste 1	<pre>C:\Users\Josiel>ping 173.194.118.119 Disparando 173.194.118.119 com 32 bytes de dados: Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=24ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=61ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=26ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=24ms TTI=54 Estatísticas do Ping para 173.194.118.119: Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos =0 <0% de perda>, Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos: Mínimo = 24ms, Máximo = 61ms, Média = 33ms</pre>
Teste 2	<pre>C:\Users\Josiel>ping 173.194.118.119 Disparando 173.194.118.119 com 32 bytes de dados: Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=25ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=26ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=76ms TTI=54 Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=47ms TTI=54 Estatísticas do Ping para 173.194.118.119: Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos =0 <0% de perda>, Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos: Mínimo = 25ms, Máximo = 76ms, Média = 43ms</pre>

Teste 3

```
C:\Users\Josiel>ping 173.194.118.119
Disparando 173.194.118.119 com 32 bytes de dados:
Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=22ms TTI=54
Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=154ms TTI=54
Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=73ms TTI=54
Resposta de 173.194.118.119: bytes=32 tempo=76ms TTI=54
Estatísticas do Ping para 173.194.118.119:
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos =0 <0% de perda>,
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
    Mínimo = 22ms, Máximo = 154ms, Média = 81ms
```

Fonte: Do autor

6.9 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados nesse trabalho foram obtidos de maneira satisfatória. O Sombrio Digital que tem a finalidade de implantar pontos de acesso a internet de gratuita, de forma a auxiliar no processo de inclusão digital de toda a população do município.

A primeira etapa do projeto que foi a coleta de dados, obtida através algumas reuniões com as partes envolvidas, onde foram definidos a quantidade e local dos PAs, velocidade da conexão em cada um dos PAs, entre outros. Foi de fundamental importância para o desenvolvimento das demais etapas de implementação do sistema.

O uso do software Radio Mobile mostrou-se uma importante ferramenta na elaboração do projeto. Ele utiliza dados de relevo da região para calcular um enlace entre dois pontos em uma rede sem fio.

A escolha dos equipamentos também obteve o auxílio do Radio Mobile que através do cadastro das configurações dos equipamentos no software, possibilitou assim o cálculo dos enlaces da rede.

O software de controle de usuário, que foi desenvolvido por uma empresa local apresentou ser uma ferramenta bastante eficaz no cadastro e armazenamento dos dados dos usuários do sistema.

6.9.1 Monitoramento da utilização do sistema

Após a liberação do sistema para a população foi feito um monitoramento

durante trinta dias onde pode verificar a eficácia do sistema. Nesse período foram contabilizados um total de 243 usuários cadastrados no sistema, uma média de 8,1 cadastros diários.

Também pode-se observar nessa análise os principais problemas do sistema como no CPE do PA rótula central, que com uma antena de 17 dBi, que é indicada para longas distâncias, não atendia adequadamente os usuários nas proximidades do PA. A solução encontrada foi a substituição por uma antena omnidirecional de 8 dBi, dessa maneira atendendo adequadamente os usuários nas proximidades do PA.

7 CONCLUSÃO

Cidades Digitais são cidades que criam uma infraestrutura de acesso a informação e comunicação para a população, nessa infraestrutura são oferecidos diversos serviços como a portais de informações e comunicação entre governo e cidadão e criar ciberespaços, que são espaços onde a os munícipes têm acesso a internet. A interconexão entre os órgãos públicos municipais também é característico de uma cidade digital.

Este trabalho teve como objetivo acompanhar a implantação no município de Sombrio/SC um modelo de cidade digital que visava oferecer a toda a população, acesso gratuito à rede mundial de computadores (Internet) através de pontos de acesso espalhados em diversas partes da cidade.

A tecnologia utilizada para viabilizar o projeto foi o uso de redes sem fio. As redes sem fio têm tomado grande espaço no mercado no que diz respeito a redes de computadores, um dos grandes motivadores deste avanço é a flexibilidade aliada ao baixo custo por não exigir uma estrutura física formada por cabos e equipamentos de redes cabeadas e também por sua mobilidade que é cada vez mais exigida com o avanço dos dispositivos móveis.

A primeira etapa do projeto foi a definição do grupo de trabalho e o levantamento de dados. A equipe foi formada uma empresa contratada pela prefeitura municipal e pelo acadêmico responsável por esse trabalho. O levantamento de dados do município foi feito através de reuniões envolvendo o grupo de trabalho, prefeito municipal, vereadores e membros da comunidade, onde foram definidos os bairros que seriam atendidos pelo programa Sombrio Digital, quantidade e locais onde seriam instalados os pontos de acesso, necessidade de tráfego nesses pontos de acesso entre outros dados.

Na etapa de planejamento do projeto, o Radio Mobile se mostrou uma ferramenta bastante eficaz. No Radio Mobile foi possível calcular a propagação de um sinal de radiofrequência entre dois pontos, para isso o software usa dados de relevo da região e dados dos equipamentos utilizados. Através desse sistema foi possível verificar a viabilidade para a instalação de todos os pontos de acesso, bem como identificar a configuração dos equipamentos a serem utilizados.

