

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Estudo de viabilidade econômica para  
implantação de redes de acesso banda larga em  
cenários amazônicos: um estudo de caso  
baseado no custo do bit aplicado ao programa  
NAVEGAPARÁ.**

DÁRIO RUSSILLO

DM - 30/2009

**BELÉM/PA**  
**2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Estudo de viabilidade econômica para  
implantação de redes de acesso banda larga em  
cenários amazônicos: um estudo de caso  
baseado no custo do bit aplicado ao programa  
NAVEGAPARÁ.**

DÁRIO RUSSILLO

Dissertação de mestrado apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, elaborada sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Renato Lisboa Francês.

**BELÉM/PA**  
**2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Estudo de viabilidade econômica para  
implantação de redes de acesso banda larga em  
cenários amazônicos: um estudo de caso baseado  
no custo do bit aplicado ao programa  
NAVEGAPARÁ.

Dissertação de mestrado apresentada como  
exigência parcial para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Elétrica, elaborada  
sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Renato  
Lisboa Francês.

Aprovada em 27 / 11 / 2009

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Carlos Renato Lisboa Francês (PPGEE/UFPA)  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Adamo Lima de Santana (ITEC/UFPA)  
(Membro)

---

Prof. Dr. Mauro Margalho Coutinho (UNAMA)  
(Membro)

Visto:

---

Prof. Dr. Marcus Vinícius Alves Nunes  
Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA

À minha esposa Eliane  
Albuquerque Russillo e minha  
filha Daniela Albuquerque  
Russillo que muito  
contribuíram para o sucesso  
deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar forças para concluir este trabalho.

À Universidade Federal do Pará.

À Universidade da Amazônia.

Ao meu orientador, prof. Dr. Carlos Renato Lisboa Francês pelo apoio, orientação e incentivo para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado.

Ao meu amigo e professor doutorando Afonso Jorge Ferreira Cardoso pelo incentivo e apoio para ingresso neste programa de pós-graduação.

Ao meu amigo e professor doutorando Cláudio Alex Jorge da Rocha pela ajuda no levantamento das informações relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha esposa Eliane Assis de Albuquerque Russillo pelo seu constante apoio, incentivo e compreensão pela minha ausência em momentos requeridos por este trabalho.

A minha filha Daniela Albuquerque Russillo cujo choro me manteve acordado pelas madrugadas.

A minha mãe Maria de Lourdes Russillo, irmãos e sobrinhos.

Aos meus amigos do LPRAD e LEA Edvar, Lamartine, Marcelino, Seruffo e principalmente ao amigo Diego cujas contribuições sempre relevantes.

Aos meus amigos da UNAMA, FAP, ESAMAZ e ALEPA.

À ERICSSON e ao LPRAD / UFPA pelo suporte fornecido durante as pesquisas bibliográficas e medições geradas pelos trabalhos publicados.

“Compartilhar conhecimentos é uma forma de atingir a imortalidade.”

*Dalai Lama*

“A mente que se abre a uma nova idéia, jamais voltará a seu tamanho original.”

*Albert Einstein*

## **RESUMO**

Esta dissertação de mestrado propõe um estudo comparativo relacionado ao custo do bit gerado entre o programa NAVEGAPARÁ e as concessionárias prestadoras do serviço de telecomunicações nos municípios relacionados. Vários estudos são realizados analisando apenas o desempenho de tais sistemas, levando em consideração algumas métricas de avaliação de desempenho, entretanto, não relacionam o custo real para o usuário final. Três cenários reais foram utilizados no estudo de caso. Em cada cenário foi proposta a utilização de uma tecnologia ou mais combinadas para transmissão da informação, levando em consideração, alguns parâmetros como infraestrutura existente, distância entre usuários finais, taxa de transmissão, dentre outros. Algumas tecnologias de acesso, utilizadas neste trabalho, são comparadas com as soluções disponibilizadas pelas concessionárias prestadoras dos serviços existentes e atuantes nos cenários descritos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias Banda Larga, Viabilidade Econômica, Custo do Bit, Programa NAVEGAPARÁ.

## **ABSTRACT**

This master's dissertation proposes a comparative study related to the bit cost generated between NAVEGAPARÁ program and the telecommunications companies provided services in the related county. Several studies are conducted analyzing only the performance of such systems taking into consideration some metric ones of evaluation performance, however, do not relate the real cost for the final user. Three real sceneries had been used as a case study. In each scenery was proposed the use of one or more combined technology for transmission of information taking into account some parameters such as pre-existing infrastructure, distance between end users, rate transmission, among others. It was compared the proposed solutions from this work with the solutions available by the existing and acting telecommunications companies on the sceneries analyzed.

**KEYWORDS:** Broadband Technologies, Economic Viability, Bit Cost, NAVEGAPARÁ Program.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Modelo de rede DSL.....	23
Figura 2.2 – Modulação DSL.....	24
Figura 2.3 – Modelo básico de rede PLC.....	25
Figura 2.4 – Divisão da rede em sub-redes através do uso de <i>gateways</i> .....	26
Figura 2.5 – Rede “ <i>in-home</i> ”.....	27
Figura 2.6 – Arquiteturas FTTx.....	29
Figura 2.7 – Modelo de rede WiMax (INTEL, 2008).....	31
Figura 2.8 – Arquitetura PMP.....	32
Figura 2.9 – Arquitetura em malha.....	32
Figura 2.10 – Sistema de comunicação por satélite.....	33
Figura 3.1 – Divisão dos custos operacionais da rede apresentado por Verbrugge et al. (2007).....	37
Figura 3.2 – Análise de fluxo de caixa proposto por Lannoo et al (2007).....	39
Figura 3.3 – Visão geral de redes de acesso FTTH e WiMAX de acordo com Lannoo et al. (2007).....	41
Figura 3.4 - Custo total por ano (ARPU = \$35 / mês) apresentado por Kim et al. (2008).....	42
Figura 3.5 – Participação de cada estado na renda nacional e na inclusão digital – Brasil 2006 apresentada por Mattos et al. (2008).....	45
Figura 3.6 – Programa de Inclusão Digital proposto por Neto et al (2007).....	47
Figura 3.7 – Percentual de acesso a Internet por Unidade Federativa - 2005/2008 apresentada por IBGE (2009).....	49
Figura 3.8 – Tipo de acesso a Internet - 2005/2008 apresentada por IBGE (2009).....	51
Figura 4.1 – Fibra óptica sobre a linha de transmissão de energia. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	57
Figura 4.2 – Interligação entre as cidades digitais através das subestações.....	57
Figura 4.3 – Infocentro. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	58
Figura 4.4 – Infovias de acesso. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	59
Figura 4.5 – <i>Backbone</i> para utilização do Governo do Estado. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	60
Figura 4.6 – Rede MetroBel original. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	60
Figura 4.7 – Rede MetroBel com a entrada do Governo do Estado. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	61
Figura 4.8 – Telecentro na cidade de Belém. (NAVEGAPARÁ, 2009).....	61
Figura 4.9 – Cenário da cidade de Marituba.....	63
Figura 4.10 – Visada direta entre as torres do IEC e IESP.....	63
Figura 4.11 – Topologia ponto-multiponto.....	64
Figura 4.12 – CMM ( <i>Cluster Management Module</i> ). (Motorola Canopy).....	64

Figura 4.13 – Instalação do <i>Hot Zone</i> na praça central de Marituba. (NAVEGAPARÁ, 2009) .....	64
Figura 4.14 – Cenário da cidade de Marabá.....	65
Figura 4.15 – Comparativo do custo do quilo bit em um ano. ....	72
Figura 4.16 – Custo total em um ano contemplando o mesmo número de clientes. ....	73
Figura 4.17 – Comparativo do custo do quilo bit para uma taxa de 1Mbps.....	75
Figura 4.18 – Comparativo mensal do custo do quilo bit em Marituba para uma taxa de 1Mbps. ....	76
Figura 4.19 - Comparativo mensal do custo do quilo bit em Altamira para uma taxa de 1Mbps. ....	76
Figura 4.20 - Comparativo do custo do quilo bit para uma taxa de 2Mbps .....	77
Figura 4.21 – Comparativo mensal do custo do quilo bit em Marituba para uma taxa de 2Mbps. ....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Descrição dos equipamentos e serviços em Marituba. ....	67
Tabela 4.2 – Descrição dos equipamentos e serviços em Marabá. ....	67
Tabela 4.3 – Descrição dos equipamentos e serviços em Altamira. ....	68
Tabela 4.4 – Custos com a manutenção da rede. ....	69
Tabela 4.5 – Valores dos links nos três cenários. ....	69
Tabela 4.6 – Custo do quilo bit NAVEGAPARÁ em um ano . ....	71
Tabela 4.7 – Custo do quilo bit pela concessionária em um ano. ....	72
Tabela 4.8 – Comparativo do valor total de investimento. ....	73
Tabela 4.9 – Custo do quilo bit NAVEGAPARÁ nos três cenários com diferentes taxas. ....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AP	Access Point
BACKHAUL	Enlace de dados de alta capacidade
BS	Base Station
BSS	Basic Service Set
CBR	Constant Bit Rate
CIOP	Centro Integrado de Operações
CMM	Cluster Management Module
CO	Central Office
CPE	Customer Premises Equipment
CRC	Cyclic Redundancy Check
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
DGO	Distribuidor Geral Óptico
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
EDFC	Enhanced Distribution Channel Function
EEMB	Escola Estadual Mário Barbosa
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
FTP	File Transfer Protocol
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fiber To The Curb
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	Fiber To The Node
HAPS	High altitude Platform Station
HDSL	High Data Rate Digital Subscriber Line
HDTV	High Definition Television
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

ID	Inclusão Digital
IHC	Interface Homem-Computador
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPTV	Internet Protocol Television
ITU	União Internacional de Telecomunicações
MAC	Medium Access Control
MPEG	Moving Picture Experts Group
NS2	Network Simulator versão 2
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OSI	Opens Systems Interconnection
PDSL	Powerline Digital Subscriber Line
PID	Pontos de Inclusão Digital
PLC	Power Line Communications
PLR	Packet Loss Rate
PMP	Ponto-Multiponto
POP	Point of Presence
POTS	Plain Old Telephone Service
PP	Ponto a Ponto
PRODEPA	Processamento de Dados do Pará
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RT	Remote Terminal
SDSL	Single Line Digital Subscriber Line
SM	Subscriber Module
SS	Subscriber Station
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
UDP	User Datagram Protocol
UTP	Unshielded Twisted Pair
VDSL	Very High Data Rate Digital Subscriber Line
VoD	Vídeo sob Demanda
VoIP	Voz sobre IP
VPN	Virtual Private Network
WiMax	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WDM	WaveLength-Division Multiplexing

Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WMM	Wi-Fi Multimedia
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.3 CONTRIBUIÇÕES.....	18
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	18
<b>2 TECNOLOGIAS DE ACESSO BANDA LARGA.....</b>	<b>20</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	20
2.2 LINHA DIGITAL PARA O ASSINANTE.....	21
2.2.1 Componentes da Rede DSL.....	23
2.3 POWER LINE COMMUNICATIONS.....	24
2.3.1 Componentes de uma Rede PLC.....	24
2.3.2 GATEWAY.....	26
2.3.3 Redes Power Line.....	27
2.4 ARQUITETURAS DE ACESSO POR FIBRA ÓPTICA.....	28
2.4.1 Redes Ópticas Passivas.....	28
2.4.1.1 Redes de Acesso FTTx.....	29
2.5 WIMAX.....	30
2.5.1 Arquiteturas do Padrão IEEE 802.16.....	32
2.6 ENLACES DE COMUNICAÇÃO VIA SATÉLITE.....	33
2.6.1 Principais Aplicações.....	34
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
<b>3 TRABALHOS CORRELATOS.....</b>	<b>35</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	35
3.2 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	35
3.3 INCLUSÃO DIGITAL.....	43
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
<b>4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA BASEADO NO CUSTO DO BIT APLICADO AO PROGRAMA NAVEGAPARÁ.....</b>	<b>54</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	54
4.2 O PROGRAMA NAVEGAPARÁ.....	55
4.3 CENÁRIOS.....	62
4.3.1 Marituba.....	62
4.3.2 Marabá.....	65

4.3.3	Altamira.....	65
4.4	CUSTOS.....	66
4.4.1	Especificação de Custos com Infraestrutura .....	66
4.4.2	Especificação de Custos com a Manutenção da Rede.....	69
4.5	Análise Comparativa .....	70
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	78
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>80</b>
5.1	CONCLUSÕES GERAIS .....	80
5.2	CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO .....	81
5.3	ARTIGOS PUBLICADOS NO GRUPO DE ESTUDOS .....	81
5.4	DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	82
5.5	TRABALHOS FUTUROS .....	82
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A crescente necessidade de transmissão de dados em formato digital, fez surgir, para suprir tal demanda, novas tecnologias de transmissão, tais como: ADSL, FDDI, WIMAX, PLC, dentre outras, chamadas “banda larga<sup>1</sup>”, tendo como principal objetivo a melhoria da qualidade de vida da população. A evolução dessas tecnologias traz uma tendência de transposição de barreiras infra-estruturais para que se alcance resultados positivos. Com isso, tais tecnologias vêm sendo desenvolvidas no sentido de acompanhar essa evolução latente, aumentando a capacidade de disseminação da informação.

Para prover uma melhoria da qualidade de vida da população, serviços de cidadania e/ou inclusão social/digital se fazem necessários. Alguns estudos devem ser desenvolvidos levando-se em consideração as peculiaridades de cada região, principalmente em um país continental como é o caso do Brasil. Nesse sentido é de fundamental importância que as tecnologias utilizadas tenham certas características para prover tais serviços, como: capilaridade abrangente, baixos custos e facilidade de implantação e uso. Tais características são importantes uma vez que alcançam regiões com pouca infraestrutura disponível ao usuário final típico, como a região Amazônica, as quais comumente possuem especificidades geográficas que dificultam a consolidação dessas soluções.

Segundo o IBICT (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia), a região Norte possui o menor índice registrado de pontos de inclusão digital (PIDs) do Brasil, com 7%, enquanto a região Sudeste aparece com 43%, demonstrando, dessa forma, a carência da região Norte por projetos de ID (Inclusão

<sup>1</sup>capacidade de transmissão superior as tradicionais, entretanto, existem divergências do conceito pelo mundo e o Brasil ainda não tem uma regulamentação que indique qual é a velocidade mínima para uma conexão ser considerada banda larga.

Digital) e estudos que demonstrem a viabilidade técnica e econômica para adoção de tecnologias viáveis para as especificidades dessa vasta região.

Um dos projetos nessa linha de atuação está sendo desenvolvido pelo Governo do Estado do Pará, denominado NAVEGAPARÁ, cujo objetivo principal é a inclusão social/digital da população, possibilitando acesso à informação por várias regiões desprovidas dentro do Estado, utilizando para isto, algumas parcerias, como por exemplo: o consórcio que gerencia a rede metropolitana de Belém (METROBEL) e as Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), para o compartilhamento do *backbone* existente, conjuntamente com outras tecnologias, tais como as sem fio.

A grandeza e as diversas oportunidades alavancadas pelo programa NAVEGAPARÁ, que ainda está em fase de execução durante a escrita desta dissertação, para a região Amazônica, foi o principal agente motivador para a realização deste trabalho.

## 1.2 OBJETIVOS

Para que qualquer projeto com esse escopo (NAVEGAPARÁ) seja bem sucedido, dois estudos devem ser realizados: (a) levantamento da viabilidade técnica baseada no desempenho do sistema e (b) Investigação da viabilidade econômica para a implantação de tal projeto.

Este trabalho apresenta o segundo estudo supracitado, tendo como principal objetivo calcular o custo por bit de cada solução para implantação/utilização de algumas tecnologias de acesso em cenários específicos que serão apresentadas neste trabalho e outras disponíveis pelas concessionárias prestadoras de serviços de telecomunicação, levando em consideração o valor agregado de tais tecnologias. O estudo de viabilidade econômica conjuntamente com o estudo de viabilidade técnica são imprescindíveis para o sucesso de um projeto, entretanto, a maioria dos estudos é voltada apenas para a parte técnica, preocupando-se somente com os valores obtidos pelas métricas de avaliação de desempenho para viabilizar ou não a transmissão da informação em detrimento da investigação dos custos e a realidade estrutural, econômica e geográfica do local de

aplicação, tais como, infraestrutura existente, distância dos usuários finais e custo final real para o cliente.

### 1.3 CONTRIBUIÇÕES

Esta dissertação de mestrado, portanto, foi desenvolvida sob a convicção de gerar contribuição para o processo de redução dos altos níveis de exclusão tecnológica, tanto quanto para melhoria das oportunidades de inclusão digital, considerando as peculiaridades de cada região brasileira, especialmente a região Amazônica, foco deste trabalho. Para tanto, propôs-se um estudo de viabilidade econômica relacionado ao custo real do bit para o usuário final, tanto do programa NAVEGAPARÁ, quanto das soluções disponíveis pelas concessionárias nos cenários analisados. O estudo desenvolvido cria oportunidades para que outros trabalhos investiguem, não somente a viabilidade técnica, como por exemplo, o desempenho do sistema, mas também a parte econômica, fundamental para o sucesso de um projeto, principalmente em regiões desprovidas de infraestrutura e distantes geograficamente, como é o caso da região Amazônica.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação de mestrado está dividida basicamente em cinco capítulos. Além deste capítulo introdutório, são apresentadas, no segundo capítulo, algumas tecnologias de acesso “banda larga” existentes para a transmissão de tráfego *triple play*<sup>2</sup> abordando as principais funcionalidades de cada tecnologia. No terceiro capítulo, são abordados os trabalhos correlatos ao tema proposto nesta dissertação, levando em consideração uma ou mais tecnologias combinadas para acesso. O quarto capítulo apresenta um estudo de viabilidade econômica relacionado ao custo do bit para o usuário final, contendo três cenários reais localizados na Amazônia, mas especificamente no estado do Pará.

<sup>2</sup>serviço que combina voz, vídeo e dados sob um único canal de comunicação banda larga.

Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões, contribuições e dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho, bem como algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 TECNOLOGIAS DE ACESSO BANDA LARGA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Toda comunicação entre computadores se dá pela forma de enviar dados através de um meio de comunicação. Por exemplo, a corrente elétrica pode ser usada para transferir dados através de um fio, ou as ondas de rádio podem ser usadas para transferir dados utilizando o ar como meio de comunicação.

Segundo (DANTAS, 2002), na transmissão de dados, os dois aspectos mais importantes que se devem considerar são os meios físicos de comunicação utilizados e a característica dos sinais a serem transmitidos. A preocupação com estes fatores é a necessidade do estabelecimento de determinados parâmetros para se atingir certa qualidade na transmissão.

Alguns pontos que devem ser levados em consideração, independente do meio de transmissão:

- **Largura de banda:** Quanto maior a largura de banda, maior será a taxa de transferência de dados, tendo influência direta na velocidade de comunicação da aplicação.
- **Interferências:** Podem ser relativas ao meio pela sobreposição de sinais nos meios cabeados e podem ser externas como interferências eletromagnéticas e naturais, nos meios cabeados e não cabeados. Alguns meios de transmissão são mais passíveis de interferências do que outros, de acordo com as especificações do seu material de construção, devendo ser escolhido de acordo com o projeto da rede a ser implantada.

Este capítulo aborda algumas tecnologias de acesso que podem ser utilizadas como solução para transmissão de serviços banda larga, inclusive, algumas tecnologias

abordadas neste capítulo, foram utilizadas no estudo de caso descrito no capítulo quatro deste trabalho, tais como: WiMax, Fibra Óptica e Satélite de Comunicação. As principais tecnologias foram divididas em dois grupos: tecnologias cabeadas (DSL - *Digital Subscriber Line*, PLC - *Power Line Communications* e Fibra Óptica) e tecnologias sem fio (WiMax - *Worldwide Interoperability for Microwave Access* e Satélite de Comunicação), descritas a seguir.

## 2.2 LINHA DIGITAL PARA O ASSINANTE

*Digital Subscriber Line* (DSL) ou Linha Digital para o Assinante, designa uma nova família de *modems* criados há alguns anos, com o objetivo de estender a capacidade de transmissão pelos pares metálicos telefônicos. A primeira geração desses *modems* ficou conhecida apenas como DSL. As diversas evoluções que seguiram deram origem à família conhecida como xDSL, sendo que o mais importante no contexto do acesso residencial em banda larga é o *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL) (BERNAL; FALBRIARD, 2002).

A tecnologia DSL possui uma grande abrangência em nível mundial, sendo considerada como a tecnologia de acesso banda larga dominante não só na Europa, como também na América Latina e em países em desenvolvimento como a Índia (OLSEN et al., 2006) (ARENAS et al., 2006) (FAUDON et al., 2006). Na América Latina, a tecnologia DSL é responsável por cerca de 77 % de todo o acesso banda larga provido. No Brasil este valor chega a 85 % (ARENAS et al., 2006).

Apesar de tais números, a penetração dos serviços banda larga nas residências da América Latina foi de apenas 9 % em 2006, sendo projetada em 17 % para o final de 2015 (ARENAS et al., 2006). Desta forma, pode-se compreender que há um longo caminho a percorrer para a massificação dos serviços banda larga na América Latina.

