

CIDADE DIGITAL (TECNOLOGIA GPON)

*Aluno: Fábio Banda Roland
Professor: Edgar Bortolini*

Resumo

Objetivo: Descrever as características de um projeto de Cidade Digital, utilizando a tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network) para o município de Dois Irmãos no Rio Grande do Sul, visando a otimização dos recursos do próprio município, promovendo serviços públicos de alta qualidade, desempenho e inovação, comparando com as tecnologias comumente utilizadas.

Resultados e discussões: Aborda o investimento, vantagens e desvantagens de um projeto desse porte com o uso da tecnologia GPON.

Conclusão: Descreve a experiência em desenvolvimento de projetos de Cidades Digitais, bem como suas implementações, comprovando experiência no detalhamento e especificação do assunto.

Palavras-chave: Cidade Digital; Tecnologia; GPON.

DIGITAL CITY (TECHNOLOGY GPON)

*Student: Fábio Banda Roland
Professor: Edgar Bortolini*

Abstract

Objective: To describe the characteristics of a Digital City project, using GPON (Gigabit Passive Optical Network) for the Two Brothers in the municipality of Rio Grande do Sul in order to optimize the resources of the municipality itself, promoting high quality public services, performance and innovation, compared with commonly used technologies.

Results and discussion:

Covers the investment advantages and disadvantages of a project Of this size with the use of GPON.

Conclusion: Describes the experience in project development of Digital Cities, as well as their implementations, demonstrating experience in detailing and specifying the subject.

Key-words: Digital City; Technology; GPON.

1. INTRODUÇÃO

Desde o final do século XIX, as comunicações têm provocado revoluções periódicas no “modus operandi”, ou seja, o modo de operação da sociedade moderna, as quais têm crescido enormemente, mantendo a sociedade atual em um estado de constante revolução tecnológica [1].

Atualmente, o conceito de Cidade Digital vem sendo muito divulgado através das mídias sociais. Trata-se de uma cidade equipada com infraestrutura de telecomunicações focada na transmissão de voz, dados e imagem, que interconecta todas as unidades da esfera da administração pública municipal, agregando diversos produtos e serviços, promovendo melhorias com a aplicação de tecnologia de ponta.

Essa infraestrutura consiste em uma rede mista, composta por meios de transmissão utilizando fibra ótica e rádio frequência. Através de soluções tecnológicas de última geração na indústria de telecomunicações, são disponibilizadas aplicações mais diversificadas e sofisticadas, como, por exemplo, acesso a dados, internet, voz sobre IP (VoIP), videoconferência, tele-medicina, plataforma de e-Gov, imagens de TV privada, câmeras de vídeo para monitoramento urbano, imagens de monitoramento e segurança patrimonial através de um sistema integrado de alta capacidade baseado na utilização da tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network) através de protocolos TCP/IP. Segundo estimativas (HOWARD,2005), a demanda por largura de banda apresenta um crescimento anual superior a 50% nos últimos anos, o que se justifica o investimento nesta tecnologia.

O objetivo principal deste trabalho é promover solução tecnológica por meio de tecnologia de rede ótica passiva a Gigabit, visando a otimização do backbone de fibra ótica, bem como a redução dos custos para o município, quando comparada com as tecnologias utilizadas atualmente, interligando todas as pessoas por meio desta tecnologia aos serviços públicos e ao mundo.

Portanto, faz-se necessário a realização de estudos para avaliar a viabilidade técnica e econômica desta solução proposta.

A partir do que foi descrito, justifica-se a necessidade desta pesquisa, para que se discuta com bases científicas a importância da implementação desta tecnologia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cidade Digital

Em termos técnicos, uma CIDADE DIGITAL é a interconexão de órgãos públicos e diversas entidades, bem como postos de saúde, escolas municipais, secretarias e entre outras, modernizando e solucionando problemas de comunicação. Ampliar e investir nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) é visto, hoje, como uma tarefa primordial do setor público, para que haja o aumento de eficiência na prestação de serviços aos cidadãos (INITEC, INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO E PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2008).

Cidades Digitais são pessoas, sistemas e instituições que permanecem conectadas a uma infraestrutura de comunicação digital que servem para um ambiente de aplicações e serviços melhorar a comunicação entre municípios e o governo local, estimulando atividades e promovendo oportunidades aos cidadãos [1].

Este projeto de Cidade Digital é baseado tecnicamente em uma rede urbana de fibra ótica, utilizando tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network) do ITU-T G984 [2],[3] e [4], mesma tecnologia homologada pelas grandes operadoras mundiais como Telefônica e Verizon, devido às vantagens técnicas, como maior capacidade de banda (Throughput), interoperabilidade entre diferentes fabricantes e baixo custo, principalmente, se comparada as outras tecnologias, conforme quadro a seguir:

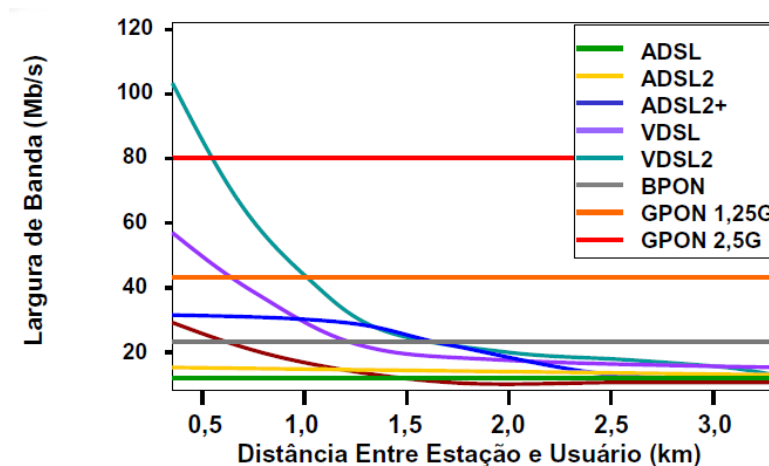


Figura 1. Largura de Banda x Distância

(INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 2008)

A tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network) tem como principais características:

- A rede externa com elementos passivos para distribuição;
- Serviços simétricos e assimétricos;
- Operação e manutenção simplificadas.

