

# Análise de Técnicas de Transcodificação de Vídeos UHD Utilizando Processamento Paralelo

José Raimundo Barbosa<sup>1</sup>, Carlos D. M. Regis<sup>1</sup>, Ruan Delgado Gomes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal da Paraíba, Campus João Pessoa  
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe, João Pessoa - PB, Brasil, 58015-435

<sup>2</sup>Instituto Federal da Paraíba, Campus Guarabira  
PB-057, 2, Guarabira - PB, Brasil, 58200-000.

{jraimundo@lavid.ufpb.br, danilo.regis@ifpb.edu.br, ruan.gomes@ifpb.edu.br}

**Abstract.** *Due to the characteristics of Ultra High Definition (UHD) videos, it is often not possible to play directly on some devices with hardware limitations. The development of more efficient transcoders allows the UHD video parameters to be adjusted and thus enable the access to such videos for a greater number of devices. For this it is necessary to overcome challenges such as the computational cost and degradation of image quality that can occur during transcoding. In this paper, different techniques for ultra high definition video transcoding were evaluated, using parallel processing to improve the performance of the transcoding process. For each scenario, the processing time and the resulting video quality were evaluated through the application of video quality metrics. A reduction of up to 76% of time was obtained in comparison to a mono-threaded scenario, using a computer with a 4-core processor.*

**Resumo.** *Devido às características dos vídeos em Ultra Alta Definição (UHD), muitas vezes não é possível a reprodução diretamente em alguns dispositivos com limitações de hardware. O desenvolvimento de transcodificadores mais eficientes possibilita o ajuste dos parâmetros de vídeos UHD e com isso viabiliza o acesso a tais vídeos para uma maior quantidade de dispositivos. Para isso, é necessário superar desafios como o custo computacional e degradação da qualidade de imagem que ocorrem durante a transcodificação. Neste artigo, foram avaliadas diferentes técnicas para transcodificação de vídeos em ultra alta definição, utilizando processamento paralelo para melhorar o desempenho do processo de transcodificação. Para cada cenário foram avaliados o tempo de processamento e a qualidade do vídeo resultante, por meio de aplicações de métricas para avaliação de qualidade de vídeo. Foi obtida uma redução de até 76% no tempo de transcodificação em comparação a um cenário mono-thread, utilizando um computador com processador de 4 núcleos.*

## 1. Introdução

A popularidade dos vídeos com Ultra Alta Definição (*Ultra High Definition - UHD*) aumentou consideravelmente nos últimos anos, proporcionando novas experiências visuais, além de ampliar as possibilidades de aplicações, como por exemplo Cinema Digital, vídeo-conferências ou transmissão de apresentações artísticas em alta qualidade, telemedicina etc. No entanto, devido à alta resolução, desafios adicionais para

o processamento, armazenamento e transmissão de vídeos UHD devem se enfrentar [Aquino et al. 2013]. Por exemplo, considerando um cenário de transmissão de um vídeo 4K RAW (sem compressão) com 8 bits por componente de cor e 24 quadros por segundo, o *stream* terá um taxa de aproximadamente 5 Gbit/s, além dos custos para armazenamento e processamento, que podem ser altos para a maioria dos dispositivos do mercado atual [Valdeci et al. 2014][Kafetzakis et al. 2013][Sugawara et al. 2014]. Para contornar estes problemas, estes dispositivos utilizam transcodificadores cada vez mais eficientes que possibilitam adequar os vídeos para se tornarem compatíveis com as suas configurações [Regis et al. 2010].

Seguindo as recomendações da ITU-RBT.2020-2 de 2012, que trata dos parâmetros de reprodução e troca de programas internacionais, os vídeos UHD têm resoluções estipuladas de  $3.840 \times 2.160$  (4K) e  $7.680 \times 4.320$  (8K), além de valores específicos para taxa de quadro, taxa de bits e variação de cores [ITU 2012]. Esses parâmetros ocasionam desafios no processo de adaptação ou viabilização do acesso a tais vídeos para diferentes plataformas, como por exemplo no sistema de TV [Alencar et al. 2010], e também nos dispositivos móveis, como tablets e smartphones, que muitas vezes não são capazes de exibir vídeos UHD [Regis et al. 2007].