Mesmo o ADSL sendo o tipo mais comum encontrado nas residências, devido ao fato da Internet ser mais utilizada para receber dados ao invés de enviar, outras variantes do DSL, com as suas respectivas velocidades e distâncias do ponto de provimento do serviço, são apresentadas pela Quadro 2.1.

**Quadro 2.1: Variantes do DSL, velocidade e distância.**

<b>Variantes do DSL</b>	<b>Descrição</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Distância (m)</b>
ADSL Lite (G Lite)	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	1.5 Mbps para <i>downstream</i> (Qualidade de Vídeo VHS) e 384 Kbps para <i>upstream</i>	7.100 a 8.100
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	Entre 1.5 e 8 Mbps para <i>downstream</i> (qualidade de vídeo de difusão) e 640 Kbps para <i>upstream</i>	3.900 a 5.800
HDSL	<i>High Data Rate Digital Subscriber Line</i>	1.544 ou 2.084 Mbps/ <i>Full duplex</i> (Qualidade de vídeo VHS)	3.900 a 4.800
SDSL	<i>Single Line Digital Subscriber Line</i>	1.544 ou 2.084 Mbps/ <i>Full duplex</i> (Qualidade de vídeo VHS)	3.200
VDSL	<i>Very High Data Rate Digital Subscriber Line</i>	Entre 13 e 55 Mbps para <i>downstream</i> e entre 1.5 e 2.3 Mbps para <i>upstream</i>	300 a 1.500

Fonte: (PAGANI, 2003)

As recomendações ITU-T G.992.1 (*Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers*) e G.992.5 (*Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+)*) descrevem o ADSL sobre um cabo par trançado metálico que permite transmissão de dados em alta velocidade entre o operador de rede (ATU-C) e o usuário final (ATU-R).

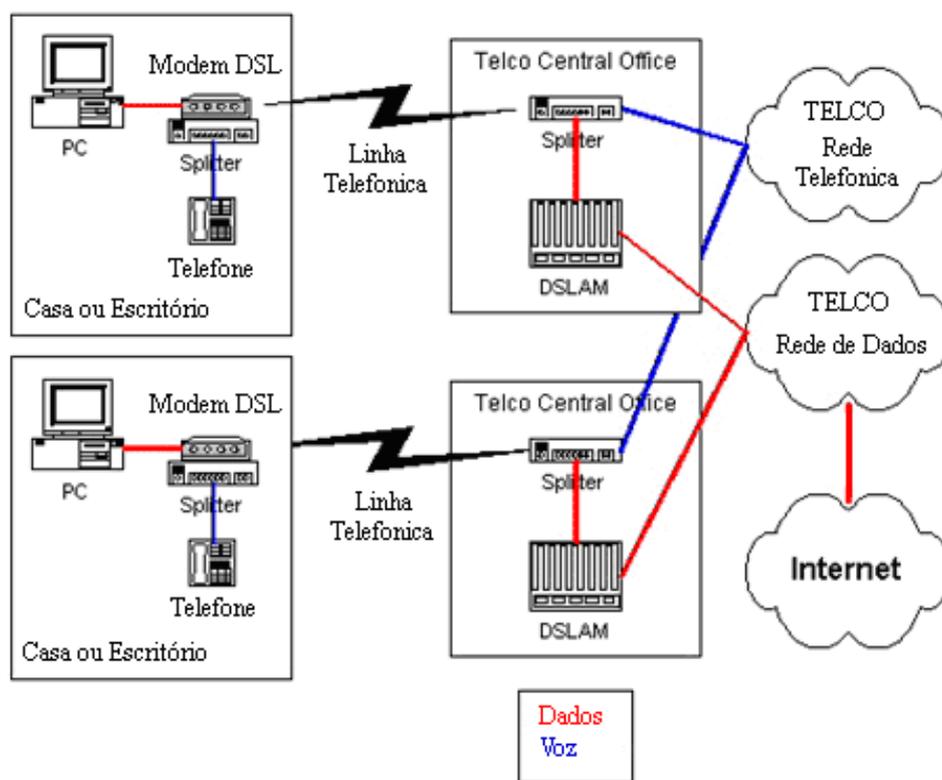
Entretanto, a recomendação G.992.5 especifica também que a Linha Digital Assimétrica para o Assinante com largura de banda estendida (ADSL2+), comparada com a ADSL2, definida em ITU-T Rec. G.992.3, define que os modos de operação utilizam o dobro da largura de banda *downstream*<sup>3</sup>. Quando operando sobre um mesmo par com serviços de voz, um modo adicional de operação é definido, também usando o dobro da largura de banda *upstream*<sup>4</sup>.

<sup>3</sup>dados enviados de um provedor de serviços ao usuário.

<sup>4</sup>dados enviados de um usuário ao provedor de serviços.

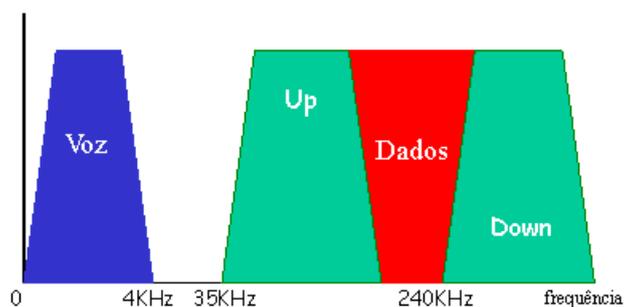
### 2.2.1 Componentes da Rede DSL

Uma conexão DSL é composta por alguns componentes presentes tanto no lado usuário quanto no prestador de serviços (*Central Office - CO*). A rede DSL utiliza o mesmo POTS (*Plain Old Telephone Service*) e a mesma linha de cobre telefônica para transmitir voz e dados. Os dados gerados pelo telefone são enviados através da rede pública de telefone comutada (PSTN) e o sinal digital de seu computador é traduzido pelo modem DSL da CO chamado DSLAM e roteado através de uma rede separada de dados para a Internet. A Figura 2.1 ilustra esse modelo.



**Figura 2.1 – Modelo de rede DSL.**

O gráfico da Figura 2.2 apresenta a modulação DSL. Os primeiros 4KHz são reservados para voz. A tecnologia DSL adiciona uma segunda configuração de frequências para a sua linha na parte superior do *spectrum* e usa esta parte para o canal de dados.



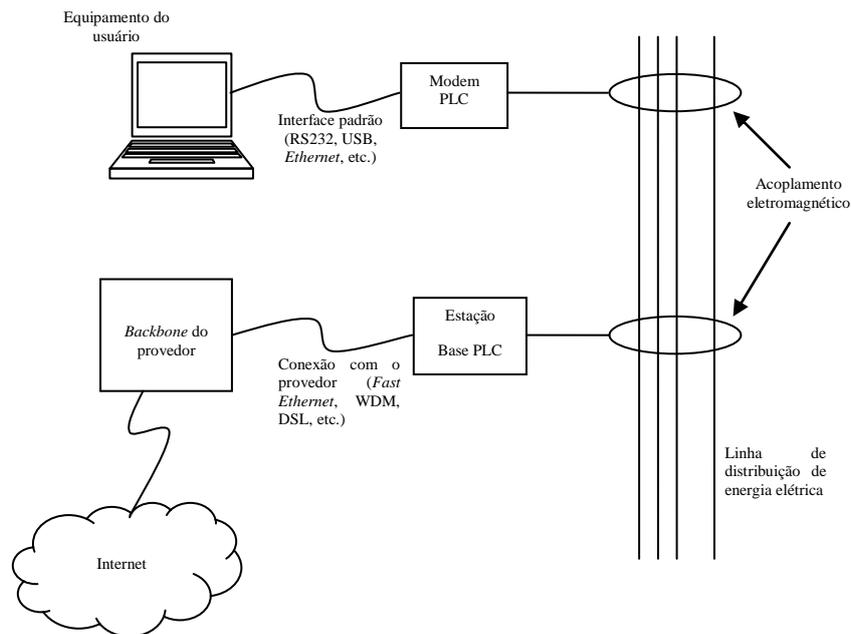
**Figura 2.2 – Modulação DSL.**

## 2.3 POWER LINE COMMUNICATIONS

As redes PLC (*Power Line Communications*) utilizam a rede de distribuição de energia elétrica, previamente instalada, como meio físico para o transporte de sinais de dados, vídeo e voz em banda larga. Entretanto, para realizar esta transmissão é necessário primeiro converter estes sinais na forma em que possam ser transmitidos pelos cabos da rede elétrica. Com este propósito, as redes PLC incluem alguns elementos específicos que realizam a conversão e a transmissão do sinal através das redes elétricas.

### 2.3.1 Componentes de uma Rede PLC

As redes PLC possuem dois elementos considerados básicos e que tem a função tanto de transmitir quanto de receber o sinal de informação, tais dispositivos são: modem PLC e estação base PLC.



**Figura 2.3 – Modelo básico de rede PLC.**

Na Figura 2.3 é ilustrado um modelo básico de uma rede PLC, contendo o modem e a estação base PLC. O modem PLC (equipamento do usuário) conecta de um lado o usuário e do outro a rede elétrica. No lado usuário, o modem pode suportar várias interfaces de comunicação (RS-232, USB e Ethernet) conectando os equipamentos do usuário, tais como: computadores, notebooks, fax, telefone VoIP, etc. Do outro lado, o modem PLC conecta a rede elétrica, utilizando um método eficiente de acoplamento eletromagnético. O acoplamento deve atuar como um filtro passa alta, separando o sinal de comunicação (acima de 9 KHz) do sinal elétrico de potência (50 ou 60 Hz), para assim poder enviar e receber o sinal da informação através da rede de distribuição de energia elétrica (SILVA, 2006).

A estação base PLC é o equipamento do provedor de serviço de comunicação responsável por conectar a rede de acesso PLC com o *backbone* do provedor. A conexão com o *backbone* pode ser feita através de interfaces padrões com altas taxas de transmissão, como por exemplo, *Fast Ethernet* e WDM (*WaveLength-Division Multiplexing* – Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda), e a conexão com o canal de transmissão PLC é realizado através de um acoplamento eletromagnético semelhante ao utilizado no modem PLC. A estação base PLC também é responsável por fazer o gerenciamento da rede de acesso PLC, autorizando ou negando o acesso dos

usuários a rede, fazendo o controle da taxa de transmissão de cada usuário, além de realizar o controle de possíveis garantias de serviço.

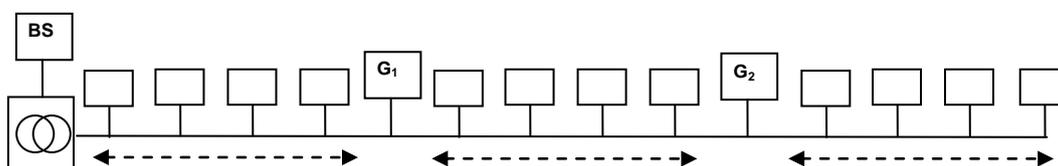
Do ponto de vista dos protocolos, o modem PLC implementa todas as funções da primeira e segunda camadas, de acordo com o modelo de referência OSI, enquanto que a estação base PLC implementa também a terceira camada.

### 2.3.2 GATEWAY

O *gateway* é utilizado para separar a rede em segmentos distintos, em especial, separar a rede *indoor* do usuário da rede de acesso comum a todos os usuários (Figura 2.4), utilizando, assim como os repetidores, diferentes frequências para cada área. Entretanto, diferentemente de um repetidor, além de amplificar e injetar o sinal na rede em uma outra frequência, o *gateway* também é capaz de realizar a gerência da sub-rede formada por ele.

De forma geral, um *gateway* pode ser inserido na rede para dividi-la em diversas sub-redes, na qual cada sub-rede é gerenciada por um *gateway* e todos os *gateways* são gerenciados pela estação base (BS). A Figura 2.4 ilustra este funcionamento.

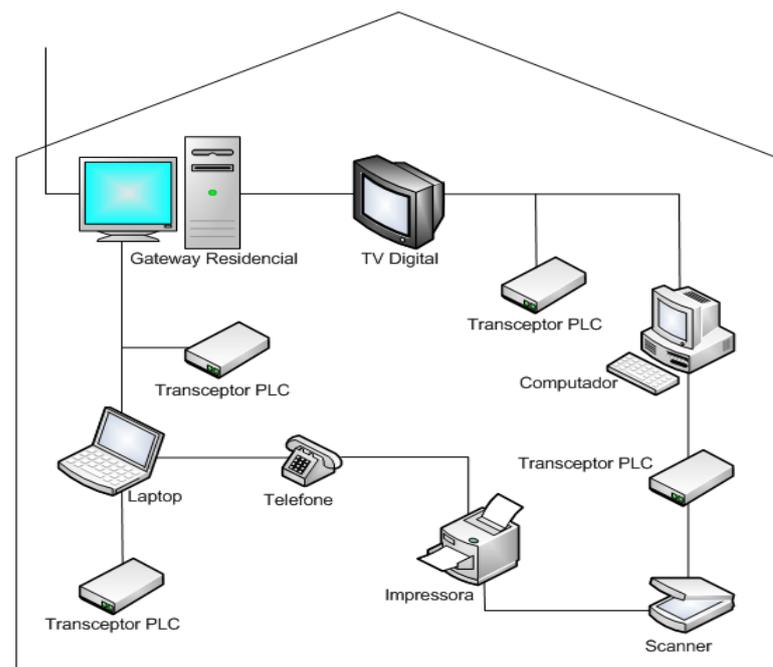
A rede da Figura 2.4 foi dividida em três sub-redes, a primeira é controlada pela estação base, a segunda pelo *gateway* G1 e a terceira pelo *gateway* G2. Os *modems* pertencentes à sub-rede 2 só podem ser gerenciados por G1, e não são afetados pelo controle de G2, e toda a comunicação entre a estação base e os *modems* é realizada através de G1. O mesmo se repete para as demais sub-redes (NTULI, 2006).



**Figura 2.4 – Divisão da rede em sub-redes através do uso de gateways.**

### 2.3.3 Redes Power Line

O mercado para PLC é definido de duas formas: acesso residencial (“*in home*”) ou acesso em última milha (“*last mile*”). Para o acesso em última milha, *Power Line Communications* representa uma das várias possibilidades tecnológicas que incluem *cable modem*, diferentes tipos de linha digital para assinante (xDSL), citadas anteriormente, e acesso banda larga por redes sem fio, abordada no tópico subsequente. Já para acesso residencial, essas redes podem utilizar uma grande variedade de dispositivos conectados dentro de uma casa em uma rede interna na residência. Esta conexão interna poderá transformar todas as tomadas de força da casa em conexões banda larga para vários dispositivos. A Figura 2.5 ilustra o conceito de redes “*in-home*”, mostrando diversos dispositivos conectados por PLC (MAJUMDER, 2004).



**Figura 2.5 – Rede “*in-home*”.**

Uma variação das tecnologias de acesso abordadas até o momento, são as redes pDSL (*Powerline Digital Subscriber Line*) que formam uma combinação das tecnologias PLC “*in-home*” e ADSL2+ como tecnologia de acesso em última milha para transmissão da informação. Essas redes, combinadas, utilizam os fios metálicos

trançados da rede de telefonia e as linhas de força presentes na rede de distribuição elétrica.

## 2.4 ARQUITETURAS DE ACESSO POR FIBRA ÓPTICA

A utilização de fibras ópticas nas redes de acesso foi proposta há bastante tempo, baseada em diversas motivações, dentre as quais se destaca a capacidade potencial de Gbps em distâncias de até centenas de quilômetros. Entretanto, os equipamentos necessários para a implantação desta tecnologia apresentavam custos superiores aos de outras tecnologias e a demanda por banda não era suficiente para justificar o investimento nesta tecnologia (CARVALHO; REGGIANI; BARROS, 2009).

Atualmente, com o preço mais acessível de equipamentos e a necessidade constante por aumento da largura de banda, motivaram a sua utilização.

Três arquiteturas básicas para redes de acesso por fibra são descritas a seguir:

1. Ponto a ponto, onde cada usuário está ligado ao ponto terminal através de uma fibra dedicada.
2. Estrela ativa, que distribui o tráfego nos nós remotos através de *switches ethernet*.
3. Estrela passiva ou ponto multiponto, onde o ponto terminal, localizado na estação, faz um *broadcast* dos dados para o usuário, através de distribuidores ópticos passivos.

A terceira arquitetura citada, estrela passiva, apresenta como vantagem a utilização de elementos alimentados eletricamente apenas nos terminais, razão pela qual é chamada de Rede Óptica Passiva (PON – *Passive Optical Network*), reduzindo, dessa forma, os custos e a complexidade para a manutenção e operação da rede (CARVALHO; REGGIANI; BARROS, 2009).

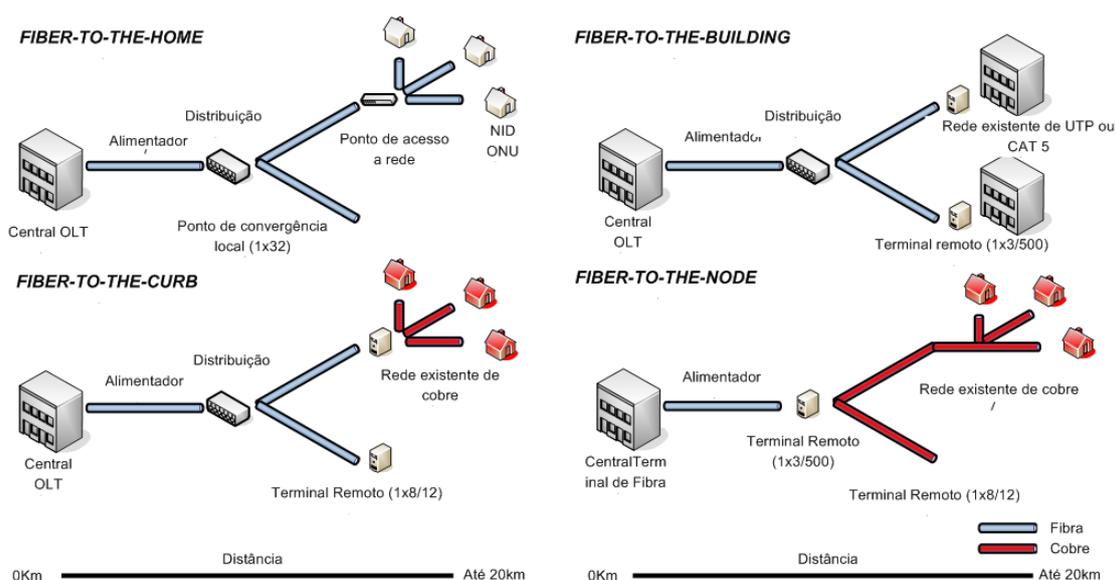
### 2.4.1 Redes Ópticas Passivas

A tecnologia de Rede Óptica Passiva permite levar os serviços até o usuário

final usando fibra óptica em todo ou quase todo o trajeto entre a estação e as dependências do usuário. Dependendo do ponto alcançado pela fibra, temos os diferentes tipos de redes denominadas FTTx, descritas a seguir.

#### 2.4.1.1 Redes de Acesso FTTx

As redes FTTx, são redes por fibra óptica no qual x refere-se ao ponto de terminação. Os cenários de aplicação dessas redes incluem: *Fiber-To-The-Home* (FTTH), *Fiber-To-The-Building* (FTTB), *Fiber-To-The-Curb* (FTTC) e *Fiber-To-The-Node* (FTTN) ilustrados pela Figura 2.6. Os cenários FTTC, FTTB e FTTN incluem também ADSL, ADSL2+, VDSL, VDSL2 e LAN combinados para a última milha.



