

# Codificador de vídeo VVC - Versatile Video Coding

Este artigo do Grupo de Trabalho de TV 3.0 da SET descreve sucintamente o histórico e evolução dos principais codificadores de vídeo produzidos nas últimas décadas, apresentando detalhes do codificador VVC - atualmente o codificador estado da arte em eficiência de compressão. Ao final, discorre-se sobre o cenário atual do VVC.

Por Carlos Eduardo Cosme Ribeiro

## Introdução

Os serviços e aplicações envolvendo o uso de sinais de vídeo mantém sua tendência de crescimento ao longo dos anos, onde o tráfego de vídeo responde por 80% do tráfego presente na Internet. Com a recente pandemia de COVID-19, que obrigou muitas pessoas a permanecerem em suas residências seja trabalhando ou durante seu momento de lazer, esse cenário incrementou sensivelmente, a ponto de alguns Governos Nacionais cogitarem a redução da oferta de sinais de vídeo de alguns serviços

de streaming receando um possível colapso da infraestrutura de Internet. Entende-se, que a necessidade de codificadores de vídeo mais eficientes é mais do que nunca uma forte demanda do mercado, oferecendo excelentes oportunidades. A Seção II deste artigo descreve o histórico e evolução dos principais codificadores de vídeo desenvolvidos nas últimas décadas. Na Seção III é descrito o codificador de vídeo VVC e na Seção IV é apresentado o cenário atual do codificador VVC.

## II – Histórico dos codificadores de vídeo

A figura 1 ilustra o histórico e evolução dos principais codificadores de vídeos nas últimas décadas. O primeiro codificador de vídeo desenvolvido, originou-se em 1984 no ITU-T (*International Telecommunication Union Telecommunication*), que na época ainda se chamava CCITT (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*), com a publicação da norma ITU-T H.120. O escopo do codificador H.120 inclui a codificação de sinais de vídeo de 525 linhas e 625 linhas para aplicações de videoconferência transportadas por tributários digitais de 1544 kbps ou 2048 kbps. Apesar de não possuir uma qualidade ótima para aplicações práticas, o desenvolvimento deste codificador gerou *insights* sobre possíveis formas para se melhorar a qualidade de vídeo. Posteriormente, o ITU-T padronizou em 1988 um novo codificador de vídeo designado como ITU-T H.261, no qual foi implementado pela primeira vez a hoje famosa técnica de DCT (*Discrete Cosine Transformation*) para compressão do sinal de vídeo. A estrutura de projeto deste codificador influenciou o desenvolvimento dos futuros codificadores de vídeo. Em 1993, o grupo MPEG (*Moving Picture Experts Group*), componente da organização ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International*

*Electrotechnical Commission*) padronizou um codificador de vídeo designado por ISO/IEC 11172-2 (a.k.a MPEG-1 Part 2) cujo escopo é a compressão de sinais de vídeo com taxas de até 1,5 Mbps, permitindo assim a distribuição de vídeo digital comprimido através de mídias do tipo *Video Compact Disc*. Oportuno ressaltar que com a publicação da família de padrões MPEG-1 na época, também foi publicada a norma técnica do famoso formato de codificação de áudio MP3 (ISO/IEC 11172-3), ainda utilizado atualmente.

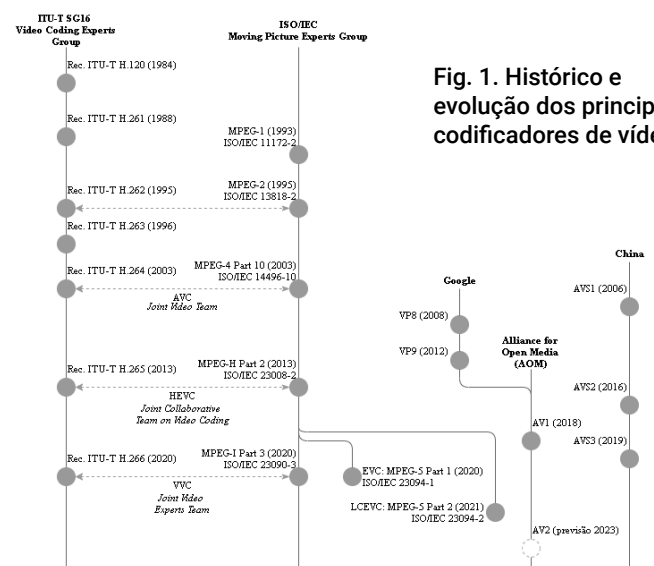


Fig. 1. Histórico e evolução dos principais codificadores de vídeo.