Os transcodificadores têm como objetivo obter um vídeo com características diferentes a partir de outro vídeo de entrada [Govinda et al. 2016][Parker 2010]. As diversas técnicas de transcodificação possibilitam realizar várias alterações no formato, resolução, taxa de compressão, taxa de bits etc [Parker 2010]. Isso permite obter variações dos vídeos que se adequam a diversas situações, incluindo a redução do tamanho espacial das imagens. Por exemplo, para que vídeos gravados ou armazenados em resolução 4K sejam exibidos em dispositivos com *displays* capazes de reproduzir apenas vídeos com resoluções menores (ex: Full HD), deve haver um processo de transcodificação antes da transmissão ou da exibição dos vídeos. Idealmente, a transcodificação deve ocorrer de modo a garantir a melhor qualidade possível para o vídeo resultante. Isso se torna especialmente necessário em cenários de difusão de conteúdos 4K ou 8K, em que muitos dispositivos recebem vídeos em resolução UHD, mas precisam converter os vídeos para resoluções menores, para que possam ser exibidos.

Neste trabalho, foi desenvolvido um transcodificador *multithread*, que realiza a redução espacial de vídeos UHD 4K para *Full HD* ( $1920 \times 1080$ ). Para realizar a transcodificação, foram utilizados dois filtros passa-baixa, são eles: Linear e Sigma. A escolha desses filtros deu-se por meio dos estudos previamente realizados e descritos em [Govinda et al. 2016]. No presente trabalho foram realizados estudos experimentais para avaliar a qualidade do vídeo resultante ao aplicar os filtros mencionados e comparando com a abordagem mais simples, em que nenhum filtro é aplicado. Embora a utilização de filtros permita obter uma melhor qualidade no vídeo resultante, o tempo para transcodificação pode ser consideravelmente maior. Dessa forma, foi investigado o uso de processamento paralelo, por meio da utilização de múltiplas *threads*, para reduzir o tempo de transcodificação e conseguir tirar melhor proveito dos recursos computacionais disponíveis. Foram realizados experimentos variando o número de *threads* para verificar o tempo médio de transcodificação por quadro e a qualidade do vídeo resultante em todos os cenários considerados. Para analisar a qualidade dos vídeos transcodificados foram utilizadas as seguintes métricas de avaliação: PSNR, SSIM e PW-SSIM [Regis 2013].

O objetivo deste estudo é contribuir para o desenvolvimento de transcodificadores mais eficientes, que proporcionem o acesso de vídeos digitais para um maior número de dispositivos e provendo boa qualidade de imagem.

### 1.1. Trabalhos Relacionados

Em [Govinda et al. 2016] é descrita uma avaliação da qualidade dos vídeos após a transcodificação usando os filtros Linear, Cubic, Sigma, Lanczos4, Nearest e Mediana. Em [Aquino et al. 2013][Moon et al. 2014], são usados cenários paralelos semelhantes ao proposto, voltados para realizar a decodificação e reprodução de vídeos UHD a partir do fatiamento dos quadros dos vídeos em quadrantes *Full HD*. Em [Gomes et al. 2013] é descrito um estudo sobre a utilização de algoritmos de compressão sem perda para vídeos UHD, em que foi empregado processamento paralelo para permitir a decodificação em tempo real de vídeos UHD. Os três últimos trabalhos focam na codificação, decodificação e exibição de vídeos UHD, mas não abordam a transcodificação e vídeos UHD. O trabalho descrito em [Govinda et al. 2016] não descreve o tempo de processamento requerido por cada filtro e não considera a utilização de processamento paralelo.

## 2. Descrição do Transcodificador Proposto

O transcodificador desenvolvido neste trabalho foi implementado em C++. Ele lê um *stream* de um arquivo de vídeo UHD RAW e cada quadro do vídeo é processado de forma sequencial. É possível que várias partes de um quadro sejam processadas de forma paralela. Essas partes são fatias verticais do quadro e cada uma corresponde à área de atuação de uma *thread*. Na Figura 1, é ilustrado um exemplo do fatiamento do quadro de origem. A quantidade de fatias são especificadas como 1, 2 ou potências de 4 (4, 16, 64), ao usar esses valores é evitado que o fatiamento exerça alguma influência sobre a contexto (janela) de atuação do filtro.

Cada janela do quadro de origem possui área de 2x2 pixels e cada pixel é tratado de acordo com o filtro selecionado. Após uma janela do quadro de origem ser processada, é obtido um valor que é atribuído a um pixel do quadro de destino e com isso se obtém uma redução de 75% no tamanho do vídeo; ou seja, considerando um vídeo 4K como entrada, os vídeos de saída têm resolução *Full HD*. Os filtros usados para processamento das janelas são: Linear com interpolação bilinear; e Sigma, com média ponderada. A aplicação de filtros é especialmente útil em regiões de bordas, onde ocorre maior transição em relação aos pixels da janela. Na Figura 1 pode-se observar exemplos de regiões sem borda e com borda.

