

Aplicação da transformada discreta "Wavelet" multidimensional no tratamento de Imagens Meteosat

Margarete O. Domingues, Sônia M. Gomes, Odim Mendes Jr.
CNPq RHAE/INPE, UNICAMP, CNPq/INPE

Abstract

In this work we used the Daubechies' wavelet orthogonal transform for compressing METEOSAT infrared images. We obtained a compression of about 75% of the wavelet coefficient with very little visual deterioration and 99% with some deterioration in the convective systems.

1. Introdução

Atualmente devido à grande quantidade de informações meteorológicas, e que devem ter uma boa resolução espacial e temporal, buscam-se formas de armazenamento mais eficientes facilitando tanto o processamento quanto a onerosa transmissão dessas informações. A grande questão é como manter o sinal o mais intacto possível com o menor esforço de transmissão e a menor área de armazenamento consumida, pois os pixels das imagens de satélites possuem uma alta variabilidade de intensidade, que é fundamental para a identificação dos fenômenos nas diferentes escalas espaciais. Isso dificulta os tratamentos convencionais de compressão de imagens.

No intuito de colaborar com esses esforços, desenvolveu-se este trabalho, cujo objetivo é de introduzir os conceitos básicos de compressão de imagens utilizando a Transformada Discreta de "Wavelet". Essa transformada vem sendo utilizada com bastante êxito na análise e compressão de imagens em geral.

2. Transformada discreta de "Wavelet"

A Transformada Wavelet Discreta (DWT) possui muitas semelhanças com a Transformada Rápida de Fourier (FFT). Ambas são operações lineares inversíveis (ortogonais) que transformam vetores, cujos comprimentos são potências de 2, em outros vetores de mesmo tamanho. Da mesma maneira que na FFT, que baseia-se em expansões em termos de senos e co-senos, na análise de "wavelet" existem também funções básicas chamadas de "scaling functions" e "wavelets". Porém o que torna as "wavelets" uma interessante ferramenta de análise é que, ao contrário dos senos e co-senos, as "wavelets" não só permitem uma localização no domínio da frequência mas também no tempo (Farge, 1992; Daubechies, 1992).

A definição das "scaling functions" é feita a partir de um conjunto de números h_n , chamados de coeficientes do filtro. Nesse sentido, as expansões em termos das "scaling functions" podem ser interpretadas como filtros passa-baixos. Para as "wavelets" usa-se outro filtro g_n , definido a partir de h_n , que funciona como um filtro de banda. Existem várias possibilidades para as escolhas das funções básicas, dependendo da escolha do filtro. É possível ter "wavelets" com a regularidade (e número de momentos nulos) que se deseje; porém maior regularidade implica um maior número de coeficientes no filtro e, portanto, maior esforço computacional. Neste trabalho foi usada a DWT (Figura 1a) de Daubechies com 4 e 20 coeficientes do filtro h (C4 e C20), que correspondem a uma wavelet com 1 e 9 momentos nulos e 1,3 e 2,9 de regularidade, respectivamente (Daubechies, 1992).

Dado um sinal $x^j = x_n^j$, onde $n = 0 \dots 2^j - 1$, consideram-se esses valores como coeficientes das "scaling functions" na escala 2^j . Pela aplicação sucessiva de convolução com filtro passa-baixos h e "decimação", obtém-se um novo vetor s^{j-1} . A diferença de informação de s^j e s^{j-1} , ou seja, os detalhes de alta frequência, está contida no vetor d^{j-1} obtido pela convolução com o filtro de banda g e decimação. Os d_n^{j-1} correspondem aos coeficientes das expansões nas "wavelets". O tamanho de s^{j-1} e d^{j-1} é a metade do vetor original. Esse processo pode ser repetido várias vezes até a escala 1 e o resultado $d^{j-1}, d^{j-2} \dots d^0, s^0$ é chamado análise de multi-resolução do sinal. Devido às propriedades de localização, os coeficientes "wavelet" d_n^j serão pequenos em regiões de regularidade do sinal, que é o fator determinante para a compactação. O processo inverso DWT^{-1} de recuperação do sinal a partir de sua análise multi-resolução está esquematizado na Figura 1b. O caso bidimensional DWT^{-1} é feito definindo os filtros bidimensionais pelo produto cartesiano dos unidimensionais e o processo restante se faz de uma forma análoga (Mallat, 1989; Daubechies, 1992).

