

*Trabalho de Conclusão de Curso*

Curso de Especialização em Engenharia de  
Redes e Sistemas de Telecomunicações

ADSL e ADSL 2

Damázio Pereira Teixeira  
Guilherme Geraldo de Freitas Marques  
Querino Anschau Junior

2008

Damázio Pereira Teixeira  
Guilherme Geraldo de Freitas Marques  
Querino Anschau Junior

## ADSL e ADSL 2

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação de Pós-graduação Lato Sensu do Inatel  
como requisito parcial para a obtenção do Certificado de  
Conclusão do Curso de Especialização em Engenharia de  
Redes e Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Leonel Mendes

Santa Rita do Sapucaí – MG

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

2008

## **RESUMO**

Devido à crescente popularização da Internet no país, a busca por recursos mais avançados pelos usuários também alcançou altas curvas. Com isso, a Internet Banda Larga tornou-se requisito básico ultimamente para a grande maioria dos usuários de Internet ou centros de concentração de usuários como Lan Houses, Empresas, etc. Por outro lado, um enorme legado das operadoras de telefonia em questões de estrutura física para transmissão de dados inviabilizava um novo e enorme investimento em uma estrutura capaz de realizar a comunicação Banda Larga dos dados com os usuários.

Visando aproveitar essa capilaridade que já alcançava grande parte da população, a solução foi buscar melhorar a tecnologia ao invés da rede de transmissão. Surge deste paradigma então a tecnologia ADSL que é um método mais eficiente de transmitir dados a altas taxas utilizando a mesma estrutura antes utilizada para troca de dados convencionais.

# SUMÁRIO

1. Introdução .....	03
2. Tecnologia ADSL .....	04
2.1. Como Funciona o ADSL .....	04
2.2. Performace do ADSL .....	06
2.3. Tecnologia adotada.....	07
2.4. Protocolo PPPoE .....	12
3. Tecnologia ADSL2 .....	13
3.1. Introdução .....	13
3.2. Alcance .....	14
3.3. Taxa de Bits .....	15
3.4. Serviços e Benefícios Adicionais .....	17
3.4.1. Controle de Potência.....	17
3.4.2. Canalização.....	19
3.4.3. Outras Vantagens.....	20
3.5. ADSL2+.....	21
4. ADSL na prática .....	24
4.1. Ponto de Vista das Operadoras .....	24
4.2. Ponto de Vista dos Usuários.....	26
5. Conclusão .....	27
6. Referências Bibliográficas.....	28

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

A abrangência da rede telefônica atualmente existente no país retrata sua capilaridade e infra-estrutura. Inicialmente usada somente para tráfego de voz e ainda que a capacidade de transmissão do par de fios fosse maior do que a demanda da aplicação, a gama de funcionalidades não eram exploradas por outros serviços.

O crescimento do acesso à Internet pela população e a crescente demanda gerada neste mercado fez com que a linha telefônica fosse utilizada para conectar os computadores à rede. A conexão pode ser feita via linha discada e, nesse caso, utiliza o mesmo canal disponível para voz. Para isso, é utilizado um equipamento denominado *modem*, que converte o sinal analógico que trafega pela rede telefônica em sinal digital, interpretado pelo computador do usuário. Neste cenário, as taxas de transmissão chegavam a um patamar de valor que se tornava cada vez mais incompatível com a evolução dos serviços oferecidos atualmente, os quais exigem cada vez mais velocidade na navegação. Como a frequência de transmissão do canal de voz é suficiente somente para atender com um mínimo de qualidade às ligações de voz, a taxa de transmissão chega a um máximo que é limitado por esse fator, dentre outras variáveis.

Diante desse cenário, surgem novas tecnologias para acesso à Internet com intenção de aumentar a taxa de transmissão no usuário final. Uma das tecnologias que permite esse incremento é o ADSL, *Assymmetric Digital Subscriber Line* ou Linha Digital Assimétrica para Assinante, que divide o canal composto pelo par de fios telefônicos em 3 canais de transmissão sendo um para voz, outro para recebimento de dados e um último para envio de dados. O termo assimétrico é caracterizado devido à esses canais não terem a mesma capacidade de transmissão, ou seja, largura de banda.

Mesmo com o ADSL, a demanda por maiores taxas de transmissão continua a crescer, e agora são necessárias novas tecnologias para melhorar o aproveitamento do par metálico de fios, não permitindo que a saturação desse seja fator limitante para o aumento das taxas de transmissão. Baseado nisso, surgem novas formas de se aproveitar a estrutura física da rede telefônica, como o ADSL 2 ou ADSL+, que tem na forma de tratar o sinal ou modulá-lo, a tecnologia para incremento da taxa de transmissão.

## Capítulo 2

### Tecnologia ADSL

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) é um método de modulação para um canal de dados que utiliza o par trançado de cobre, linha telefônica comum, como meio de transmissão. O termo "assimétrico" surgiu da percepção que seria melhor em um canal de transmissão, reservar a maior parte da banda para *download*, uma parte menor para *upload* e por fim uma parte fixa para voz, caracterizando assim 3 canais distintos. Essa estratégia partiu da análise de conexões comuns onde apenas um clique solicitando uma página recebia muitas vezes mais informações que transmitia.

O ADSL permitiu um ganho considerável nas taxas de transmissão de dados se comparado aos meios comuns disponíveis utilizando o mesmo canal telefônico. O ADSL permite transmissões de 6 a 9Mbps de *download*, 640Kbps a 1Mbps de *upload* e ainda reservando o canal para voz. Estas taxas são mensuradas de acordo com a distância do ponto do assinante até a central, caracterizando assim o limite máximo de banda de Internet. Desta forma, quanto mais próximo à central, maior será a probabilidade da taxa máxima ser maior que 6Mbps chegando até os 9Mbps.

Uma das principais vantagens desta tecnologia é percebida pelo fato de que um novo cabeamento levaria décadas para atingir a mesma abrangência que as atuais estruturas possuem, conseqüentemente um grande número de assinantes em potencial para utilizar o serviço [1].

#### 2.1 COMO FUNCIONA O ADSL

O aparelho que modula o sinal ADSL deve estar em constante comunicação com o servidor localizado na central, sincronizados, para que haja troca de informações em altas taxas. Este aparelho possui um componente chamado “POTS Splitter”, *Plain Old Telephony Services* ou linha de voz comum, que tem a responsabilidade de dividir o canal telefônico em 2, dados e voz, sendo voz um canal independente e ininterrupto mesmo havendo falhas com o ADSL.

A voz utiliza dentro do canal as faixas até 4kHz, sendo que este canal trabalha

com frequências que hoje alcançam até 2MHz dependendo das condições da linha telefônica e da distância até a central. O canal de dados ainda sofre uma nova divisão, através de um outro componente chamado “Channel Separator”, sendo este para alocar banda para *downstream* e *upstream*. Esta divisão pode ser percebida na Figura 01.

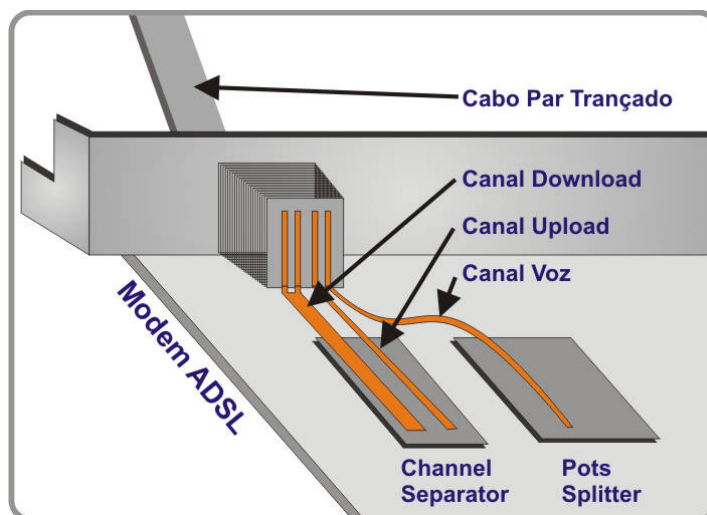


Figura 01 – Divisão de frequências da linha telefônica no ADSL

Do lado da central telefônica, outro modem ADSL de grande porte deve se comunicar com os assinantes ligados à esta central. Este modem também tem um componente chamado “POTS Splitter” com o mesmo objetivo que é separar dados de voz. As chamadas de voz são roteadas para as redes de comutação de circuitos da operadora (PSTN - *Public Switched Telephone Network*), tendo assim seu tratamento comum já conhecido.