## 3. Cenário de testes

Ao modificar a resolução espacial de um vídeo, conseqüentemente se altera a qualidade de imagem do vídeo resultante, porém é preciso levar em consideração os requisitos e limitações do dispositivo para qual o vídeo está destinado, logo, a redução da qualidade de um vídeo UHD pode ser aceitável em algumas situações. Por exemplo, em situações em que a rede de transmissão oferece uma baixa taxa de bits ou quando o dispositivo de destino não é capaz de processar ou exibir o vídeo com a resolução original [Cardoso et al. 2012]. Porém, manipular vídeos, como acontece durante a transcodificação, pode implicar em alterações indesejadas no resultado final.



**Figura 1. Exemplo de fatiamento de uma imagem 4K.**

Nesse contexto, é possível aplicar técnicas de avaliação da qualidade de imagem que permitem identificar tais irregularidades.

A avaliação da qualidade de vídeos pode ser realizada de forma subjetiva, ou seja, a partir da avaliação humana-[Estrada 2009][ITU 1999]. Porém, este tipo de avaliação não é capaz de detectar falhas e degradações dificilmente perceptíveis ao olho humano, além de serem exaustivas e inviáveis em aplicações de tempo real, por demandarem tempo e recursos. Por outro lado, técnicas de avaliação de vídeos objetivas apresentam um melhor desempenho por serem mais rápidas, de menor custo e indicarem a existência de degradações [Cardoso et al. 2012].

As métricas de avaliação objetiva usadas neste trabalho são: *Peak Signal to Noise Ratio*-(PSNR), que avalia a qualidade da imagem a partir da diferença da luminância entre os pixels da imagem comparada e a original; *Structural Similarity*-(SSIM), que faz uso da estatística da imagem para realizar a avaliação, baseando-se nas médias da luminância e do contraste da imagem; e *Perceptual Weighted Video Quality Approach*-(PW-SSIM), que apresenta variações de degradações do vídeo, principalmente em áreas com incidência de bordas [Regis 2013].

Os vídeos 4K usados possuem duração de cinco segundos, taxa de quadros de 120 quadros por segundo, com amostragem 4:4:4 de 8 bits e formato Y4M. Para analisar a eficiência do transcodificador foram utilizadas as métricas PSNR, SSIM e PW-SSIM, usando como parâmetros os vídeos transcodificados e as versões *Full HD* dos vídeos originais. Ambas versões, 4K e *Full HD*, estão disponíveis no repositório do *Ultra Video Group* [Group 2016].

O computador utilizado nos testes possui um processador de 64 bits, modelo AMD Phenom(tm) II X4 B95, com 4 núcleos de processamento, 8 GB de memória RAM e sistema operacional Debian 8 (jessie) de 64 bits.

## 4. Resultados

Para avaliar as abordagens de transcodificação consideradas nesta pesquisa, foram utilizados cinco vídeos obtidos em [Group 2016], são eles: Jockey, Beauty, Bosphorus, HoneyBee e ShakeNDry. Cada vídeo possui um total de 600 quadros. Dessa forma, os

algoritmos foram aplicados em um total de 3000 quadros.

A Figura 2 mostra o tempo médio para transcodificação de um quadro e o desvio padrão, para cada um dos filtros considerados e para a abordagem sem filtro. No eixo Y pode-se ver o tempo em segundos e no eixo X a quantidade de *threads*. O filtro Linear apresenta um tempo melhor em relação ao Sigma, chegando relativamente próximo ao tempo no cenário sem aplicação de filtro, quando o número de *threads* utilizadas aumenta. O tempo no cenário sem aplicação de filtro é menor uma vez que o primeiro pixel da janela é atribuído diretamente ao pixel de destino, sem realizar qualquer processamento adicional.

Quanto maior o número de *threads*, menor a diferença entre o tempo de transcodificação utilizando os filtros e sem utilizar os filtros. No entanto, devido à limitação na quantidade de núcleos da máquina utilizada nos testes (quatro núcleos), ao utilizar 64 *threads* o tempo médio e o desvio padrão ficam um pouco maiores em relação aos cenários com 4 e 16 *threads*. Isso ocorre devido à sobrecarga de escalonamento por parte do sistema operacional.

