

## 2

### **Perspectivas de Consumo de Banda no Acesso**

Esse capítulo apresenta os novos serviços disponíveis aos usuários e a tendência de oferta futura, indicando as previsões de bandas associadas necessárias a cada um deles. Serão também apresentadas as tecnologias de acesso banda larga disponíveis para atendimentos às novas demandas, comparando-as. Será dado especial destaque ao IPTV e a CDN-P2P, pelo potencial de viabilização do uso desses novos serviços.

#### 2.1

##### **Novos Serviços e Tecnologias de Acesso Banda Larga**

O fornecimento de serviço de internet e telefonia básicas é atualmente muito bem atendido utilizando as tecnologias de acesso tradicionais, incluindo tecnologias sem fio como WiMAX e com cabo como DSL (*Digital Subscriber Line*). Para esses tipos de serviços uma banda de alguns poucos Mbps por assinante são mais do que suficientes para o atendimento.

Entretanto, na medida em que são introduzidos na rede serviços como vídeo sobre demanda, jogos compartilhados multiusuários e maior quantidade de canais HD, começa a existir a necessidade de uso de tecnologias de acesso que permitam o transporte e a entrega de maior capacidade ao usuário, como tecnologias PON, descritas a partir do próximo capítulo da presente dissertação. Canais em definição padrão (SDTV - *Standard Definition TV*) consomem aproximadamente 2 Mbps enquanto canais em alta definição (HDTV - *High Definition TV*) consomem aproximadamente 12 Mbps, podendo variar dependendo da codificação utilizada. Nesse contexto, há alguns anos o mercado trabalhava com projeção de consumo de banda de até 23 Mbps por residência, para fornecimento de IPTV e internet considerando 2 ou 3 televisões. A projeção atual já supera 35 Mbps, com serviços de internet em velocidade mais alta e televisões recebendo sinal HD.

Na Tabela 1 é possível verificar o consumo de banda para diversos tipos de aplicações (fonte: *Next-Generation PONs: A Performance Investigation of Candidate Architectures for Next-Generation Access Stage 1*). Nota-se que as aplicações de vídeo, tanto vídeo sob demanda em definição padrão, alta definição e 3D, juntamente com aplicações para armazenamento de aplicativos e compartilhamento de arquivos, são as aplicações que mais demandam elevadas bandas tanto no *downstream* como no *upstream*, ou seja, respectivamente o tráfego sentido provedor ao usuário e do sentido usuário ao provedor.

Tabela 1 - Tráfego de *downstream* e *upstream* para distintas aplicações.

Aplicação	Upstream (Mbps)	Downstream (Mbps)
Navegação Web	< 1	1-2
Vídeo conferência e vídeo vigilância residencial	2-3	2-3
SDTV VoD ( <i>Standard Definition Television – Video on Demand</i> )	2-3	3-4
Compartilhamento de arquivos e vídeo	4-5	5
SDTV em tempo real e PVR ( <i>Personal Video Recorder</i> ) em rede	5	5
Jogos multiusuários e ensino interativo a distância	6	6
Host de conteúdo Web	6-7	6-7
Compartilhamento de arquivos	12	12
Download e Upload de Vídeo	13	13
HDTV VoD ( <i>High Definition Television – Video on Demand</i> )	1-2	15
Host de aplicações e storage	10	>25
Televisão 3D de próxima geração	1-2	>25

Ainda na mesma Tabela 1, é possível identificar a grande diversidade de aplicações, com demandas distintas de banda, além da tendência à diversificação ainda maior com os avanços tecnológicos atualmente verificados. Entretanto, os principais componentes da maioria das aplicações ainda são baseados em voz, vídeo e dados. O tráfego de voz, seja o tráfego telefônico tradicional seja o tráfego gerado utilizando VoIP (*Voice over IP*), apresenta baixo consumo de banda e não gera impacto significativo na banda consumida no acesso. O tráfego de vídeo digital é formado por quadros transmitidos a determinada taxa de transmissão, sendo cada quadro formado por elementos de figura (pixels). Para um quadro de vídeo sem compressão, cada pixel é formado por 8 bits. De maneira a melhorar a eficiência de codificação alguns codificadores, como MPEG2, MPEG4, H.263 e H.263+, foram desenvolvidos e são utilizados, permitindo transmitir vídeos em taxa constante, controlada e com otimização de banda consumida (fonte: *Next-Generation PONs: A Performance Investigation of Candidate Architectures for*

*Next-Generation Access Stage 1*). O tráfego de dados, gerado principalmente pela navegação Web e compartilhamento de arquivos, pode ter um tamanho de 1 Mbyte a 8 Mbytes no caso de arquivo de áudio, de 10 kbytes a 100 Mbytes no caso de arquivo de software e no caso de um arquivo de vídeo de 1 Mbyte a 100 Mbytes, com tendência a crescimento no futuro.