Para o desenvolvimento do projeto foi fornecido pela prefeitura municipal o local para o centro de gerenciamento da rede, que recebe o sinal de internet e distribui para todos os pontos de acesso. Também é no CGR que foi instalado o sistema de controle de usuário. Esse sistema foi desenvolvido por uma empresa local cujo objetivo é capturar e armazenar os dados dos usuários e equipamentos que se conectam ao sistema. O PA rótula central está localizado no bairro Centro, principal bairro do município. Após a instalação e configuração dos equipamentos, foram realizados testes que verificaram a funcionalidade do sistema. No período de avaliação foi possível verificar a adesão dos cidadãos sombrienses ao sistema e também os problemas que foram corrigidos antes da instalação dos demais PAs.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos que ainda podem ser feitos no Sombrio Digital fica o desafio da ampliação do sistema, de forma a atender todos os bairros inclusive o interior do município. Também é objetivo da prefeitura estender o projeto com a instalação PAs de maneira que todo o perímetro urbano do município seja atendido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz Eduardo Fontes Mello de. **Cidades Digitais: Uma Metodologia para implantação**. Niterói, 2010. Disponível em: <http://www.bdttd.ndc.uff.br/tde_arquivos/38/TDE-2011-04-09T080158Z-2821/Publico/Dissert_LuizAlmeida.pdf> Acessado em: 18 jun. 2014, 02.01.

AMESC. **Extremo Sul Catarinense: a caminho do desenvolvimento**. Tiragem: 2000 exemplares. Araranguá: DMPA Comunicação.

BAR, François; GALPERIN, Heman. Geeks, burocratas e cowboys: criando uma infraestrutura Internet, de modo wireless. In: CARDOSO, Gustavo; CASTELLS, Manuel. **A Sociedade em Rede: do Conhecimento à Ação Política**. Debates Presidência da República. Portugal: Imprensa Nacional, Casa da Moeda, 2006. Disponível em: <http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/a_sociedade_em_rede_-_do_conhecimento_a_acao_politica.pdf > Acessado em: 16 set. 2014, 21:47.

BRASIL, Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei Nº 3446/2008 (Do Sr. Bernardo Ariston)**. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=567042&filename=Tramitacao-PL+3446/2008> Acessado em: 21 out. 2014, 23:35.

BRASIL. Ministério das Comunicações. **As cidades digitais no mapa do Brasil: uma rota para a inclusão social**. Átila A. Souto, Juliano C. Dall'Antonia, Giovanini M. de Holanda (organizadores). Brasília – DF, 2006. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/sites/default/files/arquivos_relacionados/cidades_digitais_no_mapa_do_brasil.pdf#page=68> Acessado em: 08 jun. 2014, 17:53.

CARISSIMI, A. S.; ROCHOL, J.; GRANVILLE, L. Z. **Redes de computadores**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CHAVES, Marcírio. **Redes sem Fio**. Oeiras, 2009. Disponível em: <<http://www.safebit.pt/sites/default/files/PDF/Redes%20sem%20Fio.pdf>> Acessado em: 02 jun. 2014, 09:53.

CORREA, Abimael Héber; BITENCOURT, Marcelo Santos. **Projeto WLAN proposto para prefeitura de Sombrio**. Sombrio-SC. 2013. Disponível em: <http://sombrio.ifc.edu.br/download/redes/TCC_2012/TCC_Abimael_Marcelo.pdf> Acessado em: 23 ago. 2014, 20:47.

CORRÊA JUNIOR, Marcos Antonio Costa. **Evolução da Segurança em Rede Sem Fio**. Recife, 2008. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tg/2008-1/maccj.pdf>> Acessado em: 11 jun. 2014, 12:58.

COSTA, Jefferson. **Apostila de Redes de computadores**. Professor Jefferson Costa, 2010. Disponível em: <<http://www.jeffersoncosta.com.br/Redes.pdf>> Acessado em: 03 abr. 2014, 16:30.

COSTA, Renato Silveira da. **Aquisição de Dados e Interface de Comunicação em Instrumentos de Medição de Massa**. Disponível em: <http://xrepo01s.inmetro.gov.br/bitstream/10926/8111/1/2005_RenatoSilveiradaCosta.pdf> Acessado em: 28 abr. 2014, 14:49.

FARIAS, Vilson Francisco de. **Sombrio : 85 anos : natureza, história e cultura : para o ensino fundamental**. Sombrio: Ed. do autor, 2000.

FERRAZ, Tatiana Lopes; ALBUQUERQUE, Marcelo Pontes; ALBUQUERQUE, Márcio Pontes. **Introdução ao Ping e Traceroute**. 26/11/2002. Disponível em: <<http://www.rederio.br/downloads/pdf/nt01002.pdf>> Acessado em: 24 out. 2014, 00:45.

FLICKENGER, Rob et al. **Redes sem fio no Mundo em Desenvolvimento**. Primeira tradução para o português. 2008. Disponível em: <<http://wndw.net/pdf/wndw-pt/wndw-pt-ebook.pdf>> Acessado em: 29 mai. 2014, 21:35.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. Tradução Glayson Eduardo de Figueredo. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2006.

FREITAS, Natanael Delgado de. **Uma análise da Utilização de Antenas Direcionais e Múltiplos Caminhos em Redes Ad Hoc Sem Fio**. Rio de Janeiro: Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2008. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/natanael08.pdf>> Acessado em: 22 abr. 2014, 21:46.

GOMES, Leandro. **Wireless com Mikrotik – Parte 07 – configurando RouterBoard e Mikrotik como roteador wireless**. 22/07/2009. Disponível em: <<http://imasters.com.br/artigo/13242/redes-e-servidores/wireless-com-mikrotik-parte-07-configurando-routerboard-e-mikrotik-como-roteador-wireless/>> Acessado em: 25 out. 2014, 20:40.