**Figura 2.6 – Arquiteturas FTTx.**

As redes FTTH são compostas 100% de fibra óptica na rede de acesso. Geralmente essa rede está dividida em duas configurações: rede ponto-a-ponto (PTP) onde a fibra é dedicada a cada usuário na rede de acesso ou ponto-multiponto no qual a fibra é compartilhada através de um divisor de potência (*splitter*) entre um número específico de usuários. Já as redes FTTB utilizam tipicamente a arquitetura PTP contendo uma fibra dedicada para cada edifício ou bloco de edifícios. A fibra chega até

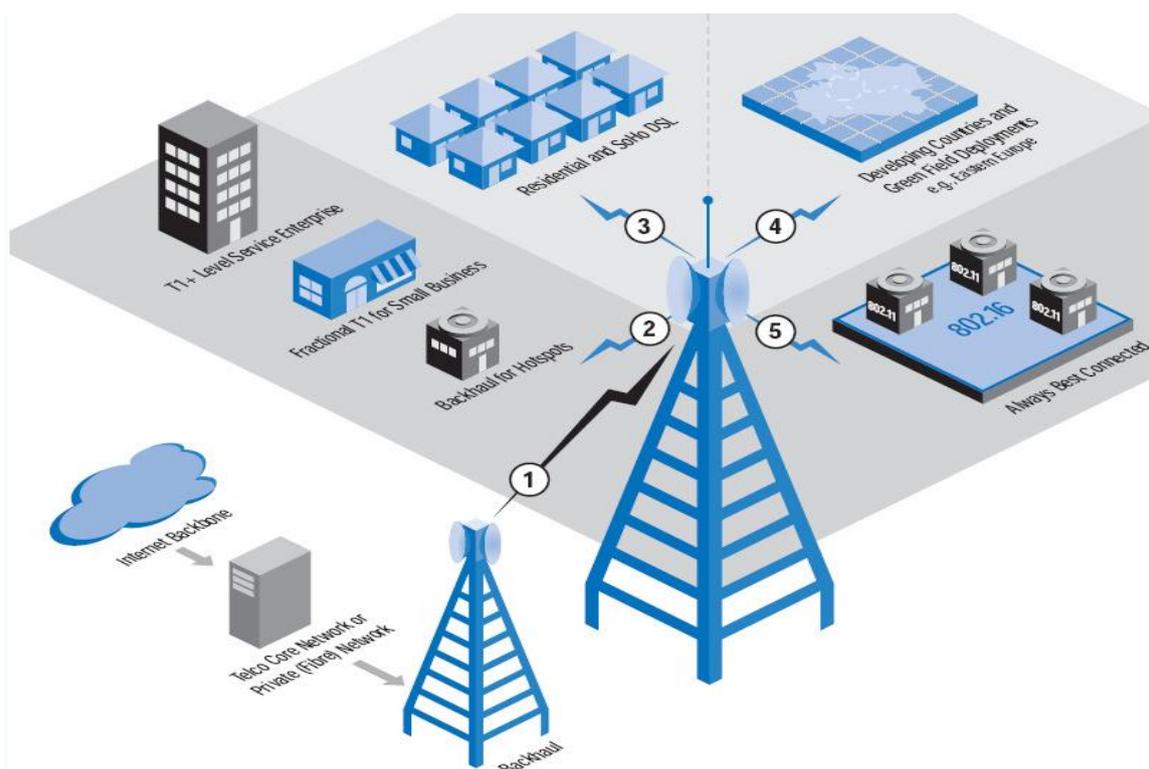
um terminal remoto (RT) e deste segue através de cabos par trançado (UTP) até as unidades de acesso. As redes FTTC e FTTN são similares em relação à arquitetura, mas diferem em relação à distância relacionada ao terminal de acesso e deste segue por cabos UTP através das tecnologias DSL (LAGE, 2006).

## 2.5 WIMAX

As redes sem fio constituem-se como uma alternativa as redes convencionais com fio, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, de fácil configuração e com boa conectividade em áreas prediais ou de campus. Essas redes estão classificadas em redes sem fio pessoais (WPANs), locais (WLANs), metropolitanas (WMANs) e mundial (WWAN).

As redes WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access/Interoperabilidade Mundial para Acesso de Microondas*) são baseadas no padrão IEEE 802.16, similar ao padrão Wi-Fi (IEEE 802.11) bastante difundido, que especifica uma interface sem fio para redes metropolitanas (WMANs). Esse padrão tem como proposta inicial disponibilizar o acesso banda larga sem fio para novas localizações cobrindo distâncias maiores sem a necessidade de investimento em uma infraestrutura de alto custo (como ocorre com uma rede de acesso banda larga cabeada) e sem as limitações de distância das tecnologias DSL (LIMA; SOARES; ENDLER, 2006).

A Figura 2.7 ilustra um cenário WiMax contendo um link *backhaul* (ligação entre o núcleo da rede com as subredes periféricas), distribuindo o acesso banda larga de diferentes formas (sob demanda, para uso residencial e pequenos escritórios, áreas sem infraestrutura cabeada, etc.).



- 1 – Infraestrutura de *backhaul*.
- 2 – Banda larga sob demanda.
- 3 – Banda larga para uso residencial e de pequenos escritórios (SoHo).
- 4 – Áreas não cobertas por banda larga cabeada, como regiões rurais.
- 5 – Conexão inteiramente sem fio (acesso móvel de banda larga portátil).

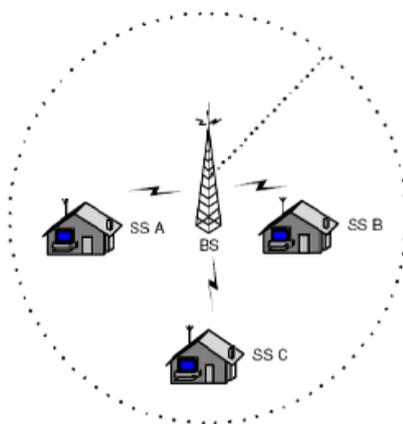
**Figura 2.7 – Modelo de rede WiMax (INTEL, 2008).**

Um ponto diferencial do padrão IEEE 802.16 é que a interface aérea foi projetada para transmitir dados ou tráfego multimídia que necessitam de alto suporte de qualidade de serviço (QoS). O padrão 802.16 é completamente orientado a conexões a fim de garantir qualidade de serviço para a comunicação de telefonia e de multimídia, as quais não admitem atrasos (SILVA et. al, 2005).

O sistema baseado no padrão 802.16 é basicamente composto de uma estação base e de estações terminais, conhecidas também como CPE (*Customer Premises Equipment*). A estação base é o local central que coleta todos os dados de/e para as estações terminais dentro de uma célula. As estações base possuem antenas com feixes relativamente largos, divididos em um ou vários setores com a finalidade de fornecer uma cobertura de 360 graus. Uma unidade de assinante ou CPE consiste basicamente de uma unidade externa com um rádio e uma antena conectados a uma unidade interna, basicamente um modem, que faz a interface com o usuário final (SILVA et al., 2005).

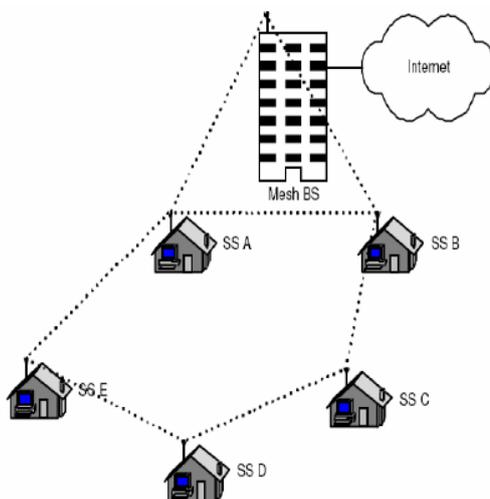
### 2.5.1 Arquiteturas do Padrão IEEE 802.16

Basicamente, três arquiteturas podem ser utilizadas por este padrão: ponto-a-ponto (PP), ponto-multiponto (PMP) e em malha (*mesh*). A arquitetura ponto-a-ponto interliga duas estações base (BS), ilustrada pelo primeiro item da Figura 2.7 (*backhaul*). Já a arquitetura ponto-multiponto interliga um ponto central, estação base, com várias estações clientes (SS – *Subscriber Stations*) conforme ilustrado pela Figura 2.8.



**Figura 2.8 – Arquitetura PMP.**

A arquitetura em malha se caracteriza pela comunicação bilateral entre estações clientes (SS) sem a necessidade do tráfego ser encaminhado ao ponto central (BS), permitindo que o sinal seja roteado entre os diversos usuários da rede. A Figura 2.9 ilustra esse cenário. A arquitetura *mesh* constitui-se na mais cara porque cada nó requer um roteador.



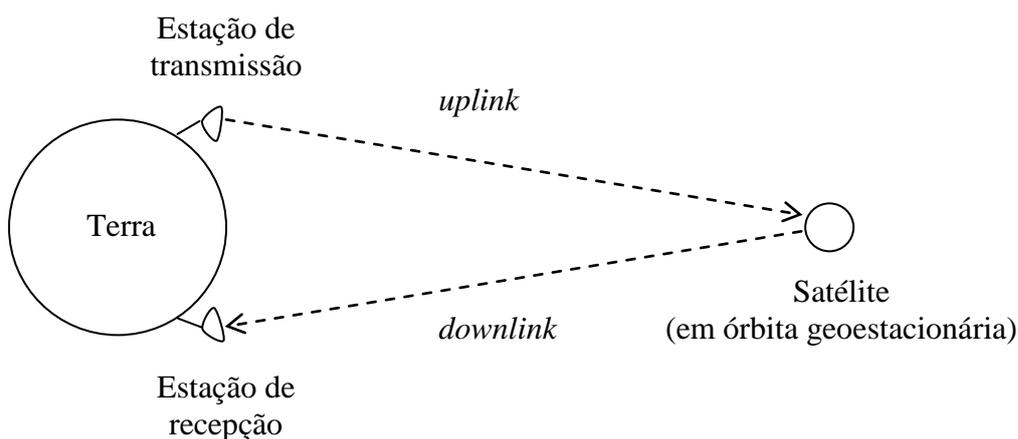
**Figura 2.9 – Arquitetura em malha.**

## 2.6 ENLACES DE COMUNICAÇÃO VIA SATÉLITE

Um satélite de comunicação tem como finalidade serviços de telecomunicação. A grande maioria dos satélites de comunicação são do tipo geoestacionários, ou seja, são colocados em órbita sobre o equador de modo que o satélite tenha um período de rotação igual ao período do nosso planeta (24 horas).

Em um sistema de comunicação por satélite geoestacionário, um sinal é transmitido de uma estação terrestre (via um *uplink*) para um satélite, amplificado em um *transponder* (circuitos eletrônicos) a bordo de um satélite e então retransmitido de um satélite (via um *downlink*) para outra estação terrestre. Tal sistema é ilustrado pela Figura 2.10. A mais popular banda de frequência para comunicações por satélite é a de 6 GHz (banda C) para *uplink* e a de 4 GHz para *downlink* (HAYKIN, 2000).

Interferências, como as de radio, limitam aplicações de comunicação por satélite operando em banda 6/4 GHz. Tais limitações acontecem devido transmissões nesta frequência coincidirem com aquelas usadas por sistemas de microondas terrestres. Este problema é eliminado na segunda geração de comunicação por satélite, que opera em banda 14/12 GHz (banda Ku), além disso, o uso destas altas frequências torna possível, conseqüentemente, construir pequenas e mais baratas antenas (HAYKIN, 2000).



**Figura 2.10 – Sistema de comunicação por satélite.**

A velocidade angular de um satélite geoestacionário é igual a da Terra e funciona como se o satélite estivesse parado no espaço em relação a um observador na Terra.

Para um satélite entrar em órbita terrestre é necessário que o mesmo atinja uma velocidade de pelo menos 28.800 km/h e seja posicionado a 36.000 km de altitude acima do equador, dessa forma, o satélite ficará numa órbita geoestacionária.

### 2.6.1 Principais Aplicações

Dentre as principais aplicações que justificam o uso da comunicação por satélite, destacam-se:

- Transmissão de um único sinal para uma ampla área geográfica como, por exemplo, a Amazônia. São típicas desse modelo as transmissões de TV, rádio e Internet;
- Integração de localidades remotas e sem infraestrutura terrestre de telecomunicações. Nesse modelo se enquadram destinos como canteiros de obras, campos de mineração e propriedades rurais.
- Necessidade de mobilidade e agilidade na instalação, tipicamente em soluções rápidas e temporárias, ou de uso ocasional. Nessa situação se enquadram a cobertura de shows, notícias e eventos móveis.

## 2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi apresentado um resumo das principais tecnologias banda larga que podem ser utilizadas em redes de acesso. Tais tecnologias tanto podem ser utilizadas fim-a-fim como é o caso da rede óptica FTTH, quanto combinadas como as redes FTTC, pDSL, dentre outras citadas neste trabalho.

A utilização de tais tecnologias procede a um estudo de viabilidade técnico-econômico levando em consideração alguns parâmetros, tais como: infraestrutura existente, distância, velocidade de conexão e custos para implantação. Tal estudo é descrito no capítulo quatro deste trabalho e utiliza algumas das tecnologias apresentadas neste capítulo.

## 3 TRABALHOS CORRELATOS

### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em função da necessidade de disponibilizar acesso em banda larga idealmente para transmitir serviços baseados em *triple play*, diversas soluções têm sido propostas nos últimos anos. Muitas dessas soluções têm sido apresentadas em forma de pesquisa, cujos insumos, via de regra, estão compilados em trabalhos disponíveis na literatura especializada.

Sistematicamente os estudos de redes de acesso têm o foco em requisitos de desempenho, de forma que seja possível estabelecer limites mínimos e máximos aceitáveis, diante de condições críticas. Além do estudo técnico faz-se necessário também um estudo de viabilidade econômica para estas melredes.

Os trabalhos analisados neste capítulo foram divididos em duas categorias, são elas: análise de viabilidade econômica para implantação de uma ou mais tecnologias de acesso combinadas e análise e desafios da inclusão digital no Brasil. Tais trabalhos são relevantes, inclusive seus resultados foram publicados em congressos técnicos específicos.

### 3.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Poucos estudos investigam a viabilidade econômica para utilização de soluções de telecomunicação para a transmissão da informação. Este tópico apresenta quatro trabalhos relevantes que fazem uma análise econômica ou técnico-econômica para implantação de redes de acesso em diferentes localidades.

O trabalho apresentado por Verbrugge et al (2007), discute questões relacionadas a avaliação técnico-econômica para um caminho de migração de rede de computadores. Tal caminho está relacionado com a implantação de ADSL em redes de acesso, seguindo alguns passos a fim de levar a fibra mais próxima da residência do usuário.

No primeiro passo citado pelo trabalho, a fibra é trazida até uma cabine na rua, permitindo implantar VDSL, num segundo passo, a fibra pode ser implantada até as residências.

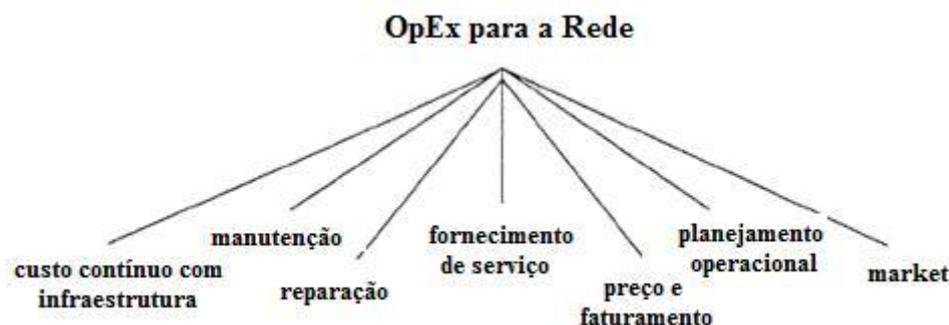
Diferentes regiões de referencia são indicadas, de acordo com a densidade da população e a distância média para as cabines. Alguns valores médios de parâmetros foram fornecidos para descrever os cenários de uma área urbana, semi-urbana e rural. Os custos podem ser estimados no uso de uma descrição de atividade baseada no processo operacional, ambos para a distribuição da rede (CapEx) e operações de rede (OpEx).

Os autores relatam que as operadoras de telecomunicações possuem altos custos para implantação e operação de suas redes, como gastos de capital (CapEx) com equipamentos, construções, cabos, etc., e gastos operacionais (OpEx) que incluem infraestrutura contínua, consumo de energia e custos com pessoal. Entretanto, o trabalho relata que é muito difícil medir com precisão esses custos ou atribuir esses custos para os serviços adequados.

Análise e alocação de custos são citadas como tarefas muito importantes para a operadora de rede em um ambiente de telecomunicação. No processo baseado no modelo de custo, é citado pelos autores, que o custo de uma rede futura ou uma rede migrada, muitas vezes é relacionado apenas com os custos imediatos com os equipamentos, entretanto, o custo do ciclo de vida da rede é determinado em grande parte pelos custos da mão de obra.

O trabalho apresenta um modelo que descreve, através de diagramas, o processo de migração de ADSL para VDSL. Os custos operacionais da rede mostram os diferentes aspectos relacionados à operação da rede, ilustrado pela Figura 3.1. São especificados custos contínuos de infraestrutura indicando os custos relacionados à superfície coberta, bem como outras categorias.

Os autores concluem que o desafio técnico quando analisado conjuntamente CapEx e OpEx é encontrar o nível adequado de abstração para obter um perfeito equilíbrio entre precisão e escalabilidade. O modelo de custo baseado no processo de baixo para cima, segundo os autores, permite ter um melhor conhecimento do processo operacional, permitindo achar a maior parte dos custos para guiar as ações em diferentes regiões de referência e em última instância permite otimizá-los.



**Figura 3.1 – Divisão dos custos operacionais da rede apresentado por Verbrugge et al. (2007).**

O trabalho realizado por Lannoo et al (2007) apresenta um estudo de viabilidade econômica para a implantação de uma rede móvel WiMAX na Bélgica. Um modelo genérico de negócios foi desenvolvido e então aplicado para a implantação de WiMAX neste país. Uma análise estática baseada no valor atual da rede (NPV) foi executada e vários cenários foram comparados.

Para os autores, os parâmetros que mais influenciam o sistema foram avaliados através de uma análise de sensibilidade. O período de tempo considerado foi entre 2007 e 2016, mas o artigo cita que os resultados podem ser facilmente projetados para qualquer outro período de tempo e relatam também, que a Bélgica possui 10.511.383 habitantes em 32.545 km<sup>2</sup> de território, no período da escrita do artigo. Três diferentes cenários de implantação foram estudados, variando das cidades mais importantes (centro urbano) e estendendo para a costa da Bélgica no mesmo período de tempo.

É relatado também que com uma célula de diâmetro máximo de 2 a 2,5 km, uma completa implantação nacional envolve altos investimentos, inclusive para cobrir as áreas rurais. Desta forma, o cenário nacional foi reduzido para uma implantação urbana nacional, que corresponde a todas as áreas com no mínimo 1000 habitantes/km<sup>2</sup>.

Foram consideradas três velocidades de implantação para o cenário nacional urbano (rápido em três anos, moderado em cinco anos e lento em oito anos).

Os cenários oferecem quatro diferentes pacotes de serviços para serem utilizados via WiMAX: banda larga sem fio individual (WiMAX usado como conexão banda larga, ao invés de HFC ou DSL); pacote para residência; pacote nômade (móvel) e pacote pré pago. O primeiro e segundo tipo de pacote utiliza uma banda de 3Mbps para *downstream* e 256Kbps para *upstream*, e os outros dois tipos de serviços possuem uma banda de 512Kbps para *downstream* e 128Kbps para *upstream*.

Segundo os autores, a parte crucial do modelo é associada com a previsão de mercado onde usuários residenciais e empresariais são considerados.

O trabalho relata também que gastos de capital (CapEx) são os custos a longo prazo no qual podem ser depreciados. Eles contém os custos de implantação de uma nova rede WiMAX, que é dimensionada utilizando uma ferramenta de planejamento.

Gastos de operação (OpEx) contém os custos anuais recorrentes. Para os autores, fazendo uma previsão do número de usuários, pode-se calcular o total de receitas por serviço.

Baseado nos parâmetros de entrada, junto com os custos e receitas, alguns cenários de implantação foram comparados. Na Figura 3.2, utilizada no trabalho, são apresentados os resultados obtidos com a análise de fluxo de caixa para três cenários de implantação diferentes.

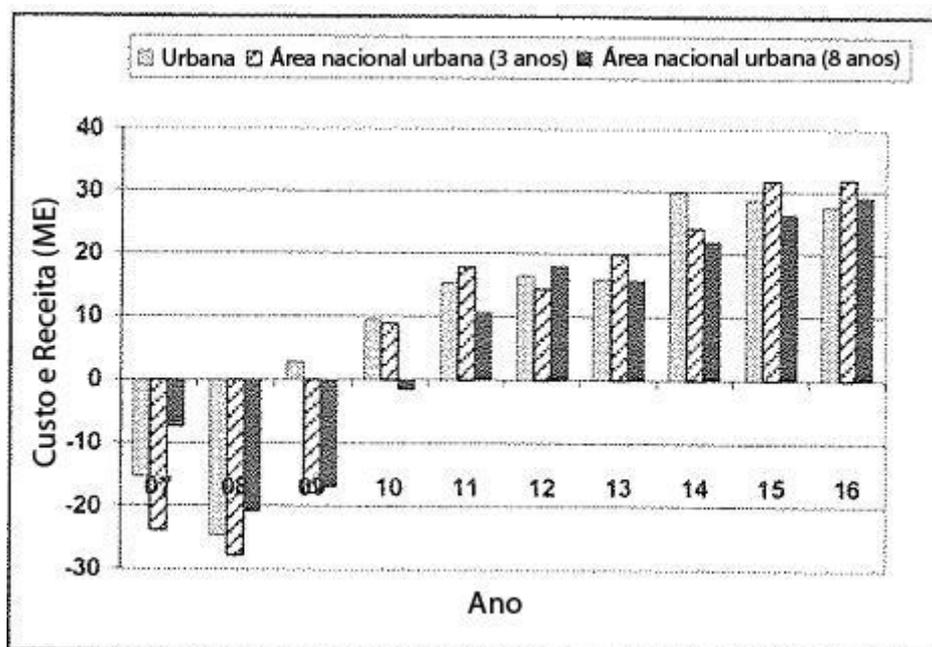
É citado também, que nos primeiros três a quatro anos, as receitas não compensam os investimentos para implantação de estações base WiMAX, depois deste período, alguns investimentos extras são necessários para satisfazer as necessidades dos usuários ou para a cobertura dos usuários das cidades em âmbito nacional, em oito anos de implantação. No entanto, a partir deste ponto, o número de usuários aumenta para criar receitas suficientes para cobrir esta situação.