As faixas de capacidade para o canal de dados de alta velocidade podem ir de 256Kbps a 6.1 Mbps, enquanto a faixa de capacidade das taxas dúplex vão de 16Kbps a 640kbps. Cada canal pode ser submultiplexado para formar canais de múltiplas taxas mais baixos dependendo do sistema utilizado. Os dados que vem dos usuários passam do modem ADSL para o multiplexador de acesso a linha de assinante digital (DSLAM - *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), sendo este responsável por unir várias linhas ADSL em uma única linha ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) de alta velocidade que fica conectada a Internet por canais de velocidades acima de 1Gbps, como pode ser visto na Figura 02.

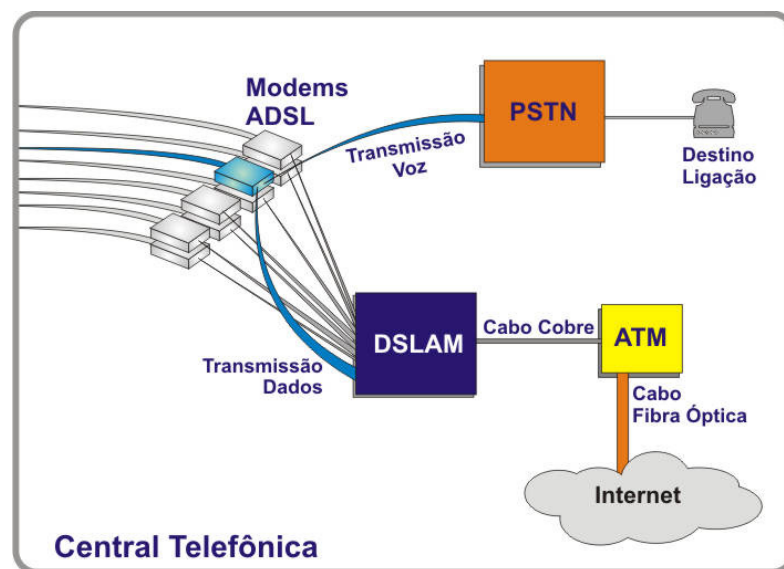


Figura 02 – Tratamento das informações no lado da Central

Os modems ADSL trabalham conforme os padrões norte-americanos e europeus de hierarquias digitais. A configuração mínima provê 256Kbps para *download*, porém pode sofrer ainda filtros por parte da operadora para limitar ainda mais estas taxas, e um canal duplex de 16Kbps. Trabalhando em seu limite máximo, o ADSL hoje alcança taxas de 6.1 Mbps de *download* e 256Kbps para *upload*. Produtos com taxas acima dos 8Mbps de *download* e 640kpbs de *upload* já existem, onde citaremos no próximo capítulo como a evolução do ADSL. Os modems ADSL acomodarão transporte de redes ATM com taxas variáveis e compensação de overhead gerados nestas redes, bem como redes baseadas nos protocolos IP [3][4].

## 2.2 PERFORMANCE DO ADSL

A taxa de passagem dos dados está diretamente relacionado com vários fatores, tais como o comprimento da linha de cobre, diâmetro, presença de derivações, e interferência de outros pares [4][15].

A atenuação da linha aumenta com o comprimento e a frequência, e diminui com aumento do diâmetro do fio. Ignorando as derivações e demais atenuações causadas por instalações indevidas do par metálico, o ADSL terá performances conforme Tabela 01.



<b>Taxa</b>	<b>Medida do Fio</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Distância</b>
1.5/2.0 Mbps	24 AWG	0.5 mm	5.5 Km
1.5/2.0 Mbps	26 AWG	0.4 mm	4.5 Km
6.1 Mbps	24 AWG	0.5 mm	3.7 Km
6.1 Mbps	26 AWG	0.4 mm	2.7 Km

Tabela 01 – Taxas de Transmissão x Distâncias

A Tabela 02 mostra uma comparação das velocidades alcançadas pela ADSL em relação à conexão comum através do modem 56Kbps.

<b>Velocidade Kbps</b>	<b>Ganho %</b>
256	357,14
512	814,28
2000	3557,14

Tabela 02 – Comparativo de Ganho de Transmissão

## 2.3 TECNOLOGIA ADOTADA

O modem ADSL realiza um processo digital avançado de sinal e algoritmos criativos para comprimir a informação para linhas de telefone com pares trançados. Além disso, foram necessários muitos avanços em transformadores, filtros analógicos, e conversores de Analógico/Digital. As linhas de telefone longas podem atenuar sinais a 1MHz (a extremidade inferior da faixa usada pelo ADSL) por 90 dB, forçando as seções analógicas do modem ADSL a trabalhar muito para atingir faixas largas e dinâmicas, canais separados, e manter baixas figuras de ruído.

No lado de fora, o ADSL parece um simples duto de dados síncrono transparente com várias taxas de dados em cima de linhas de telefone comuns.

Ao criar canais múltiplos, os modems ADSL dividem a largura de banda disponível de uma linha telefônica em uma das suas duas formas: Multiplexing por Divisão de Frequência (FDM) ou Cancelamento de Eco. O FDM determina uma faixa inferior de dados e outra faixa superior. A inferior é dividida então através de multiplexação por divisão de tempo em um ou mais canais de alta velocidade ou em um ou mais canais de baixa velocidade, conforme mostra Figura 03. A faixa superior está

também multiplexada em canais correspondentes de baixa velocidade. O cancelamento de eco sobrepõe a faixa superior na inferior, e separa os dois por meio de cancelamento de eco local conforme Figura 04, uma técnica conhecida em modems V.32 e V.34. Em ambas as técnicas, o ADSL divide uma faixa de 4 kHz da linha comum até o final da banda, esta destinada a tráfego de voz [3][10].

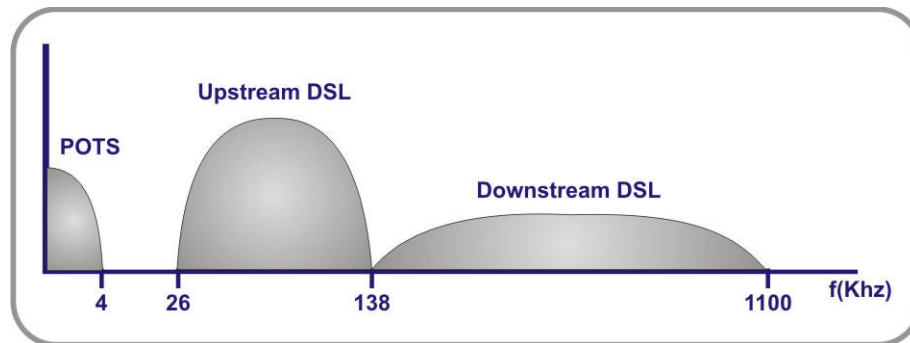


Figura 03 - Espectro de Frequência do ADSL usando FDM

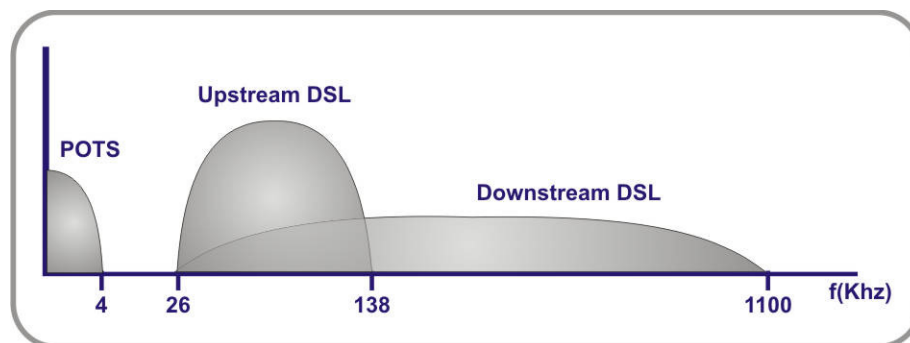


Figura 04 – Espectro de Frequência do ADSL usando Cancelamento de Eco

Um modem de ADSL organiza o fluxo de dados agregado, criado por multiplexação de canais, canais duplex, e manutenção de canais agregados em blocos, prendendo um código de correção de erro a cada bloco. Os receptores, então, corrigem erros que acontecem durante a transmissão até os limites indicados pelo código e extensão do bloco. A unidade pode, por opção do usuário, criar também superblocos de dados intercalando páginas em branco dentro dos subblocos; isto permite ao receptor corrigir qualquer combinação de erros dentro de um pedaço específico de bits. Isto permite a transmissão efetiva de dados e vídeo com sinais semelhantes.