De acordo com estimativas da Cisco, o maior consumidor de banda será o vídeo, sendo previstas 3 fases evolutivas para o seu perfil de consumo. A primeira finalizou-se aproximadamente no ano 2010 e baseou-se em transmissão de vídeo pela internet utilizando PC. Essa fase caracterizou-se por tráfego assimétrico, distribuição de conteúdo de TV não baseado em IP e uso predominante de cabo como tecnologia de transmissão no acesso dominante, sendo o *YouTube* o principal impulsionador. A segunda fase se estenderá até 2015 e será baseada em transmissão de vídeo para a televisão. O tráfego ainda continuará sendo assimétrico, com televisão *broadcast* e vídeo sobre demanda baseado em protocolo IP. A terceira fase, após 2015, será caracterizada por comunicação baseada em vídeo interativo, necessitando de aumento em capacidade de *upstream* da rede. A Tabela 2 resume as 3 fases.

Tabela 2 - Fases de evolução do consumo de banda com vídeo.

	Fase 1 – Vídeo e Internet para PC	Fase 2 – Vídeo e Internet para TV	Fase 3 – Comunicação Baseada em Vídeo Interativo
<b>Período</b>	2005 – 2010	2010 – 2015	Após 2015
<b>Pico de Banda por usuário</b>	< 50 Mbps	50 – 250 Mbps	> 250 Mbps
<b>Formato de Vídeo</b>	SD	HD	HD
<b>Tráfego de vídeo pessoal (VoD, YouTube)</b>	Médio	Alto	Alto
<b>Tráfego IPTV</b>	Baixo	Alto	Alto
<b>Tráfego de vídeo-chamada e conferência</b>	Baixo	Baixo	Alto

Ainda seguindo estimativa da Cisco, o número médio de serviços que geram tráfego significativo na rede de acesso passou de 11 para 18 nos últimos anos.

Os novos padrões de evolução da televisão de alta definição (HDTV) confirmam a expectativa de evolução na demanda por banda no acesso. Já está definido o padrão ultra-HDTV (UHDTV), com resolução de 3840x2160 e futuramente de 7680x4320 pixels (definição 16 vezes superior à definição do HD

de 1920x1080), formato 16:9, taxa de quadro de 60 Hz e 24 canais de áudio, incluindo 2 canais *subwoofer*. Esse formato é conhecido por 4k e 8k UHD TV respectivamente. No caso do 8k será necessária uma banda de 200 Mbps por canal. Para o formato 3D será necessária banda 180% superior. Pode-se então considerar na oferta ao usuário final uma banda mínima garantida de 300 Mbps, para transmissão de canal 8k, canal HDTV, além de navegação web, compartilhamento de arquivos entre outras aplicações, corroborando com a estimativa da Tabela 2 anterior.

O gráfico da Figura 2 considera a banda consumida para algumas aplicações, considerando apenas 75 Mbps para o UHD TV, devido à incerteza dos codificadores futuros e overhead utilizado no sinal 3D, comparando com a banda oferecida por diferentes tecnologias de acesso (fonte: *Cost and Energy Consumption Analysis of Advanced WDM-PONs*):

