

Variabilidade Climática da Precipitação em Regiões de Diferentes Altitudes no Estado do Rio De Janeiro

Felipe Alvim Pereira¹
Thales Vaz Penha²
Rosandro Boligon Minuzzi³
Evaldo de Paiva Lima⁴

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RIO/NIMA
felipe.alvim.pereira@gmail.com

² Universidade Federal Fluminense – UFF/GGE
tvpenna@hotmail.com

³ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/ENR
rbminuzzi@cca.ufsc.br

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CNPS
evaldo.lima@embrapa.br

Resumo

A precipitação é um dos mais importantes elementos climáticos, pois interfere no dia-a-dia das pessoas e nos diversos setores da economia de um país. Na quantidade e no período adequado, a precipitação pode trazer benefícios para inúmeras áreas, mas em situações adversas pode causar grandes prejuízos. Nesse sentido, este estudo analisou a variabilidade climática da precipitação em regiões de diferentes altitudes no estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados dados diários de cinco estações pluviométricas, no período de 1968 a 2011, localizadas próximas entre si, mas em altitudes relativamente distintas. O método da Análise de Regressão foi utilizado para testar a tendência climática do total de chuva e do número de eventos extremos diários de novembro a fevereiro, por serem os meses com as maiores médias climáticas da estação chuvosa da região. Os coeficientes angulares de regressão mostram que nas últimas décadas não houve tendência significativa nos totais de chuva e nas ocorrências de eventos extremos nas estações representativas da "região alta". Entretanto, nas estações de menor altitude, os totais de chuva durante o período chuvoso apresentam uma tendência estatisticamente significativa de aumento. Assim, quanto menor a altitude, maior foi o aumento da chuva na região, sendo de 48 mm/década na estação localizada em Barra Alegre até 105 mm/década na Fazenda Oratório, localizada a apenas 50 metros de altitude.

Palavras chave: climatologia, tendência, estação chuvosa.

Abstract

Precipitation is one of the most important climate elements because it interferes at people's daily routine and in many different sectors of the economy a country. At the right amount and in the right time precipitation can bring benefits to many areas, but in adverse situations can cause great damage. Accordingly, this study examined the climate variations of precipitation in regions that have different altitudes in Rio de Janeiro state. There were used daily data of five rainfall stations in the period of 1968 to 2011, located close to each other, but at altitudes relatively distinct. The method of regression analysis was used to test the climate tendency of the total rainfall and the numbers of extreme events from November to February, because this period has the highest average climate of the rainy season of the region. The slopes of regression show that in recent decades there has been no significant trend in total rainfall and the occurrence of extreme events at stations representing the "high zone". However, at lower altitude stations, the total rainfall during the rainy season shows a statistically significant trend of increase. Thus, the lower the altitude, the greater the increase in rainfall in the

region, being 48 mm/decade at the station located in Barra Alegre to 105 mm/decade in the Oratório Farm, located only 50 meters.

Keywords: climatology, trends, rainy season.

1. Introdução

A precipitação é um dos mais importantes elementos que compõem o clima, por interferir diretamente na vida das pessoas e nos diversos setores da economia de um país, como exemplos, produção agrícola, turismo e geração de eletricidade. O seu estudo e a avaliação dos problemas por ela causados, depende de sua magnitude, duração e localização. Porém, na quantidade e no período adequado, a precipitação pode trazer benefícios para inúmeras áreas, mas em situações adversas pode causar grandes prejuízos.

Eventos extremos de precipitação continuam sendo os principais responsáveis por sérios problemas nas regiões urbanas. Nestas condições, eles são as causas de inundações, deslizamentos de terra, desabamento de casas, resultando no desalojamento de pessoas e até mesmo na perda de vidas humanas, situação recorrente no estado do Rio de Janeiro.

Um dos eventos que mais chamaram a atenção, sendo considerada a maior catástrofe climática ocorrida no Brasil, foram as chuvas intensas que atingiram a região Serrana do Rio de Janeiro entre os dias 11 e 14 de janeiro de 2011. O volume acumulado de chuva na cidade de Nova Friburgo foi de 209,6 mm ao longo desse período, sendo 182,8 mm apenas em 24 horas. Em Teresópolis, o acumulado de precipitação em 24 horas ficou em torno de 120 mm (Andrade e Pinheiro, 2011). Esses autores ainda citaram que, além das questões decorrentes de eventos extremos de precipitação, houve a morte de 916 pessoas.

