

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ELISA JEANNES ROZISKY

PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

**REDE METRO ETHERNET APLICADA
À TELEFONIA MÓVEL**

Porto Alegre

(2011)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**REDE METRO ETHERNET APLICADA
À TELEFONIA MÓVEL**

Projeto de Diplomação apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Álvaro Augusto Almeida de Salles

Porto Alegre
(2011)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ELISA JEANNES ROZISKY

REDE METRO ETHERNET APLICADA À TELEFONIA MÓVEL

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Álvaro Augusto Almeida de Salles, UFRGS

Doutor pela University of London – Londres, Inglaterra

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Álvaro Augusto Almeida de Salles, UFRGS

Doutor pela University of London – Londres, Inglaterra

Prof. Dr. Jorge Guedes da Silveira, UFRGS

Doutor pelo Institut National Polytechnique de Grenoble - Grenoble, França

Prof^ª. Dra. Liane Ludwig Loder, UFRGS

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil

Porto Alegre, dezembro de 2011.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, minhas irmãs e ao Vitor pelo apoio incondicional durante esses anos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que tornaram possível os meus estudos em Porto Alegre.

À minha mãe Iná que sempre acreditou em mim e me ajudou nos momentos difíceis.

Ao meu pai Lery que sempre confiou na minha dedicação aos estudos.

À minha irmã Cristina por crer que eu conseguiria.

À minha irmã Camila que me acolheu em Porto Alegre e que, por alguns anos, foi a minha única família aqui.

Ao Vitor meu amor, meu amigo, meu companheiro que sempre me compreendeu e me ajudou nos momentos mais difíceis .

À Graziela, Janaína, Patrícia e ao Gabriel amigos verdadeiros que fiz durante a faculdade.

À Gabriela, Lourdes, amigos e familiares que de forma direta ou indireta fizeram parte deste período da minha vida.

Ao Prof. Jorge Guedes da Silveira que acompanhou o período do meu estágio.

Ao Prof. Álvaro Augusto Almeida de Salles que me auxiliou durante esse último semestre.

Aos meus colegas da Eng. de Transmissão da Vivo que me acolheram, pelos ensinamentos e pela paciência que tiveram comigo durante os 2 anos de estágio.

Aos meus colegas da Lore Telecom que me deram oportunidade de trabalhar, pelo aprendizado, pela compreensão com meus horários e com essa fase de conclusão de curso.

A Deus que me concedeu a oportunidade de chegar até aqui.

RESUMO

Este projeto de diplomação apresenta a utilização de uma rede interligada de anéis de fibra óptica, como uma alternativa às antenas na comunicação entre o site da companhia de telefonia móvel e a sua Central de Comutação e Controle, para o aumento da banda de dados. Os conceitos de fibra óptica e de Rede Metro Ethernet foram aplicados neste projeto. O desenvolvimento do projeto é realizado pela definição do traçado da fibra por uma rota fictícia, pela análise de capacidade dos anéis de fibra óptica e pelo orçamento do projeto. A região abrangida é a área central de Porto Alegre passando pelos bairros Centro, Floresta, Mont'serrat, Auxiliadora, Moinhos de Vento e Independência. O projeto foi desenvolvido durante o período de estágio na Engenharia de Transmissão da Vivo S.A..

Palavras chave: Rede Metro Ethernet. Fibra Óptica. Telefonia móvel. Alternativa para área de transmissão.

ABSTRACT

This graduation project shows the use of an interlinked network of optic fibers rings as an alternative to the antennas for the communication between the site of the mobile telephony company and its Mobile Switch Center, for increasing bandwidth. The concepts of optical fiber and Metro Ethernet Network were applied to this project. The development of the project includes the definition of an optical fiber' fictitious route, the optical fiber rings' capacity and the project's budget. The region considered is the central area of Porto Alegre, including the Centro, Floresta, Mont'Serrat, Auxiliadora, Moinhos de Vento and Independência neighborhoods. The project was developed during the stage period on Transmission Engineering of Vivo S.A..

Keywords: Metro Ethernet Network. Optic fiber. Mobile telephony. Alternative to the transmission area.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	TÓPICOS RELEVANTES SOBRE FIBRA ÓPTICA	15
2.1	CONSTITUIÇÃO DOS CABOS DE FIBRA ÓPTICA.....	16
2.2	REVESTIMENTO SECUNDÁRIO DAS FIBRAS ÓPTICAS	18
2.3	TIPOS DE CABOS E FIBRAS ÓPTICAS.....	19
2.3.1	Cabos Externos	19
2.3.2	Cabos Internos	20
2.3.3	Fibras Monomodo – SMF (Single Mode Fiber).....	20
2.3.4	Fibras Multimodo – MMF (Multi Mode Fiber).....	20
2.4	COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE FIBRAS	22
2.5	TRANSMISSÃO DA LUZ NA FIBRA ÓPTICA	23
2.6	CABOS ÓPTICOS COMERCIAIS	24
2.6.1	Cabo Óptico Sustentado.....	24
2.6.2	Cabo Óptico Enterrado.....	24
3	INTRODUÇÃO À REDE METRO ETHERNET.....	26
3.1	SEGMENTOS DA REDE METRO ETHERNET	27
3.2	TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE METRO ETHERNET	29
3.3	ACESSO 3G SOBRE METRO ETHERNET	30
4	ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO A SER UTILIZADO	31
4.1	FUNÇÕES E CARACTERÍSTICAS	32
4.1.1	Módulos Funcionais.....	33
4.2	HARDWARE	34
4.2.1	OptiX PTN 1900	34
4.2.2	OptiX PTN 3900	36
5	O PROJETO	40
5.1	DEFINIÇÃO DA ROTA FICTÍCIA ADOTADA.....	40
5.2	ANÁLISE DE CAPACIDADE	44
5.3	ORÇAMENTO DO PROJETO.....	47
5.3.1	Comparações.....	51
6	CONCLUSÃO	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Fibra óptica. [2].....	15
Figura 2 Constituição de uma FO. [1]	16
Figura 3 FOs únicas. [2].....	17
Figura 4 Cabos de FO que compartilham fibras de kevlar e cobertura externa. [2].....	18
Figura 5 Corte transversal dos revestimentos Loose e Tight. [1].....	19
Figura 6 Fibra multimodo. [2].....	21
Figura 7 Ilustração dos feixes de luz nas FOs. [4]	22
Figura 8 Diagrama da reflexão interna total numa FO. [1]	23
Figura 9 Cabo Óptico Prysmen. (a) sustentado; (b) enterrado. [6] [7]	25
Figura 10 Diagrama de uma topologia Metro Ethernet.	28
Figura 11 Equipamento OptiX PTN 1900. [11]	31
Figura 12 Equipamento OptiX RTN 3900. [12].....	32
Figura 13 Módulo Funcional do OptiX PTN. [11].....	34
Figura 14 Estrutura do subrack do OptiX PTN 1900. [11]	35
Figura 15 Layout dos slots do OptiX PTN 1900. [11]	35
Figura 16 Estrutura do subrack do OptiX PTN 3900. [12]	37
Figura 17 Layout dos slots do OptiX PTN 3900. [12]	38
Figura 18 Rede Metro Ethernet	40
Figura 19 Traçado da Rede Metro Ethernet.	41
Figura 20 Traçado da Rede Metro Ethernet com distinção dos três anéis.	41
Figura 21 Traçado do Anel 1.	42
Figura 22 Traçado do Anel 2.	43
Figura 23 Traçado do Anel 3.	44
Figura 24 Diagrama de capacidade do anel 1.	45
Figura 25 Diagrama de capacidade do anel 2.	46
Figura 26 Diagrama de capacidade do anel 3.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Placas OptiX PTN 1900. [11]	36
Tabela 2 Placas OptiX PTN 3900. [12]	39
Tabela 3 Custo OptiX PTN 1900	48
Tabela 4 Custo OptiX PTN 3900	48
Tabela 5 Descrição dos Custos do Anel 1.	49
Tabela 6 Descrição dos Custos do Anel 2.	49
Tabela 7 Descrição dos Custos do Anel 3.	50
Tabela 8 Descrição dos Custos do Site Pilar	50
Tabela 9 Valores para Implantação de FO.	51
Tabela 10 Custo Total por Anel.	52
Tabela 11 Custo Total do Projeto	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ATM: Asynchronous Transfer Mode

CES: Circuit Emulation Services

CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing

DSL: Digital Subscriber Line

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplex

EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution

EoF: Ethernet over Fiber

EoS: Ethernet over SONET/SDH

EoW: Ethernet over WDM

FO: Fibra Óptica

FR: Frame Relay

IP: Internet Protocol

LEDs: Light Emitting Diodes

MMF: Multi Mode Fibre

MPLS: Multi-Protocol Label Switch

MW: Microwave

NSF: Non-Stop Forwarding

OAM: Operation, Administration and Maintenance

OSI: Open Systems Interconnection

PWE3: Wire Emulation Edge-to-edge

QoS: Quality of Service

RPR: Resilient Packet Ring

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

SMF: Single Mode Fibre

SONET: Synchronous Optical Network

TDM: Time Division Multiplex

WAN: Wide Area Network

WDM: Wavelength Division Multiplexing

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico cada vez mais disseminado pelo o mundo, a facilidade em comprar aparelhos celulares que disponham de internet e o custo dos serviços que as operadoras de telefonia móvel disponibilizam cada vez mais baratos, a demanda de dados vem crescendo a cada dia.

Devido a esse aumento acelerado de novos e exigentes clientes, pela busca da fidelidade dos mesmos, as operadoras de telefonia móvel tiveram que buscar soluções para atendê-los com excelência.

Há algum tempo, para atender ao mercado, alguns dos métodos utilizados pelas operadoras para aumentar a sua capacidade era acrescentar sites e aprimorar seus equipamentos existentes. Com o passar do tempo algumas dessas modificações foram impedidas de serem realizadas.

Normalmente em regiões onde há muita concentração de pessoas, e conseqüentemente aumento da taxa de dados, não há mais possibilidade da operadora melhorar seus serviços sem adicionar ou aumentar as antenas em seus sites. Existem regiões, particularmente as mais periféricas, onde não há cobertura suficiente da telefonia fixa, o que resulta em um grande número de clientes de telefonia móvel. Algumas vezes há o agravante dessas regiões serem em áreas montanhosas e, sendo assim, também não há possibilidade de realizar a transmissão através de antenas.

Para solucionar esses problemas, a alternativa escolhida foi a Rede Metro Ethernet, que consiste em uma rede interligada em anéis por fibra óptica.

O projeto apresentado é baseado no que foi desenvolvido durante o período de estágio na regional do estado do Rio Grande do Sul da empresa Vivo S.A..

O projeto tem como objetivo apresentar, através de rotas fictícias, um trabalho semelhante ao que foi desenvolvido pela Vivo para a região central de Porto Alegre.

Os assuntos abordados serão tópicos relevantes sobre fibra óptica, introdução sobre Rede Metro Ethernet, especificações sobre o equipamento a ser utilizado e a elaboração do projeto (definição da rota fictícia a ser adotada, definição do número de sites da rota e orçamento).

Através deste trabalho, será possível apresentar a possibilidade de uma transmissão de qualidade sem utilizar os métodos habituais empregados, resultando no atendimento da necessidade de banda de dados dos clientes, sem adicionar custos abusivos para a operadora de telefonia móvel.