Em 1995, como resultado da parceria entre especialistas da ISO/IEC MPEG e do ITU-T SG16 VCEG (*Study Group 16, Video Coding Experts Group*) é lançado o codificador MPEG-2 (padronizado no ITU-T como ITU-T H.262 e padronizado na ISO/IEC como ISO/IEC 13818-2). O codificador de vídeo MPEG-2 foi um projeto de enorme sucesso, tal que permitiu o amplo uso de vídeo digital comprimido e o desenvolvimento da primeira geração de TV Digital em muitos países, assim como o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento, como por exemplo o DVD (*Digital Versatile Disc*). No ano seguinte, o VCEG padronizou o codificador ITU-T H.263, cujo escopo é o atendimento de aplicações de comunicação de vídeo com reduzida taxa de bits. Novamente os especialistas do ITU-T VCEG e do ISO/IEC MPEG uniram esforços com a criação do grupo JVT (*Join Video Team*) no desenvolvimento de um novo codificador de vídeo chamado AVC (*Advanced Video Coding*) e que em 2003 foi padronizado como ITU-T H.264 e ISO/IEC 14496-2.

O codificador H.264 herdou algumas ferramentas de codificação presentes no H.263 e recebeu outros avanços tecnológicos, dentre os quais cita-se a representação de objetos multimídia. O Brasil, que nesse período estava conduzindo os testes para escolha de tecnologias para sua primeira geração de TV digital terrestre, optou pela adoção do H.264 como codificador de vídeo para a TV digital brasileira. O codificador H.264 ao longo dos anos após sua publicação tornou-se o codificador de vídeo onipresente em aplicações envolvendo a contribuição e distribuição de sinais de vídeo comprimidos com alta qualidade e também tornou-se dominante na Internet com as nascentes aplicações multimídia, das quais se destaca os primeiros serviços de streaming OTT (*Over-the-top*). Por meio de nova parceria entre os especialistas do VCEG e do MPEG, que uniram esforços no desenvolvimento de um novo codificador de vídeo (HEVC – *High Efficiency Video Coding*) através da formação do grupo chamado JCT-VC (*Joint Collaborative Team on Video Coding*), foram publicados em 2013 as normas técnicas do HEVC (ITU-T H.265, ISO/IEC 23008-2).

As tecnologias utilizadas no HEVC permitiram um aumento da eficiência de compressão, assim como agregou-se posteriormente várias extensões endereçando diversas aplicações. Diferente dos codificadores de vídeo anteriores, a adoção do HEVC foi prejudicada devido a confu-

sa organização dos seus conjuntos de patentes, o que até hoje reflete em uma baixa adoção do HEVC pelo mercado.

O ano de 2020 revelou-se um ano bastante auspicioso para a codificação de vídeo, com a publicação das normas técnicas de dois novos codificadores de vídeo. O primeiro codificador foi resultado do trabalho conjunto do VCEG e do MPEG no JVET (*Joint Video Experts Team*), onde foi desenvolvido um novo codificador de vídeo, designado como VVC (*Versatile Video Coding*) e publicado em 2020 como ITU-T H.266 e ISO/IEC 23090-3. Atualmente o VVC é o codificador de vídeo de maior eficiência na compressão de vídeo. Suas ferramentas tecnológicas permitem a compressão de sinais de vídeo 2D SDR (*Standard Dynamic Range*), HDR (*High Dynamic Range*) e vídeo 360°. O segundo codificador de vídeo publicado naquele ano foi o EVC (*Essential Video Coding*), desenvolvido pelo MPEG e cuja norma técnica é a ISO/IEC 23094-1. O EVC, também conhecido como MPEG-5 Part 1, foi desenvolvido como uma solução de codificação de vídeo para atender às necessidades comerciais de alguns casos de uso, tais como o *streaming* de vídeo.

No EVC, existem dois perfis: **Baseline Profil** que é composto puramente por tecnologias livre de patentes (isto é, totalmente *royalty-free*), e **Main Profile** composto por tecnologias que possuem patentes, sendo que a presença dessas tecnologias no codificador é selecionada de acordo com a aplicação desejada.

