



Teste da camada de transporte realizado em 2022 / Foto: Fórum SBTVD

Camada de Transporte da TV 3.0

Por Boris Kauffmann e Gustavo de Melo Valeira

O Projeto TV 3.0 adotou o Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) em conjunto com o Real-Time Transport Object Delivery over Unidirectional Transport (ROUTE) como protocolos para o transporte de áudio, vídeo e dados. Essa escolha buscou otimizar e unificar a técnica de entrega de conteúdo tanto em broadcast como em broadband, oferecendo flexibilidade e adaptabilidade. Com essa escolha estratégica, o objetivo não foi apenas melhorar a transmissão de dados, mas também proporcionar experiências de visualização enriquecidas e personalizadas para os telespectadores brasileiros.

Introdução

Entre as novas tecnologias selecionadas para o novo Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) 3.0 está o uso do *Dynamic Adaptive Streaming over HTTP* (DASH) em conjunto com o *Real-Time Transport Object Delivery over Unidirectional Transport* (ROUTE)

como técnica de transporte de áudio, vídeo e dados. Esta decisão permitirá a convergência das arquiteturas de sistemas *broadcast* com os já estabelecidos fluxos de trabalho *broadband* ou *over-the-top* (OTT) usados pelas plataformas de streaming.

Requisitos da camada de transporte para TV 3.0

Conforme a Chamada de Propostas do Fórum SBTVD [1], a camada de transporte TV 3.0 deverá permitir a sincronização de áudio, vídeo e dados

com precisão de *frame* sem várias plataformas de distribuição para substituição dinâmica de conteúdos ou para habilitar o uso de camadas de aprimoramento

de áudio/vídeo/dados. Deverá ser baseado em *Internet Protocol* (IP) e suportar a entrega de mídia de forma assíncrona (*download/push*). Deve ser o mais confiável e eficiente possível (baixa latência, detecção de erros com baixo *overhead*, evitar duplicação de metadados desnecessários) e permitir a entrega de conteúdo pela Internet com criptografia.

ROUTE/DASH

Com a ascensão da internet como meio de transporte de conteúdo audiovisual, modelos de entrega baseados em objetos foram desenvolvidos como alternativas aos tradicionais fluxos contínuos em *MPEG Transport Stream* (TS). Diversos órgãos de padronização já especificaram a entrega de transmissão ao audiovisual usando DASH, incluindo a *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) para seus padrões *Digital Video Broadcasting* (DVB) [2], a *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) para o *enhanced Multimedia Broadcast Multicast Services* (eMBMS) [4], também conhecido como LTE Broadcast e, recentemente, o *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) para seu padrão ATSC 3.0.

Anteriormente ao desenvolvimento do ATSC 3.0 e do ROUTE, um protocolo chamado *File Delivery over Unidirectional Transport* (FLUTE) [5] era utilizado para a entrega de transmissão de fragmentos de áudio e vídeo DASH, como por exemplo no eMBMS. No entanto, o FLUTE não foi projetado para a entrega de objetos em tempo real, sendo este um requerimento necessário para fins de transmissão ao vivo. Para superar esse obstáculo, a ATSC ajudou na criação do ROUTE [6].

O ROUTE é um protocolo definido na RFC 9223 [3] da *Internet Engineering Task Force* (IETF) para transferência de arquivos sobre redes IP construído em cima do protocolo FLUTE e estendendo suas funcionalidades. O FLUTE é definido pela RFC 6726 [4] originalmente pensado para transmissão multimídia em ambientes *Local Area Network (LAN)* e *3GPP* especialmente em cenários *multicast*. Utiliza uma abordagem de transporte baseada em pacotes, onde cada pacote contém uma parte do arquivo e informações sobre sua posição. Isso permite que os receptores reconstruam o arquivo original a partir dos pacotes recebidos.

A evolução do FLUTE para o ROUTE foi necessária devido ao design original do FLUTE ter sido pensado para transporte de arquivos de tamanho muito grande. O FLUTE também carregava uma grande quantidade de metadados para cada unidade de arquivo. Considerando que um streaming em DASH tem aproximadamente um arquivo de fragmento por

Após criteriosa análise de 36 respostas de 21 diferentes organizações, foi gerado um documento de teste e avaliação, onde a metodologia para os testes de todos os componentes do sistema foi apresentada [2] e como resultado, foi eleito o ROUTE/DASH do ATSC3.0 como tecnologia escolhida.

segundo, temos 3600 arquivos em 1 hora reduzindo a eficiência devido ao *overhead* de metadados. Neste contexto, as melhorias introduzidas pelo ROUTE são significativas.