Esta tecnologia está em constante evolução com o passar dos anos. Operadoras de telecomunicações nos EUA e Europa já oferecem a tecnologia GPON, enquanto no Japão e Coreia do Sul, seguem utilizando a tecnologia EPON.

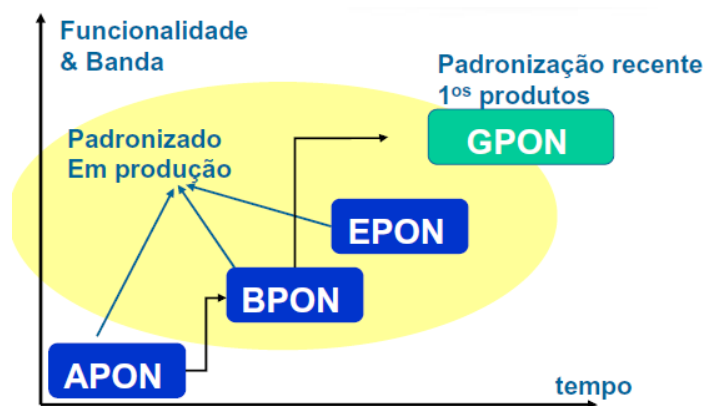


Figura 2. Funcionalidade x Tempo

Hoje, 14 países possuem fração dos lares dispo de conexão por meio de fibra ótica acima de 1% de acordo com o estudo do FTTH Council. Dentre eles, os três primeiros se encontram dentro da região denominada Ásia Pacífico: Coreia do Sul (31,4%), Hong Kong (23,4%) e Japão (21,3%).

Através desta tecnologia conhecida mundialmente, este projeto de Cidade Digital será desenvolvido de modo a obter-se como resultado final, uma rede de alta performance e livre de falhas [6].

Primeiramente, será explorado o projeto de Cidade Digital, destinado para o município de Dois Irmãos no Rio Grande do Sul, provendo inovação tecnológica à comunidade através da tecnologia GPON.

Em um segundo momento será demonstrado às vantagens do referido projeto de Cidade Digital, quando comparado aos projetos baseados em tecnologia comumente utilizada, especificando a topologia de rede, bem como todos os produtos (equipamentos, materiais e acessórios) com seus respectivos valores comerciais.

2.2. Declaração do escopo

2.2.1. Escopo do projeto

Este projeto é baseado em uma infraestrutura de Telecomunicações, que consiste em uma rede urbana de fibra ótica aérea projetada na área urbana do município de Dois Irmãos no Rio Grande do Sul, utilizando tecnologia GPON (Rede Ótica Passiva a Gigabit), atendendo 12 (doze) pontos da administração municipal e 4 (quatro) câmeras de videomonitoramento urbano, convergindo para a sede da Prefeitura. Através de uma rede urbana de rádio com tecnologia Wimax 3.5 Ghz será atendido os pontos remotos da Administração Pública. Também será disponibilizada uma rede de distribuição com tecnologia Wi-Fi, a fim de atender o cidadão, com foco inicial em praças e parques, mas com possibilidade de expansão para atender 100% da população.

2.2.2. Benefícios

A seguir, os principais benefícios deste projeto:

- Possibilidade de conexão dos órgãos da Prefeitura de Dois Irmãos através de fibra ótica com alta disponibilidade;
- Interconexão de rede entre os órgãos da Prefeitura de Dois Irmãos. A Prefeitura poderá disponibilizar em todos os pontos da cidade onde já tem estrutura física, seus serviços ao cidadão, serviços de funcionamento interno e segurança, com a mesma qualidade e facilidades de sua sede. Além disso, centralizar e otimizar recursos, tais como ligações telefônicas internas e externas, acesso a servidores de banco de dados, correio eletrônico, autenticação de usuários e acesso à Internet e Intranet para uso dos empregados permitirá a Prefeitura controlar com eficiência o gasto e o uso de seus recursos administrativos e operacionais;
- Facilidade do acesso remoto das informações diretamente dos servidores de imagens através da rede de dados via microcomputadores;
- Com a conexão entre pontos, outros órgãos que se encontram localizados na área de abrangência da rede poderão valer-se da estrutura, tendo acesso às vantagens de uma rede multiserviço.

2.2.3. Premissas

As premissas básicas deste projeto são:

- A negociação com a operadora de energia elétrica do local, para utilização dos postes de iluminação para colocação de fibra aérea, será responsabilidade da Prefeitura;
- Considerando a natureza da Prefeitura, a maioria dos equipamentos descritos neste projeto será objeto de um processo de licitação para aquisição e/ou adesão a registro de preços, e, portanto, o prazo de implantação dependerá da agilidade desses processos;
- O armazenamento das imagens será feito em servidor instalado nas dependências da Prefeitura;

- O projeto define o tempo de 30 dias de gravação para as câmeras. Havendo a necessidade de mais dias de retenção das imagens gravadas, acarretará na adequação da capacidade de armazenamento do servidor;
- É de responsabilidade da Prefeitura através da Secretaria de Segurança que os operadores do sistema estejam atentos à movimentação de pessoas no ambiente monitorado a fim de detectar possíveis atitudes hostis às pessoas e ao patrimônio. O sistema se torna inócuo na medida de prevenção se não for monitorado continuamente, portanto a Secretaria de Segurança deve especificar e avaliar a rotina operacional das pessoas envolvidas com o monitoramento;
- O sistema de televigilância possui restrições de acesso que mantém em segurança as informações colhidas tanto nas câmeras quanto nos servidores. Para manter a privacidade dos moradores de prédios que possuem linha de visada pelas câmeras é necessário que o administrador crie máscaras de privacidade no sistema.

