

TRANSFORMADA WAVELET APLICADA À VARIÁVEL TEMPERATURA DO AR PARA ÁREA URBANA E RURAL

VILANI, M. T.¹; SANCHES, L.²

¹Matemática, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT.

Telefone: 65- 3615- 8739. mariceia@ufmt.br

²Eng. Sanitarista, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Sanitária. Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá - MT.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro Agrometeorologia – 18 a 21 de julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

Resumo: A transformada Wavelet fornece uma representação precisa de um sinal em função de tempo e frequência simultaneamente, bem como, permite analisar qualquer tipo de sinal, seja ele não-estacionário ou descontínuo, o que comprova a tese de que para seu uso, não importam as características da série que se esteja analisando. Sendo assim, o presente trabalho fez uma análise descritiva mensal utilizando a transformada de Wavelet da variável temperatura do ar para o ponto Centro (área urbana) e Unicampo (área rural) da cidade de Cuiabá, MT, para o ano de 2007. Para a variável temperatura do ar tem-se que a intensidade de energia na alta escala de frequência foi de 24h no decorrer do ano todo, com potências significativas no decorrer do ano, nas escalas temporais de 2 a 32 dias, para os dois pontos de estudo (Centro e Unicampo), cuja variância mais acentuada está para o ponto Centro.

Palavras- chave: Séries temporais, microclima, Wavelet de Morlet.

WAVELET TRANSFORM APPLIED TO VARIABLE AIR TEMPERATURE FOR URBAN AND RURAL AREA

Abstract: The wavelet transform provides an accurate representation of a signal as a function of time and frequency simultaneously, as well as to analyze any signal, be it non-stationary or discontinuous, which proves the thesis that for its use, no matter what characteristics of series that are analyzing. Thus, this study has a descriptive analysis using the monthly Wavelet transform of the variable air temperature to the point center (urban area) and Unicamp (rural area) in the city of Cuiaba, MT, for the year 2007. For the temperature of the air has that energy intensity in high frequency range was 24 during the whole year, with significant powers over the year, on time scales from 2 to 32 days for two points study (Center and UNICAMP), whose variance is more pronounced for the center point.

Keywords: Series, microclimate, Morlet Wavelet.

Introdução: Como o estudo de mudanças climáticas gera preocupações da comunidade científica, tendo em vista a necessidade do conhecimento de possíveis variações e tendências presentes no clima. Este estudo não se restringe só as regiões rurais, mas as urbanas também, pois torna-se essencial à compreensão dos problemas ambientais e urbanísticos que resultam da ocupação desordenada, podendo auxiliar no planejamento urbano e ambiental (FRANCO, 2010). E entre os diversos estudos realizados para o melhor conhecimento de alterações nos padrões do clima global, destaca-se a detecção com base em métodos de estatística de indícios de mudanças climáticas em longas séries temporais, para o melhor conhecimento da dinâmica temporal das séries meteorológicas utilizadas. E uma técnica útil para a análise de variáveis atmosféricas é a transformada em Wavelets ou Ondeletas a qual analisa séries temporais em três dimensões (tempo, escala e intensidade de energia). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a variável micrometeorológica temperatura do ar, através de transformadas de Wavelets para dois pontos localizados no município de Cuiabá, no período de 2007.

Metodologia

Área de estudo: O estudo se desenvolveu com dados climáticos da variável temperatura do ar de estações meteorológicas em dois pontos, um na área urbana localizado na cidade de Cuiabá (definida como ponto Centro) e outro na área rural, definida como ponto Unicampo, do período de janeiro a dezembro de 2007. A estação do ponto Centro está localizada na Rua Manoel Ferreira de Mendonça, n. 260, bairro Bandeirantes, nas coordenadas 15°36'1" latitude sul e 56°5'29" de longitude oeste, altitude 187m, em área de alta densidade construtiva na zona central urbana. A precipitação anual deste ponto foi de 1322,6mm, com uma diferença de precipitação entre as estações úmida (outubro a março) e seca (abril a setembro) de (77,54%). Quanto à temperatura do ar na estação úmida a média foi de 27,73°C e seca 25,64°C, com temperatura média anual de 27,52°C. A estação do ponto Unicampo está localizada na estrada Cuiabá Santo Antonio de Leverger, km 15, sede do Unicampo, nas coordenadas 15°45'45" latitude sul e 56°03'57" longitude oeste, altitude 202m, área rural do município de Cuiabá. A precipitação anual deste ponto foi de 598,8mm, com uma diferença de precipitação entre as estações úmida (outubro a março) e seca (abril a setembro) de (73,72%). A média estacional da temperatura do ar foi de 26,70°C na úmida e 24,68°C na seca, com média anual de 26,52°C.