Em 2021, o MPEG publicou a norma técnica ISO/IEC 23094-2 referente a um novo codificador de vídeo designado por LCEVC (*Low Complexity Enhancement Video Coding*), também conhecido como MPEG-5 Part 2. O LCEVC possui um modelo de operação diferente dos codificadores de vídeo até então publicados, sempre operando acoplado a um codificador de vídeo tradicional utilizado como codificador de vídeo base. As ferramentas do LCEVC atuam no processamento e produção de uma ou mais camadas de enriquecimento para aumento da qualidade da camada base produzida pelo codificador base. As camadas de enriquecimento do LCEVC podem incrementar a resolução espacial e/ou a resolução temporal do vídeo codificado pelo codificador base. Esta característica do LCEVC permite uma menor complexidade de codificação e decodificação, o que agrega valor para aplicações de transmissão de vídeo sob demanda e ao vivo.

Até pouco tempo atrás, o desenvolvimento dos principais codificadores de vídeo para o mercado *Broadcast* e correlatos fora unicamente impulsionado pelas frutíferas parcerias entre os grupos VCEG (ITU) e MPEG (ISO/IEC).

Em média, a cada 7 anos, publica-se a especificação de um novo codificador de vídeo com novas tecnologias e outros aprimoramentos que aumentam a eficiência de compressão.

Entretanto, a partir do final da primeira década do século 21, com o desenvolvimento e expansão do mercado de streaming na Internet, identificou-se a necessidade de codificadores de vídeo *royalty-free* e distribuídos como *software open-source*. Seguindo essa estratégia, o Google em 2010 comprou a empresa On2 Technology que desenvolvia codificadores de vídeo. Com a aquisição, o Google publicou o código do codificador VP8 (desenvolvido pela On2 Technologies em 2008) como um codificador de vídeo aberto e *royalty-free*. Posteriormente, em 2012, o Google lançou o codificador VP9 novamente como um codificador aberto e *royalty-free* (algumas tecnologias do VP9 possuem patentes, mas as mesmas são detidas pelo Google que permite a sua utilização *royalty-free* respeitando-se algumas condições de uso). O codificador VP9 é suportado nas plataformas do ecossistema Google (YouTube, navegador Chrome e Android OS).

### III - Codificador VVC

O codificador VVC foi desenvolvido pelo grupo JVET, tendo como o objetivo primário a construção de uma tecnologia de codificação de vídeo com uma eficiência de compressão superior à geração anterior, no caso o HEVC: ITU-T H.265. Um outro objetivo do projeto do VVC foi prover uma tecnologia que seja altamente versátil para uso efetivo em uma ampla gama de aplicações envolvendo sinal de vídeo (vídeo SDR, vídeo HDR, vídeo gerado por computação gráfica e vídeo 360°. As avaliações do VVC conduzidas pelo JVET, demonstram que a eficiência de compressão do VVC é 50% superior se comparada com o HEVC e 75% superior se comparada com o AVC (ITU-T H.264: atualmente o codificador de vídeo de maior penetração no mercado). Acredita-se que a introdução

Em 2015, o mercado viu o surgimento do AOM (*Alliance for Open Media*) e posteriormente em 2018 a publicação de um novo codificador de vídeo aberto e *royalty-free*, chamado AV1 (*AOM Video 1*). A AOM é um consórcio industrial sem fins lucrativos com foco no desenvolvimento de tecnologia aberta e livre de royalties para entrega de conteúdo multimídia. Rapidamente este consórcio ganhou momento e atraiu o apoio de grandes empresas de tecnologia da Internet (Amazon, Apple, Facebook, Google, etc.), onde o Google interrompeu sua linha independente de desenvolvimento de codificadores de vídeo e redirecionou seus esforços para colaboração com as iniciativas da AOM. Atualmente a AOM trabalha no desenvolvimento do AV2, que será o sucessor do AV1, e cuja publicação está prevista para 2023.

Oportuno destacar que a China optou pelo desenvolvimento de codificadores de vídeo para aplicações nacionais. Em 2002 foi criado o grupo de trabalho AVS (*Audio Video Coding Standard*), o qual reúne empresas e institutos de pesquisas chineses. O AVS tem trabalhado ativamente no desenvolvimento de codificadores de vídeo. Em 2006 publicou o codificador AVS1, seguido pela publicação do AVS2, em 2016, e do AVS3, em 2019. Como se pode observar, atualmente existe uma saudável diversidade de codificadores de vídeo à disposição do mercado de vídeo.

do codificador VVC no mercado potencialize a médio e longo prazo a redução de custos operacionais, aumento da qualidade visual e o aumento da oferta de conteúdos e serviços.

