



PADRÕES DOMINANTES DE OSCILAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR NO ESTADO DE MATO GROSSO POR MEIO DE ONDELETAS

Mateus Luiz Gomes

Graduado em Licenciatura em Física - IFMT - Campus Pontes e Lacerda - Fronteira Oeste
Professor da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso (SEDUC/MT) –Tangará da Serra – MT
suetam30@hotmail.com

Stéfano Teixeira Silva

Doutor em Física Ambiental (UFMT) – Professor EBTT do Instituto Federal de
Mato Grosso (IFMT), Campus Pontes e Lacerda – MT
stefano.silva@plc.ifmt.edu.br

RESUMO

A temperatura do ar é uma das variáveis mais utilizadas em estudos climatológicos sendo importante para diversas análises que envolvem processos biológicos, químicos e físicos, tem também um importante impacto social, uma vez que dados dessa variável tem sido bastante usados para reforçar os estudos sobre o aquecimento global. O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar os periodogramas gerados por meio de análise de ondeletas aplicados as séries temporais dos dados de temperatura do ar obtidos pela rede de Estações Meteorológicas mantidas pelo INMET no Estado de Mato Grosso. Nesta análise, buscou se detectar eventuais correlações entre as sazonalidades das séries e o fenômeno *El Niño*. Os resultados nos mostraram a possibilidade de influencias deste fenômeno nas variações de temperatura do ar, sendo este resultado potencialmente significativo para alavancar novos estudos para explicar fisicamente esta relação.

Palavras-chave: Temperatura do ar, Ondeletas, El Niño

OSCILLATION DOMAIN PATTERNS OF AIR TEMPERATURE AT THE MATO GROSSO STATE THROUGH WAVELETS

ABSTRACT

The air temperature is one of the variables most used in climatological studies being important for several analyzes involving biological, chemical and physical processes. It also has an important social impact, since data of this variable have been widely used to reinforce the studies on the global warming. The general objective of this work is to analyze the periodograms generated through the analysis of wavelets applied to the time series of the air temperature data obtained by the network of Meteorological Stations maintained by INMET in the State of Mato Grosso. In this analysis, we sought to detect possible correlations between the seasons of the series and the El Niño phenomenon. The results showed us the possibility of influences of this phenomenon in the variations of air temperature, being this result potentially significant to leverage new studies to explain physically this relation.

Keywords: Air Temperature, Wavelet, El Niño



INTRODUÇÃO

Podemos dizer que o Sol é praticamente nossa única fonte de energia e consequentemente responsável por praticamente todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em nossa atmosfera. Essa energia derivada da estrela de nosso sistema denomina-se radiação solar.

PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS (2002) definem a radiação solar como a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico, pois é ela que desencadeia todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc.).

Qualitativamente, a radiação solar se constitui de ondas eletromagnéticas de comprimento de onda variando de 0,2 a 20,0 μm , aproximadamente. Quando se refere a um espectro de radiação eletromagnética, subentende-se todos os comprimentos de onda dos quais se constitui (REICHARDT e TIMM, 2004).

Outra característica importante é o fato de mais de 99% deste espectro de radiação ser emitido no intervalo de 0,15 a 4,0 μm , chamado de domínio ou região da radiação solar. Deste espectro emitido, quase metade (44%) se situa na faixa denominada região visível, compreendendo comprimentos de ondas de 0,36 a 0,76 μm , ou seja, região de comprimentos de onda que impressiona a retina do olho humano, nos dando a sensação de visibilidade. Já, a região abaixo de 0,36 μm até 0,29 μm é denominada radiação ultravioleta e, acima de 0,76 μm até 2,50 μm radiação infravermelha.

Ao interagir com a atmosfera, a radiação solar está sujeita aos fenômenos de atenuação, no qual apenas uma parcela desta radiação chega à superfície terrestre. Essa perda se dá pelos fenômenos de absorção, difusão e reflexão onde, aproximadamente, apenas a metade desta radiação atinge a superfície da terra, seja o solo ou oceanos. Estes por sua vez, aquecem e liberam calor, transferindo o para o ar. Assim, a temperatura do ar está diretamente relacionada com o aquecimento e esfriamento da superfície que tenha estado em contato.



Em virtude de sua constituição esférica e inclinação média de $23,4^\circ$ em relação ao eixo, a Terra é irradiada de forma desigual em sua superfície. Devido a sua posição no globo terrestre, localizado entre os trópicos de Capricórnio e Câncer, também cortado ao extremo norte pela Linha do Equador, o Brasil está posicionado em regiões de bastante incidência de radiação, fator preponderante para a caracterização do seu clima.

O estado de Mato Grosso localizado na região central do Brasil apresenta altos índices de temperatura em boa parte do ano bem como alta pluviosidade (2000 milímetros anuais). Estes elementos são fatores fundamentais para a caracterização do clima de uma determinada região, ao mesmo tempo em que proporcionam dados para análise mais complexa cuja variabilidade pode ocorrer devido a relações existentes entre fenômenos climáticos em macro escala.

Segundo SETTE (2000) *apud* JUNIOR (2005) os principais sistemas larga escala, que atuam direta ou indiretamente em Mato Grosso são os fenômeno “ENSO” (Oscilação Sul-El Niño/La Niña), a Zona e Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Compreender estes fenômenos em sua totalidade sempre foi uma inquietude do homem, e o estudo destes processos dinâmicos tem se acentuado nas últimas décadas com o objetivo de entender e produzir previsões cada vez mais precisa através de modelos teóricos. Neste contexto, os sistemas não lineares requerem ferramentas matemáticas robustas para análise de dados registrados na forma de Séries Temporais (ST).

Recentemente, novas técnicas, em comparação a análise estatística clássica de sinais, têm sido desenvolvidas e introduzidas na literatura com a finalidade de fornecer ferramentas para caracterização de regimes não-lineares, possivelmente, associados à natureza da variabilidade complexa observada. (BARBOSA *et al.* 2004).

Dentre essas ferramentas desenvolvidas recentemente destaca-se Transformada em Ondeleta (TO) ou Análise de/em Ondeletas (AO). Desenvolvida inicialmente pelo pesquisador francês Jean Morlet no início da década de 80, vem sendo continuamente melhorada a partir de então.