2 TÓPICOS RELEVANTES SOBRE FIBRA ÓPTICA

A Fibra Óptica (FO), inventada pelo físico indiano Narinder Singh Kanpany, é um longo e fino fio de vidro, muito puro, que tem aproximadamente o diâmetro de um fio de cabelo humano (que pode ser visualizado na Figura 1). Seu uso começou nos anos 60 com o aparecimento de fontes de luz de estado sólido, os LEDs e os lasers, além do aparecimento das fibras de vidro de alta qualidade livres de impurezas. ^[1]



Figura 1 Fibra óptica. [2]

As FOs são colocadas dentro de invólucros – cabos óticos – e são usadas para transmitir sinais luminosos através de longas distâncias sendo possível a transmissão de dados entre o emissor e receptor. As fibras trabalham como guias de feixes de luz, isto é, a luz que é aplicada, pelo emissor, numa das extremidades, percorre a fibra até sair pela outra extremidade, e ser decodificada pelo receptor. ^[1]

As fibras ópticas utilizam o fenômeno da reflexão interna total para transmitir feixes de luz a longas distâncias. O núcleo de vidro muito fino, feito de sílica com alto grau de pureza é envolvido por uma camada (também de sílica) com índice de refração mais baixo,

chamada de cladding (ou casca), o que faz com que a luz transmitida pelo núcleo de fibra seja refletida pelas paredes internas do cabo. [2]

Dentre as vantagens dos cabos de FO, em relação aos fios de cobre, estão a imunidade contra a diafonia, contra interferências eletromagnéticas e de radiofrequência. Devido a essa imunidade, a FO pode percorrer distâncias elevadas (maiores do que as obtidas em cabos de cobre) em alta velocidade. [3]

2.1 CONSTITUIÇÃO DOS CABOS DE FIBRA ÓPTICA

As FOs são finos fios feitos de sílica, silicone, vidro, nylon ou plástico, que são materiais dielétricos (isolantes elétricos) e transparentes para a faixa do espectro da luz visível e infravermelho próximo. [3]

A diferença entre sílica e silício é que o silício é o elemento Si puro, enquanto a sílica é composta por dióxido de silício, composto por um átomo de silício e dois de oxigênio. O silício é cinza escuro e obstrui a passagem da luz, enquanto a sílica é transparente. [2]

A FO, usada para as comunicações, é constituída pelos componentes, mostrados na Figura 2.

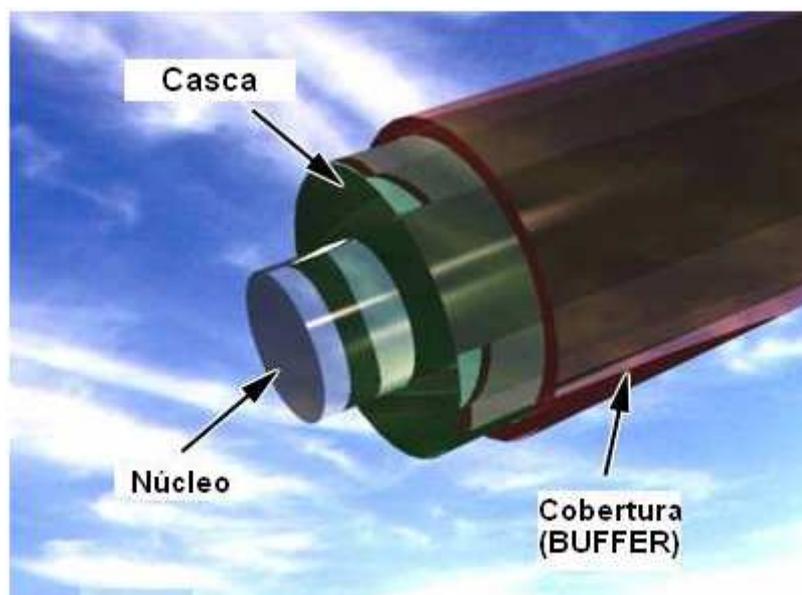


Figura 2 Constituição de uma FO. [1]

O núcleo é a parte central da fibra, de vidro de sílica fino, por onde se dá a propagação da luz até ao seu destino. ^[1]

A casca (cladding) é o material óptico exterior que envolve o núcleo e que reflete a luz para o seu interior. Este componente ajuda a reflexão da luz e protege ao mesmo tempo o núcleo da fibra. ^[1]

O núcleo e a casca são os dois componentes funcionais da FO. Eles formam um conjunto muito fino (cerca de 125 microns, ou seja, pouco mais de um décimo de um milímetro) e frágil, que é recoberto pelo buffer. ^[2]

O buffer é uma cobertura de plástico que protege a fibra de estragos e umidade, tem a finalidade de fortalecer o cabo e atenuar impactos. Dezenas destas FOs são colocadas dentro de invólucros, nos cabos ópticos. O cabo resultante é então protegido por uma malha de fibras protetoras, composta de fibras de Kevlar (que têm a função de evitar que o cabo seja danificado ou partido quando puxado) e por uma nova cobertura plástica, chamada de jacket, ou jaqueta, que sela o cabo. ^[2]

A Figura 3 mostra dois exemplos de uma única FO e na Figura 4 um cabo que contém várias FOs e compartilham as fibras de Kevlar e a cobertura externa. São destinados a links de longa distância e ao uso na área de telecomunicações. ^[2]

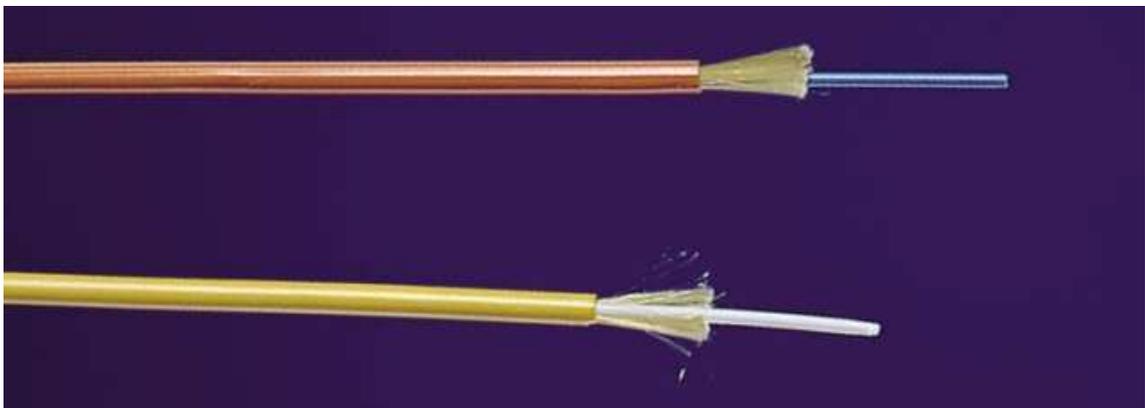


Figura 3 FOs únicas. [2]

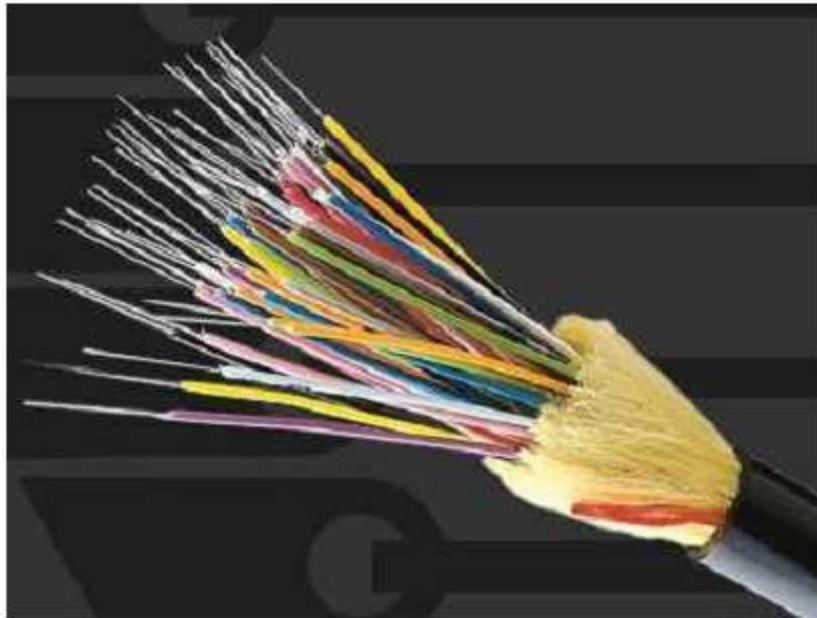


Figura 4 Cabos de FO que compartilham fibras de kevlar e cobertura externa. [2]

Como criar links de longa distância cavando valas ou usando cabos submarinos é muito caro, é normal que seja usado um volume de cabos muito maior que o necessário. Os cabos adicionais são chamados de fibra escura (dark fiber), pelo fato de não serem usados. Eles ficam disponíveis para expansões futuras e para substituição de cabos rompidos ou danificados. [2]

2.2 REVESTIMENTO SECUNDÁRIO DAS FIBRAS ÓPTICAS

O revestimento secundário tem por finalidade garantir a estabilidade dos parâmetros de transmissão na cablagem e evitar que esses mesmos parâmetros sejam alterados devido à micro curvaturas ou quaisquer tipos de esforços radiais, axiais, torção, abrasão, corrosão e efeitos de variação de temperatura. [1]

Esse revestimento pode ser fundamentalmente de dois tipos:

Loose-tube: o revestimento das FOs do tipo loose-tube, é simplesmente constituído, por uma proteção primária que envolve as fibras e as permite estarem soltas, de modo a

facilitar a mudança de posição sem as danificar. O tipo Loose-tube garante o bom funcionamento do sistema sem degradação mecânica e óptica da fibra. [1]

Tight-buffered: O revestimento das FOs do tipo tight-buffered, consiste na aplicação de uma camada de matéria plástica diretamente sobre a fibra, de modo a proteger cada fibra individualmente. O tipo Tight-buffered é utilizado em ligações interiores e cordões ópticos, pois tem boa resistência à abrasão e boa flexibilidade. [1]

Na Figura 5 são mostrados desenhos dos cortes transversais desses revestimentos.

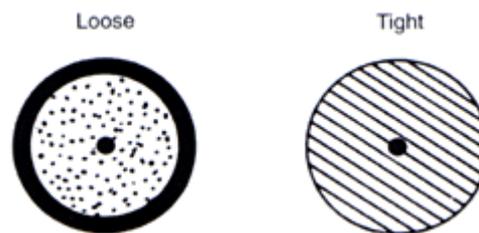


Figura 5 Corte transversal dos revestimentos Loose e Tight. [1]

Nos cabos ópticos com estrutura "Tight" (preso), as FOs com revestimento primário (silicone modificado, uretano e epóxi) recebem um revestimento secundário (nylon 12, polietileno e polipropileno), e são reunidas em grupos com cinco, seis ou oito fibras, em torno de um elemento de tração central, formando o núcleo do cabo. [3]

Nos cabos ópticos com estrutura "Loose" (solto), as fibras, após receberem ou não um revestimento secundário, são colocadas soltas no interior de um tubo de pequeno diâmetro ou numa ranhura de um perfil plástico. Os tubos são reunidos em torno do elemento central de tração, formando o núcleo do cabo. [3]

2.3 TIPOS DE CABOS E FIBRAS ÓPTICAS

2.3.1 Cabos Externos

Há uma linha de cabos ópticos, tipo "Loose", para lançamento externamente aos edifícios. Deve possuir proteção contra umidade e raios ultravioleta. Estes cabos externos

podem ser fabricados com uma única capa em polietileno, com duas capas ou com duas capas e ainda uma proteção metálica corrugada entre as elas. São lançados em dutos ou instalados de forma aérea. Existem cabos externos, que já vêm com uma estrutura de sustentação para a instalação destes de forma aérea (em postes, por exemplo).^[3]

2.3.2 Cabos Internos

Os cabos ópticos, tipo "Tight", para rede de computadores que são lançados internamente aos edifícios devem ser leves e flexíveis a fim de que possam ser instalados sem maiores dificuldades em locais de difícil acesso. São compostos de FOs envolvidas por fios de arame e protegidos com uma capa não inflamável, sendo o conjunto de FOs que compõem o cabo protegido por uma capa externa.^[3]

2.3.3 Fibras Monomodo – SMF (Single Mode Fiber)

As fibras de modo simples têm núcleos pequenos (aproximadamente 9 micrometros, ou menos, de diâmetro) e transmitem luz laser infravermelha (comprimento de onda de 1300 a 1550 nanômetros). Neste tipo de fibras o diâmetro do núcleo é tão pequeno que não há mais do que um modo de propagação. Logo, não existe dispersão intermodal. A largura de banda utilizável é maior do que em qualquer dos tipos de fibra multimodo. As fibras monomodo são as mais utilizadas em ligações telefônicas de longa distância, entre outras aplicações.^[1]

2.3.4 Fibras Multimodo – MMF (Multi Mode Fiber)

A fibra multimodo, mostrada na Figura 6, tem núcleo maior (aproximadamente 62,5 micrometros de diâmetro) e transmite luz infravermelha (comprimento de onda de 850 a 1300 nanômetros) a partir de LEDs.^[1]

