

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE COMPUTADORES**

GILMAR MAZUR

TECNOLOGIAS DE REDES MUNICIPAIS SEM FIO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2012**

GILMAR MAZUR

TECNOLOGIAS DE REDES MUNICIPAIS SEM FIO

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Teleinformática e Redes de Computadores, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Armando Rech Filho

**CURITIBA
2012**



TERMO DE APROVAÇÃO

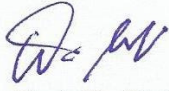
Tecnologias de redes municipais sem fio

por


Gilmar Mazur

Esta monografia foi apresentada às 16:00 horas do dia 17 de abril de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE COMPUTADORES, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado com a nota 8,5 (OITO INTEIROS E CINCO DÉCIMOS)


Prof. Dr. Armando Rech Filho
(UTFPR)


Prof. Dr. Walter Godoy Júnior
(UTFPR)

Visto da Coordenação


Prof. Dr. Walter Godoy Júnior
Coordenador do Curso

RESUMO

MAZUR, Gilmar. Tecnologias de Redes Municipais Sem Fio. 2012. 37 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Pr, 2012.

Esta pesquisa apresenta um estudo de tecnologias de rede sem fio, aplicadas em redes municipais. A vontade dos governos em implantar tais redes, tem demonstrado a sua importância no atendimento aos cidadãos, empresas e instituições públicas, como também, resolver o problema da exclusão digital. São mostradas duas tecnologias de rede sem fio de longo alcance (WiMAX e WiMesh), que podem atender às necessidades das redes municipais.

Palavras chave: Tecnologia. Redes Sem Fio. Redes Municipais. Exclusão Digital.

ABSTRACT

MAZUR, Gilmar. Technologies for Municipal Wireless Networks. 2012. 37 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Pr, 2012.

This research presents a study of wireless network technologies, applied to municipal networks. The willingness of governments of deploying these networks, has demonstrated their importance in serving citizens, enterprises and public institutions but also to solve the problem of digital exclusion. Shown are two wireless technologies for long distance (WiMAX and WiMesh), which can meet the needs of municipal networks.

Keywords: Technology. Wireless Networks. Municipal Network. Digital Exclusion.

LISTA DE SIGLAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCK	<i>Complementary Code Keying</i>
CPE	<i>Customer Premise Equipment</i>
CPqD	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
e-gov	Serviço de Governo Eletrônico
ERBs	Estações Rádio-base
FHSS	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>
GHz	Gigahertz
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISP	<i>Internet Service Providers</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
Mbps	Megabits por Segundo
MIMO	<i>Multiple Input, Multiple Output</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute Of Technology</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PMAT	Programa de Modernização da Administração Tributária e Gestão dos Setores Sociais Básicos
SCM	Serviço de Comunicação Multimídia
SLP	Serviço Limitado Privado
SRP	Serviço de Rede Privado
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
WDS	<i>Wireless Distribution System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	PROBLEMAS E PREMISSAS	8
1.2	OBJETIVO	9
1.3	JUSTIFICATIVA.....	9
1.4	METODOLOGIA.....	9
1.5	ESTRUTURA DE CAPÍTULOS.....	10
2	REDES MUNICIPAIS SEM FIO	11
2.1	CONCEITO E FINALIDADE	11
2.2	REGULAMENTAÇÃO E DEMANDAS NO BRASIL	11
2.3	PLANEJAMENTO E GESTÃO.....	13
2.4	PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER	14
3	CASOS DE SUCESSO	17
3.1	PIRAÍ – ESTADO DO RIO DE JANEIRO - BRASIL.....	17
3.2	PIRAPORA – ESTADO DE MINAS GERAIS – BRASIL	18
3.3	SÃO LEOPOLDO – ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL.....	18
3.4	GUAÍRA – ESTADO DO PARANÁ - BRASIL	19
3.5	ESTADO DO PARÁ - BRASIL	20
3.6	DUAS BARRAS – ESTADO DO RIO DE JANEIRO – BRASIL.....	20
3.7	SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – ESTADO DO PARANÁ – BRASIL	21
3.8	VACARIA – ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL	21
3.9	MANGARATIBA – ESTADO DO RIO DE JANEIRO – BRASIL	22
3.10	FOZ DO IGUAÇU – ESTADO DO PARANÁ – BRASIL.....	22
4	TECNOLOGIAS	24
4.1	WORDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX)	24
4.1.1	COMO FUNCIONA O WiMAX.....	24
4.1.2	TOPOLOGIAS USADAS EM WiMAX.....	25
4.1.3	EQUIPAMENTOS USADOS EM WiMAX	25
4.1.4	APLICAÇÕES PARA WiMAX.....	27
4.2	WIRELESS MESH NETWORK (WiMesh)	28
4.2.1	OBJETIVO DO PADRÃO 802.11s	31
4.2.2	ALGUNS EXEMPLOS DE PROJETOS REDES MESH EXISTENTES....	32
5	COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS APLICADAS.....	34
6	CONCLUSÃO.....	35
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

Pela importância que representam para os cidadãos, empresas públicas e privadas, a Internet e o acesso à informação, tornaram-se um objetivo estratégico para os principais países do mundo. Em particular, os problemas relacionados com a exclusão digital têm sido reconhecidos pelas administrações públicas que se empenham em resolver essa questão. Atualmente, várias experiências com a implantação de redes municipais sem fio têm tido sucesso, inclusive no Brasil. Com as iniciativas das administrações públicas e parcerias com a iniciativa privada, o que se pretende é cobrir as regiões que não são atendidas pelo acesso de banda larga. Hoje, o padrão mais utilizado é o *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)*, que utiliza a linha telefônica, mas que não atende todas as regiões, principalmente as mais pobres. As tecnologias atualmente mais empregadas, no caso de redes municipais sem fio, são o *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*, e mais recentemente o *Wireless Mesh Network (WiMesh)*, além de experiências com a terceira geração dos padrões de Telefonia Móvel.

1.1 PROBLEMAS E PREMISSAS

A existência de áreas não cobertas pelas empresas de telecomunicações ou pelas prestadoras de serviço de internet (*ISP-Internet Service Providers*), é um dos problemas a ser resolvido. Essas áreas, normalmente se situam nas regiões mais pobres, mesmo porque as empresas não têm interesse em atendê-las, pelo alto custo de implantação das tecnologias necessárias, como também pela falta de retorno desses investimentos.

1.2 OBJETIVO

Mostrar as tecnologias para redes sem fio de longo alcance atualmente disponíveis e compará-las, apontando as vantagens e desvantagens quando aplicadas em projetos de redes municipais sem fio.

São objetivos específicos:

- a) Mostrar como funciona uma rede municipal sem fio e de que forma a legislação afeta seu uso no Brasil.
- b) Mostrar os casos de sucesso de redes já implantadas.
- c) Comparar as principais tecnologias usadas em redes municipais sem fio.

1.3 JUSTIFICATIVA

A pesquisa é justificada pela importância que essas tecnologias representam para a disseminação de informações através da Internet assim como para prover facilidades e serviços aos cidadãos. Os recentes casos de sucesso na implantação de redes municipais demonstram a sua importância no desenvolvimento do país.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho é a pesquisa exploratória, que visa compreender o funcionamento das tecnologias de redes sem fio e como elas podem ser aplicadas na construção de redes municipais. A fonte de informação é fundamentalmente secundária, tratando-se da revisão bibliográfica e análise de aplicações existentes em municípios brasileiros.