A entrega em tempo real, com otimizações de latência para eventos de transmissão ao vivo, é um avanço importante, permitindo que o streaming seja mais fluido e responsivo. A implementação de princípios de otimização melhora a eficiência na entrega de dados, essencial para a transmissão de grandes volumes de informação. Além disso, a redução na frequência dos metadados através do uso de mecanismo chamado de *template*, diminui o *overhead* associado a cada unidade de arquivo, contribuindo para um sistema mais enxuto e eficiente. A melhoria na incorporação de metadados no cabeçalho do pacote ROUTE facilita o processo de gestão e transmissão de dados. Por fim, a capacidade de enviar arquivos sem a necessidade prévia de conhecer seus tamanhos otimiza a latência de ponta a ponta, tornando o sistema mais adaptável e rápido na entrega de conteúdo.

A **Figura 1** ilustra a pilha de protocolos conceitual do ATSC 3.0. A entrega de serviços de áudio, vídeo e dados pode ser dividida funcionalmente em múltiplas camadas. As camadas representadas no lado direito da **Figura 1** referem-se a entrega via *broadcast* e o lado esquerdo representa o *broadband*, ambas são usadas para suportar entrega de serviços híbridos. Os sinais, tabelas de serviços e fluxos de pacotes IP de serviços podem ser transmitidos tanto pela camada física de *broadcast* quanto pela de *broadband*. Acima da camada física, temos as camadas de transporte e de entrega, habilitadas pelo ROUTE operando em *multicast* UDP/IP sobre a camada física de broadcast, e habilitadas pelo HTTP operando em *unicast* TCP/IP sobre a camada física de *broadband*. Apesar da camada de transporte já ter sido escolhida, baseada na proposta da ATSC, a camada física broadcast ainda está em fase de avaliação e testes pelo Fórum SBTVD.

A camada de transporte entrega os segmentos DASH que estão no formato *ISO Base Media File Format* (ISOBMFF). Os segmentos DASH são então recebidos nos dispositivos dos telespectadores e reproduzidos

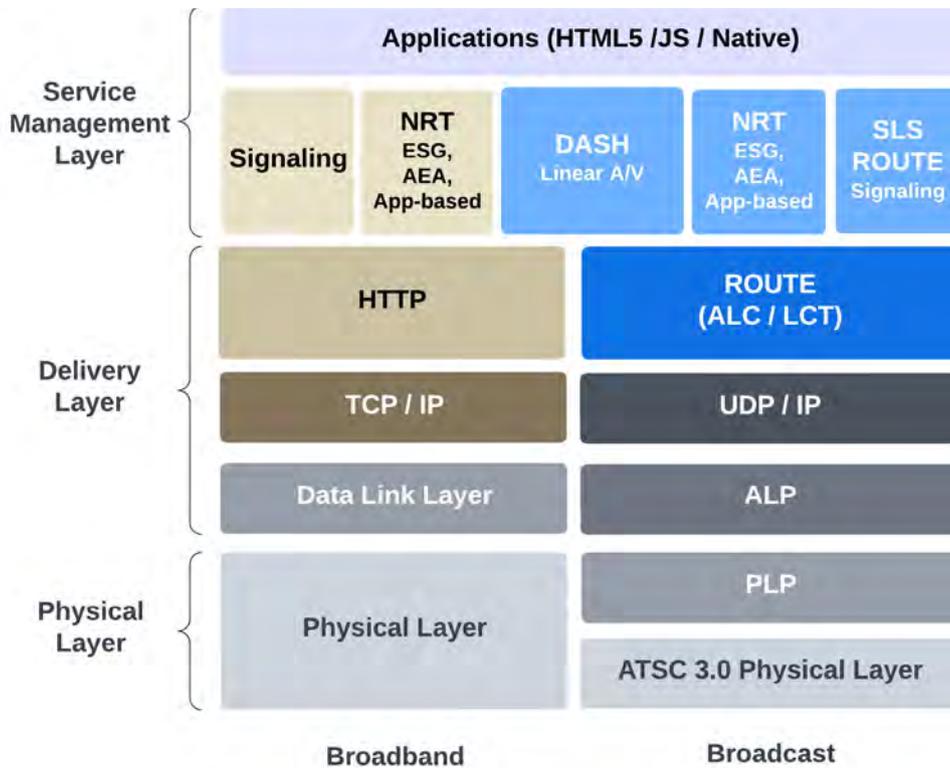


Figura 1 - Pilha de Protocolos ATSC 3.0
Adaptado de ATSC A/331 (2023)

(FEC) eficiente; suporte para criptografia; suporte para **codecs** de áudio e vídeo de última geração; entrega de áudio e vídeo não multiplexados; entrega (NRT) **Non Real Time** de conteúdos de mídia.