KABIR, Sultanul et al. **WiMAX or Wi-Fi: The Best Suited Candidate Technology**

for Building Wireless Access Infrastructure. Stockholm Sweden. Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.3769.pdf>> Acessado em: 01 jun 2014, 11:37.

KUMAR, Dharmender. **Computer Network.** Directorate of Distance Education Guru Jambheshwar University. Disponível em: <<http://www.ddegjust.ac.in/studymaterial/mca-5/mca-301.pdf>> Acessado em: 15 abr. 2014, 09:55.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a internet: Uma Abordagem Top-Down.** Tradução Opportunity translations; revisão técnica Wagner Zucchi, 5ª Ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

LEMOS, André. **CiberCidade.** Disponível em : <<http://www.mondialisations.org/php/public/art.php?id=22897&lan=PO>> Acessado em: 06 jun. 2014, 16:31.

LEVY, Pierre. **Cibercultura.** 1. Edição. São Paulo: Ed. 34, 1999.

LIMA, Luciana dos Santos; SOARES, Luiz Fernando Gomes; ENDLER, Markus. **WiMAX: Padrão IEEE 802.16 para Banda Larga Sem Fio.** Rio de Janeiro: PUC, 2006. Disponível em: <<http://www-di.inf.puc-rio.br/~endler/paperlinks/TechReports/MCC29-06.pdf>> Acessado em 22 abr. 2014, 02:23.

LIMA JUNIOR, Almir Wirth. **Tecnologias de redes & comunicação de dados.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2002.

MIDIACOM, Equipe do laboratório de pesquisa. Vinculado ao Departamento de Engenharia de Telecomunicação e ao Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (UFF). **Antenas: Projeto um computador por aluno.** Rio de Janeiro: Escola Superior de Redes RNP, 2010. Disponível em: <<http://esr.rnp.br/publicacoes/redes/cartilhas-uca.4-antenas?download=735b90b4568125ed6c3f678819b6e058>> Acessado em: 22 abr. 2014, 22:08.

MORIMOTO, C. E. **Redes wireless, parte 2: Padrões: WPA e WPA2.** Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/tutoriais/padroes-wireless/pagina8.html>> Acessado em: 12 jun. 2014, 11:35.

PASCHOALINI, Fabio Manuel. **Wi-Fi e WiMAX: Tecnologias em Redes sem Fio**. Lavras, 2007. Disponível em: <http://www.bcc.ufla.br/wp-content/uploads/2013/2006/Wi_fi_e_wimax_tecnologias_em_redes_sem_fio.pdf> Acessado em 30 mai. 2014 as 14:35.

PASH, Adam. **Vistumbler Detects Wi-Fi Hotspots, Maps Them**. Disponível em: <<http://lifehacker.com/5071140/vistumbler-detects-wi-fi-hotspots-maps-them>> Acessado em: 23/09/2014 15:03.

REDE CIDADE DIGITAL. **Mapa das Cidades Digitais**. Disponível em: <http://redecidadedigital.com.br/mapa_sc.php> Acessado em: 16 jun. 2014, 15:53

REIS, Gustavo Henrique da Rocha. **Redes Sem Fio**. Minas Gerais: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, 2012. Cap.2, p. 17-19. Disponível em: <http://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/402257390_redes-sem-fio.pdf> Acessado em 19 abr. 2014, 03:28.

REZENDE, Denis Alcides, **Cidade Digital Estratégica: Modelo e Aplicação em um Município Paulista**. Prado Velho – Curitiba – PR, 2012. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0014.pdf>> Acessado em: 17 jun. 2014, 11:35.

ROCHA, Marcus. **Os muitos benefícios das cidades digitais**. Imasters, 2009. Disponível em: <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/os-muitos-beneficios-das-cidades-digitais>> Acessado em: 23 set. 2013, 15:20.

SILVA FILHO, Antônio Mendes. **Segurança da Informação: Sobre a necessidade de Proteção de Sistemas de Informação**. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/042/42amsf.htm>> Acessado em: 11 jun. 2014, 10:55.

SIMÃO, João Batista. **A concepção de um modelo de cidade digital baseado nas necessidades informacionais do cidadão: o caso dos municípios brasileiros de pequeno porte**. Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação. Brasília, 2010. Disponível em: <http://btdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6796> Acessado em: 09 jun. 2014, 14:17.

SOARES, Luiz Fernando Gomes; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM**. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1995

SOUZA, T. M. X.; SILVA, A. P. S. **Criptografia em Redes de Computadores**. Universidade Paranaense (UNIPAR). Paranavaí-PR. Disponível em: <<http://web.unipar.br/~seinpar/2013/artigos/Tiago%20Menezes%20Xavier%20de%20Souza.pdf>> Acessado em: 11 jun. 2014, 11:22.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. Tradução da 4ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TOCHETTO, Ivandro. **Estruturando o Governo Municipal para construção de uma Cidade Digital**. Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/RSS/TCCRSS08A/Ivandro%20Tochetto%20-%20Artigo.pdf>> Acessado em: 18 jun. 2014, 01:02.

VALENTE, José Armando. **A Espiral da Espiral da Aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000857072>> Acessado em: 18 jun. 2014, 21:07.

VIEIRA, Danielle Lopes Ferreira Gonçalves. **IEEE 802.11**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. Disponível em: <http://www.ravel.ufrj.br/sites/ravel.ufrj.br/files/publicacoes/tutorial_padrao_ieee_802.11_2.pdf> Acessado em: 19 abr. 2014, 13:38.

