



X-001 – ANÁLISE DE AUTOCORRELAÇÃO APLICADA A RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM DIFERENTES TIPOLOGIAS URBANAS

Maricéia Tatiana Vilani⁽¹⁾

Graduada em Matemática pela Faculdade Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI/RS). Especialização em Matemática e Física (URI/RS), Mestrado em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT). Doutora em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT). Atualmente é Professora na Universidade de Várzea Grande (UNIVAG/MT) e no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais na Universidade de Cuiabá (UNIC/MT).

Luciana Sanches⁽²⁾

Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT), Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Doutorado em Engenharia Ambiental - Universidad de Cantabria, Espanha, revalidado pela UFSC, Pós-doutorado em Física Ambiental, Pós-doutorado em Ciências Ambientais pela University of Reading, Reino Unido. Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso.

Oswaldo Borges Pinto Junior⁽³⁾

Graduação em Licenciatura Plena em Biologia, especialização em Ecologia do Cerrado, mestrado em Física e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT), doutorado em Agricultura Tropical e pós-doutorado na Universidade Federal de Mato Grosso. É Professor da Universidade de Cuiabá (UNIC), do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNIC e do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da UFMT.

José de Souza Nogueira⁽⁴⁾

Graduado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT), Mestrado em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo e Doutorado em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor Titular da Universidade Federal de Mato Grosso, Bolsista Produtividade CNPq - nível 1A e Coordenador do Mestrado e Doutorado em Física Ambiental da UFMT.

Endereço⁽¹⁾: Alphaville II, Rua Alameda Rondonópolis, nº. 367 – Jardim Itália – Cuiabá/MT - CEP: 78061456 - Brasil - Tel: (65) 9998 -2175, e-mail: mtvilani@gmail.com

RESUMO

Independente do método ou técnica de previsão que se venha a utilizar é importante conhecer a relação entre as observações atuais e anteriores e para este propósito existe a análise das funções de Autocorrelação. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a Autocorrelação para a variável radiação solar em quatro pontos de estudo, duas de área urbana e duas de área rural, produzindo informações adicionais sobre os processos subjacentes, examinando padrões temporais e as relações entre eles. Os dados indicaram baixa persistência temporal, apresentando serem dados estacionários, através do decaimento mais abrupto.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente Urbano, Correlograma, Estacionariedade.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm grandes preocupações na comunidade científica, em vista da necessidade do conhecimento de possíveis variações e tendências no clima.

Essas variações não se restringem 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).

Variáveis atmosféricas normalmente exibem algum grau de dependência em relação a seus valores anteriores. Segundo Wilks (2006), na terminologia das ciências meteorológicas, essa dependência é usualmente denominada de persistência temporal, podendo ser definida como o condicionamento das probabilidades de

ocorrência entre dados sucessivos de uma mesma série temporal. Persistência positiva indica que elevados ou baixos valores de uma variável tendem a serem seguidos por valores também elevados ou baixos.

Outro importante termo é a estacionariedade, implica que a média e a função de Autocorrelação de uma série de dados não muda com o tempo. Qualitativamente, uma série estacionária é aquela que está em equilíbrio estatístico, no sentido que contém nenhuma tendência, enquanto que uma série não-estacionária é aquela cujas propriedades mudam com o tempo.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a Autocorrelação para a variável radiação solar, para quatro pontos de estudo, duas de área urbana e duas de área rural, analisando sobretudo a Estacionariedade dos dados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e Instrumentação

O estudo se desenvolveu com dados climáticos de instrumentos meteorológicos instalados em três pontos da cidade de Cuiabá e um na cidade de Chapada dos Guimarães. A Tabela 1 descreve a localização e os pontos de estudo.

Tabela 1: Descrição das características dos pontos de estudo.

