

**DIAGNÓSTICO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E RADIAÇÃO DE ONDA  
LONGA PARA O ANO DE 2008 EM CAXIUANÃ UTILIZANDO A  
TRANSFORMADA EM ONDELETAS  
- ESTUDO DE CASO -**

**XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**

Gleyciano Mendes Teixeira<sup>1</sup>  
Daniela dos Santos Ananias<sup>1</sup>  
Felipe Freire Monteiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade federal do Pará-UFPA  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais-PPGCA  
Caixa postal 479 – 66075-110 – Belém – Pa, Brasil  
gleycianoteixeira@yahoo.com.br

**Abstract:** Using a 30 years database of long wave radiation (1980 to 2009) and a one year (2008 – case study) database of precipitation, the present work shows a diagnostic study of the Caxianã-PA region. The analysis were conducted to verify which meteorological phenomenon is responsible of the daily precipitation peak for the region, established objectively by the wavelet transform method. The presented results allowed the conclusion that the yearly spectral of long range radiation to Caxiuanã shows a maximum energy during the summer and austral autumn in the scale of two to ten days, provoking then a higher convective activity in the region of study. To the case study, for the 2008 year, was observed that the higher energy is in the scale of two to ten days related to mixture waves of Rossby-gravity. In the scale graph analysis of the real part of wavelet coefficients was observed great convective activity occurrence between january and march as well as between November and December, possibly influenced by the Madden-Julian oscillation. The precipitation had a considerable peak in march 31<sup>th</sup> of 2008, influenced by two to ten days and ten to twenty days phenomenon's. Generally the wavelet transform tool used in the development of this work had a satisfactory performance on the diagnosis of atmospheric signals in multiple scales.

**Keywords:** long wave radiation, precipitation, wavelet, Caxiuanã.

## 1. Introdução

A região Amazônica é caracterizada por um clima quente e úmido, onde os gradientes de temperatura são pequenos, muita nebulosidade e bastante precipitação convectiva (Oliveira, 1994; Mota e Souza, 1996). Vários fenômenos podem ser observados na região Amazônica como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), bem como as Linhas de Instabilidade e as Circulações Locais. A distribuição espacial e temporal das chuvas na Amazônia foi detalhadamente estudada por Figueroa e Nobre (1990), utilizando 226 estações pluviométricas, e por Marengo (1995), que usou dados de Radiação de Onda Longa do *International Satellite Cloud Climatology Project* (ISCCP). Estes autores concluíram que a precipitação média anual é de aproximadamente 2300 mm, existindo áreas com precipitações superiores a 3000 mm/ano localizadas no oeste, noroeste e no litoral norte da Amazônia. A Floresta Nacional de Caxiuanã localizada no centro-oeste do Estado do Pará possui um clima tropical quente e úmido, no qual a temperatura média anual é de 26,0°C, sendo a média mínima 22,0°C e a média máxima 32,0°C, conforme Souza Filho et al. (2005). Segundo Lisboa (1997), o período mais chuvoso da região ocorre entre os meses de janeiro e maio, alcançando uma média anual de 2500 mm, já o período menos chuvoso vai de setembro a novembro.

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1 - Dados Meteorológicos

Neste trabalho, foram utilizados dados diários de Radiação de Onda Longa (ROL) obtidos através dos satélites meteorológicos de órbita polar (Liebmann *et al.*, 1996), abrangendo o período de 1 de Janeiro de 1980 até 31 de dezembro de 2009, totalizando 30 anos de dados, com o objetivo de descrever a climatologia da atividade convectiva tropical juntamente com a estimativa indireta da precipitação (Kousky, 1988). Os dados de ROL encontram-se dispostos numa grade regular com resolução de 2,5° x 2,5° de latitude e longitude. Os dados de ROL foram obtidos junto ao *Climate Prediction Center* (CPC) pertencente ao *National Centers for Environmental Predictions* (NCEP), cujo endereço eletrônico é [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov). Já para o estudo de caso foram utilizados dados de Precipitação Pluviométrica acumulada diária obtidos da torre micrometeorológica da Floresta Nacional de Caxiuanã-Pará (1° 42' 30''S, 51° 31' 51''W) no período de 1 de Janeiro a 31 de dezembro de 2008.