Séries Temporais: Uma série temporal pode ser definida como um conjunto de observações de uma variável dispostas sequencialmente no tempo. Se Z_t representa o valor da variável aleatória Z no instante t , denota-se a série temporal por Z_1, Z_2, \dots, Z_N onde N é o tamanho da série ou número de observações seriais da variável. Para Caracterizar uma série temporal é necessário que as observações apresentem uma dependência serial, isto é, sejam dependentes no tempo. (ZAMINI, 2000). Dentre as séries temporais estudadas temos as Wavelets que é um método muito comum na análise de picos localizados de variância ou potência

Transformadas de Wavelet: A idéia central da análise de Wavelet consiste em decompor um sinal a diferentes níveis de resolução, processo conhecido como Multiresolução, que fornece uma moldura hierárquica simples para interpretação de informação do sinal (ROCHA, 2008). Utilizamos neste trabalho a Wavelet de Morlet que pertence à família de ondaletas complexas definida pela equação 1:

$$\psi(t) = \pi^{-0,25} e^{iw_0t} e^{-1/2t^2}, \text{ para } w_0 \geq 5 \quad (1)$$

em que ψ é o valor da ondaleta para um parâmetro não-adimensional, t e w_0 é a frequência (fornece o número de oscilações dentro da própria ondaleta), conforme Torrence e Compo (1998) adota-se $w_0=6$ para satisfazer a condição de admissibilidade, significando este valor que os erros devido a média não iguais a zero são menores que os erros típicos de arredondamento e t refere-se ao período ou escala temporal de análise (adimensional).

Resultados e Discussão

Transformadas de Wavelet: Quanto à potência Global (**GWP**), no eixo das ordenadas (eixo y) refere ao período em dias, e o eixo da abscissa (eixo x) representa a variância (energia) associada com cada período em dias (BOLZAN, 2004), onde é possível verificar a importância da análise de picos de variância espectral com base no espaço tempo- frequência. Para o espectro de energia (**WPS**) no eixo x é mostrado o comprimento temporal em dias da série, no eixo y representa os períodos em dias presentes na série; a escala de cores indica a energia associada a cada período da série. O WPS indica a amplitude observada (níveis de cores) no tempo (eixo das abscissas), de acordo com o período (equivalente à frequência) que contribuiu para a série temporal. Contornos tracejados correspondem a valores de variância normalizados variando de 1 a 10, conforme representado na barra horizontal. Contornos sombreados englobam áreas com variâncias significativas ao nível de 95% de confiança. Para WPS os picos significativos de variância são indicados por contornos negros. A região da

linha contínua em forma de cone é denominada de influência de cone (COI), onde o efeito da borda diminui a confiabilidade da análise, ou seja, os períodos fora deste cone devem ser negligenciados por não possuírem uma confiança estatística adequada. A figura 1 apresenta as aplicações de análises horárias de Wavelets para os pontos Centro e Unicampo para a variável temperatura do ar, em escalogramas tridimensionais (escala, tempo e intensidade de energia).