O estado do Rio de Janeiro permanece sob a influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) na maior parte do tempo, mas a situação de estabilidade, ou seja, com condições de céu claro ou com pouca nebulosidade, sobre o Estado é interrompida pela chegada de sistemas meteorológicos, tais como: sistemas frontais, ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala e outros sistemas que promovem o aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e a intensificação dos ventos. Em especial, durante os meses de novembro a março é comum o estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se caracteriza por uma banda de nebulosidade convectiva, estendendo-se em geral desde a Amazônia, até o Oceano Atlântico, numa direção noroeste-sudeste (Kousky, 1988). Este sistema é típico dos meses de verão, quando a convecção tropical mais acentuada contribui para a geração e manutenção do fenômeno (Kodama, 1992).

Não se sabe ao certo como o aquecimento global afetará o comportamento desses sistemas meteorológicos, mas estudos mostram que em uma atmosfera mais quente os eventos extremos de precipitação podem aumentar mais que a média (Andrade e Pinheiro, 2011). Uma intensificação nos extremos de precipitação pode ser causada pelo aumento no conteúdo de umidade da atmosfera, o que pode aumentar a disponibilidade de mais vapor d'água para os sistemas meteorológicos.

Eventos extremos, como o ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro, além de fazer parte da variabilidade natural são também afetados por ações antropogênicas, e, em um cenário de mudanças climáticas poderiam provocar impactos nas populações envolvidas. Embora existam diferenças nos resultados apresentados por alguns estudos no que tange a projeções futuras, entende-se que a vulnerabilidade das regiões urbanas à ocorrência de eventos extremos, como chuva intensa, requer ações de mitigação e adaptação, com intuito de minimizar os danos provocados por fenômenos climáticos. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade climática da precipitação em regiões de diferentes altitudes no estado do Rio de Janeiro.

2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizados dados diários de cinco estações pluviométricas no período de 1968 a 2011, pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA), e localizadas próximas entre si no estado do Rio de Janeiro (Figura 1), mas em altitudes relativamente distintas (Figura 2), o suficiente para enquadrá-las em dois grupos: “região baixa” e “região alta” em referência as estações abaixo e acima de 750 metros de altitude, respectivamente.

As estações dos municípios de São José do vale do Rio Preto, Bom Jardim e Nova Friburgo se localizam na região Serrana do estado do Rio de Janeiro e, a de Macaé na região Norte Fluminense. A Tabela 1 apresenta demais informações das estações pluviométricas utilizadas no estudo, atestando que a altitude é o fator climático que distingue os grupos.