Cidade	Ponto	Coordenadas	Altitude	Descrição
Cuiabá	Centro	15°36'1"S; 56°5'29"O	187 m	Área de alta densidade construtiva na zona central urbana
	Seplan	15°33'59"S; 56°4'30"O	239 m	Área de média densidade construtiva e próximo a lagoa Paiaguás
	Unicampo	15°45'45"S; 56°3'57"O	202 m	Área de transição entre urbana e rural
Chapada dos Guimarães	Chapada	15°27'32" S; 55°45'15"O	809 m	Área urbana de baixa densidade construtiva e clima característico de regiões serranas

O clima apresenta duas estações definidas pela distribuição das chuvas: estação chuvosa (outubro a março) e estação seca (abril a setembro), que segundo Gomes (2010) esta definição foi feita considerando seis meses para cada estação, em função da média anual da precipitação das normais climatológicas de 1931 a 1969 e de 1961 a 1990.

Os dados de radiação solar foram obtidos por instrumentos automáticos do modelo WM 918 com Dataloger e console Vantage Pro2 do Fabricante Davis Instruments, programadas para armazenamento de dados a cada 30 minutos, em três pontos da cidade de Cuiabá e um em Chapada dos Guimarães entre janeiro e dezembro de 2007.

Análise da Função Autocorrelação

A Função Autocorrelação parcial (PACF) mede a correlação entre duas observações seriais Y_t e Y_{t-k} , sendo que o efeito das defasagens sobre Y_t permanecem constantes. A representação da PACF α_k é apresentada na equação 1:

$$\alpha_k = CORR \left[Y_t - E(Y_t | Y_{t-1}, \dots, Y_{t+k}), Y_{t-k} - E(Y_{t-k} | Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k+1}) \right] \quad \text{equação (1)}$$

A representação gráfica de α_k e k é chamada de Correlograma amostral da Função Autocorrelação, sendo que para cada intervalo (lag) k é calculado um α_k e, portanto a sequência de pares (k, α_k) , $k = 1, 2, \dots$, é denominada uma função de Autocorrelação.

O Correlograma traça um limite assintótico, determinado um intervalo no qual as estatísticas da função de Autocorrelação e de Autocorrelação parcial devem variar. Este intervalo de confiança (IC) é determinado pela equação 2:

$$IC = \pm 1,96(\sqrt{1/N}) \quad \text{equação (2)}$$

em que o valor de 1,96 corresponde a um intervalo relacionado à uma distribuição normal com um nível de significância de 5%, sendo que este IC possui os limites superior e inferior, onde dentro destes limites a Autocorrelação é considerada significativa (GODOY, 2007).

A Estacionariedade da Série Temporal

A análise das estatísticas básicas das séries estacionárias permite separar a estacionariedade em dois grupos:

- (1) estacionariedade no amplo senso: médias, variâncias e covariâncias constantes no tempo.
- (2) estacionariedade no estrito senso: probabilidade de uma dada flutuação no processo em torno da média é a mesma em qualquer momento do processo.

Na prática, aceita-se que as séries observadas sejam séries fracamente estacionárias, situações nas quais garante-se apenas médias e variâncias invariantes no tempo.

O correlograma gráfico representativo de uma Autocorrelação pode ser utilizado como um indicador de não-estacionariedade de séries temporais.

Para identificar uma correlação em estacionário e não-estacionário (Figura 1), temos duas situações, se $\hat{\rho}_k - \text{Cair}$ Abruptamente (a) diz-se (Estacionário), $\hat{\rho}_k - \text{Cair}$ Lentamente (b) diz-se (Não Estacionário), verifica-se que se os valores dos coeficientes de Autocorrelação caem lentamente, à medida que k (número de lags) aumenta, ou, de outra forma, que apresentam valores inicialmente altos que não caem rapidamente para um valor estatisticamente igual a zero, indica que a série é não estacionária e precisa ser diferenciada (FAVA, 2000).

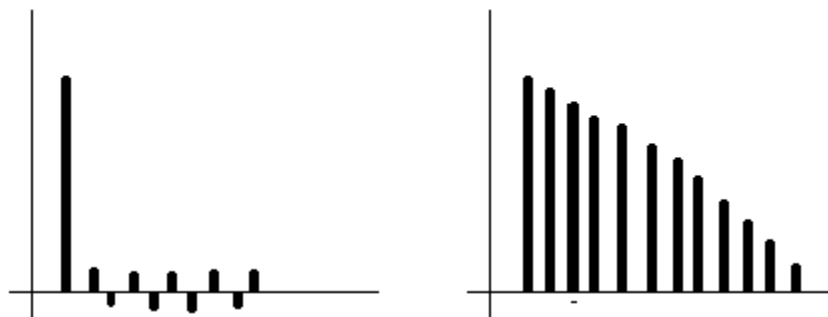


Figura 1: Autocorrelação, estacionário (a) e não estacionário (b).
Fonte: Maia (2003).