De acordo com Barbosa *et al.* (2004), basicamente, a ideia central da análise de ondeletas, no contexto de análises de sinais, consiste em decompor uma série temporal em diferentes níveis de resolução tempo-frequência e, então determinar, as componentes da variabilidade dominante.



Uma das principais vantagens da utilização da Transformada de Ondeletas (TO) segundo GROSSMANN *et al.* (1989) resulta do fato de esta fornecer uma representação do sinal facilmente interpretável visualmente.

Esta técnica é útil para detectar, analisar e caracterizar as escalas de tempo que afetam os sistemas atmosféricos sobre a América do Sul e oceanos adjacentes. Esta ferramenta revela a estrutura temporal das séries temporais não estacionárias (VITORINO, 2003). Ainda segundo a autora, estudos que utilizam as ondeletas vêm crescendo em várias áreas. Desde a década de 1990 que a aplicação da Transformada em Ondeletas (TO) vem sendo utilizada em diversas áreas da ciência e da técnica, desde as ciências médicas às ciências exatas, da eletrônica à ótica aplicada.

TORRENCE e WEBSTER (1999), usaram a Ondeleta de Morlet, para estudarem a variação interdecadal no sistema monção-ENOS, apresentando uma modulação de amplitudes na escala de tempo de 12-20 anos. ANDREOLI *et al.* (2004) analisaram as variações da precipitação em Fortaleza e da Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Atlântico e Pacífico, no qual, identificaram um pico dominante de 12,7 anos na Série Histórica de 1856 a 1991. Já VIEIRA e BOLZAN (2008), utilizaram o Espectro Cruzado de Ondeleta (CWP) aplicado a dados geofísicos obtidos pelo satélite SOHO no período de 2001-2002, para estudar a correlação tempo-escala entre velocidade do vento solar e densidade de prótons, cujo resultados indicaram que os distúrbios solares ocorridos neste período aumentam a correlação entre ambas as variáveis.

O presente trabalho tem por objetivo analisar os padrões dominantes de oscilação da temperatura do ar de municípios do Estado de Mato Grosso nos periodogramas dos coeficientes ondeletas e as possíveis relações com o fenômeno *El Niño*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo utilizou se dados diários de temperatura do ar de 10 estações obtidos na rede de estações meteorológicas mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no estado de Mato Grosso (Tabela 1). As medidas de temperatura foram realizadas por meio de sensores de temperatura do ar (°C) instalados em Estações Meteorológicas de Observação de Superfície Automática do INMET. Inicialmente,



organizaram-se os dados em planilhas eletrônicas para depois serem submetidos à Análise de Ondeletas do conjunto de ferramentas do Software MATLAB®. As falhas nos dados foram preenchidas por meio de médias aritméticas entre o dia anterior e posterior, o que é aceitável quando não há uma grande falha na série histórica.

Tabela 1: Dados das estações meteorológicas utilizadas no estudo.

Estação (OMM)	Nome da Estação	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)	Período de dados
83361	Cuiabá	145	-15,61	-56,10	1961-2013*
83270	Canarana	430	-13,47	-52,27	1998-2013
83405	Cáceres	118	-16,05	-57,68	1998-2013
83309	Diamantino	286,3	-14,40	-56,45	1998-2013
83214	Matupá	285	-10,25	-54,91	1998-2013
83319	Nova Xavantina	316	-14,70	-52,35	1998-2013
83364	Pd. Ricardo Remetter	140	-15,78	-56,06	1998-2013
83358	Poxoreo	450	-15,83	-54,38	1998-2013
83410	Rondonópolis	284	-16,45	-54,56	1998-2013
83267	São José do Rio Claro	350	-13,43	-56,71	1998-2013

*1961-1989; 1998-2011

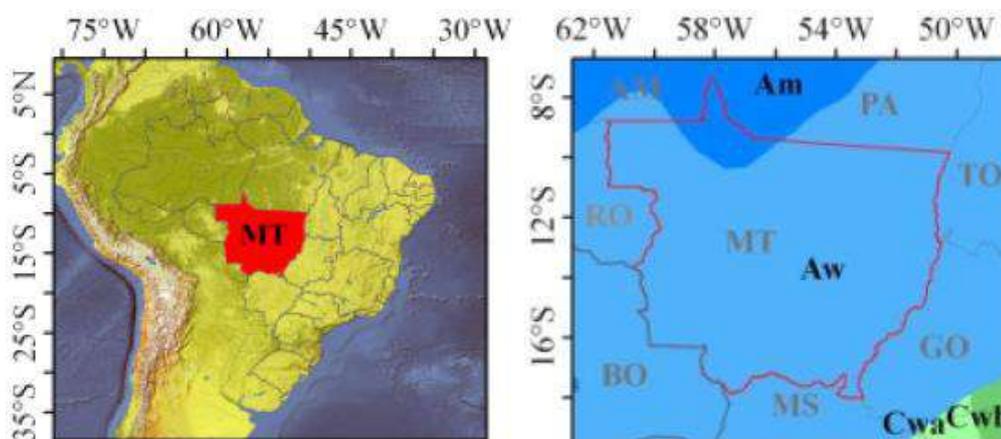
Fonte: Adaptado do INMET (2013).

• CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

O Estado de Mato Grosso localizado na região Centro-Oeste do Brasil está situado no centro geodésico da América do Sul (Figura 1) entre os paralelos 7°20'39" e 18°10'00" de latitude sul e os meridianos 50°13'48" e 61°31'00" a oeste de Greenwich. Com área total de 903.366,192 km² possui uma população estimada, pelo censo de 2010, de 3.035.122 habitantes, o que corresponde a 1,59% da população brasileira. Conta com 141 municípios e uma baixa densidade demográfica de 3,36 hab/km² (IBGE,2013). Apesar de o estado ter sua base econômica nas atividades rurais, o percentual da população situadas no campo, não chega a 20% da população total, concentrando se em sua grande parte na região metropolitana da capital.



Figura 1: Localização e clima (classificação de Köppen) de Mato Grosso:



Fonte: Adaptado de MARCUZZO; OLIVEIRA; CARDOSO (2012).

Devido à localização e sua grande extensão territorial, Mato Grosso é o único estado brasileiro a possuir os três dos principais biomas do país: Amazônia, Cerrado e Pantanal, o que proporcionam grandes diversidades, sejam elas ecológicas, econômicas e culturais.