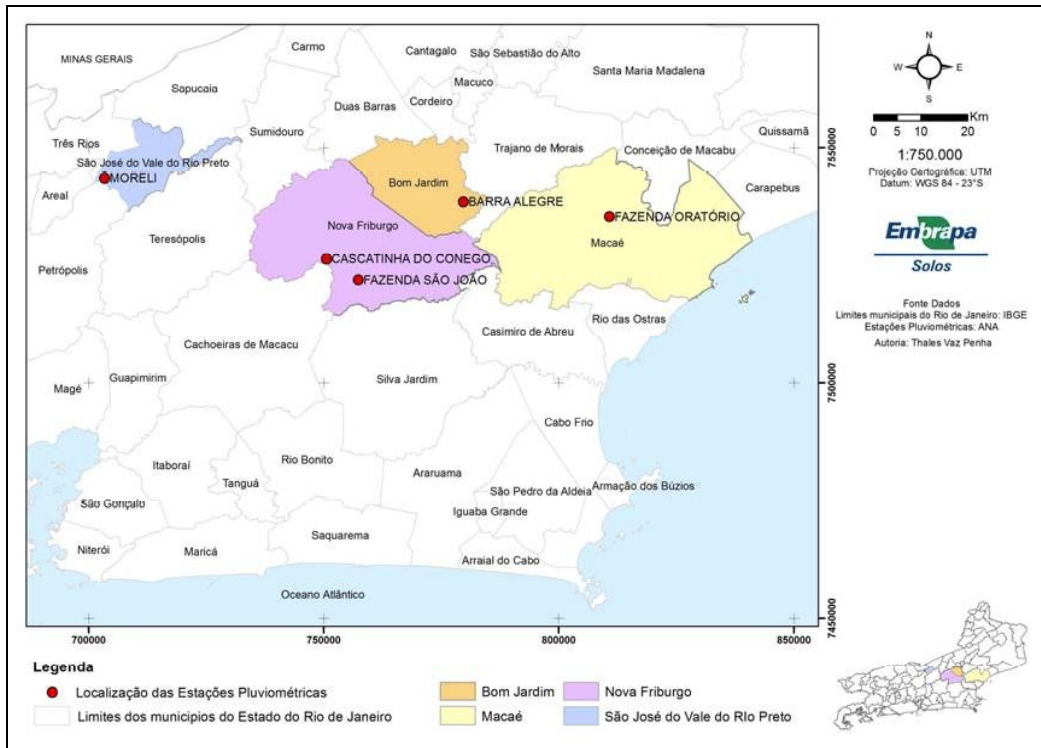


Figura 1. Localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

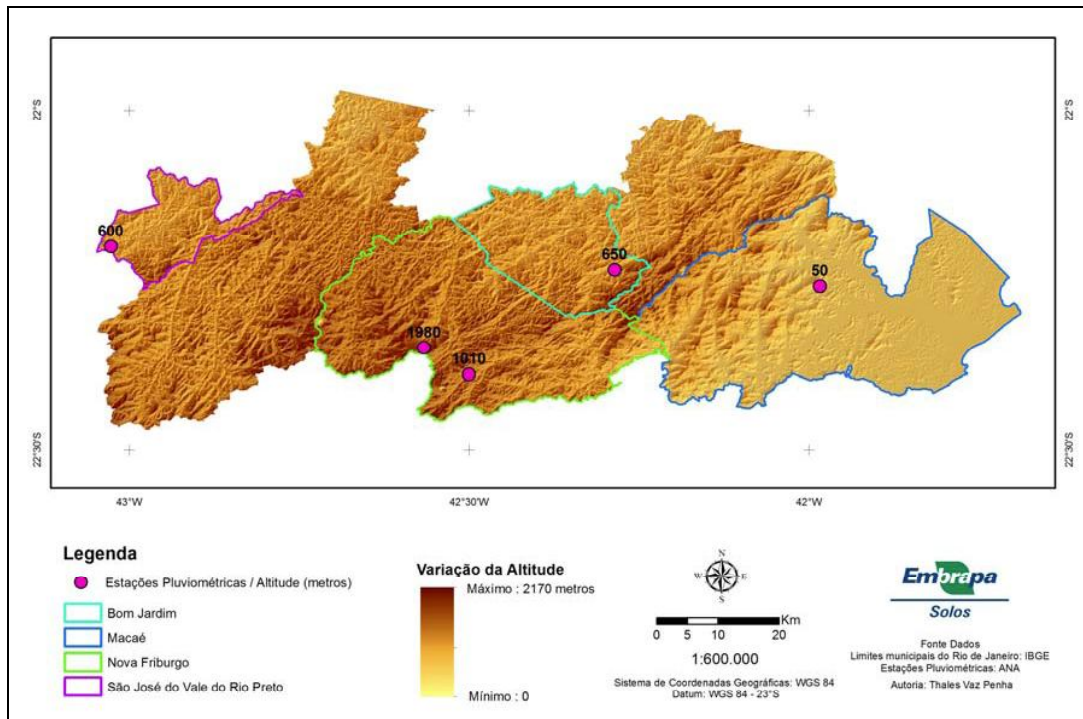


Figura 2. Hipsometria, em metros, para a área do estudo.

Tabela 1. Código e coordenadas geográficas das estações pluviométricas.