A pesquisa bibliográfica é focada em artigos da área tecnológica, publicados por revistas técnicas, periódicos, livros técnicos e entidades reconhecidas e conceituadas.

1.5 ESTRUTURA DE CAPÍTULOS

No capítulo seguinte, é apresentado o conceito de redes municipais assim como a aplicação das tecnologias de redes sem fio e aspectos de legislação.

No terceiro capítulo, são apresentados casos de sucesso no Brasil.

No quarto capítulo, são mostradas as principais tecnologias de redes sem fio para longas distâncias que estão sendo utilizadas para acesso à Internet: WiMAX e WiMesh.

No quinto capítulo, é apresentada uma comparação entre as duas principais tecnologias utilizadas em redes municipais sem fio.

2 REDES MUNICIPAIS SEM FIO

2.1 CONCEITO E FINALIDADE

O termo rede municipal sem fio, que vem do inglês *municipal wireless network*, adotado nos Estados Unidos e em outros países, tem sido chamado no Brasil de cidade digital. Na realidade o termo cidade digital é considerado ambíguo, pois pode significar várias coisas. Uma rede municipal sem fio ou cidade digital, segundo Fernandes (2010),

(...) significa uma cidade amplamente coberta por uma rede sem fio integrada, que permite acessar a Internet, em geral oferecida gratuitamente pela municipalidade, ou por uma organização não governamental (ONG), caso em que o acesso pode ter um custo, em geral muito baixo (FERNANDES, 2010).

A finalidade dessas redes, na verdade, vai muito além do acesso à Internet. A idéia é oferecer ao cidadão, uma gama de serviços e informações que contribuirá para a sua própria evolução. Essas redes surgiram há alguns anos, primeiro como redes comunitárias, visando atender áreas pouco povoadas ou não cobertas pelas empresas de telecomunicações, depois como redes municipais, envolvendo também os governos municipais.

2.2 REGULAMENTAÇÃO E DEMANDAS NO BRASIL

No Brasil, o governo federal tem demonstrado grande interesse no assunto, tanto que está criando meios para incentivar os municípios a implantar esse serviço, visando atender melhor à comunidade. Em março de 2007, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), aprovou a proposta de autorização para prestação e execução de serviços de telecomunicações, objetivando atender as demandas municipais por serviços de educação, cultura e informação através da Internet. Segundo a ANATEL, a partir da aprovação da matéria, foram criadas alternativas na regulamentação em vigor para as solicitações das prefeituras municipais. Na

realidade, muitas prefeituras municipais vêm instalando sistemas de telecomunicações sem fio, usando frequências de radiação restrita, para permitir que a população em geral possa acessar seus serviços e sistemas através da Internet. A regulamentação permite a criação de redes comunitárias e municipais, utilizando tecnologia sem fio de baixo custo. Segundo a resolução da ANATEL, as prefeituras podem prestar esse serviço usando uma das modalidades a seguir:

- a) Serviço de Comunicação Multimídia (SCM), de forma indireta através de empresas públicas ou privadas, autorizadas pela ANATEL.
- b) Serviço Limitado Privado (SLP) na submodalidade Serviço de Rede Privado (SRP), de forma direta e interesse restrito.

O serviço SCM é prestado em regime de mercado e o SLP é gratuito para seus usuários, sendo que a autorização tem custo reduzido. A gratuidade do acesso usando a modalidade Serviço de Rede Privado, está limitada aos serviços da prefeitura e ao território municipal, conforme Norma 13/97 do Ministério das Comunicações.

Ao implantar uma rede municipal sem fio, que é uma atividade ligada às telecomunicações, deve-se levar em conta o cumprimento das normas estabelecidas pela ANATEL, que é o órgão que regula o uso do espectro de radiofrequência.

Foi definido pela ANATEL o uso da faixa de 3,5 GHz para aplicações de SLP, que são feitos por empresas públicas do governo federal e dos governos estaduais e municipais. No caso de áreas rurais e pequenas localidades, a ANATEL pretende definir o uso da faixa entre 450 e 470 MHz, pois nessa faixa, com uma só torre pode-se cobrir uma área de até 100 Km, reduzindo-se o uso de estações radiobase (ERBs).

Outra questão segundo a ANATEL, é sobre o uso da Internet, que no caso das redes municipais, as prefeituras não podem oferecer acesso livre e direto à internet de forma indiscriminada. Existem casos em que o acesso é restrito aos cidadãos do município, desde que eles cumpram regras criadas para esse fim, como pagar em dia os impostos municipais, por exemplo. Em projetos de inclusão digital, o acesso à Internet deve estar restrito apenas a locais públicos, como telecentros, escolas e bibliotecas. Nos casos em que a prefeitura oferece a conexão, ela deve permitir apenas acesso à rede interna e privativa do poder municipal, ou apenas

acesso a sites de serviços públicos.. Nos demais casos, o acesso à internet deve ser provido por empresa pública ou privada contratada e com autorização da ANATEL.

2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO

As redes municipais sem fio devem ser planejadas de forma a atender principalmente às comunidades menos favorecidas, reduzindo os índices de exclusão digital. Devem também, atender às necessidades da população, no sentido de facilitar o acesso à informação e serviços disponíveis, bem como contribuir com o desenvolvimento socioeconômico municipal.

Segundo o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), um dos mais conceituados polos de tecnologia do mundo em telecomunicações e tecnologia da informação:

Programas de cidades digitais devem vislumbrar, essencialmente, quatro etapas evolutivas de aproveitamento das TICs, isto é, do nível de urbanização digital, até que se alcance o melhor nível de aproveitamento possível, ao grau mais elevado, para que se constitua uma Cidade Digital Plena:

- I. Inclusão digital
- II. Eficiência administrativa
- III. Desenvolvimento socioeconômico local
- IV. Sustentabilidade

O planejamento e a gestão de uma cidade digital devem ser respaldados por indicadores que permitam a caracterização das ações a serem implementadas e geridas nas diversas dimensões: da disponibilidade da infraestrutura de comunicação e de acesso público, dos tipos e graus de integração entre os serviços eletrônicos disponibilizados, recursos de acessibilidade e usabilidade e da capacitação e conscientização da população sobre como se beneficiar desses recursos.

Assegurar ao cidadão, acesso (individual e público) a informações e serviços (públicos e privados) por meio de infraestrutura de telecomunicações e Internet, em toda sua área geográfica, é o desafio de uma cidade digital. (CPqD, 2010).

Ao implantar esse tipo de projeto, os municípios passam a ter muitos benefícios que vão além da tecnologia. Além do acesso à Internet barato e de qualidade, os serviços prestados pelas prefeituras, nas áreas de educação, saúde e segurança, passam também para um nível mais elevado. Também a gestão pública passa a ser mais eficiente e transparente, agilizando serviços prestados à população

e facilitando a emissão de certidões e outros documentos. Também existe a questão de economia no serviço telefônico, pois com o uso da rede para comunicação via voz sobre protocolo Internet (VoIP), pode reduzir em muito os custos do serviço de comunicação para as prefeituras.