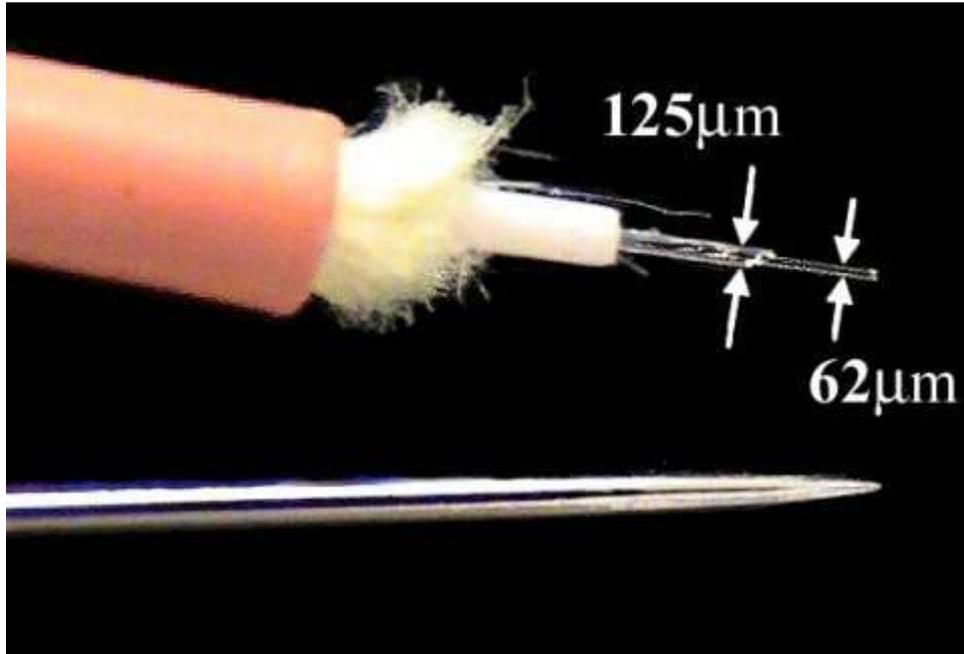


Figura 6 Fibra multimodo. [2]

Dentro das fibras multimodo ainda se distinguem dois tipos:

Step Index (índice em degrau): Neste tipo de fibra, o índice de refração do núcleo é constante. A energia de um impulso luminoso vai distribuir-se por todos os modos. Neste tipo de fibra há a dispersão intermodal, ou seja, dá-se um alargamento do impulso que é tanto maior quanto maior for o comprimento da fibra. Este fenômeno limita a aplicação deste tipo de fibra a curtas distâncias e a uma largura de banda de utilização inferior à de outros tipos. ^[1]

Graded Index (índice gradual): Neste tipo de fibra, o índice de refração do núcleo tem uma variação parabólica. Esta característica tem o efeito de aproximar os tempos de propagação dos vários modos, reduzindo a dispersão intermodal. A largura de banda utilizável é superior à da fibra Step Index. Pode assim ser utilizada em ligações telefônicas entre centrais e ligações de assinantes. ^[1]

2.4 COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE FIBRAS

As fibras multimodo são mais baratas e o núcleo mais espesso demanda uma precisão menor nas conexões, o que torna a instalação mais simples, mas, em compensação, a sua largura de banda é menor e a atenuação do sinal luminoso é muito maior. ^[2]

Isso acontece porque o pequeno diâmetro do núcleo das fibras monomodo faz com que a luz se concentre em um único feixe, que percorre todo o cabo com um número relativamente pequeno de reflexões. O núcleo mais espesso das fibras multimodo, por sua vez, favorece a divisão do sinal em vários feixes separados, refletindo em diversas direções dentro do cabo, aumentando substancialmente a perda durante a transmissão, que pode ser visualizado na Figura 7. ^[2]

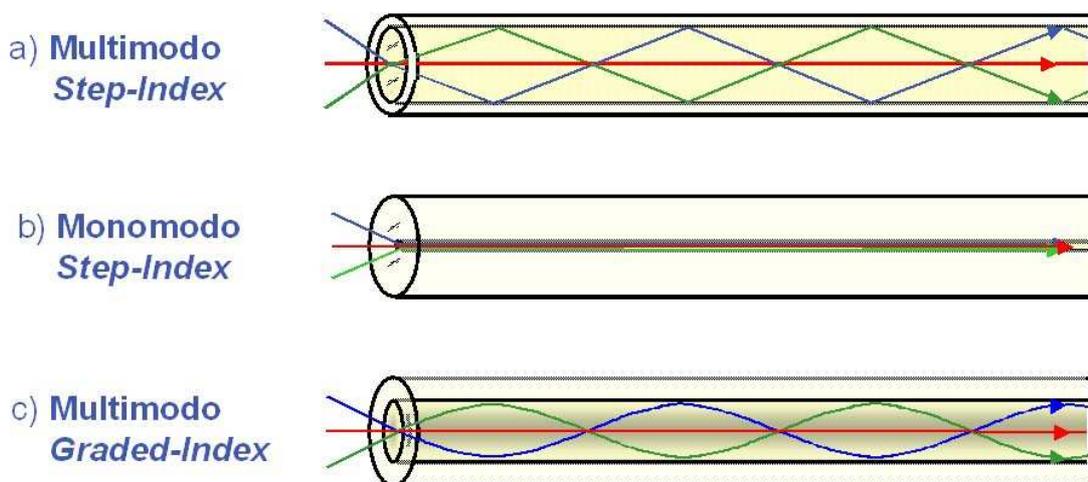


Figura 7 Ilustração dos feixes de luz nas FOs. [4]

Para efeito de comparação, as fibras multimodo permitem um alcance de até 550 metros no Gigabit Ethernet e 300 metros no 10 Gigabit, enquanto as fibras monomodo podem atingir até 80 km no padrão 10 Gigabit. Esta enorme diferença faz com que as fibras multimodo sejam utilizadas apenas em conexões de curta distância, já que sairia muito mais caro usar cabos multimodo e repetidores do que usar um único cabo monomodo de um ponto ao outro. ^[2]

2.5 TRANSMISSÃO DA LUZ NA FIBRA ÓPTICA

A luz, num cabo de FO, viaja através do núcleo, refletindo constantemente na casca (paredes com os espelhos alinhados), um princípio chamado de reflexão interna total (ilustrado na Figura 8). Como a casca não absorve nenhuma luz do núcleo, a onda de luz pode percorrer grandes distâncias. No entanto, parte do sinal luminoso degrada-se ao longo da fibra, principalmente devido às impurezas no vidro. A extensão da degradação do sinal luminoso depende da pureza do vidro e do comprimento de onda da luz transmitida ^[1] (por exemplo, 850 nm \approx 3 dB/km; 1300 nm \approx 0,5 dB/km; 1550 nm \approx 0,2 dB/km). ^[5]

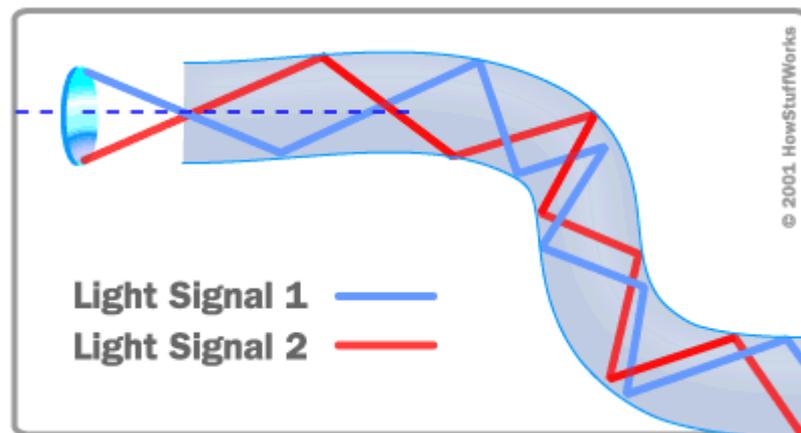


Figura 8 Diagrama da reflexão interna total numa FO. [1]

A transmissão de dados usando sinais luminosos é realizada utilizando um transmissor óptico, que converte o sinal elétrico no sinal luminoso enviado através da fibra e um receptor, que faz o processo inverso. O transmissor utiliza uma fonte de luz, combinada com uma lente, que concentra o sinal luminoso, aumentando a percentagem que é efetivamente transmitida pelo cabo. Do outro lado, é usado um receptor ótico, que amplifica o sinal recebido e o transforma novamente nos sinais elétricos que são processados. ^[2]

Para reduzir a atenuação, não é utilizada luz visível, mas sim luz infravermelha com comprimentos de onda de 850 a 1550 nanômetros, de acordo com o padrão de rede usado. Antigamente, eram utilizados LEDs nos transmissores, já que eles são uma tecnologia mais

barata, mas com a introdução dos padrões Gigabit e 10 Gigabit eles foram quase que inteiramente substituídos por lasers, que oferecem um chaveamento mais rápido, suportando, assim, a velocidade de transmissão exigida pelos novos padrões de rede. ^[2]

2.6 CABOS ÓPTICOS COMERCIAIS

Serão apresentados cabos do fabricante Prysmian, contudo este pode não ser o aplicado no projeto, devido ao fato do serviço de implantação de FO ser terceirizado pela Vivo. Os valores de custo, que serão apresentados posteriormente, abrangem o material e o serviço de instalação.

2.6.1 Cabo Óptico Sustentado

É usado para vão de 80 m, 120 m e 200 m. Comporta até 144 FOs. ^[6] As principais características desse cabo óptico são:

- Especialmente projetado para instalação aérea auto-sustentado. ^[6]
- Capa externa de polietileno resistente à luz solar e capa interna de polietileno como proteção adicional. ^[6]
- Tecnologia “loose tube” garante tensão axial zero nas FOs na operação. ^[6]

Na Figura 9 (a) é mostrado o desenho de um cabo óptico sustentado.

2.6.2 Cabo Óptico Enterrado

Comporta até 144 FOs. As principais características desse cabo óptico são:

- Especialmente projetado para instalação subterrânea diretamente enterrada. ^[7]
- Capa externa de polietileno e revestimento interno de proteção contra cupins. ^[7]
- Proteção dielétrica contra roedores. ^[7]
- Tecnologia “loose tube” garante tensão axial zero nas FOs na operação. ^[7]

A Figura 9 (b) mostra o desenho de um cabo óptico enterrado.

Construção do cabo
Cable construction
Construcción del cable

1. Elemento central
Central member
Elemento central
2. Fibras ópticas
Optical fibers
Fibras ópticas
3. Tubos de termoplástico
Thermoplastic tubes
Tubos de termoplástico
4. Fitas de enfaixamento
Wrapping tapes
Cinta de recubrimiento
5. Capa de polietileno
Polyethylene jacket
Cubierta de polietileno
6. Fios de sustentação
Strength yarns
Hilos de sustentación
7. Capa de polietileno
Polyethylene jacket
Cubierta de polietileno



(a)

Construção do cabo
Cable construction
Construcción del cable

1. Elemento central dielétrico
Dielectric central member
Elemento central dieléctrico
2. Fibras ópticas
Optical fibers
Fibras ópticas
3. Tubos termoplásticos preenchidos com geléia
Jelly filled loose tubes
Tubos termoplásticos rellenos con gel
4. Fitas de enfaixamento
Wrapping tapes
Cintas de fajadura
5. Fita de enfaixamento waterblocking
Wrapping waterblocking tape
Cinta de fajadura waterblocking
6. Capa de polietileno
Polyethylene sheath
Cubierta de polietileno
7. Revestimento de poliamida
Polyamid cover
Revestimento de poliamida
8. Fita de fibra de vidro
Fiberglass tape
Cinta de fibra de vidro
9. Capa de polietileno
Polyethylene jacket
Cubierta de polietileno



(b)

Figura 9 Cabo Óptico Prysmen. (a) sustentado; (b) enterrado. [6] [7]

3 INTRODUÇÃO À REDE METRO ETHERNET

A Rede Metro Ethernet foi motivada por uma demanda por maiores velocidades de comunicação, sendo assim, as operadoras necessitam disponibilizar serviços cada vez mais rápidos e com confiabilidade, além de ter uma estrutura de rede adequada. Caso não suprirem esta demanda de mercado poderão ter sua lucratividade e crescimento prejudicados. ^[8]

Trata-se de um novo modelo de arquitetura em redes que foi desenvolvido com características voltado à vazão, confiabilidade e agilidade dos meios em que se encontra inserido. Tal estrutura une a alta capacidade de tráfego em áreas densamente povoadas, com o uso do padrão Ethernet. ^[8]