WIKIPÉDIA. **Localização de Sombrio em Santa Catarina**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sombrio#mediaviewer/Ficheiro:SantaCatarina_Municip_Sombrio.svg> Acessado em: 16 jun. 2014, 23:35.

ANEXO


ANEXO A – Documento assinado pela DellSystem e Prefeitura Municipal
de Sombrio

DECLARAÇÃO

Declaro através deste, estar ciente de que o acadêmico JOSIEL
SILVEIRA TEIXEIRA participou da elaboração e implementação do Sombrio
Digital descrito neste trabalho.



DellSystem



Jose Saneel Januario
Secret. de Adm.
Departamento de Finanças
Prefeitura Municipal de Sombrio

APÉNDICE

APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO

Estudo de caso: implantação de um sistema de internet gratuita para a população de Sombrio

Josiel Silveira Teixeira¹, Rogério Antônio Casagrande¹

¹Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Criciúma – SC – Brasil

Josiel.silveira@hotmail.com , roc@unesc.net

***Abstract.** The present article describes the thesis presented in order to obtain the Degree in Computer Science from the University of Southern of Santa Catarina, whose goal was studying the implementation of a free internet access system for Sombrio city population also by that demonstrate all the stages implementation of the system, though to achieve it we made a studying about wireless network and digital cities. As a result we could get the review from the spots where the Access Points will be installed done trough Radio Mobile software and the implementation of one of the Access Points suggested.*

***Resumo.** O presente artigo descreve o trabalho de conclusão de curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, cujo o objetivo foi estudar a implantação de um sistema de internet gratuita para a população do município de Sombrio/SC e por meio deste demonstrar todas as etapas de implementação do sistema. Para a realização do mesmo efetuou-se um estudo sobre redes sem fio e cidades digitais. Como resultado obteve-se a análise dos locais que serão instalados os pontos de acesso feita através do software Radio Mobile e a implantação de um dos pontos de acesso sugerido.*

1. Introdução

As redes sem fio estão se tornando cada vez mais populares, atendendo as necessidades do dia-a-dia das pessoas, trazendo conforto, comodidade e mobilidade.

Levy (2000) define o ciberespaço como espaço de comunicação aberto pela intercomunicação mundial dos computadores e das memórias dos computadores. Essa definição inclui o conjunto dos sistemas de comunicação eletrônicos, na medida em que transmitem informações provenientes de fontes digitais ou destinadas á digitalização.

Entende-se por Cidade Digital, a criação de infraestrutura, serviços e acesso público em uma determinada área urbana para o uso das novas tecnologias e redes telemáticas. O objetivo é criar interfaces entre o espaço eletrônico e o espaço físico através de oferecimento de teleportos, telecentros, quiosques multimídia e áreas de acesso e serviços (LEMOS, 2006).

Os benefícios trazidos pelas "Cidades Digitais" são inúmeros, principalmente quando se vai além da tecnologia. Assim, as cidades têm a oportunidades de melhorar a gestão

pública através da rede, não apenas proporcionando à população acesso à internet, de qualidade e barato, mas principalmente elevando o nível dos serviços prestados pela prefeitura nas áreas de educação, saúde, segurança, etc. (ROCHA, 2009).

Sendo assim, esta pesquisa tem por objetivo viabilizar a implantação de um sistema público de rede wireless que faça a ligação dos habitantes da cidade de Sombrio com a rede mundial de computadores, fornecendo pontos de acesso em determinados locais da cidade, proporcionando aos habitantes da cidade, lazer, informação e conhecimento de forma gratuita.

2. Classificação das redes de computadores

Em termos gerais, as redes servem para o compartilhamento de recursos, que podem ser programas, equipamentos e especialmente dados, independente da localização física do recurso e do usuário. (TANENBAUM, 2003).

2.1. Topologia

A topologia de uma rede de computador refere-se à disposição e conexão dos dispositivos na rede, onde cada uma delas possui suas próprias características, com diferenças quanto ao desenvolvimento, operação e manutenção da rede (COSTA, 2010).

A topologia estrela é caracterizada por ter todas as estações ligadas a um equipamento central, que é por onde passa toda a informação (dados), esse equipamento central age como um controlador, interligando todas as estações da rede (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

Uma rede em anel possui as estações conectadas em um circuito fechado. Nesse tipo de rede as estações não são interligadas diretamente, mas sim fisicamente a repetidores, que ligados em série formam a rede anel (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

A topologia em barra caracteriza-se por todas as estações serem ligadas no mesmo meio de transmissão, uma linha única de dados. Neste tipo de rede todos os nós conectados à rede podem ver todas as informações que trafegam pela rede, mas apenas o nó de destino reconhece a mensagem (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

2.2. Localização geográfica

Segundo Carissimi, Rochol e Granville (2009), uma outra forma de classificar as redes é através de sua extensão geográfica, que podem ser: Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Networks (MAN), Wide Area Networks (WAN).

As redes locais, denominadas LANs, são redes que podem ter até alguns quilômetros de extensão, e são amplamente utilizadas para conectar estações de trabalho em edifícios, condomínios, escritórios, campus universitários, empresas, entre outros (TANENBAUM, 2003).

Uma rede de área metropolitana (MAN) é projetada para estender-se por uma cidade inteira. Pode ser um meio de ligação de várias LANs (KUMAR, 2007).

A rede Wide Area Network (WAN) tem uma grande abrangência geográfica, normalmente um país ou continente. Esse tipo de rede possui um conjunto de hosts conectados a uma sub-rede (TANENBAUM, 2003).

