

**FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA**

**CHARLES PORTES DA SILVA**

**REDES DE FIBRA ÓPTICA EM MEIO URBANO  
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH EM CARATINGA**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DOCTUM – MINAS GERAIS  
2013**

**CHARLES PORTES DA SILVA**

**REDES DE FIBRA ÓPTICA EM MEIO URBANO  
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH EM CARATINGA**

Monografia apresentada à Faculdade Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica sob orientação do professor Ricardo Botelho Campos.

**DOCTUM – MINAS GERAIS  
2013**

*O fracasso pode ser dividido entre os que pensaram e nunca fizeram e os que fizeram e nunca pensaram.*

**W. A. Nance**

Ao Deus Todo Poderoso, pela sabedoria, conhecimento e entendimento derramados sobre minha vida e sem o qual não seria e nem teria nada.

Ao total apoio e suporte da minha família, minha esposa Môrilha, meus tesouros Isis e Yan, meus pais Roberto e Ziláh, minha tia Esmeralda, meus tios, a Dona Ivonete e família dentro outros que contribuíram para meu crescimento intelectual.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DOCTUM por possibilitar a minha qualificação profissional como Engenheiro Eletricista, ao coordenador do curso pelas dicas e cobranças e especialmente ao meu orientador Ricardo por todo o apoio e suporte para que fosse possível a realização deste trabalho.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARPANET	-	<i>Advanced Research and Projects Agency Network</i> (Tradução livre: rede da agência de projetos e pesquisa avançados)
CO	-	<i>Central Office</i> (Tradução livre: escritório central)
dB	-	Decibéis
DGO	-	Distribuidor Geral Óptico
DIO	-	Distribuidor Interno Óptico
FOB	-	<i>Fisa Optic Block</i> (Tradução livre: bastidor de emenda)
FTTH	-	<i>Fiber to the Home</i> (Tradução livre: fibra para o lar)
HFC	-	<i>Hybrid Fiber Coax</i> (Tradução livre: fibra coaxial híbrida)
Hz	-	Hertz
Km	-	Quilômetro
LASER	-	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> (Tradução livre: amplificação de luz por emissão de radiação estimulada)
LED	-	<i>Light Emitting Diode</i> (Tradução livre: diodo emissor de luz)
NAP	-	<i>Network Access Point</i>
NM	-	namômetro
NSFNET	-	<i>National Science Foundation Network</i> (Tradução livre: rede da fundação nacional de ciência)
OLT	-	<i>Optical Line Terminal</i> (Tradução livre: terminal de linha óptica)
ONU	-	<i>Optical Network Unit</i> (Tradução livre: unidade de rede óptica)
ONT	-	<i>Optical Network Terminal</i> (Tradução livre: terminal de rede óptica)
PON	-	<i>Passive Optical Network</i> (Tradução livre: rede passiva óptica)
WDM	-	<i>Wavelength Division Multiplexing</i> (Tradução livre: divisão de onda por multiplexação)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Estrutura de Cabo coaxial.....	27
Figura 2	-	Estrutura de Cabo <i>thinnet</i> .....	28
Figura 3	-	Estrutura de Cabo <i>thicknet</i> .....	29
Figura 4	-	LASER e LED operando na janela de transmissão de 1310 nm .....	37
Figura 5	-	Estrutura de uma fibra óptica .....	38
Figura 6	-	Estrutura de uma fibra óptica .....	39
Figura 7	-	Fibra óptica multimodo índice degrau .....	40
Figura 8	-	Propagação de onda luminosa em fibra multimodo índice gradual .....	40
Figura 9	-	Propagação de onda luminosa em fibras multimodo índice degrau e gradual .....	41
Figura 10	-	Propagação de onda luminosa em fibra monomodo.....	42
Figura 11	-	Estrutura de Rede FTTH PON .....	44
Figura 12	-	Estrutura de Rede FTTH PON .....	44
Figura 13	-	Estrutura de Rede FTTH PON .....	46
Figura 14	-	Conectores Ópticos.....	47
Figura 15	-	Representação de multiplexação da fibra.....	48
Figura 16	-	Imagem de satélite do Condomínio Morada do Lago I .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Dados demográficos do Condomínio Morada do Lago I .....	52
Tabela 2	-	Cálculo de perdas em DB .....	53
Tabela 3	-	Cálculos de atenuação .....	53
Tabela 4	-	Orçamento para Implantação de Rede FTTH no Condomínio Morada do Lago I .....	54
Tabela 5	-	Orçamento para implantação de Rede FTTH para mil assinantes.....	54



## **RESUMO**

Em um mundo globalizado, cada vez mais pessoas precisam de acesso à informação e tecnologia por meio da internet, aumentando, conseqüentemente, a necessidade de meios para que este acesso seja facilitado. Todavia, o aumento da necessidade de transmissão de dados força os meios convencionais (via cabo coaxial e de cobre) a seus limites máximos de transmissão. Ainda, o desenvolvimento de novas tecnologias tem obrigado empresas do ramo das telecomunicações a revisarem seus projetos de redes, de modo a atender a essa demanda crescente de usuários e dados. Nesse contexto, será realizado um estudo apontando a migração da atual rede HFC (Hybrid Fiber Coax) para uma rede FTTH (Fiber To The Home) como possível solução ao problema de limite de banda de tráfego de dados, bem como apresentando sugestões quanto a custo benefício desta migração. Afinal, a atual demanda de serviços de telecomunicações (mesmo incluindo ofertas de triple play) ainda é insuficiente para cobrir os enormes investimentos até o usuário final onde a fibra óptica será levada e, como o custo deste investimento não deverá ser repassado ao cliente, à empresa deverá ofertar novos produtos e serviços baseados nessa tecnologia, de modo a obter novas fontes de renda.

**Palavras chave:** Fibra Óptica – HFC – FTTH

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS.....	13
I. TRANSMISSÃO DE DADOS E A INTERNET: BREVE HISTÓRICO ..	19
1.1. Meios Antigos de Transmissão de Informações e Mensagens .....	19
1.1.1. Do Telegrama e do Código Morse .....	19
1.2. Do Surgimento da Internet .....	21
1.3. Dos Cabos Coaxiais como Meio de Transmissão de Dados.....	26
1.3.1. Cabos Coaxiais Finos (Thinnet – rede fina) .....	27
1.3.2. Cabos Coaxiais Grossos (Thicknet – rede grosso) .....	28
II. DO AUMENTO NA DEMANDA POR INTERNET .....	30
2.1. Aspectos Gerais .....	30
2.2. Do Aumento na Demanda por Internet em Caratinga - MG .....	33
III. FIBRA ÓPTICA E REDE FTTH .....	35
3.1. Estrutura da Fibra Óptica .....	35
3.1.1. Espécies de Fibra Óptica .....	39
3.2. Redes FTTH ( <i>Fiber To The Home</i> ) .....	42
3.2.1 Da Multiplexação.....	49
3.4. Projeto de Implantação de Rede FTTH em Caratinga - MG.....	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
ANEXOS.....	63
ANEXO I – Projeto de Implantação de Rede FTTH em Caratinga – MG.....	64

## INTRODUÇÃO

Esta monografia tem o objetivo de formar opinião e demonstrar a grande vantagem do uso da fibra óptica nas redes de telecomunicações devido à sua alta capacidade de transmissão de dados, possibilitando a implantação de uma rede FTTH (*Fiber To The Home*) em Caratinga, pois a infraestrutura de banda larga é essencial para o desenvolvimento econômico e tecnológico.

Será apresentando um estudo de implantação, citando questões técnicas e financeiras tendo como conclusão a viabilidade, ou não, considerando-se o custo da infraestrutura das soluções de acesso já existentes como, por exemplo, a rede HFC (*Hybrid Fiber Coax*), e levando-se em consideração que o limite de transmissão desta rede está quase em seu limite máximo de tráfego de dados.

A fibra óptica ganha cada vez mais mercado, visto que proporciona uma alta confiabilidade, substituindo assim antigas tecnologias, tais como cabos coaxiais e de cobre.

No entanto, esta tecnologia ainda é pouco utilizada no Brasil, apesar de todas as suas vantagens em transmitir dados muito mais rapidamente, sejam dados da internet, TV ou telefonia.

Em um futuro não muito distante, a tecnologia FTTH será largamente utilizada, embora o fator custo seja pelo menos inicialmente, um fator limitante para tal.

Nesse sentido, a presente monografia pretende responder à seguinte questão: será mesmo que a tecnologia FTTH é melhor do que as que já são usadas hoje? Os resultados esperados pretendem mostrar como a tecnologia funciona em todos os sentidos, se ela é mais segura e mais eficiente do que a atual HFC.

Dentre os objetivos deste estudo, destacam-se: detalhar os princípios de funcionamento da fibra óptica, demonstrar as vantagens e desvantagens estruturais de uma rede FTTH em um comparativo com uma rede HFC e dimensionar a viabilidade ou não de migração da tecnologia HFC para FTTH.

Busca-se com esta monografia estudar e apresentar o histórico e evolução da comunicação Óptica, explicando como se processa a transmissão de dados através da Fibra Óptica, o funcionamento de uma rede FTTH em comparativo a uma rede HFC.

Metodologicamente partir-se-á de um estudo qualitativo, com enfoque descritivo, sobre os textos referentes à Migração de uma rede HFC para FTTH, através dos quais este pesquisador tem procurado compreender a transmissão de dados em redes passivas e ativas, tomando-se como marco teórico o entendimento esposado por Forzati.

No primeiro capítulo será exposto o histórico dos meios de transmissão de dados em geral, mais especialmente por meio de cabos coaxiais e fios de cobre, analisando o seu funcionamento, benefícios e desvantagens.

O segundo capítulo abordará o crescente aumento da demanda por velocidade e capacidade de transmissão de dados, notadamente pela internet, cujas tecnologias atreladas, bem como avanços na democratização do acesso à informação e, também, os avanços econômicos e sociais vêm exigindo cada vez mais capacidade e velocidade.

Por fim, o terceiro capítulo tratará dos problemas ligados às formas convencionais de transmissão de dados, analisando a tecnologia FTTH em comparativo a HFC, tendo com sustentação as ideias do autor Marco Forzati consideradas como básicas e os artigos expostos na revista RTI e outros encontrados no site da empresa Furukawa, entre outros como complementares.

A migração desta tecnologia pouco conhecida que é a FTTH certamente solucionará vários problemas comuns e que podem facilmente ser eliminados com a substituição dos meios convencionais de transmissão, que hoje seriam o cobre e os cabos coaxiais, que se encontram em seu limite, eis que sua estrutura não suporta a implantação de novas tecnologias.

## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

A utilização de luz ou ondas na região visível do espectro eletromagnético foi um dos primeiros elementos utilizados pelo homem para transferência de informações.

Fogueiras, superfícies refletoras e lâmpadas sinalizadoras foram ao longo do tempo meios efetivos de comunicação e as distâncias atingidas eram limitadas pela sensibilidade do olho humano.

Todavia, já no princípio pôde-se identificar a utilização de três elementos básicos de um sistema de comunicação: transmissor (farol e seu espelho refletor da luz), meio de transmissão (ar) e o olho humano como receptor (necessário entender a codificação usada).

Conforme a comunicação evoluiu, desenvolveram-se também as necessidades humanas por informações, que se tornaram cada vez mais disponíveis.

Muito se estudou e evoluiu no decorrer de séculos para o desenvolvimento e aplicação das comunicações, criando-se as chamadas redes, conforme ensina Tanenbaum:

Com o passar dos anos, o sistema de televisão a cabo cresceu, e os cabos entre as várias cidades foram substituídos por fibra óptica de alta largura de banda, de forma semelhante ao que aconteceu no sistema telefônico. Um sistema com fibra nas linhas principais e cabo coaxial nas ligações para as residências e chamado sistema HFC (Hybrid Fiber Coax — sistema híbrido de cabo coaxial e fibra). Os conversores eletro-ópticos que constituem a interface entre as partes óptica e elétrica do sistema são chamados Nós de fibra. Pelo fato de a largura de banda da fibra ser muito maior que a dos cabos coaxiais, um Nó de fibra pode alimentar vários cabos coaxiais.<sup>1</sup>

Diante disso, as operadoras devem ficar atentas às esses novos meios.

A fibra óptica surgiu no século XIX, mas se tornou mais utilizada nos anos 1960 com o surgimento dos raios laser e os LEDs (Diodo Emissor de Luz), e desde então tem se espalhado pelo mundo e beneficiando principalmente as redes de telefonia, TV a cabo e de dados, por sua alta taxa de transferência de dados.

O cabo de fibra óptica é um dos meios de crescimento mais rápido da sua utilização, tanto para novas instalações quanto para migrações ou atualizações, isso

---

<sup>1</sup> TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. p. 113.

porque, conforme explica Telcon<sup>2</sup>, “através das fibras ópticas, um sistema de comunicação possuirá uma maior capacidade de transmissão de informação ou largura de banda”.

Além do mais, as fibras ópticas são de fácil instalação, apresentando velocidade muito maior na transmissão de dados, sendo que um dos vários motivos para sua utilização ao invés de fios de cobre é que estes apresentam maior perda na potência do sinal transmitido, ao contrário da fibra óptica que experimenta reduzida perda da potência dos sinais<sup>3</sup>.

Por esse motivo, é que os dados transmitidos via fibra óptica podem viajar por distâncias muito maiores e mesmo em se tratando de distâncias relativamente curtas, as fibras ópticas ainda se sobressaem aos cabos de cobre mais avançados.

E é assim que se pode concluir, sem exageros, que tanto a velocidade, quanto a taxa e capacidade de transmitir informações é maior na fibra óptica em comparação com qualquer outro sistema baseado em cabos de cobre.

Nos últimos anos, muitas operadoras de televisão a cabo decidiram entrar no ramo de acesso à Internet, TV digital e em Alta Definição bem como no ramo de telefonia (Voip).

Ocorre que em diversas ocasiões não há suporte de rede para as tecnologias que se busca oferecer, consoante descreve Tanenbaum:

Nos bairros, um único cabo é compartilhado por muitas casas, enquanto no sistema telefônico, cada casa tem seu próprio loop local privado. Quando é utilizado para difusão de televisão, esse compartilhando não tem grande importância, pois todos os programas são transmitidos no cabo e não importa se existem 10 ou 10.000 espectadores. Por outro lado, quando o mesmo cabo é usado para acesso à Internet, faz uma grande diferença a existência de 10 ou de 10.000 usuários. Se um usuário decidir baixar um arquivo muito grande, essa largura de banda estará potencialmente sendo retirada de outros usuários. Quanto mais usuários, maior a competição pela largura de banda. O sistema de telefonia não tem essa propriedade específica: a transferência de um grande arquivo por uma linha ADSL não reduz a largura de banda do seu vizinho. Por outro lado, a largura de banda do cabo coaxial é muito mais alta do que a dos pares trançados.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> TELCON. In **Quais as vantagens das fibras ópticas sobre os cabos de cobre?** 2013. Disponível em: <<http://www.telcon.com.br/telcon/web/Perguntas/Default.aspx?idper=S10091512024053#>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>3</sup> Idem.

