

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Esta tese teve como objetivo apresentar uma nova arquitetura de codificação distribuída de vídeo, desenvolvendo e analisando algoritmos mais eficientes para DVC, reduzindo, desta forma, o *gap* de desempenho em relação aos sistemas de codificação de vídeo tradicionais. Esforços práticos em direção a soluções para codificação distribuída estão apenas começando e a tecnologia ainda não é suficientemente madura. Os resultados disponíveis no “estado da arte” em codificação distribuída de vídeo, em termos de desempenho taxa-distorção, são promissores. Entretanto, é essencial aperfeiçoar e criar ferramentas para o cenário DVC com o propósito de alcançar melhores desempenhos taxa-distorção que os métodos de codificação distribuída disponíveis hoje na literatura.

Portanto, são apresentados os principais pontos que foram trabalhados nesta tese: análise, implementação e aperfeiçoamento dos métodos e algoritmos mais relevantes na codificação distribuída de vídeo disponíveis na literatura e desenvolvimento de métodos e ferramentas para aumentar a eficiência dos processos de codificação e decodificação de vídeo.

Assim, o codec proposto acarretou contribuições nas seguintes áreas:

- ✓ **Arquitetura do codec DVC:** tanto o codificador quanto o decodificador propostos contêm ferramentas extras que contribuíram para melhoria da qualidade do frame reconstruído, sem alterar significativamente a taxa. Sendo assim, foram abertas novas opções de configuração tanto do codificador quanto do decodificador, adequando-os de maneira mais apropriada à sequência de vídeo a ser codificada.
- ✓ **Inovação do Método de Geração da Informação Lateral e Otimização de suas Ferramentas:** na codificação de vídeo Wyner-Ziv de baixa complexidade, a estimativa do movimento e a compensação são realizadas somente no decodificador (o codificador é aliviado desta tarefa), através da utilização de métodos de interpolação de frame. Conforme conclusões e

análises dos resultados da seção 4.7, alcançou-se uma maior eficiência na decodificação, pela geração, no decodificador, de uma melhor estimativa da informação lateral, pelo uso eficiente de ferramentas de estimativa e compensação bidirecionais e de interpolação e extração dos frames resultantes. Nesse aspecto, segundo as avaliações objetivas e subjetivas apresentadas nas seções 4.6.10 e 4.7, respectivamente, a utilização das ferramentas propostas neste módulo proporcionam um ganho significativo na qualidade da informação lateral. Como ela é considerada uma estimativa do frame Wyner-Ziv, um ganho em sua qualidade implica em um aumento no auxílio à decodificação do frame WZ, implicando em uma maior qualidade final do frame reconstruído. Além disso, foram testadas várias técnicas de estimativa de movimento na seção 4.6.9, a fim de avaliar qual seria a mais adequada à arquitetura proposta para o DVC, concluindo-se que o método *Diamond Search* (DS) foi o que apresentou melhor desempenho quando se utilizou blocos 8x8 e o *Adaptive Rood Pattern Search* (ARPS) foi o que apresentou melhor desempenho quando se utilizou macroblocos 16x16, sendo os dois empregados em conjunto na arquitetura proposta para este módulo.

- ✓ **Inclusão de um Módulo de Cálculo de Correlação entre frames no codificador:** segundo a seção 4.7, a adição deste módulo proporcionou um aumento da precisão na medida de similaridade entre os frames, a qual é utilizada (no codec proposto) na segunda etapa da interpolação, chamada de interpolação baseada na medida de correlação, o que implicou em um aumento na eficiência do processo de geração da informação lateral.
- ✓ **Otimização do Processo de Quantização Wyner-Ziv:** conforme os resultados experimentais da seção 4.5.8, utilizando-se novas parametrizações e técnicas de quantização mais apropriadas à codificação distribuída, alcançaram-se melhores resultados em termos de qualidade do frame reconstruído para uma mesma taxa de compressão. Mais especificamente, a adoção dos algoritmos propostos para cálculo dos valores máximos e mínimos da faixa dinâmica e do tamanho do passo de quantização resultou em um ganho significativo de desempenho.

- ✓ **Codificação Parcial de Bitplanes:** segundo os resultados objetivos e subjetivos apresentados na seção 3.4.1.1, excluindo-se até os dois bitplanes menos significativos não há grande perda de qualidade, tanto em termos de PSNR, quanto em termos de distorções visuais na imagem reconstruída. Além disso, deixando de transmitir os dois *bitplanes* menos significativos alcança-se um ganho de compressão de quase 50% nos frames Wyner-Ziv.
  
- ✓ **Otimização da Modelagem do Canal de Correlação:** segundo os resultados comprobatórios presentes na seção 4.6.6, criando-se novos métodos de modelagem do canal de correlação, como as estimações do parâmetro laplaciano em nível de banda e de coeficientes propostas aqui, obteve-se grande precisão na modelagem da correlação entre o frame codificado e a informação lateral, alcançando-se um desempenho similar aos utilizados no “estado da arte” [69], porém, através do cálculo de um número muito menor de parâmetros e, consequentemente, um tempo bem menor de processamento no caso da estimação em nível de banda. Além disso, a utilização do método de estimação em nível de coeficiente resultou em uma qualidade do frame reconstruído bem maior que os outros métodos.
  