2.2.4. Restrições

Os valores dos produtos e serviços deste projeto são valores médios de mercado.

2.2.5. Exclusões

Neste projeto não estão previstos os itens:

- Contratação de banda larga através da operadora/provedores de internet;
- PPDUR – Taxa pelo uso de frequências licenciadas na Anatel [7];
- Treinamento aos usuários da rede;
- Fornecimento e instalação de cabeamento estruturado;
- Fornecimento e instalação das redes Wireless (Wi-Max e Wi-Fi);
- Serviços de manutenção da rede e dos equipamentos ativos e passivos.

2.3. Descrição da solução

2.3.1. Serviço de Rede

Este projeto tem o objetivo de prover à Prefeitura da cidade de Dois Irmãos condições de implantar uma rede de dados multiserviços – dados, voz e vídeo - que possibilitará aos administradores da cidade disponibilizar à comunidade acesso aos mais diversos serviços públicos, com qualidade, rapidez e segurança. As tecnologias utilizadas no projeto seguem tendência mundial, utilizando para redes locais tecnologia Ethernet (LAN), e para redes remotas o Metro-Ethernet (WAN). Ethernet é a tecnologia de rede para conexões local e utilizada por mais de 90% das redes no mundo, de fácil implementação e suporte técnico. Metro-Ethernet é a extensão dos recursos e facilidades de uma rede local para grandes áreas, tal como uma região ou cidade, tornando transparente para o usuário a utilização de serviços, mesmo remotos. Com isso podemos centralizar a administração dos recursos de TI, planejar melhor o investimento em equipamentos de informática, e principalmente, devido a utilização das tecnologias acima, ter escalabilidade, ou seja, poder planejar o

crescimento da rede de dados ao longo do tempo, facilitando o planejamento do aporte de recursos financeiros.

Abaixo uma descrição da estrutura lógica da rede de dados do município:

- Rede capaz de fornecer com a mesma qualidade: acesso a Internet, acesso a banco de dados, correio eletrônico, telefonia VOIP, transmissão de imagens (câmeras de vigilância eletrônica);
- Pontos de presença (PoP): locais onde são disponibilizados os diversos serviços da Prefeitura para conexão de suas unidades remotas, distribuídos geograficamente em lugares de maior concentração de acessos;
- Rede concebida em anel para prover redundância às conexões de backbone, ou seja, prevenir paradas na rede por rompimento de algum meio físico;
- Utilização de equipamentos switches com conexões Gigabit que permitem alto tráfego de dados, voz e vídeo, associado a recursos de configuração que garantem qualidade e controle sobre os serviços prestados.

A seguir os serviços contemplados neste projeto, que poderão ser disponibilizados aos cidadãos:

- **Internet Pública:** Serviço disponibilizado através da tecnologia Wi-Fi;
- **Conectividade:** Serviço que disponibiliza conectividade entre os diversos órgãos municipais sobre gestão pública;
- **Telemedicina:** Serviço que permite aos doentes, através de um pequeno aparelho, falar com um técnico de saúde que envia para o local, em caso de urgência, uma viatura com um enfermeiro;
- **EAD (Ensino a Distância):** Serviço que permite que o aprendiz não esteja fisicamente presente em um ambiente formal de ensino-aprendizagem, assim como também permite que o aluno estude autonomamente e em horários distintos;
- **VoIP:** Serviço de telefonia através da tecnologia VoIP (Voz sobre IP). Também chamada de VoIP (*Voice over Internet Protocol*), telefonia IP, telefonia Internet, telefonia em banda larga ou voz sobre banda larga, baseada no Protocolo de Internet, tornando a transmissão de voz mais um dos serviços suportados pela rede de dados, agregando tecnologia e redução de custos com as operadoras de Telecomunicações;
- **Tele vigilância:** A solução se baseia em um sistema de última geração com câmeras IP, gravador de imagens totalmente digitais, utilizando tecnologia de vídeo sobre rede baseada em protocolo TCP/IP. Este serviço é constituído de:

Sistema de Monitoramento: O sistema é baseado na tecnologia Web Server sendo que as imagens coletadas pelas câmeras são enviadas a um servidor e disponibilizadas aos operadores do sistema em PC's de monitoramento. Estes equipamentos são configurados para permitir a visualização das imagens em mosaicos e a manipulação dos controles de PTZ(Pan, Tilt e Zoom) das câmeras, de acordo com a necessidade do cliente.

Sistema de Gravação e Gerenciamento: O armazenamento das imagens será feito em servidor da Secretaria de Segurança de Dois Irmãos. A resolução para as imagens, o número de quadros por segundo quanto ao movimento das imagens, o período de gravação (horas gravadas) e o tempo de gravação (dias de retenção das imagens), serão definidos após a instalação dos equipamentos e do sistema, de acordo com o número de câmeras instaladas. Inicialmente, o servidor será composto por discos que comportem 10 TBytes, o que permitirá 30 dias de armazenamento para o número de câmeras, dentro das seguintes configurações: vinte e quatro horas contínuas de gravação, resolução de tela de 640x480 pixels (1/2 de tela), compressão de dados a 50%, modo de compressão MJPEG e com a gravação de 5 quadros por segundo.

Abaixo proposta de configuração para gravação 24 horas e 30 dias consecutivos:

- ✓ **Resolução:** 640x480
- ✓ **Quadros/segundo:** 5
- ✓ **Tipo de compressão:** MJPEG
- ✓ **Taxa de compressão:** 50%

Para essa configuração estima-se um volume de dados gravados de 10 TBytes.