<sup>4</sup> TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. p. 113.

A banda consumida durante certos horários do dia causa um grande congestionamento de dados, pois o usuário que contrata o serviço de internet, não pode ficar limitado a qual horário irá baixar um arquivo ou simplesmente navegar<sup>5</sup>.

Ele paga pelo serviço para utilizá-lo quando bem entender e é necessário que haja banda suficiente para sua demanda. Tanenbaum explica como isso é possível, afirmando que a indústria de serviços a cabo se utiliza do desmembramento de cabos longos, conectando cada um deles a um nó de fibra óptica, de modo a solucionar o problema.<sup>6</sup>

Ainda segundo Tanenbaum, “[...] à medida que um número cada vez maior de pessoas adquire um serviço da Internet por cabo, a carga pode se tornar grande demais, exigindo mais divisões e mais nós de fibra”.<sup>7</sup>

Com esta crescente procura por serviços conseqüentemente a crescente busca pelo aumento das taxas de transmissão de dados, a fibra óptica ganha cada vez mais mercado, visto que proporciona alta confiabilidade.

Desse modo, ela poderá substituir antigas tecnologias via cobre ou cabo coaxial visando uma implantação ou migração de uma de rede HFC para uma rede FTTH, tecnologia definida por Tanenbaum, como sendo:

[...] Um sistema de transmissão ótica tem três componentes chave: a fonte de luz, o meio de transmissão e o detector. Convencionalmente, um pulso de luz indica um bit um e a ausência de luz indica um bit 0. O meio de transmissão é uma fibra de vidro ultrafina. O detector gera um pulso elétrico quando a luz incide sobre ele. Conectando uma fonte de luz em uma ponta de uma fibra óptica e um detector na outra, temos um sistema de transmissão de dados unidirecional que aceita um sinal elétrico, o converte e o transmite por pulsos de luz e depois novamente converte a saída para um sinal elétrico na ponta receptora.<sup>8</sup>

Com o princípio do FTTH que é “fibra até residência” ou “fibra até o assinante”, muitos estudos podem ser baseados nesta tecnologia que, segundo Furukawa, é compreendida como:

Uma arquitetura de rede de transmissão óptica, onde a rede drop adentra a residência do assinante que é servido por uma fibra óptica exclusiva para

---

<sup>5</sup> TELCON. In **Quais as vantagens das fibras ópticas sobre os cabos de cobre?** 2013. Disponível em: <<http://www.telcon.com.br/telcon/web/Perguntas/Default.aspx?idper=S10091512024053#>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>6</sup> TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. p. 114.

<sup>7</sup> Idem. p. 114.

<sup>8</sup> Ibidem. p. 114.

este acesso. Geralmente entre a rede drop de descida e a rede interna do assinante, é utilizado um mini-dio ou um bloqueio óptico (FOB) para realizar a transição do sinal óptico ao interior da residência. Após esta transição, o sinal é propriamente disponibilizado através de uma extensão ou cordão óptico para o receptor óptico deste assinante.<sup>9</sup>

Esta migração, ou atualização de cabo coaxial para fibra óptica não pode ser vista apenas como uma troca de equipamentos, pois neste sentido os donos, ou investidores pensariam no que já foi investido, nos quilômetros de cabos coaxiais que não teriam mais aproveitamento.

Todavia, segundo Forzati:

A penetração de FTTH – fiber to the home ainda é baixa na maioria dos mercados devido aos elevados custos iniciais de implantação da rede. Mas as operadoras devem deixar de pensar somente na receita gerada pelos usuários e passar a considerar também os benefícios implícitos que a nova infraestrutura pode trazer. Trata-se de um novo modelo de negócios.<sup>10</sup>

A construção de uma sociedade de informação e comunicação conectada por redes de banda larga de altíssima velocidade é um objetivo bastante compartilhado por países desenvolvidos e em desenvolvimento. No entanto a implantação de redes de banda larga, especialmente em fibra óptica, ainda é uma distante realidade em muitas regiões.

Uma opinião muito comum é que as redes FTTH são e devem ser construídas por companhias de telecomunicações, especialmente pelas operadoras tradicionais.

Mas a atual demanda de serviços de telecomunicações (mesmo incluindo ofertas de triple play) ainda é insuficiente para cobrir os enormes investimentos por usuário final necessário para implantação de fibra em cada residência.

Argumenta-se, com razão que o usuário final não estará disposto a pagar a mais por mais largura de banda, seja ela trazida por cobre, wireless ou fibra. A esse raciocínio, entretanto, escapam dois fatores muito importantes.

O primeiro é que a infraestrutura com potencial de largura de banda 1000 vezes maior do que o cobre, inevitavelmente, trará novos produtos e serviços e, conseqüentemente, novas fontes de renda.

Em segundo lugar, a melhoria da qualidade dos serviços atuais trará benefícios devem ser contados como receita total.

---

<sup>9</sup> FURUKAWA ELETRIC. **FTTx**. In Guia de Aplicação FTTx. Disponível em: <<http://www.sohoplus.com.br>>. Acesso em: 08/09/2013.

<sup>10</sup> FORZATI, Marco. **Redes FTTH**. Revista RTI, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012. p. 54.



Quanto à difusão dessa tecnologia, Forzati<sup>11</sup> explica que a mesma ainda é pouco utilizada no Brasil, inobstante apresente muitas vantagens em transmitir dados com mais rapidez, tanto pela internet, quanto via TV ou telefonia.

O mesmo autor acredita que em um futuro não muito distante, “a tecnologia FTTH será largamente utilizada, embora o fator custo seja pelo menos inicialmente, um fator limitante para tal”.<sup>12</sup>

Não há como duvidar de que a fibra óptica será o futuro das redes de acesso. Basta uma análise simples para notar que as operadoras e provedores de todo o mundo estão se rendendo à tecnologia.

A esse respeito, Rodrigues esclarece que “nos EUA a tecnologia começa a ganhar força, com mais de seis milhões de acessos ópticos”.<sup>13</sup>

A autora ressalta que o governo norte americano anunciou um ambicioso plano cuja finalidade é cobrir 80% dos domicílios do país com Internet de ultra banda larga até 2015, com investimentos que ultrapassam U\$ 80 Bi (oitenta bilhões de dólares).<sup>14</sup>

O objetivo desse projeto é disponibilizar velocidades simétricas de 25 Mbit/s para 100 milhões de residências. Desse volume, cerca de 34,5 milhões de casas serão atendidas via fibra óptica.<sup>15</sup>

Um passo importante para o desenvolvimento de um modelo comercial, no qual os valores não estimados de FTTH são internalizados na cadeia de valor, é identificar os princípios participantes e como se beneficiam dos efeitos diretos, indiretos e induzidos, consoante se extrai da lição de Forzati:

Os indivíduos beneficiam-se de FTTH em termos de percepção de melhor qualidade de vida, tanto diretamente ligada a novos serviços de alta qualidade a preços mais baixos (especialmente entretenimento e comunicações), quanto também em termos de melhores condições de saúde, menos hospitalizações, interação mais transparente com administrações públicas, maior sensação de segurança no trânsito e segurança em espaços públicos. A percepção de melhor qualidade de vida também de determina pela oportunidade de trabalhar longe do escritório, com maior flexibilidade, podendo até escolher com maior liberdade onde morar e trabalhar.<sup>16</sup>

---

<sup>11</sup> FORZATI, Marco. **Redes FTTH**. In Revista RTI, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012. p. 54.

<sup>12</sup> Idem.

<sup>13</sup> RODRIGUES, Simone. **Projetos de FTTH no Brasil**. In Revista RTI, n.º 126. São Paulo: Aranda Editora, 2010.

<sup>14</sup> Idem.

<sup>15</sup> RODRIGUES, Simone. **Projetos de FTTH no Brasil**. In Revista RTI, n.º 126. São Paulo: Aranda Editora, 2010.

<sup>16</sup> FORZATI, Marco. **Redes FTTH**. In Revista RTI, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012. p. 55

Nesse sentido, o presente trabalho pretende demonstrar que a tecnologia FTTH é melhor do que as que já são usadas hoje.

Isso porque, com os resultados esperados pretende-se demonstrar como essa tecnologia funciona em todos os sentidos, bem como se o seu uso é mais seguro e eficiente ao usuário.

## I. TRANSMISSÃO DE DADOS E A INTERNET: BREVE HISTÓRICO

Antes de adentrar no tema da problemática quanto à demanda por transmissão de dados, convém explorar o surgimento da internet.

Para tanto, passa-se a abordar dos meios de transmissão de dados, passando pelo telégrafo, o código Morse e, enfim, a criação de redes de computadores.

### 1.1. Meios Antigos de Transmissão de Informações e Mensagens

#### 1.1.1. Do Telegrama e do Código Morse

Ao tratar do tema da utilização de fibra óptica como meio de aperfeiçoar a transmissão de dados via internet, interessa analisar os primórdios da rede.

A criação do telégrafo levou em consideração elementos que mais tarde seriam desenvolvidos como modo de transmissão de dados diversos.

Salgado ensina que o telégrafo foi criado em 1753, todavia, apenas foi construído em 1774<sup>17</sup>.

Segundo o autor, essa máquina, em termos de logística e praticidade era praticamente inútil, isso porque, seu uso demandava 26 (vinte e seis) fios, cada um correspondendo a uma letra do alfabeto.

Mais tarde, Samuel Morse, Leonard Gail, F.O.J. Smith e Alfred Vail criaram uma nova versão que demandava tão somente 05 (cinco) fios, cujo mecanismo

[...] só usava o fio para transmitir sinais elétricos que eram interpretados e escritos para uma tira de papel [...] com irregularidades. Estas irregularidades eram decodificadas através de uma espécie de dicionário que Morse havia criado. [...]<sup>18</sup>

Observa-se no engenho por trás da criação do telégrafo, o interesse de se enviar mensagens codificadas (isto é, criptografadas) que seriam decodificadas pelo telégrafo.

---

<sup>17</sup> SALGADO, Hugo David Marques. **Código Morse: O que é e como surgiu**. Departamento de Engenharia Informática - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2000. Disponível em: <<http://student.dei.uc.pt/~hsalgado/CP/artigo.htm>>. Acesso em: 26/09/2013

<sup>18</sup> Idem.

Salgado narra que o início da utilização dessa máquina ocorre já no séc. XIX, durante o mês de 1844, por meio de comunicações intercidades, sendo que no mesmo ano foi realizada uma demonstração pública do engenhoso invento, com o envio de uma mensagem da Câmara do Supremo Tribunal<sup>19</sup>.

Importa registrar que o avanço do telégrafo foi ainda mais rápido do que o das próprias linhas férreas, cujos fios eram aproveitados para a transmissão de mensagens, de modo que as linhas férreas e as do telégrafo eram, a mais das vezes, utilizada em parceria nos mesmos trilhos.<sup>20</sup>

Prova disso que a mensagem enviada em maio de 1844 foi recebida por Alfred Vail na estação de caminhos de ferro Mount Clair em Baltimore, tendo Franklin T. Pope como testemunha<sup>21</sup>.

Esse mesmo Franklin T. Pope foi quem mais tarde criou a versão de pontos e traços utilizados no Código Morse e que fizeram sua fama.

Convém consignar o fato de que o trabalho envolvendo tecnologias é sempre fruto de empenho constante e plural.

E é por isso que Salgado<sup>22</sup> ressalta que embora Morse não tenha de fato criado o código e o telégrafo da maneira como ficaram conhecidos, é certo que a sua contribuição se observa o seu interesse em dinamizar esses meios de transmissão de dados.

O desenvolvimento de tecnologias dessa natureza sempre esteve atrelado à indústria bélica e sua utilização durante as guerras é fato público e notório, consoante se pode verificar com a criação do chamado Código Morse.

Inclusive, Salgado chama a atenção para este fato afirmar que:

Ao contrário do que se possa julgar o Código Morse não foi usado inicialmente para comunicações de longa distância, mas sim para comunicações intercidades. [...] O Código Morse como muitas invenções teve grande desenvolvimento durante as guerras entre as quais, a Guerra Civil Americana, onde finalmente se desenvolveram técnicas para colocar linhas no subsolo; nas guerras Hispano-Americanas (1898), em que os jornalistas usaram esta técnica pela primeira vez como comunicação; e finalmente as Guerras Russo-Japonesas, que foram pioneiras devido a ser usado pela primeira vez o Código para comunicação entre tropas.

---

<sup>19</sup> SALGADO, Hugo David Marques. Código Morse: O que é e como surgiu. Departamento de Engenharia Informática - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2000. Disponível em: <<http://student.dei.uc.pt/~hsalgado/CP/artigo.htm>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>20</sup> Idem.

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> Ibidem.

Atualmente código é usado para comunicações de longa distância mas até esta utilidade devido às novas tecnologias tem tendência a desaparecer.<sup>23</sup>

Da mesma forma, a internet também deu seus primeiros e rudimentares passos na transmissão e decodificação de dados e mensagens durante a 2ª Guerra Mundial e é o que se passa a estudar a seguir.

## 1.2. Do Surgimento da Internet

A ideia de uma rede mundial que concentraria informações e conhecimento mundiais de maneira interligada não é nova, consoante se extrai de um artigo sobre Paul Otlet (1868-1944)<sup>24</sup> advogado belga que sonhava com a possibilidade de se concentrar obras em um lugar com acesso irrestrito às informações.

Rodriguez afirma que Paulo Otlet (1868-1944) imaginou a rede mundial de computadores bem antes que fosse possível dar vida à World Wide Web.<sup>25</sup>

O autor esclarece também que no tempo de Otlet, a internet era algo com o qual sequer se sonhava, afinal, as tecnologias disponíveis para transmissão de mensagens e dados, como a telefonia, ainda engatinhavam, sendo certo que o rádio e correio ainda dominavam as telecomunicações<sup>26</sup>.

Com efeito, até meados de 1950, a concepção de transmissão de informações e dados por meio de uma máquina era tida como utópica.

Todavia, durante a 2ª Guerra Mundial, a prática de criptografia de mensagens e, principalmente, a decodificação dessas mensagens tornou-se atividade essencial ao sucesso de empreitadas militares.

Nesse passo, destaca-se a figura de Alan Turing que “estava lá, no começo da computação, da inteligência artificial e fez um trabalho importantíssimo na 2ª Guerra”.<sup>27</sup>

---

<sup>23</sup> SALGADO, Hugo David Marques. **Código Morse: O que é e como surgiu**. Departamento de Engenharia Informática - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2000. Disponível em: <<http://student.dei.uc.pt/~hsalgado/CP/artigo.htm>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>24</sup> RODRIGUEZ, Diogo Antônio. **A Pré-história da Internet**. In Aventuras na História. 123. ed. São Paulo: Abril, 2013. pp. 56-57.

<sup>25</sup> Idem.

<sup>26</sup> Ibidem.