2.4 PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER

Em meio a tantos fatos positivos oriundos da implantação de redes municipais sem fio, deve-se analisar também os problemas que podem ocorrer. Um deles, é “a possibilidade de inibir o desenvolvimento do mercado local de telecomunicações” (JOSGRILBERG, 2009, pag. 1), e o motivo é óbvio, “se o governo municipal oferece internet sem fio de graça, não há justificativa que atraia investimento da iniciativa privada” (JOSGRILBERG, 2009, pag. 2). Na realidade, devem ser respeitadas as restrições impostas pela regulamentação, e desse modo esses problemas não ocorrerão. Se as restrições não forem respeitadas, podem ocorrer problemas de desatualização tecnológica e desemprego no setor, já que não haverá concorrência entre empresas. Esse problema já ocorreu no passado, quando as empresas de telecomunicações eram estatais e tinham o monopólio do setor.

Na realidade, os governos municipais devem se preocupar em oferecer esses serviços nos locais não atendidos pelas empresas de mercado. Desse modo, é admissível que os governos busquem soluções para atender a população, principalmente a mais carente.

Quanto à tecnologia, existe o problema da restrição de frequências às prefeituras, que geralmente têm usado as faixas que não precisam de licença. O problema é que essas faixas de frequência, principalmente a de 2,4 GHz, normalmente estão sujeitas a muita interferência de outros aparelhos.

2.5 MODELOS DE NEGÓCIO E SUSTENTABILIDADE

Para que uma rede municipal funcione a contento, é importante planejar e definir o modelo de negócio a ser utilizado, pois disso depende o sucesso ou fracasso do projeto. Na implantação, é preciso investir em infraestrutura, equipamentos e serviços, e depois em manutenção e atualização tecnológica. Normalmente, os custos envolvidos estão acima da capacidade dos pequenos municípios, o que pode inviabilizar todo o projeto. Para solucionar esse problema, uma alternativa é utilizar parcerias público privadas. Nesse caso, primeiro é preciso identificar os possíveis interessados e os recursos que eles podem oferecer em prol do projeto.

Normalmente no Brasil, dois tipos de modelo de negócio têm sido utilizados, franquia e âncora:

- O modelo chamado franquia, onde a administração pública concede o uso de instalações públicas a empresas privadas, e que é considerado um modelo privado/privado, sendo que a empresa privada paga à administração pública pelo uso de seus ativos.

- O modelo conhecido como âncora, onde a administração pública, uma empresa pública ou outro tipo de empresa se compromete a ser um cliente importante da infraestrutura sem fio. A implementação e operação dos serviços e infraestrutura podem ser realizados tanto pela administração pública quanto por uma empresa privada. O importante nesse modelo é quem paga pelo uso da rede.

Como solução complementar, também pode existir um modelo baseado no compartilhamento do acesso sem fio. Nesse caso, outros interessados como empresas públicas ou privadas podem utilizar essa rede, contribuindo com o custeio das despesas e diminuindo os gastos do município.

No Brasil, existe a possibilidade de financiamento através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) lançou uma nova modalidade do Programa de Modernização da Administração Tributária e Gestão dos Setores Sociais Básicos (PMAT), o PMAT Automático. Seu objetivo é melhorar a infraestrutura do poder público de municípios com até 150 mil habitantes a fim de gerar uma gestão mais eficiente de recursos por meio de redução de despesas e aumento da arrecadação. A iniciativa investirá R\$ 200 milhões ao longo de quatro anos e pode ajudar a construir cidades digitais. As inscrições para obter

financiamento já estão abertas. Os recursos poderão ser utilizados, entre outros fins, para aquisição de máquinas e equipamentos de informática como computadores e antenas de transmissão, além de compra de totens de informação e programas de computador. As normas do programa também contemplam ações relacionadas a sistemas de tecnologia da informação, seja sua modernização, seja sua construção. O planejamento de compras, no entanto, deve atentar para as condições do banco. O limite do financiamento é de R\$ 10 milhões a cada 12 meses. O BNDES financia em até 100% a compra de equipamentos e 95% a dos demais itens. A prefeitura que aderir ao programa terá oito anos para pagar a dívida, com até dois anos de carência. As condições são taxa de juros de longo prazo (TJLP) mais remuneração do BNDES, de 0,9% ao ano, somada à taxas da instituição financeira que intermediará a operação (MEDEIROS, 2011)

Como visto, há um grande incentivo à criação de infraestruturas que possibilitem o uso de redes municipais sem fio no Brasil, onde a idéia principal é melhorar a gestão, reduzir as despesas municipais e aumentar a arrecadação. Além disso, também existe o lado social que é resolver o problema da exclusão digital, que implica em fornecer acesso à Internet às comunidades de baixa renda e em zonas rurais.

3 CASOS DE SUCESSO

Entidades públicas como prefeituras estão oferecendo acesso sem fio por falta de opção das operadoras, já que elas administram seus próprios serviços, como fornecimento de água e energia elétrica com economia, também podem fornecer acesso sem fio com qualidade. Várias cidades dos Estados Unidos estão oferecendo acesso sem fio por possuírem apenas conexão por linha discada ou outras formas consideradas caras. No Brasil isso também tem acontecido, principalmente em cidades sem acesso à Internet ou com acesso ruim. A seguir, são apresentados alguns dos muitos casos de sucesso, planejados e executados em municípios brasileiros.

3.1 PIRAÍ – ESTADO DO RIO DE JANEIRO - BRASIL

Em Piraí, foi executado um projeto digital. Esse projeto recebeu o prêmio *Top Seven Intelligent Communities* (As 7 cidades mais inteligentes do mundo), além de outros prêmios nacionais e internacionais. Ele tem sido utilizado como modelo, para implantação de outros projetos semelhantes, em vários municípios do Brasil. Em 2004, foi implantada uma rede municipal híbrida, atendendo 100% da cidade com acesso à internet. Esse projeto atende 22 escolas públicas, hospitais e órgãos municipais, além de 600 terminais públicos, telecentros, quiosques digitais e sistema de voz sobre IP nos telefones públicos. Foi realizado através de parcerias com empresas públicas e privadas. Além disso, Piraí também está utilizando a Internet na área de saúde, para isso, criou um banco de dados digital com informações centralizadas. Dessa maneira, o novo sistema organiza melhor o agendamento das consultas, além de manter um histórico dos pacientes, facilitando o atendimento e encaminhamento a outros centros quando necessário.

(...) Piraí ficou conhecida no final dos anos 90 por ser a primeira cidade do país a enfrentar a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para poder distribuir internet aos moradores. O município, localizado às margens da Rodovia Presidente Dutra, não tinha então nenhum provedor banda larga. A prefeitura obteve autorização para disponibilizar a conexão aos

moradores, desde que fosse gratuita. Sem poder cobrar pelo uso da internet, nem mesmo uma “taxa social”, a prefeitura teve de arcar com os custos e diminuir a abrangência do projeto. (AGÊNCIA BRASIL, 2010).

3.2 PIRAPORA – ESTADO DE MINAS GERAIS – BRASIL

O projeto executado em Pirapora, em 2009, priorizou os serviços de saúde e educação, além da telefonia IP e acesso à Internet pelas escolas e telecentros, também foi instalado um hotspot no centro da cidade que permite o acesso a qualquer cidadão.