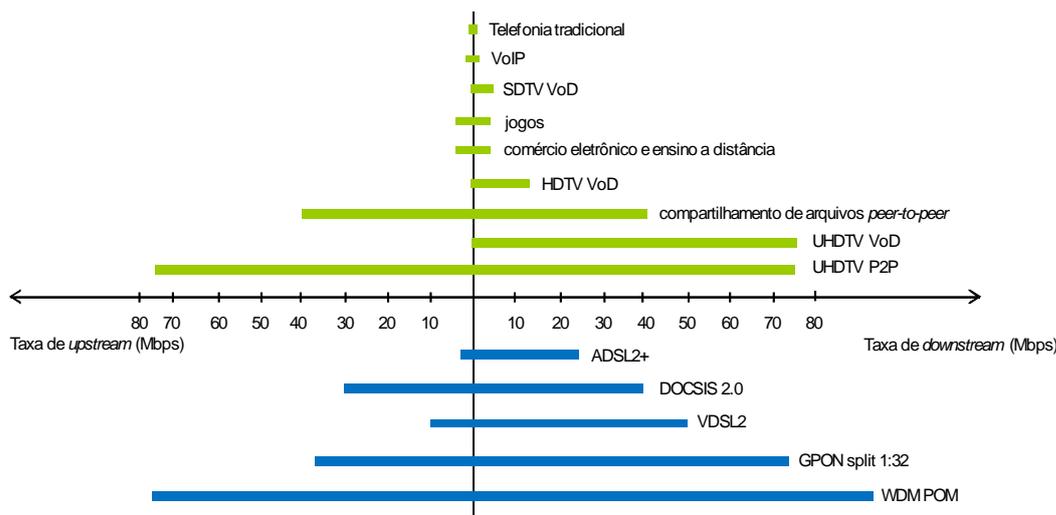


Figura 2 - Comparação entre a banda consumida para distintos serviços e a banda oferecida por distintas tecnologias de acesso banda larga.

O padrão internacional DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) permite a transferência de dados em alta velocidade sobre a infraestrutura existente de televisão a cabo (CATV), sendo utilizado por muitos operadores de televisão a cabo para prover acesso à internet sobre suas infraestruturas de cabo coaxial existentes. O padrão inclui as variantes DOCSIS 1.0, 1.1, 2.0 e 3.0. O conjunto de padrões internacional DSL (*Digital Subscriber Line*) corresponde a um conjunto de tecnologias que permite a transmissão de dados digitais sobre a infraestrutura de fios das redes telefônicas, sendo assim

utilizado pelas operadoras de telefonia tradicionais para oferecer acesso à internet. Dentre suas variantes pode-se destacar o ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) e suas evoluções ADSL2 (*Asymmetric Digital Subscriber Line 2*) e ADSL2+ (*Asymmetric Digital Subscriber Line 2 Plus*) além do VDSL (*Very High Speed Digital Subscriber Line*) e VDSL2 (*Very High Speed Digital Subscriber Line 2*). A partir da Figura 2 anterior, pode-se observar que as tecnologias DOCSIS 2.0 e VDSL2 podem ser uma opção para entrega de taxas superiores a 40 Mbps, sendo que o DOCSIS 3.0, não representado na Figura 2, pode oferecer taxas que excedem 100 Mbps. Entretanto essa tecnologia não consegue garantir essa taxa a vários usuários simultâneos. O próprio VDSL2 pode chegar a 100 Mbps, mas somente para distâncias muito restritas. A tecnologia GPON com 32 usuários, embora ofereça banda de aproximadamente 70 Mbps no *downstream*, já será insuficiente para o cenário após 2015, conforme as estimativas. O XG-PON1 poderá quadruplicar a capacidade do GPON, não representado na Figura 2 acima, podendo melhor acomodar as demandas futuras, existindo ainda a possibilidade de uso do WDM-PON para bandas ainda maiores. Essas evoluções baseadas em PON serão detalhadas na presente dissertação.

Nas seções abaixo serão brevemente descritas duas tecnologias que por um lado tendem a impulsionar o aumento do consumo no acesso e por outro serão viabilizadas com o uso de arquiteturas baseadas em PON: IPTV e CDN-P2P.

## 2.2

### IPTV

De forma geral, o IPTV é um método de transmissão de sinais de televisão utilizando protocolo IP como meio de transporte do conteúdo. O conteúdo é enviado apenas em *streaming* a um aparelho *set-top-box* ligado à televisão, porém com qualidade garantida na entrega, utilizando infraestrutura dedicada da internet. Provê serviços totalmente diferentes dos serviços de vídeo entregues pela rede internet convencional baseada em melhor esforço. O IPTV pode ser definido como um serviço multimídia com nível de qualidade de serviço (QoS) determinado, qualidade de experiência (QoE), segurança, interatividade e confiabilidade sobre rede baseada em IP. Os serviços incluem vídeo broadcast, vídeo sobre demanda (VoD), vídeo conferência, VoIP, jogos on-line, entre outros.