<sup>27</sup> AXT, Bárbara. **O Claro Enigma**. In Aventuras na História. 107. ed. São Paulo: Abril, 2012. pp. 50-53.

É de se notar a marcante contribuição desse cientista no que diz respeito à computação, Inteligência artificial e, principalmente, decodificação e codificação de mensagens e dados ainda nos anos de 1950.

Conforme esclarece Bárbara Axt, Turing apresentou uma proposta teórica com o objetivo de solucionar funções apresentadas por meio de logaritmos, imediatamente após se formar em matemática pela universidade de Cambridge. Esta proposta foi denominada “máquina Turing”.<sup>28</sup>

As contribuições de Turing para o desenvolvimento da computação, da internet e também da inteligência artificial não pararam no teste nem na máquina Turing, visto que

[...] Nos anos 1950, o cientista passou a trabalhar com inteligência artificial e desenvolveu o Teste de Turing para identificar computadores inteligentes. No teste, um examinador conversa por meio de mensagens de texto, simultaneamente, com um computador e uma pessoa. Depois de certo tempo, se não fosse capaz de apontar qual dos dois era humano, a máquina teria passado no teste. (Nos primórdios da internet, o software Eliza usava a mesma base lógica).<sup>29</sup>

O cientista também desenvolveu o chamado projeto Ultra que, conforme esclarece Axt<sup>30</sup> tinha como objetivo quebrar os códigos secretos de mensagens criptografadas nazistas tendo milhares de colaboradores na realização desse projeto.

A escritora explica, também, que um dos desafios do Ultra era decodificar as mensagens da máquina alemã Enigma, pois se tratava de uma máquina de escrever com rotores<sup>31</sup>.

Turing descobriu o segredo usando uma técnica eletromecânica chamada bomba e a grande inovação do projeto era a maneira como o mesmo se processava, isso porque, à medida que o texto era digitado, os rotores embaralhavam as letras de modo que o conteúdo ficasse incompreensível<sup>32</sup>.

Desse modo, a encriptação de mensagens funcionava de maneira similar ao que se usa hoje para transmitir dados pela internet, sendo certo que a única maneira

---

<sup>28</sup> AXT, Bárbara. **O Claro Enigma**. In Aventuras na História. 107. ed. São Paulo: Abril, 2012. pp. 50-53.

<sup>29</sup> Idem.

<sup>30</sup> Ibidem.

<sup>31</sup> AXT, Bárbara. **O Claro Enigma**. In Aventuras na História. 107. ed. São Paulo: Abril, 2012. pp. 50-53.

<sup>32</sup> Idem.

de entender a mensagem recebida é usando a mesma chave da encriptação original<sup>33</sup>.

As tais bombas permitiam várias análises dos textos, em velocidade muito parecida à dos humanos. Outra contribuição do cientista foi o desenvolvimento do Colossus, um precursor dos computadores atuais<sup>34</sup>.

Conforme já havia sido mencionado anteriormente, percebe-se no princípio uma estreita ligação entre o desenvolvimento das tecnologias para transmissão de dados e mensagens e o interesse da indústria bélica.

Não bastava apenas que os computadores pudessem se comunicar e transferir dados entre si. Conforme se extrai da lição de Simon (1997):

A ideia da construção de uma rede de computadores que pudessem trocar informações surgiu no 'Advanced Research Projects Agency' ARPA, do Departamento de Defesa dos EUA quando, em 1962, a Agência contratou J.C.R. Licklider [31, 32, 33] para liderar as suas novas iniciativas através do 'Information Processing Techniques Office', IPTO, da Agência. Um dos sonhos de Licklider era uma rede de computadores que permitisse o trabalho cooperativo em grupos, mesmo que fossem integrados por pessoas geograficamente distantes [...]. Do ponto de vista físico, redes de computadores se compõem de computadores e de ligações entre eles. A rede pode necessitar de outros elementos ativos, além dos computadores propriamente ditos, e que são computadores especializados no tratamento dos dados que trafegam pela rede. Um componente essencial para qualquer rede é o conjunto de 'software' que realiza tanto os serviços disponíveis na rede, visíveis para o usuário, quanto os serviços de comunicação entre os computadores, em geral invisíveis para o usuário final.<sup>35</sup>

Desse modo, está-se diante e da figura dos chamados servidores, computadores cuja função seja filtrar as informações que circulam na rede, bem como com a criação de softwares para regulá-los e configurá-los.

A rapidez com que os meios para transmissão de dados evoluem já apresentavam resultados dignos de nota desde o seu início, conforme esclarecem Oliveira e Carvalho, que ensinam que os primeiros Modems foram criados na BELL Labs na final da década de 50.

<sup>33</sup> AXT, Bárbara. **O Claro Enigma**. In Aventuras na História. 107. ed. São Paulo: Abril, 2012. pp. 50-53.

<sup>34</sup> Idem.

<sup>35</sup> SIMON, Imre. **A Arpanet**. 16/07/1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

Essas máquinas suportavam velocidades que variavam entre 300 e 600 bps, tendo como modulação digital a 2-FSK, isto é, modulação binária por chaveamento de frequência.<sup>36</sup>

Isso mudou durante a década de 60 quando novos Modems com taxas mais velozes (1.200, 2.400 e 4.400 bps) com uma nova modulação, M-PSK, sendo que nos anos 70 surgiu o CODEX, MODEM com taxas de transmissão elevadas (9.600 bps) que utilizava modulação com portadora em quadratura QAM (CAM&GLA 62, PRO 89).<sup>37</sup>

Os esforços dos pesquisadores, nesse momento, era aumentar a velocidade sem que isso comprometesse a confiabilidade da transmissão.

Os anos 80 trouxeram consigo novas gerações de Modems com taxas ainda mais elevadas (14.400 bits/s), todavia, em virtude do progresso até então obtido, os desempenhos obtidos em canais telefônicos não eram suficiente para justificar que taxas superiores a 9.600bps seriam de fato adotadas largamente no mercado.<sup>38</sup>

Contrariando essa visão, Simon demonstra que o desenvolvimento das tecnologias ligadas à comunicação, armazenamento e transmissão de dados expandiu rapidamente “demonstrando que a comunicação e cooperação entre sistemas até mesmo de concepções muito diferentes era perfeitamente factível”.<sup>39</sup>

A autora esclarece, ainda, que

A rede se expandiu rapidamente, incluindo computadores de variadas plataformas de 'hardware' e de 'software', Havia 13 computadores na rede em janeiro de 1971, 23 em abril de 1972 e 38 em janeiro de 1973. [...] Nesta oportunidade a rede já dava suporte a um amplo conjunto de serviços regulares, entre as quais estavam incluídos o login remoto e o correio eletrônico, cujo volume de uso surpreendeu os próprios responsáveis pela rede. Ou seja, a rede estava se revelando, desde os seus primórdios, como um instrumento muito efetivo de cooperação.<sup>40</sup>

Lado outro, percebe-se desde o início o déficit entre a velocidade e capacidade disponíveis e a demanda por rapidez e armazenamento de informações.

<sup>36</sup> SIMON, Imre. **Aspectos Históricos**. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>37</sup> OLIVEIRA, H. Magalhães de; CARVALHO, M. Menezes de. **Notas sobre o Ensino de Transmissão de Dados: Modems - da História ao Estado da Arte**. Recife, 1995. Disponível em: <[http://www2.ee.ufpe.br/codec/coben\\_modem.PDF](http://www2.ee.ufpe.br/codec/coben_modem.PDF)>. Acesso em: 20/09/2013.

<sup>38</sup> Idem.

<sup>39</sup> SIMON, Imre. **Aspectos Históricos**. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>40</sup> Idem.



Como já mencionado anteriormente, a ligação entre a indústria bélica e o desenvolvimento de tecnologias para transmissão, codificação e armazenamento de dados é íntima.

Oliveira e Magalhães abordam como a comunicação entre computadores e a linguagem codificada entre as décadas de 60 e 80 tiveram importância no desenrolar dos conflitos armados entre países:

Nesta época a guerra fria estava no seu auge e a preocupação dos militares americanos era uma rede de telecomunicações que não possuísse uma central e que não pudesse ser destruída por nenhum ataque localizado. Uma consequência importante desta escolha e dos desenvolvimentos posteriores é que a rede Internet herdou esta propriedade. Na verdade, qualquer defeito de equipamentos na rede não apenas não interrompe o seu funcionamento como adicionalmente nem chega a interromper sequer as comunicações entre processos em curso na hora da avaria, desde que permaneça em funcionamento alguma conexão física entre os dois processos. Isto resulta na robustez extraordinária da rede Internet.<sup>41</sup>

Vê-se, pois, que a segurança das comunicações em uma rede é uma preocupação que tem suas raízes nos primórdios da internet.

Assim, em um primeiro momento, a comunicação entre computadores não era algo difundido, ligada que estava a questões envolvendo conflitos interpaíses e a transmissão de mensagens entre os aliados.

Nesse momento, a ideia do que seria a atual internet começa a se delinear, com o fim da ARPANET e a criação da rede NSFNET.

Simon<sup>42</sup> explica que foi justamente a baixa velocidade das linhas da ARPANET que causaram o seu declínio, e foi nesse momento que a NSF investiu maciçamente na criação de uma rede acadêmica com alta velocidade.

Com a criação de um sistema que interligava os centros de supercomputação à comunidade consumidora, criou-se a NSFNET, que acabou por absorver a ARPANET, finalmente desativada em 1990.<sup>43</sup>

O aumento do número de redes e a interligação das mesmas sedimentou o fim da ARPANET e marca o nascimento da internet.

O modelo e protocolos TCP/IP emergiram como o padrão predominante da área e, com a proliferação das redes, a interligação de redes independentes tornou-

---

<sup>41</sup> SIMON, Imre. **Aspectos Históricos**. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>42</sup> Idem.

<sup>43</sup> Ibidem.

se muito fácil. A Internet, mega rede resultante desse fenômeno, nasceu assim “sem alardes como um corolário natural da ARPANET e da NSFNET”.<sup>44</sup>

Desse modo, a internet nasceu de um caminho que começou já nos idos dos sécs. XVIII e XIX, primeiro como uma utopia de visionários, mais tarde, como instrumento bélico e, atualmente, conectam computadores e redes entre si em escala mundial, consolidando-se como o maior elemento da chamada globalização.

Uma vez tendo analisado o tema da história da transmissão de dados, bem como da própria internet, passa-se a tratar do meio de transmissão de dados que nos últimos tempos tem sido o mais utilizado: o cabeamento coaxial.

### 1.3. Dos Cabos Coaxiais como Meio de Transmissão de Dados

O cabo coaxial, até bem pouco tempo, era o meio mais utilizado para interligar computadores em uma rede e estas entre si.

Barbosa<sup>45</sup> esclarece que o cabo coaxial, em determinado momento, foi o cabeamento mais utilizado, apontando como motivos para isso o fato de que essa espécie de cabeamento é relativamente mais econômico, leve, flexível, de fácil manipulação, cuja instalação era segura e fácil.

Assim, em razão de segurança oferecida, o cabeamento coaxial era o mais difundido.

A constituição de um cabo coaxial é relativamente simples, conforme esclarece Barbosa:

Em sua forma mais simples, o cabo coaxial é constituído por um núcleo de cobre sólido cercado por um isolante, uma blindagem de malha metálica e uma cobertura externa. Uma camada de folha isolante e outra camada de blindagem de malha metálica constituem o que se chama de blindagem dupla. Contudo, para ambientes sujeitos a interferências mais altas, está disponível a blindagem quádrupla. Esta é constituída por duas camadas de folha isolante e duas camadas de blindagem de malha metálica.<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup> SIMON, Imre. **Aspectos Históricos**. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>45</sup> BARBOSA, Marco Antônio da Silva. **Cabeamento de Rede**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>46</sup> Idem.

Assim, temos:

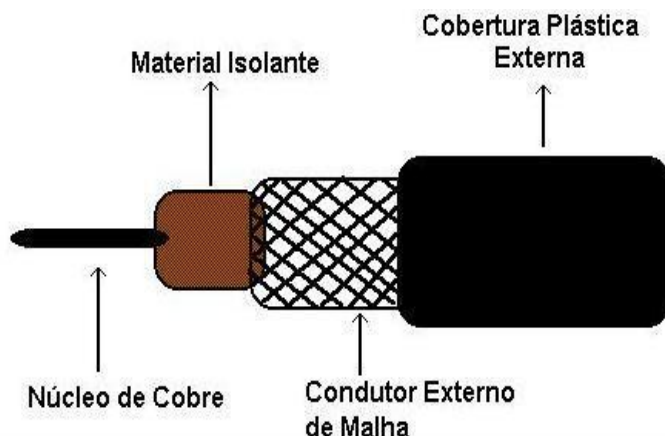


Figura 1: Estrutura de um cabo coaxial <sup>47</sup>

Quanto à maneira pela qual os dados são transmitidos por meio desse mecanismo e as suas principais utilizações, Barbosa ensina que:

O núcleo de um cabo coaxial transporta os sinais eletrônicos que constituem os dados. Esse núcleo do cabo pode ser sólido ou trançado. Se o núcleo for sólido, geralmente será de cobre. O núcleo é cercado por uma camada isolante que o separa da malha de fio. A malha de fio trançada funciona como um fio terra e protege o núcleo contra ruídos elétricos e diafonia. Diafonia é o transbordamento de sinal de um fio adjacente. [...]

O cabeamento coaxial participa em uma grande fatia do mercado quando é necessário atender uma das situações descritas abaixo:

- Transmitir voz, vídeo e dados;
- Transmitir dados por distâncias maiores do que os cabeamentos mais baratos conseguem;
- Uma tecnologia bem conhecida que ofereça razoável proteção aos dados.<sup>48</sup>

Existem duas espécies de cabo coaxial, com diferentes utilizações e especificidades. Passa-se a abordá-los no próximo tópico.

### 1.3.1. Cabos Coaxiais Finos (Thinnet – rede fina)

Pode-se entender o cabo coaxial thinnet como sendo:

[...] um cabo coaxial flexível de cerca de 0,63 cm de espessura. Por ser flexível e fácil de manipular, este tipo de cabo coaxial pode ser utilizado em

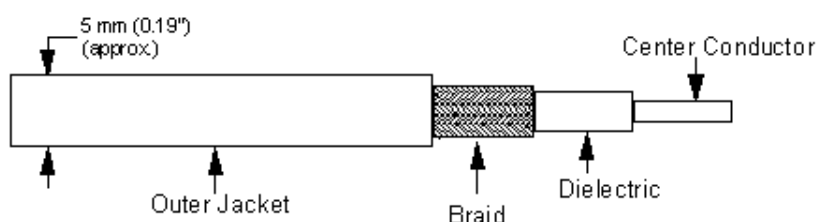
<sup>47</sup> Disponível em: <<http://pt.wikinourau.org/bin/view/GrupoLinux/PDFInstantaneoFundamentosRedes>>. Acesso em: 10/10/2013.