Os autores relatam que a análise do valor atual da rede (NPV) é mais apropriada para avaliar a viabilidade financeira de projetos de longo prazo.

Foram configurados vários parâmetros no modelo onde tais valores podem ser realísticos ou não. A adoção de parâmetros, custos CapEx e OpEx e as tarifas de serviços são os itens mais importantes relatados pelo trabalho.

Como conclusão, os autores afirmam que a implantação de WiMAX fora das grandes cidades torna-se um projeto de grande risco, por isso, é muito importante avaliar a sua viabilidade geral. Para os autores, utilizando o valor atual da rede (NPV) e uma análise de fluxo de caixa em conjuntos com uma análise de sensibilidade pode-se avaliar a implantação de uma rede WiMAX móvel na Bélgica. Entretanto, para uma nova tecnologia como WiMAX móvel, o modelo ainda contém uma série de incertezas.

Em relação ao caso estudado, uma rápida implantação de WiMAX envolve um alto investimento e tem um alto risco financeiro.



**Figura 3.2 – Análise de fluxo de caixa proposto por Lannoo et al (2007).**

Para Lannoo et al (2007), a crescente demanda por largura de banda e mobilidade são os dois principais desafios para redes de acesso durante os próximos anos. Por um lado, segundo os autores, uma rede de acesso baseada em fibra óptica (*Fiber to the Home* ou FTTH) oferece todas as tecnologias disponíveis para alta velocidade e pode suportar uma grande variedade de serviços ao mesmo tempo: vídeo sob demanda, videoconferência nos dois sentidos, jogos, etc. Por outro lado, para alcançar mobilidade em redes de acesso, WiMAX pode possibilitar uma solução apropriada.

O trabalho realizado pelos autores, trata ambas as tecnologias de acesso (FTTH e WiMAX) em maiores detalhes, fazendo uma avaliação técnico-econômica de ambas.

O trabalho cita que até o final de 2005, na Bélgica, havia uma parte do mercado de 65% utilizando DSL e 35% cabo. Atualmente, empresas de telecomunicações adaptaram suas redes para o *triple play*, combinação de Internet, TV e serviços de telefonia, distribuídos sobre uma mesma rede.

Para os autores, atualmente existem redes de acesso que não são capazes de suportar esse incremento e conseqüentemente continua o gargalo, conhecido como o problema de última milha. Redes de acesso ópticas tais como FTTH, FTTB e FTTC, por outro lado podem oferecer largura de banda que são bem maiores que essas velhas tecnologias e podem então suportar uma grande variedade de serviços simultaneamente.

Outra tendência, citada no trabalho, é a mobilidade através de WiMAX (IEEE 802.16). Na Figura 3.3, é mostrada uma visão geral de ambas às tecnologias consideradas para redes de acesso.

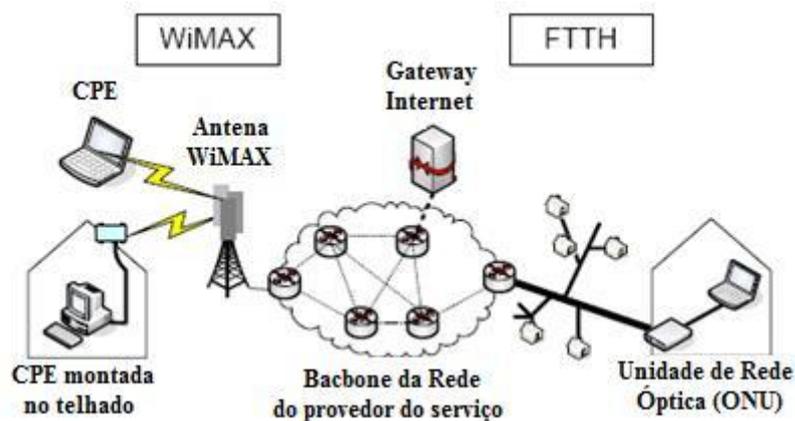
Para o cenário FTTH todos os cálculos e resultados são relatados para uma área específica, baseada na densidade da população.

Os autores citam que os custos são melhores disseminados durante o tempo, o que os torna mais viável. Somente se uma área urbana é considerada, os custos podem ser reduzidos. Diversos parâmetros podem ser levados em consideração para certificar-se que a introdução de FTTH foi um sucesso.

O estudo de viabilidade para WiMAX começa com a definição de vários cenários de negócios: pacote nômade (móvel), banda larga sem fio individual e todos os serviços, além disso, há uma distinção entre áreas urbanas, suburbanas e rurais. O estudo quantifica as possíveis receitas para os diferentes cenários, então com o resultado do modelo, o CapEx e OpEx são calculados.

Com base nos fluxos de caixa gerados, é possível avaliar os diferentes cenários sobre sua economia. Estas análises mostram que o cenário para banda larga sem fio individual não é interessante. O caso mais interessante é quando a Internet móvel está sendo vendida como um pacote adicional sobre um produto banda larga existente e como uma fórmula pré-paga.

Os autores concluem que são duas promissoras tecnologias para rede de acesso e acreditam que ambas ganharão interesse no futuro, entretanto, atualmente sua viabilidade econômica no mercado da Bélgica é limitada às áreas urbanas.



**Figura 3.3 – Visão geral de redes de acesso FTTH e WiMAX de acordo com Lannoo et al. (2007).**

O trabalho realizado por Kim et al (2008) apresenta um estudo de viabilidade da tecnologia HAPS para plataformas de telecomunicação de próxima geração na Coreia. Neste estudo, aspectos econômicos e serviços HAPS são definidos e analisados, e os rendimentos dos serviços definidos são previstos em nove cenários.

São estimadas despesas com investimentos e despesas com operação da rede.

Para avaliar a rentabilidade de serviços HAPS, foram calculados o valor atual da rede (NPV), o período de reembolso e a taxa interna de retorno (IRR).

Os resultados obtidos mostram que HAPS são justificados economicamente em todos os cenários.

Os autores afirmam que HAPS surge como uma alternativa desafiadora como plataforma de serviço uma vez que se venha oferecer garantias suficientes de largura de banda para serviços multimídia para telecomunicações, esperando-se, com esta tecnologia, combinar as melhores características de ambos os mecanismos de entrega terrestre ou via satélite e fornecer não somente serviços públicos como também vários serviços de telecomunicação comerciais e de transmissão.

O trabalho relata também que engenheiros japoneses têm demonstrado que HAPS pode ser uma nova plataforma para fornecer serviços HDTV e serviços WCDMA.

Os autores citam também que HAPS ainda está em fase de desenvolvimento no mundo e os desenvolvedores têm hesitado em atualizar as informações sobre custos

publicamente, tornando-se assim difícil descobrir ou estimar o real custo com precisão, fazendo com que as informações recolhidas sobre custos (plataformas e instalações) fossem conseguidas através de entrevistas com desenvolvedores e especialistas em institutos de pesquisa coreanos.

É relatado também, que para fazer a análise de viabilidade econômica de serviços HAPS, o fluxo de caixa foi calculado baseado nos dados sobre as receitas totais e custos de cada ano apresentado (ilustrado pela Figura 3.4).

Os autores concluem que S-HDTV (100 Mbps, bidirecional) e serviços 4G (100 Mbps) podem ser considerados como serviços de aplicação apropriados para HAPS e, relatam também, que o número de clientes 4G HAPS é previsto em 12.000 até 2011 e crescerá até 10 milhões em 2020.

Para finalizar, os autores afirmam que assumindo que o rendimento médio por usuário (ARPU) para serviços 4G é de \$35 por mês em média, NPV é calculado em \$2,964 milhões, IRR inicia-se em 31,9%, e o reembolso ocorre em 2017, implicando assim que serviços HAPS são rentáveis na Coreia.

Ano	Despesas de capital	Custos com manutenção	Custos de serviços públicos	Taxas e serviços públicos	Custos laborais	Custos G&A	Custos de operação	Total
2010	61.80	—	—	—	—	—	—	61.80
2011	319.49	10.48	1.82	3.41	24.95	24.29	3.09	387.53
2012	565.99	29.04	5.04	10.18	44.68	43.51	3.09	701.53
2013	612.76	49.14	8.52	17.46	102.84	100.13	3.09	893.94
2014	544.03	66.99	11.62	23.75	111.99	109.04	3.09	870.51
2015	40.00	68.30	11.85	24.31	223.51	217.63	3.09	588.69
2016	40.00	69.61	12.08	24.86	414.25	403.34	3.09	967.23
2017	—	69.61	12.08	24.86	1059.15	1031.27	3.09	2200.05
2018	—	69.61	12.08	24.86	1208.29	1176.47	3.09	2494.40
2019	—	69.61	12.08	24.86	1208.29	1176.47	3.09	2494.40
2020	—	69.61	12.08	24.86	1208.29	1176.47	3.09	2494.40

**Figura 3.4 - Custo total por ano (ARPU = \$35 / mês) apresentado por Kim et al. (2008).**

Os trabalhos apresentados nesta seção tiveram como abordagem o foco na análise de viabilidade econômica.

O primeiro trabalho analisado, Verbrugge et al (2007), utilizou alguns diagramas para representar modelos de custos que levariam para a migração de ADSL para VDSL indicando apenas alguns parâmetros sem se preocupar com o valor real deles, ou seja,

apresentou dois modelos de custos CapEx e OpEx mas não relatou os custos reais para tal migração.

Já o segundo trabalho, Lanoo et al (2007), criou um modelo de negócios para nortear o processo de instalação de uma rede WiMAX na Bélgica levando em consideração diferentes cenários e tempo para implantação, também utilizou CapEx e OpEx para relacionar os custos, entretanto, o modelo proposto, segundo os próprios autores, ainda contém uma série de incertezas e envolve um alto risco financeiro.

O terceiro trabalho, também realizado por Lanoo et al (2007), faz uma análise resumida e superficial da proposta técnico-econômica sugerida pelo mesmo, não apresenta gráficos nem valores para referenciar o estudo, apresenta apenas algumas teorias, já relatadas nos trabalhos apresentados anteriormente, sem entrar em maiores detalhes, inclusive de custos.

Por fim, no trabalho apresentado por Kim et al (2008), foi analisada a viabilidade de uma nova plataforma para utilização de serviços 4G na Coreia através de alguns modelos de negócios e análise de viabilidade econômica, mostrando através da configuração de alguns parâmetros a viabilidade para implantação desta solução no referido país.

O trabalho realizado e apresentado no capítulo três desta dissertação faz uma análise de viabilidade econômica, através do custo do bit, utilizando tecnologias banda larga para a transmissão da informação em cenários amazônicos, através do programa NAVEGAPARÁ e das concessionárias atuantes nestas localidades.

### 3.3 INCLUSÃO DIGITAL

A inclusão digital é um dos objetivos que norteiam o programa NAVEGAPARÁ, objeto de estudo desta dissertação, portanto, faz-se necessário analisar alguns trabalhos relacionados com este tema. Neste tópico, são analisados três trabalhos que relacionam alguns aspectos sobre a inclusão digital no Brasil.

O trabalho realizado por Mattos et al (2008) apresenta um estudo relacionado aos desafios para a inclusão digital no Brasil, tendo como principal objetivo mostrar os limites e possibilidades que devem nortear as políticas de inclusão digital no Brasil.

Os autores relatam em uma primeira análise, o caráter excludente do atual processo de globalização econômica, mostrando que o surgimento das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) tem influenciado negativamente neste processo.

Além de mostrar o cenário mundial de desigualdades, o trabalho relata que no caso específico brasileiro o fator cognitivo<sup>5</sup> é um dos fatores que limita as possibilidades de se construir no país um projeto de efetiva ampliação da inclusão digital, devido à capacidade de compreensão e a possibilidade de se utilizar efetivamente todas as potencialidades oferecidas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação serem bastante diferenciadas na população brasileira, dado o alto grau de desigualdade na educação formal das pessoas, inclusive, esta diferença (cognitiva), segundo os autores, não é captada pelos indicadores tradicionais de inclusão digital (percentual de acesso e percentual desses que são conectados à Internet), fazendo crer que a evolução dos dados de ampliação da inclusão digital no Brasil na verdade não retratam uma realidade tão positiva como parece sugerir a fria análise das estatísticas.

Outro fator complicador de inclusão digital citado no artigo refere-se ao fato de o Brasil ser um país com enormes diferenças entre as áreas rurais e urbanas e com grandes desigualdades de renda e regionais.

A Figura 3.5, apresenta o grau de inclusão digital de cada estado brasileiro no ano de 2005. Analisando-se os dados de inclusão digital para cada um dos estados, constata-se uma significativa diferenciação regional no país.

<sup>5</sup>ato ou processo de conhecer, que envolve atenção, percepção, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e linguagem.

Estados da Federação	Participação do estado na renda nacional (em %)	Contribuição do estado no total de incluídos digitais do Brasil (em %)
São Paulo	31,8	31,9
Rio de Janeiro	12,2	11,0
Minas Gerais	9,3	9,5
Rio Grande do Sul	8,2	6,7
Paraná	6,4	6,9
Bahia	4,7	4,5
Santa Catarina	4,0	4,6
Pernambuco	2,7	2,9
Goiás	2,4	2,7
Distrito Federal	2,4	2,5
Espírito Santo	1,9	2,1
Pará	1,9	1,9
Ceará	1,8	2,7
Amazonas	1,8	0,8
Mato Grosso	1,5	1,3
Mato Grosso do Sul	1,2	1,3
Paraíba	0,9	1,2
Maranhão	0,9	1,2
Rio Grande do Norte	0,9	1,0
Sergipe	0,8	0,6
Alagoas	0,7	0,5
Rondônia	0,5	0,5
Piauí	0,5	0,7
Tocantins	0,3	0,4
Amapá	0,2	0,3
Acre	0,2	0,2
Roraima	0,1	0,1

Fonte: IBGE. Dados de inclusão digital: PNAD, 2005. Elaboração própria.

Dados de PIB estadual: Contas Regionais do Brasil (IBGE), 2004.

Elaboração própria.

(\*) as somas das respectivas colunas podem diferir um pouco de 100 por causa de arredondamentos.

**Figura 3.5 – Participação de cada estado na renda nacional e na inclusão digital – Brasil 2006 apresentada por Mattos et al. (2008).**

O trabalho relata também, a necessidade de políticas públicas de inclusão digital, pois a introdução inicial das TIC'S, na verdade, segundo os autores, aprofunda as desigualdades existentes e mesmo cria novas assimetrias sob o Capitalismo Contemporâneo.

São destacados pelos autores, há existência de inúmeros projetos de inclusão digital promovido por ONGs (Organizações Não-Governamentais), em diversas regiões brasileiras, iniciativas de prefeituras de cidades de todos os tamanhos, além dos projetos

do governo federal, entretanto, tais projetos não são abordados no artigo e, são relatados também, cinco aspectos fundamentais sobre políticas públicas de inclusão digital:

- Inserção no mercado de trabalho e geração de renda;
- Melhorar relacionamento entre cidadãos e poderes públicos;
- Melhorar e facilitar tarefas cotidianas das pessoas, o que pode incluir aspectos do item anterior;
- Incrementar valores culturais e sociais e aprimorar a cidadania;
- Difundir conhecimento tecnológico.

Por fim, os autores concluem que tanto o papel desempenhado pela inclusão digital, quanto as possibilidades de o acesso às novas tecnologias se expandir, precisam ser avaliados de forma mais crítica, principalmente em um país como o Brasil, e que os estudos mais recentes e relevantes mostram que o grau de desenvolvimento econômico define os limites da dimensão da inclusão digital de uma sociedade, afirmando que a renda per capita e o custo de acesso são fatores limitantes para a inclusão digital, bem como a formulação de políticas públicas deve abarcar não apenas uma decisão de investimento em bens materiais (equipamentos, ampliação de linhas telefônicas, etc.), mas também na contínua melhoria das condições do ensino básico, que possa dotar a população de capacidade cognitiva para compreender e processar as informações mediante acesso à Internet.

Em Neto et al (2007) foi realizado um estudo que apresenta uma análise do programa de inclusão digital do governo brasileiro sob uma perspectiva resultante da interseção entre as áreas da ciência da informação e da interação humano-computador.

Os autores afirmam que a inclusão digital é tema que desperta a preocupação e interesse tanto do governo brasileiro quanto de ONGs, empresas, escolas e igrejas, e a definem informando que a mesma se dá a partir do momento em que as pessoas não tinham acesso aos meios digitais, para a recuperação da informação, conseguem tê-la, usando máquinas, softwares e redes (normalmente a Internet), citando que de acordo com o governo brasileiro, a inclusão digital favorece e auxilia a inclusão social.

O trabalho afirma também que o governo brasileiro apresenta várias soluções e programas para promover a inclusão digital, todos pautados na necessidade de disponibilizar computadores, sejam nas escolas públicas, ou por meio de financiamentos

e distribuição dos softwares necessários e que todos os programas estão pautados nas diretrizes da “Sociedade da Informação no Brasil”, coordenada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.

Foi criada uma proposta, pelos autores, chamada de Programa Útil, no qual é comparada graficamente com o programa de governo brasileiro para a inclusão digital, ilustrado pela Figura 3.6. Segundo os autores, para o programa de inclusão digital do governo, basta oferecer computador barato e software livre, enquanto no programa útil, é acrescida a capacitação, que demanda altos investimentos. Os autores relatam que a maneira de diminuir os investimentos em capacitação (treinamento do usuário) é a construção de uma interface mais interativa de comunicação com o ser humano.

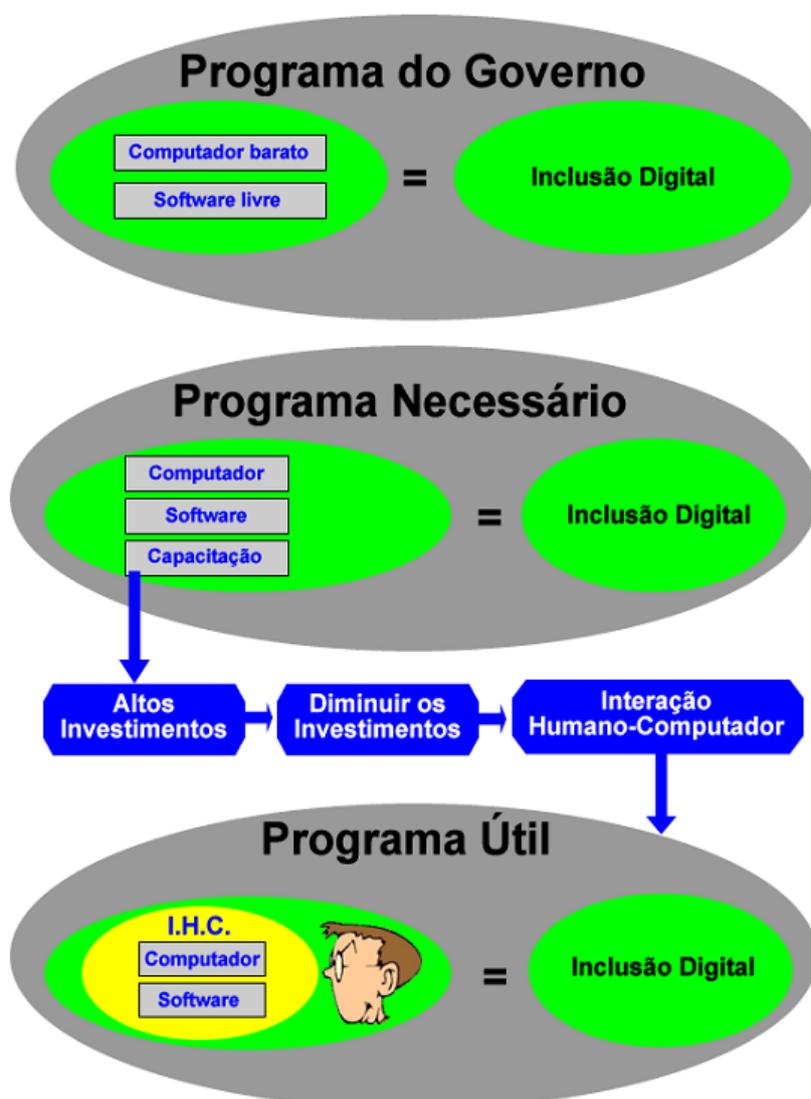


Figura 3.6 – Programa de Inclusão Digital proposto por Neto et al (2007).

O trabalho relata ainda, que para o programa de inclusão digital do governo brasileiro, deveria ser realizada uma pesquisa de campo com os sujeitos alvos do programa, para verificar se a interação, em função do “*design*” das interfaces dos softwares livres colocados à disposição, atinge a compreensão desse público.

Os autores concluem que existe a necessidade de programas de inclusão digital, inclusive como promotores da inclusão social ou, pelo menos, como seu facilitador e a necessidade de o Brasil entrar definitivamente na sociedade da informação que, segundo os autores, é o resultado da capacitação dos excluídos digitalmente, para lidar com computadores e softwares com o intuito de armazenar, recuperar e disseminar a informação. Afirmam também que a combinação de computador mais acessível, software livre, acesso à Internet e o destaque necessário em IHC (Interface Homem-Computador) tornariam o processo de inclusão digital mais viável, sugerindo também, que o caminho tomado pelo governo, embora útil, não é completo o suficiente para atingir os propósitos desejados.