O VVC foi padronizado como ITU-T H.266\ [10] e ISO/IEC 23090-3. Diferente do realizado nas normas técnicas de seus predecessores, no VVC apenas as especificações das mensagens SEI (*Supplemental Enhancement Information*) que afetam a conformidade do *bitstream* VVC foram inseridas na norma técnica do VVC, enquanto que a parte normativa referente a todos os parâmetros VUI (*Video Usability Information*) e as restantes mensagens SEI foram reunidas em um documento diferente e padronizado como ITU-T H.274\ [11] e ISO/IEC 23002-7.

O Fórum SBTVD (Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre), após realizar avaliações e testes objetivos com as tecnologias de codificação de vídeo que responderam ao *Call for Proposals* publicado pelo próprio Fórum SBTVD em 2020, escolheu o VVC como o codificador de vídeo obrigatório para a futura camada

## VVC: Profiles, Tiers e Levels

O codificador VVC compõe o grupo de tecnologias MPEG designado como MPEG-I: *Coded Representation of Immersive Media*. O VVC foi projetado para ser versátil no sentido de atender uma ampla gama de aplicações, com diferentes taxas de bits, resoluções e qualidades desejadas. Estas aplicações incluem mídias de armazenamento digital, transmissão de televisão, serviços de streaming de vídeo, dentre outras. Considerando a enorme complexidade para se atender toda a diversidade de aplicações, conclui-se que implementar um único perfil de decodificador que atenda a todas as possibilidades do VVC é algo não muito prático e economicamente desinteressante. Portanto, o VVC (assim como seus predecessores) emprega um mecanismo subdividindo o universo de possibilidades em *Profiles*, *Tiers* e *Levels*, que por sua vez, efetivamente são subconjuntos do conjunto maior contendo todas as especificações do VVC. Desta maneira, obtém-se uma limitação da sintaxe de dados e dos valores possíveis dos diversos parâmetros inerentes ao VVC. Como resultado da subdivisão em *Profiles*, *Tiers* e *Levels*, é possível estabelecer pontos de interoperabilidade entre implementações de codificadores e decodificadores, além de garantir uma carga específi-

base de codificação de vídeo da TV 3.0. O resultado final das avaliações apontou claramente o codificador VVC, especificamente a configuração VVC Main 10 Profile Main Tier, como a tecnologia de codificação de vídeo que melhor adere aos requisitos estabelecidos pelo Projeto TV 3.0 do Fórum SBTVD.

ca de processamento e memória necessária. A figura 2 apresenta os seis perfis existentes para o codificador VVC.

Somente com o subconjunto de *Profiles* ainda é possível existir uma variação enorme de parâmetros e sintaxe do VVC, o que acarretaria numa variação muito grande no desempenho do codificador e decodificador conforme os parâmetros utilizados. Portanto, para cada *Profile*, se estabelece dois outros subconjuntos – chamados *Tier* e *Level* - de forma a reduzir o universo de opções para um conjunto ideal. A tabela 1 apresenta as taxas de bits máximas para o VVC Main 10 Profile e os diversos Levels existentes. Na prática, *Tiers* e *Levels* são restrições expressas como limites de valores para os parâmetros do VVC e também como restrições de combinações aritméticas de alguns desses parâmetros. Quanto menor o *Level* especificado para um determinado *Tier* maior é a restrição imposta. E, de forma oposta, quanto maior o *Level* especificado, menor é a restrição imposta. As tabelas 2 e 3 apresentam a máxima taxa de quadros por segundo para algumas das inúmeras resoluções espaciais suportadas pelo VVC Main 10 Profile. Outras resoluções espaciais e maiores detalhes estão disponíveis no Anexo A da norma ITU-T H.266 [10].

