

## **Análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral sul fluminense, RJ**

Fernanda Silva Soares<sup>1</sup>

Cristiane Nunes Francisco<sup>2</sup>

Cacilda Nascimento de Carvalho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense -Instituto de Geociências  
Campus da Praia Vermelha, Niterói, RJ. CEP 24210-310  
nandageosoares@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense -Instituto de Geociências  
Campus da Praia Vermelha, Niterói, RJ. CEP 24210-310  
crinsf@vm.uff.br

<sup>3</sup>Universidade Federal Fluminense -Instituto de Química  
Outeiro de São João Batista s/n, Campus do Valonguinho, Niterói, RJ. CEP: 24.020-150  
cacilda@vm.uff.br

**Abstract.** This paper aims to analyze the spatial distribution of rain in the south coast of Rio de Janeiro state, and to identify the local factors that influence spatial distribution. The analysis based on Digital Terrain Model (DTM), generated by the interpolation of the annual pluviometric index, showed that the places near the shoreline and with no topographic barriers had the highest pluviometric index of the study area. As local factors, it was analyzed slope and aspects maps, derived from the Digital Elevation Model (DEM), and shoreline distance, generated by a Geographic Information System (GIS). The Pearson's correlation coefficient, calculated among these maps, showed that shoreline distance had the highest coefficient among them.

**Palavras-chave:** digital terrain model (DTM), geographic information system, spatial distribution of rain, geographic climatology, modelo digital de terreno, sistema de informação geográfica, distribuição espacial de chuvas, climatologia geográfica.

### **1. Introdução**

O estado do Rio de Janeiro possui um alto índice pluviométrico anual, chuvas frequentes durante todo o ano e uma distribuição espacial de precipitação pluviométrica heterogênea (MONTEIRO, 1999; NIMER, 1979). No litoral sul do Rio de Janeiro, verificam-se os maiores índices pluviométricos do estado, os quais podem ser explicados pela interação entre a orientação do relevo e a direção das frentes polares (NIMER, 1979). Na região da Ilha Grande, a Serra do Mar estende-se paralelamente à costa na direção WSW-ENE. As frentes polares, quando chegam na área, encontram as vertentes da Serra do Mar, ocasionando a ascensão da massa de ar, a sua saturação e a precipitação. A convecção do ar, provocada pelas altas temperaturas aliadas à forte umidade, favorecida pela presença da Mata Atlântica, também é um outro fator desencadeador das chuvas na região. Este quadro faz com que as encostas meridionais da Serra do Mar possuam índice pluviométrico anual acima de 2.000 mm, ultrapassando 2.500 mm em determinados locais (NIMER, 1979; MONTEIRO, 1969).

O objetivo do presente trabalho é analisar a distribuição espacial das chuvas na região hidrográfica da baía Ilha Grande e identificar os fatores locais que contribuem para a diferenciação da distribuição espacial do volume total de chuvas. Esta análise foi feita com base na geração do Modelo Digital de Terreno (MDT) do índice pluviométrico anual, e no cruzamento entre este e os planos de informação representativos das características fisiográficas locais que devem influenciar a distribuição e a intensidade das chuvas, sendo eles: altitude, declividade, orientação de vertentes, e distância do litoral.

O presente trabalho justifica-se por diversos fatores, dentre eles: (1) a distribuição espacial e temporal da pluviosidade é essencial para dar subsídios à gestão do meio ambiente; (2) a geração de informações sobre a disponibilidade hídrica e de cenários de demanda, que podem ser utilizadas pelos comitês das bacias hidrográficas e nos seus respectivos planos diretores, de acordo com a Lei de águas, Decreto nº 9433/97; (3) as informações sobre a sazonalidade da pluviosidade são de importância para diversas atividades econômicas, entre elas o turismo; (4) o monitoramento sobre a instabilidade de encostas, principalmente porque esta área possui um relevo muito acidentado.