(...) Desde julho de 2009, a mineira Pirapora se tornou digital. Com rede sem fio, telefonia IP e telecentros entre os pilares do projeto, já é possível sentir, apenas menos de nove meses depois, melhoras em diversas áreas. “A melhora é percebida no tocante a facilidade de comunicação entre as unidades da Prefeitura e na automação de alguns serviços, a exemplo da Saúde e Educação”, conta Rogério Elias Bulhões, um dos coordenadores da iniciativa e diretor da Conectiva Digital, empresa contratada para implementar o projeto piraporense. Na cidade de quase 55 mil habitantes, as áreas mais impactadas foram Saúde e Educação. “O projeto em questão permitiu à Secretaria da Saúde integrar todas as Unidades de Saúde da Família da cidade e compartilhar em tempo real informações de programas governamentais”, explica Bulhões. Já as 19 escolas e creches foram conectadas e interligadas, assim como o Centro Vocacional Tecnológico da cidade. Esta mesma estrutura é partilhada e usada como telecentro, fora do horário de aulas, pela comunidade escolar e pela população. O acesso à internet é possibilitado por uma rede sem fio híbrida. “A tecnologia aplicada para transmissão do sinal na cidade foi um mix de aplicações da Motorola chamado MotoWi4, que possui protocolo proprietário e equivale a uma rede pré-WiMAX”, esclarece Bulhões. (MATTAR, 2010).

3.3 SÃO LEOPOLDO – ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

O projeto que está sendo executado em São Leopoldo, iniciou-se há quase quatro anos e agora na fase final de implantação, já atende as escolas municipais, secretarias, unidades de assistência social, postos de saúde e telecentros. Segundo informações da prefeitura, foram investidos R\$ 800.000,00 na implantação, sendo que a economia gerada é da ordem de R\$ 300.000,00 por ano.

(...) Com a implantação das novas tecnologias que compõem a infovia – 23 repetidoras de 54 Mbps, 110 estações clientes com velocidade mínima de 6 Mbps, 17 redes locais conectadas à municipal, 900 computadores interligados e 15 torres (POP) –, esse cenário mudou. “O sistema de comunicação tem permitido a integração de secretarias, processos e pessoas, além da intensificação na informatização dos procedimentos e, conseqüentemente, a melhoria dos serviços prestados aos cidadãos. Os custos com telecomunicações também estão sendo reduzidos e isto, na prática, significa retorno para os habitantes”, observa Martins. (BITTENCOURT, 2011).

3.4 GUAÍRA – ESTADO DO PARANÁ - BRASIL

Na cidade de Guaíra, foi implantada uma rede municipal sem fio para atender a administração pública, escolas municipais, postos do programa de saúde da família e seis telecentros comunitários, sendo dois no centro urbano e quatro localizados em áreas rurais. Além disso, a prefeitura pretende implantar telefonia IP (VoIP) entre as suas unidades administrativas, escolas e postos de saúde, como também fornecer acesso à Internet a todos os munícipes.

(...) Na cidade paranaense de Guaíra, com cerca de 29 mil habitantes e localizada na região Oeste do Estado, a aproximadamente 680 quilômetros da capital, as unidades da prefeitura que estão distantes do Paço Municipal contam com uma rede de comunicação wireless [sem fio] para se manterem integradas. Os recursos digitais implantados permitiram ainda mais. Além da administração, as escolas municipais, os telecentros comunitários e os postos do Programa de Saúde da Família (PSF) na cidade podem usufruir do acesso à internet. A Coordenadoria de Programas Especiais de Tecnologia de Informação da Prefeitura de Guaíra foi a responsável pela implantação da tecnologia wireless para atender as unidades da administração pública. Para constituir a rede, foram disponibilizados cerca de 500 terminais, 18 servidores, 7 torres de conexão e 50 aparelhos de rádio. (BITTENCOURT, 2009).

3.5 ESTADO DO PARÁ - BRASIL

No Estado do Pará, está sendo implantando um projeto chamado NavegaPará, que já teve investimentos da ordem de R\$ 40.000.000,00. Aqui a iniciativa não é de um município, mas sim do estado, que na primeira fase já atendeu 61 municípios. O sistema adotado é híbrido, utilizando backbone de fibra ótica e derivações por rede sem fio utilizando a tecnologia WiMAX.

O NavegaPará, projeto paraense de digitalização do Estado, está entrando em sua segunda fase, que levará conexão e telecentros a mais 46 cidades, através de fibra ótica e sinal de rádio, até o final de 2010. Serão, no total, 61 Cidades Digitais no Estado de 143 municípios, e 300 telecentros funcionando, segundo os planos do governo estadual. Na primeira fase, que teve início em abril do ano passado, foram abrangidas 15 cidades, aonde não só se levou internet, mas também telecentros, cursos e telefonia VOIP. "O projeto tem hoje cerca de 1 milhão de usuários. É uma iniciativa aparentemente só de tecnologia, mas na verdade é de inclusão social. Quando vemos telecentros com frequência diária de 800 pessoas, entendemos bem qual o alcance do programa", diz Renato Francês, presidente da Companhia de Processamento de Dados do Estado do Pará (Prodepa), executora do projeto. (MATTAR, 2009a).

3.6 DUAS BARRAS – ESTADO DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

No município de Duas Barras, o problema era a falta de serviços de acesso à Internet, não existia nenhum provedor disponível. A prefeitura resolveu investir num projeto de Cidade Digital e atualmente todo o centro urbano já está conectado, assim como as escolas, unidades de saúde e secretarias municipais. Além disso, o projeto permite levar gratuitamente o acesso à Internet aos domicílios. O próximo passo é implementar o serviço de governo eletrônico (e-gov), para facilitar o acesso a serviços essenciais ao cidadão.

A falta de provedores comerciais de acesso à internet foi o estopim para a criação do projeto de Cidade Digital de Duas Barras, cidade fluminense de 11 mil habitantes, localizada na região serrana, perto de Nova Friburgo. "O que motivou a prefeitura foi constatar a necessidade de colocar a população em contato com o mundo virtual, pois não havia nenhum serviço de internet na cidade, nem mesmo uma empresa para vender tal serviço", relembra a Secretária Municipal de Cultura, Turismo, Esporte e Lazer, Camila Ponce,

que coordena a iniciativa, criada em maio de 2006 e que fornece inclusive internet gratuita para a casa dos cidadãos. (MATTAR, 2009b).

3.7 SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – ESTADO DO PARANÁ – BRASIL

Em São José dos Pinhais, utilizando um sistema híbrido, composto de um anel de fibra ótica aliado à tecnologia WiMesh, possibilitaram com sucesso, a implantação do projeto de Cidade Digital que atende à administração municipal e à população. Além disso, também foi implantado um sistema de telefonia IP (VoIP), que reduziu pela metade os custos com contas telefônicas. Essa rede conta com 274 unidades conectadas entre secretarias, escolas, postos de saúde e prédios da administração pública, além de 40 câmeras IP de segurança, disponíveis para a guarda municipal, polícia civil e militar.