O protocolo ROUTE pode, por exemplo, entregar um arquivo, um segmento de DASH ou HTTP Live Streaming (HLS), um clipe de áudio, entre outros. Sendo adequado para transporte **unicast** e **multicast**, pode ser executado sobre redes UDP/IP, e pode aproveitar os recursos da camada de protocolo subjacente.

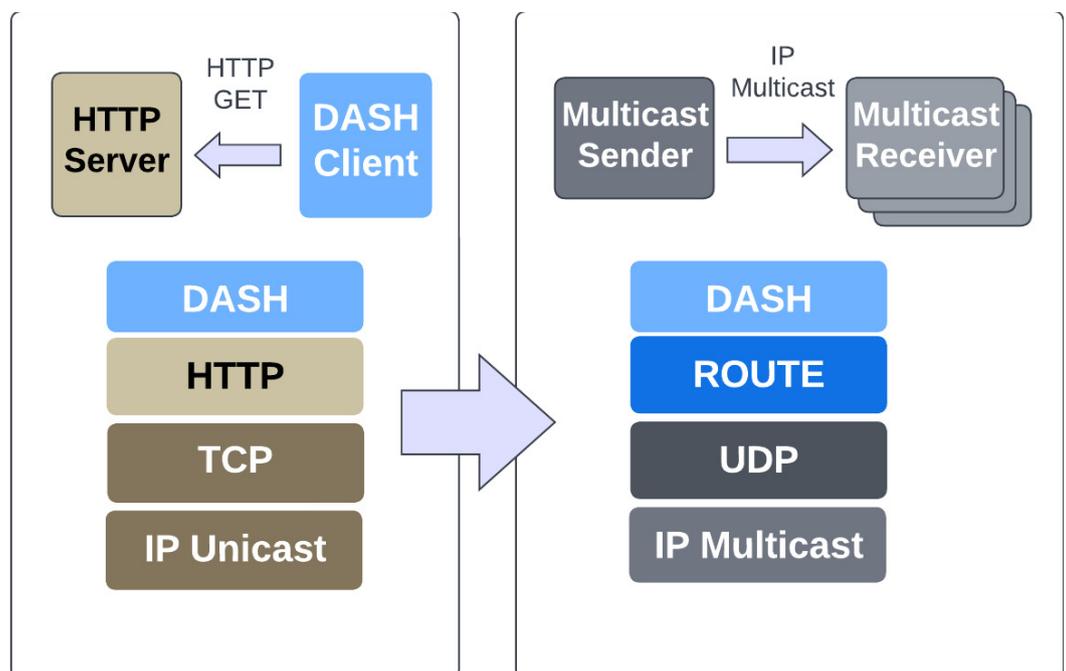
A RFC 9223 especifica o protocolo ROUTE de forma que ele possa ser usado por uma variedade de serviços para entrega de **Application Objects**, especificando seus próprios perfis deste protocolo

(por exemplo, adicionando ou restringindo algumas funcionalidades).

→ usando decodificadores e **players**. O **design** e os protocolos usados oferecem muitos recursos, como: **streaming** em tempo real de mídia; suporte a entrega híbrida; entrega robusta e eficiente de objetos baseados em arquivos; suporte para aquisição rápida de serviço pelos receptores; **Forward Error Correction**

Conforme a **Figura 2**, a principal diferença entre a entrega **broadcast** e **broadband** reside no protocolo de transporte de rede. Enquanto no **broadcast**, se utiliza o ROUTE combinado com **User Datagram Protocol** (UDP) para entrega dos segmentos na modalidade **push**, no **broadband** se utiliza o **Hypertext Transfer Protocol** (HTTP) sobre **Transmission Control Protocol**

Figura 2 - Diferenças entre entrega **Broadband** e **Broadcast**
Fonte: Adaptado de Zia et. al (2021)



(TCP) onde o receptor usando método HTTP GET faz a requisição dos segmentos (*pull*). Na comunicação via internet, diferentemente do modelo de irradiação unidirecional de radiofrequência (RF) com antenas é possível estabelecer TCP *handshake* e fornecer retransmissão de pacotes perdidos caso necessário.