O estado de Mato Grosso apresenta sensível variedade de climas. Porém, segundo a classificação de Köppen, amplamente utilizada na climatologia, o estado conta com dois tipos de clima: Aw e Am (Figura 1). De acordo com PEEL *et al.* (2007) Aw é caracterizado como clima tropical com estação seca no inverno, o que corresponde quase todo o território do estado, já o Am é o clima de monção, que ocorre apenas no extremo norte do estado. Ambos apresentam alta pluviosidade, sendo a média anual de Aw igual a 1500mm e Am maior ainda, em torno 2000mm anuais.

- **EL NIÑO**

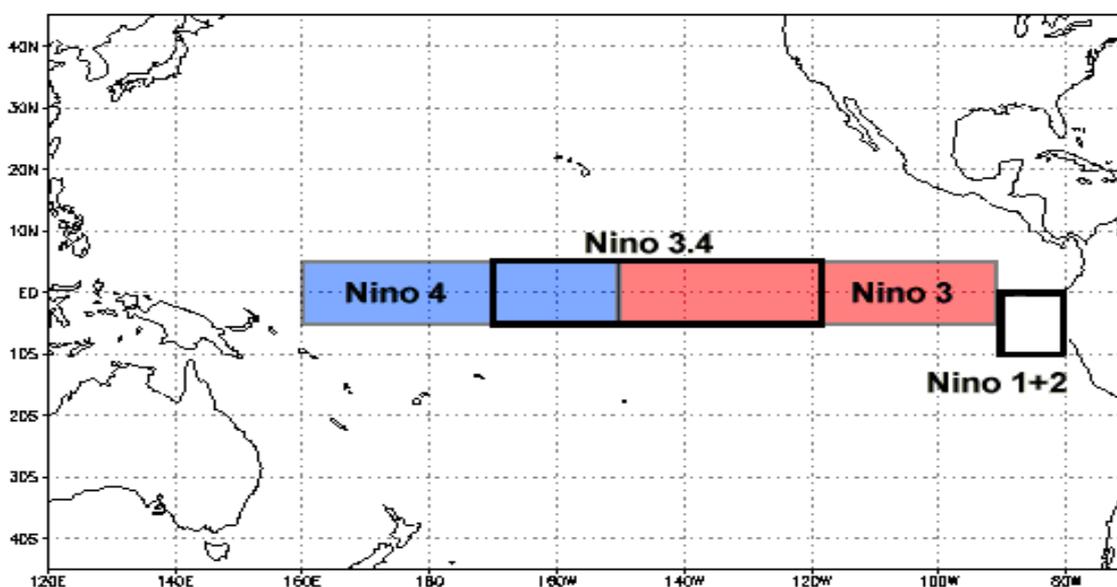
De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) uma componente do sistema climático da terra é representada pela interação entre a superfície dos oceanos a baixa atmosfera adjacente a ele. Os processos de troca de energia e umidade entre eles determinam o comportamento do clima, e alterações destes processos podem afetar o clima regional e global.



Pode-se dizer que a principal fonte de variabilidade climática interanual global é o fenômeno *El Niño* – Oscilação Sul, ou simplesmente ENOS (GRIMM, 2009). Ainda segundo o autor, este fenômeno trata-se de uma oscilação acoplada mar/atmosfera, produzindo alterações da Temperatura da Superfície do Mar (SST, do inglês, *Sea Surface Temperature*), da pressão, dos ventos e das convecções tropicais, principalmente no Oceano Pacífico, mas com reflexos sobre todo o planeta, incluindo o Brasil.

O fenômeno *El Niño* (*La Niña*) é caracterizado por uma média móvel de anomalias na temperatura da superfície do Oceano Pacífico situado na região Niño 3.4, nas coordenadas 5°N a 5°S e 120° a 170° W (Figura 2). Este padrão de medida é conhecida como o Índice Oceanico Niño-ION (ONI, do inglês, *Oceanic Niño Index*). Quando o ION ultrapassar o limiar de 0,5°C ou -0,5°C por um tempo mínimo de cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como *EL Niño* e *La Niña* respectivamente.

Figura 2: Regiões Niño



Fonte: NOAA (2013).

O ION também é utilizado para classificar a intensidade do ENOS em fraco, moderado e forte. Para ION com valores que variam de 0,5 a 0,9 o evento é caracterizado como fraco, se o valor do índice situar de 1,0 a 1,4 evento moderado, e índice igual ou maior que 1,5 evento caracterizado como forte.

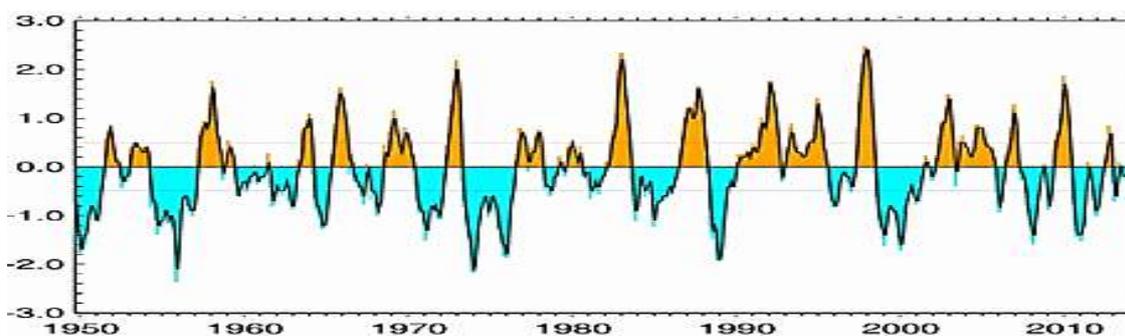


Tabela 2: Classificação anual da intensidade do fenômeno ENOS:

El Niño			La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952-53	1951-52	1957-58	1950-51	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1954-55	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	1956-57	1998-99	1988-89
1969-70	1986-87	1982-83	1964-65	2007-08	1999-00
1976-77	1991-92	1987-88	1971-72		2010-11
1977-78	1994-95	1997-98	1974-75		
2004-05	2002-03		1983-84		
2006-07	2009-10		1984-85		
			1995-96		
			2000-01		
			2005-06		
			2008-09		
			2011-12		

Fonte: Golden Gate Weather Services (2014)

Figura 3: Série Histórica do ION e seus respectivos limiar *El Niño* - e *La Niña* -, na vertical anomalias em °C e horizontal os respectivos anos da série.