Para trabalhar com elevadas taxas de dados, o modem ADSL realiza elevação da

potência do sinal, o que aumenta a interferência cruzada (diafonia) entre os vários pares de fios de cobre utilizados em sistemas ADSL. Os problemas de interferência ocorrem com maior gravidade no lado da rede quando da recepção dos sinais provenientes do cliente pela central através do DSLAM.

É na Estação telefônica que se agrupam vários pares de fios criando um ambiente propício para interferência cruzada quando da recepção destes sinais que utilizam a mesma faixa de frequências. Como o problema de interferência é assimétrico é possível transmitir sinais com taxas de dados mais altas no sentido da rede para o cliente do que no sentido oposto [3][10].

A taxa máxima de transmissão de dados do ADSL depende da atenuação no par de fios que está sendo utilizado. A atenuação aumenta diante de alguns fatores, anteriormente citados, como maior comprimento dos fios de cobre, menor diâmetro do fio, existência de derivações na rede, maior frequência de transmissão, entre outros. Técnicas avançadas de modulação foram desenvolvidas de forma a minimizar o efeito da atenuação em sistemas ADSL. As principais são *Carrierless Amplitude/Fase* (CAP) e *Discrete Multitone* (DMT).

O princípio do sistema ADSL é baseado na modulação DMT onde a banda de frequência de 0 a 1.1Mhz é dividida em 256 canais, também referidos como tons, de 4Khz de largura e espaçamento das portadoras de cada canal em 4.3125Khz. Na prática, podem ser utilizados somente 248 canais pois os 6 primeiros não são utilizados para garantir a compatibilidade com os sistemas telefônicos Analógico/Digital.

O canal 64 ( 276Khz ) é reservado e tem como função transmitir sempre o mesmo valor de dados como forma de treinamento ou piloto. O canal 255 é para a frequência de Nyquist e não pode ser utilizado para troca de dados.

Cada canal é modulado utilizando o QAM, onde o número de bits por símbolo pode variar entre 2 e 25, e que também depende das condições de cada canal. É importante ressaltar que cada canal pode ter diferentes níveis de n-QAM, o que é mais um benefício em relação à modulação CAP. Constantemente uma troca de informações entre a central e o assinante é realizada para identificar a melhor codificação para cada canal. A seguir, a Figura 05 mostra o diagrama de Blocos de um DMT, que mostra por quais as etapas que a informação passa desde a transmissão até a recepção [8].

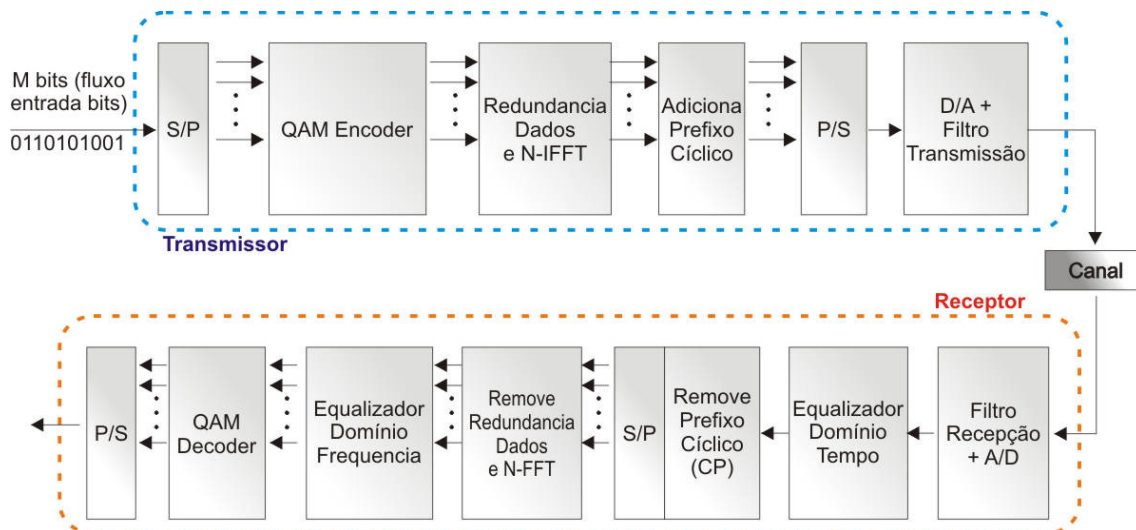


Figura 05 – Diagrama de Blocos do DMT [8]

Se a tecnologia adotada for Cancelamento de Eco, os canais 7-31 são utilizados para *upstream* e *downstream* respectivamente. Essa tecnologia, que tem o princípio de funcionamento bastante simples, subtrai o sinal enviado do sinal recebido para obter os dados de *downstream*. Devido às constantes variações da linha causadas pelas interferências, reflexões, efeitos crosstalk, etc, essa implementação é um tanto complicada.

Os dados de *downstream* são transmitidos em super-tramas de 17ms. Cada uma dessas super-tramas é composta por 69 tramas, onde 68 tramas são para dados e uma para sincronização. Cada trama é composta por 2 seções, uma denominada *fast data* e outra de *interleaved data*, conforme mostra a Figura 06.

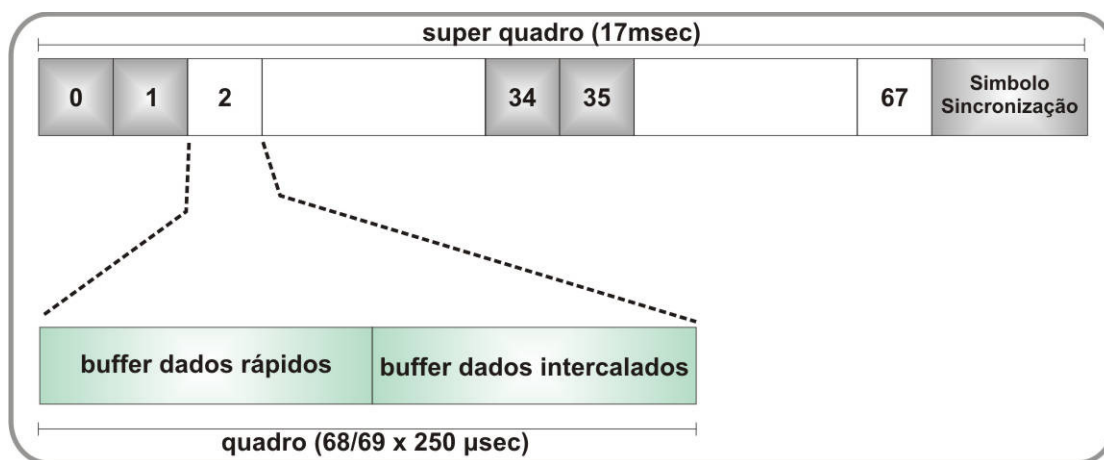


Figura 06 – Estrutura da trama no ADSL

Os *fast data* transportam bits de controle, manutenção e sincronização. Durante a inicialização da comunicação são enviados dados de controle para estabelecimento da ligação e análise do estado do canal. Cada frame recebe informação de um destes dois buffers que são embaralhados em uma sequência específica que torna a correção de erros e codificação mais eficientes.

Muitas das aplicações de ADSL envolvem vídeo digital comprimido. Na transmissão de vídeo digital em tempo real não se podem usar os métodos de controle que são normalmente utilizados nos sistemas de comunicação de dados. Por esta razão os modems ADSL incorporam um sistema de códigos de detecção e correção de erros denominada FEC ( *Forward Error Detection* ) que reduz os erros causados por impulsos de ruído [3][10].