Se no HTTP, o modelo de transmissão requer que o receptor faça uma requisição do tipo GET no servidor

HTTP para receber os pacotes com os fragmentos de áudio e vídeo, o ROUTE por sua vez utiliza um modelo de transmissão baseado em carrossel, onde os dados são transmitidos em um loop contínuo. Isso oferece a vantagem de permitir que os receptores se juntem a transmissão em qualquer ponto, recebendo os segmentos perdidos na próxima interação do carrossel. Este método é especialmente útil para dispositivos móveis e receptores com conexões instáveis.

A integração com DASH

O DASH é um padrão para streaming adaptativo, ou *Adaptive Bit Rate* (ABR), mas pode ser usado em Constant Bit Rate (CBR). Ele permite que o conteúdo de vídeo a ser transportado seja servido em múltiplas qualidades, adaptando-se dinamicamente a largura de banda disponível e as condições de rede do usuário final. A integração do DASH com o ROUTE na TV 3.0 traz um novo nível de eficiência e flexibilidade na entrega de conteúdo.

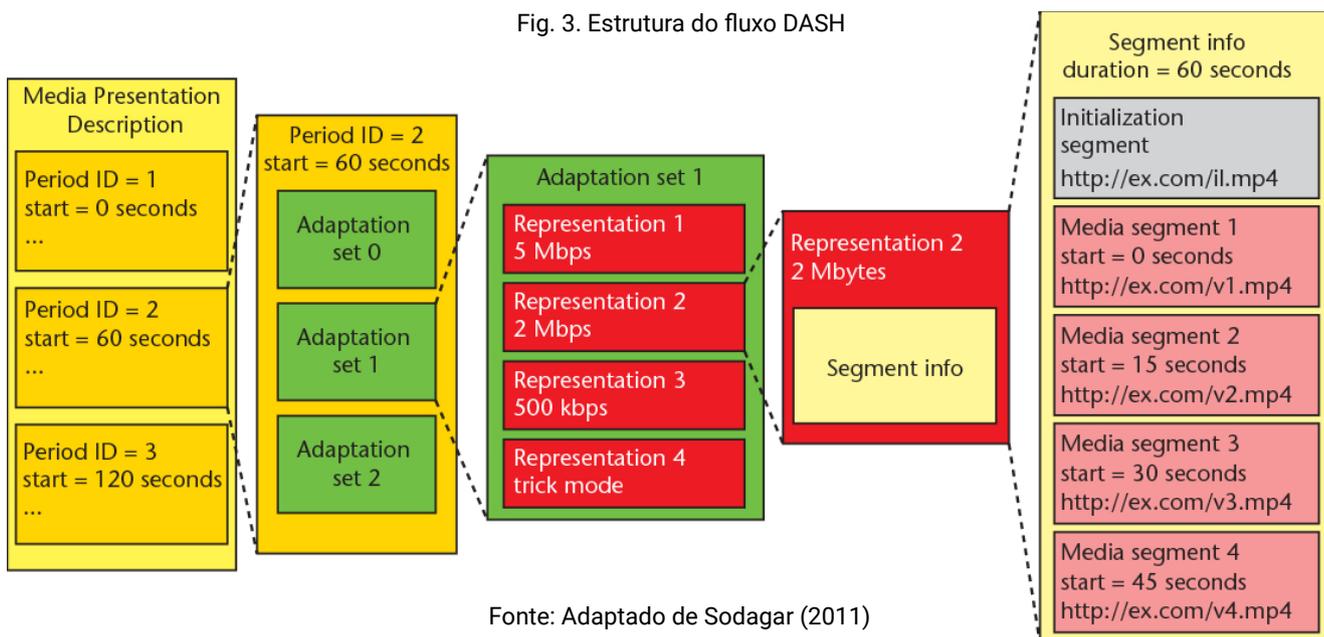
O DASH é um padrão *International Organization for Standardization* (ISO)/*International Electrotechnical Commission* (IEC) especificado no documento 23009-1 [7]. O DASH permite a transmissão de conteúdo em segmentos de arquivos de mídia pequenos e autocontidos. Cada segmento contém uma curta duração do conteúdo total, e estes segmentos são servidos através de servidores *web* padrão. A principal vantagem do DASH é sua capacidade de adaptar qualidade do *streaming* em tempo real, baseando-se nas condições da rede e na capacidade do dispositivo do usuário. O DASH funciona dividindo o conteúdo de mídia em uma série de segmentos e oferecendo esses