- ✓ **Inclusão de um Módulo de Normalização da Informação Lateral:** de acordo com os resultados das seções 4.7.1 e 4.7.2, a inclusão deste módulo tornou a informação lateral mais semelhante ao frame que está sendo decodificado, o que resultou em uma maior eficiência no processo de reconstrução do frame WZ.
  
- ✓ **Desenvolvimento de um Código de Canal mais adequado à arquitetura proposta:** o código de canal proposto nesta tese, denominado LIA, é um código de verificação de paridade de baixa densidade, acumulado, desenvolvido por [22, 67], mas adaptado aqui através da utilização de sua forma irregular e adaptativa à taxa. Através das correções de erros a cada iteração (ver resultados na seção 3.4.1.1) e através de decodificações bem

sucedidas, o código proposto mostrou seu bom desempenho na correta decodificação dos *bitplanes*.

### **5.1. Sugestões para Trabalhos Futuros**

Nesse contexto, os novos algoritmos e técnicas desenvolvidas compõem um esforço do autor desta tese para proporcionar alguns avanços para o campo de codificação distribuída de vídeo. Entretanto, há ainda muito trabalho a ser realizado a fim de alcançar a eficiência de compressão do “estado da arte” dos padrões tradicionais de codificação de vídeo, tal como o padrão ITU-T H.264/MPEG-4 AVC. Assim, destacam-se também algumas sugestões para o prosseguimento de estudos, desenvolvimento e realização de trabalhos futuros, tais como:

- **Inclusão de uma etapa de filtragem vetorial no processo de geração da informação lateral:** Os vetores de movimento obtidos através da estimação bidirecional de movimento podem, às vezes, apresentar baixa similaridade espacial, ou seja, enquanto todos os vetores ao seu redor “apontam” em um sentido, alguns podem destoar totalmente, o que provavelmente é causado por uma má estimativa do movimento. A fim de alcançar uma maior coerência espacial do campo de movimento, pode-se empregar algoritmos de linearização espacial em conjunto com a técnica de filtragem ponderada baseada no vetor mediano visando reduzir o número de “falsos” vetores de movimento (não convergentes). Além disso, esta técnica pode ser utilizada também para remover o ruído em imagens multicanal.
- **Desenvolvimento de códigos de canal para transmissão distribuída através de um canal não ideal e/ou ruidoso:** quando se trata de um canal não ideal e com ruído aditivo, ou seja, um canal real de comunicação, um código de canal diferente talvez seja mais adequado (eficiente) neste caso. Assim, o código de canal proposto deve conter a priori às seguintes propriedades: (i) facilidade de codificação de valores pertencentes ao conjunto dos inteiros com uma grande faixa dinâmica, isto é, a faixa em que se situam os coeficientes DCT; (ii) ser capaz de desempenhar uma decodificação bem

sucedida sob altas taxas de compressão; (iii) trabalhar com taxas adaptativas com mínima complexidade quando a correlação entre as fontes variar; e (iv) alcançar desempenho próximo ao limite estabelecido pela teoria da informação, ou melhor, o limite de Shannon.

- **Utilização de GOP variável e de um número variável de frames de referência na geração da informação lateral:** abrindo a possibilidade de utilização de um GOP variável resulta em poder utilizar os próprios frames WZ como referências para a geração da informação lateral, o que provavelmente aumentará a eficiência do sistema, já que a codificação com os frames WZ (K-WZ-K-WZ...) é mais eficiente que com os *Key* frames (K-K-K...). Além disso, pode-se desenvolver técnicas que tirem proveito de um maior número de frames de referência para retificar os erros de interpolação dos frames compensados em movimento, o que implicaria em uma maior qualidade da informação lateral e uma melhor decodificação do frame WZ.
- **Aproveitar-se do fenômeno de multipercursos na transmissão wireless para beneficiar a decodificação do sinal:** já é bem conhecido que o sinal de telecomunicações transmitido via rádio, que é o tipo de transmissão padrão, sofre do problema de multipercursos, o qual provoca no receptor uma interferência intersimbólica no sinal recebido, resultando em erros de decodificação. Utilizando-se a técnica de decodificação Wyner-Ziv, o sinal de vídeo direto seria estabelecido como o frame principal WZ e os demais sinais provenientes de múltiplos percursos seriam adequadamente processados e ponderados a fim de serem utilizados conjuntamente como uma informação lateral, auxiliando na decodificação do frame principal e proporcionando uma maior qualidade do frame reconstruído.
- **Explorar parcialmente a correlação temporal no codificador a fim de reduzir a taxa de transmissão:** inserindo um módulo de subtração de frame no codificador, especificamente localizado após o módulo de geração do GOP, pode reduzir bastante a amplitude dos coeficientes DCT a serem quantizados, além de aumentar a quantidade de coeficientes quantizados com valor zero, o que resultaria numa significativa compressão ou diminuição da

taxa de bits, mantendo-se a qualidade do frame reconstruído. Como foi incluída apenas uma etapa de subtração de frames e não a etapa computacionalmente mais dispendiosa que é a estimação de movimento e compensação, este método de codificação ainda é válido dentro do paradigma de codificação de vídeo de baixa complexidade, já que se pode explorar “parcialmente” a informação lateral no decodificador.