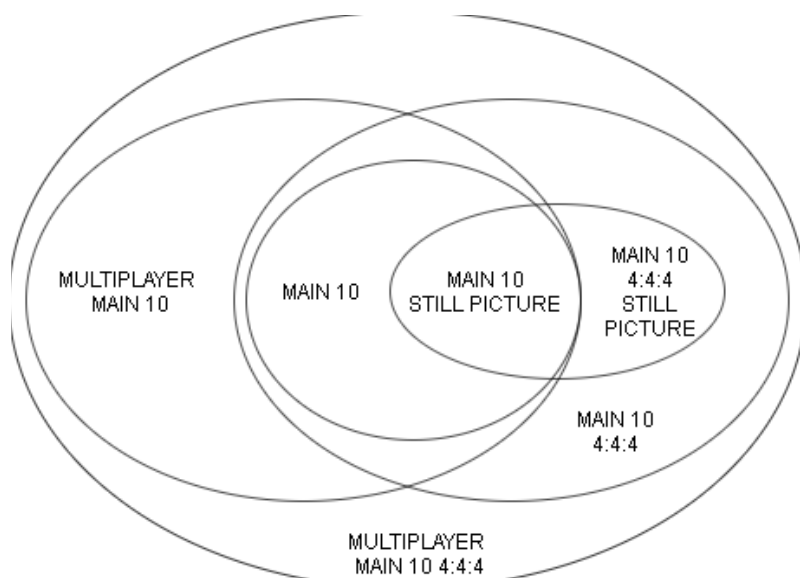


Fig. 2. Codificador VVC e seus seis Profiles.

Level	Max bitrate MaxBR (BrVclFactor or BrNalFactor bits/s)		CpbVclFactor	CpbNalFactor	HbrFactor	Máxima taxa de bits (bits/s)	
	Main Tier	High Tier				Main Tier	High Tier
1.0	128	-	1 000	1 100	1	140 800	-
2.0	1 500	-				1 650 000	-
2.1	3 000	-				3 300 000	-
3.0	6 000	-				6 600 000	-
3.1	10 000	-				11 000 000	-
4.0	12 000	30 000				13 200 000	33 000 000
4.1	20 000	50 000				22 000 000	55 000 000
5.0	25 000	100 000				27 500 000	110 000 000
5.1	40 000	160 000				44 000 000	176 000 000
5.2	60 000	240 000				66 000 000	264 000 000
6.0	60 000	240 000				66 000 000	264 000 000
6.1	120 000	480 000				132 000 000	528 000 000
6.2	240 000	800 000				264 000 000	880 000 000

Nota: BrVclFactor = CpbVclFactor \* HbrFactor e BrNalFactor = CpbNalFactor \* HbrFactor

Tabela 1 - VVC Main 10 Profile: Máxima taxa de bits

Formato	Resolução espacial (pixels)	Level												
		1.0	2.0	2.1	3.0	3.1	4.0	4.1	5.0	5.1	5.2	6.0	6.1	6.2
SQCIF	128 x 96	33,7	225,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
CIF	352 x 288	-	30,0	60,0	135,0	270,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
VGA	640 x 480	-	-	-	50,6	101,2	204,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
HD	1 280 x 720	-	-	-	-	33,7	68,0	136,0	272,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
FHD	1 920 x 1 080	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0	256,0	300,0	300,0	300,0	300,0
UHD-1	3 840 x 2 160	-	-	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0	128,0	256,0	300,0
UHD-2	7 680 x 4 320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0

Tabela 2 - VVC Main Tier: Máxima taxa de quadros por segundo

Formato	Resolução espacial (pixels)	Level												
		1.0	2.0	2.1	3.0	3.1	4.0	4.1	5.0	5.1	5.2	6.0	6.1	6.2
SQCIF	128 x 96	33,7	225,0	450,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0
CIF	352 x 288	-	30,0	60,0	135,0	270,0	544,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0
VGA	640 x 480	-	-	-	36,1	72,3	145,7	291,4	816,0	960,0	960,0	960,0	960,0	960,0
HD	1 280 x 720	-	-	-	-	33,7	68,0	136,0	272,0	544,0	960,0	960,0	960,0	960,0
FHD	1 920 x 1 080	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0	256,0	512,0	512,0	960,0	960,0
UHD-1	3 840 x 2 160	-	-	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0	128,0	256,0	512,0
UHD-2	7 680 x 4 320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,0	64,0	128,0

Tabela 3 - VVC High Tier: Máxima taxa de quadros por segundo

## Diagrama funcional do VVC

Para uma descrição profunda do funcionamento do codificador VVC recomenda-se a leitura de [1] e [2]. Didaticamente, o VVC pode ser entendido como um conjunto de diversos algoritmos avançados que operando de forma sinérgica viabilizam o desempenho superior do VVC em relação aos seus predecessores. Estes algoritmos são empregados nos diversos blocos funcionais que constituem a estrutura do codificador VVC. A figura 3 ilustra a estrutura

de codificação de vídeo híbrida baseada em blocos utilizada no VVC. A estrutura de codificação de vídeo híbrida baseada em blocos foi introduzida pela primeira vez no codificador MPEG-1 e tem sido aperfeiçoada a cada nova geração de codificador de vídeo.