Em IBGE 2009, foi realizada uma Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD 2008) sobre acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal e, seus resultados, foram divulgados através de publicação pelo site do IBGE, CD-ROM e meio impresso.

Esse tema é investigado pela segunda vez, através da PNAD, propiciando comparação com os dados resultantes do suplemento PNAD 2005.

Segundo o trabalho realizado, no planejamento desta pesquisa suplementar da PNAD, tanto quanto em 2005, as informações levantadas consideraram a construção de indicadores-chave das tecnologias da informação e das comunicações aprovados na Cúpula Mundial da Sociedade da Informação (*World Summit on the Information Society - WSIS*).

O trabalho relata que o sistema de pesquisas domiciliares, implantado progressivamente no Brasil a partir de 1967, com a criação da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD tem como finalidade a produção de informações básicas para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do País.

Os dados apresentados pelo trabalho permitem a caracterização geográfica, sociodemográfica e econômica daqueles que usam a rede Internet e, também, daqueles

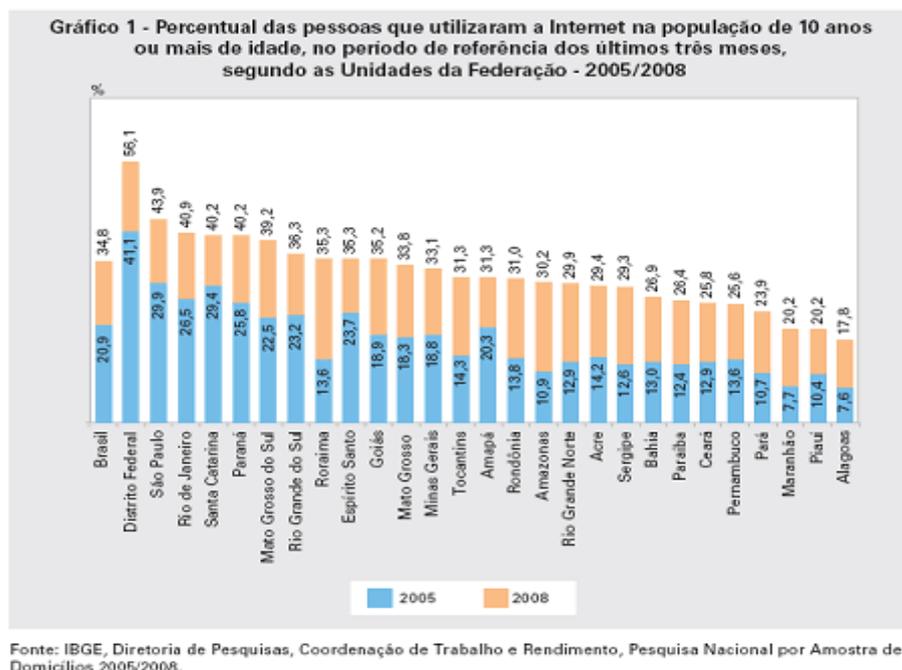
que não a utilizam. Ainda, com relação ao acesso à Internet foram observados: locais de acesso, finalidade, tipo e rede para acesso no domicílio, o acesso por estudantes e não estudantes, e o uso da rede Internet segundo a condição de ocupação das pessoas e as formas de inserção no mercado de trabalho.

Segundo dados da pesquisa, em três anos, o percentual de brasileiros de dez anos ou mais de idade que acessaram ao menos uma vez a Internet pelo computador aumentou 75,3%, passando de 20,9% para 34,8% das pessoas nessa faixa etária, ou 56 milhões de usuários, em 2008.

Os dados mostram que os mais jovens acessam mais a Rede mundial de computadores, assim como os mais escolarizados – embora, entre 2005 e 2008, o acesso tenha crescido mais entre aqueles com menos anos de estudo.

De acordo com os resultados obtidos, as diferenças regionais no uso da Internet permanecem, sendo que o percentual de usuários é menor no Norte (27,5%) e Nordeste (25,1%) e maior no Sudeste (40,3%), Centro-Oeste (39,4%) e Sul (38,7%).

O gráfico da Figura 3.7 ilustra o percentual de pessoas que utilizaram a Internet em cada Unidade da Federação no período de referência de três meses, comparando os anos da pesquisa em 2005 e 2008.

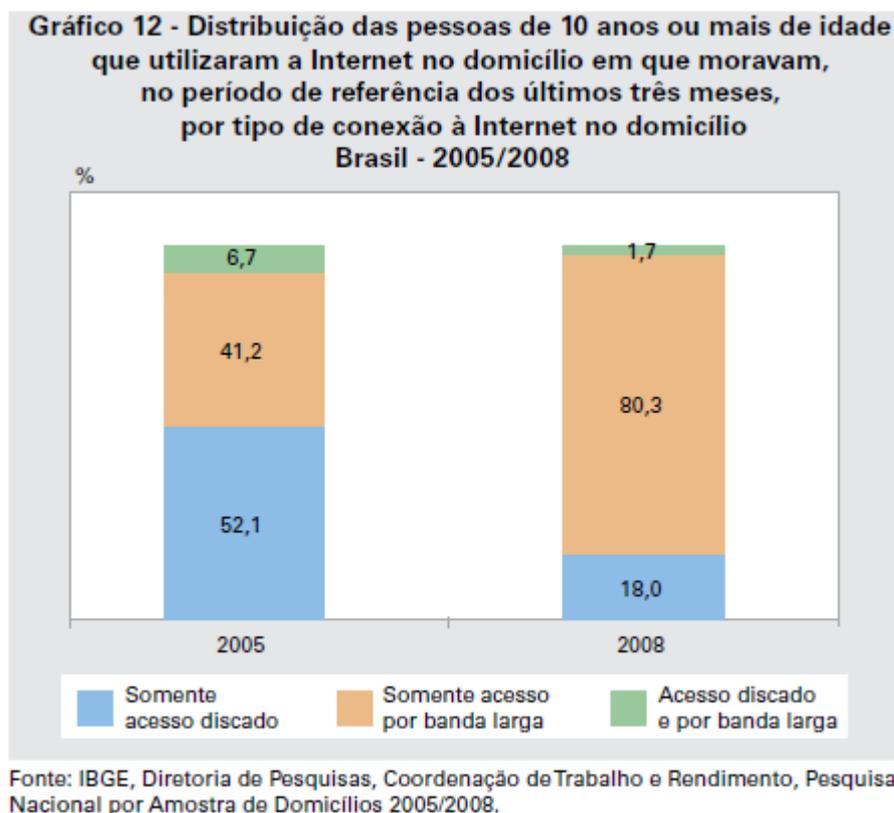


**Figura 3.7 – Percentual de acesso a Internet por Unidade Federativa - 2005/2008 apresentada por IBGE (2009).**

O local de onde mais se acessava a Internet continuava sendo, em 2008, o próprio domicílio (57,1%), mas em segundo lugar vinham os centros públicos de acesso pago (35,2%), que superaram o local de trabalho (segundo local de acesso em 2005). Também houve mudança no principal motivo que leva as pessoas a usarem a Internet: 83,2% acessaram a Rede em 2008 principalmente para se comunicar com outras pessoas – em 2005, o principal motivo era educação ou aprendizado, que caiu para o terceiro lugar em 2008.

Segundo a pesquisa, 104,7 milhões de pessoas com 10 anos ou mais de idade não utilizaram a Internet nos três meses anteriores à data da entrevista, ou seja, 65,2% do total. Os motivos de não utilização foram concentrados praticamente em três: não achavam necessário ou não queriam (32,8%); não sabiam utilizar a Internet (31,6%), e não tinham acesso a microcomputador (30,0%). Estes foram os principais motivos para homens e mulheres em todas as Grandes Regiões. Sendo que no Norte e no Nordeste o motivo mais citado foi por não saber utilizar a Internet, 38,7% e 40,1%, nesta ordem.

A pesquisa mostra também que em 2008, na população de 10 anos ou mais de idade que utilizou a Internet no domicílio, no período de referência dos últimos três meses, 80,3% o fizeram somente através de banda larga; 18,0% unicamente por conexão discada e 1,7% através das duas formas. Em relação a 2005, o aumento da conexão por banda larga foi bastante expressivo no País, naquela época este tipo de conexão era feito por 41,2% das pessoas que acessaram a Internet da própria residência, conforme ilustrado pelo gráfico da Figura 3.8.



**Figura 3.8 – Tipo de acesso a Internet - 2005/2008 apresentada por IBGE (2009).**

Regionalmente, a conexão por banda larga também foi disseminada e passou a ser a principal forma de acesso, com destaque para a Região Centro-Oeste, onde 93,4% das pessoas a usavam. Em 2005, esta era a única região com percentual acima dos 50,0% (57,1%). Por outro lado, a Região Norte foi a que apresentou a menor proporção de pessoas acessando a Internet somente por banda larga (70,4%).

Nesta seção foram analisados três trabalhos cujo objetivo foi realizar estudos sobre a inclusão digital no Brasil.

O primeiro trabalho, Mattos et al (2008), relata a existência de inúmeros programas de inclusão digital existentes em diversas regiões brasileiras, cita o cenário mundial de desigualdades e relaciona o fator cognitivo, no caso específico brasileiro, como o ponto negativo para políticas de inclusão digital. Apresenta também, uma tabela que retrata, em 2005, que o Estado do Pará contribuiu com apenas 1,9% do total de incluídos digitais no Brasil.

O segundo trabalho analisado, Neto et al (2007), faz uma análise sobre o programa de inclusão digital do governo brasileiro, afirmando que o mesmo não é

completo, pois contempla apenas computadores baratos e software livre. O trabalho apresenta uma proposta chamada de Programa Útil, que além de computadores e software livre é inserido também a capacitação ao usuário, onde a construção de uma interface de comunicação com o ser humano, IHC, mais interativa é apontada como solução para a diminuição de custos com a capacitação.

Por fim, o terceiro trabalho, IBGE 2009, realizou uma pesquisa cujo um dos objetivos foi fazer uma análise sobre a utilização de acessos à Internet no Brasil e, pelos resultados obtidos, ficou demonstrado que a região Norte e Nordeste são as que apresentam o menor percentual de usuários conectados, ficando o Estado do Pará na frente apenas dos Estados de Alagoas, Piauí e Maranhão. Com relação ao tipo de conexão, a Região Norte apresentou o menor índice de pessoas acessando a Internet somente por banda larga, demonstrando, dessa forma, a carência por programas de inclusão digital e acesso a conexão banda larga no vasto Estado do Pará.

Nos trabalhos analisados neste tópico, a realidade econômica e o fator cognitivo de uma sociedade são apontados como decisivos para o sucesso de programas de inclusão digital. Ficou demonstrado que o Estado do Pará possui um dos piores índices de inclusão digital do Brasil, necessitando de políticas públicas ou da iniciativa privada para a melhoria destes indicadores. O trabalho realizado e apresentado no próximo capítulo desta dissertação contribui para a melhoria desta realidade.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos analisados e relatados neste capítulo são relevantes e fazem parte da literatura especializada disponível.

Duas abordagens foram analisadas: a primeira relacionada com a avaliação técnico-econômica para implantação de redes de acesso banda larga em cenários diversos e, a segunda, relacionada com estudos voltados para a inclusão digital no cenário brasileiro.

Foi apresentado um resumo e uma breve conclusão a respeito de tais trabalhos. O próximo capítulo apresenta um estudo onde foi realizada uma avaliação econômica baseada no custo do bit ao usuário final utilizando soluções combinadas para a

transmissão da informação por banda larga em cenários amazônicos, especificamente no Estado do Pará, contribuindo, dessa forma, para aumentar o índice de inclusão digital nessas localidades.

## 4 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA BASEADO NO CUSTO DO BIT APLICADO AO PROGRAMA NAVEGAPARÁ

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A crescente disseminação da informação em formato digital traz à tona novas realidades no cenário mundial, com isso novas tecnologias vêm se fortalecendo no sentido de dinamizar o processo de difusão da informação e melhorar a qualidade de vida da população. Para prover tais serviços faz-se necessário dois estudos: (a) comprovar a viabilidade técnica da transmissão de determinados serviços, no nosso caso tráfego *triple play* (voz, vídeo e dados), levando em consideração algumas métricas de avaliação de desempenho, (b) demonstrar a viabilidade econômica para implantação de tal solução, levando em consideração os custos e benefícios de algumas soluções disponíveis.

Para a viabilidade técnica descrita em (a), duas abordagens foram utilizadas: análise experimental e simulação, inclusive seus resultados foram publicados em congressos técnicos da área e fazem parte do escopo de outra dissertação.

Este capítulo apresenta uma análise econômica baseada no custo do bit da primeira fase do programa NAVEGAPARÁ, descrito no tópico subsequente, levando em consideração, aspectos relacionados à infraestrutura para implantação, número de pontos atendidos (clientes), taxas de transmissão, dentre outros. É realizado ainda, um estudo comparativo com a solução atualmente oferecida pelas operadoras de telecomunicação (concessionárias) nos municípios atendidos pelo NAVEGAPARÁ, demonstrando a viabilidade econômica baseada no custo do bit para a escolha da melhor solução banda larga em uma análise de custo/benefício para essas localidades.

## 4.2 O PROGRAMA NAVEGAPARÁ

Uma das ações estratégicas para o desenvolvimento do Estado do Pará, o programa NAVEGAPARÁ, criado a partir de março de 2007 pelo Governo do Estado, e ainda em fase de desenvolvimento, objetiva criar uma rede de comunicações para interligar, em todo o estado, várias unidades de Governo, a fim de promover uma grande ação de inclusão digital e de cidadania, beneficiando assim, a sociedade paraense, mediante a oferta de diversos serviços, tais como: possibilitar o acesso das unidades públicas e do terceiro setor<sup>5</sup> à Internet; criar ambiente favorável à incorporação de tecnologia e inovação em processos e produtos; aumentar as vantagens competitivas nos planos regional, nacional e internacional; facilitar a implementação de redes e aglomerações de empresas em arranjos produtivos; governança eletrônica; educação a distância e tele-medicina.

O programa NAVEGAPARÁ está sendo implantado de forma conjunta pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia (SEDECT) e pela Empresa de Processamento de Dados do Estado do Pará (PRODEPA). Para prover serviços de Telecomunicações, a PRODEPA se credenciou, junto à ANATEL (ATO ANATEL Nº 2.720, publicado no D.O.U. de 8 de maio de 2008), com vistas a disponibilizar acesso à rede pública do NAVEGAPARÁ.

Para que o Programa NAVEGAPARÁ se tornasse viável, algumas parcerias foram necessárias, através de acordos de cooperação técnica com diversas instituições públicas e privadas, no sentido de compartilhar recursos e infraestrutura existente, dentre tais parcerias destacam-se:

- Convênio de cooperação técnica com a Universidade Federal do Pará, para utilização da rede de fibra óptica do consórcio METROBEL e interligar suas unidades na região metropolitana de Belém.
- Convênio de cooperação técnica com as Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., ELETRONORTE, para utilização da infraestrutura de rede óptica sobre os cabos pára-raios (OPGW) da empresa e interligar municípios ao longo do sistema de transmissão de energia da ELETRONORTE.

<sup>5</sup>constituído por organizações sem fins lucrativos e não governamentais, que tem como objetivo gerar serviços de caráter público.

- Convênio de cooperação técnica com a CELPA, para utilização da infraestrutura de postes da empresa para suporte aos cabos de fibra óptica implantados, e torres de telecomunicações.
- Convênio de cooperação técnica com a VALE DO RIO DOCE para uso da infraestrutura de rede de fibra óptica da empresa utilizada na supervisão de “mineroduto” de sua propriedade, que interliga a mina de bauxita, em Paragominas, à unidade da Alunorte (empresa do grupo) Barcarena.
- Acordos de cooperação entre órgãos do Estado, para estabelecimento de parcerias objetivando reduzir custos com utilização conjunta da infraestrutura telecomunicações e espaço físico de instituições, tais como, os órgãos de segurança pública e a FUNTELPA (Fundação de Telecomunicações do Pará - geradora e retransmissora de televisão).
- Acordos com entidades para implantação e manutenção de estrutura dos infocentros, tais como a Secretaria de Ciência e Tecnologia da Bahia, para utilização de sistema de gestão de infocentros e Banco do Estado do Pará (BANPARÁ) na manutenção de tarifa de energia e Banco da Amazônia para pagamento de bolsa aos monitores.

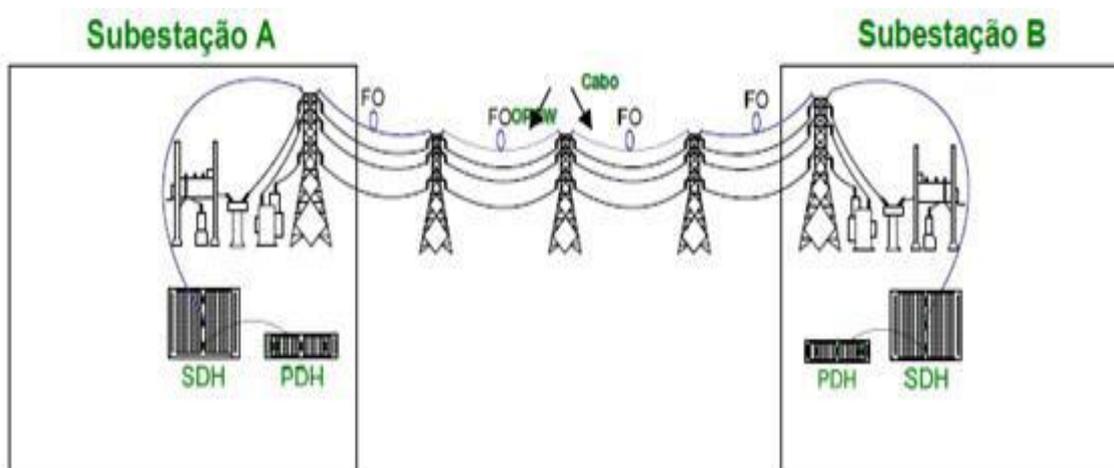
O programa NAVEGAPARÁ está sendo implantado em duas fases. Cada fase contempla um número diferente de cidades. Tal programa é composto pela união de cinco projetos, que são: Cidades Digitais, Infocentros, Infovias, Metrobel e Telecentros de Negócios.

As cidades digitais são as cidades que recebem a infraestrutura para acesso banda larga. Em sua primeira fase foram contempladas dezesseis cidades: Abaetetuba, Altamira, Ananindeua, Barcarena, Belém, Itaituba, Jacundá, Marabá, Marituba, Pacajá, Rurópolis, Santa Maria do Pará, Santarém, Tailândia, Tucuruí e Uruará. A Figura 4.1 ilustra uma torre de distribuição de energia da ELETRONORTE por onde as fibras chegam até as cidades digitais.



**Figura 4.1 – Fibra óptica sobre a linha de transmissão de energia.  
(NAVEGAPARÁ, 2009).**

A interligação entre as cidades digitais é realizada por meio das subestações da ELETRONORTE, conforme modelo ilustrado pela Figura 4.2.



**Figura 4.2 – Interligação entre as cidades digitais através das subestações.**

Já os Infocentros, são um projeto de inclusão social realizados através da implantação de espaços públicos de acesso, em parceria com entidades do terceiro setor, disponibilizando acesso gratuito à Internet para a população, capacitação básica em informática com software livre, além de oficinas visando a difusão da cultura, comunicação e informação das regiões onde o projeto se faz presente. A Figura 4.3 ilustra um infocentro instalado pelo projeto NAVEGAPARÁ.



**Figura 4.3 – Infocentro. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

As Infovias são as vias de acesso por onde irão trafegar a informação, ou seja, a rede de transporte (ou *Backbone Óptico*). São implantadas no Estado do Pará ao longo das linhas de transmissão nas localidades próximas das subestações e repetidoras da Eletronorte, a Figura 4.4 ilustra esse projeto.

O *backbone* é composto por sistema DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) e sistema SDH (*Synchronous Digital Hierarchy - STM16*), possuindo uma plataforma transparente para permitir o transporte dos mais diversos tipos de redes existentes no mercado tais como: *Fast-Ethernet*, 10/100 Base T, *Giga-Ethernet*, E1 (G.703), FICON, ESCON, SDH (STM-1/4/16) e SAN (*Storage Área Network*) (NAVEGAPARÁ, 2009).

O sistema DWDM na direção Marabá - Santa Maria terá uma capacidade final de 8 lambdas, sendo um lambda de 10 Gbps e 7 lambdas de 2,5 Gbps conforme descrito a seguir: (NAVEGAPARÁ, 2009).