Metro Ethernet é um modo de utilizar redes Ethernet em áreas metropolitanas e geograficamente distribuídas. Esse conceito surgiu devido, de acordo com alguns estudos, ao tráfego de dados estar superando o tráfego de voz nessas áreas, portanto as operadoras de telecomunicações precisam adequar sua estrutura, anteriormente voltada para redes TDM, criada para a transmissão de voz, ao tratamento de pacotes em redes IP, utilizada em uma infraestrutura de transmissão de dados. ^{[8][9]}

As vantagens oferecidas para provedores e assinantes são:

- Flexibilidade (para aumento de banda por demanda, por exemplo);
- Fácil manutenção;
- Fácil gerenciamento;
- Equipamentos mais baratos do que nas redes mais “antigas” (ATM, SONET, FR, etc.);
- Mais largura de banda para os clientes do que utilizando outras tecnologias como DSL ou Cable Modems;
- Possibilidade de o cliente pagar apenas pela banda utilizada (fácil implementação deste controle no lado da operadora). ^[9]

A maior parte dos sistemas de telecomunicações é construída de uma combinação composta de diversas tecnologias de rede, aplicações e sistemas de gerência resultando num sistema de alta complexidade. Em decorrência desta diversidade tecnológica, operações como provisionamento, supervisão e treinamento tem seus custos consideravelmente elevados. As redes de nova geração trazem consigo o intuito de simplificar este processo através de uma nova arquitetura baseada somente em redes IP e tecnologia óptica. ^[8] A tecnologia de rede se caracteriza pela oferta de serviços avançados com custo inferior ao de outras tecnologias concorrentes, como o SDH e o ATM. ^[10]

Devido ao grande volume de dados que esta nova estrutura pode lidar, torna-se possível difusão comercial do triple-play, com pacotes de serviços de voz, vídeo e dados (acesso a Internet), beneficiando os clientes de uma forma geral com produtos inovadores e de melhor qualidade. ^[8] ^[10]

O modelo básico da Rede Metro Ethernet comporta um provedor de serviços conectado a equipamentos de redes locais ou consumidores, com interfaces padrões que operam com taxas de 10 a 100 Mbps, ou de 1 e 10 Gbps, conforme o serviço prestado. ^[10]

3.1 SEGMENTOS DA REDE METRO ETHERNET

Com o objetivo de dar vazão ao amplo volume de dados dos grandes centros urbanos, as arquiteturas das redes metropolitanas provêm as ligações entre a rede de acesso e o backbone da operadora. ^[8]

Com ênfase no acesso, agregação e prestação de serviços a Rede Metro Ethernet tem a seguinte divisão:

Metro Access (Acesso da Metro): Este é o segmento que representa a parcela da última milha, que é a parte da rede que alcança o cliente final. ^[8]

Metro Edge (Borda da Metro; Agregação): Este segmento constitui o primeiro nível de agregação na Metro, as conexões que deixam o segmento de acesso são concentradas nestes equipamentos localizados dentro da operadora. [8]

Metro Core (“Núcleo” da Metro): Este segmento se apresenta como um segundo nível de agregação, concentrando vários links de equipamentos da Borda da Metro que por sua vez, se conectam com a WAN da operadora ou backbone IP. [8]

Na Figura 10 é exemplificado uma topologia Metro Ethernet e como os segmentos access, edge e core estão distribuídos. [8]

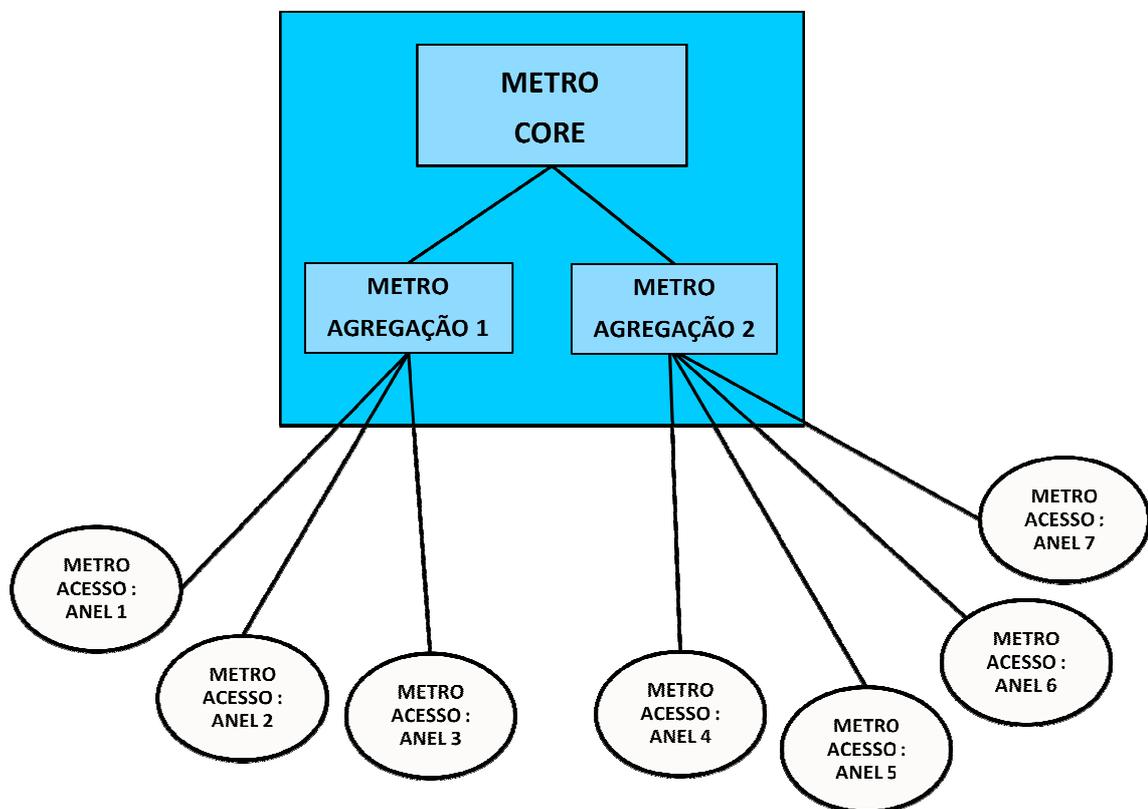


Figura 10 Diagrama de uma topologia Metro Ethernet.

Na prática esta terminologia da Rede Metro Ethernet pode ser um tanto confusa, em alguns casos há apenas um nível de agregação onde o primeiro acesso do cliente é feito diretamente no Metro Edge ou mesmo no Metro Core, dependendo das necessidades da operadora ou condições da infraestrutura de transporte local. [8]

3.2 TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE METRO ETHERNET

A comutação óptica pode oferecer menor custo de investimento, pois simplifica a arquitetura dos nós da rede e diminui significativamente o tamanho dos equipamentos de roteamento. Essa tecnologia abrange a comutação e a transmissão inteiramente óptica do sinal nos equipamentos das redes de telecomunicações. Atualmente há preocupações relacionadas aos limites de capacidade dos comutadores eletrônicos convencionais para atender a demanda de tráfego em redes de IP/DWDM. ^[10]

Os serviços Metro Ethernet e suas aplicações, não dependem necessariamente de tecnologia Ethernet para o transporte dos dados. A Rede Metro pode ser construída sobre diferentes tecnologias, tais como:

Ethernet over SONET/SDH (EoS): Por ser a tecnologia mais utilizada em backbones de operadoras, a infraestrutura SDH incita grande interesse para uso no transporte de quadros Ethernet, utilizando a estrutura da tecnologia SDH é possível ao EoS um perfeito transporte com alta aptidão de Operação, Administração e Manutenção (OAM). Com o uso do EoS os principais atributos SONET/SDH são mantidos, tais como a restauração rápida, o monitoramento do link de qualidade e o da gerência de rede já implementadas. ^[8]

Ethernet over WDM (EoW): WDM é a tecnologia que permite a multiplexação de sinais ópticos em uma única fibra, usando diferentes comprimentos de onda para cada sinal. Assim é possível transmitir em um mesmo enlace de fibra diferentes canais, multiplicando sua capacidade e possibilitando a comunicação bidirecional. As operadoras se valem desta característica por permitir o aumento considerável nas taxas de transmissão de dados. ^[8]

Ethernet over RPR (EoR): A tecnologia RPR surgiu no final dos anos 90 incentivada pela crescente demanda das redes de transporte, e prometia agregar a eficiência da rede IP com a capacidade robusta das redes SDH. As redes RPR são organizadas para transmitir

pacotes em anel, otimizar e garantir o uso da banda, atraso e variação do atraso através da definição de classes de dados. ^[8]

Ethernet over Fiber (EoF): A tecnologia EoF caracteriza-se por usar exclusivamente a tecnologia Ethernet para transmissão dos dados e atua nas camadas 1 e 2 do modelo de referência OSI. Desta maneira pode-se evitar o uso de tecnologias de nível 1 como o SDH, interligando a rede diretamente a switches Gigabits gerenciáveis. ^[8]

3.3 ACESSO 3G SOBRE METRO ETHERNET

O serviço 3G permite ao cliente uma grande mobilidade no seu acesso à Internet, e em conjunto com a rede Metro Ethernet mais pontos de distribuição tornam-se possíveis, pois no serviço 3G é indispensável uma grande distribuição de seus equipamentos abrangendo áreas de cobertura mais ampla possível. ^[8]

A rede Metro Ethernet está preparada para dar vazão a este volume de dados, trazendo inúmeros benefícios a sociedade, pois é cada vez maior o número de smartphones, tablets e netbooks adquiridos nas grandes cidades, e a organização deve suprir as necessidades e anseios dos clientes. ^[8]

4 ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO A SER UTILIZADO

A seguir serão apresentados os equipamentos que foram utilizados no projeto que tem como objetivo de mostrar, simplificada, os recursos oferecidos pelos mesmos.

O OptoX PTN é a nova geração de plataforma de transporte óptico metropolitano desenvolvido pela Huawei. No projeto foram usados os modelos OptiX PTN 1900 e OptiX PTN 3900. [11][12]

Devido ao serviço de dados estar em ampla expansão, as operadoras necessitam de largura de banda cada vez maior, demandando maior flexibilidade. [11][12]

Como uma rede de comutação de circuitos, o SDH baseado em rede de transportes multiserviços é inaplicável aos serviços de dados que apresentam ruptura e flexibilidade. [11][12]

Além disso, a conexão IP não deve ser usada como uma rede de transporte de telecomunicações porque não pode garantir a qualidade e desempenho de serviços importantes. [11][12]

Com a tecnologia PWE3, tecnologia MPLS, bem como a OAM e o mecanismo de comutação de proteção, o equipamento é capaz de fornecer serviços de qualidade em uma rede de transporte de pacotes e da rede de transporte SDH. A Figura 11 mostra o equipamento OptiX PTN 1900. [11][12]



Figura 11 Equipamento OptiX PTN 1900. [11]

O OptiX PTN 1900 é aplicado principalmente na camada de convergência e na camada de acesso de uma rede de transportes metropolitanos. Ele acessa do lado do cliente a uma rede de transporte de pacotes. ^{[11][12]}

O PTN OptiX 3900 (Figura 12) é aplicado no segmento metro agregação e metro Core de uma Rede Metro Ethernet, transporta os serviços de pacotes e os converge para uma rede backbone IP/MPLS. Suporta rede CWDM, como também placas de rede SDH e DWDM para realizar o trabalho em uma rede backbone WDM/SDH. Isso facilita a evolução suave da rede de comutação TDM para uma rede de comutação de pacotes. ^[12]



Figura 12 Equipamento OptiX RTN 3900. [12]

4.1 FUNÇÕES E CARACTERÍSTICAS

O OptiX PTN suporta vários tipos de serviços (alguns descritos a seguir) e fornece funções e recursos abundantes para garantir a qualidade do serviço de transporte e eficiência. ^{[11][12]}

Tipos de serviços: suporta serviços Ethernet, serviços ATM e serviços emuladores de circuitos (CES). ^{[11][12]}

Serviço de Capacidade de Processamento: é categorizada na capacidade de comutação e da capacidade de acesso ao serviço. O OptiX PTN 1900 suporta o serviço de comutação baseada em pacotes, fornece capacidade de comutação unidirecional de 10 Gbit/s na entrada e na saída, ou seja, capacidade de comutação bidirecional de 20 Gbit/s. Já o OptiX PTN 3900 fornece capacidade de comutação unidirecional de 320 Gbit/s na entrada e na saída, ou seja, capacidade de comutação bidirecional de 640 Gbit/s. ^{[11][12]}