Como resultado, permite a entrega de conteúdo em tempo real, sob demanda, com possibilidade de parar e continuar a qualquer momento e com opções personalizadas.

Com relação à perspectiva de banda consumida, como já comentado, pode-se variar dependendo do tipo e quantidade de serviços e aplicações simultâneas. Por exemplo, necessita-se de 25-50 Mbps por usuário para prover 2 ou mais canais de televisão além de VoD, considerando banda de 12 Mbps para cada canal HD e 3 Mbps para cada canal SD, com tecnologia MPEG-2.

Esse trabalho detalhará nas seções 3.1 e 3.2 a capacidade em termos de banda oferecida pela arquitetura GPON mas, adiantando, o uso de IP *multicast* em conjunto com GPON *broadcast* permite transmissão de mais de 200 canais HD considerando *downstream* GPON em 2,5 Gbps e uso de canal HD codificado com H.264, com aproximadamente 10 Mbps por canal. Alternativamente seria possível alocar 1,25 Gbps para o vídeo broadcast e outros 1,25 Gbps para internet e telefonia, permitindo ainda assim mais de 100 canais HD (fonte: *High-definition IPTV Broadcasting Architecture over Gigabit-capable Passive Optical Network*). Essa possibilidade exigirá que os servidores de acesso remoto banda larga (BRAS - *Broadband Remote Access Servers*), os multiplexadores de acesso DSL (DSLAMs - *DSL Access Multiplexers*), OLTs e *switches* trabalhem de forma *multicast*, o que ainda não é usual (fonte: *Efficient architecture for IPTV service in emerging broadband access networks*).

Os diferenciais do IPTV em relação aos serviços tradicionais via satélite ou RF tradicional são a possibilidade de gravação de vídeo digital, deslocamento temporal e, sobretudo, VoD com maior sofisticação e com maior riqueza de conteúdo.

A arquitetura de alto nível para a entrega de IPTV é formada por servidores de VoD, *Head-End* de Vídeo, controladores de vídeo, além de sistemas controladores de meio de pagamento, softwares de suporte à operação (OSS - *Operational Support Systems*) e ao negócio (BSS - *Business Support Systems*), além de redes de transmissão e de acesso, de forma a poder prover os serviços aos usuários (fonte: *The Evolving IPTV Service Architecture*). A Figura 3 mostra o descrito acima.

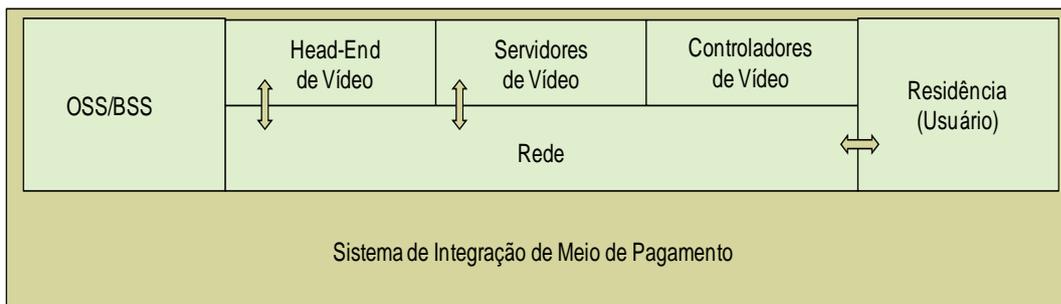


Figura 3 - Arquitetura IPTV de alto nível.

Há várias etapas potenciais previstas para a evolução do IPTV, sendo que a cada etapa há agregação de novas aplicações e conseqüente aumento na demanda por banda ao usuário (fonte: *The Evolving IPTV Service Architecture*). A Figura 4 abaixo ilustra essas etapas.

