

## Temperatura do nordeste brasileiro via análise de lacunaridade

Leandro Ricardo R. Lucena<sup>†</sup>, Tatijana Stosic

Departamento de Estatística e Informática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEINFO - UFRPE)

**Resumo:** A região Nordeste é caracterizada pela seca, provocada por diversos fatores, dentre eles, a localização geográfica. A lacunaridade avalia a quantidade e distribuição do tamanho de lacunas dentro de um conjunto de dados, é bastante explorada em fenômenos climáticos e ecológicos. O conhecimento da temperatura do ar se faz importante devido a sua fundamental contribuição em várias áreas do conhecimento, principalmente em meteorologia, oceanografia, climatologia e hidrologia. Para tanto este trabalho objetiva caracterizar a temperatura do nordeste Brasileiro através da análise de lacunaridade. O Banco de dados é composto de 91 estações meteorológicas com valores de temperatura horárias no período de 01 de janeiro de 2008 a 01 de janeiro de 2011. Na análise de temperatura do ar, a lacunaridade é uma medida da distribuição dos segmentos, definida como a sequência de horas consecutivas com valores de temperatura igual ou superior a um limiar, e as lacunas, definido como sequências de horas consecutivas com valores de temperatura do ar abaixo do limiar selecionado. Para avaliação da lacunaridade foram utilizados os limiares de 27, 30 e 32°C. Observa-se que à medida que aumentamos o limiar de temperatura os valores do expoente  $\beta$  de lacunaridade diminuem. A análise de lacunaridade mostrou-se bastante eficaz para avaliação de variação de temperaturas da região nordeste. Para estações com temperaturas elevadas, os valores de lacunaridade são mais homogêneos.

**Palavras-chave:** Lacunaridade; Temperatura; Nordeste; Brasil.

**Abstract:** The Northeast region is characterized by drought, caused by several factors, including the geographical location. The lacunarity evaluates the quantity and size distribution of gaps within a data set and it's very explored in ecological and climatic events. The knowledge of the air temperature becomes important because of its major contribution in various areas of knowledge, particularly in meteorology, oceanography, climatology and hydrology. This study aims to characterize the temperature of Northeast Brazil by Analysis lacunarity. The database is composed of 91 meteorological stations with values of time temperature in the period from 01 January 2008 to 1 January 2011. In the analysis of the air temperature, the lacunarity is a measure of the distribution of segments, defined as a sequence of consecutive time with temperature values equal to or greater than a threshold, and the gaps defined as sequences of consecutive time with temperature values of the air below the selected threshold. For evaluation the lacunarity were used thresholds of 27, 30 e 32°C. It is observed that as we increase the temperature threshold the values of lacunarity exponent  $\beta$  decreases. The lacunarity analysis proved to be very effective for the temperature variation in the northeast region. For stations with high temperatures the lacunarity values are more homogeneous.

**Keywords:** Lacunarity; Temperature; Northeast; Brazil.

## Introdução

A região Nordeste é caracterizada pela seca, provocada por diversos fatores, dentre eles, a localização geográfica. A região está localizada na zona intertropical da Terra, portanto, por causa da quantidade de luz que incide na superfície do local, a temperatura é muito elevada durante o ano todo. São identificados três tipos de climas ao longo da região Nordeste: tropical, semiárido e equatorial úmido.

<sup>†</sup> Autor correspondente: [leandroricardo\\_est@yahoo.com.br](mailto:leandroricardo_est@yahoo.com.br).

Clima tropical: ocorre principalmente no sul da Bahia, centro do Maranhão e no litoral de todos os Estados da região. Esse tipo de clima apresenta duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa. Clima semiárido: abrange especialmente a região central do Nordeste, onde as temperaturas são elevadas durante o ano todo, as chuvas são irregulares e há ocorrência de prolongada estiagem. Clima equatorial úmido: é identificado em uma restrita área da região localizada a oeste do Maranhão, que sofre influência do clima equatorial, com temperaturas elevadas e chuvas abundantes.