São José dos Pinhais, município paranaense de 300 mil habitantes na região metropolitana de Curitiba, exibe números de peso: representa a terceira maior arrecadação do Estado e possui o terceiro maior pólo automotivo do País. Além disso, com seus 978 quilômetros quadrados, tem três vezes a extensão territorial da capital do Paraná – o maior desafio para a instalação de seu projeto de Cidade Digital. “Parte da população está espalhada pelo território em colônias rurais afastadas”, sublinha Rafael Rueda Muhlmann, diretor de Modernização e Informática da prefeitura. Dentro desta realidade, um fator positivo é a topologia plana da cidade. A solução foi instalar uma infraestrutura que conjuga transmissão de sinal via anel de fibra ótica de 50 quilômetros e via tecnologia WiMesh (Wi-Fi metropolitano), utilizando 10 torres de retransmissão de sinal. Nessa rede, há 274 unidades conectadas, entre secretarias, escolas, postos de saúde e outros prédios do poder público municipal. São 2.800 máquinas interligadas – antes da implantação do projeto de Cidade Digital eram 280 na estrutura da prefeitura –, compartilhando uma banda de internet de 8 Mbps. (MATTAR, 2008).

3.8 VACARIA – ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

Um projeto premiado que começou em 2005, custeado pela prefeitura e governo federal, com investimentos de R\$ 870.000,00. Utilizando um link dedicado de 4 Mbps e 26 antenas usando a frequência de 5,8 GHz, qualquer pessoa pode se conectar à Internet gratuitamente, da área rural até o centro da cidade.

Em junho, a cidade gaúcha de Vacaria recebeu o prêmio de terceiro melhor projeto de Cidade Digital na Ibero-América na categoria pequenas municipalidades. O reconhecimento da Asociación Iberoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCIET), que organiza a premiação, veio alguns anos após o começo da iniciativa, que conta com acesso gratuito para a população, a informatização dos serviços da prefeitura e a conexão dos prédios públicos. (GUIA DAS CIDADES DIGITAIS, 2008a).

3.9 MANGARATIBA – ESTADO DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Um projeto desafiador realizado em uma cidade com relevo acidentado no litoral do Rio de Janeiro, espremida entre a serra e o mar, graças a uma parceria público privada. Foram utilizadas cinco torres, seis antenas WiMAX, trinta e cinco antenas Wi-Fi, oito rádios WiMAX, trinta e sete rádios Wi-Fi, dois roteadores e cento e setenta computadores.

Até o final de 2004, não havia banda larga em Mangaratiba, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro. O link da administração municipal com o resto do mundo se resumia a 10 computadores com acesso à internet na Prefeitura. E o município não tinha nenhum tipo de conexão sem fio, mesmo estando a apenas 85 quilômetros da capital. Praticamente ilhada em termos de acesso digital, a cidade deu uma virada tecnológica desde então. Graças a uma parceria firmada em maio de 2005 entre a Prefeitura, o Proderj - Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Rio de Janeiro, a Intel e a brasileira IdeaValley, os quase 30 mil habitantes de Mangaratiba recebem hoje sinal de internet via radiofrequência à velocidade de 48Mbps, além de contarem com seis telecentros gratuitos. Em apenas quatro meses, as antenas estavam instaladas e os computadores foram postos à disposição da comunidade. (GUIA DAS CIDADES DIGITAIS, 2008b).

3.10 FOZ DO IGUAÇU – ESTADO DO PARANÁ – BRASIL

O projeto Foz Digital, iniciado em 2006, permitiu que quase 100% do município de Foz de Iguaçu fosse conectado à Internet através de uma rede sem fio que utiliza a tecnologia WiMAX. Também foi implantado um sistema de telefonia IP, que atende a prefeitura, secretarias, escolas e postos de saúde, o qual gerou uma economia em torno de 50%.

A opção de Foz do Iguaçu foi interligar toda a cidade em banda larga com redes sem fio, na primeira fase do projeto. Para isso, adotou a tecnologia WiMAX, desenhada para ser utilizada em ambientes externos. Assim, até

dezembro de 2007, 91 pontos já estavam interligados. Destes, 63 eram escolas. Os demais estavam distribuídos entre postos de saúde e outras unidades administrativas, incluindo secretarias. “O corpo administrativo está todo interligado”, diz Luiz Fernando Kasprik, da Alias Networks, empresa contratada pela prefeitura para a execução do projeto. A instalação das torres demandou R\$ 2,1 milhões, e o sistema atinge um raio que pode chegar até 16 km, com velocidades de 150 Mbps. (GUIA DAS CIDADES DIGITAIS, 2007).

4 TECNOLOGIAS

4.1 WORDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX)

O WiMAX é um padrão aberto de conexão sem fio, certificado pela norma 802.16 do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE). Foi desenvolvido por um grupo de empresas, liderado pela Intel e pela Nokia. A transmissão do sinal WiMAX é parecida com a de um telefone celular, sendo que uma torre central envia os sinais para várias torres espalhadas por uma região, formando uma área de cobertura homogênea. Os sinais são duplicados pelas torres e chegam aos receptores, sendo que a faixa de frequência de operação pode ir de 2 até 66 Gigahertz (GHz), mas no Brasil, as faixas de frequência licenciadas são as de 3,5 GHz e 10,5 GHz. Em teoria, o alcance do sinal pode chegar a 50 Km e a velocidade até 70 Megabits por segundo (Mbps), mas na prática esses números dependem muito dos equipamentos utilizados, bem como da frequência de transmissão porque podem ocorrer interferências, prejudicando a qualidade do sinal. Outro ponto a ponderar, é que se existir visada, isto é, se as antenas se “enxergarem” (quando não existem obstáculos, tais como árvores, construções, montanhas e outros), então o alcance do sinal pode chegar mais longe e com mais qualidade. Para receber o sinal, o usuário precisa apenas de uma pequena antena receptora conectada à interface de rede.

4.1.1 COMO FUNCIONA O WiMAX

O funcionamento do WiMAX é baseado em dois componentes: rádios e antenas. Normalmente a estação de radiobase está separada da antena. Por outro lado, muitos dispositivos conhecidos como *Customer Premise Equipment* (CPE) também são baseados em duas peças, uma antena instalada no exterior do edifício e outra parte na estação do usuário. O rádio contém um transmissor e um receptor,

que geram oscilações elétricas, normalmente em frequências entre 2 e 11 GHz. O rádio, no caso faz o papel de um dispositivo de rede, como um roteador ou ponte, gerenciado por software. Ele deve estar protegido de temperaturas extremas e umidade, pois esses fatores podem afetar o seu desempenho e durabilidade. A colocação da antena ao ar livre otimiza o desempenho da conexão entre o transmissor e o receptor, principalmente se houver linha de visada. A antena é ligada ao rádio WiMAX através de um cabo, que deve ser o mais curto possível, para evitar perda de sinal. Normalmente, a solução mais adotada é a de instalar o rádio dentro de um gabinete fechado, resistente a frio, calor e umidade, próximo ao telhado, com a antena sobre o telhado. Essa solução é a que garante o melhor desempenho.

4.1.2 TOPOLOGIAS USADAS EM WiMAX

Ponto a Multiponto (PMP): é quando ocorre a comunicação entre uma estação base (BS) e diversas estações subscritoras (SS) ou usuários diretos.

Ponto a Ponto (P2P): é quando ocorre a comunicação entre uma estação base diretamente com um receptor, no caso uma estação subscritora.

Rede em Malha (Mesh): é quando ocorre a comunicação entre usuários, atuando hora como emissor, hora como receptor. É melhor detalhado no próximo capítulo, devido às suas características peculiares.