2.3.2. Estrutura de projeto

2.3.2.1. Projeto de fibra ótica

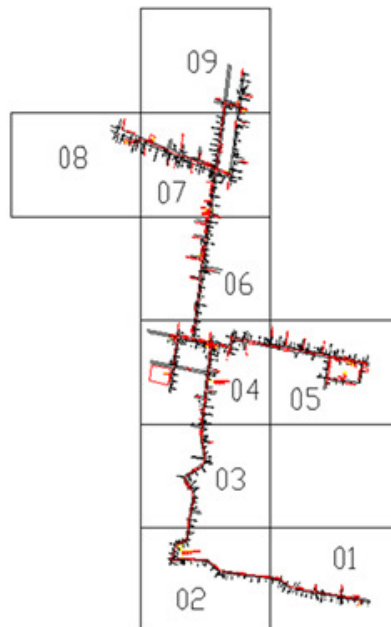


Figura 3. Rede de fibra ótica

2.3.2.2. Projeto Wi-Max

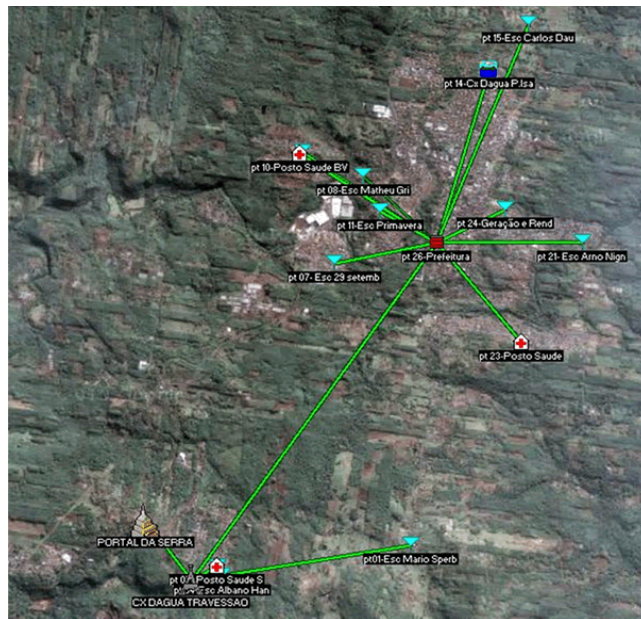


Figura 4. Rede Wi-Max

2.3.2.3. Projeto Wi-Fi

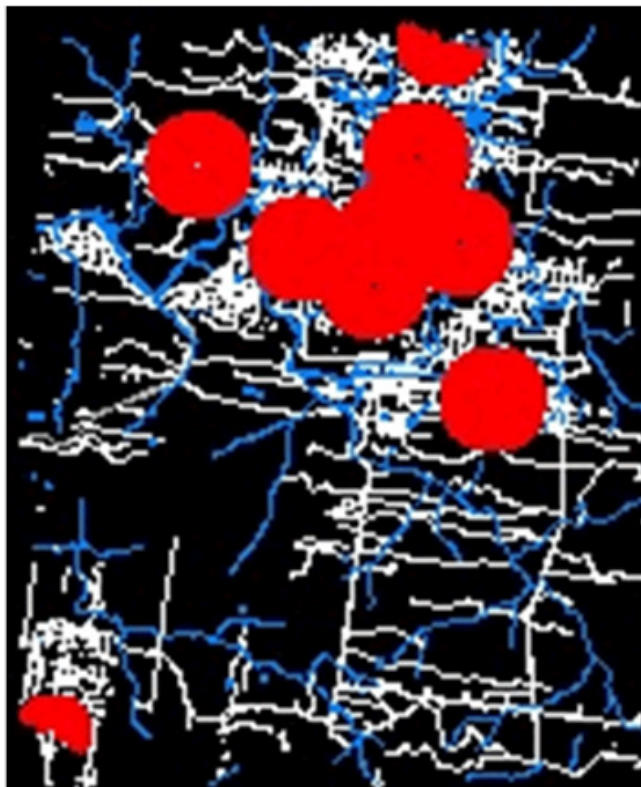


Figura 5. Rede Wi-Fi

2.3.2.4. Topologia de rede

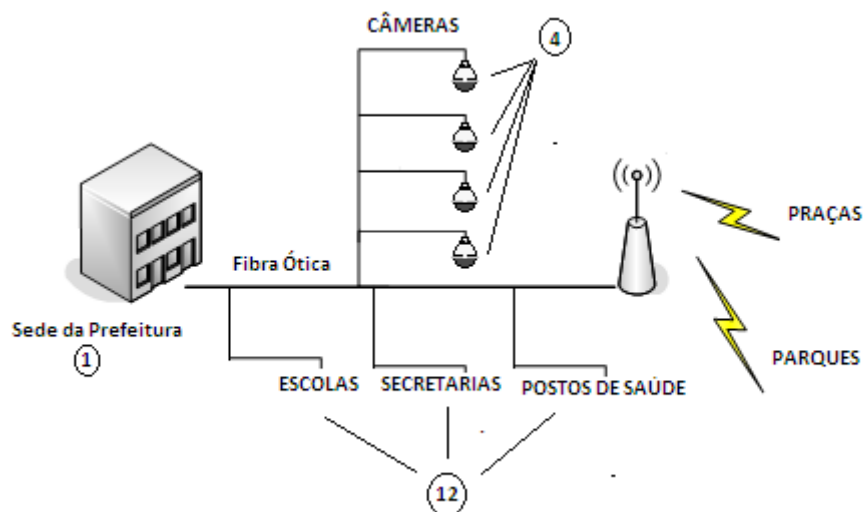


Figura 6. Topologia de rede

2.3.3. Regulamentação e Licenciamento

A Anatel é a autoridade administrativa independente, com competência para organizar a exploração dos serviços de telecomunicações no Brasil, ou seja, assegurar o equilíbrio e a harmonia entre Políticas Públicas (Políticas de Estado e Governo) e as Relações de Consumo (Direitos dos Usuários e Atratividade dos Investimentos).

Neste projeto a Prestação de Serviços pela Prefeitura se enquadra no “Ato 66.198, de 27/7/2007” de forma direta por autorização de Serviço Limitado Privado (SLP) de interesse restrito, mediante autorização do órgão regulador, Agência Nacional de Telecomunicações [7].