Tipos de interface: as interfaces externas são classificadas em interfaces de serviços e administração e interfaces auxiliares. ^{[11][12]}

Capacidade de trabalho em rede: suporta modos de rede diferentes para aplicar a diferentes cenários. ^{[11][12]}

QoS: qualidade de serviço (QoS) de gestão ponta a ponta, e, portanto, fornece transporte de alta qualidade que são diferenciadas por serviço. ^{[11][12]}

Características OAM: suporta operações Ethernet, administração e manutenção (OAM) e MPLS OAM, para realizar rápido a detecção de defeitos e para acionar a mudança de proteção. Desta forma, a qualidade do serviço é garantida na rede de comutação de pacotes. ^{[11][12]}

Non-Stop Forwarding (NSF): a transmissão dos dados pode ser realizada adequadamente, mesmo quando o plano de controle do equipamento está com defeito. Neste os serviços da rede são protegidos. ^{[11][12]}

4.1.1 Módulos Funcionais

Os módulos funcionais do OptiX PTN (Figura 13) incluem o módulo de processamento de serviço, módulo de gestão e controle, módulo de dissipação de calor e módulo de alimentação. ^{[11][12]}

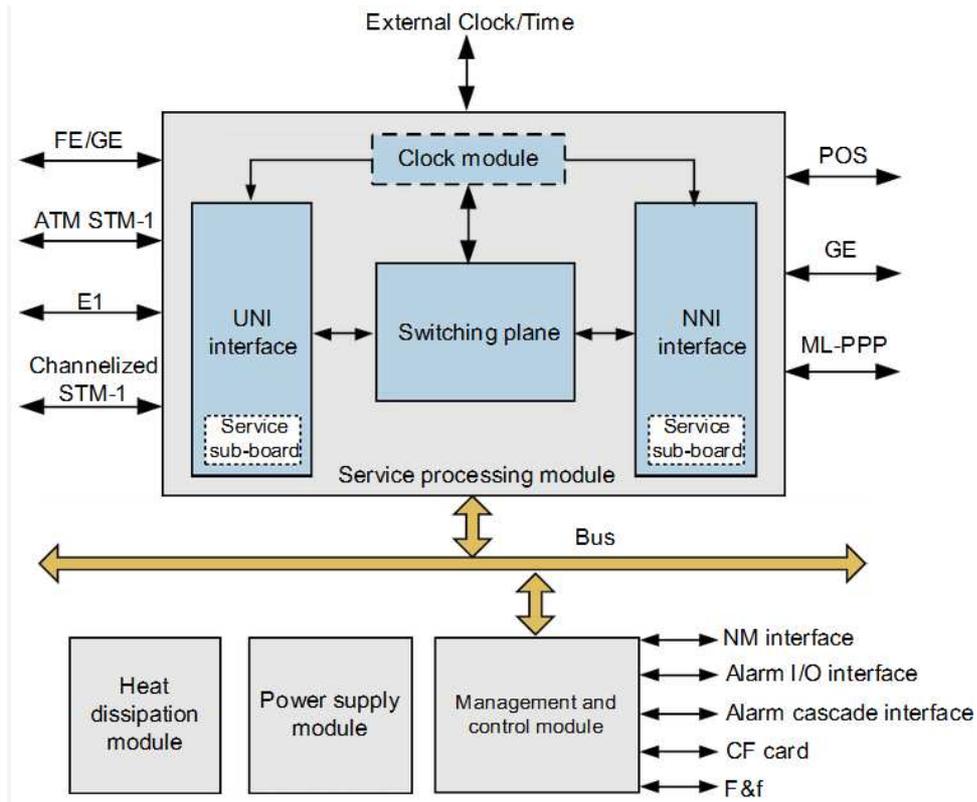


Figura 13 Módulo Funcional do OptiX PTN. [11]

4.2 HARDWARE

4.2.1 OptiX PTN 1900

O equipamento consiste em subrack e placas. O subrack do OptiX PTN 1900 é uma estrutura dual-layer, consiste na área da placa de processamento (usada para abrigar o controle do sistema, unidade de cross-connect e multiprotocolo), área da placa de interface (abriga as placas de interface), área da placa de alimentação e abastecimento (usada para abrigar a fonte e as placas de energia) e área fan (que é usada para abrigar o conjunto da bandeja do ventilador e filtro de ar), conforme a Figura 14. [11]

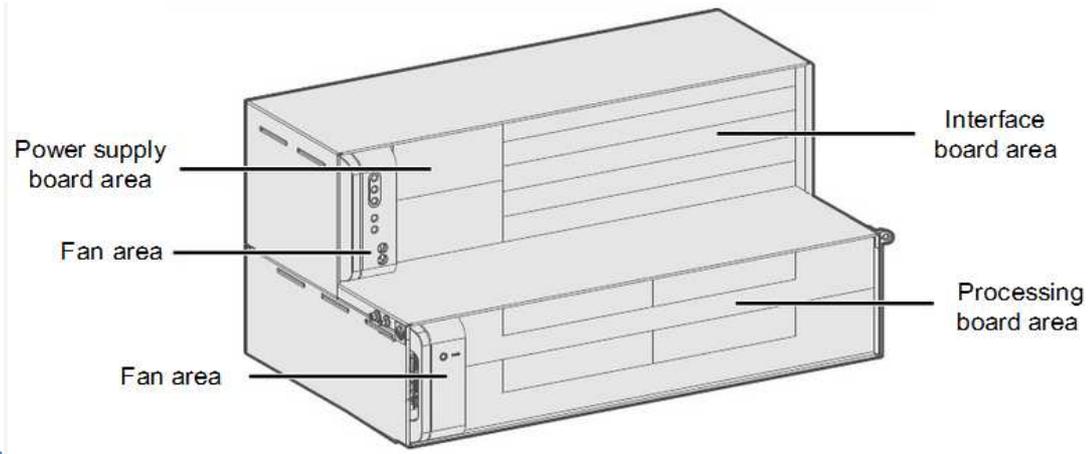


Figura 14 Estrutura do subrack do OptiX PTN 1900. [11]

A Figura 15 mostra o layout dos slots do equipamento.

SLOT 10 (FANA)	SLOT 8(PIU)	SLOT 3
		SLOT 4
		SLOT 5
	SLOT 9(PIU)	SLOT 6
		SLOT 7
SLOT 11 (FANB)	SLOT 1	SLOT 1-1
		SLOT 1-2
	SLOT 2	SLOT 2-1
		SLOT 2-2

Figura 15 Layout dos slots do OptiX PTN 1900. [11]

A camada superior tem oito slots e camada inferior tem três slots. Os slots 1 e 2 tem dois subslots para placas. Na Tabela 1 estão as placas que são válidas em cada slot. ^[11]

Tabela 1 Placas OptiX PTN 1900. [11]

Board	Full Name	Valid Slot	Key Function
CXP	System control, cross-connect and multiprotocol processing board	Slots 1 - 2	Acts as a service processing board and processes services accessed.
PIU	Power interface unit	Slots 8 - 9	Accesses the external power supply.
FANA	Fan board for the interface board area	Slot 10	Dissipates heat generated by the equipment.
FANB	Fan board for the processing board area	Slot 11	
MDI	32 x E1 hybrid service sub-board	Slots 1-1, 1-2, 2-1 and 2-2	<ul style="list-style-type: none"> • Processes E1 signals. • Accesses and processes channelized STM-1 and ATM STM-1 signals.
CDI	2 x channelized STM-1 sub-board	Slots 1-1, 1-2, 2-1 and 2-2	
ADI	2 x ATM STM-1 sub-board	Slots 1-1, 1-2, 2-1 and 2-2	
AFOI	8 x ATM STM-1 interface board	Slots 3 - 7	-
ETFC	12 x FE electrical interface board	Slots 3 - 7	-
EFF8	8 x FE optical interface board	Slots 3 - 7	-

4.2.2 OptiX PTN 3900

O equipamento consiste em subrack e placas. O subrack do OptiX PTN 3900 é uma estrutura dual-layer. O sub-bastidor consiste em área de placa de processamento (usado para abrigar as placas de processamento e as subplacas de serviço), área de placa de interface (usado para abrigar as placas de interface), área de matriz de comutação (usado para abrigar a placa de cross-conect e timing), área de placa do sistema de controle (usado para abrigar

o sistema de controle, comunicação e processamento auxiliar), área da placa de alimentação (usada para abrigar a fonte e as placas de energia), área fan (usado para abrigar o conjunto da bandeja do ventilador e filtro de ar) e área de roteamento através de fibra (usado para fibras e cabos externos). O que pode ser visualizado na Figura 16. [12]

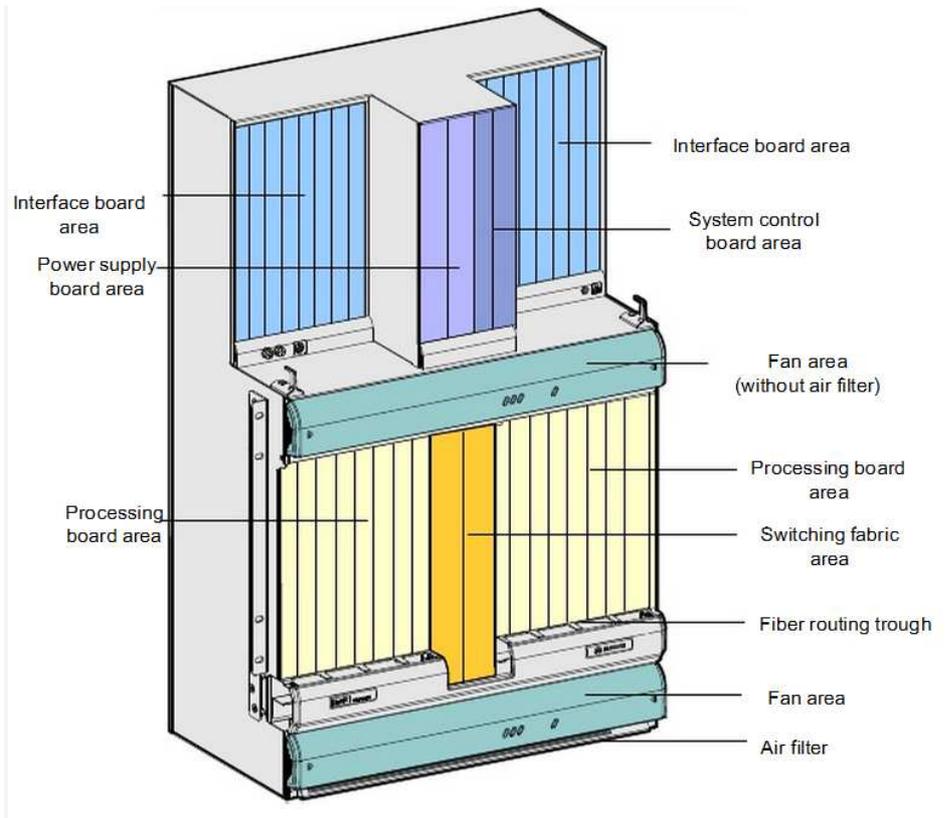


Figura 16 Estrutura do subrack do OptiX PTN 3900. [12]

Tabela 2 Placas OptiX PTN 3900. [12]

Board	Full Name	Valid Slot	Key Function	
SCA	System control, communication and auxiliary processing unit	Slots 29 - 30	Performs the system control function.	
XCS	Cross-connect and synchronous timing unit	Slots 9 - 10	<ul style="list-style-type: none"> • Grooms services . • Provides the clock and time . 	
PIU	Power interface unit	Slots 27 - 28	Accesses the external power supply.	
FAN	Fan board	Slots 39 - 40	Dissipates heat for boards	
EX2	2-port 10 Gigabit Ethernet Switching Processing Board	Slots 1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, and 17	<ul style="list-style-type: none"> • Accesses and processes 10GE, GE, channelized STM-1 and ATM STM-1 signals. • Processes E1 signals . 	
EG16	16-port GE Ethernet processing board	Slots 1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, and 17		
MP1	Multi-protocol (TDM/IMA/ATM/ML-PPP) multi-interface (E1/STM-1) mother processing board	Slots 1 - 8 and 11 - 18		
MD1	32 x E1 service sub-board	Slots 1 - 5 and 14 - 18		
MQ1	63 x E1 service sub-board	Slots 1 - 5 and 14 - 18		
CD1	2-port channelized STM-1 sub-board	Slots 1 - 8 and 11 - 18		
AD1	2-port ATM STM-1 sub-board	Slots 1 - 8 and 11-18		
ASD1	2-port ATM STM-1 sub-board with SAR function	Slots 1 - 8 and 11 - 18		
AFO1	8 x ATM STM-1 interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		Accesses ATM STM-1, FE, GE, POS STM-1/STM-4 and E1 signals.
ETFC	12 x FE electrical interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
EFF8	8 x FE optical interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
EFG2	2 x GE optical interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
POD41	2 x 622/155 Mbit/s POS interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
D12	32 x E1 120-ohm electrical interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
D75	32 x E1 75-ohm electrical interface board	Slots 19 - 26 and 31 - 38		
CMR2	2-channel optical add/drop multiplexing board	Slots 1 - 8 and 11 - 18	Adds or drops coarse wavelength division multiplexing (CWDM) signals.	
CMR4	4-channel optical add/drop multiplexing board	Slots 1 - 8 and 11 - 18		

5 O PROJETO

Como foi mencionado, o projeto proposto baseia-se com o que foi realizado na área central de Porto Alegre pela Vivo/RS devido à necessidade do aumento da banda de dados nessa região e a impossibilidade de up grade nos equipamentos existentes.