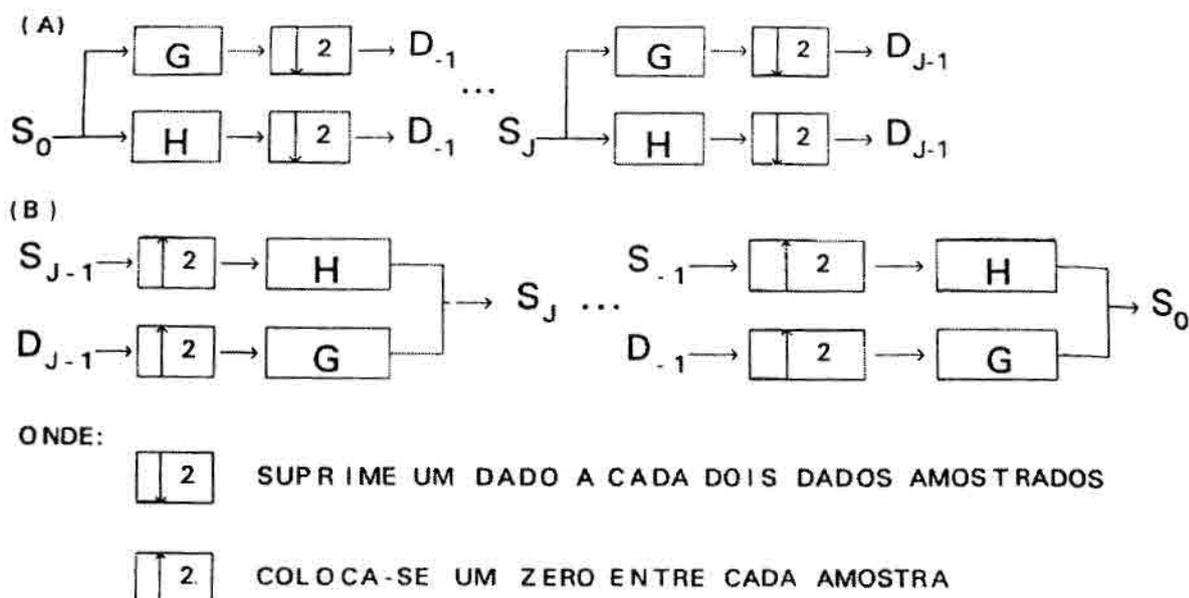


Fig. 1 - Arquitetura Piramidal unidimensional: (a) para o cálculo da DWT e (b) para reconstrução do sinal pela DWT⁻¹

3. Tratamento das imagens Meteosat através da DWT

Neste estudo, foram utilizadas imagens amostradas obtidas pelo satélite geo-estacionário METEOSAT no canal infravermelho, de 512 x 512 pixels, para o quadrante que engloba a América do Sul.

Em um estudo preliminar, verificou-se que as imagens meteorológicas são ricas em detalhes (details). Possuindo desta forma a maior parte dos coeficientes "wavelet" com amplitude próximas a 100. Isto significa que é de pouca importância econômica a utilização de "wavelet" em uma imagem isolada, pois pode-se reduzir a zero um pequeno número de coeficientes, o que não compensa o esforço computacional envolvido pelo pouco benefício obtido.

Na Meteorologia, a maior parte das atividades de pesquisa ou atividades operacionais necessitam de uma seqüência temporal de imagens. Assim a "wavelet" pode ser aplicada não somente a uma imagem isolada, porém a um conjunto de imagens. Seguindo essa filosofia, fez-se alguns testes utilizando várias imagens. A partir de uma imagem "mãe", calculou-se a razão entre essa e uma imagem "filha", posterior no tempo, defasada de uma hora ($Img1/Img2$) e, a seguir, de duas horas ($Img1/Img3$). Processou-se então a DWT, calculou-se a freqüência de ocorrência dos coeficientes "wavelet" e zerou-se os coeficientes de magnitudes menores do que 10^{-1} e 1, representativos respectivamente de 78,1% e 99,9% dos coeficientes de "wavelet". Calculou-se em cada um desses casos a DWT⁻¹ e repetiu-se o processo de restituição da imagem "filha" através da multiplicação pela imagem "mãe". As imagens originais e os resultantes desse procedimento estão dadas na Figura 2 e as respectivas ordens de magnitudes dos coeficientes "wavelet" na Tabela 1.

TABELA 1 - Percentagens da ordem de magnitude dos coeficientes "Wavelet" para cada tratamento.

$\alpha(dj)$	Img1 / Img2		Img1 / Img3
	C4	C20	C4
$<10^{-2}$	23,8%	19,3%	21,6%
$<10^{-1}$	78,1%	77,5%	75,8%
<1	99,9%	99,9%	99,8%
<10	100%	100%	100%

5. Conclusões e recomendações

Nas imagens METEOSAT analisadas, empregando essa metodologia, a redução de ~75% dos coeficientes "wavelet" foi extremamente satisfatória. Pouquíssimos padrões foram deteriorados, quase imperceptíveis a olho nu em um monitor superVGA; mas foi verificado variação de amplitude nos histogramas das imagens. Para a redução de coeficientes $< 1,0$, os sistemas convectivos tornaram-se deteriorados visualmente. Houve também muito pouca deterioração das imagens no decorrer das 2 horas em estudo. Esses resultados sugerem que, provavelmente, para imagens completas, i.é., não amostradas, e com intervalos inferiores a uma hora, o nível de redução dos coeficientes deva aumentar. A utilização de C4, ao invés de C20, foi satisfatória, pois além de reduzir o esforço computacional, apresentou melhores percentagens para corte.

Para aplicações operacionais, é necessário um estudo estatístico das relações entre o crescimento da magnitude dos coeficientes com o tempo e também com os fenômenos meteorológicos. Composições entre os diversos canais (infravermelho, visível e vapor de água) devem também ser estudadas.