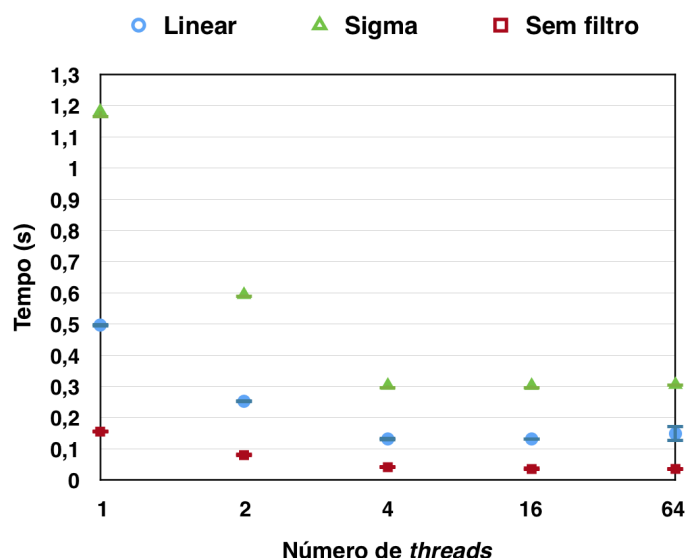


Figura 2. Variação de tempo por quantidade de *threads*.

A Figura 3 mostra os valores de cada métrica de avaliação de qualidade para cada um dos cenários considerados. No eixo Y do lado esquerdo pode-se ver os valores de PSNR, em dB, e no eixo Y do lado direito pode-se ver os valores das métricas SSIM e PW-SSIM, que fornecem como saída valores entre 0 e 100%. O eixo X indica o tipo de filtro utilizado. Embora na abordagem sem aplicação de filtro o tempo para transcodificação seja menor, a qualidade do vídeo resultante se mostrou bem inferior em relação às outras duas abordagens, nas três métricas utilizadas para avaliação. Para plotar o gráfico da Figura 3 foi calculado o valor médio das métricas para os cinco vídeos considerados.

Pode-se observar pelos resultados que a utilização de um método simples de transcodificação, sem a utilização de filtros mais elaborados para calcular os valores dos pixels de destino, pode gerar como saída vídeos com qualidade significativamente inferior. Por outro lado, o uso de filtros mais elaborados permitem obter uma boa qualidade

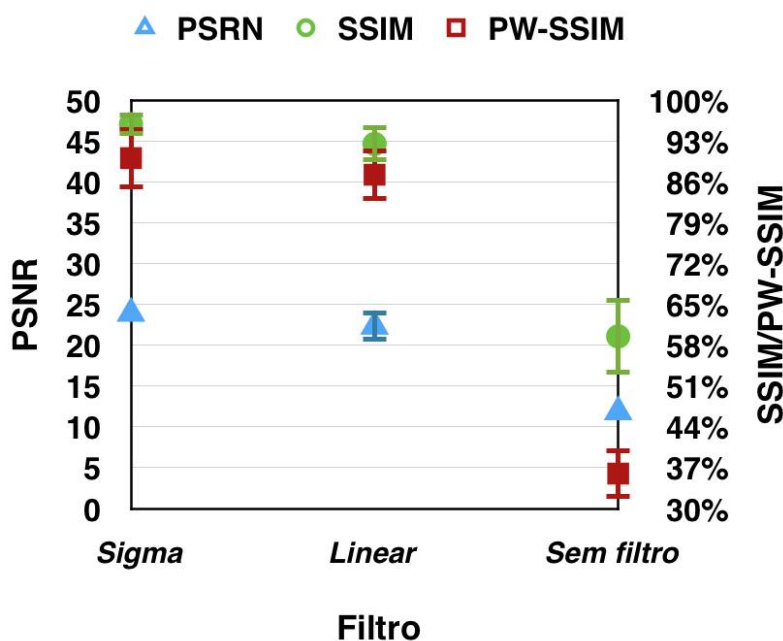


Figura 3. Avaliação de qualidade de imagem.

no vídeo de destino em troca de um maior tempo de processamento. Os resultados descritos neste artigo encorajam a realização de estudos mais aprofundados para permitir a implementação de transcodificadores para vídeos UHD que sejam rápidos e que forneçam boa qualidade no vídeo de saída, o que consiste em uma relação de compromisso.

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo descreveu experimentos para avaliar três abordagens para transcodificação de vídeos UHD. Nos experimentos, vídeos 4K foram transcodificados espacialmente e vídeos *Full HD* foram gerados como saída. Foi avaliado também o uso de processamento paralelo, por meio de múltiplas *threads*. A utilização de processamento paralelo reduz significativamente o tempo de transcodificação. Além disso, a diferença entre o tempo de transcodificação nos cenários em que os filtros foram utilizados e o tempo no cenário sem a utilização de filtros se torna menor à medida que múltiplas *threads* são utilizadas, embora haja um limite, devido à limitação na quantidade de núcleos disponíveis.