5.1 DEFINIÇÃO DA ROTA FICTÍCIA ADOTADA

A rota fictícia adotada é composta de três anéis de fibra óptica e cada um desses tem quatro sites mais o “site pilar”, onde os anéis se concentram. Na Figura 18 é representada, genericamente, a Rede Metro Ethernet projetada.

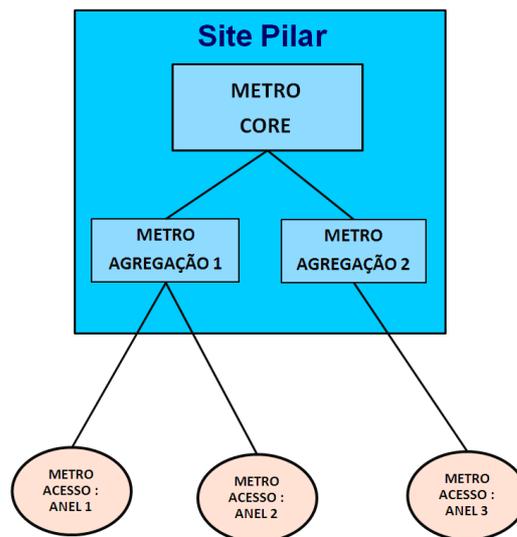


Figura 18 Rede Metro Ethernet

O comprimento dos anéis, assim como a distância entre os sites, foi determinado de forma que não fosse necessária alteração do equipamento em cada site em relação ao projeto original.

Os sites foram nomeados com a sequência do alfabeto (site A, site B, site C, etc.) e sua sigla composta de três letras (STA, STB, STC, etc.). A Figura 19 abaixo ilustra a união dos três anéis que compõe o projeto, onde “STP” indica a localização do “site pilar”. Todos os

sites são “rooftop”, ou seja, estão localizados em cima de prédios residenciais e/ou comerciais.

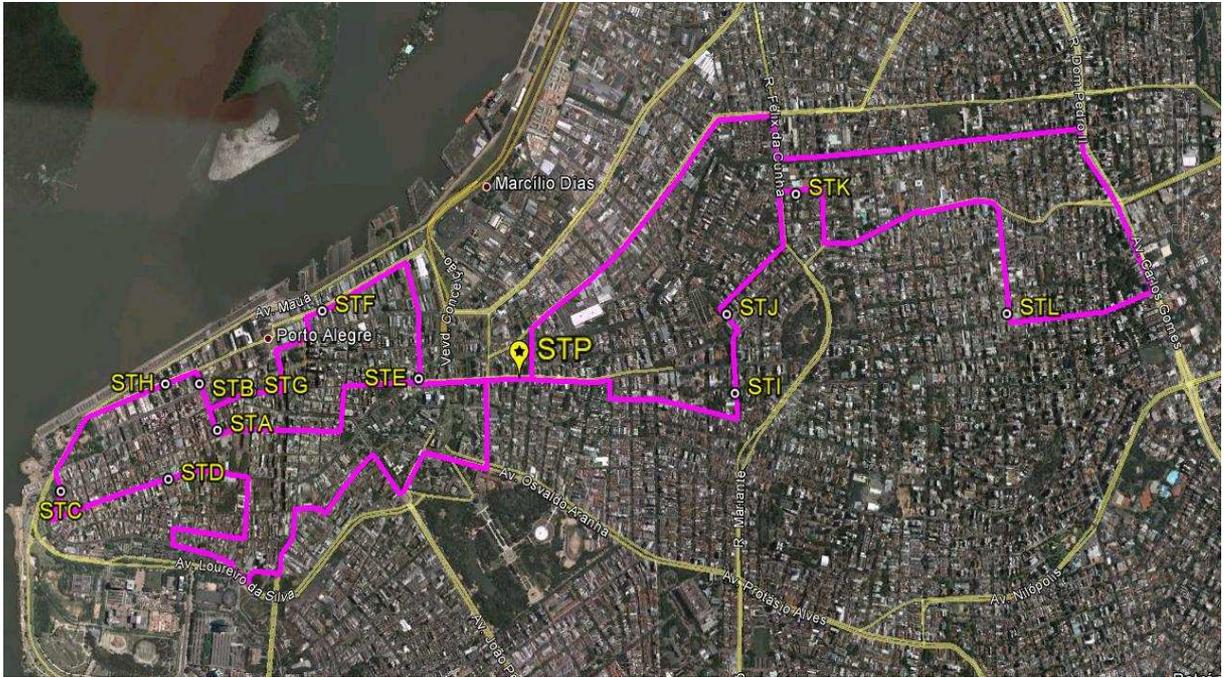


Figura 19 Traçado da Rede Metro Ethernet.

Na Figura 20 podemos visualizar com maior clareza os três anéis e a sobreposição do anel 1 com o anel 2.

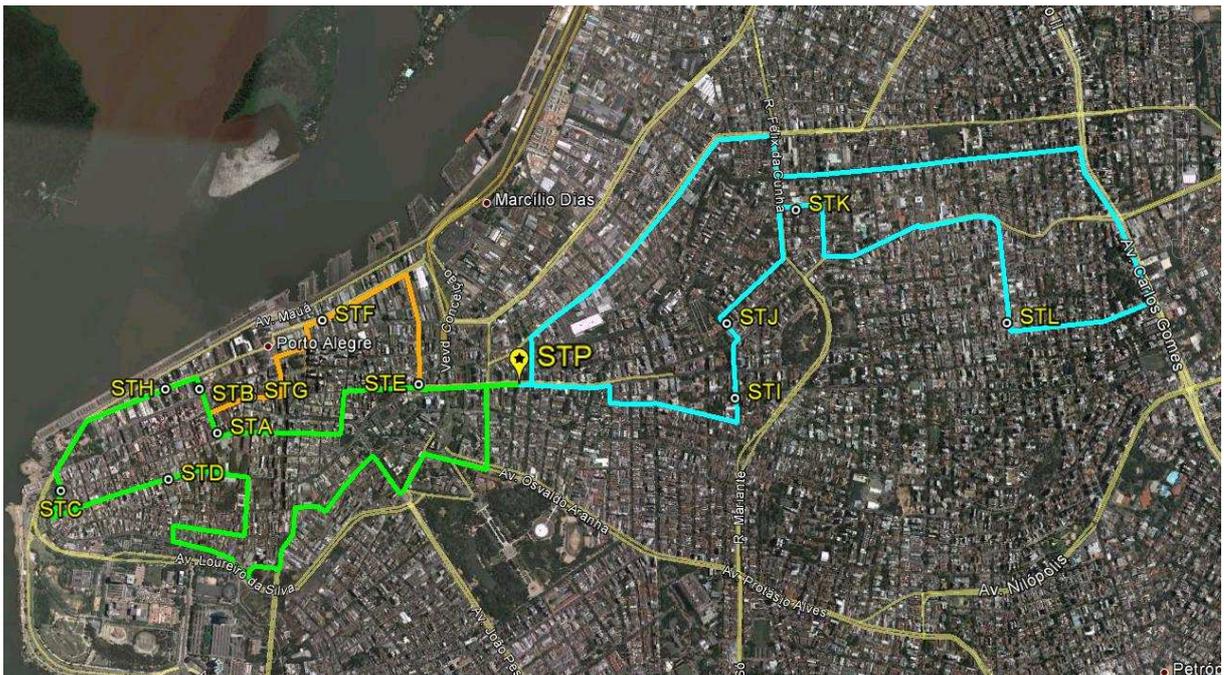


Figura 20 Traçado da Rede Metro Ethernet com distinção dos três anéis.

Anel 1: é composto pelo site A, site B, site C, site D e o “site pilar”, todos existentes. Possui, aproximadamente, 7,9 km e está localizado, principalmente, no bairro Centro de Porto Alegre. Este pode ser visualizado na Figura 21.

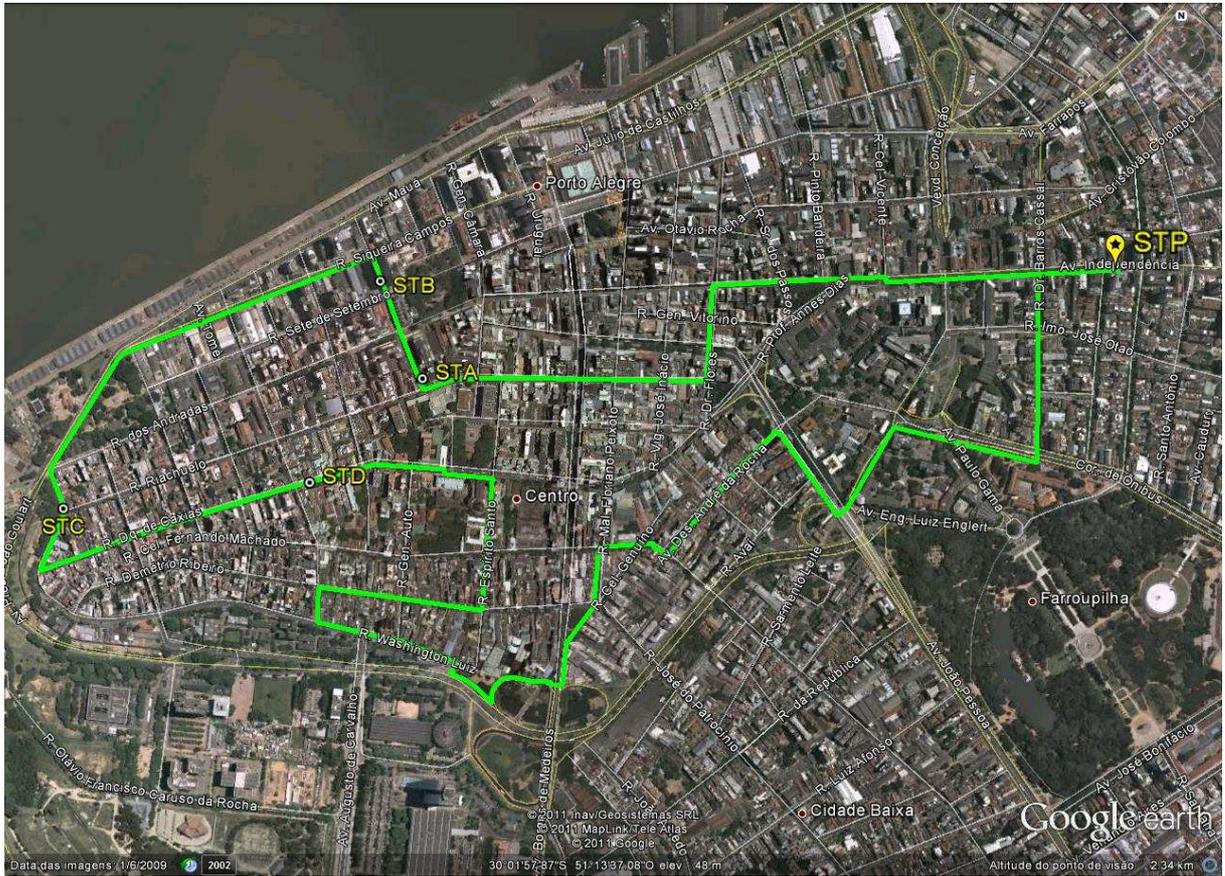


Figura 21 Traçado do Anel 1.