## 2. Metodologia

Inicialmente foram selecionadas e avaliadas 31 estações pluviométricas que se localizam na área de estudo, situadas na Serra do Mar e no Planalto da Bocaina, entre os municípios de Mangaratiba e Parati, prolongando-se até o estado de São Paulo. Os dados, coletados no DAEE - SP (Divisão de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo) e na ANA (Agência Nacional de Águas), abrangem período entre 1970 e 1999. Após o preenchimento dos meses faltados, fez-se a análise de consistência dos dados.

Em seguida foi elaborado o Modelo Digital de Terreno (MDT) do total pluviométrico anual e estacional. O MDT consiste na representação, em uma superfície contínua, da distribuição espacial de um fenômeno, através da interpolação de amostras, com uma distribuição espacial representativa, ou de isolinhas (FELGUEIRAS, 2001).

Para avaliar a distribuição espacial das chuvas em função da topografia, foram vetorizadas as curvas de nível e a hidrografia das cartas em escala 1:50.000 que cobrem a área em estudo. As cartas rasterizadas foram fornecidas pelo Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ. Algumas cartas estavam separadas por tema, o que facilitou sua vetorização. Cada carta foi georreferenciada no programa *Spring 3.6* e as curvas de nível e a hidrografia foram vetorizadas no programa *Arc View 3.1*. A partir destes vetores foi elaborado o Modelo de Digital de Elevação (MDE), utilizando o algoritmo de Triangulação com Interpolação Linear (TIN).

Com base no MDE foram gerados mapas de declividade e orientação de vertentes. Com a extensão *Spatial Analyst*, foi elaborado mapa representando a distância de cada *pixel* em relação ao litoral. Cada mapa foi representado por uma matriz com 21 mil *pixels* e resolução espacial de 500 m. As matrizes foram convertidas em uma tabela, onde as linhas representavam os *pixels* e as colunas os seus atributos, ou seja: altitude, declividade, orientação de vertentes, distância do litoral e total pluviométrico anual. Em um pacote estatístico, foi feita análise de correlação de *Pearson* e análise de regressão entre o total pluviométrico e as variáveis consideradas independentes.

## 3. Análise dos Resultados

### 3.1 Distribuição espacial das chuvas

Com a análise do MDT do índice pluviométrico anual e estacional, foi identificado um padrão de distribuição espacial de chuvas. As áreas mais chuvosas estão próximas ao litoral, situadas a barlavento, sem a presença de uma barreira topográfica que interfira na passagem das frentes, gerando um índice pluviométrico anual acima de 2.000 mm. Estes locais foram identificados como padrão A na **Figura 1**, e correspondem à região que se estende entre Bracuí, em Angra dos Reis, e São Roque, em Parati. Nesta área o índice pluviométrico encontra-se entre 2.000 e 2.400 mm anual, sendo, portanto, a maior pluviosidade da área de estudo. Este índice se estende também para o interior da bacia do rio Bracuí, o que,

provavelmente, explica sua elevada vazão específica, que é próxima a 60 L/s.km<sup>2</sup>, enquanto a média da vazão específica da área de estudo é de cerca de 45 L/s.km<sup>2</sup> (FRANCISCO, 2004). No período úmido, que se estende de outubro a março, o índice ultrapassa 1.500 mm. Já no período seco, que se estende de abril a setembro, esta área continua com índices pluviométricos mais elevados da área de estudo, alcançando 800 mm.

A presença de uma barreira topográfica a barlavento nas áreas litorâneas reduz os índices pluviométricos das áreas a sotavento, pois as massas de ar, ao alcançarem estes locais já estão menos úmidas. O padrão de distribuição de chuvas destas áreas foi denominado como B. A cidade de Parati é um exemplo deste padrão, apresentando índice pluviométrico anual inferior a 1.600 mm, sendo que no período úmido verifica-se um índice pluviométrico de cerca de 1.100 mm, enquanto no período seco ele está em torno de 500 mm. A região entre o Terminal da Petrobrás (TEBIG) e Ibicuí é outra área que apresenta o padrão B, pois está situada ao norte da Ilha Grande. O índice pluviométrico anual, então, é abaixo de 1.800 mm.