Estação	Município	Código	Lat. (S)	Long. (O)	Alt. (m)
Cascatinha do Conego	Nova Friburgo	02242025	22°21'00"	42°34'00"	1980
Fazenda São João	Nova Friburgo	02242005	22°23'22"	42°30'00"	1010
Barra Alegre	Bom Jardim	02242018	22°14'08"	42°17'09"	650
Moreli	São José V. Rio Preto	02243016	22°12'03"	43°01'37"	600
Fazenda Oratório	Macaé	02241004	22°15'33"	41°59'03"	50

Lat. = latitude; Long. = longitude; Alt. = altitude

O método da Análise de Regressão foi utilizado para testar a tendência climática do total de chuva e do número de eventos extremos diários de novembro a fevereiro, por serem os meses com as maiores médias climáticas da estação chuvosa da região. O referido teste indica alteração climática por meio da significância do coeficiente angular de uma reta ajustada aos dados. Consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente, sendo que, se este intervalo não incluir o valor zero, a tendência é significativa aos níveis de 5% ($p < 0,05$) ou 1% ($p < 0,01$), obtidos pelo p-valor. Um evento extremo diário de chuva para cada uma das estações foi definido pelo percentil 0,95. Com a definição do valor diário que caracteriza um evento extremo de chuva, foi contabilizado o número desses eventos em cada ano da série histórica (1968 a 2011) e aplicado o teste da Análise de Regressão.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados, os valores médios, máximos e mínimos de precipitação, com respectivos anos de ocorrência, além dos coeficientes angulares de regressão do período de novembro a fevereiro. Percebe-se que as regiões de maior altitude (Cascatinha do Conego e Fazenda São João), apresentam uma climatologia com maiores quantidades de precipitação (acima de 1000 mm). Entretanto, para as ocorrências mínima e máxima, os resultados não seguem esta possível relação com a altitude, como exemplo, o maior valor de precipitação acumulado de novembro a fevereiro ocorreu na estação de menor altitude (1998,7 mm), porém, as estações mais elevadas apresentaram maiores registros do que as estações em torno de 600 m de altitude. Aos anos de ocorrências desses extremos também não permite associar com algum evento climático como o El Niño Oscilação Sul (ENOS), conforme atestado em estudo de Minuzzi (2006) para o Sudeste do Brasil. No entanto, para a região "central" do estado do Rio de Janeiro o autor mostra que em anos de ocorrência do Dipolo Positivo do Atlântico as chuvas tendem a ficar bem abaixo da média, principalmente em janeiro e fevereiro.

Tabela 2. Valores médios, máximos e mínimos de chuva (mm) com respectivos anos de ocorrência, coeficientes angulares de regressão do total de chuva (C) e do número de eventos extremos (nCEXT) no período de novembro a fevereiro.

Estação	Média	Mínima (ano)	Máxima (ano)	C	nCEXT
Cascatinha do Conego	1186,5	410,6 (1971)	1619,5 (1988)	ns	ns
Fazenda São João	1249,8	859,6 (2008)	1613,3 (1981)	ns	ns
Barra Alegre	833,2	398,4 (1976)	1247,1 (2009)	4,8*	0,05*
Moreli	753,4	379,9 (1971)	1192,7 (2007)	6,8**	ns
Fazenda Oratório	880,4	458,7 (1969)	1998,7 (2009)	10,5**	ns

ns = não significativo; * $p < 0,01$; ** $p < 0,05$.

Os coeficientes angulares de regressão mostram que nas últimas décadas não houve tendência significativa nos totais de chuva (C) e nas ocorrências de eventos extremos nas estações representativas da “região alta”. Entretanto, nas estações de menor altitude, os totais de chuva durante o período chuvoso apresentam uma tendência estatisticamente significativa de aumento, desde o final da década de 1960. Quanto menor a altitude, maior foi o aumento da chuva na região, sendo de 48 mm/década na estação localizada em Barra Alegre até 105 mm/década na Fazenda Oratório, localizada a apenas 50 metros de altitude. Apesar do menor coeficiente angular significativo, a estação de Barra Alegre foi a única a apresentar tendência estatisticamente significativa no número de eventos extremos (nCEXT) durante o período novembro a fevereiro (Tabela 2), ou seja, desde 1968, houve um aumento de 0,5 eventos extremos de chuva por década na localidade.