Anel 2: é composto pelo site E, site F, site G, site H e o “site pilar”. Seu comprimento é de aproximadamente 8,5 km e se encontra, em sua maior parte, no bairro Centro da Capital. O anel possui os sites STE e STG novos e os sites STF e STH existentes. O mesmo é mostrado na Figura 22.



Figura 22 Traçado do Anel 2.

Anel 3: é composto pelo site I, site J, site L, site M e o “site pilar”. Possui, aproximadamente, 9,65 km e percorre os bairros Floresta, Mont’serrat, Auxiliadora, Moinhos de Vento e Independência da cidade. Este anel é composto por sites novos, devido à comparação que será realizada, posteriormente, na análise de custo. A Figura 23 apresenta o anel 3.



Figura 23 Traçado do Anel 3.

5.2 ANÁLISE DE CAPACIDADE

Para calcular qual a capacidade que deverá ter o anel foi estudada a taxa de dados que cada site necessita. Assim, a capacidade do anel será composta da soma dos valores de seus sites e adjacentes.

O cálculo da taxa de dados foi determinado da seguinte maneira:

- estudo da quantidade de sites que convergem e/ou convergirão para o site do anel.

- determinação de qual deveria ser a taxa de dados por site na situação atual e, também, futuramente. Desta forma, foi estabelecido o valor mínimo e o valor máximo da taxa de dados de cada anel.

Foi fixado o valor de 50 Mbps por site na situação atual e 100 Mbps por site na ampliação. A Figura 24 apresenta o diagrama do anel 1.

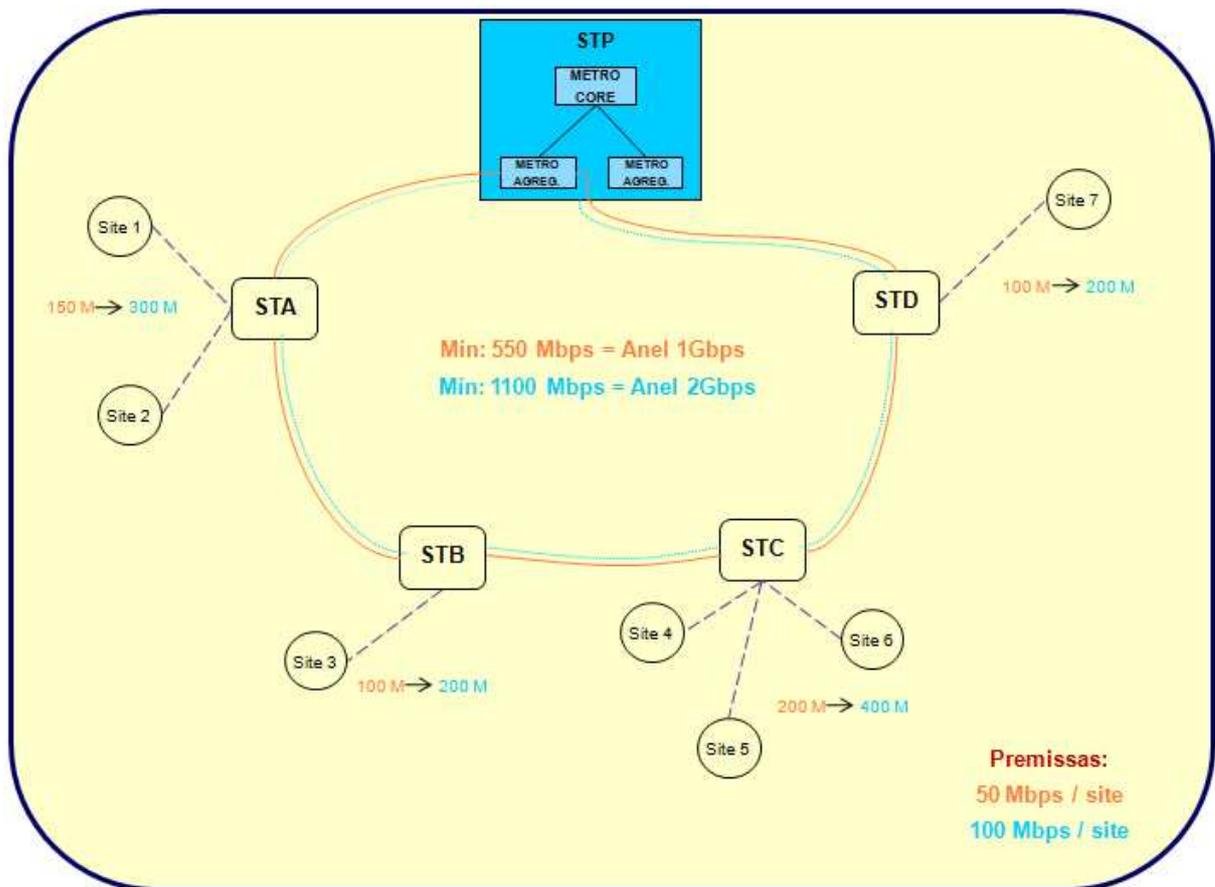


Figura 24 Diagrama de capacidade do anel 1.

O diagrama do anel 2 (Figura 25) mostra a composição mista de sites novos e existentes.

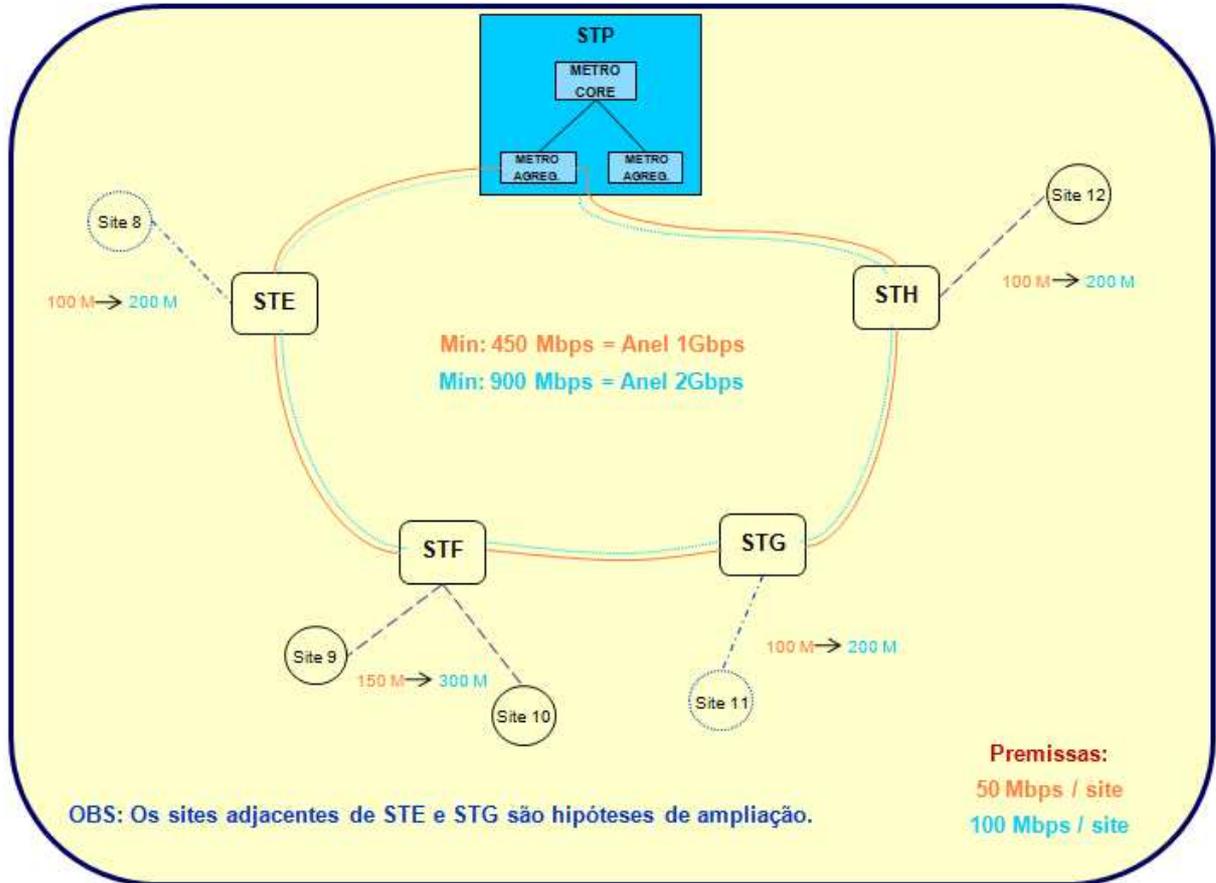


Figura 25 Diagrama de capacidade do anel 2.

O anel 3 (Figura 26), formado por sites novos, foram feitas previsões de possíveis ampliações para o cálculo de sua capacidade.

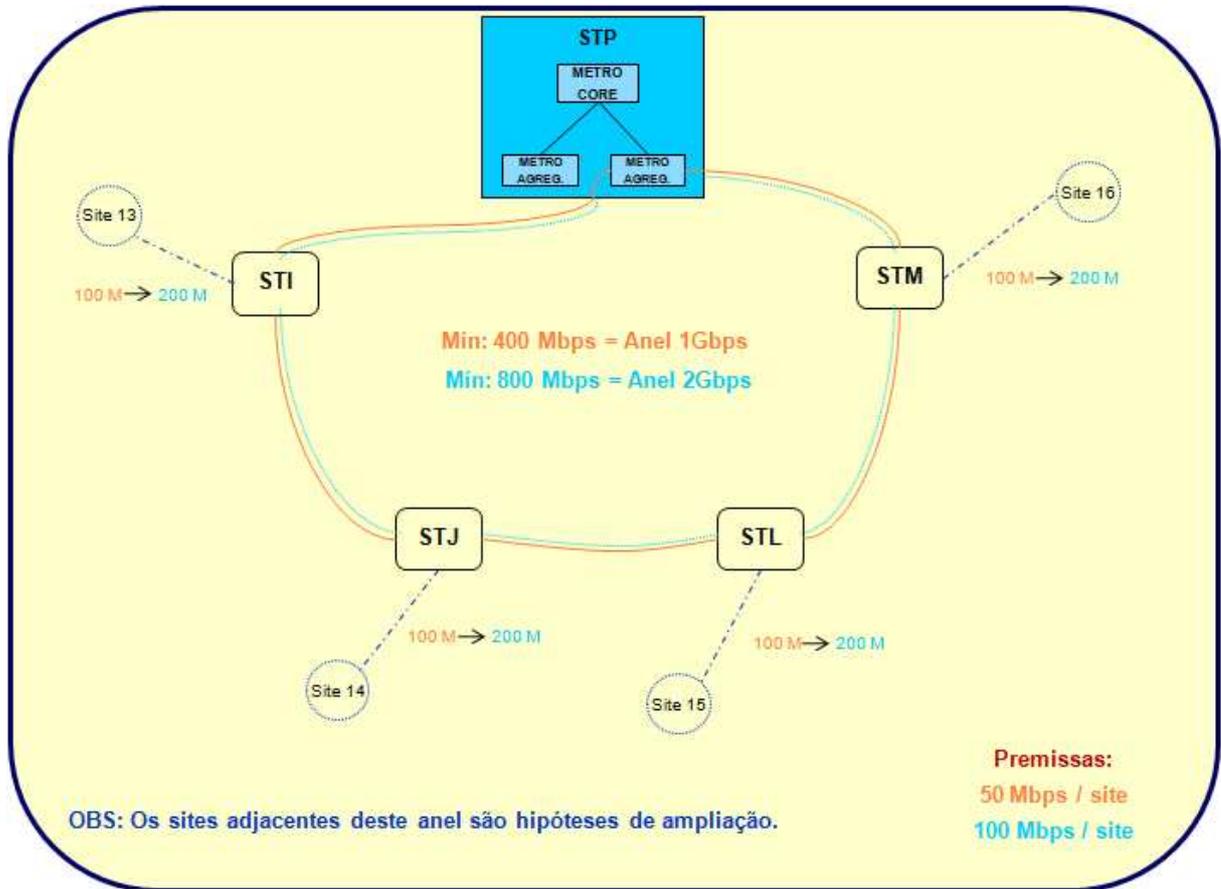


Figura 26 Diagrama de capacidade do anel 3.

