

Análise de lacunaridade da precipitação de bacias hidrográficas do estado de São Paulo

Leandro R.R. Lucena,¹ Ana C.P. Campos,²
DEINFO – UFRPE, 52.171-900, Recife/PE

Resumo. A precipitação pluviométrica tem grande importância na caracterização do clima de uma região, interferindo nas alternâncias de rendimento das culturas. Análise de variabilidade espacial e da variabilidade temporal de atributos naturais vem recebendo destaque nas últimas décadas possibilitando assim realizar estimativas com maior precisão sobre a precipitação pluviométrica. Foram avaliados dados de precipitação diária de quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo (Atibaia (8 estações), Camanducaia (6 estações), Jaguari (16 estações) e Piracicaba (12 estações)) no período de 1 de janeiro de 1937 a 31 de dezembro de 2006. Para análise foi utilizado a análise de lacunaridade para avaliar a precipitação diária nas 42 estações em diferentes limiares. Quanto menor o valor de lacunaridade maior é a homogeneidade do número de dias chuvosos, enquanto que o valor do expoente β decresce com o aumento do nível de precipitação.

Palavras-chave: *Lacunaridade; precipitação; variabilidade temporal.*

1. Introdução

O fluxo de energia solar incidente sobre o globo terrestre é respondido pela atmosfera e oceanos de várias maneiras, tais como pelo armazenamento ou redistribuição das ondas eletromagnéticas. As manifestações termodinâmicas causadas por esses processos podem ser avaliadas em um período longo denominado de (clima). O clima de uma região é determinado por fatores, denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional (Molion, 1987).

¹leandroricardo_est@yahoo.com.br

²anaclarapcampos@yahoo.com.br

A variabilidade climática pode afetar de forma importante a vida econômica e social da população em geral, na geração de energia, nas atividades agrícolas, na indústria turística e, de forma indireta, em todo setor produtivo. Um dos fenômenos físicos decorrentes da variabilidade climática é a variabilidade da precipitação pluvial, como um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas que exercem maior influência na qualidade do meio ambiente.

A precipitação pluviométrica tem grande importância na caracterização do clima de uma região, interferindo nas alternâncias de rendimento das culturas (Silva et al., 2003). Análises de variabilidades espacial e temporal de atributos naturais vêm recebendo destaque nas últimas décadas possibilitando assim realizar estimativas com maior precisão sobre a precipitação pluviométrica.

Silva et al. (2003) estudou a variabilidade temporal da precipitação mensal e anual da estação climatológica de Uberaba-MG observou uma dependência temporal fraca. Xavier et al. (1994) estudou a evolução da precipitação diária na cidade de São Paulo verificando uma maior concentração das chuvas no mês de fevereiro e uma forte mudança de comportamento no mês de maio. Blain et al. (2007) avaliou a distribuição espacial e temporal do município de Campinas-SP observando maior concentração de chuva nos períodos de dezembro a março. Costa et al. (1998) analisou a variabilidade da precipitação em regiões de florestas e pastagens na Amazônia, já Moraes et al. (2005) avaliou a variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará.

2. Objetivos

Avaliar a variabilidade da precipitação diária em quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo.

3. Metodologia

3.1 Dados

Os dados utilizados foram coletados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2012) do estado de São Paulo. Foram selecionados dados referentes a níveis de precipitação diária de quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo (Atibaia (8 estações), Camanducaia (6 estações), Jaguari

(16 estações) e Piracicaba (12 estações)), durante o período de 1 de janeiro de 1937 a 31 de dezembro de 2006.

3.2 Lacunaridade

O conceito de lacunaridade foi introduzido por Mandelbrot (1982), a lacunaridade é bastante explorada em fenômenos climáticos e ecológicos (Martinez et al., 2007, 2010; Lana et al., 2010). A lacunaridade avalia a quantidade e distribuição do tamanho de lacunas dentro de um conjunto de dados (Mandelbrot, 1982). Valores grandes de lacunaridade implicam em grandes tamanhos de lacunas, enquanto que pequenos valores implicam em menores tamanhos de lacunas, o que sugere uma distribuição mais uniforme (Mandelbrot, 1982).

Martinez et al. (2007) utilizou a lacunaridade para caracterizar regimes pluviométricos na Península Ibérica. A lacunaridade foi utilizada para encontrar padrões de comportamento no índice de oscilação do atlântico norte (Martinez et al., 2010), já Lana et al. (2010) utilizou a análise de lacunaridade para definir o regime pluviométrico da Europa.

Na análise pluviométrica, a lacunaridade é uma medida da distribuição dos segmentos, definida como a sequência de dias consecutivos com valores de chuva igual ou superior a um limiar, e as lacunas, definido como sequências de dias consecutivos com valores de chuva abaixo do limiar selecionado. Para avaliação da lacunaridade foram utilizados os limiares de 0.1, 1, 5 e 10 mm/dia de precipitação pluvial.

Do ponto de vista quantitativo, temos que $n(s; r)$ é o número de janelas móveis de tamanhos r (dias) contendo s segmentos (dias chuvosos). A função de probabilidade é definida por:

$$p(s; r) = \frac{n(s; r)}{N(r)} \quad (3.1)$$

onde, $N(r)$ é o número total de janelas de tamanho r .