Fonte: NOAA (2013).

• ONDELETAS

O termo ondeleta refere-se a um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradoras por dilatações (a) e translações (b) de uma função simples $\Psi(t)$ de variável real t , algumas vezes chamadas de ondeleta-mae. As funções derivadas da ondeleta-mae são



denominadas ondeletas filhas, ou simplesmente ondeletas (WENG e LAU, 1994). Esta função deve ser quadraticamente integrável dentro de um intervalo real, ou espaço $[L^2(\mathbb{R})]$, ou seja, deve apresentar energia finita. Assim, a energia desta função f é limitada ao longo de todo eixo dos reais. A função de ondeleta é matematicamente definida numa escala a e posição b , onde a e b são valores reais e $a > 0$, como sendo:

$$\Psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad \text{Equação 2.1}$$

A transformada de Ondeleta é definida pela seguinte equação:

$$(W_{\Psi}f)(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad \text{Equação 2.2}$$

onde $f(t)$ é a função temporal que constitui a série de dados. O termo $1/\sqrt{a}$ é utilizado para normalizar a energia de cada ondeleta.

De acordo com BOLZAN (2004) há dois tipos de funções ondeletas: as Contínuas e as Discretas; cada qual útil para determinadas aplicações. As discretas são utilizadas para a decomposição e filtragem de qualquer série-temporal, e a mais comum é a Haar. Já as contínuas são comumente utilizadas para visualizar, em um diagrama tridimensional, a relação existente entre as componentes de diferentes frequências em função da escala temporal do sinal estudado, no qual estas relações categorizadas como não lineares, sendo a mais comum a Morlet.

Para a realização deste trabalho optou-se pelo uso da função de ondeleta de Morlet, pois é bastante útil para mostrar uma relação entre tempo e frequência. A função Morlet é complexa e definida pela seguinte expressão:

$$\Psi(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad \text{Equação 2.3}$$

que representa uma onda modulada por envelope Gaussiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

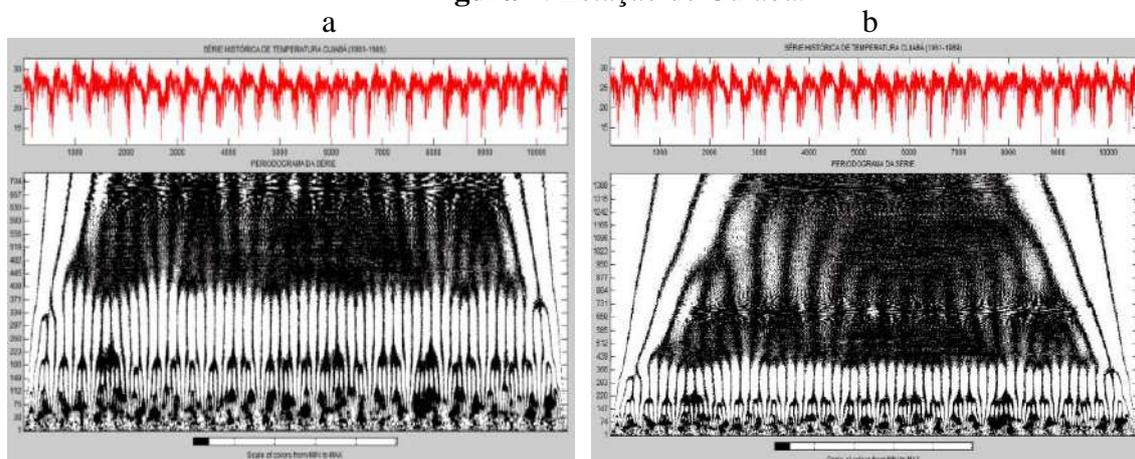
Aplicando a análise de ondeletas às séries históricas de dados de temperatura do ar, obteve-se os peridiogramas para cada estação da Tabela 1. Para o conjunto de dados de cada estação foram aplicadas duas análises, resultando em duas imagens (a e b) para cada figura, uma para período de 2 anos e outra para 4 anos respectivamente, visando obter melhores resultados visuais de possíveis influências ou sazonalidades na série.



As figuras são compostas pela série temporal de temperatura do ar (acima em vermelho), em que na vertical se observa a temperatura em °C e na horizontal a quantidade de dias da série. Também temos os periodogramas gerados com o Software MATLAB® (abaixo em preto e branco), cuja vertical podemos observar o período em dias e na horizontal a escala de cores de mínimo para máximo, que representa a variabilidade com que cada frequência contribui para o sinal.

A Figura 4 nos mostra a série temporal e os periodogramas da estação de Cuiabá de 1961 a 1989.

Figura 4: Estação de Cuiabá.



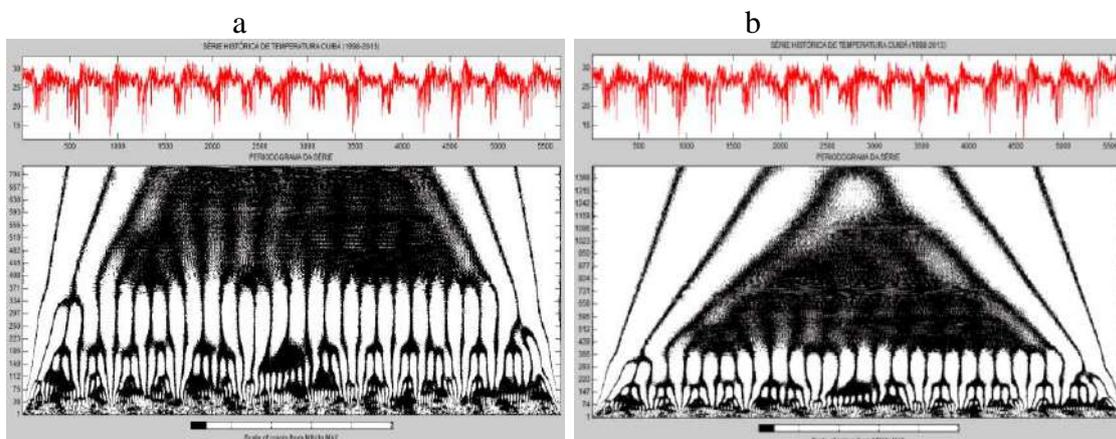
Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

A partir das análises pode-se observar flutuações em toda a série, porém, com maior intensidade nos períodos de 500 dias para as configurações de 2800 a 3100 dias, 4100 a 4400 dias e 7900 a 8200 dias, o que correspondem respectivamente aos anos de 1969, 72 a 73 e 82 a 83. Pode se visualizar também, sazonalidades superiores a 700 dias para os anos de 68 a 73 e 82-83, estendendo se um pouco mais, porém, desconsiderado por estar ao borde da imagem.