A estrutura de codificação de vídeo híbrida baseada em blocos empregada no VVC possui os seguintes elementos funcionais:



**1 - Particionamento de blocos:** A primeira etapa no processo de codificação de vídeo é o particionamento do quadro de vídeo. A estrutura de partição de blocos potencializa os ganhos mais significativos da compressão de vídeo e, portanto, é responsabilidade do algoritmo que a implementa escolher o melhor particionamento do quadro de vídeo processado. No VVC, algumas ferramentas presentes no HEVC são reutilizadas, porém a estrutura de particionamento do VVC emprega um esquema mais flexível. O quadro de vídeo processado é dividido em inúmeros CTUs (*Coding Tree Unit*), os quais possuem um tamanho mínimo de 32x32 pixels e tamanho máximo de 128x128 pixels. Cada CTU poderá ser processada como uma CU (*Coding Unit*) ou subdividida em CU menores empregando-se particionamento binário ou ternário de forma horizontal ou vertical. Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [3].

**2 - Predição Intra e codificação de modo:** Com mais modos de predição intra angular que seu antecessor (o HEVC possui 33 direções enquanto o VVC possui 65 direções), o VVC permite a representação ótima de uma maior variedade de padrões de textura presentes no vídeo e portanto atinge uma melhor precisão se comparado com o HEVC. Cada CU gerada é processada pelo codificador VVC utilizando predição intra (com informações restritas ao quadro de vídeo atual) ou predição inter (utilizando informações do quadro atual e de quadros de vídeos anteriores e/ou posteriores previamente armazenados em memória.). Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [4].

**3 - Codificação do vetor de movimento e fusão de blocos:** Além de explorar a redundância de informação contida nos pixels de um quadro de vídeo (Predição intra), um codificador de vídeo também explora a redundância de informação temporal comparando quadros de vídeo anteriores e quadros de vídeo posteriores com o quadro de vídeo em processamento (Predição inter). A redução da redundância de informações temporais impacta fortemente na eficiência de compressão final de codificador de vídeo. No VVC várias ferramentas e aperfeiçoamentos foram introduzidos para aumentar a eficiência da predição inter. Normalmente estas ferramentas são classificadas em dois grupos: “predição inter baseada em bloco” onde um único conjunto de informações de movi-

mento é utilizado para todo o bloco e “predição inter baseada em sub-blocos”, onde cada sub-bloco contém individualmente seu conjunto de informações de movimento. Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [5].

**4- Derivação de movimento baseado em sub-bloco e predição inter-bloco:** Para representação e codificação das informações de movimento em um sinal de vídeo, o VVC emprega as técnicas chamadas AMC (*Affine Motion Compensation*), DMVR (*Decoder-side Motion vector Refinement*) e SbTMVP (*Sub-block Temporal Motion Vector Prediction*), obtendo-se assim informações de movimento a nível de sub-bloco. As informações de movimento normalmente consistem em uma indicação de previsão de direção, um ou dois vetores de movimento, e um ou dois índices de referência associados a cada vetor de movimento. Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [6].

**5 - Transformadas:** O VVC herdou algumas transformadas utilizadas no HEVC, especificamente 4x4 DCT-2 (*Discrete Cosine Transform 2*), 4x4 DST-7 (*Discrete Sine Transform*) e DCT-2 nos tamanhos 8x8, 16x16 e 32x32. Também foram introduzidos novos tamanhos de transformadas: 64x64 DCT-2, 4x4 DCT-8 e 8x8, 16x16, 32x32 com DST-7 ou DCT-8. O VVC também contém outras técnicas de transformadas, a saber: MTS (*Multiple Transform Selection*), LFNST (*Low-Frequency Non-separable Secondary Transform*), e SBT (*Sub-Block Transform*). Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [7].

**6 - Quantização e codificação de entropia:** O processo de quantização é um mapeamento irreversível onde os valores presentes na entrada são aproximados para determinados valores na saída, portanto contendo um erro de aproximação (chamado erro de quantização). Devido a esta característica, o codificador VVC, e seus predecessores, são classificados como codificadores de vídeo com perdas (*Lossy Codecs*). Para aumentar a eficiência de compressão final, o VVC introduziu melhorias nos processos de quantização e de codificação de entropia. Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [8].