Um dos códigos mais utilizados é o Trellis Code. Este método consiste em permitir apenas um conjunto de transições entre estados de trelling. Se a mudança de estado não for permitida significa que houve um erro na transmissão.

A largura de banda total de uma comunicação também pode ser reduzida utilizando-se a codificação trellis, método que incrementa a resiliência do sinal transmitido pela linha. Em oposição à codificação direta da informação em um dos pontos da constelação, a codificação trellis introduz um passo adicional que incrementa a robustez da informação: dado um símbolo codificado em um ponto da constelação, o próximo símbolo só poderá ser codificado em um valor de um conjunto de valores predefinidos.

Se, no receptor, o ponto sofreu deslocamento, devido ao ruído, ele deverá ser encaixado em um ponto válido de um dos pontos na área. A resiliência é a razão porque trellis é uma opção para a constelação de 256 pontos, pois uma grande constelação incrementa o potencial para erro que é reduzida pela codificação trellis [16] [17].

## 2.4 PROTOCOLO PPPoE

O ADSL é apenas um meio físico de conexão, que trabalha com os sinais elétricos que serão enviados e recebidos. Funcionando dessa forma, é necessário um protocolo para encapsular os dados de seu computador até a central telefônica. O protocolo mais utilizado para essa finalidade é o PPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet RFC 2516*).

Este protocolo trabalha com a tecnologia Ethernet, que é usada para ligar sua placa de rede ao modem, permitindo a autenticação para a conexão e aquisição de um endereço IP à máquina do usuário. É por isso que cada vez mais as empresas que oferecem ADSL usam programas ou o navegador de internet do usuário para que este se autentique. Através da autenticação é mais fácil identificar o usuário conectado e controlar suas ações [3].

Uma outra opção é autenticar o usuário através do MAC address da placa de rede, onde esta identificação é registrada na operadora. Durante a conexão, essa informação é trocada entre os modems ADSL e neste momento esta autenticação é realizada.

## Capítulo 3

### Tecnologia ADSL 2

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Os padrões ADSL2 e ADSL2+ surgiram devido à experiência no uso e manutenção da tecnologia ADSL, tendo em vista a necessidade de aumento das taxas de *downstream* e *upstream* superiores ao da ADSL, além de possibilitar uma maior qualidade de serviço e abrangência.

Em 2002 o ITU (*International Telecommunication Union*) publicou as seguintes recomendações:

- G.992.3 - *Assymmetric digital subscriber line transceivers 2* - ADSL2 (G.dmt.bis).
- G.992.4 - *Splitterless assymmetric digital subscriber line transceivers 2* - *splitterless* ADSL2 (G.lite.bis).

Estes dois novos padrões para a tecnologia ADSL foram denominados ADSL2.

Em 2005, no mesmo ano que a ADSL ultrapassava a marca de 30 milhões de usuário, o ITU publicou a recomendação: • G.992.5 - *Assymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers* - Extended bandwidth ADSL2. Este padrão ficou conhecido como ADSLplus, ou ADSL2+ como é usualmente conhecido.

O ADSL2 apresenta melhorias no desempenho e interoperabilidade, na qual podemos destacar as melhorias na taxa de bits e na distância do enlace, o ajuste adaptativo de taxa de bits, as novas facilidades de diagnóstico e a nova modalidade *stand-by* para o controle do uso de energia.

No caso do ADSL2+ a largura de banda de *downstream* é duplicada, possibilitando taxas de bits de até 20 Mbit/s em linhas telefônicas com distâncias de até 1,5 km entre a central e o usuário final. Outra vantagem que podemos destacar para o ADSL2+ é que permite este permite a operação conjunta na mesma infra-estrutura, do ADSL e do ADSL2. Desta maneira, permite que as operadoras possam fazer de forma gradual a transição de ADSL para ADSL2+ [1][2][15].

### 3.2 ALCANCE

Dois fatores motivaram o desenvolvimento do ADSL2, um deles foi o aumento da distância entre a central e o assinante. Esse aumento na distância é conseguido devido ao aumento da largura de banda, assim, para uma mesma taxa de transmissão, o alcance passa a ser maior. Para exemplificar, um operador de banda larga que ofereça conexões com taxa de 4Mbps/s pode chegar até a 3,5Km de distância de um usuário usando ADSL e 4Km se a tecnologia adotada for ADSL2 [2].

A figura a seguir mostra a taxa de bits e o alcance do ADSL2 em comparação com o ADSL.

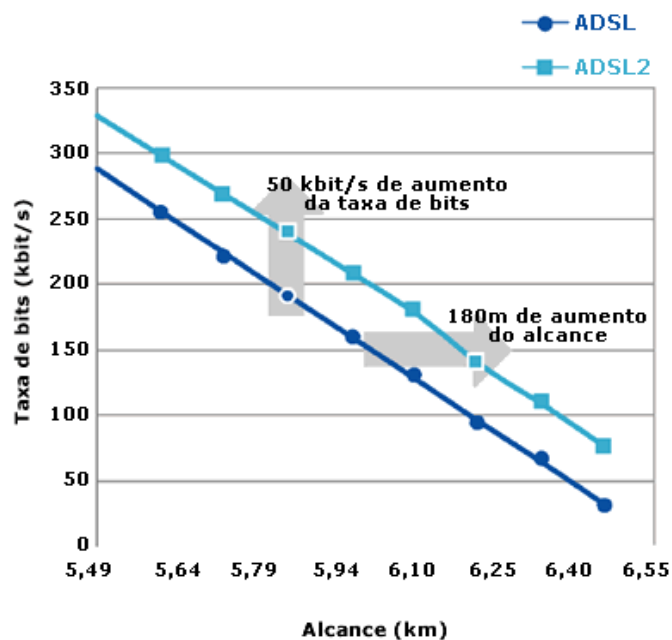


Figura 07 – Comparação do alcance entre ADSL e ADSL2

Os ganhos de uma tecnologia em relação à outra são citados por Bernal Filho (2007):

“Em linhas telefônicas com enlaces longos, o ADSL2 permite um aumento da taxa bits de 50 Kbit/s para os fluxos *upstream* e *downstream*, o que representa um aumento significativo para os assinantes. Este aumento da taxa de bits resulta num aumento no alcance de aproximadamente 180 m, que se traduz num aumento na área da cobertura de aproximadamente 6%, ou de 6,5 km<sup>2</sup>.” [1]



### 3.3 TAXA DE BITS

Outro fator que motivou o desenvolvimento do ADSL2 foi o aumento da taxa de bits, principalmente para *downstream* onde a taxa de transmissão chega a 12 Mbits/s. Para *upstream* a taxa de 1 Mbits/s é a mesma do ADSL, já que o grupo de desenvolvedores considerou essa taxa suficiente de acordo com o perfil de tráfego típico desses usuários. Com isso, o ganho de banda que se obtém é utilizado para aumento da taxa de *download*.

Uma forma de se aumentar a taxa de bits de transmissão utilizada no ADSL2 é a redução do tamanho de quadros de *overhead*, que são bits utilizados para sinalização e ocupam o início de um quadro utilizado para troca de informações. No sistema ADSL esse número de bits por quadro é fixo e consome 32Kbits do total de bits transmitidos. Já no ADSL2 o número de bits utilizado para *overhead* é programável e varia de 4 a 32Kbits. Isso pode representar um ganho de 21,875% ao se considerar, por exemplo, uma transmissão com taxa baixa, 128Kbits/s, em um enlace longo. Nesse caso, os 32Kbits de *overhead* alocados de forma fixa representam 25% do total da taxa de bits, enquanto que, com a alocação de forma variável utilizando 4Kbits para essa função, restam 28Kbits que podem ser utilizados para transmissão de dados e representam o ganho citado anteriormente. Complementando, os 4Kbits de *overhead* passam a representar apenas 3,125% do total do quadro de transmissão, de onde nota-se de forma clara um aumento de eficiência.

Outro fator que contribui para o aumento da taxa de transmissão no ADSL2 é dado pela maior eficiência de modulação, devido ao uso de uma técnica de modulação em 4 dimensões, com codificação *trellis* em 16 estados e modulação em amplitude e quadratura (QAM) com constelação de 1 bit. Tal modulação oferece taxas de bits mais elevadas em linhas telefônicas com enlaces longos, onde a relação sinal-ruído é baixa.