Já na Figura 5, que corresponde os periodogramas para dados de 1998 a 2013, observa se o pico de energia com período de 450 a 500 dias, intercalado entre os anos de 2002 a 2006.



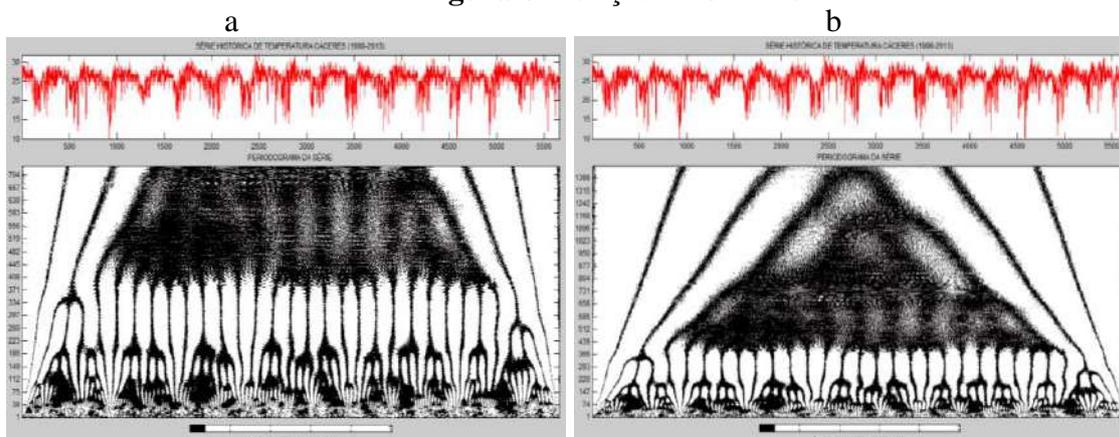
Figura 5: Estação de Cuiabá.



Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Na Figura 6, temos os resultados correspondentes à estação de Cáceres. Nos periodogramas percebe-se flutuações em quase toda a série, desconsiderando o clone de influência, acentuada no período de 520 dias. Essas variações iniciam em pequenas escalas por volta de 1770 dias, intensificando a partir de 2500 até 4000 dias, sendo estas alternadas em torno de 8 meses de intensidades e 3 a 4 meses de ausência, ou seja, variações anuais. Os dias da série representam o final do ano de 2002 a início de 2003, 2005 a 2009.

Figura 6: Estação de Cáceres.

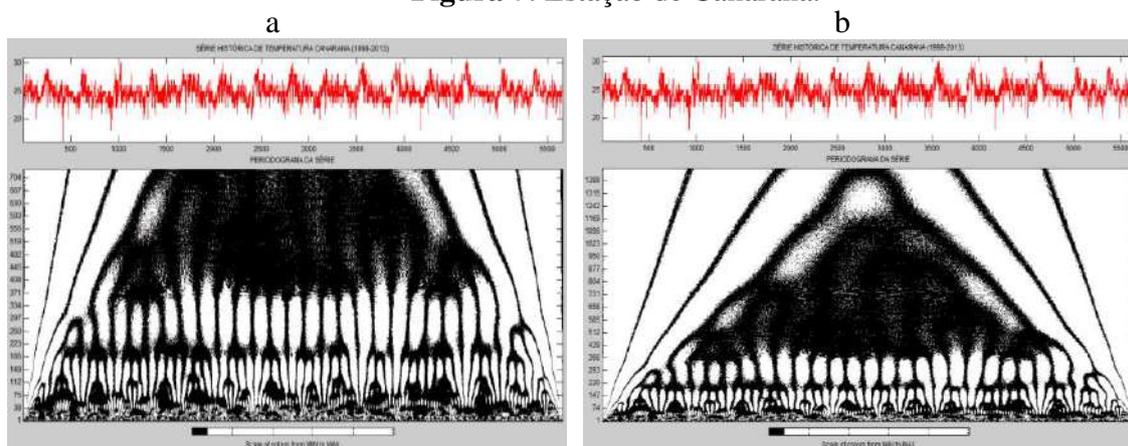


Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).



Os dados da série da estação de Canarana nos mostra uma baixa amplitude, no qual a temperatura se situa em torno dos 27° de média. Nos periodogramas há variações com período de 450 dias para o fim do ano de 2002 a 2003, 2007 a 2009, não muito intensas. Percebe se também sazonalidade superiores a 500 dias para os anos de 2005, 2007 a 2008, estas, com menor intensidade .

Figura 7: Estação de Canarana.