O nordeste brasileiro é formado pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, ocupa uma área de aproximadamente 1,5 milhão de quilômetros quadrados e fica localizado entre os meridianos  $48^{\circ}05'W - 35^{\circ}02'W$  e paralelos  $1^{\circ}S - 18^{\circ}05'S$ . Essa extensa região é banhada, ao Norte e a Leste, pelo oceano Atlântico.

A lacunaridade avalia a quantidade e distribuição do tamanho de lacunas dentro de um conjunto de dados (MANDELROT, 1982), é bastante explorada em fenômenos climáticos e ecológicos (MARTINEZ et al., 2007). Martinez et al. (2007) caracterizou o regime pluviométrico da Península Ibérica utilizando análise de lacunaridade. Martinez et al. (2010) estudou o comportamento mensal do índice de oscilação do atlântico norte através de análise de lacunaridade.

O conhecimento da temperatura do ar se faz importante devido a sua fundamental contribuição em várias áreas do conhecimento, principalmente em meteorologia, oceanografia, climatologia e hidrologia. Para tanto este trabalho objetiva caracterizar a temperatura do nordeste Brasileiro através da análise de lacunaridade.

## Material e métodos

### Dados

O banco de dados do CPTEC é composto de 91 estações meteorológicas, Alagoas (6 estações), Bahia (20 estações), Ceará (11 estações), Maranhão (12 estações), Paraíba (7 estações), Pernambuco (11 estações), Piauí (13 estações), Rio Grande do Norte (7 estações) e Sergipe (4 estações), onde foram registrados valores de temperaturas horárias no período de 01 de janeiro de 2008 a 01 de janeiro de 2011, como ilustrado na Figura 1.

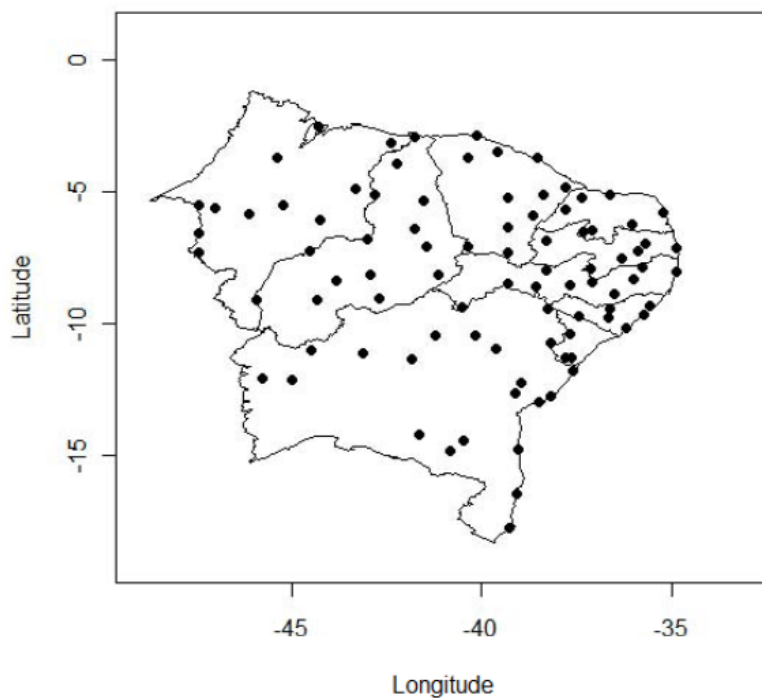


Figura 1: Distribuição espacial das estações do nordeste brasileiro.

## Análise de lacunaridade

Mandelbrot (1982) introduziu uma medida chamada lacunaridade. 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. Na análise de temperatura do ar, a lacunaridade é uma medida da distribuição dos segmentos, definida como a sequência de horas consecutivas com valores de temperatura igual ou superior a um limiar, e as lacunas, definido como sequências de horas consecutivas com valores de temperatura do ar abaixo do limiar selecionado. Para avaliação da lacunaridade foram utilizados os limiares de 27, 30 e 32°C.