O padrão C foi atribuído às encostas da Serra do Mar. O modelo gerado mostrou que à medida que a altitude aumenta, há diminuição dos índices pluviométricos, atingindo, no divisor de águas, valor em torno de 1.500 mm anuais.

O padrão D corresponde às áreas do divisor, próximas ao litoral, com índice acima dos 2.100 mm, enquanto o padrão E corresponde às áreas no reverso do divisor d'água, afastadas do litoral com índice abaixo de 1.500 mm.

### 3.2 Fatores fisiográficos que influenciam a distribuição de chuvas

Os elevados índices pluviométricos da área em estudo e a sua distribuição espacial são decorrentes da conjugação entre os mecanismos dinâmicos, que têm influência regional, e os fatores estáticos, de influência local. Para FRANCO *et al.*, a configuração do relevo, na área de estudo, é um fator decisivo para a distribuição espacial das chuvas e determinante para os processos termodinâmicos. A área apresenta um relevo montanhoso a escarpado, devido à presença da Serra do Mar, que se aproxima do litoral nesta faixa continental, chegando à linha de costa de forma abrupta, com esparsas e estreitas planícies costeiras, onde a amplitude altimétrica pode alcançar mais de 1.000 m, em menos de 10 km.

A distância do litoral tem a melhor associação com a chuva, entre os fatores analisados, com *r-Pearson* igual a -0,69, ou seja, quanto mais distante do litoral, menor o índice pluviométrico anual, o que já havia sido evidenciado na análise do MDT de chuvas, feita no item anterior. As demais variáveis apresentaram *r-Pearson* menores, mas significativos ( $p < 0,0001$ ), em função do tamanho muito grande da amostra: -0,29 para altitude, 0,22 para declividade e apenas 0,09 para orientação de vertentes.

Com base na equação derivada da regressão linear múltipla (**Equação 1**), excluída a variável orientação de vertentes, foi gerado um mapa, representado por uma matriz com resolução espacial de 500 m (**Figura 2**). Como a distância ao litoral explica cerca de 50% das variações da pluviometria, o resultado expressa as variações da chuva em função da distância do litoral.

$$Y = 1969 - 1,51 \times 10^{-2} x_1 + 2,18 x_2 + 1,75 \times 10^{-2} x_3 \quad \text{Equação 1}$$

onde: Y= Índice pluviométrico anual e  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  são, respectivamente, a distância do ponto ao litoral, a declividade e a altitude.