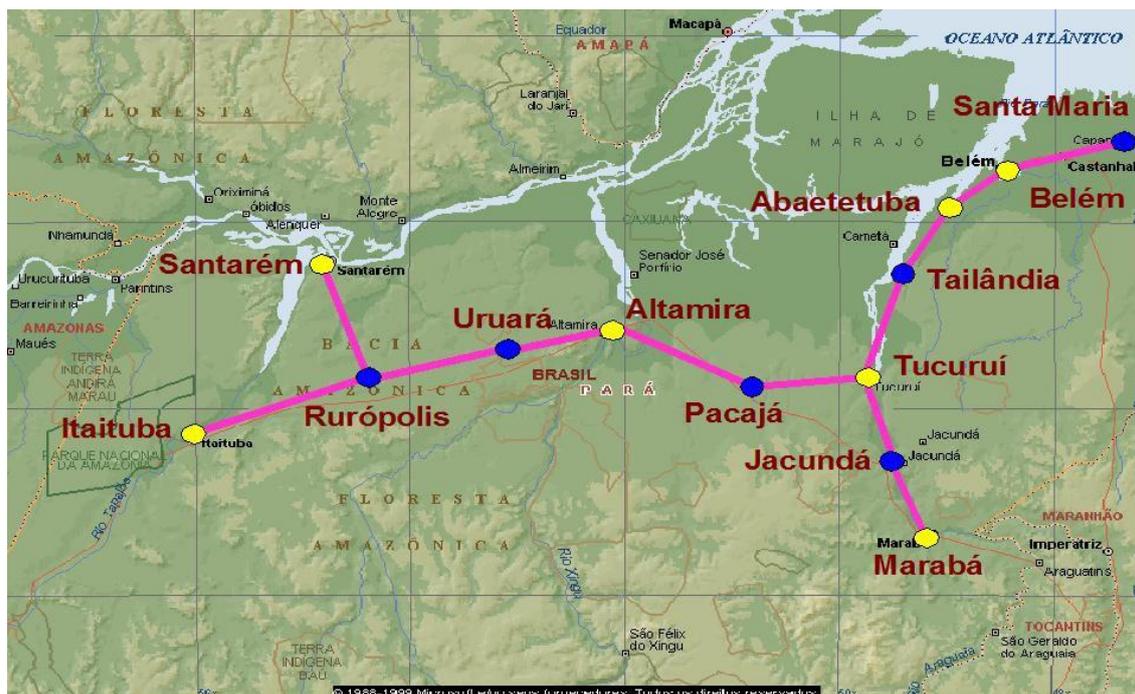
- 6 canais 2,5 Gbps (disponível para tráfego em geral).
- 1 canal 2,5 Gbps para transporte do SDH (STM-16)
- 1 canal 10 Gbps (disponível para tráfego em geral).

O sistema DWDM nas direções Tucuruí - Rurópolis terá uma capacidade final de 8 lambdas de 2,5 Gbps conforme descrito a seguir: (NAVEGAPARÁ, 2009).

- 7 canais 2,5 Gbps (disponível para tráfego em geral).
- 1 canal 2,5 Gbps para transporte do SDH (STM-16)

O sistema DWDM nas direções Rurópolis - Santarém e Rurópolis - Itaituba terá uma capacidade final de 5 lambdas de 2,5 Gbps conforme descrito a seguir: (NAVEGAPARÁ, 2009).

- 4 canais 2,5 Gbps (disponível para tráfego em geral).
- 1 canal 2,5 Gbps para transporte do SDH (STM-16)

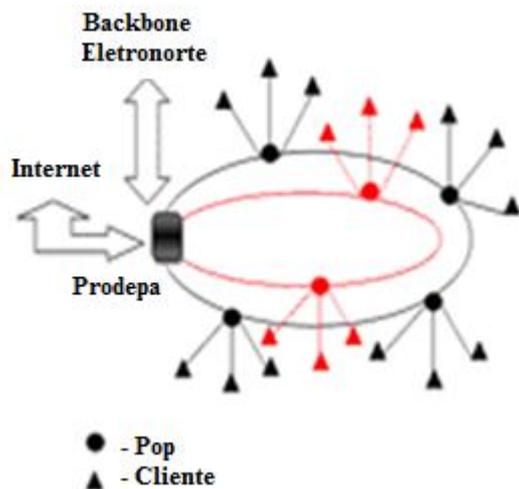


**Figura 4.4 – Infovias de acesso. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

A Rede Metropolitana de Belém (MetroBel) é uma rede de telecomunicações dedicada a pesquisa e educação que utiliza fibra óptica própria, capaz de prover diversos serviços à sociedade, tais como: telemedicina, EAD, videoconferência, Internet banda larga, telefonia sobre Internet, dentre outros. No seu projeto inicial, a MetroBel se estendia por cerca de 40 Km de fibra óptica, ligando instituições de ensino e pesquisa ao longo de sua área de abrangência. Com a entrada do Governo do Estado, esta rede foi expandida para atendimento de suas unidades nas áreas de saúde, educação e segurança. Essa ação possibilitará a entrada na MetroBel de várias unidades do Governo.

Na configuração dos pares disponíveis para o Governo do Estado, a topologia definida para o *backbone* central ficará composta de dois anéis, um interno atendendo

somente a região metropolitana e o outro externo atendendo a região metropolitana e a radial BR-316, conforme ilustrado pela Figura 4.5.



**Figura 4.5 – Backbone para utilização do Governo do Estado. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

A Figura 4.6 apresenta um mapa da cidade de Belém contendo a rede MetroBel originalmente instalada, contemplando instituições de ensino e pesquisa e fornecendo conectividade a velocidade de 1Gbps.



**Figura 4.6 – Rede MetroBel original. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

A Figura 4.7 apresenta o mesmo mapa da figura 4.5, entretanto, ilustra também a rede MetroBel após a entrada do Governo do Estado, tornando a rede cerca de 137 km maior, através do lançamento de cabos de fibra óptica.



**Figura 4.7 – Rede MetroBel com a entrada do Governo do Estado. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

Os Telecentros de Informação e Negócios do Pará são um ambiente físico conectado à Internet cujo objetivo é promover a inserção das microempresas e empresas de pequeno porte no mundo da Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs), mediante a oferta de cursos, treinamentos e acesso a diversos serviços, visando a inclusão digital, o aprendizado tecnológico e a melhoria do padrão de competitividade empresarial. Também estimula o empreendedorismo, o associativismo, o trabalho em rede e o comércio eletrônico, com objetivo de melhorar o ambiente de negócios, gerando emprego e renda. A Figura 4.8 ilustra um telecentro instalado no espaço São José Liberto, na cidade de Belém.



**Figura 4.8 – Telecentro na cidade de Belém. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

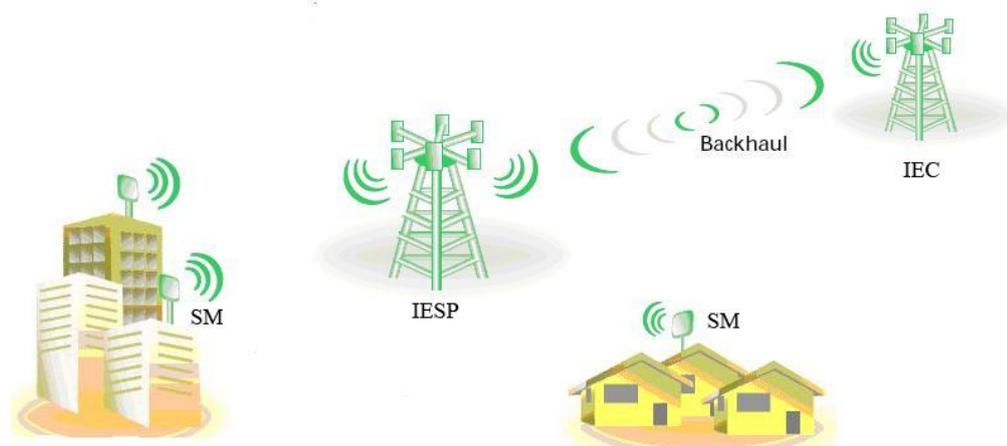
### 4.3 CENÁRIOS

Três cenários, distantes geograficamente e contemplando uma quantidade distinta de clientes, foram escolhidos para análise: (1) cidade de Marituba, distante aproximadamente 15 km da capital Belém, contendo 93.416 habitantes (senso IBGE, 2007), (2) cidade de Marabá, situada a aproximadamente 541 km da capital Belém, possuindo, segundo senso IBGE (2007), 196.468 habitantes e distante aproximadamente 20 km da subestação da ELETRONORTE, por onde passa o *backbone* da rede de alta velocidade e (3) cidade de Altamira há 740 km da capital, distante 10,38 km da subestação da ELETRONORTE, contendo 92.105 habitantes (senso IBGE, 2007).

Todos os custos apresentados neste trabalho, tanto de serviços quanto de equipamentos, foram cotados pela PRODEPA (Processamento de Dados do Pará) para aplicação no projeto NAVEGAPARÁ que ainda está em fase de execução durante a escrita desta dissertação.

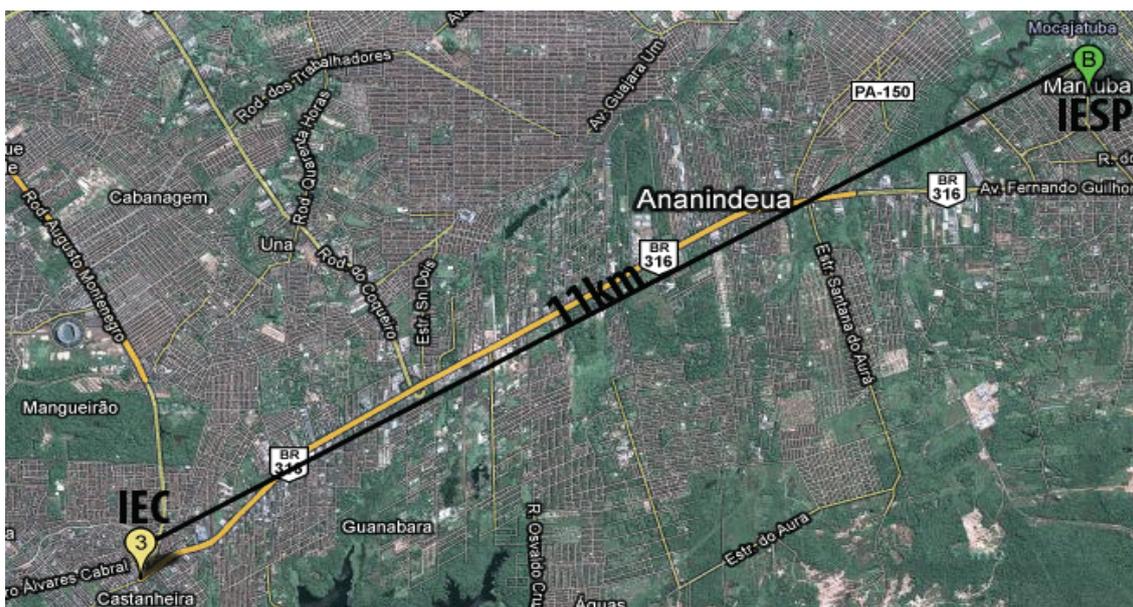
#### 4.3.1 Marituba

Na Figura 4.9 é ilustrado o primeiro cenário (cidade de Marituba) cujo objetivo é atender 35 clientes, formados basicamente por entidades governamentais e não governamentais localizadas em um raio de aproximadamente 3 km. WiMax é a tecnologia de transmissão por ondas de rádio utilizada. Este cenário utiliza a fibra óptica da MetroBel que chega no IEC (Instituto Evandro Chagas) e conecta uma torre instalada com um rádio para transmissão ponto-a-ponto entre o IEC e o IESP (Instituto de Ensino de Segurança Pública) localizado estrategicamente na cidade de Marituba. O IESP recebe o sinal através de uma torre também instalada com um rádio ponto-a-ponto (*backhaul*) e dissemina a informação através de um *cluster* de rádio. O *cluster* é o ponto central que se comunica com os pontos periféricos (usuários). O ponto central (*cluster*) é composto de seis módulos APs (*Access Points*), onde cada módulo é capaz de cobrir um setor de 60°, sendo necessário, portanto, seis módulos para cobrir um ângulo de 360°.



**Figura 4.9 – Cenário da cidade de Marituba.**

A figura 4.10 ilustra, através de foto de satélite, a distância entre o enlace banda larga ponto-a-ponto através das torres autoportantes do IEC e IESP.



**Figura 4.10 – Visada direta entre as torres do IEC e IESP.**

O ponto periférico (lado do cliente) recebe o sinal através de um módulo SM (*Subscriber Module*) que está conectado ao equipamento do cliente. A topologia utilizada é a ponto-multiponto. A Figura 4.11 ilustra esse modelo.



**Figura 4.11 – Topologia ponto-multiponto.**

A torre onde se encontra o *cluster* possui também um módulo de gerenciamento de *cluster* (CMM – *Cluster Management Module*) (Figura 4.12) responsável pela gerência dos mesmos.



**Figura 4.12 – CMM (*Cluster Management Module*). (Motorola Canopy)**

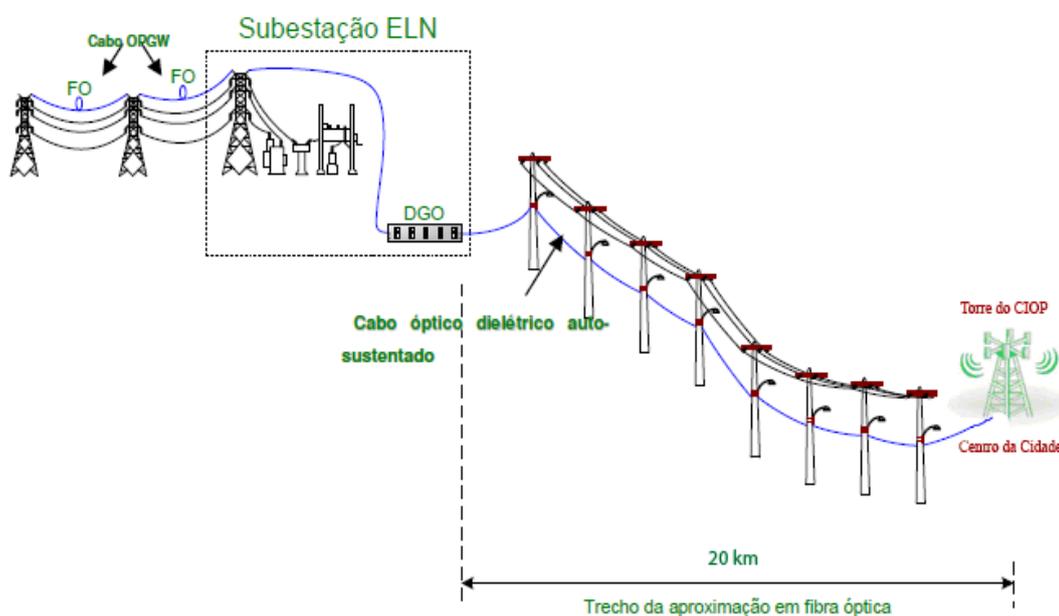
Neste município, é disponibilizado um equipamento (Figura 4.13) para a criação de zonas de acesso (*hot zones*) instalado em uma praça central fornecendo acesso móvel aos usuários nas proximidades da praça.



**Figura 4.13 – Instalação do *Hot Zone* na praça central de Marituba. (NAVEGAPARÁ, 2009)**

### 4.3.2 Marabá

O segundo cenário (cidade de Marabá) atende 81 clientes. O *backbone* da ELETRONORTE, por onde passa a rede de alta velocidade, está a aproximadamente 20 km do centro da cidade. É utilizado um link de fibra óptica (trecho de aproximação) interligando a subestação da Eletronorte ao CIOP (Centro Integrado de Operações) que contém uma torre autoportante de 80 metros onde ficará instalado o *cluster* de rádio (WiMax) como solução para última milha. Assim como no primeiro cenário, serão utilizados seis módulos APs para cobrir um ângulo de 360°. A Figura 4.14 ilustra esse cenário.



**Figura 4.14 – Cenário da cidade de Marabá.**

O lado cliente se comportará conforme descrito anteriormente no primeiro cenário, ou seja, receberá o sinal através de um módulo SM (*Subscriber Module*).

### 4.3.3 Altamira

A cidade de Altamira representa o terceiro cenário descrito por este trabalho. Este cenário possui 50 clientes. A rede montada neste cenário é similar a do cenário anterior (cidade de Marabá), ou seja, será utilizado um link de fibra óptica (trecho de

aproximação) interligando a subestação da ELETRONORTE ao Corpo de Bombeiros no centro da cidade. O *backbone* da ELETRONORTE está a 10,38 km do centro da cidade. Será utilizada uma torre autoportante de 80 metros onde ficará instalado o cluster de rádio (WiMax). Seis módulos APs também serão utilizados para cobrir um ângulo de 360°. O modelo de rede ilustrado pela Figura 4.14 também pode representar este cenário.

## 4.4 CUSTOS

Para implantação do circuito de dados banda larga nos municípios atingidos pelo NAVEGAPARÁ é necessário montar uma infraestrutura que suporte tais serviços. Alguns custos, tais como: equipamentos, instalação e manutenção da rede, fazem-se necessário.

### 4.4.1 Especificação de Custos com Infraestrutura

Os custos com infraestrutura relacionados para a utilização do circuito de dados através da concessionária estão agregados ao valor mensal pago pelo usuário para a manutenção do serviço, tais valores estão descritos no tópico 4.4.2 deste trabalho.

Para o programa NAVEGAPARÁ, três custos devem ser relacionados: o primeiro referente aos equipamentos utilizados, o segundo relacionado com os serviços de instalação e o terceiro referente a manutenção da rede. Os custos com os equipamentos utilizados em cada município, tais como: rádio ponto multiponto para formar o cluster cobrindo um ângulo de 360 graus de abrangência, em cada município serão necessários seis unidades, rádio ponto multiponto para cada cliente se conectar com o cluster, em cada município terá uma quantidade diferente baseada no número de clientes atendidos, rádio ponto a ponto para formar a conexão banda larga *backhaul* no município de Marituba, *racks*, *switches*, dentre outros, são descritos pelas três tabelas relacionadas abaixo (Tabela 4.1, Tabela 4.2 e Tabela 4.3). Os custos com o serviço de instalação do cluster em cada município, da fibra óptica como trecho de aproximação, também são descritos pelas três tabelas abaixo, já os custos com a manutenção da rede, são apresentados pelo tópico 4.4.2 deste trabalho.