A figura 2 apresenta os padrões de decaimento.

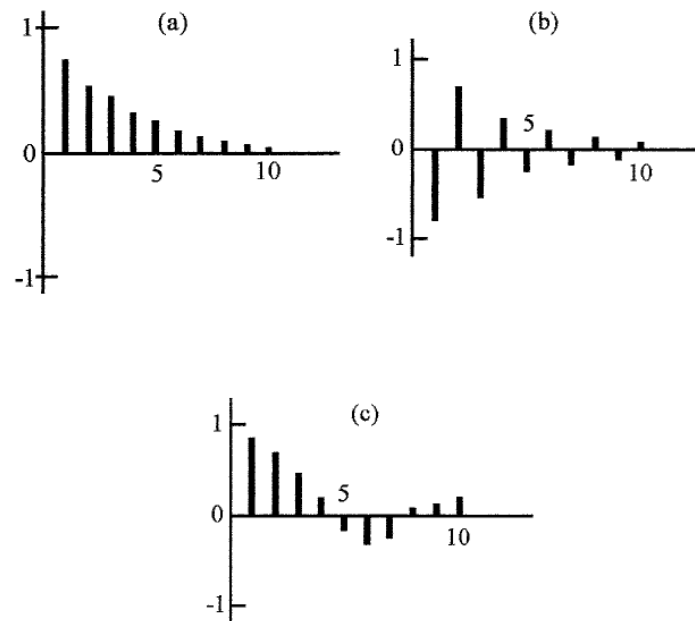


Figura 2: Exemplos de padrão de decaimento: (a) decaimento exponencial sem oscilações; (b) decaimento exponencial com oscilações e (c) decaimento em onda senoidal.
Fonte: Maia (2003).

A linhas que saem do limite de -1 a 1 nos correlogramas representam limites de significância estatística, acima dos quais as Autocorrelações são consideradas significativamente diferentes de zero, também definido como dentro do limite do ruído branco.

Segundo Rocha (2008), são exemplos de séries temporais não-estacionárias as séries sazonais ou com tendência linear ou exponencial.

RESULTADOS

Nesta análise verificamos a persistência temporal dos dados, que mede a dependência dos erros aleatórios atuais, com erros aleatórios anteriores. Assim como, a estacionariedade dos dados.

Os gráficos abaixo representam os correlogramas, onde no eixo das abcissas estão os *lags*, que corresponde aos meses (1 a 12 meses), e no eixo das ordenadas os coeficientes de Autocorrelação parcial, onde as linhas horizontais representam os limites IC do ruído branco, acima dos quais as Autocorrelações são consideradas significativamente diferentes de zero.

Observa-se na Figura 3 que todos os coeficientes da função Autocorrelação dos quatro pontos de estudo da radiação solar permanecem abaixo do limite do ruído branco, ou seja, dados significativamente próximos de zero, indicando baixa persistência temporal, e quanto à estacionariedade dos dados, todos tiveram um decaimento mais abrupto, indicando serem dados estacionários.