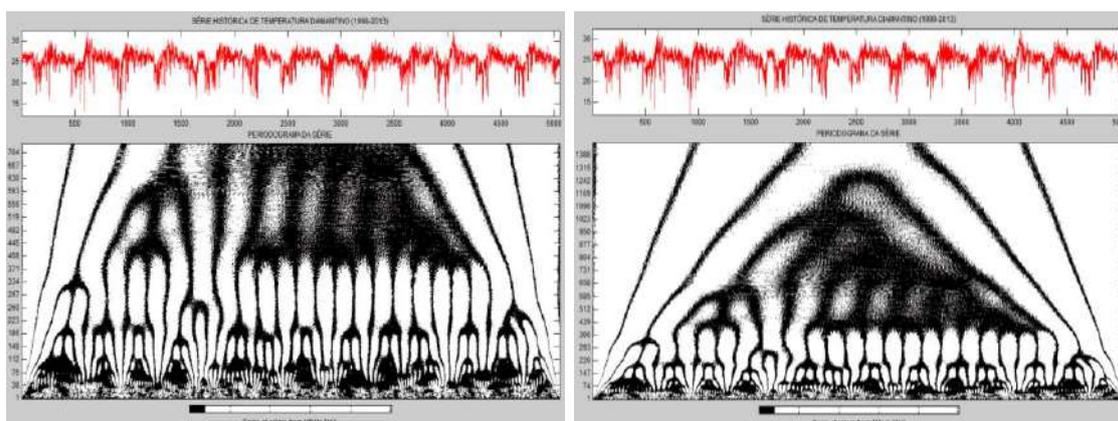


Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Os periodogramas de Diamantino nos apresenta uma configuração de forte intensidade nos picos de energia, no qual há uma ligação destas variações dos períodos inferiores a 400 dias e superiores a 550 dias por volta de 2002, e chegando a 700 dias para os anos de 2002 a 2004. Percebe-se ainda, variações de 500 a 600 dias de período para os anos de 2004 a 2005 e, 2005 a 2006. Há também sazonalidade para o ano de 2006 a 2007, porém, esta com menor intensidade.

Figura 8: Estação de Diamantino.

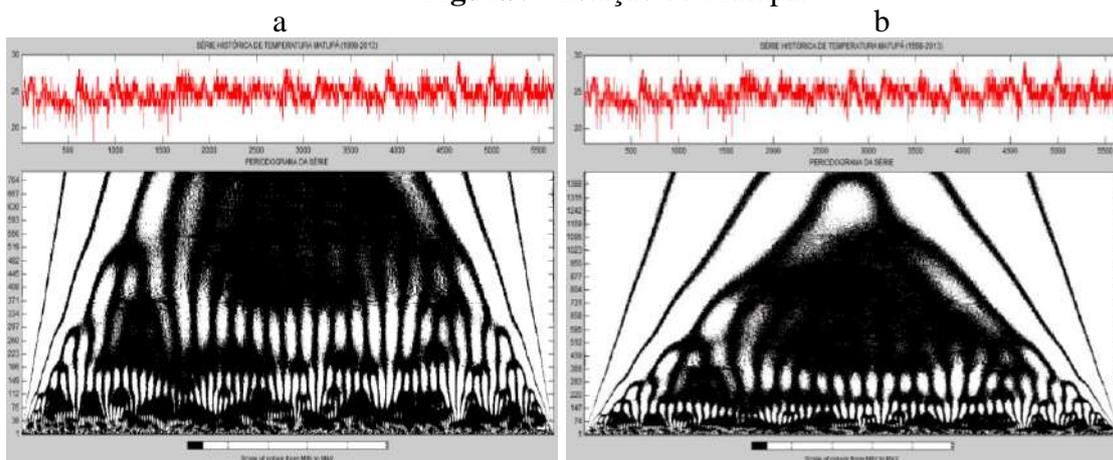
a b



Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

A estação do município de Matupá é a única situada na região de influência do clima Am (Figura 1), o que lhe confere uma amplitude térmica diária maior que a anual, sendo os meses mais frios com temperaturas superiores a 18 °C. Esta baixa amplitude térmica anual é facilmente perceptível em sua série temporal (Figura 9), o qual resulta em periodogramas muito distintos das demais cidades. Nestes, há uma variação, com período de 1 até 2 anos, por volta do ano de 2003. Há também flutuações com período de 450 dias para os anos de 2009 e 2010, mas com picos de energia bem baixos, o que representa influências com menor intensidade.

Figura 9: Estação de Matupá.



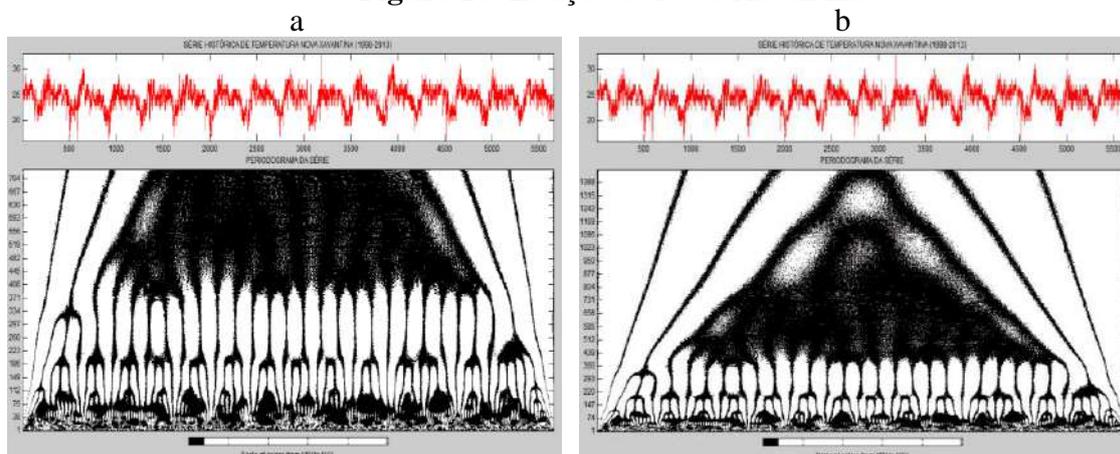
Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Os periodogramas gerados a partir dos dados de temperatura da estação de Nova Xavantina nos apresentam flutuações nos picos de energia de baixa intensidade, destacando



períodos superiores a 400 dias para os anos de 2002 a 2004 e por volta de 2007. Outras flutuações com menor intensidade e longos períodos são perceptíveis dentre os dados de 2500 a 3600, representando os anos de 2005 a 2008 da série temporal.

Figura 10: Estação de Nova Xavantina.