Este trabalho faz parte de uma pesquisa em andamento e novos experimentos serão realizados, além de otimizações na versão atual do transcodificador, de modo a encontrar uma boa relação de compromisso entre a qualidade de vídeo gerado e o tempo de transcodificação. Também serão analisados diferentes cenários de aplicação, de modo que os requisitos de cada cenário possa guiar a melhor escolha de técnica de transcodificação a ser aplicada. Por exemplo, em cenários em que a transcodificação pode ocorrer de forma *off-line*, pode-se utilizar técnicas mais elaboradas, mesmo com um tempo maior. Em trabalhos futuros serão investigadas formas híbridas para transcodificação, em que filtros mais complexos são aplicados apenas em regiões mais críticas, como é o caso de regiões de borda. Também será investigada a integração do transcodificador com o decodificador do padrão *High Efficiency Video Coding*, de forma que informações sobre o tamanho dos

blocos utilizados na codificação possam ser utilizados após a decodificação para otimizar o processo de transcodificação.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPB, ao Grupo de Processamento Digital de Sinais (GPDS) e ao Laboratório de Computação Embarcada e Distribuída (LACED) pelo apoio à realização da pesquisa.

## Referências

- Alencar, M. S., Lopes, W. I. T. A., and T., F. M. (2010). History of television in brazil. *Telecommunications Conference (HISTELCON), 2010 Second IEEE Region 8 Conference on the History of. IEEE*, pages 1–4.
- Aquino, L. J., Gomes, R. D., Neto, M. S., Duarte, A., Costa, R., and Filho, G. S. (2013). *A Software-Based Solution for Distributing and Displaying 3D UHD Films*, volume 20.
- Cardoso, J. V. M., Mariano, A. C. S., Regis, C. D. M., and Alencar, M. S. (2012). Comparação das métricas objetivas de qualidade de vídeos baseadas na similaridade estrutural e na sensibilidade ao erro. *Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação*, 1(2):33–40.
- Estrada, C. R. D. (2009). Avaliação automática de qualidade de video-conferências de alta definição. Technical report.
- Gomes, Delgado, R., Costa, da, Y. G. G., Júnior, A., Lins, L., Neto, S., da, M. G., Duarte, Nóbrega, A., Filho, S., and de, G. L. (2013). A solution for transmitting and displaying uhd 3d raw videos using lossless compression. In *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia '13*, pages 173–176, New York, NY, USA. ACM.
- Govinda, U., Costa, C. M., Santos, W. C., and Regis, C. D. M. (2016). Transcodificador para vídeos em ultra-alta definição. *Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação*, 6(5):29–34.
- Group, U. V. (2016). Uhd test sequences. Disponible: <http://ultravideo.cs.tut.fi/>, Access: April of 2016.
- ITU (1999). INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION: ITU-T recommendation p.910, subjective video quality assessment methods for multimedia applications. Recommendation.
- ITU (2012). INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION: ITU-RBT.2020-2: Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange. Recommendation.
- Kafetzakis, E., Xilouris, C., Kourtis, A., M., Nieto, M., Jargalsaikhan, I., and Little, S. (2013). The impact of video transcoding parameters on event detection for surveillance systems. In *Multimedia (ISM), 2013 IEEE International Symposium on*, pages 333–338.
- Moon, S. W., Lee, J. W., Lee, J. S., Jung, H. T., and Yoon, K. S. (2014). Software-based encoder for uhd digital signage system. In *16th International Conference on Advanced Communication Technology*, pages 649–652.

- Parker, J. R. (2010). *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*. Wiley Publishing, 2nd edition.
- Regis, C. D., Rocha, R. B., Farias, M. C., , and Alencar, M. S. (2010). Objective and subjective evaluation of spatially transcoded videos for mobile receivers. *of Communications Software e Systems*, 6(2).
- Regis, C. D. M. (2013). Métrica de avaliação objetiva de vídeo usando a informação espacial, a temporal e a disparidade.
- Regis, C. D. M., Anjos, G. C. B., de Oliveira, J. F. F., Rocha, J. S., Farias, M. C. Q., and Alencar, M. S. (2007). Transcodificação de vídeo digital para receptores portáteis. page 11.
- Sugawara, M., Choi, S.-Y., and Wood, D. (2014). Ultra-high-definition television (rec. itur bt.2020): A generational leap in the evolution of television [standards in a nutshell]. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 31(3):170–174.
- Valdeci, B., PACINE, B., and SOUZA, G. L. (2014). Evolução da definição e resolução do vídeo. volume 1.