2.3. Meios de transmissão

Segundo Soares, Lemos e Colcher (2009), os meios de transmissão diferem-se com relação a passagem de banda, conexão, limitação geográfica e características do meio, como: proteção contra ruído, custo, disponibilidade e confiabilidade. Os meios mais comuns para transferência de dados são cabos par trançados, cabos coaxiais, fibras ópticas e através de radiodifusão (redes sem fio).

O cabo coaxial é formado por dois condutores, um circundando o outro, separados por um dielétrico, e a transmissão pode ser em banda base, onde o sinal é enviado pulsando-se o cabo diretamente, com corrente ou tensão (WIRTH, 2002).

Atualmente o cabo par trançado atua com grande importância em redes locais (LANs), e são amplamente utilizados na ligação terminal/HUB em distâncias de até 100m, devido a baixa complexidade e economia (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

A transmissão de dados por fibra óptica é realizada pelo envio de sinal de luz que vai de 10¹² a 10¹⁴ Hz, através de cabo óptico, que consiste em um filamento de sílica ou plástico envolto em substâncias de menor índice de refração, fazendo com que os raios de luz, sejam refletidos internamente, diminuindo a perda de sinal (SOARES; LEMOS; COUCHER, 1995).

Na transmissão por radiofrequência os dados são transmitidos através do ar, em canais de frequência de rádio ou infravermelho, onde as frequências de rádio são mais utilizadas por computadores e adequadas para ligações ponto a ponto ou multiponto (SOARES; LEMOS; COLCHER, 1995).

3. Tecnologia e equipamentos de redes sem fio

A comunicação sem fio utiliza ondas eletromagnéticas para enviar e receber dados. Esse tipo de onda possui algumas propriedades diferentes, quando comparadas a uma rede cabeada. Diferenças essas que para os usuários parecem ser irrelevantes, mas nas redes cabeadas é possível ver o caminho que os dados percorrem desde o equipamento transmissor, até o equipamento receptor dos dados, ou até colocar vários cabos lado a lado que os dados serão transmitidos sem alguma interferência entre eles. Já na comunicação sem fios se faz necessário responder perguntas como: por onde estão passando as ondas que trafegam os dados? E se essas ondas se chocarem com objetos dos mais diversos, como objetos de uma sala, paredes, ou em ambientes externos, prédios, árvores e limitações geográficas? Como colocar diversos equipamentos transmitindo e recebendo dados em uma mesma área, sem que um interfira no outro? (FLICKENGER, et al, 2008)

3.1. Tecnologia das redes sem fio

Com a ajuda de muitos engenheiros especializados de comunicação Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) foram desenvolvidas diversas tecnologias de redes sem fio. Algumas delas são: o Bluetooth (802.15), Wi-Fi (802.11) e Worldwide Interoperability for Microwave Access WiMAX (802.16), cada um com suas características específicas (KABIR et al, 2009).

O padrão IEEE 802.16, popularmente conhecido como WiMax, é o padrão para redes metropolitanas sem fio, tem o objetivo de atingir longas distâncias sem a necessidade de cabos. Em sua versão inicial que foi publicada em abril de 2002, a WiMax opera em frequências que vão de 10 a 66 GHz, com taxas médias de transferência de 70 Mbps e com picos de podem atingir 268 Mbps, a um alcance que pode chegar a 50 Kms (LIMA; SOARES; ENDLER, 2004).

O padrão 802.11 que em sua versão básica opera a uma velocidade de 1 ou 2 Mbps, a uma faixa de frequência ISM de 2,4 GHz para redes LANs sem fio e a partir desse padrão foram surgindo novos padrões como: IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g (TANENBAUM, 2003).

3.2. Equipamentos de redes sem fio

Para que haja essa comunicação entre emissor e receptor é necessário alguns equipamentos, dentre eles, o Equipamento Terminal de Dados (ETD), o Equipamento de Comunicação de Dados (ECD) e as antenas de transmissão (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

Os ETDs são os equipamentos que realmente desejam se comunicar, ou seja, enviar e receber informações. É constituído de um dispositivo físico, que torna possível o envio de dados de um terminal para o outro, ou de um terminal para um equipamento de comunicação de dados e vice-versa (COSTA, 2005).

Os ECDs também conhecidos como transceptores (transmissor e receptor) ou modênradio, esse tipo de equipamento, normalmente possui as funções de transmitir e receber o sinal de radiofrequência entre dois pontos (CARISSIMI; ROCHOL; GRANVILLE, 2009).

Como explica Freitas (2008), as definições para antenas do IEEE, diz que uma antena é parte de um sistema transmissor ou receptor que irradia ou recebe ondas de radiofrequência eletromagnéticas.

4. Cidade digital e seu funcionamento

Uma das definições para o termo “Cidade Digital” ou CiberCidade são as experiências que visam criar em uma determinada cidade uma infraestrutura de acesso a informação e comunicação para a população, nessa infra-estrutura podem conter portais de informações gerais e serviços de comunicação entre o governo e os cidadãos. Porém o principal objetivo é criar ciberespaços como: telecentros ou pontos de acesso a redes Wi-Fi, onde os cidadãos possam acessar essas informações através de seus laptops, smartphones, tablets e outros dispositivos portáteis (LEMOS, 2006).