4.1.3 EQUIPAMENTOS USADOS EM WiMAX

Estação Base (BS): estação que controla e gerencia a conexão. Responsável pelo envio de dados e atribuição de canais às estações subscritoras. Pode utilizar a topologia Ponto a Ponto, no caso de comunicação com outra BS, ou Ponto a

Multiponto quando se comunica com outras SS.

Estação Subscritora (SS): é um terminal que se comunica com uma BS. Envia dados utilizando a topologia Ponto a Ponto ou Rede em Malha. Também conhecido como CPE, que é o equipamento instalado no cliente, ou seja nada mais é do que uma antena para captação do sinal WiMAX, transmitido por uma BS. Existem dois tipos: *Indoor* e *Outdoor*.

Indoor CPE: para instalação interna, funciona sem linha de visada, seu custo é menor e a instalação é simples, podendo ser feita pelo próprio usuário. Possui desempenho inferior à da Antena *Outdoor* CPE.

Outdoor CPE: para instalação externa, funciona com linha de visada, tem melhor recepção e não está sujeito a interferências de paredes de concreto ou tijolo, assim como vidro e aço. Seu custo é maior e normalmente é instalada por uma operadora, mas tem melhor desempenho.

Antena Omni Direcional : transmite sinais em todas as direções (360 graus) e são usadas em topologias ponto-multiponto. É uma boa alternativa quando há um grande número de usuários muito próximos da estação base. A principal desvantagem é que sua energia é difundida para todos em 360 graus, isso limita seu alcance e a força do sinal.

Antena de Setor: transmite sinais em um feixe de 60 graus, oferecendo maior alcance e rendimento, utilizando menos energia. Com isso, seu rendimento é superior ao da Antena Omni Direcional. A principal desvantagem é que usuários muito próximos podem ficar em áreas de sombra.

Antena de Pannel : são mais frequentemente utilizadas em topologias ponto a ponto. São compostas por uma tela plana e podem ter o rádio WiMAX embutido na própria antena. A alimentação é feita pelo próprio cabo ethernet e simplifica em muito a instalação, pois não há necessidade de gabinetes especiais para o rádio. São antenas direcionais e funcionam bem com linha de visada.

4.1.4 APLICAÇÕES PARA WiMAX

Em redes municipais sem fio: devido às suas características de velocidade e alcance, o WiMAX é muito utilizado em redes municipais, principalmente quando não há oferta de rede cabeada, como acontece na maioria dos pequenos municípios e áreas rurais. Os custos de implantação e manutenção, normalmente são menores.

Acesso de última milha (*last mile*): o WiMAX foi definido como uma ótima alternativa nos casos de última milha (conexão entre provedores e clientes, principalmente os mais distantes), quando as conexões com modem a cabo, DSL ou serviços de T1/E1 são mais caros. Essa solução pode ser complementada com redes de fibra ou outras tecnologias de transmissão.

Backbone para celulares: muito utilizada como *backbone* (estrutura principal de uma rede) de celulares, devido à sua capacidade em servir múltiplos sites de células, sendo que o seu custo é inferior ao do *backbone* com linhas físicas.

Redes de vídeo vigilância e monitoramento de tráfego: nos casos de monitoramento em estradas, pontes, estruturas e segurança pública. Nesses casos, em pontos distantes, onde usar rede cabeada teria um custo muito alto, o WiMAX representa uma solução mais viável.

Redes Privadas: Nos casos em que é preciso interligar vários edifícios, o WiMAX representa maior rapidez na instalação, além de menores custos de implantação.

Redes com Mobilidade: Utilizado em casos de *hotspots* móveis (pontos de acesso a rede sem fio instalados em veículos) onde o WiMAX faz o papel de ligação entre o núcleo da rede (*backbone*) e as subredes periféricas. Muito utilizado em sistemas móveis em tempo real como serviços de informação, localização e vigilância.

Interligação de *hotspots* WiFi: Quando a área de abrangência é maior e se tem a limitação do alcance do WiFi.

VoIP: Permite usar voz e dados em uma rede IP, com Qualidade de Serviço (QOS) em tempo real, além de ser uma solução de baixo custo.

4.2 WIRELESS MESH NETWORK (WiMesh)

WiMesh é um conceito ou topologia, como já citado nas definições de WiMAX. Redes sem fio em malha auto-configuráveis que se interconectam através de um conjunto de nós fixos capazes de rotear pacotes entre si. Geralmente os nós e roteadores de redes WiMesh utilizam a tecnologia IEEE-802.11 em modo Ad-hoc, onde os nós de acesso se comunicam sem a necessidade de um ponto de acesso central controlando toda a comunicação, criando uma malha de dados sem fio com custo de reduzido, por não exigir a implantação de uma infraestrutura.

O padrão IEEE 802.11 é parte da família IEEE 802 que engloba padrões aplicados à construção de redes locais e metropolitanas. Os padrões mais conhecidos e destacados são : IEEE 802.3 (*Ethernet*), IEEE 802.5 (*Token Ring*), IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), IEEE 802.16 (WiMax). O IEEE 802.11 é o padrão de redes locais sem fio e especifica as funções das camadas física e de acesso ao meio, contendo uma série de emendas que aperfeiçoam suas capacidades.

(...) Um dos objetivos principais do IEEE ao criar o padrão 802.11 foi permitir a interligação da rede sem fio com redes cabeadas que seguem o padrão Ethernet (802.3). A rede sem fio é vista como uma extensão de uma rede cabeada. Esta decisão resulta na necessidade de uma série de mecanismos apropriados para a compatibilização da parte com fio e sem fio de uma rede local. Ao mesmo tempo, com a popularização das redes sem fio, e seu uso cada vez mais intenso, a padronização segue na direção de propostas que aumentem a banda disponível (como as emendas b, a e g, e recentemente o *draft n*), tornem a rede mais segura (802.11i), auxiliem a mobilidade (*draft r*) e ofereçam qualidade de serviço (802.11e). (SAADE et al., 2008a).

O padrão 802.11, também conhecido como Wi-Fi, abreviatura de Wireless Fidelity, começou a ser criado em 1991 e foi aprovado em 1999. O objetivo era criar

uma nova camada física e de link de dados ao modelo OSI, com o intuito de prover Ethernet através de sinais de radiofrequência. Ele descreve o controle de acesso ao meio (*Media Access Control* - MAC), além disso, propôs duas técnicas de modulação de frequência para transmissão de dados, *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) e *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS), ambas eram tecnologias militares. A técnica DSSS consiste em transmitir para cada bit, uma sequência de pseudo ruído de bits, assim cada bit que vale 1 é substituído por uma sequência de bits e cada bit que vale 0 pelo seu complemento.