Do ponto de vista quantitativo, temos que  $n(s; r)$  é o número de janelas móveis de tamanhos  $r$  (horas) contendo  $s$  segmentos (temperaturas igual ou superior a um limiar). A função de probabilidade é definida como

$$p(s, r) = n(s; r) / N(r) \quad (1)$$

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:

$$M1(r) = \sum_{s=1}^r s \cdot p(s; r) \quad (2)$$

e

$$M2(r) = \sum_{s=1}^r s^2 \cdot p(s; r) \quad (3)$$

Defini-se a lacunaridade pelo seguinte quociente:

$$L(r) = M2(r) / [M1(r)]^2 \quad (4)$$

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

$$L(r) = \alpha r^\beta \varepsilon \quad (5)$$

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

## Resultados e discussões

Observa-se que para tamanhos de janelas pequenos os valores médios de lacunaridade são grandes, independente do estado, já para valores grande de janela têm-se pequenos valores médios de lacunaridade, Figura 2. Nota-se que na Figura 2 que no estado do Piauí os valores de lacunaridade são bastante semelhantes para os três limiares de temperatura, isto pode ter ocorrido, pois nesta região o comportamento da temperatura é bastante homogêneo.

Nos estados do Ceará e Sergipe apresentaram pequenas variações dos valores de lacunaridade em relação aos três limiares de temperatura estudado. Os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte apresentaram valores de lacunaridade ao limiar de 32°C muito diferente dos demais limiares, isto pode ter ocorrido, pois nesta região não apresentam valores de temperatura bastante elevados, Figura 2. Em todos os estados estudados os valores de lacunaridade aos limiares de 27°C e 30°C apresentaram comportamentos bastante similares, Figura 2.

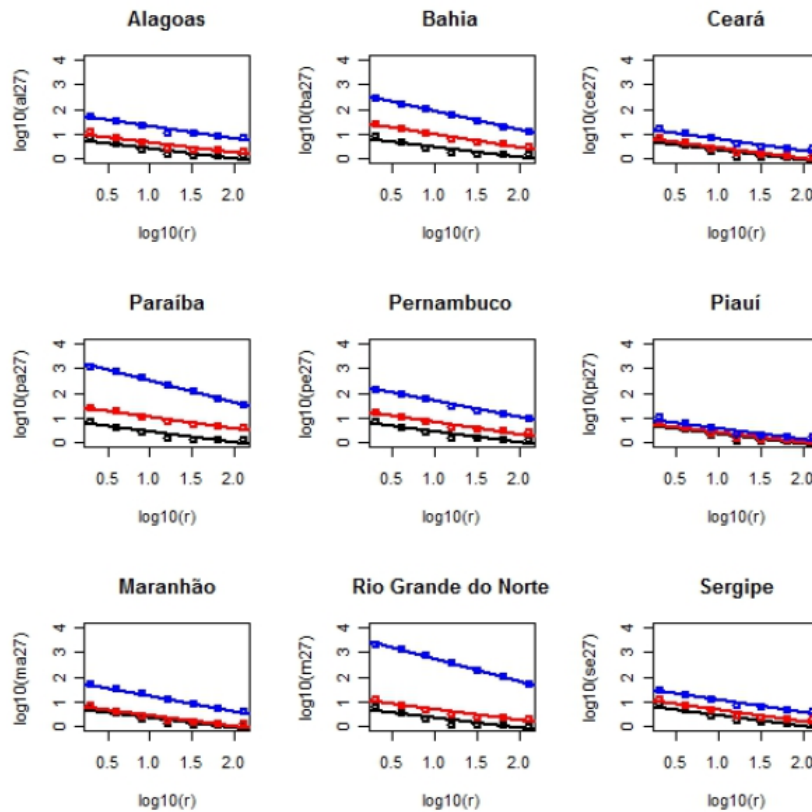


Figura 2: Relação empírica dos valores médios de lacunaridade em relação ao tamanho de janela dos Estados do Nordeste (preto -  $27^{\circ}\text{C}$ , vermelho -  $30^{\circ}\text{C}$  e azul -  $32^{\circ}\text{C}$ ).