As Figuras 3, 4 e 5 resumem os resultados previamente destacados através da variabilidade temporal da precipitação para as estações localizadas na “região baixa”. Além da tendência de aumento, percebe-se que a estação localizada na Fazenda Oratório (Figura 4), possui uma maior dispersão nos registros de precipitação, provavelmente por ter uma maior influência das chuvas oriundas de “nuvens quentes”, ou seja, que se formam em baixos níveis da atmosfera em razão da umidade provinda do mar e, por isso, acabam não exercendo uma influência tão expressiva nas regiões com maiores altitudes.

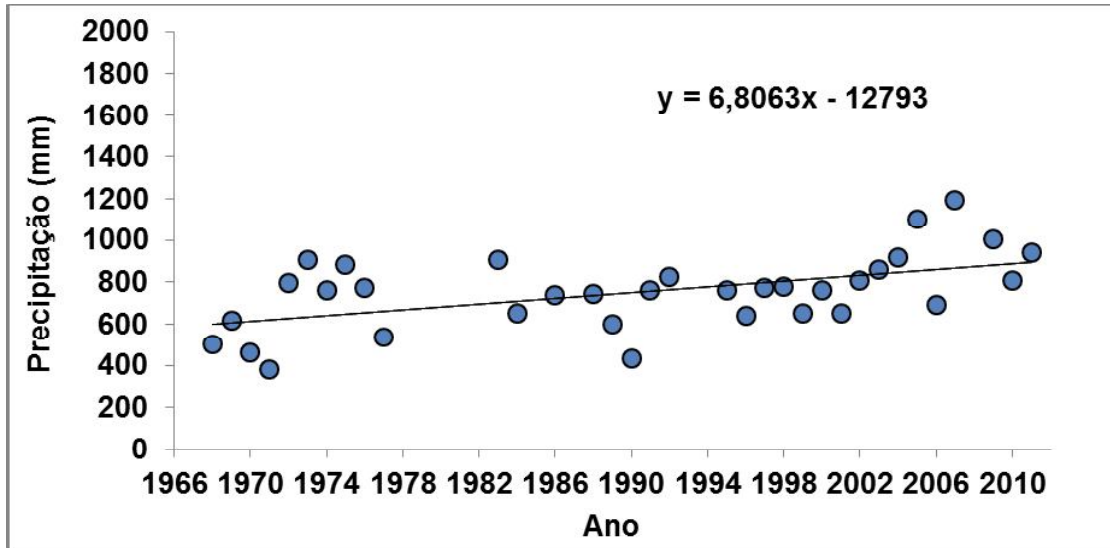


Figura 3. Variabilidade temporal do total de chuva (novembro a fevereiro) com linha de tendência da estação pluviométrica de Moreli.