<sup>48</sup> BARBOSA, Marco Antônio da Silva. **Cabeamento de Rede**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/>>. Acesso em: 26/09/2013.

quase todos os tipos de instalação de rede. As redes que utilizam o thinnet conectam o cabo diretamente a uma placa adaptadora de rede do computador. O cabo coaxial thinnet pode transportar um sinal por até aproximadamente 185 metros, antes de o sinal começar a sofrer atenuação.<sup>49</sup>

Abaixo a estrutura de um cabo thinnet:

## Thinnet Coaxial Cable



Copyright 1999 TechFest.com All rights reserved.

Figura 2: Estrutura de um cabo *thinnet*.<sup>50</sup>

Vê-se que o alcance de um cabo thinnet não é muito extenso (até 185 cento e oitenta e cinco metros), motivo pelo qual a utilização do chamado cabo coaxial thicknet foi implementada para cobrir distâncias maiores.

### 1.3.2. Cabos Coaxiais Grossos (Thicknet – rede grosso)

Utilizados para transmissão de dados em distâncias relativamente maiores, o cabo coaxial thicknet é descrito por Barbosa como:

[...] um cabo coaxial relativamente rígido, com cerca de 1,25 cm de diâmetro. Às vezes é chamado de Ethernet padrão porque foi o primeiro tipo de cabo utilizado com a arquitetura de rede bastante conhecida, Ethernet. O núcleo de cobre é mais espesso do que um thinnet. [...] Quanto mais espesso for o núcleo de cobre, para mais longe o cabo poderá transportar os sinais. Isso significa que o thicknet pode transportar sinais para mais longe que o thinnet. O thicknet pode transportar um sinal por 500 metros. Portanto, devido à capacidade do thicknet para suportar transferência de

<sup>49</sup> BARBOSA, Marco Antônio da Silva. **Cabeamento de Rede**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>50</sup> Disponível em: <<http://redesandtopologias.blogspot.com.br/2010/05/tipos-de-cable.html>>. Acesso em: 10/10/2013.

dados ao longo de maiores distâncias, algumas vezes ele é mais utilizado como backbone, para a conexão de várias redes menores baseadas em thinnet. Um dispositivo transceptor conecta o cabo coaxial thinnet ao cabo coaxial thicknet maior.<sup>51</sup>

A estrutura de um cabo thicknet pode ser verificada na imagem abaixo:

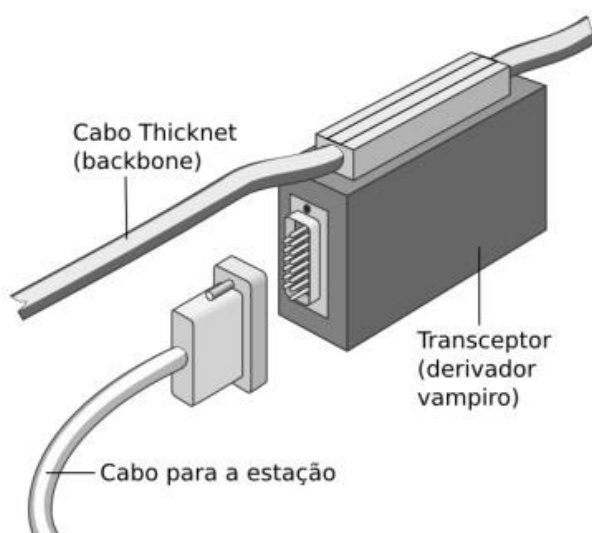


Figura 3: Estrutura de um cabo *thicknet*.<sup>52</sup>

Vê-se do estudo acima apresentado que o cabo coaxial apresenta diversas utilidades, tendo sido utilizado durante considerável período de tempo.

Todavia, a sua capacidade de transmissão, velocidade e alcance não se mostrou suficiente para atender à demanda que aumenta exponencialmente, conforme se verá nos capítulos seguintes.

<sup>51</sup> BARBOSA, Marco Antônio da Silva. **Cabeamento de Rede**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/>>. Acesso em: 26/09/2013.

<sup>52</sup> Disponível em: <<http://as-tuto.blogspot.com.br/2013/02/o-que-e-cabos-coaxiais.html>>. Acesso em: 11/10/2013.

## II. DO AUMENTO NA DEMANDA POR INTERNET

### 2.1. Aspectos Gerais

A inclusão digital, um grande marco social para o Brasil, trouxe como consequência o aumento da demanda por internet. O desenvolvimento econômico de um modo geral também é responsável por esse avanço.

A esse respeito, Duque afirma que:

A Internet é uma peça fundamental na construção de sociedades competitivas e convergentes. Essas sociedades são orientadas para a troca de informação em alta velocidade e com qualidade. O aumento da velocidade e qualidade de acesso à Internet são considerados fatores críticos para o desenvolvimento de novos conteúdos e aplicações, como por exemplo, a IPTV.<sup>53</sup>

Com essas considerações, ao tratar do aumento na demanda de Internet banda larga no Brasil, está-se, em verdade, verificando sinais de avanço social e econômico.

Para Moeyaert “estamos testemunhando uma rápida evolução das redes de acesso, sob a pressão da demanda por Internet de banda larga e novos serviços, requisitados por assinantes residenciais e corporativos”.<sup>54</sup>

Conforme esclarece a mesma autora, esse não é um fenômeno restrito ao Brasil, sendo que a pressão da demanda de Internet banda larga e novos serviços vem aumentando consideravelmente em diversos países<sup>55</sup>.

Segundo Costa e Bianchini<sup>56</sup>, as maiores responsáveis pelo crescimento exponencial da demanda por internet recai sobre as empresas de telecomunicações, tendo como principal consequência investimentos nas chamadas estruturas de transporte (*backbone – espinha dorsal: tradução livre*).

---

<sup>53</sup> DUQUE, Luciano. **Avaliação da Qualidade de Rede de Banda Larga**. RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 151. Aranda Editora: São Paulo, 2012. p. 54.

<sup>54</sup> MOEYAERT, Véronique. **Um Panorama do Acesso Banda Larga**. RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 151. Aranda Editora: São Paulo, 2012. p. 36.

<sup>55</sup> Idem. p.36

<sup>56</sup> COSTA, Paulo da; BIANCHINI, David. **Caracterização da Demanda Futura de Usuários da Internet no Brasil: Uma Contribuição para o Desenvolvimento de Políticas Governamentais de Inclusão Digital Acesso à Internet**. In: Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação - Vol. 5, nº. 1, 2008, p. 135-162. Disponível em: <<http://www.jistem.fea.usp.br>>. Acesso em: 10/10/2013

Tais estruturas são as responsáveis por viabilizar o fluxo do intenso e crescente tráfego de informações, sendo que os referidos estudiosos apontam como principal desafio a capitalização das estruturas de transporte, no sentido de que a informações disponibilizada seja de qualidade e atinja o máximo de pessoas possível.

Assim, veem-se mais e mais pessoas e empresas buscando acesso à internet a fim de alavancar seus negócios, manter-se informado e mesmo para entretenimento.

Mormente, quando se fala em aumento das redes, bem como em obras de infraestrutura, o primeiro motivo que se destaca são os eventos esportivos que serão sediados no Brasil.

Rodrigues<sup>57</sup> assevera que o setor hoteleiro dará enorme salto em seu desenvolvimento nos próximos anos, graças a investimentos que suplantarão o patamar de R\$ 7 Bi (sete bilhões de reais), concentrados em sua maior parte do Sudeste e no Nordeste.

No que diz aos investimentos em telecomunicações em hotéis, a referida autora afirma que “esses ambientes precisam estar preparados para receber hóspedes que incorporaram no seu cotidiano dispositivos móveis, Internet e redes sociais”.<sup>58</sup>

Por fim, importa consignar que nesse segmento específico as tecnologias sem fio vem ganhando destaque, constituindo o que Soares define como “um nicho do cabeamento estruturado”.<sup>59</sup>

Soares<sup>60</sup>, todavia, esclarece que a urgência que o Brasil possui na expansão das redes de telecomunicações não se restringe a esses megaeventos, sendo que de sua lição se extrai o seguinte:

[...] Independentemente dos megaeventos esportivos que serão sediados aqui, o País precisa expandir sua infraestrutura de comunicação para suportar a grande demanda de tráfego de dados, que aumentará no mercado local cerca de oito vezes até 2016, puxado pelos setores corporativo e de consumo.

---

<sup>57</sup> RODRIGUES, Simone. **Infraestrutura de Redes em Hotéis**. RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 145. Aranda Editora: São Paulo, 2012. p. 22.

<sup>58</sup> Idem.

<sup>59</sup> Ibidem.

<sup>60</sup> SOARES, Edileuza. **Brasil alarga redes para atender à demanda de mobilidade e explosão de dados**. 06/11/2012. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br>>. Acesso em: 10/10/2013.

A autora explica, ainda, que os brasileiros tem consumido cada vez mais dados, causando congestionamento das infovias digitais.

Isso ocorre, segundo Soares, em virtude de fatores diversos, destacando-se “o aquecimento da economia que aumentou o poder de consumo, estimulando as vendas de celulares e de computadores”<sup>61</sup>.

Segundo Soares, a nuvem também pode ser apontada como um grande incentivador do crescimento do mercado consumidor de Internet banda larga.

Isso por que

As estimativas dos analistas são de que em quatro anos essa modalidade de serviço dará um salto no Brasil. IDC, Gartner, Frost & Sullivan, KPMG e outras consultorias sinalizam que muitas companhias vão contratar infraestrutura como serviço (IaaS) dos data centers, que estão em franca expansão no País. [...] A nuvem está entre os novos serviços que vão exigir mais largura de banda da infraestrutura de telecom. Hoje, todos os data centers do País compõem ofertas para atender ao mercado corporativo. Uma das grandes apostas é a modalidade de IaaS, que desperta interesse tanto dos prestadores de serviços quanto das operadoras de telecomunicações. Oi, Telefônica/Vivo, Embratel e TIM/Intelig já anunciaram suas estratégias para explorar esse mercado (Veja mais informações na página 28).<sup>62</sup>

No que diz respeito à inclusão digital como meio de aquecimento na demanda por internet, segundo dados trazidos por Soares<sup>63</sup> o crescimento do Produto Interno Bruto tem gerado muitas oportunidades de negócios para telecomunicações, mencionando que as classes C e D já representam 58% do consumo brasileiro.

O reflexo imediato desse fenômeno é que essa camada da sociedade, até então distante da realidade da internet, passa a integrar o público consumidor de serviços de internet, incrementando a sua “cesta de produtos de comunicação.”<sup>64</sup>

Ao abordar o prognóstico de crescimento da demanda por velocidade e capacidade de armazenamento de informações, Soares traça o seguinte panorama:

Em quatro anos, o mundo entrará na era do Zettabyte. O tráfego global de dados IP deverá alcançar um ritmo anual de 1,3 Zettabyte, o equivalente a transmissão de 38 milhões de DVDs por hora durante um ano. O volume é dez vezes mais que os 121 Exabytes transmitidos em 2008, segundo o

---

<sup>61</sup> SOARES, Edileuza. **Brasil alarga redes para atender à demanda de mobilidade e explosão de dados**. 06/11/2012. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br>>. Acesso em: 10/10/2013.

<sup>62</sup> Idem.

<sup>63</sup> Ibidem.

<sup>64</sup> Ibidem.



estudo Cisco Visual Network Index (VNI) 2011-2016 – Adoção de serviços e crescimento do tráfego IP.<sup>65</sup>

E ao tratar do Brasil, a autora afirma que país já acompanha a tendência apontada, trazendo dados de pesquisas realizadas pela entidade Cisco, é possível prever que o volume mensal de tráfego IP pelas redes do País vai alcançar 3,5 Exabytes em 2016, ante 420 Petabytes em 2011<sup>66</sup>.

Destacam-se como principais fatores para esse incremento: o aumento dos dispositivos móveis, expansão dos planos de banda e ampliação da oferta de serviços.

Em artigo publicado no site da Folha de São Paulo, é mencionada uma pesquisa cujos dados indicam que, “nos próximos cinco anos, os internautas estarão consumindo mais capacidade de rede porque assistirão a vídeos sob demanda e farão videoconferências, entre outras aplicações sofisticadas”<sup>67</sup>.

O mesmo artigo afirma que as estimativas preveem que até 2015, no Brasil um domicílio consumirá, em média 500 GBytes mensalmente, valor que impressiona em face dos atuais 20 GB mensais, e aponta a necessidade de se realizarem investimentos, a fim de que as redes ofereçam velocidades de download de 11,25 Mbps e de 5 Mbps de upload com uma resposta de 60 milésimos de segundo.<sup>68</sup>

E é assim que se pode verificar, claramente, que o aumento na demanda de Internet banda larga exige soluções criativas, bem como investimentos audaciosos, devendo-se levar em consideração que o mercado consumidor de Internet tende a aumentar mais e mais conforme o tempo passe.

## 2.2. Do Aumento na Demanda por Internet em Caratinga - MG

Especificamente quanto à cidade de Caratinga/MG, é possível verificar claramente a ocorrência do fenômeno descrito acima.

---

<sup>65</sup> SOARES, Edileuza. **Brasil alarga redes para atender à demanda de mobilidade e explosão de dados**. 06/11/2012. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom>>. Acesso em: 10/10/2013.

<sup>66</sup> Idem.

<sup>67</sup> Folha de São Paulo. **Internet no Brasil não suporta demanda, diz relatório de São Paulo**. Publicado em: 20/10/2010. Autor desconhecido. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/tec/817377-internet-no-brasil-nao-suporta-demanda-diz-relatorio.shtml>. Acesso em: 27/09/2013.

<sup>68</sup> Idem.

Isso pode ser observado no estudo empreendido por Oliveira e Pereira<sup>69</sup> que afirmam que o crescimento da população trouxe consigo um aumento na demanda por transmissão de dados via internet banda larga.

Os referidos autores identificam na cidade vários serviços de provedores de Internet, tais como: Internet a cabo, Oi Velox e Rádio<sup>70</sup>.

Quanto aos dados coletados, é possível perceber que os provedores atuantes na cidade de Caratinga - MG possuem capacidade de atender entre 80% (Oi Velox) e 85% (Internet a Cabo – Super Cabo TV) das residências na região<sup>71</sup>.

Como se vê, todavia, segue havendo um déficit entre a capacidade e a demanda, já que cerca de 20% de consumidores em potencial segue não atendido.

A Internet a rádio oferecida na cidade possui instalação relativamente fácil, todavia, no quesito velocidade, observa-se que o máximo a que se chega é 2 Mbps, relativamente lenta em comparação com a velocidade provida pelas concorrentes, que pode chegar a 10 Mbps<sup>72</sup>.

O crescimento na demanda por velocidade é observada por Oliveira e Pereira<sup>73</sup>, na medida em que os mesmos afirmam que a internet discada perdeu adeptos em escala vertiginosa, em face da praticidade, segurança, capacidade e, principalmente, velocidade da concorrência.

Nesse contexto, busca-se avaliar a operacionalidade da instalação de uma rede FTTH na cidade de Caratinga – MG, conforme será tratado no próximo capítulo.