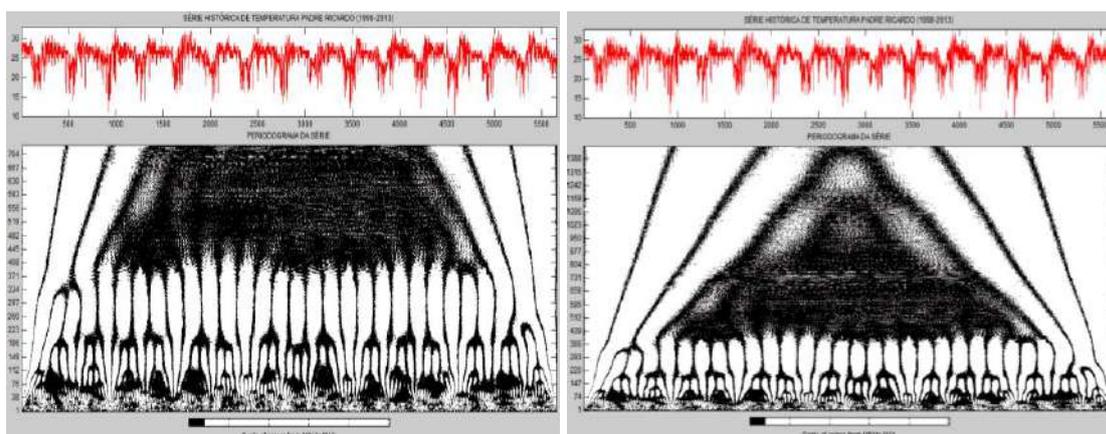


Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Para a estação de Padre Ricardo Remetter visualiza se variações distribuídas por todos os periódogramas, apresentando se como pequenos picos isolados, salvo em algumas partes, o que ao fim acaba por tomar toda a imagem. Com este formato, há uma grande dificuldade em identificar características tempo-frequência nas imagens a e b correspondentes a Figura 11, no qual destaca se visualmente uma variação por volta do ano de 2003.

Figura 11: Estação de Padre Ricardo Remetter.

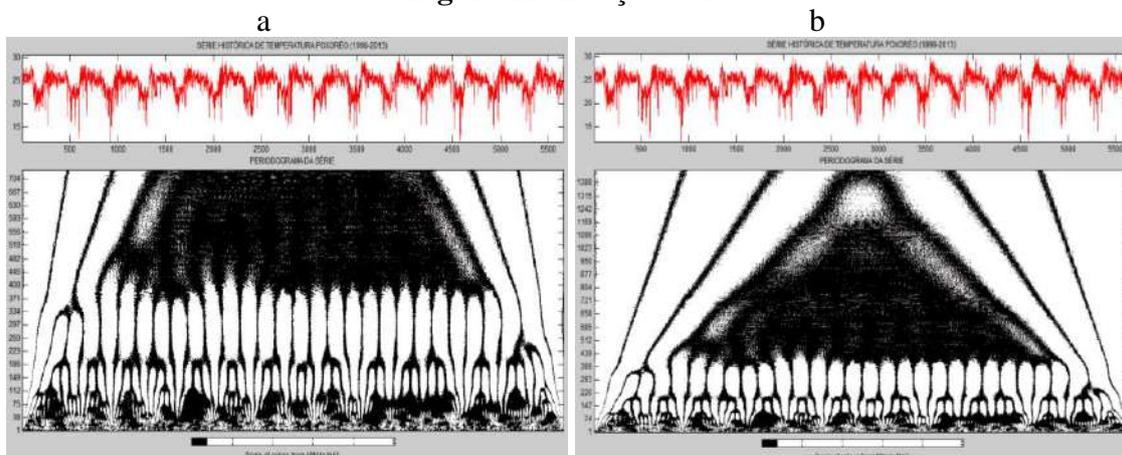
a b



Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

A imagem da estação de Poxoréo nos apresenta uma configuração similar a de Nova Xavantina, o qual apresenta flutuações com períodos e anos similares, o que pode estar ligado às características regionais do sudeste do estado. Porém, os picos de energia correspondentes às variações são ainda mais sutis aos apresentados nos periodogramas da estação de Nova Xavantina.

Figura 12: Estação de Poxoréo.

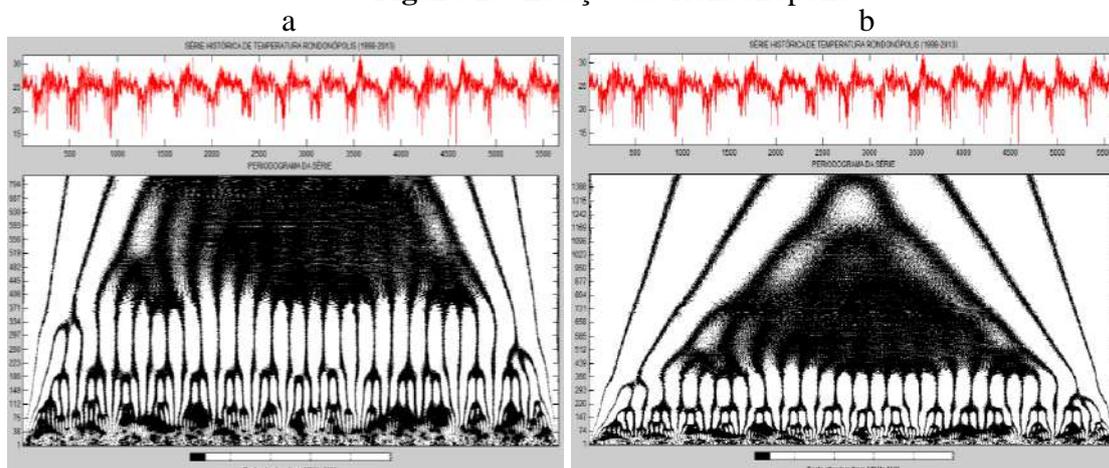


Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Nos dados da estação de Rondonópolis é perceptível um pequeno aumento nas máximas de temperatura para o fim da série comparado com o início da mesma. Já nos periodogramas gerados a partir da série temporal através da análise de ondeletas são visíveis variações bem acentuadas com período superior a 12 meses para os anos de 2002 a 2003 e 2004. Apresentam também flutuações para o ano de 2009, estas em menor escala. Outra

característica desta estação é sua localização mais ao sul do estado em relação às outras adotadas neste estudo.