A seguir as premissas básicas do SLP pelas Prefeituras:

- Serviço gratuito;
- Limitado o acesso aos serviços da Prefeitura, ao território municipal e aos seus municípios;
- Para acesso à rede internet é necessário provedor.
- Isenção de autorização quando do uso da faixa de 2,4GHz, nas condições:
 - ✓ Estações operarem com potência menor/igual 400mW (e.i.r.p.);
 - ✓ Estações instaladas em localidades com população menor que 500mil hab.

2.4. Investimento do projeto

O investimento total deste projeto é composto pela rede de fibra ótica (backbone) e toda a infraestrutura de rede, além das conexões da fibra utilizada para fazer a ligação dos locais a serem instaladas as câmeras e os pontos de acessibilidade. Estão contemplados todos os equipamentos, materiais e acessórios que constituem a solução, bem como o software necessário para funcionamento e operacionalidade de todo o sistema de monitoramento, gravação e gerenciamento.

Valor aproximado do investimento: R\$ 150.000,00

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Recursos da solução GPON

A solução de rede GPON (Gigabit Passive Optical) é parte integrante de uma arquitetura completa de serviços de banda larga, que é projetado para atender aos requisitos de convergência fixo-móvel e redes, podendo oferecer recursos que podem apoiar o acesso de banda larga, conexões e serviços de última geração, otimizando e alocando recursos através de linhas de terminais óticos (OLT) e portas splitter.

Assinantes não podem receber serviços de confiança se sua largura de banda alocada é abandonada em um limite específico. A alocação de recursos GPON é feita com base no número de assinantes e seu tipo (ou seja, residencial ou comercial), podendo resultar em excesso de provisionamento ou sub-provisionamento da rede de acesso [8].

Como mostrado na figura 7, um número de unidades de rede óptica (ONUs) podem compartilhar a capacidade de ligação GPON. As ONUs podem enviar sua carga de tráfego durante um intervalo de tempo que lhes são atribuídas por uma alocação de banda dinâmica (DBA) operacional algoritmo em OLT [9].

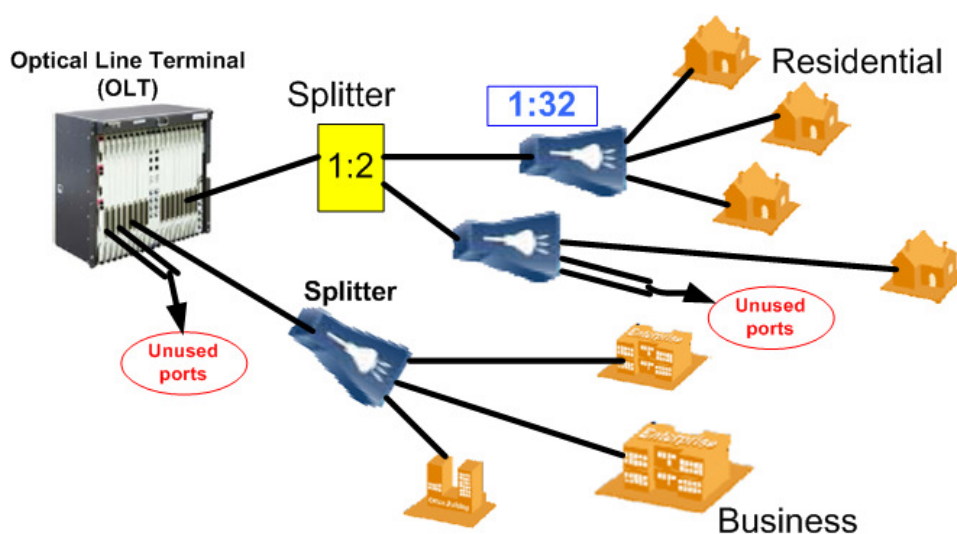


Figura 7. Dimensionamento de recursos

3.2. Características da solução GPON

Além das características de transmissão de boa qualidade, de grande capacidade e longa distância, acesso de banda larga Optical tem outras vantagens do baixo custo de manutenção, de alta confiabilidade e capacidade. Grandes operadoras na América do Norte e Europa estão focadas em disponibilizar equipamentos GPON e estão em fase de implantação em larga escala desde 2008, visando atender a demanda do usuário. Na região da Ásia-Pacífico é determinada pela escala de implantação em novos mercados como a China e a Índia. Além disso, a aplicação da tecnologia pode de forma relativamente fácil atingir a meta de acesso. [10]

Um projeto de Cidade Digital que não utiliza tecnologia GPON, possui um investimento maior e menor capacidade, além de um alto índice de manutenções, tornando a solução suscetível a problemas técnicos indesejados.

3.3. Desvantagens da solução GPON

O fato de possuir elementos passivos é uma vantagem, mas também traz algumas desvantagens como, por exemplo, esses elementos não podem ser gerenciados diretamente, fazendo-se necessário à utilização de sistemas de gestão que permitam a operação e manutenção dessas redes. Os principais desafios recorrentes são localizar uma falha na rede que possui alta complexidade e capilaridade e, por se tratar de uma rede que suportará a venda direta para clientes, manter o inventário atualizado e prover a ativação dos serviços de forma mais automática possível. [11]

3.4. Investimento detalhado do projeto

A seguir faremos um detalhamento do investimento do projeto de Cidade Digital, utilizando a tecnologia GPON:

Tabela 1. Investimento do projeto: GPON

PONTO	DESCRIÇÃO	QTDE.	UNID.	VALOR PRODUTO	VALOR SERVIÇO
1	GPON OLT 4 portas	1	PÇ	R\$ 17.499,90	R\$ 2.500,00
2	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
3	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
4	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
5	GPON (4 ETH + 2 FXS)	1	PÇ	R\$ 941,00	R\$ 500,00
6	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
7	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
8	GPON (4 ETH + 2 FXS)	1	PÇ	R\$ 941,00	R\$ 500,00
9	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
10	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
11	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
12	GPON (4 ETH + 2 FXS)	1	PÇ	R\$ 941,00	R\$ 500,00
13	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
14	GPON (4 ETH + 2 FXS)	1	PÇ	R\$ 941,00	R\$ 500,00
15	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
16	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
17	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00
18	GPON CPE 4 FXS 4 LAN	1	PÇ	R\$ 2.370,90	R\$ 700,00

SUB-TOTAL I				R\$ 52.085,60	R\$ 13.600,00
19	DIVISOR OPTICO 1X8	4	PÇ	R\$ 2.400,00	R\$ 1.600,00
	CABO OPTICO DROP SM 02 F.O.	1420	M	R\$ 2.996,20	R\$ 5.225,60
	CABO OPTICO CFO AS 04 F.O.	3600	M	R\$ 12.816,00	R\$ 13.133,80
	CABO OPTICO CFO AS SM 06 F.O.	1720	M	R\$ 6.690,80	R\$ 6.558,00
	CABO OPTICO CFO AS SM 12 F.O.	750	M	R\$ 3.727,50	R\$ 2.760,00
	CAIXA DE EMENDA DE FIBRA ÓTICA	5	PÇ	R\$ 1.965,00	R\$ 3.000,00
	KIT PARA FERRAGEM DE FO	193	CJ	R\$ 8.395,50	R\$ 2.316,00
	POSTE DE MADEIRA TRATADA	7	PÇ	R\$ 1.750,00	R\$ 3.150,00
SUB-TOTAL II				R\$ 40.741,00	R\$ 37.743,40
TOTAL GERAL (SUB-TOTAL I + SUB-TOTAL II)				R\$ 92.826,60	R\$ 51.343,40

R\$ 144.170,00

A seguir será apresentada uma tabela com a tecnologia comumente utilizada em projetos de Cidade Digital com tecnologia Metro-ethernet, comumente utilizada:

Tabela 2. Investimento do projeto: Metro-Ethernet

PONTO	DESCRIÇÃO	QTDE.	UNID.	VALOR PRODUTO	VALOR SERVIÇO
1	SWITCH 24 PORTAS SFP	1	PÇ	R\$ 15.000,00	R\$ 3.500,00
2	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
3	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
4	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
5	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
6	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
7	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
8	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
9	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
10	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
11	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
12	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
13	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
14	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
15	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
16	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
17	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
18	SWITCH 26P (24P 10/100 E 2P 10/1000)	1	PÇ	R\$ 2.300,00	R\$ 900,00
SUB-TOTAL I				R\$ 54.100,00	R\$ 18.800,00
19	MÓDULO SFP	41	PÇ	R\$ 22.550,00	R\$ 1.600,00
	CABO OPTICO DROP SM 02 F.O.	1420	M	R\$ 2.996,20	R\$ 5.225,60
	CABO OPTICO CFO AS 04 F.O.	3600	M	R\$ 12.816,00	R\$ 13.133,80
	CABO OPTICO CFO AS SM 06 F.O.	1720	M	R\$ 6.690,80	R\$ 6.558,00
	CABO OPTICO CFO AS SM 12 F.O.	750	M	R\$ 3.727,50	R\$ 2.760,00
	CAIXA DE EMENDA DE FIBRA ÓTICA	5	PÇ	R\$ 1.965,00	R\$ 3.000,00
	KIT PARA FERRAGEM DE FO	193	CJ	R\$ 8.395,50	R\$ 2.316,00
	POSTE DE MADEIRA TRATADA	7	PÇ	R\$ 1.750,00	R\$ 3.150,00
SUB-TOTAL II				R\$ 60.891,00	R\$ 37.743,40
TOTAL GERAL (SUB-TOTAL I + SUB-TOTAL II)				R\$ 114.991,00	R\$ 56.543,40

R\$ 171.534,40

A seguir será apresentada uma tabela comparativa, comparando os investimentos necessários para cada solução, e em seguida, um quadro comparativo, detalhando as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções tecnológicas abordadas.

Tabela 3. Tabela comparativa de custos

TECNOLOGIAS	FORNECIMENTO (PRODUTOS)	INSTALAÇÃO (SERVIÇOS)	TOTAL
METRO-ETHERNET	R\$ 114.991,00	R\$ 56.543,40	R\$ 171.534,40
GPON	R\$ 92.826,60	R\$ 51.343,40	R\$ 144.170,00
DIFERENÇA	R\$ 22.164,40	R\$ 5.200,00	R\$ 27.364,40

A tabela 4 informa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos do município, tais como: equipamentos, materiais e acessórios, considerando as despesas operacionais, que são custos contínuos para dirigir o sistema ou solução implantada, conhecido como OPEX (*Operational Expenditure*).

Ainda na tabela 4 descrevemos os valores das despesas de capital, ou seja, CAPEX (*Capital Expenditure*), que se refere ao preço de desenvolvimento ou fornecimento de partes não consumíveis do sistema ou solução implantada.

Tabela 4. “CAPEX x OPEX”

TECNOLOGIAS	CAPEX (R\$/5 anos)	OPEX (R\$/5 anos)
METRO-ETHERNET	171.534,40	58.321,70
GPON	144.170,00	49.017,80
DIFERENÇA	27.364,40	9.303,90

Através do Relatório Técnico/Consultoria PD.33.10.63A.0028A/RT-07-AA emitido pelo CPqD, o qual realiza uma Análise de Cenários para Inclusão Digital das Escolas Públicas do Brasil, estimamos o OPEX para cada uma das soluções tecnológicas comparadas [12].