segmentos em diferentes qualidades. Um arquivo de manifesto, conhecido como *Media Presentation Description* (MPD), descreve estes segmentos e as suas qualidades.

Com o DASH, os servidores *broadband* podem disponibilizar várias versões de um mesmo conteúdo, em diferentes taxas de bits e resoluções. O receptor seleciona a versão mais adequada com base na sua capacidade de processamento e na qualidade da conexão de rede. Essa abordagem assegura uma experiência de visualização contínua minimizando interrupções e variações de qualidade.

O cliente DASH lê o arquivo MPD e seleciona o segmento de mídia apropriado baseado na largura de banda disponível, capacidade de decodificação e preferências do usuário. Isso permite uma experiência de visualização otimizada, reduzindo o *buffer* e ajustando a qualidade do vídeo de acordo com as mudanças na largura de banda da rede. O MPD fornece informações dos conteúdos de mídia, como tipo de serviço, período, tempo de apresentação de mídia, informações de *Uniform Resource Locator*

Fig. 3. Estrutura do fluxo DASH



Fonte: Adaptado de Sodagar (2011)

(URL), resolução, e taxa de bits. O segmento de mídia é baseado no formato de arquivo ISO e consiste em pequenos pedaços de mídia dividindo os dados da mídia em unidades reais de tempo. A Figura 3 mostra a estrutura do MPD até o segmento de mídia.

Como o DASH é baseado em padrões *web* existentes, como o HTTP e o *eXtensible Markup Language* (XML), ele é amplamente compatível com infraestruturas de internet existentes e pode ser implementado em uma grande variedade de dispositivos, incluindo computadores, *smartphones*, *tablets* e *SmarTV*.

No formato de serviço híbrido, na qual adicionalmente à entrega *broadcast*, um ou mais elementos de programa também são entregues via *broadband*, a utilização do DASH facilita enormemente o fluxo de trabalho, já que os mesmos arquivos de mídia no formato DASH, baseados no ISO Base *Media File Format* (ISO-BMFF), são utilizados como formato de entrega, encapsulamento e sincronização, seja no *broadcast* ou no *broadband*. O DASH foi desenvolvido pela *Moving Picture Experts Group* (MPEG) para serviços de banda larga e se popularizou entre os serviços de *streaming*. Várias ferramentas e produtos foram lançados e desenvolvidos para atender esse mercado.

Nos últimos anos, a indústria de mídia vem ampliando a utilização do formato DASH. O motivo principal é a grande quantidade já existente de conteúdo disponível no formato DASH, tornando-o adequado para servir como formato nativo para entrega via *broadcast*. Este conteúdo pode ser reproduzido usando receptores com *players* DASH já existentes, reduzindo o investimento e os esforços necessários para preparação dos conteúdos e estruturação das

formas de consumo, enquanto otimiza o uso dos recursos existentes dos sistemas de transmissão e entrega multimídia atuais.

O desenvolvimento de um servidor ROUTE/DASH pra transmissão de sinais *broadcast* em Ultra High Definition (UHD) foi mostrado em um artigo na *International Conference on Advanced Communication Technology* (ICACT) de 2017. [8]

As diretrizes para implementação dos pontos de interoperabilidade do DASH com o ATSC 3.0 são detalhadas no documento, *Guidelines for Implementation: DASH-IF Interoperability Point for ATSC 3.0* [9].



Foto: Reprodução

Conclusão

A utilização do ROUTE para fazer o transporte dos segmentos em DASH na TV 3.0 abre caminho para uma série de inovações no campo da transmissão televisiva. Ela não apenas melhora a eficiência da entrega de conteúdo, como também oferece aos provedores de serviço maior flexibilidade na gestão e distribuição de conteúdo. Para os consumidores, essa convergência significa uma experiência de visualização mais rica e adaptada às suas necessidades individuais.