Ainda citando o aumento da taxa de transmissão para o ADSL2, uma outra forma de se obter um ganho nesse fator é o agrupamento de multipares em linhas telefônicas. Isso significa que os *chipsets* ADSL2 podem conectar dois ou mais pares de fios de cobre em uma mesma conexão ADSL, fazendo com que a taxa de *downstream*

aumente consideravelmente e caracterizando uma opção interessante para o mercado corporativo, ou ainda assinantes residenciais com acordos de nível de serviço mais exigentes.

O padrão que permite várias conexões físicas em uma única conexão ADSL foi desenvolvido pelo *ATM Forum* e é denominado *Inversing Multiplexing for ATM* (IMA – af-phy-0086.001). Para que o funcionamento seja adequado o padrão citado especifica uma nova camada entre a camada física do ADSL e a camada ATM, sendo que, no lado do transmissor, essa camada recebe um fluxo de dados da camada ATM e o distribui para múltiplos fluxos físicos. Já na recepção, os múltiplos fluxos físicos recebidos são reconstituídos em um único fluxo de dados antes de serem entregues à camada ATM. Problemas de atraso, erros de bit bem como modificações e adaptações para que essa tecnologia funcione corretamente ou ainda seja compatível com os atuais padrões ADSL também são funções dessa subcamada [2][15].

A Figura 8 compara a taxa de bits entre conexões ADSL2 e ADSL2 utilizando multiplex, o que é chamado de ADSL2 agrupado, em função da distância:

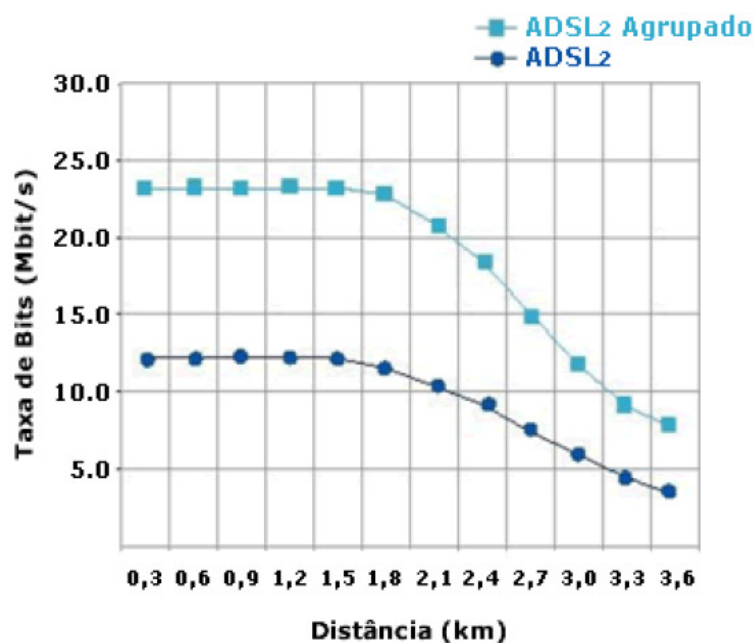


Figura 08 – Comparação ADSL2 e ADSL2 Agrupado

### 3.4 SERVIÇOS E BENEFÍCIOS ADICIONAIS

Além de incremento na taxa de transmissão, outros serviços foram incluídos no ADSL2 com o intuito de melhorar o desempenho do sistema e fornecer subsídios para um melhor gerenciamento do mesmo. Alguns desses itens são citados a seguir, bem como suas descrições:

#### 3.4.1 CONTROLE DE POTÊNCIA

Diferentemente dos transceptores ADSL que operam em um único nível de potência durante todo o período em que estão ligados, os transceptores ADSL2 conseguem economizar potência de acordo com o modo em que estão operando. Isso gera economia de energia que, embora seja mínima para um único usuário, assume proporções consideráveis ao se considerar a população crescente de usuários dos serviços de banda larga. Para atender essa demanda o ADSL2 apresenta dois modos de gerenciamento de potência que são descritos por Bernal Filho (2007):

- Modo de potência total L0: este modo utiliza a potência total nas unidades de transceptores ADSL da estação telefônica e no transceptor ADSL remoto, permitindo altas taxas de bits para minimizar os tempos de *download* e *upload* de grandes arquivos;
- Modo de baixa potência L2: este modo permite economias estatísticas de potência nas unidades de transceptores ADSL da estação telefônica, permitindo a saída e a entrada rápida nesse modo, dependendo do tráfego de dados presente na conexão ADSL;
- Modo de baixa potência L3: este modo permite economia total de potência nas unidades de transceptores ADSL da estação telefônica e no transceptor ADSL remoto permitindo a entrada no modo de hibernação quando a conexão ADSL não for usada por períodos de tempo prolongados;

A Figura 9 mostra o resultado da comparação entre os níveis de potência no ADSL com os modos existentes no ADSL2 citados anteriormente.

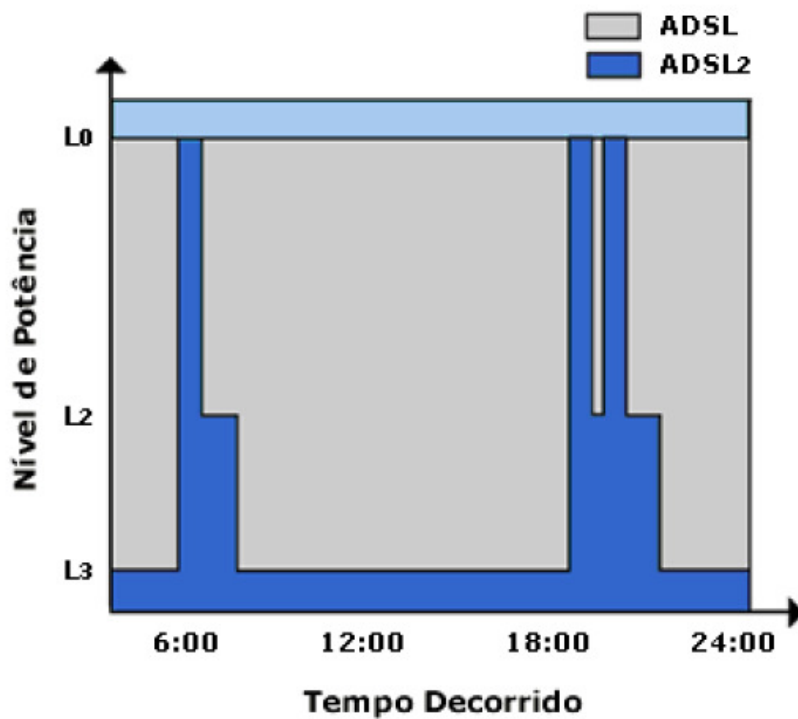


Figura 09 – Comparação dos níveis de potência ADSL e ADSL2

Em termos práticos, o modo de potência L0 representa o funcionamento normal do transceptor, suportando altas taxas de transmissão de dados.

Já o modo L2 apresenta uma inovação importante nesse cenário. Esse modo permite que o transceptor altere a potência utilizada entre os níveis L0 e L2 de acordo com tráfego gerado pelo usuário. Isso significa que, em uma situação de navegação em páginas de Internet, pode-se dizer que quando a página estiver carregando o transceptor opera no modo L0 e quando o usuário estiver lendo o conteúdo de uma página já carregada o transceptor pode operar com taxas de transmissão de bits mais baixas, no modo L2. Assim que o tráfego voltar a subir o transceptor volta a operar no modo L0. Essas transições entre modos de potência são feitas rapidamente e de forma imperceptível para o usuário.

Por fim, o modo de operação L3 deixa a conexão inativa, semelhante ao modo de hibernação de um computador. Nesse caso, a economia de potência é maior porém o

transceptor leva cerca de 3 segundos para voltar a operar normalmente quando o fluxo de dados volta a exigir a mudança para os outros modos de potência [1][2].

### 3.4.2 CANALIZAÇÃO

O ADSL2 permite a divisão da banda total utilizada em partes que podem ser utilizadas por aplicações específicas. Tal operação é chamada de canalização.