**Tabela 4.1: Descrição dos equipamentos e serviços em Marituba.**

Item	Descrição do Serviço	Qtde	Valor Unit.(R\$)	VALOR(R\$)
1	Serviço de Instalação do Cluster	1	29.584,00	29.584,00
2	Serviços de Instalação da Fibra no IEC (MetroBel e Rádio)	1	7.545,86	7.545,86
<b>TOTAL SERVIÇO</b>				<b>R\$ 37.129,86</b>
Item	Descrição do Material	Qtde	Valor Unit. (R\$)	VALOR (R\$)
1	Radio ponto multiponto – SERVIDOR	6	5.523,00	33.138,00
2	Radio ponto multiponto – CLIENTE	35	3.344,00	117.040,00
3	Equipamento HotZone	1	17.000,00	17.000,00
4	Switch CMM-Micro	1	4.559,52	4.559,52
5	Rádio Ponto a Ponto Alvarion	2	8.583,33	17.166,66
6	Switch Extreme	1	15.886,00	15.886,00
7	Rack 19"	35	825,50	28.892,50
8	Swich 4 portas	35	119,00	4.165,00
9	Nobreak - 1.2 kva	35	477,00	16.695,00
10	Torre IESP	1	29.900,00	29.900,00
11	Torre IEC	1	29.950,00	29.950,00
<b>TOTAL MATERIAIS</b>				<b>R\$ 314.392,68</b>
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 351.522,54</b>

**Tabela 4.2: Descrição dos equipamentos e serviços em Marabá.**

Item	Descrição do Serviço	Qtde	Valor Unit.(R\$)	VALOR(R\$)
1	Lançamento de Cabos Ópticos	1	R\$ 79.192,80	R\$ 779.192,80
2	Instalação de clientes Motorola (inclui a instalação do cluster)	81	R\$ 1.800,00	R\$ 145.800,00
<b>TOTAL SERVIÇO</b>				<b>R\$ 924.992,80</b>
Item	Descrição do Material	Qtde	Valor Unit. (R\$)	VALOR (R\$)
1	Rádio Ponto- Multiponto – Módulo Servidor - Motorola	6	R\$ 3.750,00	R\$ 22.500,00
2	Módulo gerenciador de infraestrutura – Motorola	1	R\$ 2.905,00	R\$ 2.905,00
3	Cabo STP (em m)	540	R\$ 5,50	R\$ 2.970,00
4	Equipamento de Núcleo - Switch Gerenciável Tipo 2	1	R\$ 13.800,00	R\$ 13.800,00
5	Rack 19" - Tipo 2 (20U)	1	R\$ 600,60	R\$ 600,60
6	No-break Gerenciável	1	R\$ 5.065,00	R\$ 5.065,00
7	Rádio Ponto a Ponto com Antena Conectorizada - 40 Mbps	1	R\$ 18.500,00	R\$ 18.500,00
8	sala de telecomunicação	1	R\$ 75.000,00	R\$ 75.000,00
9	Equipamentos Centrais de Enlaces de Comunicações	1	R\$ 252.317,24	R\$ 252.317,24

Ópticas (WDM /SDH)				
10	Rádio Ponto- Multiponto – Módulo Cliente - Motorola	81	R\$ 1.200,00	R\$ 97.200,00
11	Cabo STP (em m)	3600	R\$ 5,50	R\$ 19.800,00
12	Switch gerenciável 4 portas	81	R\$ 83,50	R\$ 6.763,50
13	Rack 19" - Tipo 1(12U)	81	R\$ 450,00	R\$ 36.450,00
14	No-break Comum	81	R\$ 168,00	R\$ 13.608,00
<b>TOTAL MATERIAIS</b>				<b>R\$ 567.479,35</b>
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 1.492.472,14</b>

**Tabela 4.3: Descrição dos equipamentos e serviços em Altamira.**

Item	Descrição do Serviço	Qtde	Valor Unit.(R\$)	VALOR(R\$)
1	Lançamento de Cabos Ópticos	1	R\$ 261.069,57	R\$ 261.069,57
2	Instalação de clientes Motorola (inclui a instalação do cluster)	47	R\$ 2.000,00	R\$ 94.000,00
<b>TOTAL SERVIÇO</b>				<b>R\$ 355.069,57</b>
Item	Descrição do Material	Qtde	Valor Unit. (R\$)	VALOR (R\$)
1	Rádio Ponto- Multiponto – Módulo Servidor – Motorola	6	R\$ 3.750,00	R\$ 22.500,00
2	Módulo gerenciador de infraestrutura - Motorola	1	R\$ 2.905,00	R\$ 2.905,00
3	Cabo STP (em m)	540	R\$ 5,50	R\$ 2.970,00
4	Equipamento de Núcleo - Switch Gerenciável Tipo 2	1	R\$ 13.800,00	R\$ 13.800,00
5	Rack 19" - Tipo 2 (20U)	1	R\$ 600,60	R\$ 600,60
6	No-break Gerenciável	1	R\$ 5.065,00	R\$ 5.065,00
7	Rádio Ponto a Ponto com Antena Conectorizada - 40 Mbps	1	R\$ 18.500,00	R\$ 18.500,00
8	Torre Autoportante de 80 m	1	R\$ 323.793,00	R\$ 323.793,00
9	sala de telecomunicação	1	R\$ 75.000,00	R\$ 75.000,00
10	Equipamentos Centrais de Enlaces de Comunicações Ópticas (WDM /SDH)	1	545.768,34	R\$ 545.768,34
11	Rádio Ponto- Multiponto – Módulo Cliente – Motorola	47	R\$ 1.200,00	R\$ 56.400,00
12	Cabo STP (em m)	1900	R\$ 5,50	R\$ 10.450,00
13	Switch gerenciável 4 portas	47	R\$ 83,50	R\$ 3.924,50
14	Rack 19" - Tipo 1(12U)	47	R\$ 450,00	R\$ 21.150,00
15	No-break Comum	47	R\$ 168,00	R\$ 7.896,00
<b>TOTAL MATERIAIS</b>				<b>R\$ 1.110.722,44</b>
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 1.465.792,01</b>

#### 4.4.2 Especificação de Custos com a Manutenção da Rede

A Tabela 4.4 apresenta um comparativo dos valores por município para a manutenção da rede, atendidos pelo programa NAVEGAPARÁ. A tabela apresenta para cada município, o número de pontos atendidos, o valor mensal com a manutenção da rede para cada município e o valor por unidade atendida em cada município.

**Tabela 4.4 – Custos com a manutenção da rede.**

<b>Município</b>	<b>Nº de pontos atendidos</b>	<b>Valor mensal por município</b>	<b>Valor por unidade</b>
Marituba	35	R\$ 28.415,80	R\$ 811,88
Marabá	81	R\$ 60.251,23	R\$ 743,84
Altamira	47	R\$ 33.944,35	R\$ 722,22

A Tabela 4.5 abaixo apresenta os valores cobrados pela concessionária para locação de links de dados nos cenários descritos. Para efeito de comparação, foram cotados links de 512kbps, 1Mbps e 2Mbps.

**Tabela 4.5: Valores dos links nos três cenários.**

<b>Circuito de Dados (Concessionárias)</b>			
<b>Velocidade</b>	<b>Marituba</b>	<b>Marabá</b>	<b>Altamira</b>
512 Kbps	R\$ 1.560,36	R\$ 23.841,59	R\$ 16.373,87
1 Mbps	R\$ 2.469,11	R\$ 43.906,45	R\$ 30.143,84
2 Mbps	R\$ 5.184,20	R\$ 84.701,92	R\$ 58.140,66

#### 4.5 Análise Comparativa

Para análise dos dados, duas abordagens foram utilizadas: a primeira relaciona o custo mensal fixo do bit entre o programa NAVEGAPARÁ e a solução disponível pelas concessionárias e, a segunda, relaciona o período (em meses) de retorno do investimento do programa NAVEGAPARÁ, comparado aos valores cobrados pelas concessionárias.

O custo por bit disponível para cada cliente depende de algumas variáveis, tais como: custo de implantação, valor para a manutenção da rede, taxa de transmissão concedida, bem como a quantidade de clientes atendidos.

Na primeira análise, achamos o custo mensal fixo do bit, tanto do NAVEGAPARÁ quanto das concessionárias que atendem tais municípios, para um ano (prazo contratual típico) de utilização do serviço. Para cálculo do custo do bit do NAVEGAPARÁ, tem-se a seguinte equação:

$$CB = (CIu + CM) / (CR * NC * 1000000)$$

Onde:

CB = Custo do Bit (em R\$)

CIu = Custo de Instalação (em R\$)

CM = Custo de Manutenção (em R\$)

CR = Capacidade da Rede (em Mbps)

NC = Número de Clientes

1000000 = Valor para a conversão de Mbps para bps

O Custo de Instalação é calculado de acordo com o intervalo de tempo analisado, de acordo com a equação abaixo:

$$CIu = CI / n$$

Onde:

n = Intervalo de tempo analisado

Exemplo:

Em Marituba, temos 35 clientes e o custo final com equipamentos/instalação foi de R\$ 351.522,54. Para o intervalo de tempo de doze meses (um ano), temos:

$$CI = 351.522,54 / 12$$

$$CI = 29.293,54$$

Para um ano, temos o valor de R\$ 29.293,54 por mês. O custo com a manutenção da rede foi cotado em R\$ 28.415,80 mensal e a capacidade da rede 1 Mbps. Aplicando a fórmula, temos:

$$CB = (29.293,54 + 28.415,80) / (1 * 35 * 1000000)$$

$$CB = 0,00164$$

Como resultado, temos o valor do bit em R\$ 0,00164 em um ano. Para efeito de representação monetária, utilizaremos como notação 1kbps ao invés de 1bps, portanto, para os valores acima teríamos o custo de R\$ 1,64 (um real e sessenta e quatro centavos) um quilo bits por segundo.

A Tabela 4.6 apresenta a relação de custo por quilo bit do NAVEGAPARÁ para o primeiro ano de uso da tecnologia, enquanto a Tabela 4.7 apresenta o custo mensal por quilo bit contratado das concessionárias. Os valores apresentados são para cada cliente nos três cenários analisados e com taxas de 1 e 2Mbps.

**Tabela 4.6: Custo do quilo bit NAVEGAPARÁ em um ano .**

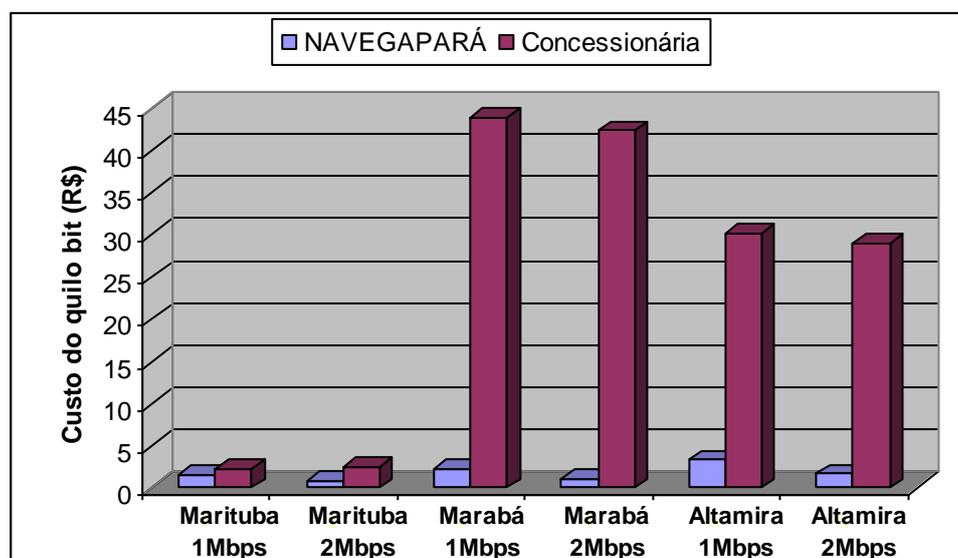
Cenário	Velocidade	Valor por cliente	Valor por kbps mensal
Marituba	1Mbps	R\$ 1.648,83	R\$ 1,64
	2Mbps	R\$ 824,41	R\$ 0,82
Marabá	1Mbps	R \$ 2.279,30	R\$ 2,28
	2Mbps	R\$ 1.139,65	R\$ 1,14
Altamira	1Mbps	R\$ 3.321,14	R\$ 3,32
	2Mbps	R\$ 1.660,57	R\$ 1,66

**Tabela 4.7: Custo do quilo bit pela concessionária em um ano.**

Cenário	Velocidade	Valor por cliente	Valor por kbps mensal
---------	------------	-------------------	-----------------------

Marituba	1Mbps	R\$ 2.469,11	R\$ 2,47
	2Mbps	R\$ 5.184,20	R\$ 2,59
Marabá	1Mbps	R \$ 43.906,45	R\$ 43,90
	2Mbps	R\$ 84.701,92	R\$ 42,35
Altamira	1Mbps	R\$ 30.143,84	R\$ 30,14
	2Mbps	R\$ 58.140,66	R\$ 29,07

O gráfico da Figura 4.15 ilustra um comparativo do valor do quilo bit em um ano para cada um dos três cenários analisados. Em todos os cenários, o valor do quilo bit do NAVEGAPARÁ é inferior ao cobrado pelas concessionárias. Podemos verificar também, que os cenários mais distantes da capital, Altamira e Marabá, tiveram o custo do bit mais elevado, principalmente devido a pouca infraestrutura existente nestas localidades tendo, inclusive, que utilizar satélite, provido pela concessionária, para viabilizar a comunicação.



**Figura 4.15 – Comparativo do custo do quilo bit em um ano.**

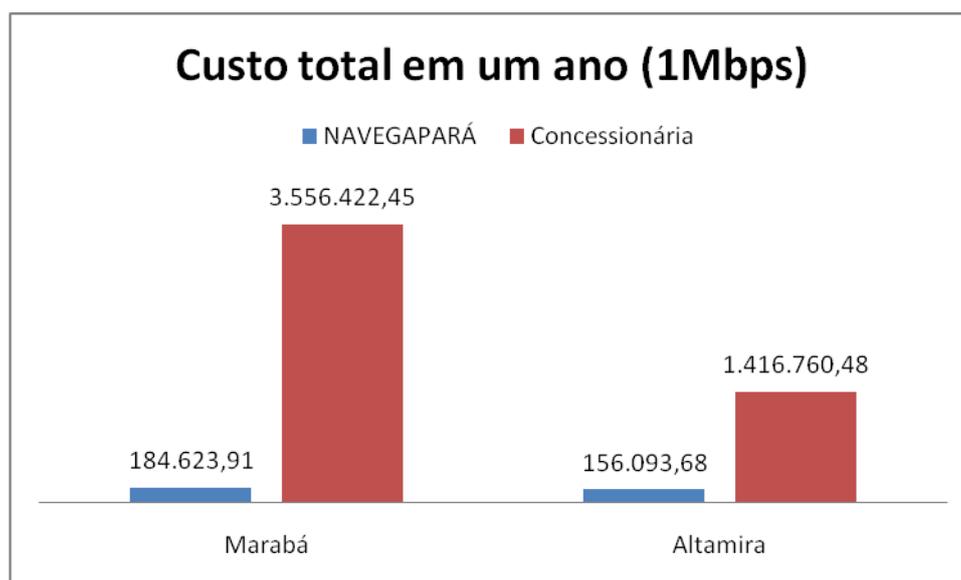
Cada cenário possui um número distinto de clientes atendidos. A Tabela 4.8 apresenta um comparativo do valor total gasto em um ano, para atender o mesmo número de clientes em cada cenário e com diferentes taxas.

**Tabela 4.8 – Comparativo do valor total de investimento.**

Cenário	NClientes	Velocidade	Valor	Valor
---------	-----------	------------	-------	-------

			NAVEGAPARÁ	Concessionária
Marituba	35	1Mbps	R\$ 57.709,34	R\$ 86.418,85
		2Mbps	R\$ 28.854,67	R\$ 181.447,00
Marabá	81	1Mbps	R\$ 184.623,91	R\$ 3.556.422,45
		2Mbps	R\$ 92.311,95	R\$ 6.860.855,52
Altamira	47	1Mbps	R\$ 156.093,68	R\$ 1.416.760,48
		2Mbps	R\$ 78.046,84	R\$ 2.732.611,02

Um dos fatores responsáveis pela expansibilidade de um projeto é o tamanho do investimento realizado. O gráfico da Figura 4.16 mostra a margem de expansão do programa NAVEGAPARÁ comparado com as concessionárias nos cenários de Marabá e Altamira para uma taxa de 1Mbps. A diferença de investimento, para o mesmo número de clientes, torna-se ainda mais acentuada quando aumentamos a taxa para 2Mbps, conforme valores apresentados pela Tabela 4.8.



**Figura 4.16 – Custo total em um ano contemplando o mesmo número de clientes.**

Com o mesmo valor investido através das concessionárias, o programa NAVEGAPARÁ é capaz de atender aproximadamente 1560 clientes, ao invés de 81 clientes, no cenário de Marabá e, aproximadamente 430 clientes, ao invés de 47 clientes, no cenário de Altamira, ambos para uma taxa de 1 Mbps. Tais valores foram obtidos utilizando os dados da Tabela 4.8.

A segunda análise tem como objetivo apresentar em quanto tempo (meses) acontecerá o retorno do investimento do NAVEGAPARÁ comparado às concessionárias. Para esta análise, foi utilizada a mesma equação anterior, entretanto, os custos foram avaliados mês a mês.

A Tabela 4.9 apresenta o custo do quilo bit do NAVEGAPARÁ para cada cenário em um, seis e doze meses de utilização do serviço.

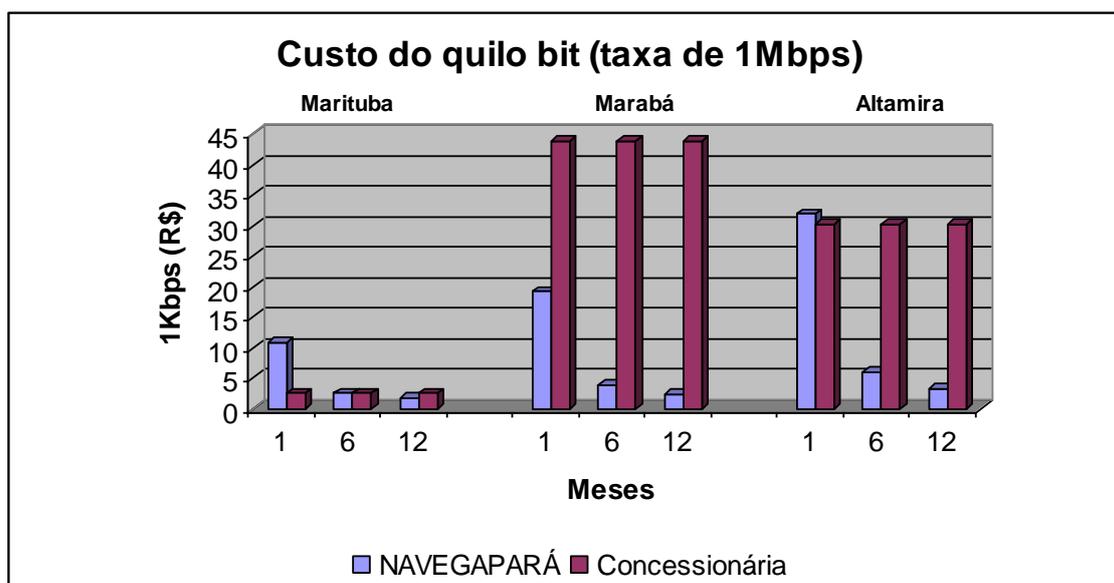
**Tabela 4.9: Custo do quilo bit NAVEGAPARÁ nos três cenários com diferentes taxas.**

Município	No. Clientes	Taxa	Período	Custo total	Custo do bit (1 Kbps)
Marituba	35	1 Mbps	Um mês	379.938,34	10,85
			Seis meses	87.002,89	2,48
			Doze meses	57.709,34	1,64
		2 Mbps	Um mês	379.938,34	5,43
			Seis meses	87.002,89	1,24
			Doze meses	57.709,34	0,82
Marabá	81	1 Mbps	Um mês	1.552.723,37	19,17
			Seis meses	308.996,59	3,81
			Doze meses	184.623,91	2,28
		2 Mbps	Um mês	1.552.723,37	9,58
			Seis meses	308.996,59	1,91
			Doze meses	184.623,91	1,14
Altamira	47	1 Mbps	Um mês	1.499.736,36	31,90
			Seis meses	278.243,02	5,92
			Doze meses	156.093,68	3,32
		2 Mbps	Um mês	1.499.736,36	15,95
			Seis meses	278.243,02	2,96
			Doze meses	156.093,68	1,66

Ambos os gráficos abaixo (Figuras 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21) mostram que o retorno do investimento do NAVEGAPARÁ se dá em curtíssimo prazo, comparado com os valores do serviço prestado pela concessionária naquela região, devido aos altos custos cobrados pelo circuito de dados, principalmente nos municípios mais distantes que precisam de satélite para a comunicação. Em alguns casos, desde o primeiro mês o

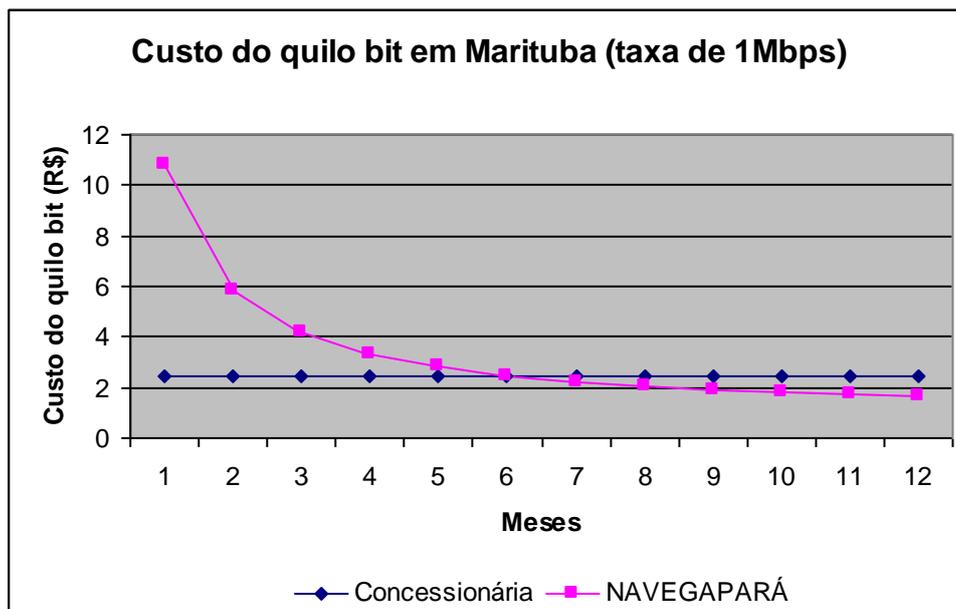
custo do bit NAVEGAPARÁ ficou abaixo do valor cobrado pela concessionária, mesmo mediante os investimentos feitos no município.

O gráfico da Figura 4.17, ilustra um resumo do custo real do quilo bit para uma taxa de 1Mbps nos três cenários analisados em um, seis e doze meses de uso da tecnologia. Percebe-se pelo gráfico que em Marabá, por exemplo, o custo do bit NAVEGAPARÁ é sempre menor que o da concessionária, ou seja, desde o primeiro mês justifica-se o investimento, pois o retorno ocorre de forma imediata.