Observa-se que à medida que aumentamos o limiar de temperatura os valores do expoente  $\beta$  de lacunaridade diminuem Figura 3. Na Figura 3a os valores do expoente  $\beta$  de lacunaridade apresentou variação de  $-0,46$  a  $-0,34$ , a maioria das estações meteorológicas apresentaram valor do expoente  $\beta$  de lacunaridade em torno de  $-0,42$  a  $-0,40$ .

Observa-se que quando avaliado o limiar de  $30^{\circ}\text{C}$  o valor do expoente  $\beta$  de lacunaridade variou entre  $-0,65$  a  $-0,35$ , Figura 3b. Nota-se que uma grande parte das estações apresentaram valores do expoente  $\beta$  de lacunaridade entre  $-0,45$  a  $-0,40$ . Quando avaliado o limiar de  $32^{\circ}\text{C}$  verifica-se que os valores do expoente  $\beta$  de lacunaridade apresentaram variação de  $-0,90$  a  $-0,40$ , Figura 3c.

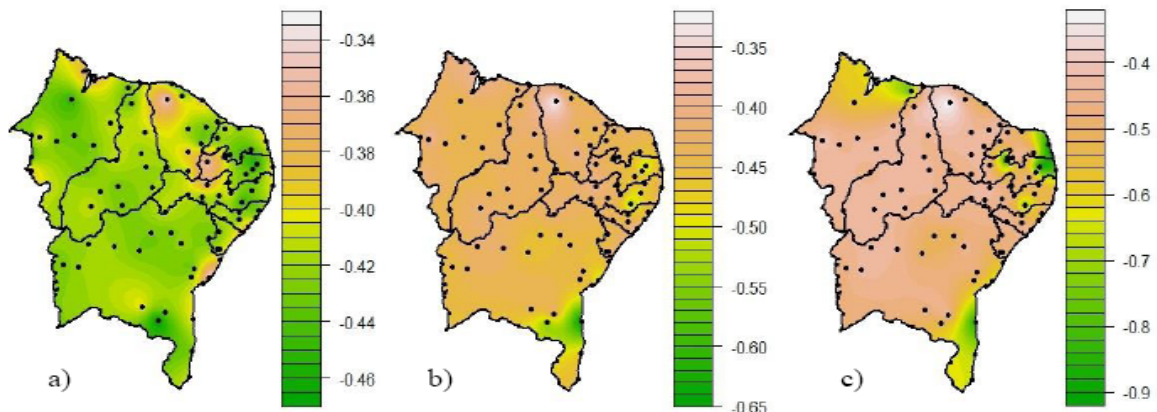


Figura 3: Valores do expoente  $\beta$  em relação aos diferentes temperaturas a)  $27^{\circ}\text{C}$ , b)  $30^{\circ}\text{C}$  e c)  $32^{\circ}\text{C}$ .

## Conclusões

A análise de lacunaridade mostrou-se bastante eficaz para avaliação de variação de temperaturas da região nordeste. Para estações com temperaturas elevadas, os valores de lacunaridade são mais homogêneos. À medida que aumenta o limiar de temperatura o expoente de lacunaridade tende a diminuir.

## Referências

INSTITUTO BRASILEIRO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC*. Disponível em: <http://sinda.cm2.inpe.br/PCD/>. Acesso em: 1 de outubro de 2011.

MANDELBROT, B. B. *The fractal geometry of nature*. Freeman, San Francisco, USA, 1982.

MARTINEZ, M. D.; LANA, X.; BURGUEÑO, A.; SERRA, C. Lacunarity, predictability and predictive instability of the daily pluviometric regime in the Iberian Peninsula. *Nonlinear Processes in Geophysics*, v.14, p.109-121, 2007.

MARTINEZ, M.D.; LANA, X.; BURGUEÑO, A.; SERRA, C. Predictability of the monthly North Atlantic Oscillation index based on fractal analysis and dynamics system theory , *Nonlinear Processes in Geophysics*, v.17, p.93-101, 2010.