**7- Filtros In-loop:** Filtros *In-loop* são classificados como processos que são aplicados dentro dos loops de codificação e decodifica-

ção, antes de se armazenar os quadros em memórias. O VVC contém quatro filtros *In-loop* chamados *luma mapping with chroma scaling*, *deblocking filter*, *sample adaptive offset* e *adaptive loop filter*. As finalidades desses filtros incluem modificar a distribuição das amostras codificadas, reduzir *blocking discontinuities*, reduzir artefatos do processo de quantização e enriquecer a qualidade do sinal reconstruído. Maiores detalhes sobre este tópico estão disponíveis em [9].

**8 - VVC Test Model:** Durante o desenvolvimento do VVC foram propostos por diversas instituições internacionais vários algoritmos para aumento da eficiência de compressão e atendimento das premissas de projeto do VVC. Após extensa e criteriosa avaliação e validação dos resultados destes algoritmos, os algoritmos de

melhor desempenho são selecionados e aglutinados em um software modelo, designado por VVC Test Model (VTM). Atualmente o VTM está na versão VTM 15.1 e disponível online em [14]. A função do VTM não é ser uma implementação comercial do VVC e sim uma implementação prática para avaliações diversas e refinamento da performance individual e agregada dos algoritmos componentes do VVC. O software VTM por explorar todas as ferramentas e recursos inerentes ao VVC necessita de enorme tempo de processamento para codificador e decodificador os sinais de vídeo. A depender do sistema computacional empregado, da resolução espacial e da taxa de quadros, um sinal de vídeo com duração de 10s pode levar desde alguns dias até algumas semanas sendo codificado pela VTM.

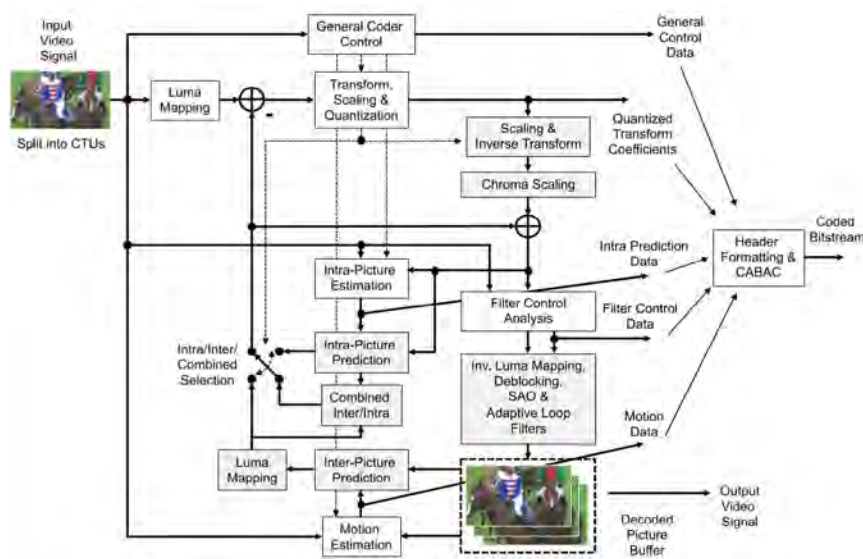


Fig. 3. Diagrama funcional de um típico codificador VVC. [1]

## IV: VVC: Cenário atual

Após a publicação das normas do VVC em Agosto de 2020 e a realização de avaliações subjetivas ao longo de 2021 para mensurar sua real eficiência de compressão, o próximo passo para permitir a implantação em larga do VVC é a divulgação dos conjuntos de patentes contendo as propriedades intelectuais dos diversos algoritmos componentes do VVC. Aguarda-se a publicação do conjunto de patentes da **MC-IF** (*Media Coding Industry Forum*), uma organização sem fins lucrativos criada em 2018, ainda durante o desenvolvimento do VVC, e cujo objetivo é promover a implantação em larga escala do VVC. Recentemente, duas outras organizações, a **MPEG-LA** e **Access Advance** anunciaram seus respectivos

conjuntos de patentes para o codificador VVC. É vital para o sucesso de qualquer codificador de vídeo que a organização e divulgação dos conjuntos de patentes de suas tecnologias seja realizada de forma clara e objetiva. A depender dos recursos do VVC que um determinado fabricante de codificadores de vídeo deseje implementar, o mesmo deverá realizar o pagamento de royalties para mais de uma organização detentora de tais conjuntos de patentes.