Desde abril de 2023, o Laboratório de TV Digital da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie está desenvolvendo as adaptações e extensões necessárias para a especificação da Camada de Transporte ROUTE/DASH, juntamente com a implementação de um multiplexador e um de-

multiplexador de referência. Os trabalhos acontecem sob a coordenação do Fórum SBTVD e com o financiamento do Ministério das Comunicações, por meio da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP).

Entre as atividades executadas até o momento pelo Grupo de Trabalho da Camada de Transporte da TV 3.0, é possível destacar: a validação e integração de soluções de *software* e bibliotecas *open source* que suportam o ROUTE/DASH, testes de integração da Camada de Transporte com as tecnologias candidatas da Camada Física, além do trabalho de pesquisa e desenvolvimento necessário para adaptar o ROUTE/DASH com as tecnologias escolhidas para as outras diversas camadas (Aplicação, Codificação de Áudio e Vídeo e Legendas).

Referências

1. FORUM DO SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL TERRESTRE. Call for Proposals: TV 3.0 Project. 2020. Disponível em: <https://forumsbtvd.org.br/wp-content/uploads/2020/07/SBTVDTV-3-0-CfP.pdf>. Acesso em: 2023-12-05.
2. FORUM DO SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL TERRESTRE. CfP Phase 2 /Testing and Evaluation: TV 3.0 Project. 2021. Disponível em: <https://forumsbtvd.org.br/wp-content/uploads/2021/03/SBTVDTV-3-0-P2-TE-2021-03-15.pdf>. Acesso em: 2023-12-05.
3. 103 285 V1.1.1 ETSI TS. Digital Video Broadcasting (DVB); MPEGDASH Profile for Transport of ISO BMFF Based DVB Services over IP Based Networks, 2015.
4. 23.246 3GPP TS. Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description, 2015
5. INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. RFC 6726 - FLUTE - File Delivery over Unidirectional Transport. [S.I.], 2012.
6. INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. RFC 9223 - Real-Time Transport Object Delivery over Unidirectional Transport (ROUTE). [S.I.], 2022.
7. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.
8. 23009-1:2022 - Information technology — Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) Part 1: Media presentation description and segment format. [S.I.], 2022.
9. KI, M.; SEOK, J.; KIM, H. Y. ROUTE/DASH server system development for realtime UHD broadcasting. In: 2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). IEEE, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/icaict.2017.7890202>.
10. DASH INDUSTRY FORUM. Guidelines for Implementation: DASH-IF Interoperability Point for ATSC 3.0). [S.I.], 2018.
11. Bhat, H.M.; Zia, Waqar. (2018). Optimization of Tune-in and End-to-end Delay in DASH Broadcast Over ROUTE. 1-6. 10.1109/BMSB.2018.8436844.



Boris Kauffmann é graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) e é mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação na Universidade Presbiteriana Mackenzie, pesquisando sobre a camada de transporte do novo Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTV 3.0). Hoje é arquiteto de Soluções Especialista em Broadcast na Amazon Web Services (AWS). Tem mais de 15 anos na indústria de mídia, trabalhando em posições de tecnologia em transmissão, pós-produção e preservação de mídia digital. Antes da AWS, era responsável pelo design e arquitetura de diversos sistemas de roteamento de vídeo baseado em IP (SMPTE 2110) como engenheiro de Soluções na Imagine Communications.

Contato: boriskff@amazon.com



Gustavo de Melo Valeira é formado em Engenharia Elétrica – Eletrônica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Mestre em Engenharia Elétrica - Telecomunicações na UPM e Doutor em Engenharia Elétrica - Telecomunicações na UPM. Trabalhou como pesquisador/engenheiro no Laboratório de Pesquisas em Televisão Digital (LPTVD-UPM) e atualmente é Professor da Escola de Engenharia da UPM com dedicação também às atividades do LPTVD. Áreas de interesse e de pesquisa: Televisão Digital; processamento digital de sinais; sistemas de comunicação; camada de transporte do ISDB-TB (TransportStream - TS) e das novas gerações de TV Digital (o MPEG Media Transport - MMT; e o Real-time Object delivery over UnidirectionalTransport / DynamicAdaptive Streaming over HTTP - ROUTE/DASH); redes; sistemas embarcados; e as linguagens de programação C/C++, VHDL e Python.

Contato: gustavo.valeira@mackenzie.br