Esse esforço de investigação poderá não apenas facilitar a utilização da DWT como um compactador de imagens; mas motivar a sua aplicação como uma ferramenta poderosa para a análise de fenômenos meteorológicos e as suas evoluções espaço-temporais.

Referências bibliográficas

Daubechies, I. *Ten lectures on wavelets*. Montpelier, Vermont, Capital City, 1992.

Mallat, S.G. A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **11**(07):674-693, Jul. 1989.

Farge, M. Wavelet transform and applications to turbulence. *Annual Review of Fluid Mechanics*, **24**:395-457, 1992.

Agradecimentos

Ao Sr. Danton pela instalação do compilador (GNU C++) e Sra. Rosangela Gin pelas imagens utilizadas neste trabalho. Este trabalho foi parcialmente financiado pelos programas CNPq/RHAE Oceanografia e CNPq/Recém-Doutor.

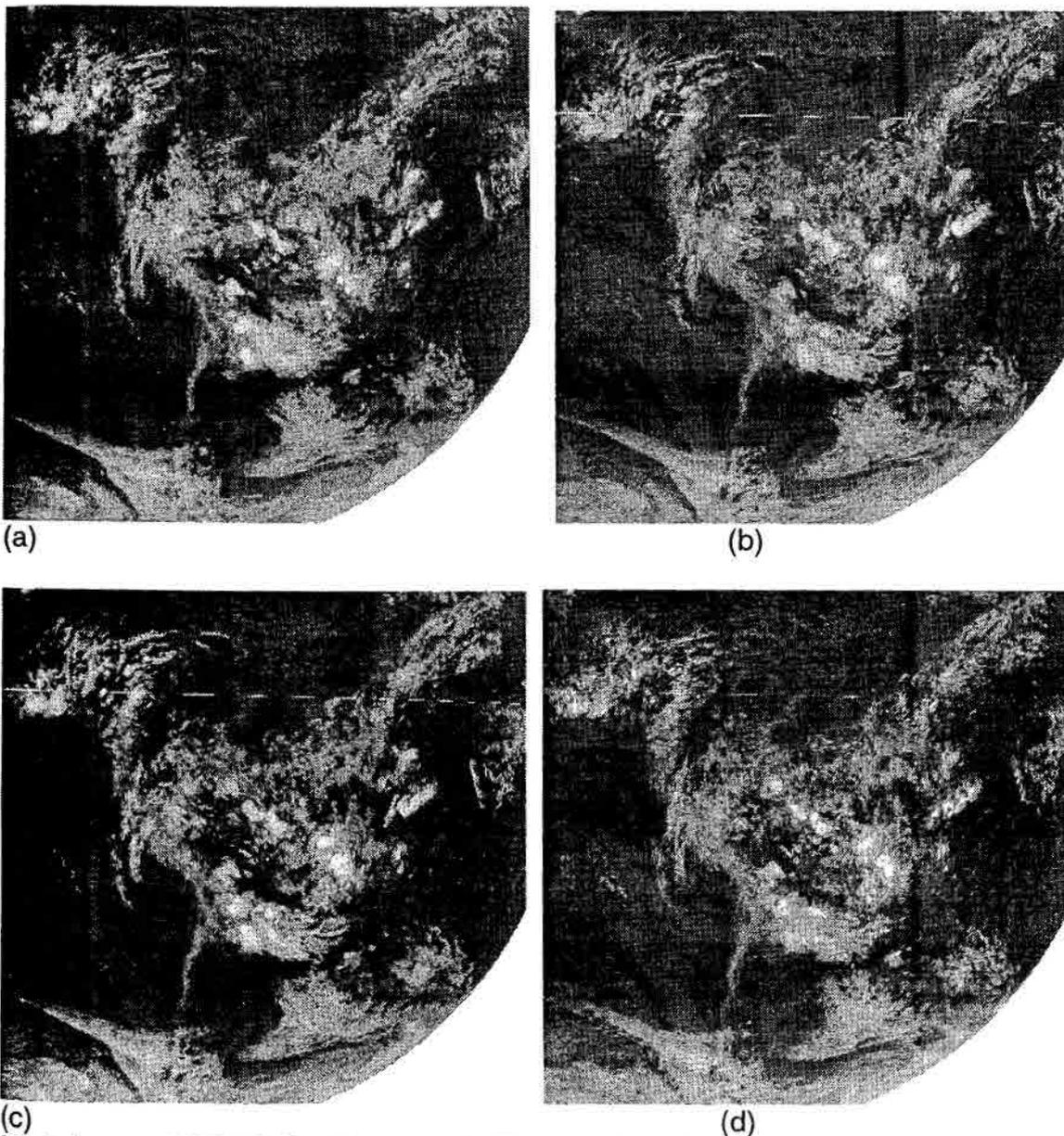


Fig. 2 - Imagens METEOSAT: (a) Imagem-mãe, (b) Imagem-filha 2 horas após a imagem-mãe, (c) Imagem-filha reconstituída a partir da DWT⁻¹ com 22% dos coeficientes "wavelet", e (d) mesmo que item c com 0,1% dos coeficientes.