Atualmente existem disponíveis algumas implementações do VVC. Um excelente relatório descrevendo o status de implantação do codificador VVC pelo mundo, encontra-se disponível decodificador sinais em [13].

## Referências

- [1] Mathias Wien, and Benjamin Bross, "Versatile Video Coding - Algorithms and Specification," video tutorial presentation for IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), virtual conference, 6–10 July 2020, available from IEEE at <https://signalprocessingsociety.org/community-involvement/multimedia-signal-processing> and on YouTube at [www.youtube.com/watch?v=j045KuFU2QM](http://www.youtube.com/watch?v=j045KuFU2QM).
- [2] Benjamin Bross, Ye-Kui Wang, Yan Ye, Shan Liu, Gary J. Sullivan, and Jens-Rainer Ohm, "Overview of the Versatile Video Coding (VVC) Standard and its Applications," IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Technol., Vol. 31, Issue 10, pp. 3736–3764, DOI: 10.1109/TCSVT.2021.3101953, October 2021 (open access publication), available online at <https://ieeexplore.ieee.org/document/9503377>.
- [3] Y.-W. Huang et al., "Block partitioning structure in the VVC standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, vpp. 3818–3833, Oct. 2021.
- [4] J. Pfaff et al., "Intra prediction and mode coding in VVC," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3834–3847, Oct. 2021.
- [5] W.-J. Chien et al., "Motion vector coding and block merging in the versatile video coding standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3848–3861, Oct. 2021.
- [6] H. Yang et al., "Subblock-based motion derivation and inter prediction refinement in the versatile video coding standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3862–3877, Oct. 2021.
- [7] X. Zhao et al., "Transform coding in the VVC standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3878–3890, Oct. 2021.
- [8] H. Schwarz et al., "Quantization and entropy coding in the versatile video coding (VVC) standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3891–3906, Oct. 2021.
- [9] M. Karczewicz et al., "VVC in-loop filters," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 31, no. 10, pp. 3907–3925, Oct. 2021.
- [10] ITU-T and ISO/IEC, "Versatile Video Coding," July 2020 (with subsequent approval and publication), available from ITU-T at [www.itu.int/rec/T-REC-H.266](http://www.itu.int/rec/T-REC-H.266) and from ISO/IEC at <https://www.iso.org/standard/73022.html>
- [11] ITU-T and ISO/IEC, "Versatile supplemental enhancement information messages for coded video bitstreams," July 2020 (with subsequent approval and publication), available from ITU-T at <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.274> and from ISO/IEC at <https://www.iso.org/standard/79112.html>.
- [12] Benjamin Bross, Jianle Chen, Jens-Rainer Ohm, Gary J. Sullivan, and Ye-Kui Wang, "Developments in International Video Coding Standardization After AVC, With an Overview of Versatile Video Coding (VVC)," Proceedings of the IEEE, Vol. 109, Issue 9, pp. 1463–1493, DOI: 10.1109/JPROC.2020.3043399, September 2021 (open access publication), available online at <https://ieeexplore.ieee.org/document/9328514>.
- [13] Gary Sullivan, "Deployment status of the VVC standard," Doc. JVETY0021, 25th Meeting, by teleconference, Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29, 12–21 January 2022.
- [14] Fraunhofer HHI, "VTM reference software for VVC," repository, available from Fraunhofer HHI Gitlab at [https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/jvet/VVCSoftware\\_VTM](https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/jvet/VVCSoftware_VTM)



Contato: [cecosme@g.globo](mailto:cecosme@g.globo)

**Carlos Eduardo Cosme Ribeiro** é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estácio de Sá (2007), pós-graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Gama Filho (2011) e especialista em Redes de Computadores pela PUC Rio (2013). Na Globo desde 1998, onde atuou nas áreas de operação, suporte e atualmente é especialista no Mediatech Lab - área de pesquisa e inovação da Globo. É membro do Módulo Técnico do Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre, onde coordena os grupos de trabalho de Legendas e Codificação de Áudio e Vídeo no Projeto TV 3.0. É membro da SET e Coordenador do Sub Grupo de Codificação de Vídeo do Grupo de Trabalho (GT) TV 3.0

Se quer participar ou saber mais sobre do GT de TV 3.0 que tem como objetivo o estudo das tecnologias relacionadas ao futuro da TV aberta terrestre, clique aqui:

<https://set.org.br/grupo-de-trabalho-tv3/>