### 4. Conclusão

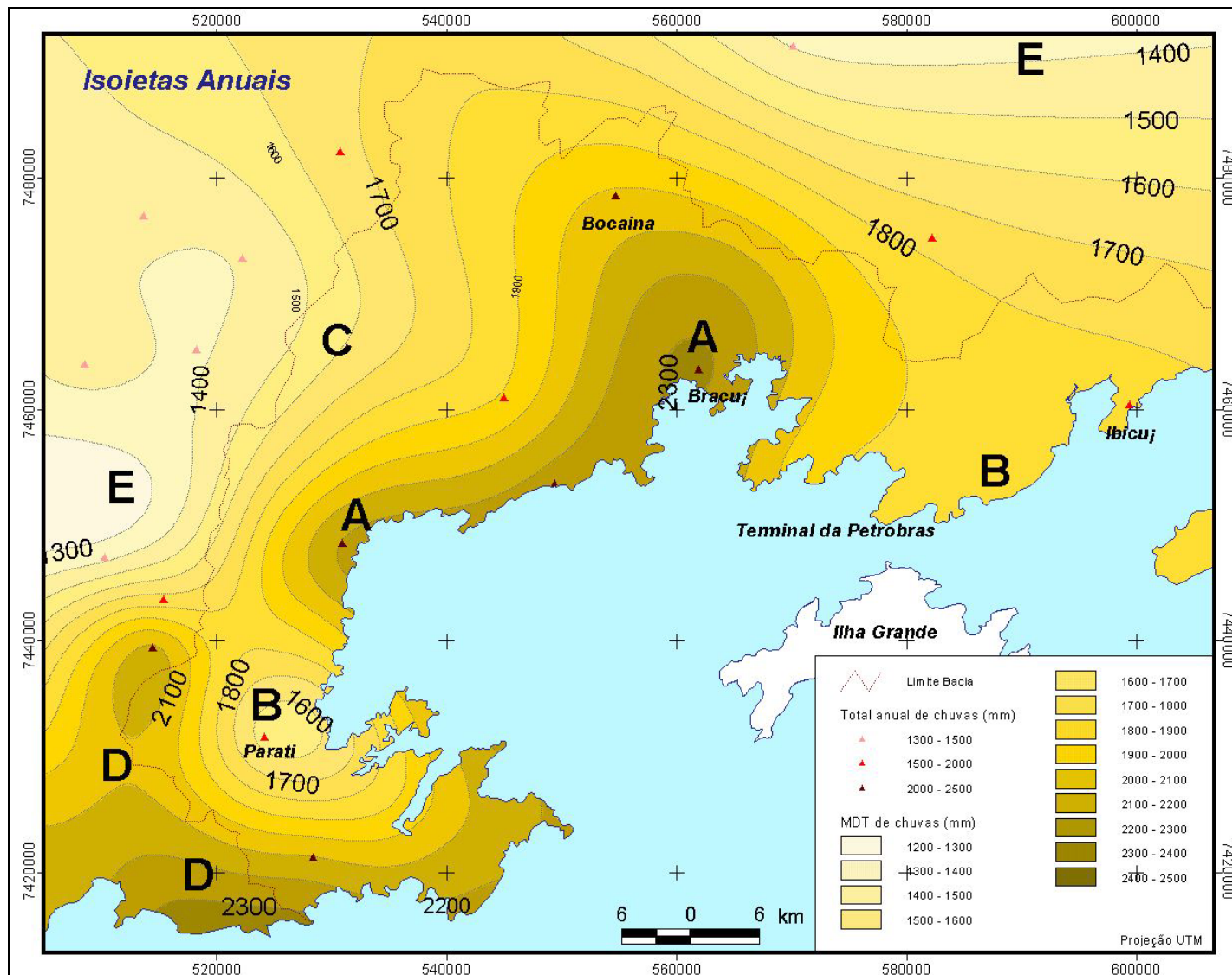
No litoral sul fluminense, a distribuição espacial de chuvas é irregular e influenciada pela disposição do relevo. Os locais a barlavento e próximos ao litoral apresentam os maiores

índices pluviométricos da área em estudo, enquanto o índices diminuem a sotavento e/ou à medida que a distância do litoral aumenta.