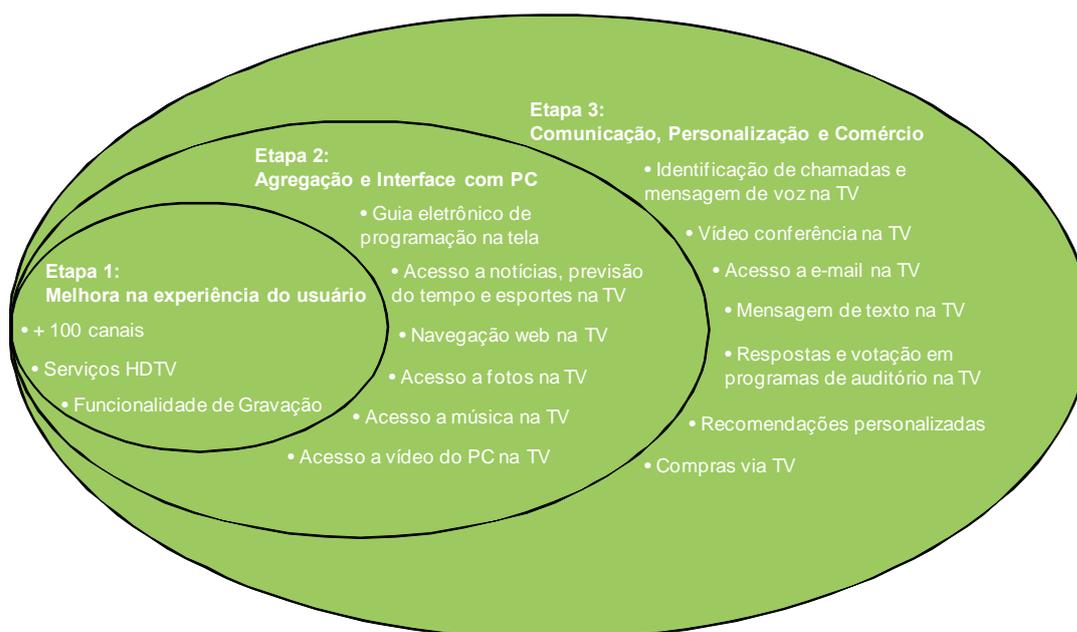


Figura 4 - Etapas potenciais de evolução dos serviços IPTV.

## 2.3

### Arquitetura híbrida CDN-P2P

A maneira básica para transmissão de conteúdo na rede é utilizando arquitetura tipo Cliente – Servidor, ineficiente para grande quantidade de clientes e elevado volume de conteúdo. Para essas situações, duas alternativas são consideradas:

- **CDN – Content Distribution/Delivery Network:** arquitetura de distribuição de conteúdo na rede baseada em servidores distribuídos de alta capacidade e largura de banda, garantindo boa qualidade de serviço, embora com elevado custo e de difícil implementação e manutenção.
- **P2P – Peer-to-Peer system:** funciona como um sistema descentralizado no qual uma vez que um usuário recebe um conteúdo ele passa a ser fonte daquele conteúdo dentro da rede para outros usuários que o requisitarem. Usuários passam a atuar como clientes e servidores. Há necessidade de uma grande quantidade de participantes com alta disponibilidade. A grande vantagem é a redução de custos de servidores, em detrimento de qualidade, sobretudo atraso e taxa de transmissão.

Vários são os estudos para viabilização de arquitetura híbrida, como descrita abaixo:

- **Híbrida CDN-P2P:** agrega os pontos fortes das duas estratégias acima, ou seja, a elevada qualidade garantida pela CDN e o custo reduzido proporcionado pela P2P. Nessa arquitetura, um sistema P2P trabalha em conjunto com servidores CDN. Se o sistema está com elevada carga, os usuários acessam conteúdo de seus vizinhos servidores, caso contrário, com baixa carga, pode-se acessar o conteúdo dos servidores de CDN. A baixa capacidade de *upload* dos usuários ainda é um problema para as CDN-P2P atuarem com conteúdos que exijam maior banda, como conteúdo de vídeo (fontes: 1) *A novel Hybrid CDN-P2P mechanism for effective real-time media streaming*; 2) *A Hybrid CDN-P2P system for Video-on-Demand*).

O aumento de capacidade no *upstream* proporcionado pelo GPON e suas evoluções serão a base para a intensificação do uso de CDN-P2P principalmente no que diz respeito a conteúdo de vídeo, sobretudo de alta definição.

A Figura 5 apresenta a arquitetura híbrida CDN-P2P formada por 3 camadas propostas em “*A Hybrid CDN-P2P system for Video-on-Demand*” para sistemas VoD.