---

<sup>69</sup> OLIVEIRA, Alan Adolfo; PEREIRA, Magnum Augusto da Silva. **Estudo de Implantação de Internet Via Rede Elétrica (PLC) na Área Central da Cidade de Caratinga – MG**. Instituto Doctum de Educação e Tecnologia: Caratinga, 2009. p.44.

<sup>70</sup> Idem. p. 44.

<sup>71</sup> Ibidem. p.45.

<sup>72</sup> Ibidem. p. 45

<sup>73</sup> Ibidem. p. 45.

### III. FIBRA ÓPTICA E REDE FTTH

Diante do quadro traçado nos capítulos anteriores, é possível concluir que o desenvolvimento de tecnologias na transmissão de mensagens e dados possui mais de um século, sendo a Internet o que há de mais avançado no mundo atual.

Ainda, a demanda pela transmissão de dados aumenta vertiginosamente, sendo possível observar tal fenômeno não apenas nos grandes centros, mas também em cidades de menor porte, como é o caso de Caratinga – MG.

Certo é, todavia, que a tecnologia atrelada à Internet precisa se desenvolver e acompanhar as necessidades daqueles que dela se utilizam em suas vidas, sejam pessoas físicas ou empresas.

Em face da necessidade de meios cada vez mais seguros e velozes na transmissão de dados, a fibra óptica surge como o meio mais eficaz de que se dispõe no momento<sup>74</sup>.

Assim, passa-se a estudar a estrutura da fibra óptica, suas aplicações, vantagens, estruturação em rede, buscando-se determinar a viabilidade de instalações de redes FTTH na cidade de Caratinga – MG.

#### 3.1. Estrutura da Fibra Óptica

O nascimento da fibra óptica se deu já no séc. XX, em 1955, quando o físico indiano chamado Kapany, após anos de trabalho e estudo, criou e patenteou a fibra óptica, originalmente criada para auxiliar a ciência médica. Nos anos 60, com o surgimento do laser, o interesse pela fibra óptica se expandiu para outros setores, especialmente o das telecomunicações.<sup>75</sup>

Essa expansão incentivou pesquisas no sentido de evitar perda de sinal nas fibras, que resultaram na fabricação de pré-formas vítreas de sílica, viabilizando, por conseguinte a sua utilização em maior escala.<sup>76</sup>

Extraí-se, ainda, da obra de Furukawa, que Graham Bell teve êxito em transmitir a voz por meio da luz já em 1880, todavia, naquele tempo não havia muitos avanços no tocante à transmissão de dados por via de sistemas ópticos.<sup>77</sup>

---

<sup>74</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 05.

<sup>75</sup> Idem. p. 07.

<sup>76</sup> Idem. p.08.

A transmissão de dados por meio da fibra óptica obedece a princípios da física relacionados à reflexão e refração da luz, afinal, “sempre que um raio de luz passa de um meio transparente para outro, a luz é afetada pela interface entre os dois materiais”.<sup>78</sup>

Isso porque, a luz desempenha forte papel na transmissão de dados via fibra óptica. Furukawa explica que a luz “pode apresentar, em algumas situações, características de partículas com corpos dotados de massa e, em outras, assumir a condição de ondas em forma de energia luminosa”.<sup>79</sup>

Pois bem. Dependendo do ângulo de incidência do raio de luz, esta pode sofrer refração (quando ângulo de incidência é menor do que o crítico) ou reflexão, caso o ângulo de incidências seja maior do que o ângulo crítico.

Para se determinar o efeito que a luz sofrerá quando em contato com algum material, utiliza-se o índice de refração, que no vidro é de 1,5 (um e meio), sendo este um valor que pode ser manipulado por meio da própria composição do vidro<sup>80</sup>.

Desse modo, ao se introduzir luz em uma fibra óptica em ângulo de incidência maior do que o ângulo crítico, a fibra reflete a luz em seu interior e, cada vez que a luz atinja a interface entre o núcleo e a casca, a mesma será refletida de volta para a fibra<sup>81</sup>.

Assim explica Tanembaum, conforme já explanado nas considerações conceituais:

(...) Um sistema de transmissão ótico tem três componentes chave: a fonte de luz, o meio de transmissão e o detector. Convencionalmente, um pulso de luz indica um bit 1 e a ausência de luz indica um bit 0. O meio de transmissão é uma fibra de vidro ultrafina. O detector gera um pulso elétrico quando a luz incide sobre ele. Conectando uma fonte de luz em uma ponta de uma fibra óptica e um detector na outra, temos um sistema de transmissão de dados unidirecional que aceita um sinal elétrico, o converte e o transmite por pulsos de luz e depois novamente converte a saída para um sinal elétrico na ponta receptora.<sup>82</sup>

---

<sup>77</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 07.

<sup>78</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens**. Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p.52.

<sup>79</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 05.

<sup>80</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens**. Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p.52.

<sup>81</sup> Idem. p.52.

<sup>82</sup> TANEMBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

Convém destacar, nesse ponto, que “as fontes de luz utilizadas nas fibras ópticas possuem comprimentos de onda acima de 850 nm, ou seja, na região de radiação infravermelha, a qual é invisível ao olho humano”<sup>83</sup>, consoante se observa do gráfico abaixo:

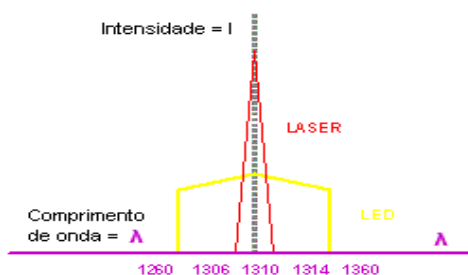


Figura 4: LASER e LED operando na janela de transmissão de 1310 nm.<sup>84</sup>

Stábile Filho, também entende dessa forma, explicando como a estrutura da fibra óptica atua no tocante à transmissão de dados por meio da luz:

A fibra óptica é constituída basicamente por materiais dielétricos, e é composta por um núcleo envolto por uma casca, ambos do mesmo material, porém com índices de refração diferentes. O índice de refração do núcleo é sempre maior que o índice de refração da casca e o ângulo de incidência da luz deve ser menor que o ângulo crítico para que a luz se propague através da fibra e chegue ao seu destino.<sup>85</sup>

Dessa forma, pode-se afirmar que na fibra óptica a transmissão é realizada “pelo envio de um sinal de luz codificado dentro do domínio de frequência do infravermelho,  $10^{12}$  Hz, através de um cabo óptico”.<sup>86</sup>

A fibra óptica possui estrutura de vidro, sendo que um cabo constituído desse material não suporta curvaturas acentuadas, tampouco, tensão longitudinal, embora apresente aparência bastante flexível.<sup>87</sup>

<sup>83</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 23. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>84</sup> Idem. p. 23

<sup>85</sup> Ibidem. p. 23.

<sup>86</sup> SOARES, Luiz Fernando Gomes; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às Redes ATM**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1995. p.97. *Apud* LUNA, Ronaldo Balbino. **Estrutura HFC Utilizada como Rede de Acesso à Internet**. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009. p. 38. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-56.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>87</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens**. Autor Desconhecido. *In*: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p. 52.

Assim, para que a fibra possa se mover livremente dentro do tubo formado pelo cabo, há que haver a aplicação de técnicas de construção especiais para que a fibra se movimente dentro do cabo.

Via de regra, um cabo é formado por “várias fibras, um elemento central e um ou mais revestimentos de metal para proteção mecânica. Alguns cabos também incluem pares de cobre para aplicações auxiliares”.<sup>88</sup>

Os componentes de um cabo de fibra óptica são: núcleo (*core*), casca (*cladding*), revestimento primário (*coating*), elementos de tração e capa (*strengthening fibers*).

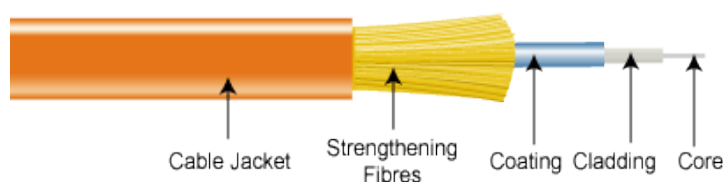


Figura 5: Estrutura de uma fibra óptica<sup>89</sup>

O núcleo pode ser definido como “o meio físico que transporta sinais de dados ópticos de uma fonte de luz a um dispositivo receptor”.<sup>90</sup>

Trata-se de um fio “único, contínuo, de vidro ou plástico [...]. Quanto maior o núcleo, mais luz pode ser transportada. Todo cabo de fibra óptica é dimensionado de acordo com o diâmetro externo do seu núcleo”.<sup>91</sup>

A casca, por sua vez, é uma camada fina que envolve o núcleo da fibra, servindo como limite à contenção das ondas luminosas e causando refração, de modo que os dados sejam transportados ao longo da mesma.<sup>92</sup>

Já o revestimento primário nada mais é do que uma “camada de plástico que envolve o núcleo e a casca, de modo a proteger o núcleo da fibra”.<sup>93</sup>

“Ainda, os elementos de tração constituem” componentes que ajudam a proteger o núcleo contra esmagamento e tensão excessiva durante a instalação “<sup>94</sup>,

<sup>88</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens.** Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p.52.

<sup>89</sup> Disponível em: <<http://www.blackbox.com.br/pt-br/page/5459>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>90</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens.** Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p.52.

<sup>91</sup> Idem. p.52.

<sup>92</sup> Ibidem. p.53.

<sup>93</sup> Ibidem. p.53.

<sup>94</sup> **Fibra Óptica: Princípios e Vantagens.** Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003. p.53.

sendo composto por fios de Kevlar<sup>®</sup>, variedade de fibras de aramida localizados no interior da capa do cabo, também denominada Masterbatch.<sup>95</sup>

Esses fios de aramida são constituídos, em regra, “de um grupo de polímeros aromáticos de cadeia longa, onde 85% dos grupos amida (-CO-NH-) ligam dois anéis aromáticos, e foram primeiramente desenvolvidas pela Du Pont, em 1968”.<sup>96</sup>

Trata-se de fios, cujas qualidades compreendem “resistência à fluência sob carga, alongamento a uma carga específica, estabilidade química, resistência térmica, entre outras”.<sup>97</sup>

Finalmente, a capa é a camada externa do cabo de fibra óptica, cujas cores podem variar, de modo a designar as diferentes aplicações dos cabos em uma rede.

É possível observar as estruturas mencionadas na figura abaixo:



Figura 6: Estrutura de uma fibra óptica<sup>98</sup>

A fibra óptica se subdivide em espécies, a saber: multimodo índice degrau, multimodo índice gradual e fibras monomodo, cuja estruturação passa-se a estudar a seguir.

### 3.1.1. Espécies de Fibra Óptica

Inicialmente, convém estudar a estrutura de uma fibra óptica multimodo, que podem apresentar índice degrau ou gradual.

<sup>95</sup> BELINI, Juliana. **Fibras de Aramida e Sua Aplicação na Confecção de Cabos Ópticos**. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba: 2012. p. 14. Disponível em: <<http://fatecsorocaba.edu.br/principal/pesquisas/nuplas/dissertacoes/TCC2012/Juliana%20Bellini.pdf>> Acesso em: 22/11/2011.

<sup>96</sup> Idem. p.16.

<sup>97</sup> Ibidem. p. 18.

<sup>98</sup> Disponível em: <<http://www.stconsulting.com.br/telecom/fibras-opticas-%E2%80%93-do-conceito-a-aplicacao-%E2%80%93-parte-2-tipos-fibras-e-cabos>> Acesso em: 08/11/2013.

Por fibra óptica multimodo, pode-se entender aquelas cujas dimensões de núcleo são consideradas grandes em relação ao diâmetro da casca, permitindo que raios de luz em vários ângulos possam percorrer o seu núcleo em diversos modos que se propagam simultaneamente em seu interior.<sup>99</sup>

As diferentes categorias de fibra multimodo se definem com base no núcleo e se subdividem em índice degrau e índice gradual.

Será considerada fibra multimodo em índice degrau aquela que cujo núcleo for composto “por um material homogêneo de índice de refração constante e sempre superior ao da casca”.<sup>100</sup>

Abaixo a estrutura de uma fibra óptica multimodo índice degrau

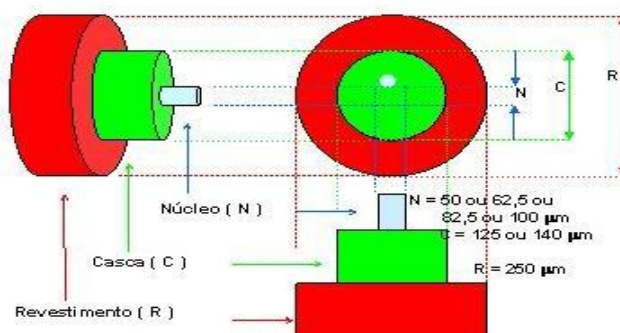


Figura 7: Fibra óptica multimodo índice degrau.<sup>101</sup>

As fibras ópticas multimodo em índice gradual são mais utilizadas por operadas de telefonia, eis que oferece alta capacidade de transmissão e o seu núcleo é composto por “vidros especiais, com diferentes valores de índice de refração, que diminuem as diferenças de tempo de propagação de luz [...]”.<sup>102</sup>

Essa estrutura diferenciada resulta em menor dispersão do impulso, bem como no aumento da largura de banda que passa pela fibra<sup>103</sup>.

<sup>99</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 26.

<sup>100</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 27.

<sup>101</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 25. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>102</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 27.

<sup>103</sup> Idem. p. 27.



É o que se observa na figura abaixo:

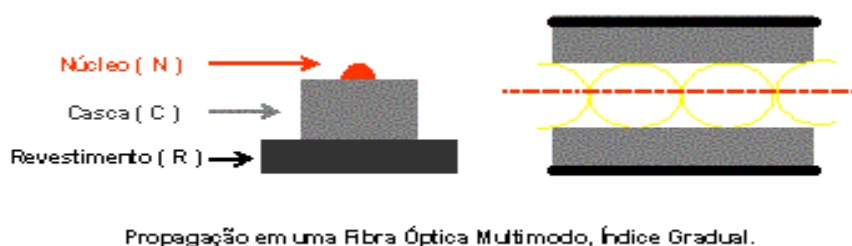


Figura 8: Propagação em Fibra Multimodo Índice Gradual<sup>104</sup>

A principal característica dessa espécie de fibra é que a variação gradual do índice de refração do núcleo da fibra dá ensejo a múltiplos modos de propagação da luz.<sup>105</sup>

Stábile Filho esclarece que essas fibras ópticas “apresentam baixas atenuações dB/km em 850 nm) e capacidade de transmissão elevada em comparativo à fibra multimodo degrau”.<sup>106</sup>

Na imagem abaixo, é possível verificar a diferença na propagação em uma fibra multimodo índice degrau e em uma fibra multimodo índice gradual:

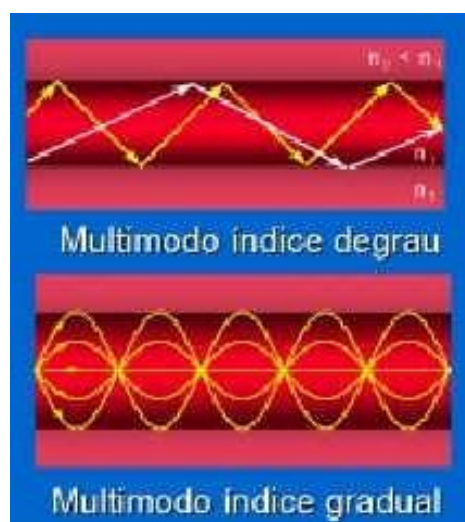


Figura 9: Propagação de onda luminosa em fibras multimodo índice degrau e gradual<sup>107</sup>

<sup>104</sup> Disponível em: <<http://www.geocities.ws/redescefetpi/feitos/fibra/2.html>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>105</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 27.