A tabela abaixo apresenta um panorama com os valores de investimento e de custos operacionais relativos aos acessos com uma previsão para os próximos (05) cinco anos:

Tabela 5. CAPEX x OPEX de acessos para implantação

População dos municípios		CAPEX e OPEX de acessos					
		(Milhões de Reais)					
		1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	Total
Menos de 5 mil habitantes	CAPEX	-	46	304	106	0	455
	OPEX	-	14	105	212	232	563
Menos de 50 mil habitantes	CAPEX	920	420	0	-	-	1.339
	OPEX	652	803	803	803	803	3.864
Mais de 50 mil habitantes	CAPEX	352	169	111	348	108	1.088
	OPEX	17	48	71	130	202	467
CAPEX Total		1.271	635	414	454	108	2.882
OPEX Total		669	864	980	1.144	1.237	4.894
Total dos acessos		1.940	1.499	1.394	1.598	1.345	7.776

Para este estudo, foi considerado demograficamente que a população do município de Dois Irmãos possui 27.572 habitantes, conforme estimativa realizada pelo IBGE no ano de 2010, sendo o 73º município mais populoso do estado, apresentando uma densidade populacional de 423,17 habitantes por km².

Com base na tabela 5, concluímos que para uma população com menos de 50 mil habitantes, temos um CAPEX de 1.339 (34,65%) para um OPEX de 3.864 (100%). Desta forma, deduzimos que tanto a solução Metro-ethernet, quanto a solução GPON, apresentaria um CAPEX de aproximadamente 34% em relação ao OPEX.

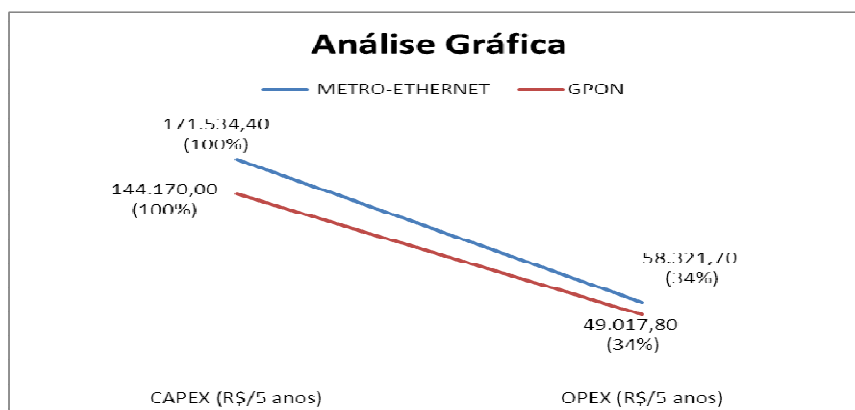


Figura 8. Análise Gráfica do CAPEX e OPEX

Através da análise de viabilidade econômica, demonstramos a taxa efetiva (i) do projeto, considerando um período (n) de 5 anos, onde:

$$PV (\text{Valor Presente}) = \boxed{\text{R\$ } 144.170,00}$$

$$FV (\text{Valor Futuro}) = \text{R\$ } 144.170,00 + \text{R\$ } 49.017,80 = \boxed{\text{R\$ } 193.187,80}$$

$$\text{Se: } FV = PV (1+i)^n$$

$$\text{Então: } i = ((FV/PV)^{1/n}) - 1 = 1,06 - 1 = \boxed{0,060 \text{ a.a.}}$$

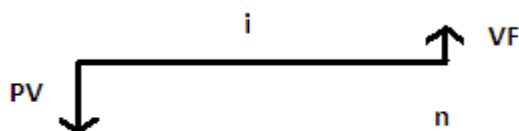


Figura 9. Diagrama Econômico

A seguir será apresentada um quadro comparativo, detalhando as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções tecnológicas abordadas.

Quadro 1. Quadro comparativo

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
GPON	<ul style="list-style-type: none"> • Custo reduzido; • Baixo índice de manutenções; • Maior capacidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos passivos não podem ser gerenciados diretamente.
METRO-ETHERNET	<ul style="list-style-type: none"> • Rede de fácil operação e manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado; • Alto índice de manutenções; • Menos capacidade.

Alguns apontamentos relevantes que contribuíram com esta análise:

- **Comprimento da fibra implantada:** Foi considerando o mesmo comprimento de cabo ótico para as soluções comparadas;
- **Cobertura:** Ambas as soluções precisam de fibra de última milha;
- **Gestão de clientes:** A solução Metro-ethernet permite uma gestão de clientes mais fácil, independentes e upgrades flexíveis, enquanto a tecnologia GPON, fornece uma abordagem mais centralizada alinhada com as exigências do mercado consumidor;
- **Evolução para novos serviços:** A demanda por banda larga tende a crescer muito nos próximos anos o que torna a solução GPON mais receptiva e adequada às novas tendências e tecnológicas [13].

Observa-se que mantendo o mesmo custo de implantação de serviços para as duas tecnologias, a rede que utiliza a tecnologia GPON, resulta em um menor custo de produtos, conseqüentemente, em um valor total do projeto mais reduzido.

Através das tabelas e quadro comparativo, podemos concluir que a tecnologia GPON aplicada a projetos de Cidade Digital, possui a melhor relação “Custo x Benefício”, quando comparada à tecnologia Metro-ethernet.

3.5. Case implantado

Para complementação do projeto, introduzimos um depoimento de Marcelo Borba, profissional responsável pela implantação do projeto de Cidade Digital no município de Garibaldi no Rio Grande Sul, onde foram elencados os pontos positivos e negativos de um sistema que utiliza a tecnologia GPON:

Ponto positivos:

A tecnologia permite alta escalabilidade devido a sua possibilidade de splitar a fibra. Outro ponto positivo é a questão da entrega de voz de forma nativa, ou seja, em um canal (frequência) separado dos dados sem necessidade de QoS, ou quaisquer outras configurações e transparente ao usuário, pois este não percebe que o canal de voz que ele está usando vira um pacote que trafega na fibra e depois é descompactado novamente.