4.1. Tipologia das cidades digitais

Para Brasil (2010), as cidades digitais também possuem um nível de urbanização digital, ou seja, uma classificação de como elas se encontram integradas ao ciberespaço. Essa classificação é baseada considerando os níveis de infra-estrutura de redes de telecomunicação, acesso as TICs e oferta de serviços públicos e privados. Os níveis de classificação vão desde o nível básico, que são as cidades que possuem o mínimo de recursos a disposição da sua população, limitando-se a postos de acesso e de bandas transmissão, que normalmente possuem baixas taxas de transmissão, representando uma forte barreira de entrada à sociedade informacional, até cidades digitais plenas que são cidades que alcançam a plenitude em termos de digitalização nos contextos sociais, econômicos, políticos e tecnológicos. Conta com serviços públicos e privados totalmente integrados criando um espaço virtual que reflete em todos os aspectos o ambiente real.

5. Municípios do Brasil e a cidade de Sombrio

Contribuindo para o desenvolvimento econômico, político e social do país, a inclusão digital e produção de conhecimento são fatores imprescindíveis e devem ser tratados como direito universal. Como um dos direitos inalienáveis do ser humano é o direito a informação e comunicação, o uso das novas tecnologias de informação, comunicação e produção de

informação deve ser tratado como um novo direito humano fundamental. Contudo, para que esse novo direito seja assegurado às prefeituras, estado e a união devem incluir em seus programas de governo políticas e ações de inclusão digital de forma que possam atender toda a população, inclusive as classes menos favorecidas (IBGE, 2012).

O município de Sombrio está localizado no extremo sul catarinense, mais precisamente na microregião da AMESC. Com uma população de 26.613 habitantes, onde 19.638 vivem em área urbana, área onde preferencialmente será implantado o projeto de ampliação do Sombrio Digital (IBGE, 2012).

6. Sombrio Digital

O número de cidades que disponibiliza redes sem fio a seus munícipes tem crescido rapidamente e os modelos de implantação desses sistemas variam de cidade para cidade. Algumas delas constroem apenas áreas, as hot zones, que são pontos de acesso público em centros, áreas comerciais, parques, entre outros.

6.1. Estudo do programa cidades digitais

O programa Cidades Digitais é um programa do Ministério das Comunicações, que visa modernizar a gestão, ampliar o acesso aos serviços públicos e promover o desenvolvimento dos municípios brasileiros por meio da tecnologia. A ideia de estudar esse programa é tomá-lo como base na implementação do projeto na cidade de Sombrio buscando em seus princípios e objetivos métodos para o desenvolvimento do projeto.

6.2. Descrição do ambiente

O projeto teve início na segunda metade do ano de 2013 em fase experimental, onde foram implantados o Centro de Gerenciamento de Rede (CGR), o Ponto de Acesso (PA) rótula central e a instalação de um sistema de controle de usuário. Nessa primeira fase de implantação o sistema não funcionou corretamente, apresentando algumas falhas, como o ponto de acesso rótula central, que apresentou algumas falhas no equipamento, dificultando a conexão dos usuários. E também o sistema de controle de usuário, que dentre outras limitações, exigia no cadastro uma senha, causando um certo transtorno aos usuários que a esqueciam.

Diante disso o projeto precisou passar por uma nova fase de implantação, onde foram feitas as correções no PA rótula central e no sistema de controle de usuário. Juntamente com essas alterações foi feita uma ampliação do sistema e é essa nova fase de implantação que será relatada nesse trabalho.

6.3. Grupo de trabalho

Para formar o grupo de trabalho foi contratado pela prefeitura municipal, a empresa DellSystem que é a responsável pelo projeto e implementação do Sombrio Digital. E na fase de ampliação do sistema contou com o acompanhamento e a participação do acadêmico responsável por este trabalho. O projeto conta também com a participação, através de consultas, de outros envolvidos no projeto como o prefeito municipal e líderes comunitários

6.4. Projeto de ampliação

Visando oferecer uma conexão a rede mundial de computadores (internet) de forma gratuita para a população de Sombrio, o projeto atende dez pontos espalhados pelo município, os

mesmos serão instalados em praças e parques públicos, que são locais de grande circulação de pessoas.

6.5. Bairros atendidos

A ampliação do Sombrio Digital irá colocar mais nove pontos de acesso a internet pública e gratuita para toda a população. Esses PAs serão localizados em pontos estratégicos da cidade, que são os bairros que fazem parte do perímetro urbano, onde há uma maior densidade demográfica e possivelmente um maior número de usuários do sistema. A escolha desses PAs leva em consideração fatores como: população e disponibilidade de local para a instalação da antena. Dentre os bairros atendidos pelo sistema estão o bairro Centro, Parque das Avenidas, São Luiz, Raizeira, Nova Guarita, Januária, São José, Nova Brasília e Boa esperança.

6.6. Análises do projeto de ampliação

Após a etapa de levantamento de dados, onde foram definidos os bairros que serão atendidos pelo sistema e o local que será instalado os PAs, faz-se necessário uma análise que viabiliza a instalação do pontos de acesso em relação ao centro de gerenciamento de rede. Essa etapa foi realizada através do Radio Mobile.

6.6.1. Radio Mobile

Segundo Flickenger, et al (2008) Radio Mobile é um software que faz a simulação da propagação de sinal de radiofrequência. O programa permite que sejam retirados mapas de elevação de áreas específicas, através de um modelo digital de elevação do terreno (digital terrain elevation model), fazendo assim, o cálculo da cobertura e indicando a potência do sinal.