<sup>106</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 25. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>107</sup> Disponível em: <<http://www.julioabattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redesbasico006.asp>>. Acesso em: 08/11/2013.

Por fim, a fibra óptica monomodo é definida como sendo aquela que possui núcleo cujas dimensões são consideradas pequenas em relação ao diâmetro da casca, o que permite que os raios de luz incidam em um único ângulo, fazendo com que a luz percorra o núcleo em apenas um modo.<sup>108</sup>

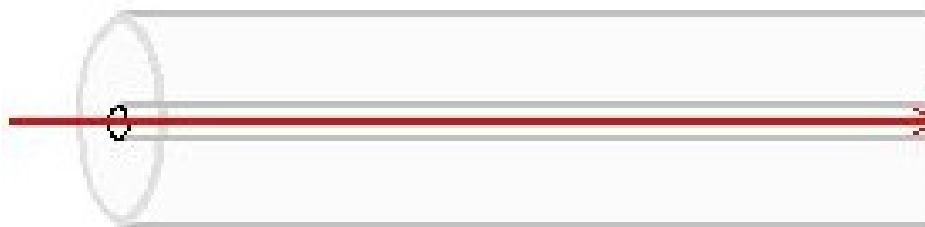


Figura 10: Propagação de onda luminosa em fibra monomodo<sup>109</sup>

A constituição de uma fibra óptica monomodo objetiva fazer com que “apenas o modo fundamental de distribuição magnética, ou raio axial, seja guiado evitando os vários caminhos de propagação da luz dentro do núcleo [...]”.<sup>110</sup>

Essa estrutura permite evitar a dispersão do impulso luminoso e para que esse efeito seja possível, é necessário que o “diâmetro do núcleo seja poucas vezes maior que o comprimento de onda da luz usado para transmissão”.<sup>111</sup>

Em comparação com as fibras multimodo, as fibras monomodo apresentam alta superioridade, destacando-se a maior largura de banda (10 a 100 GHz), apresentando maior capacidade de transmissão<sup>112</sup>.

A fibra óptica monomodo também tem menor perda (7 dB/Km em 1300 nm e 0,2 dB/Km em 1550m), o que aumenta “a distância entre as transmissões sem uso de repetidores de sinal”.<sup>113</sup>

### 3.2. Redes FTTH (*Fiber To The Home*)

Segundo Martins<sup>114</sup> o termo FTTH é utilizado de maneira genérica para “nomear redes de alto desempenho, baseada em uma rede de distribuição óptica”.

<sup>108</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 29. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>109</sup> Idem. p. 30.

<sup>110</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 29.

<sup>111</sup> Idem. p. 29.

<sup>112</sup> Ibidem. p. 30.

<sup>113</sup> Ibidem. p. 30.

Para Stábile Filho “Fiber To The Home é a arquitetura de fibra óptica ideal. Nesta arquitetura, a fibra óptica é estendida por todo caminho até a casa do cliente”.<sup>115</sup>

O objetivo de redes dessa natureza é favorecer a comunicação de dados, bem como suportar serviços analógicos e digitais, além de serviços interativos, incluindo também internet de alta velocidade, telefonia e rádio digital.<sup>116</sup>

Segundo Stábile Filho:

Redes baseadas em fibra óptica se desenvolveram, no geral, em resposta à necessidade dos clientes por vastos serviços e aplicações multimídia. Para solucionar essa demanda, fornecedores de serviços precisam de uma solução de rede de banda larga robusta, como por exemplo, tecnologia em fibra óptica, a qual oferece largura de banda sem limite e a flexibilidade para solucionar a demanda dos assinantes.<sup>117</sup>

Trata-se, pois, de tecnologia que visa a oferecer infraestrutura, otimizando os custos, ao mesmo tempo em que pretende atender às expectativas dos usuários, no sentido de utilizar desses serviços com maior qualidade, sendo que o seu fornecimento se dá por meio de “distribuição óptica passiva via uma única fibra óptica até a residência”.<sup>118</sup>

Stábile Filho<sup>119</sup> explica que em regra uma rede FTTH utiliza estrutura passiva, cuja organização se presta a estender uma fibra desde o CO (*Central Office*) até um terminal passivo, de onde são distribuídos os sinais transmitidos para as respectivas fibras, que são distribuídas para cada ONU (*Optical Network Unit*) que converte os sinais de óptico para elétrico na residência ou perto dela.

---

<sup>114</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 02.

<sup>115</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 48. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>116</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 02.

<sup>117</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 48. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>118</sup> Idem. p. 50.

<sup>119</sup> Ibidem. p. 50.

É possível verificar a estrutura apontada por Stábile Filho nas seguintes imagens:

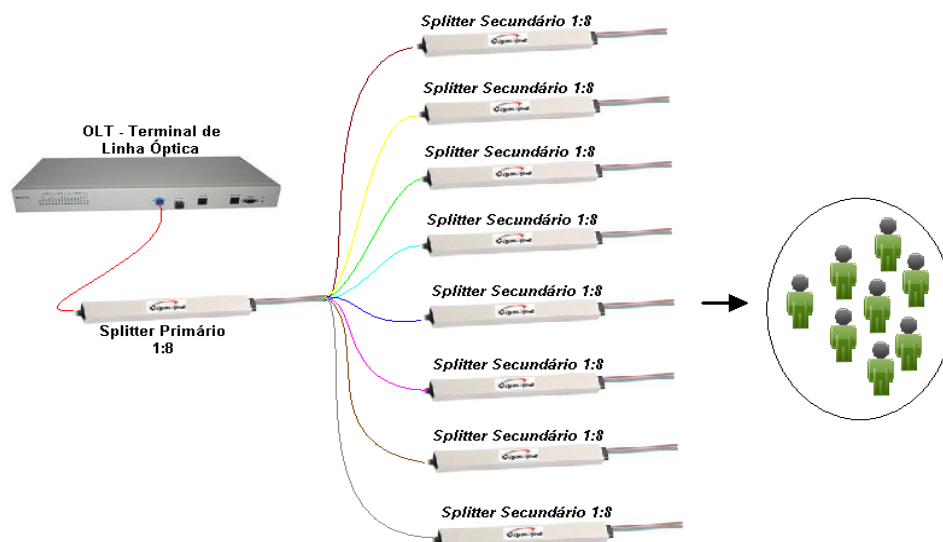


Figura 11: Estrutura de Rede FTTH PON<sup>120</sup>

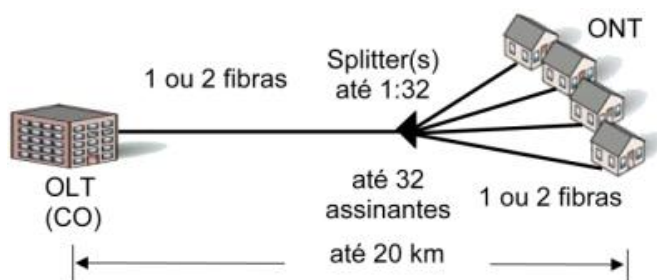


Figura 12: Estrutura de rede FTTH PON<sup>121</sup>

Martins<sup>122</sup> assevera, ainda, que a fibra óptica é essencial para que uma estrutura FTTH, sendo certo que nesse complexo mecanismo variadas espécies de cabos devem ser utilizados, por exemplo, no caso do cabo

[...] que sai de provedores de acesso, para as casas são aconselhados cabos de fibra com capa externa resistente e reforçados por fio de aço galvanizado o que dá resistência superior às forças de tração que ele deverá suportar durante sua vida útil, também com sistemas de

<sup>120</sup> Disponível em: <[http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009\\_2010/Trabalhos\\_MEEC\\_2010/](http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009_2010/Trabalhos_MEEC_2010/)>. Acesso em: 22/11/2103.

<sup>121</sup> Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/redes\\_opticas\\_alto\\_desempenho.php](http://www.projetoderedes.com.br/redes_opticas_alto_desempenho.php)>. Acesso em: 22/11/2013.

<sup>122</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 06.

revestimento não propagante à chama. Outro exemplo de cabo usado é para aplicações no final de uma rede óptica; com construção de pequenas fibras e com baixo peso são bastante indicados para a finalização de um FTTH, ou seja, o cabo que chega até as residências.

Ainda a esse respeito, Stábile Filho afirma que “arquiteturas de rede de acesso óptico devem ser simples, e a rede deve ser fácil de operar”.<sup>123</sup>

Para o referido autor, estruturas de rede passivas são preferíveis a arquiteturas ativas, já que a rede, nesses casos, não apresenta necessidade de controle e não possui comutador, sendo certo que “a ONU deve ser mantida muito simples para reduzir custos e aperfeiçoar a confiança, segurança. [...]”.<sup>124</sup>

Importante registrar que o autor menciona a possibilidade de que “o equipamento do CO pode ser um pouco mais sofisticado, desde que ele resida em um ambiente controlado os custos da implantação da rede FTTH”<sup>125</sup>, frisando que eventuais custos são amenizados com a sua distribuição entre os assinantes.

Por sua vez, Martins esclarece que a estrutura FTTH em PON (*Passive Optical Network*) “viabiliza o compartilhamento de uma fibra óptica para diversos pontos (usuários) por isso não existem elementos ativos entre o equipamento e o provedor de acesso [...]”.<sup>126</sup>

Essa estrutura passiva consiste em equipamentos do tipo OLT (*Optical Line Terminal*), localizados nas pontas das redes ópticas. Desse modo, um dos extremos se conecta ao provedor de acesso, ao passo que o outro lado se conecta em vários outros equipamentos do tipo ONU ou ONT localizados no condomínio ou gabinetes nas calçadas, sites e residências.<sup>127</sup>

A definição de uma rede PON é dada por Martins, que esclarece:

A PON na verdade é uma rede ponto-multiponto que viabiliza o compartilhamento de uma fibra óptica para diversos pontos (usuários) por isso não existem elementos ativos entre o equipamento e o provedor de acesso e consistem em equipamentos do tipo OLT, onde estão localizados nas pontas das redes ópticas, um de seus extremos vai conectado ao provedor de acesso e pelo outro lado conectado em vários outros equipamentos ONU (Optical Network Units: equipamento simples que

<sup>123</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 51. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013. p. 50.

<sup>124</sup> Idem. p. 51.

<sup>125</sup> Ibidem. p. 51

<sup>126</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 08.

<sup>127</sup> Idem. p. 08.

converte o sinal óptico das OLT para as portas padrões dos equipamentos de aplicação do usuário final: Ethernet, IP, etc.) ou o ONT (Optical Network Terminal) localizados no condomínio ou gabinetes nas calçadas, sites e residências.<sup>128</sup>

Martins<sup>129</sup> explica, ainda, que nessa arquitetura de rede, a fibra óptica a ser utilizada deve ser a do tipo monomodo, a fim de interligar a OLT às ONU's, enquanto os divisores ópticos passivos (*Splitters*) se caracterizam pela divisão dos sinais ópticos em uma dada taxa de fracionamento, conforme se vê abaixo:

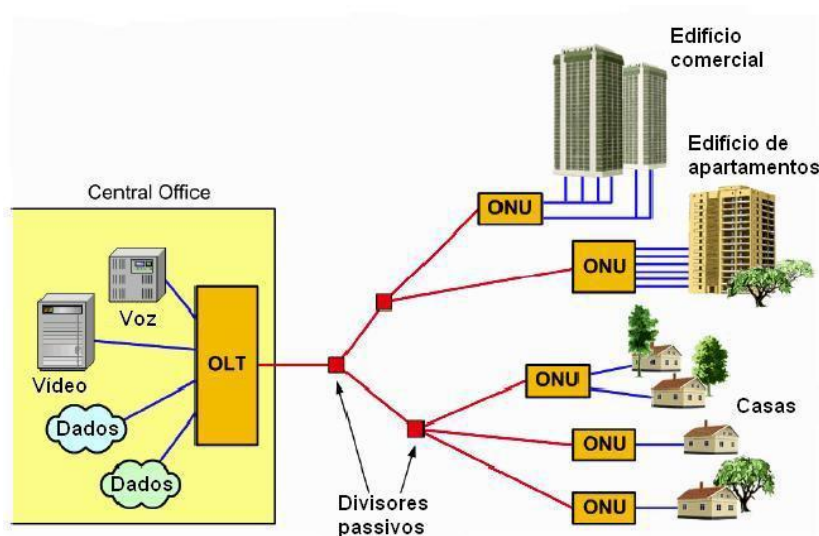


Figura 13: Estrutura de Rede FTTH PON.<sup>130</sup>

Por fim, importa tratar dos chamados conectores ópticos enquanto parte de uma rede FTTH.

Sua finalidade é contribuir para a redução de problemas ligados a reflexão e espelhamento da luz, além de aumentarem a atenuação, com estrutura composta, basicamente por um ferrolho, onde se encontra a terminação da fibra óptica, e de uma parte responsável pela fixação das fibras.<sup>131</sup>

<sup>128</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 09.

<sup>129</sup> Idem. p. 09.

<sup>130</sup> Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_opticas\\_alto\\_desempenho.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_opticas_alto_desempenho.php)>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>131</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 11.



Figura 14: Conectores ópticos<sup>132</sup>

Importante frisar que, em regra, uma rede FTTH “provê serviços com banda de 100 Mbps a 1 Gbit, porém devido às características inerentes das fibras ópticas ela poderá prover literalmente banda infinita, limitando apenas aos receptores e transmissores”<sup>133</sup>, além de ser completamente livre de cobre na rede externa.

Além desse ponto extremamente positivo, outro ponto favorável à utilização de uma rede de fibra óptica passiva

[...] não é necessário equipamentos utilizados entre as extremidades no que facilita a implementação, a facilidade de manutenção e também a durabilidade, ainda conta com recursos de alta taxa de transmissão de Upload e Download.<sup>134</sup>

Trata-se de vantagens impressionantes, todavia, a implantação de uma rede FTTH apresenta desafios como, por exemplo, conectar residências, bem como empresas de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) aos serviços que a rede oferece, além de obter sucesso em oferecer aos usuários larga faixa de banda e interatividade em voz, vídeo e dados, além de suprir as expectativas dos usuários<sup>135</sup>.