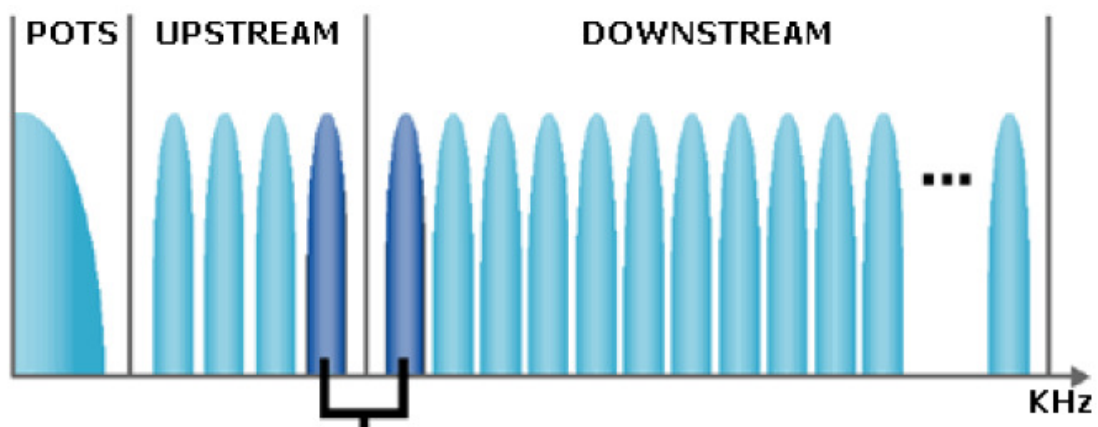


Figura 10 – Canais separados para aplicações específicas dentro da banda total ADSL2

A Figura 10 exibe a banda total utilizada pelo par trançado do canal telefônico, onde parte desse canal aloca a comunicação telefônica (POTS) e parte é alocada para transmissão de dados. Na banda de frequências para a transmissão de dados, são apresentados um canal de subida e outro canal de descida separados para utilização de uma aplicação específica. Tais canais podem ser utilizados, por exemplo, para transmissão de voz e permitem que uma aplicação que exige taxa de erro mais alta possa compartilhar o mesmo meio de uma outra aplicação com exigência mais branda para a taxa de erros [1][2].

### 3.4.3 OUTRAS VANTAGENS

O ADSL2 ainda apresenta vantagens como detecção de falhas e medição de desempenho da conexão. Os transceptores apresentam estruturas necessárias para fornecer medidas de ruído de linha, atenuação do enlace e de relação sinal-ruído em ambas as extremidades do enlace. Também são incluídas funções de monitoração da conexão, permitindo-se gerenciar a qualidade do serviço prestado, melhorando o serviço ao cliente final e tratando possíveis falhas futuras [1][2].

Outras vantagens operacionais ainda são citadas por Bernal Filho (2007), tais como:

- Interoperabilidade aprimorada: aperfeiçoamentos realizados na máquina de estados de inicialização do ADSL2 permitem obter ganhos de desempenho e interoperabilidade ao conectar transceptores ADSL2 de fornecedores de chipsets distintos;
- Partida Rápida: o ADSL2 permite que o tempo de inicialização de mais de 10 segundos do ADSL seja reduzido para menos de 3 segundos;
- Modo Digital Completo: o ADSL2 provê um modo opcional que permite a transmissão de dados também na banda de Voz, adicionando 256 kbits/s na banda *upstream*. Esta é uma opção interessante para usuários corporativos que têm seus serviços de voz e dados atendidos por linhas telefônicas distintas, e que podem usufruir de uma banda adicional para o fluxo *upstream*;
- Suporte a serviços baseados em pacotes: o ADSL2 inclui uma camada de suporte a aplicações baseadas em comutação de pacotes (*Packet Transfer Mode e Transmission Convergence* – PTM – TC), e que permite que serviços baseados em pacotes, tal como o Ethernet, sejam transportados sobre o ADSL2.

### 3.5 ADSL2+

Em janeiro de 2003, o ITU, *International Telecommunication Union*, finalizou o padrão ADSL2+, incrementando assim a família dos padrões ADSL2 através da recomendação G.992.5 *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceiver - Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+)*. Esse padrão especifica que a ADSL2+ duplica a largura de banda *downstream*, vide Figura 11, aumentando desse modo a taxa de bits *downstream* em linhas telefônicas com um alcance máximo de 1,5Km entre o cliente e central telefônica.

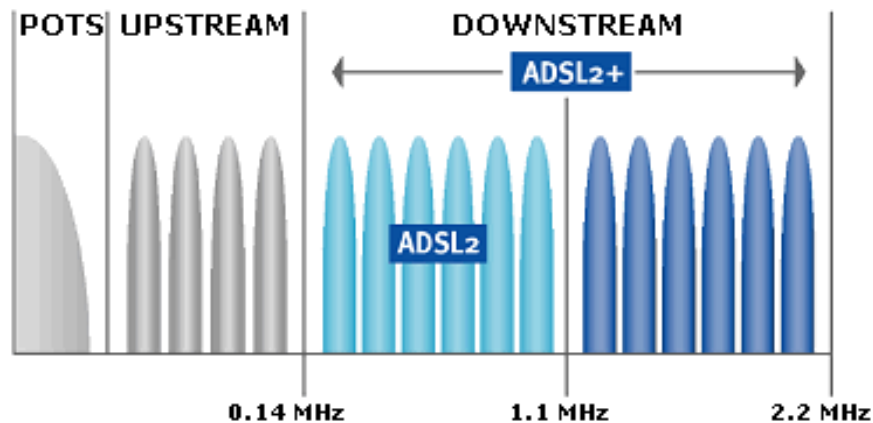


Figura 11 – Fluxo Duplicado de Dowstream no ADSL2+

Comparando o ADSL2+ com o ADSL2, pode-se observar através da Figura 12 que o novo padrão passa o fluxo de *downstream* de 1,1MHz ( 552KHz para ADSL2 Lite) para 2,2MHz. O resultado é um aumento significativo nas taxas de bits *downstream* em linhas telefônicas mais curtas. A taxa de bits *upstream* do ADSL2+ é aproximadamente 1Mbit/s, dependendo das condições do enlace [1][2].

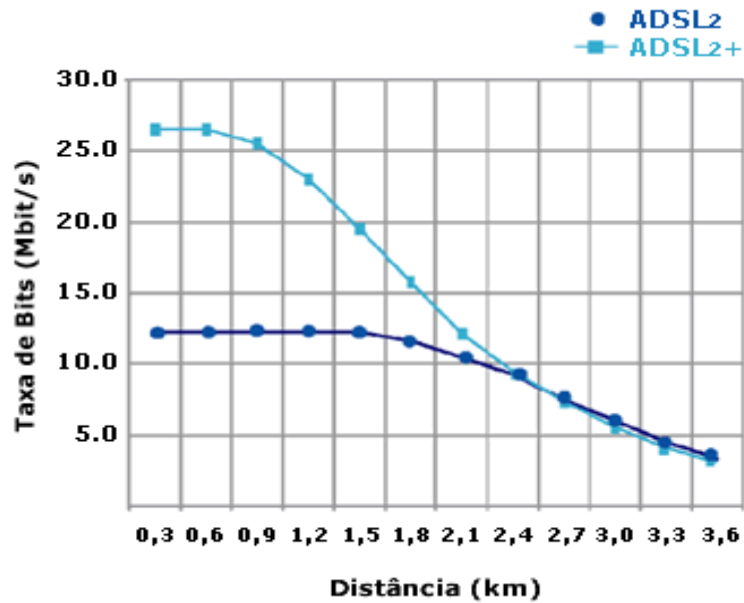


Figura 12 – Comparativo Velocidade Trasmissoão ADSL2 e ADSL2+

Uma outra novidade trazida pelo ADSL2+ é que ele permite reduzir o crosstalk entre pares telefônicos, pois permite o uso de tons piloto, como sendo uma seqüência de treinamento, somente na faixa entre 1,1MHz e 2,2MHz, mascarando assim as freqüências abaixo de 1,1MHz no fluxo de bits *downstream*. Este fator é considerado uma vantagem por ser particularmente útil quando serviços ADSL provenientes tanto da estação telefônica ADSL2 quanto de um terminal remoto ADSL2+ utilizam pares telefônicos de um mesmo cabo, vide Figura 13, à medida que se aproximam das instalações dos usuários finais [2][9].