O primeiro e o segundo momento da distribuição de massa são definidos por:

$$M_1(r) = \sum_{s=1}^r s \cdot p(s; r) \quad (3.2)$$

e

$$M_2(r) = \sum_{s=1}^r s^2 \cdot p(s; r) \quad (3.3)$$

Defini-se a lacunaridade pelo seguinte quociente:

$$L(r) = \frac{M_2(r)}{[M_1(r)]^2} \quad (3.4)$$

a relação entre lacunaridade e o tamanho de janela pode ser ajustado através do modelo (Martinez et al., 2007):

$$L(r) = \alpha r^\beta \epsilon \quad (3.5)$$

em que ϵ apresenta distribuição normal com média 0 e variância σ^2 constante, $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

4. Resultados

Na figura 1, estão dispostos os valores de lacunaridade média (para diferentes tamanhos de janelas) para cada bacia hidrográfica de acordo com os diferentes níveis de precipitação, podemos verificar que quanto maior o tamanho da janela menor será o valor de lacunaridade.

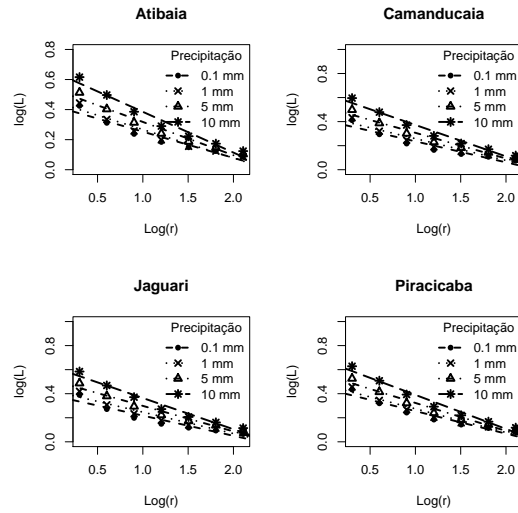


Figura 1: Lacunaridade empírica $L(r)$ em função do tamanho da janela r das bacias hidrográficas.

Observa-se que o comportamento dos valores de lacunaridade média para os limiares de 0,1 e 1 mm são bastantes similares independente do espaço temporal, figura 1. Para os limiares de 5 e 10 mm os valores de lacunaridade média

apresentaram valores maiores em relação aos limiares de 0,1 e 1 mm. Verifica-se que o expoente β de lacunaridade aumenta proporcionalmente em relação ao aumento do limiar de precipitação (figura 1).

Nota-se que para níveis os maiores limiares de precipitação têm-se um aumento na lacunaridade, no valor do expoente β e uma maior dispersão dos valores de lacunaridade, tabela 1. As variabilidades dos valores médios de lacunaridade para os níveis de precipitação de 0.1, 1, 5 e 10 mm são 0.24, 0.29, 0.49 e 0.97, respectivamente.

Na tabela 1, observam-se os valores médios de lacunaridade (para diferentes tamanhos de janela) para todas as estações hidrológicas e o valor médio do expoente β de lacunaridade para os diferentes níveis de precipitação. Observa-se que quanto maior a concentração de precipitação na região maior é o valor de lacunaridade média, o mesmo pode ser observado para a estimativa do expoente β de lacunaridade (tabela 1).

Tabela 1: Valores médios de lacunaridade e do expoente de lacunaridade β .

Média de L(r)	Número de dias							β
	2	4	8	16	32	64	128	
0.1 mm	2.58	1.98	1.66	1.47	1.36	1.28	1.19	-0.17
1 mm	2.73	2.12	1.78	1.55	1.41	1.32	1.21	-0.19
5 mm	3.20	2.48	2.02	1.71	1.51	1.38	1.25	-0.22
10 mm	4.03	3.06	2.38	1.92	1.64	1.47	1.31	-0.27

5. Conclusões

Os resultados mostrados evidenciam que o valor de lacunaridade decresce com o aumento da janela, indicando uma maior homogeneidade do número de dias chuvosos nas bacias hidrográficas.

A variabilidade da lacunaridade cresce, enquanto que o valor do expoente beta decresce de acordo com os diferentes níveis de precipitação.

Estes resultados podem ser utilizados para desenvolvimento e avaliação dos modelos teóricos e computacionais para a dinâmica da precipitação das bacias hidrográficas do estado de São Paulo.

Referências

- Blain, G. B., Piedade, S. M. S., Camargo, M. B. P., e Giarolla, A. (2007). Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do instituto agrônomo, em campinas, sp. *Bragantia*, 66:347–355.
- Costa, R. F., Feitosa, J. R. P., Fisch, G., Souza, S. S., e Nobre, C. A. (1998). Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na amazônia. *ACTA AMAZONICA*, 28:395–408.
- DAEE (2012). Departamento de águas e energia elétrica. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhn.exe/plu?lig=pdfp>. Acesso em: 20/02/2012.
- Lana, X., Martinez, M. D., Serra, C., e no, A. B. (2010). Complex behaviour and predictability of the european dry spell regimes. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 17:499–512.
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The fractal geometry of nature*. Ed. Freeman, S. Francisco.
- Martinez, M. D., Lana, X., no, A. B., e Serra, C. (2007). Lacunarity, predictability and predictive instability of the daily pluviometric regime in the iberian peninsula. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 14:109–121.
- Martinez, M. D., Lana, X., no, A. B., e Serra, C. (2010). Predictability of the monthly north atlantic oscillation index based on fractal analyses and dynamic system theory. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 17:93–101.
- Molion, B. C. L. (1987). Climatologia dinâmica da região amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2:107–117.
- Moraes, B. C., Costa, J. M. N., Costa, A. C. L., e Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do pará. *ACTA AMAZONICA*, 35:207–214.
- Silva, J. W., aes, E. C. G., e Tavares, M. (2003). Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de uberaba-mg. *Ciências e Agrotecnologia*, 27:665–674.

Xavier, T. M. B. S., Xavier, A. F. S., e Dias, M. A. F. S. (1994). Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: o caso da cidade de são paulo. *Revista Brasileira de Metereologia*, 9:44–53.