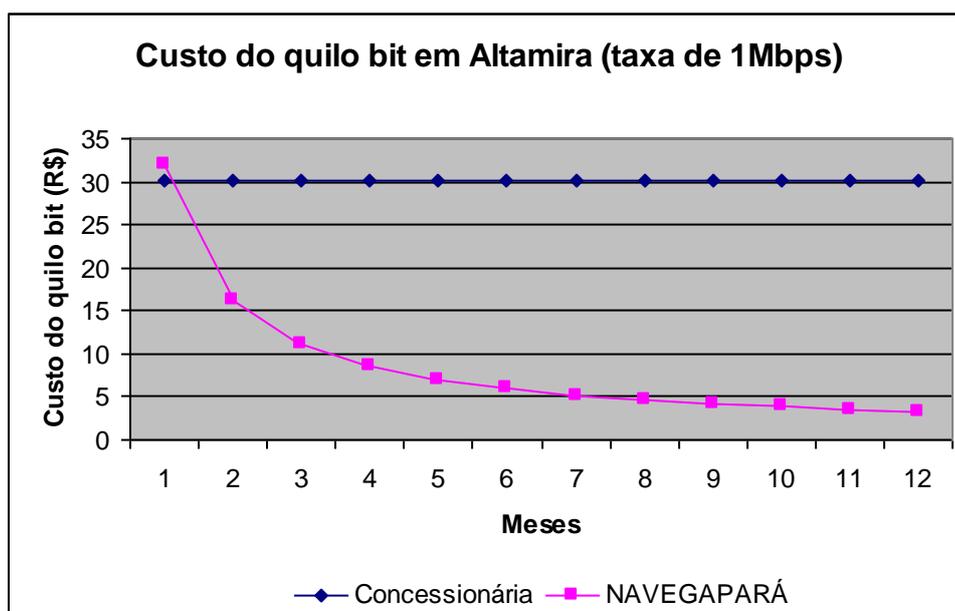
**Figura 4.17 – Comparativo do custo do quilo bit para uma taxa de 1Mbps.**

Em Marituba, o retorno do investimento se dá a partir do sexto mês de utilização do serviço, conforme ilustrado pelo gráfico da Figura 4.18. No sexto mês, temos o custo do quilo bit em R\$ 2,48 no NAVEGAPARÁ e R\$ 2,47 pela concessionária, ou seja, a partir do sexto mês, o custo do bit NAVEGAPARÁ torna-se menor que o custo do bit da concessionária.



**Figura 4.18 – Comparativo mensal do custo do quilo bit em Marituba para uma taxa de 1Mbps.**

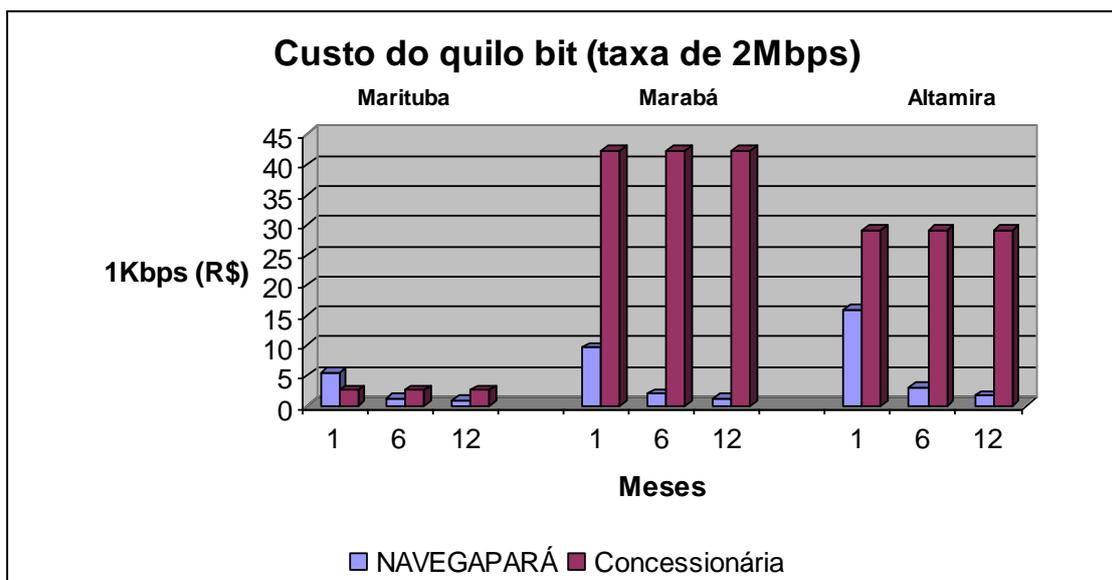
Já em Altamira, temos o custo inicial do quilo bit (primeiro mês) do NAVEGAPARÁ em R\$ 31,90 contra R\$ 30,14 da concessionária, ou seja, apenas no primeiro mês o custo do bit NAVEGAPARÁ é um pouco superior ao da concessionária. O gráfico da Figura 4.19 apresenta um comparativo mensal do custo do quilo bit em Altamira para uma taxa de 1Mbps.



**Figura 4.19 - Comparativo mensal do custo do quilo bit em Altamira para uma taxa de 1Mbps.**

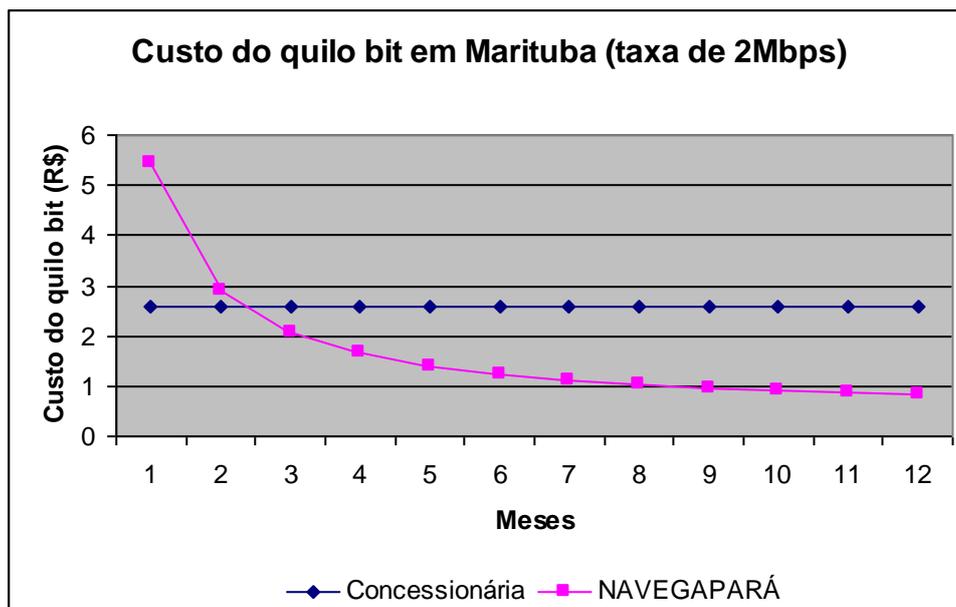
Os valores obtidos para a taxa de 1Mbps, variaram devido principalmente a distância do local de implantação, ou seja, quanto mais distante o município, maior será o preço do bit cobrado pela concessionária, devido a necessidade de alocação de banda de satélite para a comunicação e, pelo NAVEGAPARÁ, a infraestrutura necessária é o fator mais impactante que define o preço do bit.

O gráfico da Figura 4.20 apresenta um resumo do custo real do quilo bit para uma taxa de 2Mbps nos três cenários analisados em um, seis e doze meses. O gráfico mostra que em Marabá e Altamira o custo do bit pela concessionária é sempre maior, desde o primeiro mês, comparado ao valor do custo do bit pelo NAVEGAPARÁ. Apenas em Marituba, o custo do bit NAVEGAPARÁ teve um valor inicial superior ao da concessionária.



**Figura 4.20 - Comparativo do custo do quilo bit para uma taxa de 2Mbps**

Em Marituba, apenas nos dois primeiros meses o custo do bit NAVEGAPARÁ é superior ao da concessionária, ficando próximo a três reais no segundo mês. O gráfico da Figura 4.21, ilustra um comparativo do custo do quilo bit mensal em Marituba, durante um ano, para uma taxa de 2Mbps.



**Figura 4.21 – Comparativo mensal do custo do quilo bit em Marituba para uma taxa de 2Mbps.**

Para a taxa de 2Mbps, a infraestrutura do NAVEGAPARÁ permanece a mesma, portanto, o preço do bit cai pela metade, enquanto pela concessionária, o valor do circuito de dados é maior para uma taxa de 2Mbps, acentuando ainda mais a diferença entre o preço do bit.

#### 4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou um estudo de análise econômica baseado no custo do bit para transmissão banda larga em três cenários reais e distintos dentro do Estado do Pará. Foi utilizada para análise a proposta de tecnologias de última milha conjuntamente com a infraestrutura existente tanto nas localidades atingidas quanto pelo investimento realizado pelo Governo do Estado do Pará, através do programa NAVEGAPARÁ.

Foram descritos três cenários reais para análise. Os valores obtidos em cada cenário foram confrontados com os valores dos serviços prestados pelas concessionárias prestadoras dos serviços naquela localidade.

Os resultados obtidos justificam o investimento do NAVEGAPARÁ realizado nos três cenários, mostrando o retorno dos investimentos em curtíssimo prazo, inclusive,

em alguns casos, o retorno se dá de forma imediata (desde o primeiro mês), como é o caso da cidade de Marabá utilizando um circuito de dados de 1Mbps, ilustrado pelo gráfico da Figura 4.17.

## 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões gerais obtidas com o trabalho, suas contribuições, as dificuldades encontradas durante o seu desenvolvimento e algumas sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 CONCLUSÕES GERAIS

Avaliar o desempenho de sistemas através de algumas métricas específicas para tal, forma o cerne de vários trabalhos disponíveis na literatura, entretanto, em se tratando de redes de computadores, apenas esse estudo não é o suficiente para convalidar a aplicabilidade para adoção de determinada solução. Todavia, outros fatores devem ser levados em consideração na elaboração de um projeto. O fator econômico também se faz presente, relacionando os custos e benefícios de várias soluções existentes, levando em consideração alguns parâmetros, tais como: especificidades locais, infraestrutura existente, distância dos usuários, velocidade, dentre outros.

O objetivo deste trabalho foi apresentar um estudo de viabilidade econômica demonstrando o custo real do bit pago por um usuário em detrimento de algumas soluções disponíveis. O estudo foi baseado em três cenários reais localizados no Estado do Pará.

Os resultados obtidos por este trabalho demonstram a viabilidade do projeto NAVGAPARÁ em todos os cenários analisados, apesar do alto investimento, fazendo com que o retorno desse investimento ocorresse em curtíssimo prazo, em alguns casos de forma imediata.

A utilização do NAVGAPARÁ torna possível atingir uma quantidade significativa a mais de clientes com o mesmo investimento realizado através das

concessionárias, conforme ilustrado pelo gráfico da Figura 4.16, mostrando, dessa forma, a importância do programa para o desenvolvimento econômico e social do Estado do Pará.

Para que o projeto NAVEGAPARÁ fosse viável, algumas parcerias foram firmadas, tais como a utilização do *backbone* da ELETRONORTE e da utilização da rede de telecomunicações da MetroBel (Rede Metropolitana de Belém), dentre outros.

## 5.2 CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO

- Levantamento do estado da arte das tecnologias de acesso.
- Levantamento de trabalhos relevantes relacionado ao escopo desta dissertação (correlatos).
- Análise econômica relacionada ao custo final do bit para implantação de tecnologias de acesso em três cenários reais localizados dentro do Estado do Pará.

## 5.3 ARTIGOS PUBLICADOS NO GRUPO DE ESTUDOS

- A publicação dos artigos listados abaixo, como forma de divulgação à comunidade da pesquisa realizada e de seus resultados:
  - SERUFFO, M. C. R.; LISBOA, Diego; SOUZA, Lamartine; SILVA, Marcelino; RUSSILLO, Dário; CASTRO, Agostinho; FRANCÊS, Carlos; COSTA, João; RIU, Jaume. *Triple Play sobre ADSL2+ na Região Amazônica: Um Estudo de Caso envolvendo Experimentações e Simulações*. In: XXXIV Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2007), 2007, Rio de Janeiro.
  - CARDOSO, Diego Lisboa; SERUFFO, M.; SOUZA, Lamartine V; FRANCÊS, C. R. L.; RUSSILO, Dário; COSTA, João Crisóstomo Weyl Albuquerque. *Avaliação de Desempenho de Tráfego IPTV sobre pDSL - Uma Abordagem baseada em Aferição*. In: XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT'07), 2007, Recife-PE. Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT'07), 2007.

- SOUZA, Lamartine; LISBOA, Diego; SILVA, Marcelino; SERUFFO, Marcos; RUSSILLO, Dário; COSTA, João; FRANCÊS, Carlos; CASTRO, Agostinho; CAVALCANTE, Gervásio; RIU, Jaume. *Impact of non-stationary noise on xDSL systems: an experimental analysis*. Proceedings of SPIE – Noise and Fluctuations in Photonics, Quantum Opti 80 Communications, Leon Cohen, Editors, 66030G, 2007.

## 5.4 DIFICULDADES ENCONTRADAS

As principais dificuldades encontradas para a realização deste trabalho dizem respeito ao material para coleta de dados que não é encontrado corriqueiramente em literaturas da área, bem como as especificações de equipamentos e coleta de preço que foram baseados em tomadas de preço pela PRODEPA para a utilização em projetos similares ao escopo deste trabalho, sendo necessária a constante consulta a técnicos e pessoas envolvidas diretamente em tais projetos.

## 5.5 TRABALHOS FUTUROS

Alguns trabalhos futuros podem ser associados a esta dissertação, destacam-se: análise econômica de algumas aplicações, tais como VoIP, para implantação no programa NAVEGAPARÁ; avaliação de desempenho com métricas específicas para tal (atraso, jítter, probabilidade de bloqueio, etc.) de aplicações como VoIP ou IPTV nos mesmos cenários analisados neste trabalho; avaliação, tanto econômica quanto de desempenho, de outras tecnologias de acesso como pDSL nos cenários atendidos pelo NAVEGAPARÁ; estudo de aspectos de segurança associados às tecnologias de acesso utilizadas, dentre outros. Estes são alguns exemplos que podem ser explorados e que complementam o estudo desenvolvido nesta dissertação.

## REFERÊNCIAS

ANASTASIADOU, D.; ANTONAKOPOULOS, T. Broadband Communications in the Indoor Power Line Environment: The pDSL Concept. n Proc. ISPLC'04, Zaragoza, Spain 2004.

ARENAS, D.; CALDAS, C.; RAIMUNDO, C.; VARGAS, S.; HOSTOS, L. Challenges to expanding Fixed Broadband Services in Latin America, White Paper, Alcatel Telecommunications. September 2006.

BERNAL, Paulo S. M.; FALBRIARD, Claude. **Redes Banda Larga**. São Paulo: Érica, 2002.

CARDOSO, Diego Lisboa; SERUFFO, M.; SOUZA, Lamartine V; FRANCÊS, C. R. L.; RUSSILO, Dário; COSTA, João Crisóstomo Weyl Albuquerque. Avaliação de Desempenho de Tráfego IPTV sobre pDSL - Uma Abordagem baseada em Aferição. In: XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT'07), 2007, Recife-PE. Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT'07), 2007.

CARVALHO, Raniere N.; REGGIANI, Atilio E.; BARROS, Miriam X. Tendências de Mercado para o Fornecimento de Acessos de Banda Larga – FTTX/GPON. In: InfoBrasil 2009, 2009, Fortaleza-CE.

COMER, Douglas E. **Redes de Computadores e Internet**; trad. Marinho Barcellos. – 2ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

DANTAS, Mario. **Tecnologias de Redes de Comunicação e Computadores**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.

FAUDON, V.; VLEESCHAUWER, D.; FESTRAETS, E.; ROSS, P. End-User Services for Broadband uptake in High-Growth Economies, White Paper, Alcatel Telecommunications. September 2006.

GUTIERREZ D.; TORRES L. M.; BLASCO F.; CARRERAS J.; RIVIERO J. C. In-Home PLC Ready for Triple Play.

HAYKIN, Simon. **Communications Systems – 4th ed**. New York: John Wiley & Sons, 2000.

HU J.; QIAN D.; YANG H.; WANG T.; WEINSTEIN S. Triple Play Serviços over a Converged Optical/Wireless Network.

IEEE Std. 802.11. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, 1999.

IEEE 802.11g White Paper, The New Mainstream Wireless LAN Standard, 2003.

IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. <<http://www.ieee802.org/11/>>. Acesso em: 07 set. 2007.

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT. Estatísticas sobre Inclusão Digital. Disponível em: <[http://inclusao.ibict.br/mid/midnovo/mid\\_estatisticas.php](http://inclusao.ibict.br/mid/midnovo/mid_estatisticas.php)>. Acesso em: 15 maio 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Acesso à Internet e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal 2008. Rio de Janeiro, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Senso Demográfico de 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/popmunic2007layoutTCU14112007.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2008.

INTEL. Disponível em <[http://www.intel.com/standards/case/pix/wimax\\_illus.gif](http://www.intel.com/standards/case/pix/wimax_illus.gif)>. Acesso em: 10 abr. 2008.

ITU-T Recommendation G.992.1 (1999) Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers. June 1999. 256p.

ITU-T Recommendation G.992.5. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+). January 2005. 110p.

KIM, Jonghwa et al. Is HAPS Viable for the Next-Generation Telecommunication Platform in Korea?, White Paper, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2008, Article ID 596383.

LAGE, Luíza B.; OLIVEIRA, Maria C. A. Estudo de uma Rede de Acesso via Fibra Óptica. Projeto Final de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

LANNOO, Bart et al. Economic Feasibility Study of a Mobile WiMAX Rollout in Belgium: Sensitivity Analysis and Real Options Thinking, White Paper, Belgium. December, 2007.

LANNOO, Bart et al. Evolution of Access Networks: FTTH and WiMAX, White Paper, 2007.

LIMA, Luciana S.; SOARES, Luiz F. G.; ENDLER, Markus. WiMax: Padrão IEEE 802.16 para Banda Larga sem Fio. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

MADERA. Voice, Video and Data Transmission over Electrical Supply Networks. PLC (Power Line Communications): A Last Mile Alternative for Venezuela.

MAJUMDER, A.; CAFFREY, J. Power Line Communications: An Overview. IEEE Potentials, vol.23, pg 4-13, october/november 2004.

MATTOS, Fernando A. M.; CHAGAS, Gleison J. N. Desafios para a Inclusão Digital no Brasil. Perspectivas em Ciência da Informação, vol. 13, n.1, pg 67-94, jan./abr. 2008.

Motorola Canopy Wireless Point to Point Solutions, PTP 100, PTP 300, PTP 400, PTP 500, PTP 600, PTP. <[http://www.gnswireless.com/Motorola\\_Canopy.htm](http://www.gnswireless.com/Motorola_Canopy.htm)>. Acesso em: 15 jun. 2009.

NAVEGAPARÁ. <<http://www.navegapara.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

NETO, Calixto S.; CARVALHO, José O. F. O programa de inclusão digital do governo brasileiro: Análise sob a perspectiva da interseção entre ciência da informação e interação humano computador. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, vol. 5, n. 2, pg 25-52, jul./dez. 2007 – ISSN: 1678-765X.

NTULI, S. et al. Powerline Networking as an Alternative Networking Solution: a South African experience. In: 2006 IEEE Power India Conference, 2006, New Delhi, Índia.

OLSEN, B.; KATSIANIS, D.; VAROUTAS, D.; STORDAHL, K.; HARNO, J.; ELNEGAARD, N.; WELLING, I.; LOIZILLON, F.; MONATH, T.; CADRO, P. Technoeconomic Evaluation of the Major Telecommunication Investment Options for European Players, IEEE Network, vol. 20, issue 4, pp.6-15, July/August 2006.

PAGANI, M. **Multimedia and Interactive Digital TV: managing the opportunities created by digital convergence**. IRM Press, 2003.

RETNASOTHIE F.; OZDEMIR M.; YIICEKTT T.; CELEBITT H.; ZHANG J.; MUTHTHAIAH R. Wireless IPTV over WiMAX: Challenges and Applications.

SHI Y. T.; BONNIN J. M.; STRAUB G. QoS issues in Wi-Fi-WMM based Triple Play Home Networks.

SERUFFO, M. C. R.; LISBOA, Diego; SOUZA, Lamartine; SILVA, Marcelino; RUSSILLO, Dário; CASTRO, Agostinho; Francês, Carlos; Costa, João; Riu, Jaume. Triple Play sobre ADSL2+ na Região Amazônica: Um Estudo de Caso envolvendo Experimentações e Simulações. In: XXXIV Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2007), 2007, Rio de Janeiro.

SILVA, Mônica F; CÂMARA, Jeferson, ABELÉM, Antônio J. G., STANTON, Michael A. Redes Sem Fio Metropolitanas Baseadas No Padrão 802.16: Um Estudo de Caso Para Belém-PA. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. São Leopoldo, 2005.

SILVA, M. S. Estudo de Viabilidade da Tecnologia Powerline Communication para Inclusão Digital. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará. Belém, 2006.

SOUZA, Lamartine; LISBOA, Diego; SILVA, Marcelino; SERUFFO, Marcos; RUSSILLO, Dário; COSTA, João; FRANCÊS, Carlos; CASTRO, Agostinho;

CAVALCANTE, Gervásio; RIU, Jaume. Impact of non-stationary noise on xDSL systems: an experimental analysis. Proceedings of SPIE – Noise and Fluctuations in Photonics, Quantum Optics, and Communications, Leon Cohen, Editors, 66030G, 2007.

VERBRUGGE, Sofie et al. Issues in Techno-economic evaluation of VDSL/FTTH access networks roll-out, White Paper, 12<sup>th</sup> European Conference on Networks and Optical Communications – NOC 2007.