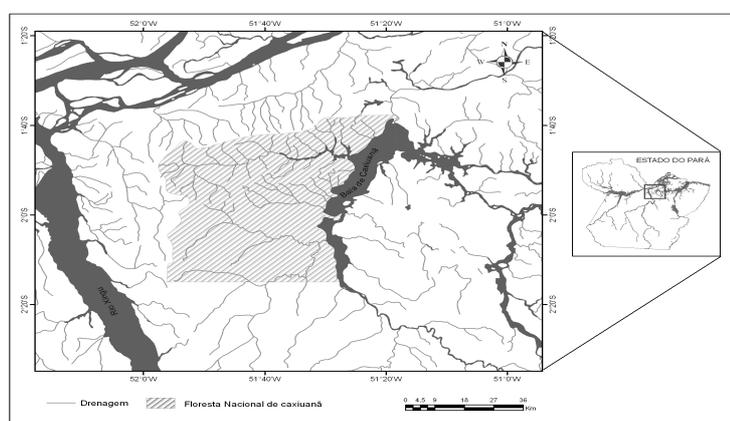


Figura 1: Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.

## 2.2 - Transformada em Ondeletas de Morlet

A Transformada em Ondeletas é um método de análise espectral desenvolvido no final dos anos 80. Este método é baseado na teoria de grupos e funções quadráticas integráveis (Energia finita), permitindo a decomposição do sinal dependente do tempo em tempo e escala (Farge, 1992). A Transformada em Ondeletas é definida pela expressão (Equação 1):

$$(W_{\psi} f)(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

onde  $a \neq 0 \in \mathfrak{R}^+$  e  $b \in \mathfrak{R}$

O resultado de todo o trabalho de Morlet deu origem a primeira função base que mais tarde foi chamada de função Ondeleita de Morlet, (Equação 2):

$$\Psi(t) = e^{iW_0 t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

Onde  $W_0$  é o parâmetro da Ondeleita de Morlet.

## 3. Resultados e Discussão

O espectro anual de ROL para a região de Caxiuanã, mostrado na figura 2, apresenta máximo de energia durante o verão e outono austral, sendo estes os períodos em que ocorrem as maiores atividades convectivas (Dezembro a Maio) na escala de 2 a 10 dias que é a escala dominante na região; esses fenômenos podem estar relacionados com as ondas de Kelvin e Gravidade (Vitorino, 2002). Observa-se também a existência de um máximo de energia de ROL na escala de tempo de 40 dias, que surge em dezembro associada à Oscilação de Maden-Julian (OMJ).

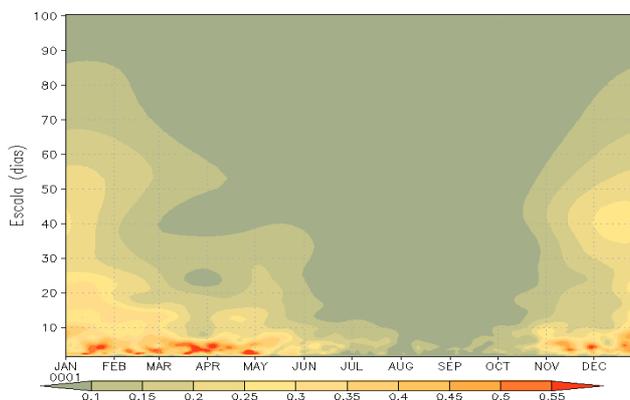


Figura 2: Espectro anual médio de ondeleta para a região de Caxiuanã-Pa, durante o período de 1980-2009.