6.6.2. Centro de gerenciamento de rede

No centro de gerenciamento de rede devem ser instaladas as antenas que transmitirão o sinal da internet até os PAs que estarão espalhados pelo município. Serão 3 antenas setoriais, cada uma delas será responsável por distribuir o sinal aos PAs que estão ao seu alcance, que são: a) setorial 1: com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 208°, atenderá os pontos de acesso da Rótula Central, Igreja Matriz, Bairro São José, e Bairro Raizeira; b) setorial 2: com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 50°, atenderá os pontos de acesso do bairro Parque das Avenidas, bairro São Luiz e Distrito Nova Guarita; c) setorial 3: com uma abertura de 90° e uma topologia ponto-multiponto, instalada a um ângulo Azimute de 298°, atenderá os pontos de acesso do distrito de Boa Esperança, bairro Nova Brasília e bairro Januária.

6.6.2. Análise dos pontos de acesso

Para essa análise foram obtidos no *United States Geological Survey* (Serviço Geológico dos Estados Unidos) os dados sobre o relevo da América do Sul. A configuração dos equipamentos que colocados no sistema, foram obtidas através da internet com o intuito de fazer uma simulação dos equipamentos a serem utilizados no projeto.

A figura 1 mostra a o enlace entre o centro de gerenciamento de rede e os pontos de acesso.

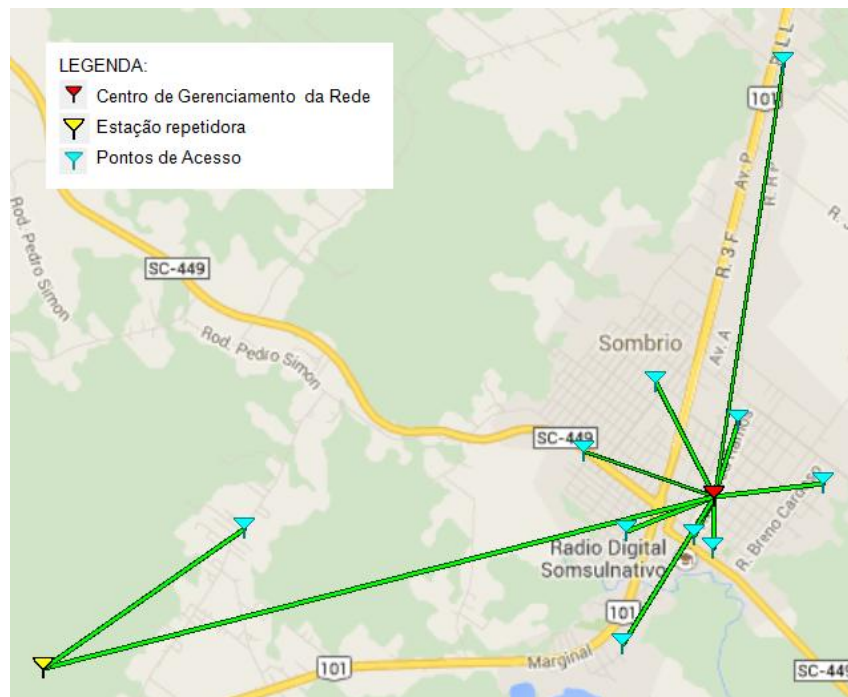


Figura 1. Visão geral das análises

6.7. Implementação da ampliação do sistema

Para iniciar a ampliação do sistema foi feita a reinstalação do PA rótula central pela empresa DellSystem, onde foram substituído os equipamentos do mesmo e também a instalação de um novo sistema de controle de usuário.

6.7. 1. Ponto de acesso rótula central

No PA rótula central, foi instalado uma Ubiquiti NanoStation loco M5, essa antena recebe o sinal que vem do centro de gerenciamento de rede. Conectado a essa Ubiquiti NanoStation loco M5, esta um Customer Premises Equipment (CPE), que é um equipamento indicado para sistemas de internet via rádio e construção hotspots. Para essa função foi instalado o equipamento ProEletronic Wireless Station 2.4GHz. Este CPE trabalha em uma frequência de 2,4GHz que é compatível com a maioria dos dispositivos móveis.

6.7. 2. Sistema de controle de usuário

Após a utilização de um software que não atendeu as necessidades do sistema, a solução foi sugerida pela empresa DellSystem, que se propôs a desenvolver um software que faça a coleta, armazenamento e recuperação dos dados dos usuários, o mesmo foi instalado no CGR e guardará as informações pessoais, bem como equipamentos utilizados para acessar o sistema e dados de navegação. Além disso, o sistema tem outras funcionalidades como o controle de conexões inativas, que desconecta o usuário após determinado tempo de inatividade de maneira que o usuário precise logar-se novamente para continuar usando a internet.

6.7. 2. Testes no sistema

Após a instalação e configuração dos equipamentos é necessário fazer os testes para verificar o funcionamento do sistema. Os teste foram realizados através do software Vistumbler, para verificar desempenho da rede (Tabela 1), e o aplicativo ping, que permite testes a conexão com a internet (Tabela 2).

Foram realizados três testes em diferentes distâncias do PA rótula central, onde o teste 1 foi realizado a cem metros, o teste 2 a uma distancia de duzentos metros e o teste 3 a trezentos metros de distância do PA.

Table 1. Resultado dos testes de desempenho da rede

Informações do sistema	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Endereço MAC	B8:55:10:05:1A:E3	B8:55:10:05:1A:E3	B8:55:10:05:1A:E3
SSID	SombrioDigital	SombrioDigital	SombrioDigital
Sinal(%)	99	82	40
RSSI	-51 dBm	-52 dBm	-82 dBm
Canal	6	6	6
Criptografia	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Tipo de Radio	802.11n	802.11n	802.11n

Table 2. Resultado dos testes de conexão do link de internet

Teste	Ping
Teste 1	Mínimo = 24ms, Máximo = 61ms, Média = 33ms
Teste 2	Mínimo = 25ms, Máximo = 76ms, Média = 43ms
Teste 3	Mínimo = 22ms, Máximo = 154ms, Média = 81ms

6.8. Resultados obtidos

Os resultados nesse trabalho foram obtidos de maneira satisfatória em todas as etapas da implementação.