### 3.2.1 Da Multiplexação

A versatilidade da fibra óptica se observa quanto aos diferentes usos que uma única fibra pode oferecer simultaneamente, isto é, além de transmissão de dados, é

<sup>132</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 11.

<sup>133</sup> Idem. p. 06.

<sup>134</sup> Ibidem. p. 06.

<sup>135</sup> Ibidem. p. 06.

possível transmitir também, por meio da chamada multiplexação “triple play”, internet, TV e telefone (Voip).

A multiplexação é o meio pelo qual é possível o compartilhamento de recursos mediante um único meio de transmissão, por meio da chamada “multiplexação por divisão de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing)”.<sup>136</sup>

Essa rede WDM é definida por Martins como:

[...] o conjunto de equipamentos e meios físicos que têm a capacidade de aperfeiçoar o uso de redes de fibra óptica. Este sistema tem o objetivo de fornecer uma infraestrutura de meios ópticos que permite a inserção de mais de um sistema de telecomunicações, seja ele para redes de dados e/ou voz, em uma única fibra óptica.<sup>137</sup>

Abaixo, a estrutura de multiplexação da fibra:

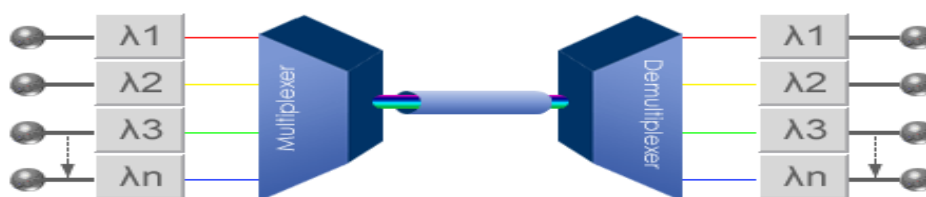


Figura 15: Representação de multiplexação da fibra<sup>138</sup>

“No estudo de ondas, Lambda representa o comprimento de onda.”

Dentre as vantagens desse tipo de rede, destacam-se a extrema flexibilidade no transporte de diferentes tipos de hierarquias digitais, bem como a possibilidade de “oferecer interfaces compatíveis com as diversas aplicações existentes”.<sup>139</sup>

Martins apresenta ainda outras vantagens da WDM, afirmando que

A tecnologia das redes WDM permite ainda implementar mecanismos ópticos de proteção nos equipamentos ou diretamente nas redes da camada de aplicação, oferecendo serviços com alta disponibilidade e efetiva segurança no transporte de informações. [...]

<sup>136</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 08

<sup>137</sup> Idem. p. 08.

<sup>138</sup> Ibidem. p. 08.

<sup>139</sup> Ibidem. p. 09.



- Permite utilizar equipamentos de aplicação para redes de transporte e multisserviços sobre a mesma infraestrutura de meio físico óptico;
- Permite o tráfego de qualquer tecnologia, independente do fabricante, através do uso de transponders;
- Permite a economia de equipamentos de aplicação ao longo das rotas, mediante a instalação destes apenas nos pontos de troca de tráfego;
- Permite a economia e até mesmo a otimização do uso de fibras ópticas em locais com alta densidade de redes e acessos.<sup>140</sup>

No entanto, é certo que a tecnologia possui também algumas desvantagens que devem ser levadas em consideração.

Elas são enumeradas por Martins, que esclarece que “o projeto, instalação e operação da rede WDM é complexo e deve ser feito com um planejamento criterioso e detalhado”<sup>141</sup>.

Ainda, como não há padronização dos equipamentos nem da tecnologia WDM, não existe a possibilidade de os mesmos sejam usados na arquitetura de uma rede, com equipamentos de fabricantes diferentes.

### 3.3. Vantagens e Desvantagens da Fibra Óptica

Passa-se a abordar no presente trabalho as vantagens apresentadas pela fibra óptica em comparação a outras formas de transmissão de dados disponíveis atualmente.

Para Martins “as fibras ópticas permitem a transferência de informações em largura de banda praticamente ilimitada, com maior flexibilidade para a oferta de serviços bidirecionais e interativos”<sup>142</sup>.

O autor ressalta também que “outro aspecto para a aceleração da aceitação da estrutura óptica no mercado atual é para que [...] se tenham redes aptas para estruturas futuras de funcionamento da demanda de uso.”<sup>143</sup>

Já Furukawa apresenta como principais vantagens da fibra óptica as dimensões reduzidas, segurança na transferência de informações, atendimento a distâncias maiores com alta capacidade de transmissão.<sup>144</sup>

---

<sup>140</sup> MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013. p. 09.

<sup>141</sup> Idem. p. 09

<sup>142</sup> Ibidem. p. 11.

<sup>143</sup> Ibidem. p. 12.

Stábile Filho<sup>145</sup>, por sua vez, enumera as vantagens da fibra óptica no seguinte rol:

- Imunidade a ruídos externos em geral e interferências eletromagnéticas em particular, como as causadas por descargas atmosféricas e instalações elétricas de altas tensões;
- Imunidade a interferências de frequências de rádio de estações de rádio e radar, e impulsos eletromagnéticos causados por explosões nucleares;
- Imune à influência do meio ambiente (umidade, por exemplo);
- Ausência de diafonia;
- Grande confiabilidade no que diz respeito ao sigilo das informações transmitidas;
- Capacidade de transmissão muito superior à dos meios que utilizam condutores metálicos;
- Baixa atenuação, grandes distâncias entre pontos de regeneração;
- Cabos de pequenas dimensões (pequeno diâmetro e pequeno peso) o que implica em economia no transporte e instalação.

Quanto às desvantagens da fibra óptica, Furukawa relata o custo de mão de obra e instalação, bem como a sensibilidade da fibra à umidade, ao tracionamento excessivo e ao raio de curvatura.<sup>146</sup>

No tocante aos problemas que se pode esperar de uma rede de fibra óptica, Luna<sup>147</sup> explica que três são as principais questões problemáticas da mesma: absorção, espalhamento e deformações mecânicas.

Absorção ocorre quando a fibra absorve parte da energia do sinal óptico e a dissipa em forma de calor; o espalhamento é decorrente de defeitos na estrutura da fibra, em função de desvio da luz; por fim, as deformações mecânicas são perdas provocadas por curvaturas (micro e macro) no interior do cabo.<sup>148</sup>

Finalmente, resta abordar as diferentes utilizações da fibra óptica, verdadeiro atestado de sua versatilidade.

Segundo Stábile Filho<sup>149</sup> a fibra óptica pode ser utilizada em redes de telecomunicações, de distribuição de energia elétrica, transmissão de dados, bem como em redes de distribuição de sinais de radiodifusão e televisão, de estúdios,

---

<sup>144</sup> Furukawa Industrial S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed. p. 11.

<sup>145</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 30. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

<sup>146</sup> Idem. p. 12

<sup>147</sup> LUNA, Ronaldo Balbino. **Estrutura HFC Utilizada como Rede de Acesso à Internet**. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009. p. 38. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-56.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>148</sup> Idem. p. 38.

<sup>149</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 30. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

cabos de câmeras de TV, redes industriais e redes de controle de semáforos, sem deixar de mencionar as aplicações médicas.

Todavia, as possibilidades que a fibra óptica traz não acabam nas redes, sendo que a sua utilização também se realiza na transmissão de sinais e processamento de dados, em equipamento de sistemas militares, bem como interligações de circuitos dentro do equipamento e de controle em geral<sup>150</sup>.

### 3.4. Projeto de Implantação de Rede FTTH em Caratinga - MG

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos no sentido de expandir ou implantar a FTTH em escala mundial, levando em consideração uma análise mercadológica, visto que mudanças ocorrem com clientes, economia, mercado e ambiente<sup>151</sup>.

Em regra, um projeto se inicia com a escolha do bairro, distrito ou cidades, com estimativas de investimentos, escolha da topologia, conhecimento do local e coma tomada de decisão, após isso o engenheiro responsável visitará o local para anotar as devidas informações.

Após a coleta dos dados, deve-se apresentar o projeto à concessionária, assinado e com a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), ocasião em que aquela emitirá os devidos memoriais descritivos e cartas de acordo com as suas normas.

Em um projeto de rede que utiliza fibra óptica, a melhor solução depende de uma série de fatores, dentre eles destacam-se o tipo e as características ópticas (largura de banda) da fibra utilizada, sendo estes os fatores mais significativos que irão determinar a viabilidade futura do projeto.<sup>152</sup>

Isso porque,

a escolha correta da fibra óptica para o projeto de uma rede de computadores irá depender de vários fatores como o padrão de rede adotado, a limitação das distâncias impostas pelos protocolos da rede, do tipo de fibra, que irá implicar na escolha dos dispositivos eletrônicos e

---

<sup>150</sup> STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 30. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013. 30.

<sup>151</sup> FORZATI, Marco. Redes FTTH. Revista RTI, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012. p. 52.

<sup>152</sup> PINHEIRO, José Maurício Santos. **Utilizando Fibras Ópticas em Redes Locais**. Publicado em: 21/01/2004. Disponível em: <<http://www.projetoederedes.com.br/artigos/>>. Acesso em: 08/11/2013.

conectorização e dos resultados financeiros esperados para o investimento.<sup>153</sup>

Tendo por base essa estrutura, partiu-se para a elaboração de um projeto a ser desenvolvido em Caratinga, especificamente no condomínio Morada do Lago I, localizado na Avenida Dário Anunciação Grossi, s/n Salatiel - Caratinga – MG.

O local escolhido apresenta os seguintes dados:

Total de endereços encontrados:	18
Domicílios particulares:	9
Edificações em construção:	9
Número de moradores:	26
Rendimento médio estimado de moradores no logradouro:	R\$ 1.363,81

Tabela 1: Dados demográficos do Condomínio Morada do Lago I.<sup>154</sup>

Este projeto foi elaborado levando em consideração o crescimento do condomínio sendo que o estudo foi realizado tomando por base a expectativa de expansão das atuais 18 (dezoito) para 31 (trinta e uma) residências, de modo a se estudar a viabilidade da instalação e uso de uma rede FTTH no local.

A localização do ponto escolhido pode ser observada na figura abaixo:



Figura 16: Imagem de satélite do Condomínio Morada do Lago I.<sup>155</sup>

<sup>153</sup> PINHEIRO, José Maurício Santos. **Utilizando Fibras Ópticas em Redes Locais**. Publicado em: 21/01/2004. Disponível em: <<http://www.projetoderedes.com.br/artigos>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>154</sup> Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/minas-gerais|caratinga|infograficos>>. Acesso em: 08/11/2013.

<sup>155</sup> Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?q=condominio+morada+do+lago+caratinga+minas+gerais&z=18>>. Acesso em: 05/11/2013.

A escolha desse condomínio para ser o ponto principal desta pesquisa se deu em razão de o mesmo ser um condomínio com poucas residências, facilitando a exatidão do estudo.

Primeiramente foi feito um estudo de perdas em dB e inserção da rede, cujos resultados se apresentam abaixo:

<b>ESTRUTURA</b>	<b>PERDAS EM dBs</b>
1. CABO OPTICO DE 12 F.O.	0,0005 dBs por metro
2. CABO OPTICO DE 04 F.O.	0,0005 dBs por metro
3. CABO OPTICO DE 01 F.O.	0,0005 dBs por metro
4. CONECTOR SC APC	0,75 dBs por par
5. SPLITER ÓPTICO DE ¼	7,1 dBs
6. SPLITER ÓPTICO DE 1/32	17,1 dBs
7. EMENDA ÓPTICA	0,5 dBs

Tabela 2: Cálculo de perdas em dB

Após, fazendo os cálculos de atenuação, chega-se aos seguintes resultados:

<b>ESTRUTURA</b>	<b>CÁLCULO DE ATENUAÇÃO</b>
1. CABO OPTICO DE 12 F.O	3800 x 0,0005: 1,9 dBs
2. CABO OPTICO DE 04 F.O.	2285 x 0,0005: 0,14 dBs
3. CABO OPTICO DE 01 F.O.	100 x 0,0005: 0,05 dBs
4. CONECTOR SC APC	62 x 0,375: 23,25 dBs
5. SPLITER ÓPTICO DE ¼	1 x 7,1: 7,1 dBs
6. SPLITER ÓPTICO DE 1/32	1 x 17,1: 17,1 dBs
7. EMENDA ÓPTICA	66 x 0,5: 33 dBs

Tabela 3: Cálculos de atenuação

Considerando que um assinante estivesse a 50 metros da caixa de distribuição (NAP) ficaria a seguinte forma:

- DROP 0,025 dBs + SPLITER 1/32 17,1 dBs + EMENDA ÓPTICA + 0,10 dBs + CONECTOR SC APC 0,75 dBs: 17,975 dBs

O drop terá uma atenuação de 17,9 dBs na caixa NAP até o primeiro ponto instalado na casa do assinante.

Ainda, foi realizado um orçamento de material em algumas empresas, e seguindo o critério de média, totalizando o valor de R\$ 24.809,32 (vinte e quatro mil, oitocentos e nove reais e trinta e dois centavos) para atender os 31 (trinta e um)

clientes, ficando em média o valor de R\$ 800,30 (oitocentos reais e trinta centavos) para atender cada cliente.

