

# Codificação LDPC em sistemas de transmissão de imagens do satélite CBERS-2B

Paulo H. Souza Nunes, Renato M. Oliveira Filho e Fábio S. Marques

**Resumo**— Este trabalho busca reduzir a taxa de erro de bits (BER) usando os códigos LDPC (Low Density Parity Check Code) como código corretor de erros. Estes códigos são conhecidos desde 1963, e são baseados no trabalho de Robert Gallager. As imagens podem sofrer várias modificações, causados por erros instrumentais (sensores). Os resultados mostram a degradação causada e a correção de erros por meio de códigos LDPC para os canais de 1 a 4 erros de uma imagem de sensoriamento remoto capturada pelo satélite CBERS-2B.

**Palavras-Chave**— LDPC, Transmissão de Imagens de Sensoriamento Remoto, Satélite CBERS-2B

**Abstract**— This work seeks to reduce the bit error rate (BER) using LDPC codes (Low Density Parity Check Code) as error correcting code. These codes are known since 1963 and they are based on the Robert Gallager's research. Images may have vary modifications caused by instrumental errors (sensors). The results show the degradation caused and error correction using LDPC codes for channels with 1 until 4 errors of a remote sensing image captured from CBERS-2B satellite.

**Keywords**— LDPC, Remote Sensing Transmission, CBERS-2B Satellite

## I. INTRODUÇÃO

A transferência de dados e a captura de imagens são duas das principais funções de um satélite. Neste estudo, a mais conveniente função é a captura de imagens para o monitoramento de grandes áreas da atmosfera terrestre.[1]

Lamentavelmente a melhoria na qualidade gráfica destas imagens resultaram em arquivos com grandes volumes de dados, que acarretam o congestionamento do canal, o aumento do uso de recursos computacionais e comprometem a informação. Entretanto, o uso de códigos corretores de erros são apropriados e recomendados para amenizar tais problemas na codificação e decodificação das imagens.[1]

Paulo H. Souza Nunes, Renato M. Oliveira Filho e Fábio Silva Marques, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Goiânia-GO, Brasil, E-mails: paulohsnunes@gmail.com, rmoliveira17@gmail.com e fabio.marques@ieee.org

Para enviar uma imagem obtida por um satélite até uma estação terrestre, os *bits* que representam os *pixels* da imagem são transmitidos em sequencia. Para simular este processo, adotou-se imagens do satélite CBERS-2B, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). [2]

## II. CÓDIGO LDPC

Chamados de códigos de verificação de paridade com matriz de baixa densidade, porém mais conhecidos por código LDPC (Low Density Parity-Check Codes), esse modelo foi introduzido inicialmente por Gallager em 1963. Entretanto, os estudos ficaram praticamente estagnados sem que a comunidade científica desse a devida atenção até meados de 1990, quando foram novamente analisados por Mackay e Neal.[3][4]

Em resumo, LDPC são códigos de blocos binários caracterizados por uma matriz de verificação de paridade  $H$  esparsa, isto significa que a matriz possui o número de "1"s pequeno em relação ao número de "0"s.

Nesta simulação utilizou-se um código LDPC irregular  $(n, k)$ , do qual  $n = 24$  é o comprimento da palavra código e  $k = 8$  *bits* é o tamanho da mensagem. A palavra código pode ser separada em duas partes, a da mensagem e da redundância com  $(n - k)$  *bits*. A taxa de codificação adotada para esse exemplo foi  $(k/n) = 0,333$ .

A matriz Geradora possui peso de *Hammnig* das colunas  $W_c = 3$  e o das linhas  $W_r = 6$ . A distância mínima,  $d_{min} = 7$ , da matriz geradora determina a capacidade de detecção e correção dos erros do código, que neste caso pode detectar até 7 erros e corrigir 3 deles, segundo cálculos de Gallager [3].

Na Matriz de Verificação de Paridade,  $H_{16 \times 24}$ , as linhas representam as equações de verificação de paridade, enquanto as colunas os *bits* da palavra código (imagem em *bits*).

## III. SIMULAÇÃO

Esta etapa consistiu na utilização de um código em *MatLab* com a finalidade de simular a transmissão e recepção de uma imagem enviada por um satélite. Primeiramente foi adquirida através do site do INPE uma imagem óptica bruta, de

5812x5812 *pixels*, capturada pelo satélite CBERS-2B. Porém, para realizar a simulação, considerou-se apenas uma parte dessa imagem de 128x128 *pixels*. Esta dimensão reduzida foi elegida para não demandar um número de iterações excessivo devido o grande número de palavras código envolvidas, diminuindo significativamente o tempo gasto com os cálculos e amostragem dos resultados.

Inicialmente, os *pixels* da imagem foram convertidos para conjuntos binários com 8 *bits*, assim toda a imagem a ser transmitida possuía um total de 393.216 *bits*.