A primeira etapa do projeto que foi a coleta de dados, obtida através algumas reuniões com as partes envolvidas, onde foram definidos a quantidade e local dos PAs, velocidade da conexão em cada um dos PAs, entre outros. Foi de fundamental importância para o desenvolvimento das demais etapas de implementação do sistema.

O uso do software Radio Mobile mostrou-se uma importante ferramenta na elaboração do projeto. Ele utiliza dados de relevo da região para calcular um enlace entre dois pontos em uma rede sem fio.

A escolha dos equipamentos também obteve o auxílio do Radio Mobile que através do cadastro das configurações dos equipamentos no software, possibilitou assim o cálculo dos enlaces da rede.

O software de controle de usuário, que foi desenvolvido por uma empresa local apresentou ser uma ferramenta bastante eficaz no cadastro e armazenamento dos dados dos usuários do sistema.

7. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo acompanhar a implantação no município de Sombrio/SC um modelo de cidade digital que visava oferecer a toda a população, acesso gratuito à rede mundial de computadores (Internet) através de PAs espalhados em diversas partes da cidade.

A tecnologia utilizada para viabilizar o projeto foi o uso de redes sem fio. A primeira etapa do projeto foi a definição do grupo de trabalho e o levantamento de dados. Na etapa de planejamento do projeto, o Radio Mobile se mostrou uma ferramenta bastante eficaz. No

Radio Mobile foi possível calcular a propagação de um sinal de radiofrequência entre dois pontos.

Para o desenvolvimento do projeto foi fornecido pela prefeitura municipal o local para o centro de gerenciamento da rede, que recebe o sinal de internet e distribui para todos os pontos de acesso. Também é no CGR que foi instalado o sistema de controle de usuário. Esse sistema foi desenvolvido por uma empresa local cujo objetivo é capturar e armazenar os dados dos usuários e equipamentos que se conectam ao sistema. O posto de acesso rótula central está localizado no bairro Centro, principal bairro do município. Após a instalação e configuração dos equipamentos, foram realizados testes que verificaram a funcionalidade do sistema. No período de avaliação foi possível verificar a adesão dos cidadãos sombrienses ao sistema e também os problemas que foram corrigidos antes da instalação dos demais pontos de acesso.

Referências

- Brasil, IBGE. (2012) “Perfil dos municípios brasileiros”, ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2012/munic2012.pdf.
- Brasil, Ministério das Comunicações. (2006) “As cidades digitais no mapa do Brasil: uma rota para a inclusão social”, Átila A. Souto, Juliano C. Dall’Antonia, Giovanini M. de Holanda (organizadores). Brasília – DF https://www.cpqd.com.br/sites/default/files/arquivos_relacionados/cidades_digitais_no_mapa_do_brasil.pdf#page=68.
- Carissimi, A. S., Rochol, J. e Granville, L. Z. (2009) “Redes de computadores”, 1ª ed. Porto Alegre: Bookman.
- Costa, R. S. (2005) “Aquisição de Dados e Interface de Comunicação em Instrumentos de Medição de Massa”, http://xrepo01s.inmetro.gov.br/bitstream/10926/811/1/2005_RenatoSilveiradaCosta.pdf.
- Flickenger, R. et al. (2008) “Redes sem fio no mundo em desenvolvimento”, Primeira tradução para o português. <http://wndw.net/pdf/wndw-pt/wndw-pt-ebook.pdf>.
- Freitas, N. D. (2008) “Uma análise da Utilização de Antenas Direcionais e Múltiplos Caminhos em Redes Ad Hoc Sem Fio”, Rio de Janeiro: Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. <http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/natanael08.pdf>.
- Kabir, S. et al. (2009) “WiMAX or Wi-Fi: The Best Suited Candidate Technology for Building Wireless Access Infrastructure”, <http://imasters.com.br/artigo/13242/redes-e-servidores/wireless-com-mikrotik-parte-07-configurando-routerboard-e-mikrotik-como-roteador-wireless/>.
- Kumar, D. (2007) “Computer Network”, Directorate of Distance Education Guru Jambheshwar University. <http://www.ddegjust.ac.in/studymaterial/mca-5/mca-301.pdf>.
- Lemos, A. (2006) “CiberCidade”, <http://www.mondialisations.org/php/public/art.php?id=22897&lan=PO>.
- Levy, P. (1999) “Cibercultura”, 1. Edição. São Paulo: Ed. 34.
- Lima, L. S., Soares, L. F. G., e Endler, M. (2006) “WiMAX: Padrão IEEE 802.16 para Banda Larga Sem Fio”, Rio de Janeiro: PUC.

- Rocha, M. (2009) “Os muitos benefícios das cidades digitais”, <http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/os-muitos-benefcios-das-cidades-digitais>.
- Soares, L. F. G., Lemos, G. e Colcher, S. (1995) “Redes de computadores: Das LANs, MANs e WANs às redes ATM”, Rio de Janeiro: Editora Campus.
- Tanenbaum, A. S. (2003) “Redes de computadores”, Tradução da 4ª Edição. Rio de Janeiro: Campus.