Com isso, o crosstalk dos serviços ADSL entregues a partir do terminal remoto sobre os serviços entregues a partir da estação telefônica podem reduzir significativamente a taxa de bits na linha telefônica do usuário do serviço ADSL2.



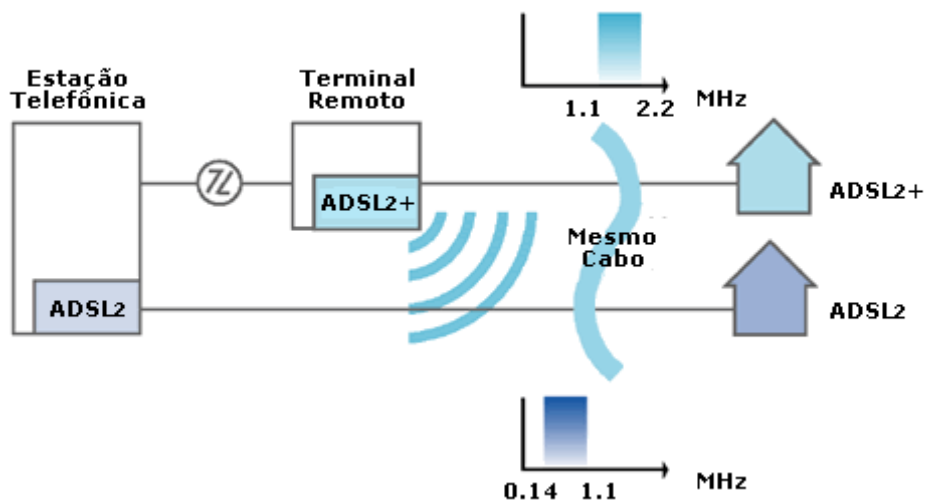


Figura 13 – Redução do Crosstalk no ADSL2+

Para se resolver então este problema com o uso do ADSL2+, é necessário configurar o serviço ADSL para o uso de frequências abaixo de 1,1MHz, e o serviço ADSL2+ para o uso de frequências entre 1,1MHz e 2,2MHz, eliminando assim a maior parte do crosstalk e preservando a taxa de bits do serviço ADSL2 [1][2].

## Capítulo 4

### ADSL na prática

Neste capítulo iremos abordar a visão por parte de um fornecedor do serviço de ADSL no Brasil e de maneira genérica a dos usuários que deste serviço utilizam. Desta maneira iremos relatar de maneira resumida algumas questões sobre o processo de implantação da tecnologia, dificuldades e perspectiva sobre o futuro desta no cenário nacional, bem como está sendo a expectativa e percepção de qualidade e usabilidade da tecnologia por parte dos usuários.

#### 4.1 Ponto de Vista das Operadoras

*As informações contidas a seguir estão baseadas em uma entrevista realizada com o colaborador Bruno Junqueira Leitão de Almeida da Operadora Oi® e sua equipe.*

As etapas do processo de implantação da ADSL/ADSL2+ na rede de telefonia devem ser divididas em duas partes, uma parte destinada ao processo de implantação em locais aonde não existe o serviço instalado e outra destinada à manutenção do número de acessos disponíveis para atendimento a novas demandas em estações que já possuem a tecnologia.

Na etapa de implantação da ADSL/ADSL2+ em locais onde não se possui a tecnologia, alguns fatores devem ser levados em conta pela operadora, onde primeiramente um estudo de mercado deve ser realizado para viabilizar a implantação. Com o recebimento da demanda, número de acessos previstos, um estudo da infraestrutura existente e verificação das adequações necessárias são realizados, neste ponto várias vistorias em campo são realizadas para identificação de pendências. O planejamento e cronograma são estabelecidos, especificando os equipamentos necessários, prazos, testes / homologação e a liberação para comercialização. Atualmente todas as novas implantações são feitas em ADSL2+.

No processo denominado de Gestão de UTI que consiste na manutenção do número de acessos disponíveis para atendimento a novas demandas em estações que já

possuem a tecnologia, o monitoramento da planta instalada deve ser realizado constantemente, com objetivo de manter um número mínimo de portas disponíveis para venda, quando verificada a necessidade de aumento das portas para um número aceitável, novamente deve ser realizado um estudo da infra-estrutura existente e verificação das adequações necessárias, logo as etapas de planejamento e cronograma são estabelecidas até a liberação desta portas para comercialização.

Porém neste processo de implantação da ADSL/ADSL2+ na rede telefônica alguns problemas ocorrem, destes pode-se citar dentre os principais: a distribuição geográfica das estações atendidas, o que dificulta o entroncamento de BACKBONE e onera o custo da transmissão de dados; logística de distribuição complexa na cadeia de implantação; prazos reduzidos de entrega gerados pela alta demanda e necessidade de atendimento; e adequações de infra-estrutura (espaço, climatização, energia) das estações que irão receber os equipamentos ADSL2+.

Um ponto forte para as operadoras na implantação da ADSL/ADSL2+ é que praticamente nenhuma alteração na planta externa necessita ser realizada, pois a tecnologia ADSL/ADSL2+ se destaca pela boa adaptação no parque existente. Os equipamentos têm dimensões reduzidas e se adaptam bem aos espaços disponibilizados, em casos de URA (Unidade Remota de Atendimento), elimina-se a necessidade do uso de um recurso chamado alongador, onde deve ser disponibilizado o espaço necessário e toda a infra-estrutura de energia que o DSLAM necessita. Outro ponto que deve se comentar é que atualmente toda a implantação deve ser realizada com equipamentos que suportam o ADSL2+, para que o processo de mudança de ADSL para ADSL2+ possa ficar mais simples já que a característica modular dos DSLAM's auxilia na substituição das placas de transmissão e a de assinante. Contudo as tecnologias coexistem e os assinantes são distribuídos nos equipamentos de acordo com a velocidade contratada. Sendo que as mudanças necessárias para aplicação da ADSL2+ estão na ampliação do BACKBONE de transporte, que suporta os dados da rede ADSL2+, além da implantação dos equipamentos ADSL2+. Os clientes que optam pelas velocidades maiores têm os modems substituídos por outros compatíveis ao ADSL2+, porém hoje a grande maioria dos modems disponíveis no mercado já atende a tecnologia ADSL2+.

De acordo com a operadora a aceitação do serviço é muito boa, visto que hoje somente na região do Espírito Santo e Minas Gerais a planta já ultrapassa os 500.000 terminais.

Total de conexões Banda Larga no Brasil							
	1º Trim./2007	2º Trim./2007	3º Trim./2007	4º Trim./2007	1º Trim./2008	2º Trim./2008	3º Trim./2008*
ADSL	4.573	4.881	5.241	5.590	5.936	6.339	6.726
TV Assinatura	1.347	1.413	1.585	1.753	1.943	2.100	2.431
Outros (Rádio)	120	123	125	375	405	415	420
Total	6.040	6.417	6.951	7.718	8.284	8.854	9.577
Acessos/100 hab.	3,21	3,4	3,67	4,06	4,34	4,62	4,98
Acessos/100 hab. *	3,23	3,42	3,7	4,1	4,39	4,68	5,05

Tabela 03 - Total de conexões Banda Larga no Brasil ( Fonte: Teleco )

## 4.2 Ponto de Vista dos Usuários

A crescente demanda por maiores taxas de transmissão devido aos novos recursos e aplicações na Internet está cada vez maior, e diante deste cenário que a ADSL veio trazer para os usuários de Internet no Brasil um grande avanço quanto à utilização destes recursos.

O perfil dos usuários de banda larga no Brasil também está mudando, onde antes a principal necessidade dos usuários era utilização para acesso a páginas e e-mail, hoje a necessidade está convergindo mais para a utilização de recursos como Jogos on-line, acessos remotos, programas corporativos, *streaming* de vídeo, VoIP, além dos antigos acessos a páginas e e-mail.

Como estes recursos necessitam de cada vez mais confiabilidade e maiores taxas de transmissão os usuários passam cada vez mais a exigirem serviços com garantias de qualidade e disponibilidade.