Posteriormente, foram inseridos erros na imagem, simulando uma transmissão por canais ruidosos com 1, 2 e 3 erros por linha, além de um canal que insere de 0 a 4 erros aleatoriamente. Neste momento, as taxas de bits errados (BER) utilizadas foram representadas no gráfico da Figura 1 e, são superiores a taxa aceitável para transmissão de imagens por satélites, que segundo Huffman e Pless [5], varia entre  $5 \times 10^{-3}$  a  $1 \times 10^{-7}$ .

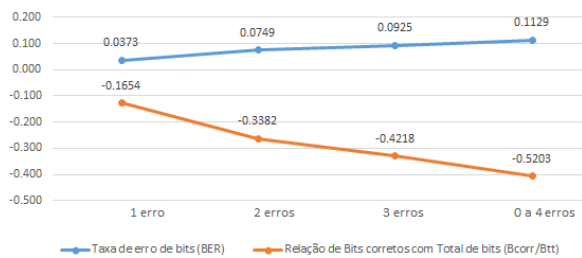


Fig. 1

BER E RELAÇÃO BITS CORRETOS/BITS TOTAIS

Na decodificação, usou-se o algoritmo *Belief propagation - BP*, onde ocorre a verificação dos erros por meio do cálculo da síndrome [1]. O resultado pode ser nulo, que significa sem erros, ou não nulo, em que ocorre novas iterações para correção das falhas se as mesmas não excederem a capacidade de correção do código. Posteriormente, os *bits* são convertidos em valores decimais e realinhados para a formação da imagem resultante. Por fim é feita a comparação gráfica e estatística entre a mensagem original, a imagem com erro e a imagem decodificada, expostas na Figura 1 e Figura 2.

#### IV. CONCLUSÃO

É possível observar na Figura 1 que enquanto eleva-se o BER, há uma degradação mais acentuada na relação de *bits* corretos por *bits* totais (Bcorr/Btt), representada em dB. Ainda, quando o número de erros inseridos é inferior à capacidade de correção do código LDPC, casos com 1, 2 e 3 erros, todos erros são corrigidos. Porém, para o

canal com 4 erros aleatoriamente distribuídos, a imagem corrigida ainda possui ruídos, como visto na Figura 2.

Detectou-se também que o pior caso de *bits* errados foi de aproximadamente 11% dos *bits* totais. Essa pequena porção comprometeria gravemente a informação, como exposto em "Imagem sem correção" da Figura 2, já que um *bit* errado impactaria um octeto de *bits* que representam um *pixel* da imagem.

Conclui-se com esta pesquisa, assim como já é defendido na literatura, que o uso da codificação LDPC é recomendado para a transmissão de uma imagem via satélite, com resultados satisfatórios que evitam os problemas citados no início deste artigo.

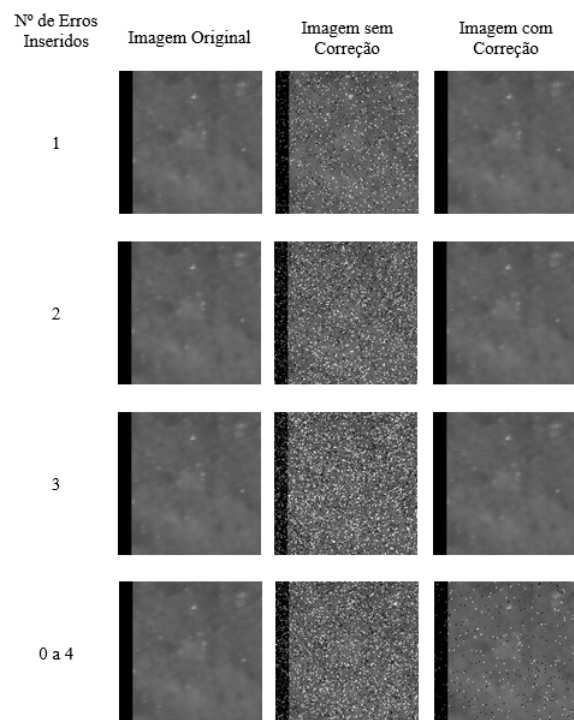


Fig. 2

RESULTADOS OBTIDOS

#### REFERÊNCIAS

- [1] T. K. Moon, *Error correction coding: mathematical methods and algorithms*, Todd K Moon 2005, ISBN 0-471-64800-0, P.49
- [2] INPE. *China-Brazil Earth-Resources Satellite*. Disponível em <<http://www.cbers.inpe.br/>> Acesso em 9 de mai. 2015
- [3] R. G. Gallager, *Low Density Parity Check Codes*. Cambridge, MA: MIT Press, 1963. Tese PhD.
- [4] D. J. C. MacKay; R. M. Neal, *Near Shannon limit performance of low density parity check codes*, Electron. Lett., vol. 32, pp. 1645-1646, Ago. 1996.
- [5] W. Cary Huffman and Vera Pless, *Fundamentals of Error Correcting Codes*, Cambridge, 2003, P.578