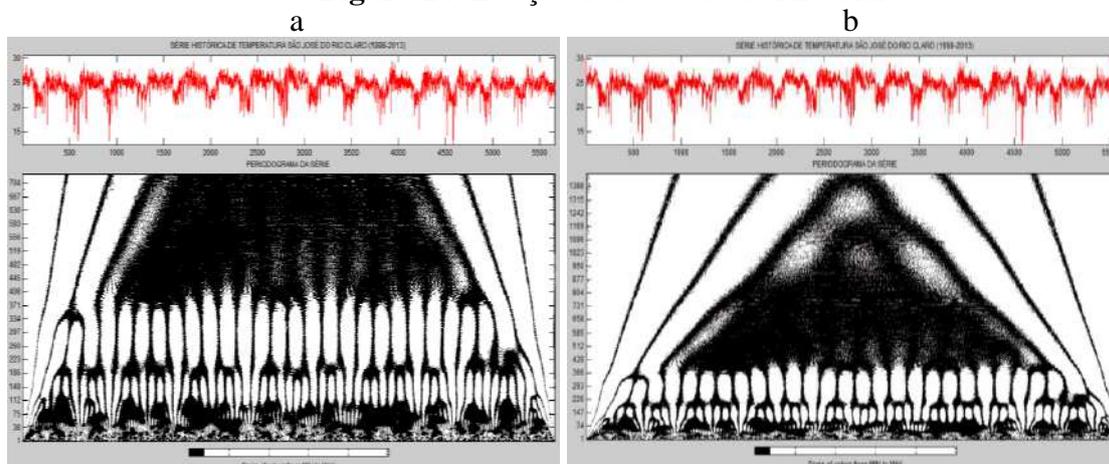
Figura 13: Estação de Rondonópolis.



Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Os periodogramas de São José do Rio Claro apresentam variações bem sutis, destacando para o período de 450 dias nos anos de 2006 e 2007.

Figura 14: Estação de São José do Rio Claro.



Organização: GOMES, Mateus Luiz (2014).

Os resultados obtidos através da análise dos periodogramas das estações estudadas revelam variabilidades situadas de 13 a 18 meses para quase todas as séries temporais de temperatura de seus respectivos municípios. Esse período é típico de fenômeno ENOS, pois de acordo com TRENBERTH (1997) o aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio destes pode durar de 12 a 18 meses.



Na série de Cuiabá de 1961 a 1988, os picos dominantes revelam os anos de 1968-69, 1972 -73 e 1982-83, os quais coincidem com os anos de ocorrência do fenômeno *El Niño*, intensidade de moderado a forte (Tabela 2). Já a série que contém os dados de 1998 a 2013 contém sazonalidade de 2002 a 2006, que também houve fenômeno *El Niño* com intensidade de moderado a fraco.

Para as demais cidades, todas apresentaram variações situadas no ano de 2002 a 2003, ano de *El Niño* moderado. Houve algumas com maior ou menor intensidade, destacando-se Cáceres, Padre Ricardo e São José do Rio Claro com leve intensidade, e, Diamantino e Matupá com maiores intensidades. Também foram encontradas características de sazonalidades por volta de 2005, principalmente para as estações localizadas mais ao oeste do estado (Cáceres, Diamantino e São José do Rio Claro), o que remonta a um ano de ocorrência do fenômeno, ainda que classificado como fraco.

Por fim, quase todas as imagens apresentaram picos de energia ao final dos periodogramas, situados aproximadamente no ano de 2009, o que representa também ano de *El Niño* moderado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os periodogramas derivados das séries temporais dos dados de temperatura do ar dos municípios estudados apresentaram periodicidades típicas provocadas pelo fenômeno *El Niño* coincidindo com os anos de ocorrência do mesmo, seja este classificado como fraco, moderado ou forte.

Algumas imagens não exibiram coincidências nos picos de energia com as respectivas intensidades do ENOS, o que nos leva a uma afirmação de plausibilidade das correlações do fenômeno e a sazonalidade da temperatura na região do estudo. Essa possível influência deve continuar a ser estudada através de outras variáveis, aportando também, uma análise de ondeleta que gere imagens mais finas, o que é facilmente obtido com a mudança de w_0 na Equação 2.3 ou adição de algoritmos no MATLAB®.

AGRADECIMENTOS



Os autores agradecem a INMET-BDMEP (Instituto Nacional de Meteorologia – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) por disponibilizar os dados utilizados que viabilizaram este estudo.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. (2004). **A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza**, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.3, 337-344.

BARBOSA, E. B. M.; ROSA, M. M.; VIJAYKUMAR, N. L.; BOLZAN, M. J. A.; TOMASELLA, J. (2004). **Caracterização por Ondeletas de Processos Físicos Não-Lineares na Micro-bacia Amazônica**, INPE, São José dos Campos.

BOLZAN, M. J. A. (2004). **Análise da transformada em ondeletas aplicada em sinal geofísico**. *Revista Brasileira para o Ensino de Física*, v. 26, n.1, p. 37-41.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Pesquisas Geográficas. Estimativas Populacionais 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10/03/2014.

_____.INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>> Acesso em: 15/04/2014.

_____.INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.inpe.br/acessoinformacao/node/399>>. Acessado em: 20/04/2014.

Golden Gate Weather Services. Disponível em: <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>> Acesso em: 13/04/2014.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, cap. 22, p. 353-374.

GROSSMANN, A.; KRONLAND-MARTINET, R.; MORLET, J.:(1989) “ **Reading and Understanding Continuous Wavelet Transforms**”. In: Wavelets. J.M. Combes. A. Grossmann. Ph. Tchamitchian Eds..Springer- Verlag. pp. 2-20.

JUNIOR, N. L. A.(2005) **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**, Dissertação de Mestrado em Física e Meio Ambiente, UFMT, Cuiabá.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. L.; CARDOSO, M. R. D. (2012). **Tendência do número de dias de chuva no estado do Mato Grosso**. *Ciência e Natura*, vol 34, n. 2.



NOAA. National Oceanic And Atmospheric Administration. Disponível em: <<http://www.noaa.gov/>>. Acesso em: 12/04/2014.

PEEL M.C.; FINLAYSON B.L.; McMAHON T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System**, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004.

TORRENCE, C.; WEBSTER, P. J. (1999). **Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system**. *J.Climate*, 12, 2679-2690.

VIEIRA, P. C.; BOLZAN, M. J. A. (2008). **Espectro cruzado de ondeleta aplicada na variação solar medida pelo satélite SOHO**. *Phisicae*. v.7, p.21-23.

VITORINO, M. I. (2003). **Análise das Oscilações Intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes Utilizando a Análise de Ondeletas**, Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos.

WENG, H.; LAU, K-M. (1994). **Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific**. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.51, n.17, p.2523-2541.