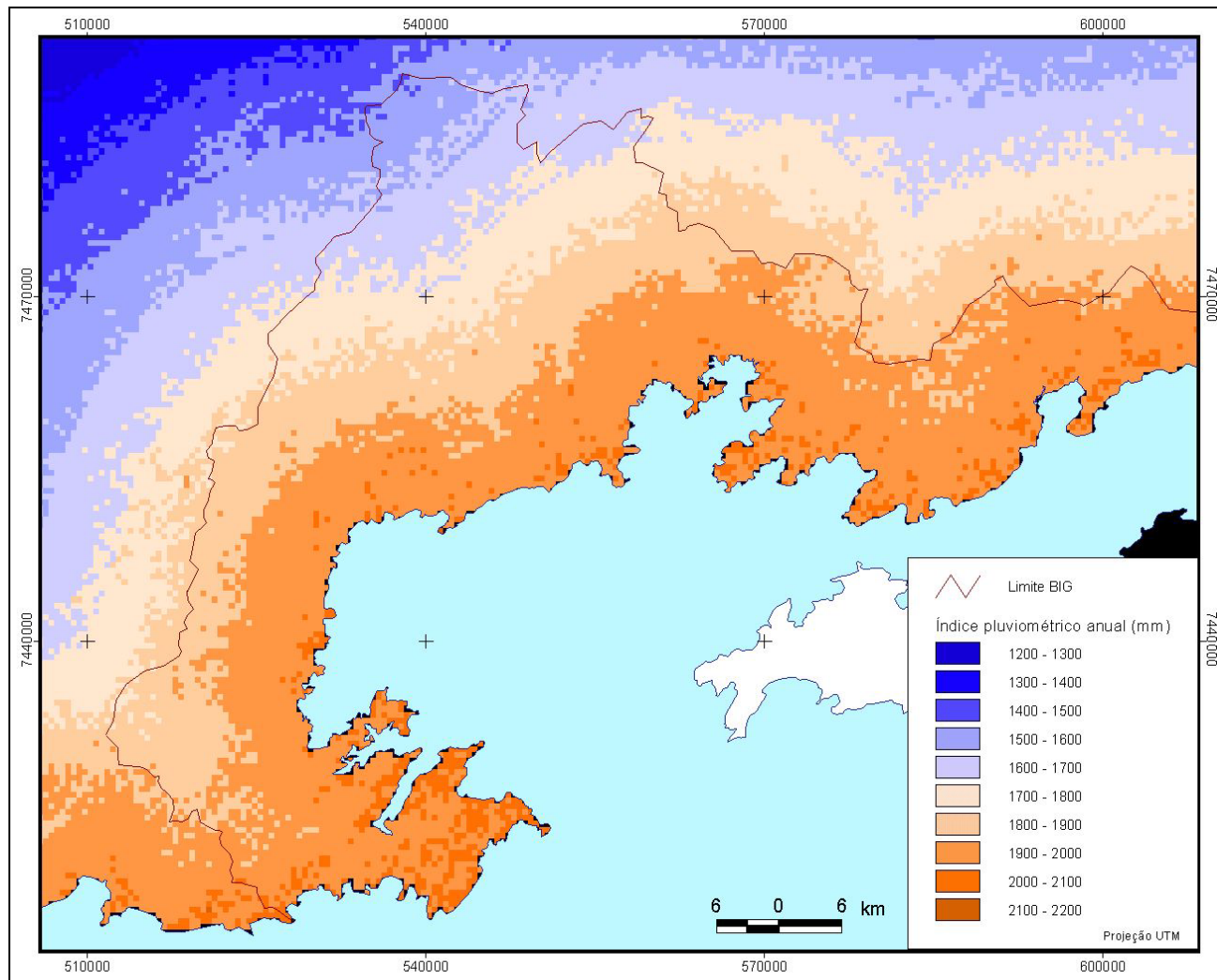
Dos fatores fisiográficos (altitude, orientação de vertentes, declividade e distância do litoral) utilizados como variáveis explicativas da distribuição espacial de chuvas, a distância do litoral apresentou maior correlação, mostrando a freqüente origem marinha das frentes frias.

### Referências bibliográficas

- FELGUEIRAS, C. A. Modelagem Numérica de Terreno. In: FUKS, S. D., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G. & MONTEIRO, A. M. V. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>>. Acesso em: 08 nov. 2001.
- FRANCISCO, C. N. *Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal – O caso de Angra dos Reis, RJ*. Niterói, 2004, 178 f. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós Graduação em Geoquímica Ambiental, UFF.
- FRANCO, N. J. N. et al. A Influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no Transporte de Radionuclídeos na Região de Angra dos Reis, usando Modelagem Numérica. In: III CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, AIDIS. 2003, Canoas (RS). *Anais eletrônicos...* Canoas: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2003.
- MONTEIRO, C. A. F. *A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica os tipos de tempo no Brasil-nº1*. IG Série Teses e Monografias. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969, 68 p.
- MONTEIRO, C. A. F. *O Estudo Geográfico do Clima*. Cadernos Geográficos - Dep. de Geociências - UFSC, Santa Catarina, n. 1, p.7-36, mai. 1999.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p. (Recursos naturais e meio ambiente).
- SETTI, Arnaldo Augusto et al. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 326p.



**Figura 1:** Modelo digital de terreno do total pluviométrico anual. Região Hidrográfica da baía da Ilha Grande.



**Figura 2:** Índice pluviométrico de chuvas, resultante da regressão linear. Região hidrográfica da baía da Ilha Grande.