

## Variabilidade em Escala do Dossel da Floresta Amazônica: resultados preliminares para a Reserva Rebio Jarú

**Cledenilson Mendonça de Souza\***

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) - Universidade do Estado do Amazonas (UEA)  
Manaus, AM.  
E-mail: cledenilsonms@gmail.com

**Leonardo Deane de Abreu Sá**

Centro Regional da Amazônia-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRA-INPE)  
Belém, PA.  
E-mail: leonardo.deane@pq.cnpq.br

**Margarete Oliveira Domingues**

Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC/CTE/INPE)  
São José dos Campos, SP  
E-mail: margarete@lac.inpe.br

### RESUMO

Este trabalho é parte de uma pesquisa de doutorado que busca determinar características por escala de superfície com vegetação por meio da utilização de imagens de satélite de alta resolução. Efetivamente, busca-se saber se há escalas características de ondulações na copa vegetal e se estas têm eixos preferenciais [4].

O presente estudo utilizou imagem do satélite IKONOS com resolução espacial (1x1m), resolução radiométrica de 16 bits, adquirida no visível e modo pancromático, de 01 de junho de 2001, da Reserva Biológica do Jarú localizada no estado de Rondônia, cerca de 110 km ao norte de Ji-Paraná, a sudoeste da Amazônia [1]. Para tanto, aplicou-se a Transformada Wavelet Contínua Bidimensional (CWT2D), implementada em um software livre [3], cuja equação pode

ser escrita como 
$$S(\vec{b}, a, \theta) = a^{-1} \int_{\mathbb{R}^2} d^2 \vec{x} \overline{\psi \left( a^{-1} r_{-\theta} \left( \frac{\vec{x} - \vec{b}}{a} \right) \right)} s(\vec{x}),$$
 em que  $s$  é o sinal bidimensional

(imagem),  $a$  é o parâmetro de escala e os vetores  $\vec{x}$  e  $\vec{b}$  correspondem à posição e translação respectivamente [2]. A CWT2D é particularmente eficiente para detectar descontinuidades em imagens, pontos de singularidades (contornos, cantos) ou características direcionais (bordas, segmentos) e pode ser interpretada como um microscópio matemático, com direção seletiva, com lentes  $\psi$ , ampliada de  $1/a$  e orientação ajustada pelo parâmetro  $\theta$  [2]. Se a wavelet é bem localizada, a densidade de energia da transformada será concentrada nas partes significativas do sinal, isto faz da wavelet uma ferramenta robusta no tratamento e análise de imagens. Com estas

características a wavelet de Morlet 
$$\psi \left( \frac{\vec{x}}{a} \right) = \exp \left( i \vec{k}_0 \cdot \frac{\vec{x}}{a} \right) \exp \left( -\frac{1}{2} \left| \frac{\vec{x}}{a} \right|^2 \right)$$
 foi escolhida para este

trabalho dada sua boa localização frequencial e espacial, em que  $i$  é a unidade imaginária e  $\vec{k}_0$  o vetor número de onda no plano [2]. Como escolha inicial do eixo de rotação utiliza-se  $\theta = 45^\circ$  graus que corresponde a direção do vento predominante na região investigada. A CWT2D foi aplicada sobre a imagem da área de estudo e o resultado dessa aplicação gerou uma matriz com os coeficientes wavelet com as mesmas dimensões da imagem analisada. A partir da matriz de coeficientes foram adotados dois eixos preferenciais  $15^\circ$  e  $30^\circ$  graus (referência a posição da torre) dos quais foram tomados todos os coeficientes wavelet que seguem essas direções dentro da matriz para cada escala fixa (0.5; 1, e de 5 em 5 até 70). Essas direções foram tomadas inicialmente para depois fazer-se uma varredura espacial do sítio estudado. Com isso foi calculada e identificada a maior variância da parte real dos coeficientes wavelet para cada escala e direção determinada, essa maior variância pode dar indícios dos padrões de variabilidade na

cobertura vegetal (ondulações) e verificação da escala em que isto ocorre. A Figura 1 mostra a área estudada e a indicação da posição da torre meteorológica de 60m de altura no canto inferior esquerdo, tomada como referencial para determinação dos eixos principais e a delimitação do recorte da imagem utilizada.

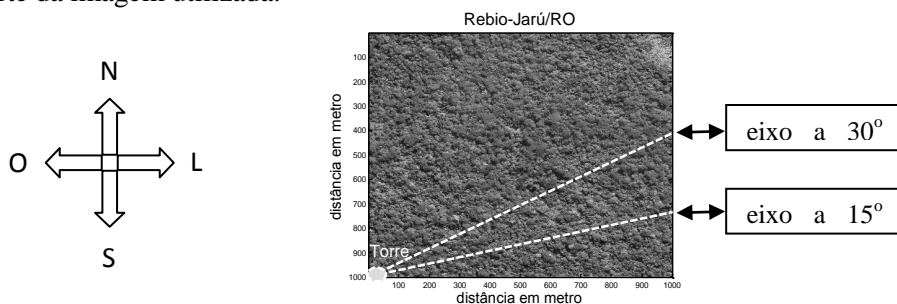


Figura 1. O recorte da região estudada (1000x1000m) e o canto inferior esquerdo do recorte é a posição de uma torre meteorológica de 60m de altura.

Os resultados mostram um comportamento notadamente diferente da variância por escala em cada eixo. Para o eixo tomado a 15° graus, observou-se que a escala em que ocorre a maior variância da parte real dos coeficientes wavelet foi a escala 30 e para as escalas maiores observa-se um decaimento acentuado da variância como mostra a Figura 2.

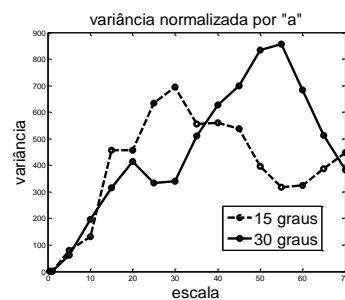


Figura 2. Variância por escala da parte real dos coeficientes wavelets.

Para o eixo que segue o ângulo de 30° graus, a maior variância é observada para a escala 55 e segue um decaimento acentuado para as escalas seguintes. Estes resultados sugerem a existência de possíveis eixos preferenciais de ondulações na área estudada e a possibilidade de determinar qual o eixo e a escala em que isso ocorre com maior intensidade.

**Palavras-chave:** *Transformada Wavelet Contínua Bidimensional, Ondulações, Floresta Amazônica.*

## Referências

- [1] M. O. Andreae, et al., "Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in amazonia: the LBA-EUSTACH experiments", *Journal of Geophysical Research*, vol. 107, no. d20, 2002.
- [2] J. P. Antoine, R. Murenzi, P. Vandergheynst, S. T. Ali, "Two-Dimensional Wavelets and their Relatives", Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
- [3] Yet Another Wavelet Toolbox (YAWTb Toolbox) Version 0.1.1, GNU General Public License, 02111-1307, USA, 2002.  
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/linkexchange/links/1187-yawtbs-homepage>
- [4] C. M. Souza, "Características do escoamento em subcamada rugosa de transição acima da Floresta Amazônica", Exame de Qualificação de Doutorado, em 28.07.2011, INPA, Manaus-AM. (não publicado).