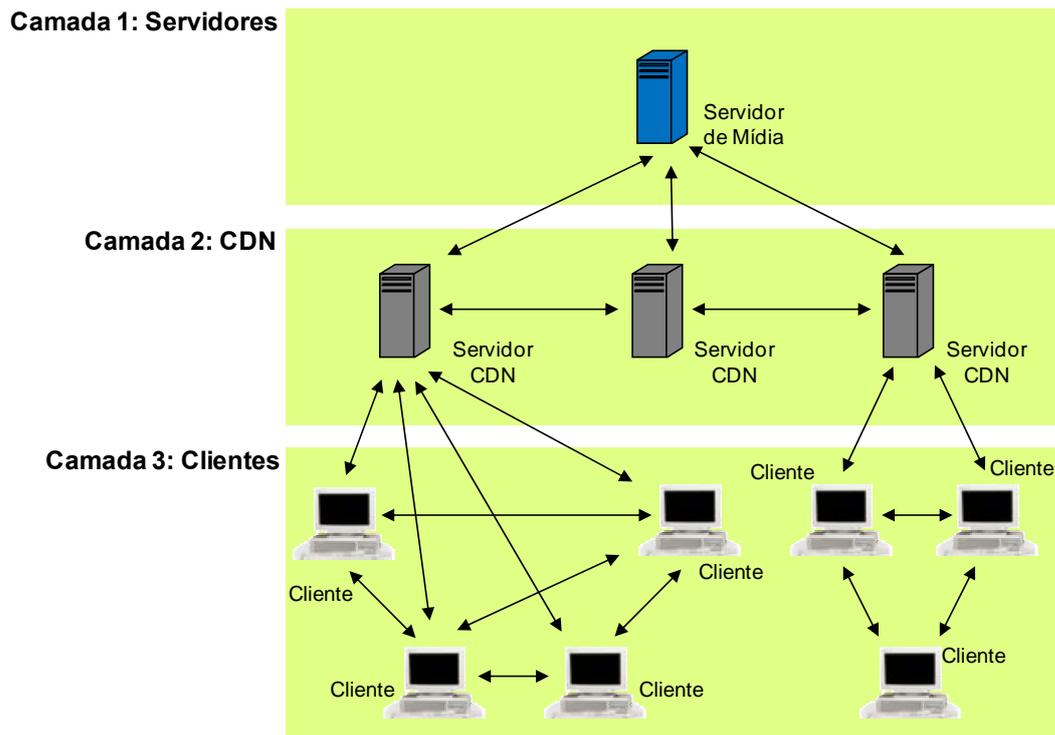


Figura 5 - Arquitetura para VoD proposta em “A Hybrid CDN-P2P system for Video-on-Demand”.

Na Figura 5 acima, a conectividade física entre os clientes e eventualmente até com algum servidor CDN poderia ser feita por arquitetura baseada em GPON.

## 2.4

### Comentários e Conclusões do Capítulo

O presente capítulo evidencia que as novas aplicações e serviços oferecidos aos usuários, sobretudo as baseadas em vídeo, demandam elevadas bandas tanto no *downstream* quanto no *upstream*. É apresentada a estimativa da Cisco de consumo de banda máxima por usuário acima de 250 Mbps a partir de 2015. Os novos padrões de vídeo enumerados, caso do ultra-HDTV, confirmam essa tendência.

Algumas opções de tecnologias de acesso banda larga atualmente utilizadas são brevemente descritas e suas capacidades de entrega de banda comparadas com as bandas consumidas por diversos serviços. Evidenciou-se a restrição dessas tecnologias para atendimento as novas demandas, principalmente as baseadas em vídeo, ressaltando-se a possibilidade de uso de tecnologia GPON para atendimento as demandas de curto e médio prazo e suas evoluções para

atendimento as demandas impossibilitadas de serem atendidas pelo GPON convencional.

Especial atenção é dada ao IPTV, por permitir a entrega de conteúdo em tempo real e sob demanda com qualidade garantida. Destaque é dado também à arquitetura de rede CDN-P2P, que agrega as vantagens das arquiteturas CDN e P2P e será viabilizada pelo aumento da taxa de *upstream* possibilitado pelo GPON, permitindo o compartilhamento de informações entre usuários, novamente sobretudo as baseadas em vídeo.