É perceptível o superdimensionamento dos anéis. Esse procedimento foi adotado a fim de prolongar a durabilidade do estudo realizado. Assim, protelando um up grade na rede e nos equipamentos.

5.3 ORÇAMENTO DO PROJETO

Para a análise do custo foram considerados os seguintes itens:

- Implantação da fibra (rede aérea e subterrânea);
- Equipamentos;
- Novos sites.

Primeiramente serão apresentados os valores de cada item e após será feito o custo de cada anel e também comparação entre eles. O custo é composto por hardware, material de instalação importado, material de instalação nacional, software e serviço. O valor é dado em Reais, considerando US\$1 igual a R\$1,90 (cotação referente à data de compra). Nos anéis 2 e 3 também há o valor para a construção de novos sites. As Tabelas 3 e 4 a seguir mostram os valores que os sites tem em comum.

Tabela 3 Custo OptiX PTN 1900

OptiX PTN 1900	
Descrição	Preço Unitário (com Impostos)
Hardware	RS 20.127,58
Material de Instalação Nacional	RS 294,82
Material de Instalação Importado	RS 3.514,76
Serviço	RS 3.305,83
Software	RS 7.682,73
TOTAL: RS 34.925,72	

Tabela 4 Custo OptiX PTN 3900

OptiX PTN 3900	
Descrição	Preço Unitário (com Impostos)
Hardware	RS 129.798,36
Material de Instalação Importado	RS 1.061,34
Material de Instalação Nacional	RS 6.275,68
Serviço	RS 7.416,12
Software	RS 38.907,26
TOTAL: RS 183.458,76	

Os anéis são compostos por quatro sites principais (que efetivamente fazem parte do anel) e seus sites adjacentes. Alguns dos sites serão novos e seu custo foi retirado de um tutorial do site Teleco, devido ao fato do projeto original não conter este item. ^[13] A Tabela 5 apresenta o custo do anel 1 que é formado somente por sites já existentes.

Tabela 5 Descrição dos Custos do Anel 1.

Anel 1				
Descrição	Quantidade	Preço Unitário (com Impostos)		Preço Total (com Impostos)
Hardware	4	R\$	20.127,58	R\$ 80.510,32
Material de Instalação Nacional	4	R\$	294,82	R\$ 1.179,28
Material de Instalação Importado	4	R\$	3.514,76	R\$ 14.059,04
Serviço	4	R\$	3.305,83	R\$ 13.223,32
Software	4	R\$	7.682,73	R\$ 30.730,92
Novos sites	0	R\$	765.800,00	R\$ 0,00
TOTAL: R\$				139.702,88

A Tabela 6 mostra o custo do anel 2 que é composto por dois sites existentes e dois sites novos.

Tabela 6 Descrição dos Custos do Anel 2.

Anel 2				
Descrição	Quantidade	Preço Unitário (com Impostos)		Preço Total (com Impostos)
Hardware	4	R\$	20.127,58	R\$ 80.510,32
Material de Instalação Nacional	4	R\$	294,82	R\$ 1.179,28
Material de Instalação Importado	4	R\$	3.514,76	R\$ 14.059,04
Serviço	4	R\$	3.305,83	R\$ 13.223,32
Software	4	R\$	7.682,73	R\$ 30.730,92
Novos sites	2	R\$	765.800,00	R\$ 1.531.600,00
TOTAL: R\$				1.671.302,88

O custo do anel 3 é exibido na Tabela 7. O mesmo é formado apenas por sites novos.

Tabela 7 Descrição dos Custos do Anel 3.

Anel 3					
Descrição	Quantidade	Preço Unitário (com Impostos)		Preço Total (com Impostos)	
Hardware	4	RS	20.127,58	RS	80.510,32
Material de Instalação Nacional	4	RS	294,82	RS	1.179,28
Material de Instalação Importado	4	RS	3.514,76	RS	14.059,04
Serviço	4	RS	3.305,83	RS	13.223,32
Software	4	RS	7.682,73	RS	30.730,92
Novos sites	4	RS	765.800,00	RS	3.063.200,00
TOTAL: RS				RS	3.202.902,88

O site Pilar tem sua particularidade devido aos equipamentos que o compõe. Existem dois equipamentos OptiX PTN 1900, um para o segmento Metro Agregação 1 que reúne os anéis 1 e 2 e outro para o Metro Agregação 2 que recebe o anel 3 (conforme foi mostrado na Figura 18). Além destes, há um OptiX PTN 3900 para o segmento Metro Core, responsável pela unificação de toda rede Metro Ethernet. O seu custo é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 Descrição dos Custos do Site Pilar

Site Pilar						
Descrição		Quantidade	Preço Unitário (com Impostos)		Preço Total (com Impostos)	
<i>Metro Agregação</i>	Hardware	2	RS	20.127,58	RS	40.255,16
	Material de Instalação Nacional	2	RS	294,82	RS	589,64
	Material de Instalação Importado	2	RS	3.514,76	RS	7.029,52
	Serviço	2	RS	3.305,83	RS	6.611,66
	Software	2	RS	7.682,73	RS	15.365,46
	Subtotal: RS				RS	69.851,44
<i>Metro Core</i>	Hardware	1	RS	129.798,36	RS	129.798,36
	Material de Instalação Nacional	1	RS	1.061,34	RS	1.061,34
	Material de Instalação Importado	1	RS	6.275,68	RS	6.275,68
	Serviço	1	RS	7.416,12	RS	7.416,12
	Software	1	RS	38.907,26	RS	38.907,26
	Subtotal: RS				RS	183.458,76
TOTAL: RS				RS	253.310,20	

5.3.1 Comparações

Para realizar as comparações entre os anéis, será considerada a implantação da fibra óptica aérea (normalmente, junto à da rede elétrica) e subterrânea, além dos itens já apresentados. A Tabela 9 mostra os valores para a implantação da FO em cada anel.

Tabela 9 Valores para Implantação de FO.

Implantação de fibra óptica						
Tipo		Valor/km (aproximado)		Extensão do Anel*	Valor Total	
Anel 1	Aérea	RS	8.000,00	8 km	RS	64.000,00
	Subterrânea	RS	70.000,00	8 km	RS	560.000,00
Anel 2	Aérea	RS	8.000,00	9 km	RS	72.000,00
	Subterrânea	RS	70.000,00	9 km	RS	630.000,00
Anel 3	Aérea	RS	8.000,00	10 km	RS	80.000,00
	Subterrânea	RS	70.000,00	10 km	RS	700.000,00

* Os valores foram aproximados para o número inteiro acima do valor obtido, devido às emendas e folgas de FO. Com isso alcançará valores mais fidedignos.

É visível a diferença entre o custo para implantação de FO aérea e o custo para implantação de FO subterrânea, e o motivo é simples, é mais complicada a instalação da FO subterrânea. Entretanto, ela cada vez é mais utilizada, pois a possibilidade de danificação é menor, desta forma tem-se baixo valor de manutenção. Além disso, há locais onde não é possível a implantação de rede aérea, pois o posteamento é inexistente e não é permitida a instalação dos mesmos. A Tabela 10 apresenta o custo total por anel com rede aérea e com rede subterrânea.

Tabela 10 Custo Total por Anel.

	Custo Anel		Implant. da FO		Custo Total	
Anel 1	(ref. Tabela 5)		(ref. Tabela 9)			
Rede aérea	R\$	139.702,88	R\$	64.000,00	R\$	203.702,88
Rede subterrânea	R\$	139.702,88	R\$	560.000,00	R\$	699.702,88
Anel 2	(ref. Tabela 6)		(ref. Tabela 9)			
Rede aérea	R\$	1.671.302,88	R\$	72.000,00	R\$	1.743.302,88
Rede subterrânea	R\$	1.671.302,88	R\$	630.000,00	R\$	2.301.302,88
Anel 3	(ref. Tabela 7)		(ref. Tabela 9)			
Rede aérea	R\$	3.202.902,88	R\$	80.000,00	R\$	3.282.902,88
Rede subterrânea	R\$	3.202.902,88	R\$	700.000,00	R\$	3.902.902,88

O custo total do projeto de Rede Metro Ethernet para a região traçada é mostrada na Tabela 11.

Tabela 11 Custo Total do Projeto

PROJETO METRO ETHERNET		
Descrição	Preço (com Impostos)	
Rede Aérea		
Anel 1	R\$	139.702,88
Anel 2	R\$	1.671.302,88
Anel 3	R\$	3.202.902,88
Site Pilar	R\$	253.310,20
Implantação da FO aérea (27 km)	R\$	216.000,00
TOTAL: R\$		5.483.218,84
Rede Subterrânea		
Anel 1	R\$	139.702,88
Anel 2	R\$	1.671.302,88
Anel 3	R\$	3.202.902,88
Site Pilar	R\$	253.310,20
Implantação da FO subterrânea (27 km)	R\$	1.890.000,00
TOTAL: R\$		7.157.218,84

6 CONCLUSÃO

Com o avanço tecnológico que há atualmente, é imprescindível a busca por novas soluções e tecnologias, ou adaptação de tecnologias já existentes em áreas antes não abrangidas. Desta forma que a Rede Metro Ethernet foi aplicada à telefonia móvel.

Através deste projeto foi possível perceber que, apesar de ser eficiente, não há uma grande complexidade em se aplicar os conceitos desta tecnologia aos serviços de telefonia móvel.

A decisão da viabilidade de sua execução depende, entre outros, da rede que a empresa possui, pois isso minimiza drasticamente as despesas. A implantação de FO (que pode chegar a 31% do custo para anéis com FO aérea e 80% para anéis com FO subterrânea) e a construção de novos sites (que pode chegar a 93% do custo para anéis com FO aérea e 78% para anéis com FO subterrânea) são fatores que representam uma grande parcela do orçamento. No projeto original, realizado pela Vivo, houve poucos locais de implantação de FO e todos os sites eram existentes, por isso seu custo não foi demasiadamente elevado, pois os gastos foram, em sua maior parte, em equipamentos (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

Outro fator importante a ser considerado é que através do projeto é possível diminuir as antenas MW que são as maiores responsáveis pela sobrecarga nas torres. Além disso, muitas vezes, essas antenas que serão retiradas de um site, serão reaproveitadas em outro, gerando economia para a empresa.

O enfoque da Rede Metro Ethernet é o aumento de banda com qualidade e confiabilidade, que pode ser realizado ou incrementado sem maiores dificuldades.

REFERÊNCIAS

- [1] Duque, Filipe; Silva, Óscar *Fibra Óptica*. In: Disciplina Redes de Computadores. 2005, 25 de Janeiro.
- [2] <http://www.hardware.com.br/livros/redes/fibra-optica.html>. Acesso em 22/08/2011.
- [3] <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/fibra-optica/cabo-de-fibra-optica-1.php>. Acesso em 21/08/2011.
- [4] <http://www.melhorseguranca.info/2009/02/fibra-optica-multimodo-vs-monomodo.html>. Acesso em 05/09/2011.
- [5] http://paginas.fe.up.pt/~hsalgado/co/como_03_atenuacaoedispersao.pdf. Acesso em 09/09/2011.
- [6] <http://www.prysmian.com.br/export/sites/prysmian-ptBR/telecom/pdfs/cfoaaspkp.pdf>. Acesso em 22/11/2011.
- [7] <http://www.prysmian.com.br/export/sites/prysmian-ptBR/telecom/pdfs/cfoaderg.pdf>. Acesso em 22/11/2011.
- [8] Bilhalva, Thiago *Aplicação de Redes Metro Ethernet em Ambiente de Telecom*. In: Curso de Tecnologia em Redes de Computadores, 2011, Canoas.
- [9] <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfsbb/default.asp>. Acesso em 23/08/2011.
- [10] http://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1_N1_jan_dez_2005/pdf/artigo1_Furtado.pdf. Acesso em 13/09/2011.
- [11] <http://pt.scribd.com/doc/36276170/PTN1900-Product-Description>. Acesso em 17/11/2011.
- [12] <http://pt.scribd.com/doc/35940495/PTN3900-Product-Description>. Acesso em 18/11/2011.
- [13] <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialestacaotelecom/default.asp>. Acesso em 23/11/2011.