O orçamento para implantação de uma rede FTTH no Condomínio Morada do Lago I consta da tabela abaixo:

TABELA MATERIAL DE REDE FTTH - QUANTIDADE E VALOR				
ITEM		QUANTIDADE	VALOR UNIDADE	TOTAL
1	CABO OPTICO DE 12 F.O. CFOA-AS 80	3800	R\$ 2,80	R\$ 10.640,00
2	CABO OPTICO DE 04 F.O. CFOA-AS80	285	R\$ 2,80	R\$ 798,00
3	CABO OPTICO DROP FLEX 01 F.O. CFOA-SM-AS80-RA	100	R\$ 1,00	R\$ 100,00
4	CONECTOR SC APC MM	62	R\$ 4,00	R\$ 248,00
5	PROTETOR DE EMENDAS MODELOS 60X1 MM	66	R\$ 0,67	R\$ 44,22
6	SPLITER ÓPTICO DE 1/4 BALANCEADO	1	R\$ 230,00	R\$ 230,00
7	SPLITER ÓPTICO DE 1/32	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
8	Gepon OLT OT-2000S OLT	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
9	CORDÃO ÓPTICO	31	R\$ 35,00	R\$ 1.085,00
10	NETWORK ACCESS POINT GEAPON ONU/ONT OT-E8010U - ONT	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
11	EMENDAS ÓPTICAS	66	R\$ 0,10	R\$ 6,60
12	CRUZETA PARA RESERVA ÓPTICA	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
13	ABRAÇADEIRA BAP COM PARAFUSO DE ANCORAGEM	10	R\$ 4,75	R\$ 47,50
14	SUPORTE COM ROLDANA PLÁSTICA PARA DROP	31	R\$ 20,00	R\$ 620,00
15	CONVERSOR FIBRA ÓPTICA RECEPTOR E TRANSMISSOR (MODEM OPTICO)	31	R\$ 190,00	R\$ 5.890,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 24.809,32</b>

Tabela 4: Orçamento para implantação de Rede FTTH no Condomínio Morada do Lago I<sup>156</sup>

Foi realizado, também, orçamento levando em consideração o número de mil assinantes, a fim de se criar uma estimativa dos custos, cujos resultados são demonstrados na tabela abaixo:

TABELA MATERIAL DE REDE FTTH - QUANTIDADE PARA ATENDER 1000 (MIL) ASSINANTES				
ITEM		QUANTIDADE	VALOR UNIDADE	TOTAL
1	CABO OPTICO DE 12 F.O. CFOA-AS 80	10000	R\$ 2,80	R\$ 28.000,00
2	CABO OPTICO DE 04 F.O. CFOA-AS80	7000	R\$ 2,80	R\$ 19.600,00
3	CABO OPTICO DROP FLEX 01 F.O. CFOA-SM-AS80-RA	500	R\$ 1,00	R\$ 500,00
4	CONECTOR SC APC MM	2000	R\$ 4,00	R\$ 8.000,00
5	PROTETOR DE EMENDAS MODELOS 60X1 MM	1000	R\$ 0,67	R\$ 670,00
6	SPLITER ÓPTICO DE 1/4 BALANCEADO	6	R\$ 230,00	R\$ 1.380,00
7	SPLITER ÓPTICO DE 1/32	4	R\$ 600,00	R\$ 2.400,00
8	Gepon OLT OT-2000S OLT	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
9	CORDÃO ÓPTICO	1000	R\$ 35,00	R\$ 35.000,00
10	NETWORK ACCESS POINT GEAPON ONU/ONT OT-E8010U - ONT	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
11	EMENDAS ÓPTICAS	2000	R\$ 0,10	R\$ 200,00
12	CRUZETA PARA RESERVA ÓPTICA	8	R\$ 50,00	R\$ 400,00
13	ABRAÇADEIRA BAP COM PARAFUSO DE ANCORAGEM	50	R\$ 4,75	R\$ 237,50
14	SUPORTE COM ROLDANA PLÁSTICA PARA DROP	1000	R\$ 20,00	R\$ 20.000,00
15	CONVERSOR FIBRA ÓPTICA RECEPTOR E TRANSMISSOR (MODEM OPTICO)	1000	R\$ 190,00	R\$ 190.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 310.787,50</b>

Tabela 5: Orçamento para implantação de Rede FTTH para mil assinantes<sup>157</sup>

Obviamente, quanto maior o número de assinantes, menor será o custo de instalação para a empresa, e isso implicaria diretamente no valor dos pacotes

<sup>156</sup> Valores das peças do orçamento disponíveis em: <<http://www.furukawa.com.br/br/>>; <<http://www.cablana.com.br/>>; <<http://www.fibracem.com.br/>>; <[http://www.comtrel.com.br/files/catalogo\\_completo.pdf](http://www.comtrel.com.br/files/catalogo_completo.pdf)>. Acesso em: 22/11/2013.

<sup>157</sup> Idem.

comercializados e na taxa de adesão, que poderia ser cobrado uma média de R\$150,00 por assinante pela empresa.

Também havendo esta conscientização do empresário investidor de que o FTTH é um negócio rentável, em média, em 03 (três) meses e 22 (vinte e dois) dias, o mesmo teria o retorno do investimento por assinante, levando em consideração 1000 (mil) assinantes, pois se levando em consideração os seguintes dados:

- Valor por assinante: R\$ 310, 80 (trezentos e dez reais e oitenta centavos) - R\$150,00 (Adesão) = R\$160,80 de gasto para a empresa

Cobrando uma mensalidade em média R\$ 49,90 (quarenta e nove reais e noventa centavos), valor que inclui internet e TV<sup>158</sup> e, considerando um lucro de 50 % nesta mensalidade, teríamos os seguintes resultados:

- $R\$ 160,80 / R\$49,90 = 3, 22$
- $3,22 \times (50\% 49,90 = 24,95) = R\$ 80,33$
- $R\$ 80,33 \times 2 = 160,66$

Dentre os principais empecilhos encontrados para viabilização do projeto, destaca-se o custo para sua implantação, o que deixa as empresas de prestação de serviços de internet banda larga locais hesitantes.

A esse respeito, Edwards afirmou em 2007 que para que a rede FTTH seja viável, é necessário manter os custos de implantação baixos, de modo a se obter retorno sobre o investimento e, desse modo, as empresas devem investir na otimização da instalação.<sup>159</sup>

Sandra Mogami<sup>160</sup> ressalta que imaginar uma cidade no Brasil com 100% de cobertura óptica parecia irreal até poucos anos e, no entanto, é justamente em cidades pequenas como Garça no estado de São Paulo que esse tipo projeto se concretizou, com 120 (cento e vinte) quilômetros de rede FTTH instalados.

<sup>158</sup> Disponível em: <www.supercabotv.com.br>. Acesso em 22/11/2013.

<sup>159</sup> EDWARDS, Merion. **Vencendo os Desafios para a Distribuição de FTTH em Edifícios**. In: RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 91. São Paulo: Aranda Editora, 2007. p 72.

<sup>160</sup> MOGAMI, Sandra. **FTTH Avança no País com Pequenos Provedores**. In: RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 136. São Paulo: Aranda Editora, 2011. p. 30.

Com base nos cálculos realizados no presente trabalho, conclui-se que o cenário de implantação de uma rede FTTH em Caratinga - MG não está distante de uma realidade próxima.

Diante desse cenário, seguindo a tendência notória da indústria da informática, os custos para implantação de redes FTTH vem caindo vertiginosamente, sendo este o momento oportuno para sua implantação em Caratinga – MG.

Com a demanda crescente por banda larga na cidade, caberá às empresas a inovação e criação de novos serviços, bem como compreender o fato de que o FTTH deve ser encarado como um investimento e não apenas mais um gasto.

Até porque, o custo de implantação tem como principal benefício o baixo custo de manutenção e as possibilidades que a fibra óptica oferece no tocante à transmissão de dados via internet banda larga e nas telecomunicações.

E, como explicitado por Forzati no início deste trabalho “as operadoras devem deixar de pensar somente na receita gerada pelos usuários e passar a considerar também os benefícios implícitos que a nova infraestrutura pode trazer”<sup>161</sup>.

Trata-se de Inteligência para gerenciamento dos negócios, atentando-se para o custo/benefício de um investimento.

Até porque, esse custo será absorvido pela parcela considerável de consumidores que passarão a aderir à internet de banda larga em rede FTTH que, devidamente estruturada com fibra óptica, poderá suportar o aumento da carga de velocidade e dados.

---

<sup>161</sup> FORZATI, Marco. **Redes FTTH**. Revista RTI, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012. p. 54.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou determinar a possibilidade de instalação de uma rede FTTH na cidade de Caratinga – MG.

Abordou-se, num primeiro momento, a evolução dos sistemas de transmissão de dados, desde os meios mais arcaicos até a Internet, uma eis que a transmissão de dados e mensagens vem permeando a história da humanidade, sendo certo que no séc. XIX invenções como o telégrafo e o código Morse alavancaram o desenvolvimento dos meios de comunicação.

Com o desenvolvimento de tecnologia e a evolução dos meios de codificação de mensagens, passou-se a ponderar sobre a possibilidade de enviar mensagens e transmitir dados encriptados, utilizado em larga escala no período das guerras.

O avanço da computação e das próprias telecomunicações oportunizaram o surgimento da Internet, cujos consumidores aumentam exponencialmente, tanto em número quanto em demanda por velocidade e capacidade de armazenamento de dados.

Inicialmente lenta e com pouca capacidade, ninguém poderia imaginar o imenso volume de informações e dados que trafegam pelos cabos das redes de Internet instaladas mundo afora.

Isso porque, da mesma forma como a tecnologia foi se desenvolvendo ao longo dos sécs. XIX e XX, com a criação da própria fibra óptica, objeto deste estudo, é necessário aplicar esse conhecimento aos sistemas de transmissão de dados já existentes.

Tratou-se também do aumento na demanda por Internet banda larga e a necessidade de se adequar a tecnologia disponível de modo a atender às necessidades do público alvo.

O fenômeno do aumento da demanda por Internet banda larga acontece em escala mundial e o Brasil também sofre seus efeitos, graças à inclusão digital e o crescimento econômico.

A cidade de Caratinga – MG, enquanto local em que situam faculdades, empresas e aumento populacional, apresenta crescimento digno de nota no tocante à demanda por Internet banda larga, seja pelo aumento de sua população, seja pelo desenvolvimento econômico.

Nesse mister, foi estudada a estrutura da fibra óptica, suas espécies, vantagens, desvantagens e aplicações de modo a estabelecer a viabilidade de implantação de uma rede FTTH na cidade de Caratinga – MG, elegendo-se o condomínio morada do lago I como campo para estudo.

A conclusão a que se chega é que da mesma forma que em qualquer outra parte do Brasil, Caratinga – MG está pronta para receber redes de fibra óptica FTTH.

E, desde que as empresas que exploram a atividade de telecomunicações e Internet se disponham a investir, certamente haverá retorno tanto no desenvolvimento tecnológico quanto econômico da cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXT, Bárbara. **O Claro Enigma**. In: Revista Aventuras na História. 107. ed. São Paulo: Abril, 2012.

BARBOSA, Marco Antônio da Silva. **Cabeamento de Rede**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/>>. Acesso em: 26/09/2013.

BELINI, Juliana. **Fibras de Aramida e Sua Aplicação na Confecção de Cabos Ópticos**. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba: 2012. Disponível em: <<http://fatecsorocaba.edu.br/principal/pesquisas/nuplas/dissertacoes/TCC2012/Juliana%20Bellini.pdf>> Acesso em: 22/11/2011.

COSTA, Paulo da; BIANCHINI, David. **Caracterização da Demanda Futura de Usuários da Internet no Brasil: Uma Contribuição para o Desenvolvimento de Políticas Governamentais de Inclusão Digital e Acesso à Internet**. In: Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação Journal of Information Systems and Technology Management Vol. 5, No. 1, 2008, p. 135-162. Disponível em <<http://www.jistem.fea.usp.br>>. Acesso em: 10/10/2013.

DUQUE, Luciano. **Avaliação da Qualidade de Rede de Banda Larga**. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 151. Aranda Editora: São Paulo, 2012.

EDWARDS, Merion. **Vencendo os Desafios para a Distribuição de FTTH em Edifícios**. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 91. São Paulo: Aranda Editora, 2007.

**Fibra Óptica: Princípios e Vantagens**. Autor Desconhecido. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 154. São Paulo: Aranda Editora: 2003.

**Folha de São Paulo: Internet no Brasil não suporta demanda, diz relatório de São Paulo**. Publicado em: 20/10/2010. Autor desconhecido. Disponível em:

<http://www1.folha.uol.com.br/tec/817377-internet-no-brasil-nao-suporta-demanda-diz-relatorio.shtml>. Acesso em: 27/09/2013.

FORZATI, Marco. **Redes FTTH**. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações, n.º 145. São Paulo: Aranda Editora, 2012.

FURUKAWA INDUSTRIAL S.A. **Fibras Ópticas e suas Aplicações**. 2.ed.

FURUKAWA ELETRIC. **FTTx**. In Guia de Aplicação FTTx. Disponível em: <<http://www.sohoplus.com.br>>. Acesso em: 08/09/2013.

LUNA, Ronaldo Balbino. **Estrutura HFC Utilizada como Rede de Acesso à Internet**. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009. p. 38. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-56.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013.

MARTINS, Mateus Henrique Sacramento. **Estudo de Caso da Implementação de um FTTH (Fiber-To-The-Home) em Condomínio Residencial**. Barbacena: Unipac - Universidade Presidente Antônio Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.unipac.br/bb/tcc/tcc-6bfa261beb0d8ce1cb481622dc6f443b.pdf>>. Acesso em: 08/11/2013.

MOGAMI, Sandra. **FTTH Avança no País com Pequenos Provedores**. In: RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 136. São Paulo: Aranda Editora, 2011.

OLIVEIRA, H. Magalhães de; CARVALHO, M. Menezes de. **Notas sobre o Ensino de Transmissão de Dados: Modems - da História ao Estado da Arte**. Recife, 1995. Disponível em: <[http://www2.ee.ufpe.br/codec/coben\\_modem.PDF](http://www2.ee.ufpe.br/codec/coben_modem.PDF)>. Acesso em: 20/09/2013.

OLIVEIRA, Alan Adolfim; PEREIRA, Magnum Augusto da Silva. **Estudo de Implantação de Internet Via Rede Elétrica (PLC) na Área Central da Cidade de Caratinga – MG**. Instituto Doctum de Educação e Tecnologia: Caratinga, 2009.

PINHEIRO, José Maurício Santos. **Utilizando Fibras Ópticas em Redes Locais**. Publicado em: 21/01/2004. Disponível em: <<http://www.projetoderedes.com.br/artigos>>. Acesso em: 08/11/2013.

RODRIGUES, Simone. **Projetos de FTTH no Brasil**. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações, n.º 126. São Paulo: Aranda Editora, 2010.

RODRIGUES, Simone. **Infraestrutura de Redes em Hotéis**. In: Revista RTI – Redes, Telecom e Instalações. n.º 145. Aranda Editora: São Paulo, 2012.

RODRIGUEZ, Diogo Antônio. **A Pré-história da Internet**. In: Revista Aventuras na História. 123. ed. São Paulo: Abril, 2013. pp. 56-57.

SALGADO, Hugo David Marques. **Código Morse: O que é e como surgiu**. Departamento de Engenharia Informática - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2000. Disponível em: <<http://student.dei.uc.pt/~hsalgado/CP/artigo.htm>>. Acesso em: 26/09/2013

SIMON, Imre. **A Arpanet**. 16/07/1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

\_\_\_\_\_. **Aspectos Históricos**. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acesso em: 26/09/2013.

SOARES, Edileuza. **Brasil alarga redes para atender à demanda de mobilidade e explosão de dados**. Publicado em: 06/11/2012. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2012/11/05/brasil-alarga-redes-para-atender-a-demanda-de-mobilidade-e-explosao-de-dados/>>. Acesso em: 10/10/2013.

STÁBILE FILHO, Moanir. **FTTH – FIBER TO THE HOME**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 22. Disponível em: <<http://www.uel.br/bc/portal/>>. Acesso em: 09/11/2013.

TANEMBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

TELCON. In **Quais as vantagens das fibras ópticas sobre os cabos de cobre?**

Autor Desconhecido. Publicado em: 2013. Disponível em:

<<http://www.telcon.com.br/telcon/web/Perguntas/Default.aspx?idper=S10091512024>

053#>. Acesso em: 26/09/2013.

## ANEXOS