Fatores como indisponibilidade de serviço em horários de alto tráfego de dados na rede, taxas de transmissão incompatíveis em relação ao contratado, além de outros, estão levando as operadoras a investirem mais em recursos como a ADSL2+.

Outro fator que gera muita reclamação por parte dos usuários atualmente é quanto ao fornecimento do produto em sua região, ou seja, o bairro vizinho ao usuário possui a facilidade ADSL, mas o seu não. Conforme comentado anteriormente um dos

motivos que levam a situações como essas a ocorrerem é que muitas vezes em uma determinada região não possui ainda demanda que viabilize o investimento para o fornecimento do produto.

Porém este é outro cenário que vem mudando cada vez mais nas cidades, pois como o serviço está cada vez mais popularizado e a demanda vem crescendo, novas centrais devem ser instaladas para suportar os usuários atuais e futuros.

Hoje no Brasil temos varias operadoras que disponibilizam acesso a banda larga, ou através de serviços como ADSL, CABLE e RÁDIO. Diante desta diversidade de opções que os usuários possuem os serviços adicionais ou agregados, são fatores que determinam a escolha do usuário.

Por isso uma vantagem que ADSL possui hoje é que seu serviço une o uso da linha telefônica, mais a internet banda larga, assim como outros serviços que o operador possa a vir disponibilizar com a crescente evolução da tecnologia a um custo relativamente mais barato, visto o custo benefício, pois o usuário já possui o serviço telefônico em sua residência.

## Conclusão

A Internet ganhou notoriedade tornando-se ferramenta de desejo de muitos usuários. A partir de uma gama de novos serviços que foram surgindo com o advento da Internet, a necessidade por maiores taxas de transmissão torna-se exponencial. Isto se deve ao fato de que os hábitos dos usuários de Internet vem evoluindo em um ritmo acelerado, passando estes a usar serviços como VoIP, Videoconferência, Jogos On-Line, entre outros.

Para atender esta demanda uma alternativa adotada pelas operadoras foi de quebrar o paradigma de transmissão de dados e voz como era utilizado, ao invés de substituir a infra-estrutura de redes existente, ou seja, aproveitar toda a infra-estrutura e abrangência que a rede de telefonia possui, para oferecer o serviço de dados e voz sendo que um não interfira no outro. Com isso, utilizando um novo modem de comunicação é possível dividir um canal de transmissão de dados em três, reservando a maior parte da banda para *download*, uma parte menor para *upload* e por fim uma parte fixa para voz. Essa estratégia partiu da análise de conexões comuns onde apenas um clique solicitando

uma página recebia muitas vezes mais informações que transmitia.

Apesar de o ADSL ser capaz de atingir altas taxas, este sofre com atenuações na linha telefônica, onde a distância se torna o principal limitante. Para resolver estes e outros problemas percebidos no ADSL, novas versões surgiram a fim de mitigar que são o ADSL2 e o ADSL2+. O ADSL2 apresenta melhorias no desempenho e interoperabilidade, na qual podemos destacar as melhorias na taxa de bits e na distância do enlace, o ajuste adaptativo de taxa de bits, as novas facilidades de diagnóstico e a nova modalidade *stand-by* para o controle do uso de energia. Essa gerência de economia se traduz em uma redução de custo significativa para as operadoras, pois o volume de usuários já se encontra na casa dos milhares.

No cenário atual, o plano de negócios das operadoras, é focado na implantação da ADSL2 e ADSL2+ por permitirem maior otimização, controle e gerência dos recursos disponibilizados. Essa implantação se torna facilitada, pois como a evolução da ADSL estas novas tecnologias apresentam grande interoperabilidade. A convergência de toda a rede para disponibilizar ADSL é gradativa, o que otimiza os resultados entre custo e lucro para as operadoras.

No contexto do usuário estas novas tecnologias ADSL vieram trazer maiores taxas de transmissão e maior confiabilidade no serviço, garantindo ainda mais a consolidação da tecnologia ADSL no mercado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FILHO, HUBER BERNAL. *ADSL2 e ADSL2+*: Os Novos Padrões do ADSL. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br>>. Acesso em 15 out. 2008.
- [2] Aware, INC. ADSL2 and ADSL2+: The New ADSL Standards. 4° Middlesex Turnpike Bedford, MA 01730-1432.
- [3] GORALSKI, W., ADSL and DSL Technologies (Computer Communications), McGraw Hill, 1998
- [4] Kerpez, K.J.; Sistanizadeh, K.. High bit rate asymmetric digital communications over telephoneloops. Communications, IEEE Transactions on Volume 43, Issue 6, Jun 1995 Page(s):2038 - 2049, Digital Object Identifier 10.1109/26.387444

- [5] Kyees, P.J.; McConnell, R.C.; Sistanizadeh, K.. ADSL: a new twisted-pair access to the information highway. Communications Magazine, IEEE on Volume 33, Issue 4, Apr 1995 Page(s):52 - 60, Digital Object Identifier 10.1109/35.372194
- [6] Zhang Donglai; Fan Hong; Wang Chao; Zhou Ying. Low Cost and High Performance Power System Telemetry Data Transmission System Based on Embedded Ethernet and ADSL. Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES on Volume , Issue , 2005 Page(s):1 - 5, Digital Object Identifier 10.1109/TDC.2005.1546755
- [7] Daou, F.H.. Overview of ADSL test requirement towards conformance, performanceand interoperability. AUTOTESTCON apos;98. IEEE Systems Readiness Technology Conference., 1998 IEEE on Volume , Issue , 24-27 Aug 1998 Page(s):413 - 420, Digital Object Identifier 10.1109/AUTEST.1998.713476
- [8] Ibraheem, O.W.; Khamiss, N.N.. Design and Simulation of Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Modem. Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2008. ICTTA 2008. 3rd International Conference on Volume , Issue , 7-11 April 2008 Page(s):1 - 6, Digital Object Identifier 10.1109/ICTTA.2008.4530251
- [9] Chow, P.S.; Santini, W.A.. Next generation DSL: single-chip ADSL+ and LDSL for home networks. Consumer Electronics, 2003. ICCE. 2003 IEEE International Conference on Volume , Issue , 17-19 June 2003 Page(s): 304 - 305, Digital Object Identifier 10.1109/ICCE.2003.1218940
- [10] Reusens, P.; Van Bruyssel, D.; Sevenhans, J.; Van Den Bergh, S.; Van Nimmen, B.; Spruyt, P.. A practical ADSL technology following a decade of effort. Communications Magazine, IEEE on Volume 39, Issue 10, Oct 2001 Page(s):145 - 151, Digital Object Identifier 10.1109/35.956126
- [11] Mikac, V.; Bazant, A.; Ilic, Z.. Downstream bit rate calculation for ADSL2+ loops limited with far-end crosstalk. Software, Telecommunications and Computer Networks, 2007. SoftCOM 2007. 15th International Conference on Volume , Issue , 27-29 Sept. 2007 Page(s):1 - 5, Digital Object Identifier 10.1109/SOFTCOM.2007.4446136
- [12] S. Androulidakis; D. Kagklis; T. Doukoglou; E.D. Sykas. Bonding Techniques for Symmetric Services over ADSL and ADSL2/2+. Computer as a Tool, 2005. EUROCON 2005.The International Conference on Volume 2, Issue , 2005 Page(s):1770 - 1773, Digital Object Identifier 10.1109/EURCON.2005.1630319
- [13] Androulidakis, S.; Kagklis, D.; Doukaglou, T.; Skenter, S.. ADSL2: a sequel better than the original?. Communications Engineer on Volume 2, Issue 3, June-July 2004 Page(s): 22 - 27, Digital Object Identifier

- [14] Muncinelli, G.. ADSL – Aspectos de Codificação, Modulação e Correção de Erro. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR / Brasil Telecom
- [15] Kagklis, D., Dr Androulidakis, S., Dr Patikis, G., Dr Doukoglou, T.. A comparative Performance Evaluation of the ADSL2+ and ADSL Technologies. National Technical University of Athens (NTUA), Department of Electrical & Computer Engineering
- [16] ASH, ROBERT B.. Information Theory. New York: Dover Publications Inc., 1965.
- [17] GINSBURG, DAVID. Implementing ADSL. Massachusetts: Addison Wesley Longman Inc., 1999.