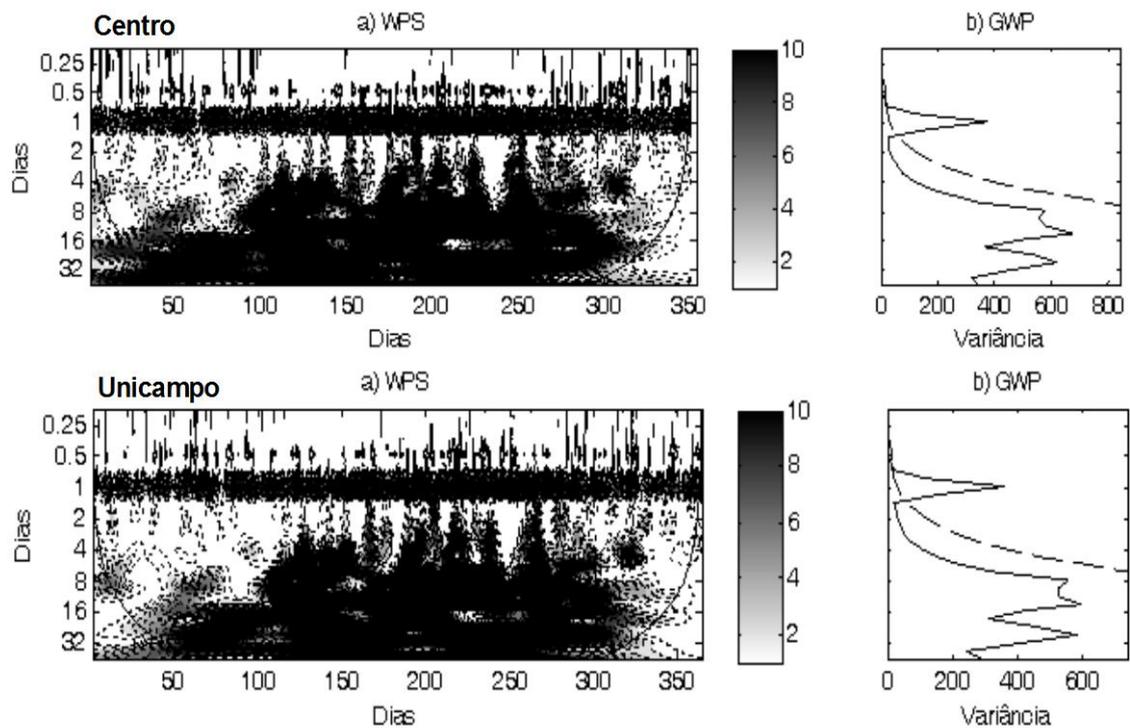


Figura 1: (a) Espectro Horário de energia local da wavelet (WPS) para a temperatura do ar; (b) Espectro Horário global de ondaleta (GWP), para os pontos Centro e Unicampo de 2007.

A variável temperatura do ar (Figura 1) para os dois pontos de estudos (Centro e Unicampo) possuem grande intensidade de energia na alta escala de frequência 24h, com potências temporalmente significativas de forma esparsa para o ano todo, com escalas temporais de 2 a 32 dias, (WPS). Esta frequência significativa de 24h também pode ser vista em GWP, onde o ponto Centro apresenta uma variância mais significativa em alguns pontos, com maior valor que o ponto Unicampo. A frequência dominante de 24h que é observada no espectro de energia assim como na potência Global, podem estar associada à fatores como a variação diária da radiação solar no período de 1 dia, pois ocorrem processos de inversão térmica. Quanto as Variâncias significativas evidenciadas em GWP podem estar associadas ao clima local da área de estudo, sendo que o ponto Centro possui uma temperatura do ar mais

acentuada que o ponto Unicampo, possivelmente devido às ilhas de calor, que são altas concentrações de fontes de calor.

Conclusão: A técnica de Wavelets foi bastante coerente à análise da variável temperatura do ar mediante a caracterização de fenômenos de grande escala de frequência, em particular, para o ciclo diário. A análise da temperatura do ar tem grande intensidade de energia na alta escala de frequência de 24h no decorrer do ano todo, com potências significativas de forma esparsa para o ano todo, com escalas temporais de 2 a 32 dias, isto se verifica para os dois pontos de estudo (Centro e Unicampo), com variância mais acentuada para o ponto Centro.

Agradecimentos: A CAPES pela bolsa de doutorado de Maricéia T. Vilani, ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – PGFA e a FAPEMAT pelo auxílio financeiro do projeto de pesquisa, coordenador Prof. Eduardo Cairo Chiletto.

Referências Bibliográficas:

BOLZAN, M. J. A. Análise da Transformada em ondeletas aplicadas em sinal geofísico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 28, n. 4, p. 563-567, 2006.

FRANCO, F. M. **Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima local: Estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT**. Cuiabá. 137p. Dissertação (Mestrado) – Física e Meio Ambiente, Universidade de Mato Grosso, 2010.

ROCHA, V. B. **Uma abordagem de Wavelets Aplicada à Combinação de previsões: Uma análise teórica e experimental**. Curitiba, 2008. 155p. Dissertação (Mestrado) – Métodos Numéricos em Engenharia, 2008.

TORRENCE, C; COMPO, Y.G.P. A practical guide to wavelet analysis. **Bulletins of American Meteorological Society**, Boston, v. 79, p.61-78, 1998.

ZAMINI, A. **Redes neurais e regressão dinâmica: um modelo híbrido para previsão de curto prazo da demanda de gasolina automotiva no Brasil**. Rio de Janeiro, 2000. 85p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica: teoria de controle e estatística, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.