### 3.1 Estudo de caso

Neste estudo de caso nos selecionamos o ano de 2008, pois este foi considerado o ano que mais satisfaz os critérios de consecutividade da ferramenta matemática –Transformada em Ondeletas–, devido ao mesmo não conter falhas. Ao analisar a figura 4 percebe-se que os máximos de energia correm na escala de 2-10 e 10-20 dias entre novembro a junho. Os pulsos de energia na escala de 30-60 dias surgiram durante o verão austral, mas com pouca intensidade.

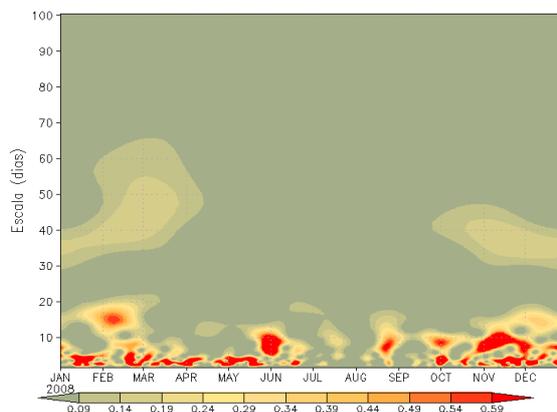


Figura 4: Espectro diário de energia de ROL na região de Caxiuanã para o período de 2008.

Na figura 5 tem-se a esquerda os coeficientes na escala de 2 a 100 dias e a direita o comportamento médio diário da ROL ( $W/m^2$ ) com valores negativos (tons em azul) indicando atividade convectiva e os valores positivos (tons em vermelho) indicando ausência de convecção. Segundo Liebmann (et al., 1999) os valores abaixo de  $230 W/m^2$  representam atividade convectiva. Assim observa-se que durante todo o período de outono e verão a atividade convectiva esta abaixo de  $230 Wm^{-2}$ . Observa-se ainda que nos meses de janeiro, março, novembro e dezembro houve grande atividade convectiva relacionada possivelmente com a OMJ, pois os valores dos coeficientes negativos ocorreram na escala de 40 dias influenciando assim as condições de tempo, sendo confirmado na figura 6, onde registrou-se precipitação pluviométrica durante os meses em questão. Já o pico máximo de precipitação ocorreu no final do mês de março com valor de aproximadamente de 150 mm, ocasionado possivelmente por fenômenos de alta frequência na escala de 2-10 e 10-20 dias.

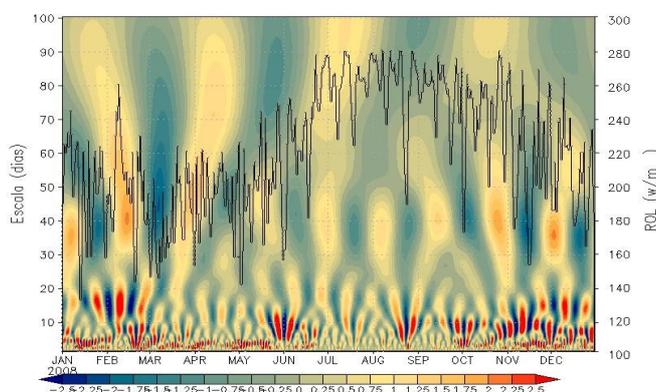


Figura 5: Escalograma da parte real dos coeficientes de ondeleta da ROL para a região de Caxiuanã.

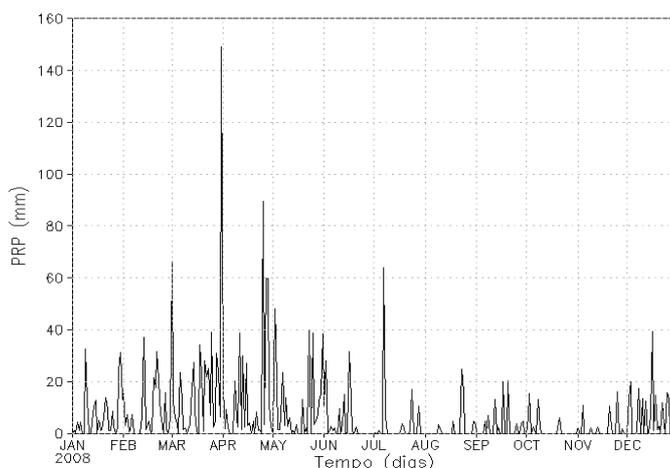


Figura 6: Variação temporal de Precipitação (PRP) diária acumulada obtidos a partir da torre micrometeorológica de Caxiuanã para o ano de 2008.