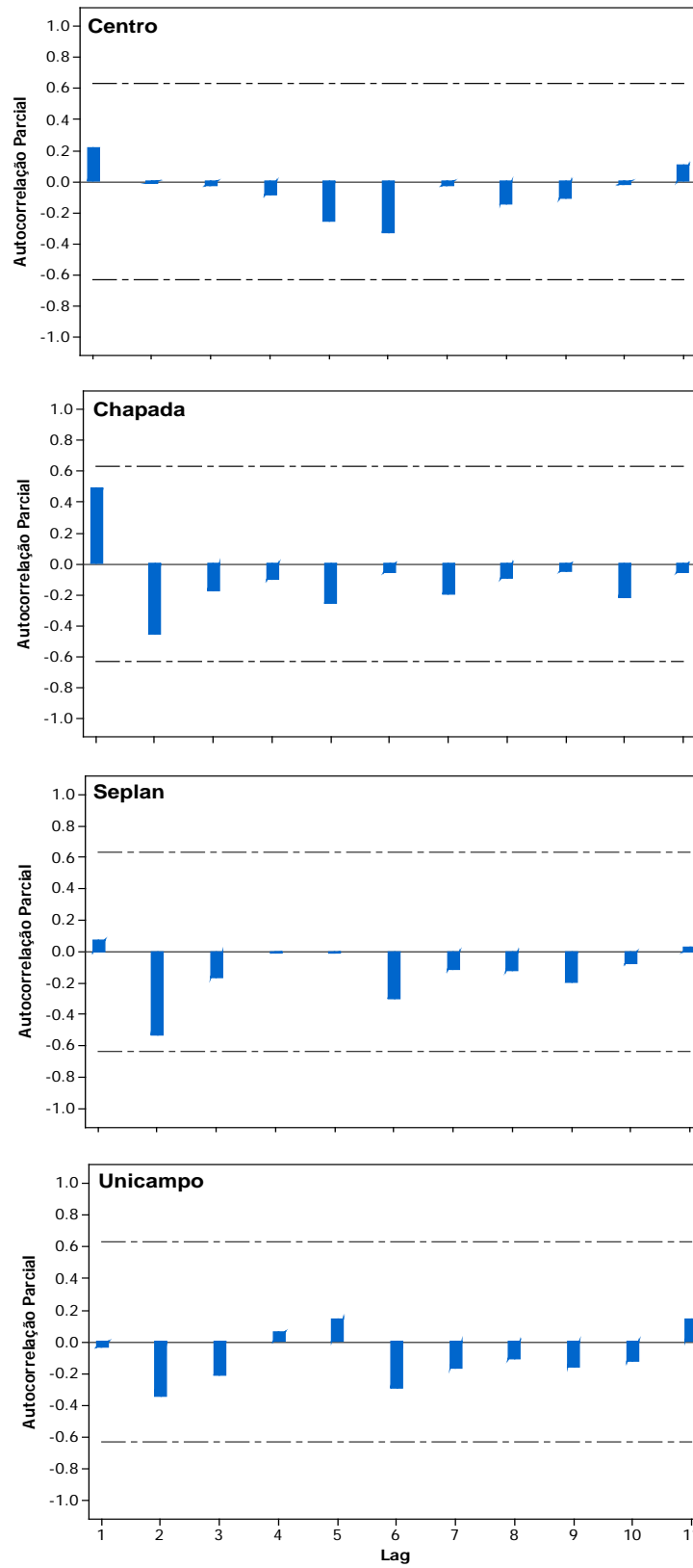


Figura 3: Função de Autocorrelação (PACF) da média mensal da radiação solar (a), no Centro, Chapada, Seplan e Unicampo, ao nível de significância de 5%.



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A radiação solar para os quatro pontos de estudo apresentou independência dos valores temporalmente precedentes, com dados abaixo do limite do ruído branco de caráter aleatório, ou seja, baixa persistência temporal.

Quanto à estacionariedade dos dados, para os quatro pontos houve um comportamento estacionário, os dados apresentaram um caimento abrupto, indicando com isto uma fraca estacionariedade.

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

1. FAVA, V.L. Metodologia de Box-Jenkins para modelos univariados. Manual de econometria:nível intermediário, São Paulo: Atlas, 308p, 2000.
2. FRANCO, F. M. Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima local: Estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT. 2010. 137f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Universidade de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
3. GODOY, E. V. Apostila de Métodos Estatísticos. Centro Universitário Fundação Santo André. 55p, 2007.
4. MAIA, S. F. Construção de Modelos Box-Jenkins. Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Economia, Notas de aula, 2003.
5. ROCHA, V. B. Uma abordagem de Wavelets Aplicada à Combinação de previsões: Uma análise teórica e experimental. 2008. 155f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia), Curitiba, 2008.
6. WILKS, D. S. Statistical methods in the atmospheric sciences. 2. ed., San Diego: Academic Press, 629p, 2006.