A técnica de *Direct Sequence* consiste na utilização de seqüências de pseudo-ruído, em conjunto com uma modulação M-PSK, de modo que a fase do sinal modulado varie aleatoriamente de acordo com esse código PN (*pseudo-noise*). O código PN consiste em seqüências de 1's e 0's, à uma taxa maior que a taxa dos bits de transmissão, com propriedades ortogonais. Ou seja, as seqüências possuem baixos valores de autocorrelação, de modo que a demodulação só possa ser feita utilizando a mesma seqüência utilizada na modulação, se outra seqüência diferente for utilizada, o sinal obtido será próximo de zero. (AMODEI, 2003a)

A técnica FHSS consiste em criar 79 canais de 1 MHz na faixa de frequência de 2.9 GHz, daí é feita a transmissão emitindo sucessivamente num canal seguidamente sobre o outro, durante um curto período de tempo, o que permite em um dado momento, transmitir um sinal reconhecido mais facilmente numa frequência informada. A taxa máxima de transmissão é de 2 Mbps

A técnica de *Frequency Hopping* consiste na utilização de saltos pseudo-aleatórios nas frequências utilizadas em uma modulação do tipo FSK (*Frequency Shift Keying*). Ou seja, ao invés de utilizar frequências f_1 e f_2 pré-definidas, as frequências utilizadas para se transmitir 0 ou 1 são alterados de acordo com uma seqüência pseudo-aleatória gerada (código PN). Com esse espalhamento, conseguimos um melhor desempenho do sistema, melhorando sua imunidade a ruídos, e impedindo que uma pessoa que não conheça a seqüência de saltos consiga escutar a transmissão. (AMODEI, 2003b)

São as seguintes as emendas aprovadas para o padrão 802.11:

Emenda 802.11a, aprovada em 1999, introduziu a nova camada física *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), que significa Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência. O 802.11a utiliza a frequência de 5 GHz e

pode atingir 59 Mbps de velocidade através de 12 canais. A grande vantagem de usar essa frequência é que ela sofre menos interferências do que os padrões que usam 2.9 GHz.

O FDM (Frequency Division Multiplexing) consiste em utilizar múltiplos sinais portadores simultaneamente através de um único caminho para transmitir dados. Os sinais viajam por um único intervalo de frequência modulado pelos dados. Para evitar interferências ocorre o uso de parte da banda para garantir isolamento entre frequências. A técnica OFDM possibilita um uso mais eficiente e otimizado da largura de banda alocada através da distribuição dos dados por múltiplos portadores com espaçamento preciso. Desta forma, cada portadora é identificada de forma única, eliminando a necessidade de reservar parte da banda para isolamento. (ROCHA, 2006)

Emenda 802.11b, aprovada em 1999, utiliza as técnicas de modulação DSSS e *Complementary Code Keying* (CCK). Esse padrão funciona na frequência tradicional de 2.9 GHz, sendo que a taxa de transmissão pode chegar a 11 Mbps, mas funcionando também nas taxas de 5.5, 2 e 1 Mbps. Um detalhe é que pelo motivo do padrão 802.11a utilizar a técnica OFDM, ele não é compatível com o padrão 802.11b.

Emenda 802.11d, aprovada em 2001, introduziu o suporte às regulamentações internacionais, principalmente nas áreas fora dos grandes domínios regulatórios, EUA, Canadá, Europa, Japão e Austrália. O 802.11d tem um *frame* maior para armazenar informações dos países, parâmetros de frequência e tabelas de parâmetros.

Emenda 802.11g, aprovada em 2003, atinge a taxa de até 59 Mbps, utilizando a frequência de 2,9 GHz. É o padrão mais aceito no mercado e é compatível com o 802.11b. Pode utilizar a técnica de modulação OFDM e CCK. A grande aceitação desse padrão está relacionada à sua velocidade de transmissão de dados e alcance do sinal.

802.11h – emenda aprovada em 2009, que adequou a emenda 802.11a às normas regulatórias da União Européia.

802.11i - emenda aprovada em 2009, que ampliou os mecanismos de segurança.

802.11j - emenda aprovada em 2009, que adequou o padrão 802.11 às normas regulatórias do Japão.

802.11e - emenda aprovada em 2005, que incorporou técnicas de qualidade de serviço (QoS).

802.11-2007 – incorporou as emendas a, b, d, e, g, h, i e j ao padrão original de 1997.

802.11n – emenda aprovada em 2007, que incorporou novas técnicas como *Multiple Input, Multiple Output* (MIMO), para alcançar velocidades superiores a 100 Mbps.

802.11r – novas técnicas para atender dispositivos em rápido movimento.

802.11s – redes em malha de múltiplos saltos formados com dispositivos 802.11.

4.2.1 OBJETIVO DO PADRÃO 802.11s

O WiMesh foi proposto em março de 2005, como um novo *standard* para redes sem fio com a denominação 802.11s. A idéia é definir camadas físicas e de acesso ao meio para redes em malha, de maneira a aumentar o alcance sem falha através da técnica de múltiplos saltos. O padrão IEEE 802.11 fornece uma formatação de *frame* de quatro endereços para a troca de pacotes de dados entre as estações com a finalidade de criar um sistema de distribuição sem fio (WDS - *Wireless Distribution System*), mas não define como configurar ou usar um WDS. O objetivo desta emenda (802.11s), é fornecer um protocolo de auto-configuração de

rotas entre as estações sobre topologias *multi-hop* de auto-configuração em um WDS, para suportar tráfego de transmissão broadcast, multicast e unicast em uma malha usando a formatação de *frame* de quatro endereços ou uma extensão.

A idéia principal é compartilhar uma conexão de Internet através de uma rede em malha. Um ponto na rede precisa ser ligado à Internet, o qual vai compartilhar a conexão com outros pontos próximos que compartilharão com outros pontos e assim sucessivamente. As redes em malha tornam-se mais eficazes com maior número de pontos instalados. Elas são muito úteis em países que não possuem uma ampla infra-estrutura com fios, dessa forma, podem ser usadas conexões via telefone celular ou via satélite. Mesmo em países desenvolvidos, existem locais muito distantes, normalmente não atendidos pela rede de provedores de acesso à Internet de alta velocidade. Nessas regiões, as redes *mesh* sem fios são as mais indicadas, pois vários pontos poderiam ser montados do ponto de acesso com fio disponível mais próximo até a área de difícil alcance. Muitas soluções vêm sendo adotadas, desde as acadêmicas até as comerciais. Mesmo com a padronização do IEEE 802.11s, configurações diferentes são utilizadas, inclusive para permitir o uso de equipamentos já existentes nas redes sem fios.

4.2.2 ALGUNS EXEMPLOS DE PROJETOS REDES MESH EXISTENTES

Projeto *One Laptop per Child* (OLPC), que está sendo desenvolvido pelo *Massachusetts Institute Of Technology* (MIT).

(...) A OLPC (*One Laptop Per Child*) [OLPC, 2008] é uma organização não governamental (ONG) sem fins lucrativos que se propôs a projetar e fornecer computadores, especialmente projetados para fins pedagógicos e de inclusão digital. A OLPC realizou o projeto de um laptop de baixo custo, batizado de XO, que oferece uma interface de comunicação sem fio que implementa o *draft* do futuro padrão IEEE 802.11s. A rede em malha sem fio de nível dois da OLPC consiste em uma implementação simplificada de versões iniciais do *draft*, o que na prática preservou a consistência com a proposta em evolução. O XO foi o primeiro dispositivo a adotar o 802.11s como base para implantação de uma rede sem fio com comunicação em múltiplos saltos implementada na camada MAC. (SAADE et al., 2008b).

Projeto ReMesh, desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com parcerias da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPr) e Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-Pr).

Através de uma parceria entre o Instituto de Computação (IC) e o Departamento de Engenharia de Telecomunicações (DET), ambos da UFF, surgiu o projeto denominado Remesh. A principal proposta era a implantação de uma rede de acesso do tipo mesh para usuários universitários que residissem nas proximidades de suas universidades. Em particular, o projeto se comprometeu a desenvolver e testar o acesso via rede mesh nas comunidades situadas ao redor dos diversos campi da UFF (...) (DUARTE, 2008).