Na figura 7 observam-se aglomerados convectivos influenciados pela atuação da Zona de Convergência intertropical (ZCIT), ocasionado assim o pico mais acentuado de precipitação no dia 31 de março sobre a região da Floresta Nacional de Caxiuanã.

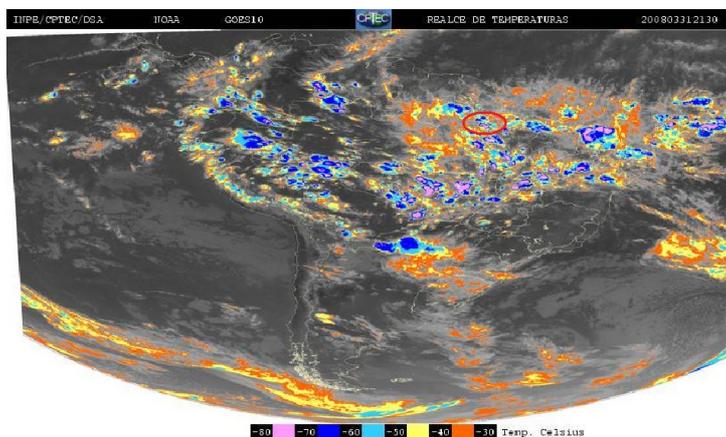


Figura 7: Imagem do satélite GOES 10 no canal infravermelho realçada para a região da América do Sul - 31/03/08 às 21:30 UTC. O círculo vermelho indica a região de Caxiuanã.

Fonte: INPE

#### 4. Conclusão

Conclui-se que a ferramenta Transformada em Ondeletas – no ano de 2008 na floresta Nacional de Caxiuanã utilizada no desenvolvimento deste trabalho obteve um desempenho satisfatório no que se refere a diagnosticar sinais atmosféricos em múltiplas escalas utilizando Radiação de Onda Longa como parâmetro indireto para estimar a precipitação local.

## Referências Bibliográficas

Farge, M., 1992. The Wavelet Transform and its Applications to Turbulence. **Annual Review of Fluid Mechanics**, 24, 395-457.

Figueroa, S.N.; Nobre, C. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v.5, n.6, p. 36-48, 1990.

Liebmann, B.; Smith, C. A., 1996. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. **Bull. Amer. Met. Soc.**, 77: 1275-1277.

Lisboa, P. L. B. Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn. In: LISBOA, P. L. B. (Org.) **Caxiuanã**. Belém: MPEG, 1997, 446 p., cap. III – Estação ECFPn, p. 23-49.

Marengo, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal of Climatology**. v.15, n.9, 995-1010, 1995.

Mota, M.A.S.; Souza, P.F.S. Influência da precipitação nas características termodinâmicas da atmosfera durante um mês seco. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão-SP, 1996. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p. 1136-1138, 1996.

Oliveira, A.P.; Fitzjarrald D.R. The Amazon River Breeze And The Local Boundary- Layer: 2. Linear Analysis And Modeling. **Bound-Layer Meteorology**. N.67, p.75- 96, 1994.

Souza, E. B.; Kayano, M.T.; Ambrizzi, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theor. App. Climatol.**, v.81, p.177-191. 2005.

Kousky, V. E., 1988. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Rev Bras Meteo.** 3: 217-231.

Vitorino, M.I., 2002. Análise das Oscilações Intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes utilizando a Análise de Ondeletas. Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE, 9822-TDI/865, 344p.