O appliance que utilizamos já entrega a voz na porta RJ-11 e isso nos economizou dinheiro, tempo e também diminuiu os riscos já que não prevemos a utilização de ATA ou telefones VoIP (Voz sobre IP) num primeiro momento.

O fato da voz e dados trafegarem de forma independente um do outro, também consideramos outro ponto positivo. Por exemplo: Se estivéssemos sofrendo um ataque DoS na rede de fibra ótica, a voz não seria comprometida.

Pontos negativos:

O primeiro deles é o gerenciamento que está como única opção: via terminal, ou seja, a configuração dos equipamentos é feita unicamente por CLI (Command Line Interface).

No entanto, se tivéssemos um gerenciamento via web iria facilitar bastante, pois dificulta um pouco a maneira e a agilidade de se fazer a manutenção ou alterações de configuração quando necessário.

Outro ponto negativo é com relação ao “Download”, o que na verdade é um broadcast, que por esta razão tem-se feito o gerenciamento de banda somente na direção de upload e não de download.

Desta forma, cada ONT sempre recebe todos os pacotes da rede, porém só repassa os que são dela, mas se alguém conseguir “burlar” o mecanismo do sistema, teremos um problema de segurança, pois poderíamos “sniffar” toda a rede a partir de uma ONT.

Se tivéssemos que resumir, os pontos negativos ficariam na questão de gerência e segurança de rede vulneráveis e pontos positivos a possibilidade de escalabilidade e integração de voz de forma nativa e transparente.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho descrevo minha experiência em projetar e implementar Redes Metropolitanas e projetos de Cidades Digitais para algumas localidades brasileiras. A experiência adquirida com a construção de redes metropolitanas aconteceu na implantação de alguns projetos de sistemas de videomonitoramento urbano e de Cidades Digitais, onde foram implantadas redes híbridas, óptica e sem fio. Essa rede conecta os principais prédios públicos das cidades, incluindo secretarias, escolas, postos de saúde e hospitais. A rede também oferece uma cobertura sem fio que permite a qualquer cidadão se conectar à rede e ter acesso à Internet sem qualquer custo. Mostramos também a descrição geral de uma cidade digital, com dois tipos de tecnologias aplicadas e comparadas entre si. Dentre elas, a tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network), a qual demonstrou uma melhor relação “Custo x Benefício”, quando implementada a projetos de Cidade Digital (Projeto: Dois Irmãos – RS) por possuir redução de custos, maior capacidade, baixo índice de manutenções e os mesmo serviços públicos disponibilizados para qualquer

comunidade, que optar em adquirir um projeto desse porte, agregando tecnologia e inovação aos usuários.

Agradecimentos

Depois de tamanha dedicação sobre o trabalho aqui apresentado, finalizar este trabalho de conclusão de curso é um motivo de muita alegria e realização pessoal, que trata da realização de um sonho que começou desde 1997.

Devo então prestar agradecimentos às pessoas que me ajudaram e incentivaram a concretizar este sonho.

Aos meus pais, pela paciência e auxílio.

A minha esposa, pela compreensão e incentivo nos momentos mais difíceis.

Ao Engenheiro Edgar Bortolini, pela excelente orientação e por acreditar no meu potencial.

Ao amigo e Engenheiro Ildelfonso C. Alves, pelo apoio técnico dado para elaboração do trabalho.

Ao Sr. Ivo Vargas da empresa Parks, a qual atua no mercado de telecomunicações desde 1966 desenvolvendo soluções para transmissão eletrônica de informações, também pelo apoio técnico.

Ao Tecnólogo em Suporte de Redes Marcelo Borba, responsável pela implantação do Projeto de Cidade Digital no Município de Garibaldi no Rio Grande do Sul pelo depoimento concedido.

A todos os professores, pelos ensinamentos, dedicação e paciência concedida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MENDES, L.DE S. **Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm**. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 8: (4), AUG. 2010.

[2] ITU TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (ITU-T) G.984.1: **General Characteristics of Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON)**, 2003a.

[3] ITU TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (ITU-T) G.984.2: **Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification**, 2003b.

[4] ITU TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (ITU-T) G.984.3: **Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification**, 2004a.

[5] ITU TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (ITU-T) G.984.4: **Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification**, 2004b.

[6] REGGIANI, A.E. **Tendências em Redes Ópticas de Acesso e Tecnologia GPON**. CPqD, 2008. Disponível em: <<http://www.cpqd.com.br>> Acesso em: 12 ago. 2011, 22:22.

[7] ANATEL. **Ato 66.198**. Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações, 2007. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>> Acesso em: 04 set. 2011, 20:14.

[8] Alshaer, H. **Planning Rules for Split Ratio Selection in Building GPON-based Access Networks**, Etisalat BT Innovation Center (EBTIC), Khalifa University P.O. Box 12778.

[9] Q. Xing-Zhi, P. Ossieur, J. Bauwelinck, and el., **Development of GPON upstream physical-media-dependent prototypes**, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 22, p. 24982508, November 2004.

[10] Wang Zhaoqing, **Research on the Application of GPON Technologies**, College of Information Science and Technology, Hainan University, International Conference on Multimedia and Signal Processing, 2011.

[11] CPqD. **Gestão de rede de acesso GPON em arquitetura FTTx**. CPqD, 2011. Disponível em: <<http://www.cpqd.com.br>> Acesso em: 20 set. 2011, 15:43.

[12] CPqD. **Técnico/Consultoria PD.33.10.63A.0028A/RT-07-AA - Análise de Cenários para Inclusão Digital das Escolas Públicas do Brasil**. CPqD, 2011. Disponível em: <<http://www.cpqd.com.br>> Acesso em: 15 out. 2011, 11:52.

[13] WEINGART, J. **Understanding which market scenarios are best served by active Ethernet point-to-point (EP2P) and which are best served by point-to-multipoint PON architectures**. MEF(Metro Ethernet Forum), 2007. Disponível em: <<http://metroethernetforum.org>> Acesso em: 15 out. 2011, 10:00.