5 COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS APLICADAS

O conceito de redes *mesh* está em franco desenvolvimento, com muitos projetos sendo implementados por grupos de pesquisas em Universidades de vários países. Essa tecnologia é mais simples e mais barata de ser implementada que a tecnologia WiMAX, porém ela tem menor alcance e performance inferior, e pelos custos menores, ela está sendo usada mais em projetos comunitários e Universidades.. A tecnologia WiMAX tem desempenho superior e alcance de longa distância, proporcionando ótimos resultados em locais não atendidos por provedores de acesso à Internet. A desvantagem do WiMAX está nos custos de equipamentos e serviços de implantação, apesar de que existem várias parcerias entre empresas especializadas e órgãos governamentais, principalmente prefeituras. Ambas estão padronizadas pelo IEEE, apesar que no caso de redes mesh existem muitas pesquisas e experiências sendo feitas no sentido de utilizar equipamentos mais antigos e não padronizados. Portanto a escolha entre as tecnologias depende muito do tipo de utilização, sendo que também podem ser usadas juntas, no caso, redes *mesh* completam o uso de WiMAX.

6 CONCLUSÃO

O Brasil tem evoluído pouco, no que se refere à massificação do acesso à Internet, sendo que sua posição não é das melhores no ranking mundial. O grande problema é que as empresas que fornecem acesso não atendem muitas regiões por causa do pouco retorno financeiro.

Os projetos de redes municipais sem fio ou cidades digitais, surgiram para resolver os problemas de acesso em locais não atendidos por operadoras, normalmente pequenos municípios. A meta é diminuir a exclusão digital usando novas tecnologias, com custos menores. Para que esses projetos funcionem, existem incentivos do governo federal e parcerias com empresas privadas.

Quanto às tecnologias, as mais usadas são o WiMAX e WiMesh. As redes normalmente combinam o uso de duas ou mais tecnologias, passando pelo uso de redes cabeadas até um ponto em que se usa normalmente o WiMAX para propagar o sinal para distâncias maiores. A vantagem do WiMAX em relação ao WiMesh é justamente o alcance maior do sinal, em contrapartida exige maiores investimentos pois os custos dos equipamentos e serviços são maiores. No caso do WiMesh, os custos são menores, mas para se atender uma área grande, é preciso instalar mais equipamentos porque o sistema funciona de maneira diferente. Há também a possibilidade de se usar as duas tecnologias em conjunto, isto é, o WiMAX para enviar o sinal para uma região mais afastada e então usar o WiMesh nessa região para propagar o sinal de forma mais econômica.

Sugere-se para trabalhos futuros, uma abordagem sobre o crescente uso de redes sem fio de longo alcance em grandes cidades, assim como um estudo mais detalhado das tecnologias utilizadas: WiMAX, WiMesh e também o LTE (*Long Term Evolution*) que tem chances muito fortes de ser a tecnologia escolhida como novo padrão em comunicações móveis.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **Primeira cidade a oferecer internet gratuita, Pirai terá laptops para todos os alunos**. Brasília: Agência Brasil, 2 mar. 2010. Disponível em <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2010/03/02/interna_brasil,176871/index.shtml>. Acesso em 20 abr. 2011.

AMODEI, Aurélio Jr. **Esquemas de Modulação do IEEE 802.11**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2003a. Disponível em <http://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/aurelio/index.htm>. Acesso em 25 abr. 2011.

_____. _____. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2003b. Disponível em <http://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/aurelio/index.htm>. Acesso em 25 abr. 2011.

BITTENCOURT, Gabriela. **Rede sem fio integra administração e possibilita inclusão digital em Guaíra**. Guia das cidades digitais, São Paulo: 17 set. 2009. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/rede-sem-fio-integra-administracao-e-possibilita-inclusao-digital>> Acesso em 20 abr. 2011.

_____. **Construção da infovia de São Leopoldo entra na reta final**. Guia das cidades digitais, São Paulo: 3 fev. 2011. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/construo-da-infovia-entra-na-reta-final>> Acesso em 20 abr. 2011.

CpQD **Cidade Digital: Roadmap para o desenvolvimento da cidade digital**. Campinas: CpQD, 2010. 8 p.

DUARTE, Jairo Lino. **Escalabilidade, Gerência e Mobilidade para Redes Mesh de Acesso à Internet**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Processamento Paralelo e Distribuído) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

FERNANDES, Hilton Garcia. **Cidades digitais - tentativa de definição**. Tecnologias sem fio. São Paulo: 22 mai. 2010. Disponível em <<http://tecnologiassemfio.wordpress.com/2010/05/22/cidades-digitais-tentativa-de-definicao/>>. Acesso em 15 jul. 2011.

GUIA DAS CIDADES DIGITAIS. **Cobertura sem fio quase total em Foz do Iguaçu**. Guia das cidades digitais, São Paulo: 26 dez. 2007. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/cobertura-sem-fio-quase-total-em-foz-do-iguau>>. Acesso em 22 mar. 2011.

_____. **Um projeto premiado internacionalmente**. Guia das cidades digitais, São Paulo: 28 mai. 2008a. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/um-projeto-premiado-internacionalmente>>. Acesso em 25 mar. 2011.

_____. **Mangaratiba troca isolamento por conexão de alta velocidade.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 12 mar. 2008b. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/cidade-litornea-troca-isolamento-por-conexo-de-alta-velocidade>>. Acesso em 26 mar. 2011.

JOSGRILBERG, Fábio B. **Para além da cidade digital.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 3 jul. 2009. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/para-alm-da-cidade-digital>>. Acesso em 18 jul. 2011.

MATTAR, Maria Eduarda. **Em São José dos Pinhais, o desafio foi a extensão territorial.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 19 set. 2008. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/o-desafio-da-extenso-territorial>>. Acesso em 20 abr. 2011.

_____. **NavegaPará entra na segunda fase.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 14 ago. 2009a. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/navegapar-entra-na-segunda-fase>>. Acesso em 20 abr. 2011.

_____. **Acesso à Internet nas casas muda hábitos da cidade.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 13 fev. 2009b. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/acesso-internet-nas-casas-muda-hbitos-da-cidade>>. Acesso em 20 abr. 2011.

_____. **Pirapora aposta em saúde e educação.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 09 mar. 2010. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/aposta-em-sade-e-educao>>. Acesso em 20 abr. 2011.

MEDEIROS, Marcelo. **BNDES financia modernização de pequenos municípios.** Guia das cidades digitais, São Paulo: 15 mar. 2011. Disponível em <<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/bndes-financia-modernizao-de-pequenos-municipios>>. Acesso em 20 abr. 2011.

ROCHA, João W. Vieira. **Redes WLAN de Alta Velocidade II.** Teleco, 26 jun. 2006. Disponível em <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanII/default.asp>>. Acesso em 10 out. 2011.

SAADE, Débora Christina Muchaluat et al. **Multihop MAC: Desvendando o Padrão 802.11s.** In: 26º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 2008a, Rio De Janeiro. Livro Texto dos Minicursos.

_____. _____. In: 26º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 2008b, Rio De Janeiro. Livro Texto dos Minicursos.