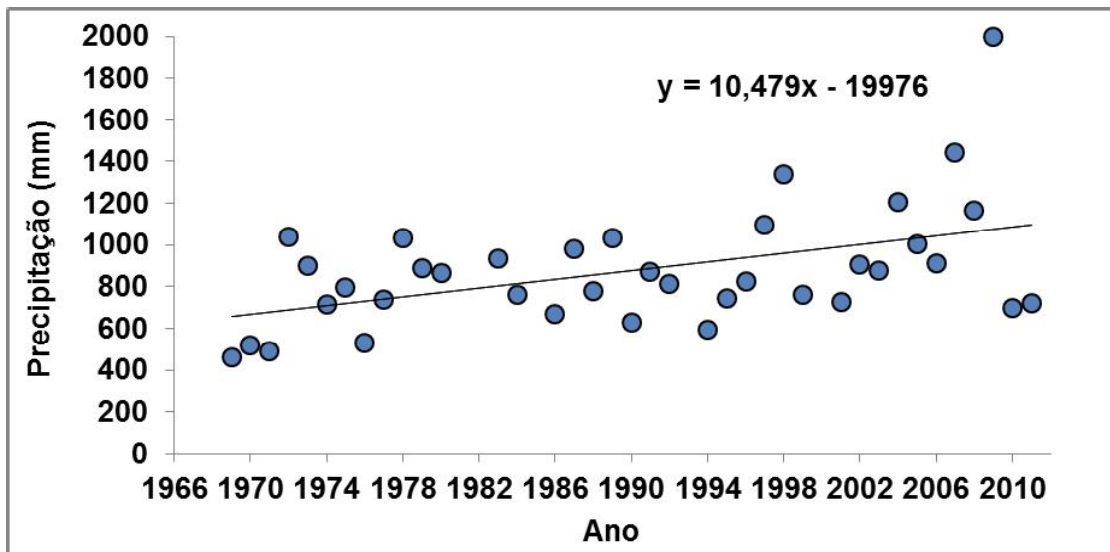


Figura 4. Variabilidade temporal do total de chuva (novembro a fevereiro) com linha de tendência da estação pluviométrica de Fazenda Oratório.

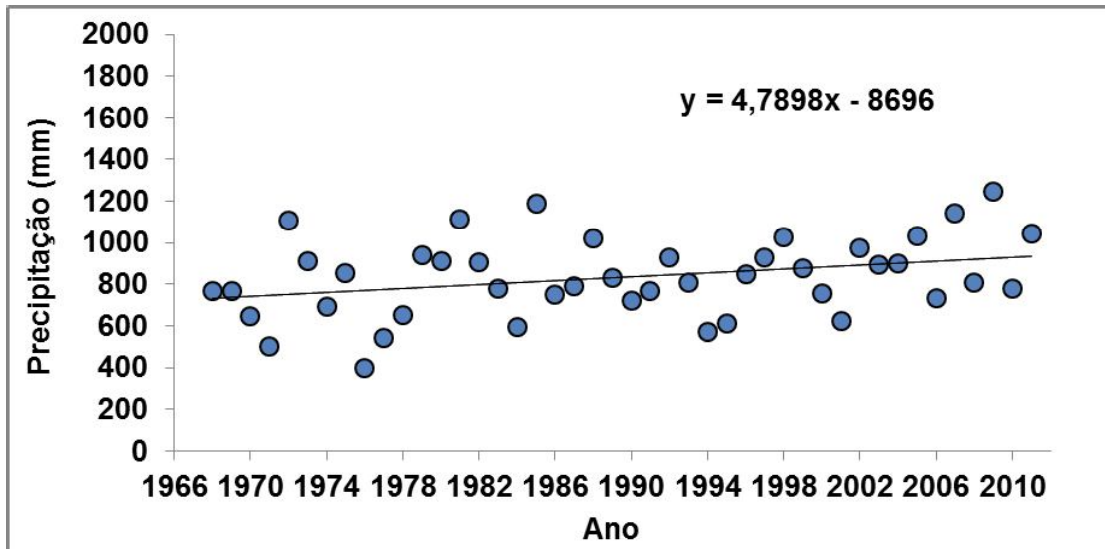


Figura 5. Variabilidade temporal do total de chuva (novembro a fevereiro) com linha de tendência da estação pluviométrica de Barra Alegre.

Percebe-se como o fator climático exerce influência no comportamento pluviométrico da região. Apesar das regiões mais elevadas possuírem uma maior climatologia de chuva de novembro a fevereiro, estas não apresentaram mudanças significativas nas últimas décadas quanto à tendência climática. Considerando que são regiões mais suscetíveis a tragédias por deslizamentos de terras, estes resultados são bem recebidos, mostrando que o aumento deste sinistro deve-se a ocupação populacional desordenada.

4. Conclusões

Os coeficientes angulares de regressão mostram que nas últimas décadas não houve tendência significativa nos totais de chuva e nas ocorrências de eventos extremos nas estações representativas da “região alta”. Entretanto, nas estações de menor altitude, os totais de chuva durante o período chuvoso apresentam uma tendência estatisticamente significativa de aumento, desde o final da década de 1960. Assim, quanto menor a altitude, maior foi o aumento da chuva na região, sendo de 48 mm/década na estação localizada em Barra Alegre até 105 mm/década na Fazenda Oratório, localizada a apenas 50 metros de altitude.

Apesar do menor coeficiente angular significativo, a estação de Barra Alegre foi a única a apresentar tendência estatisticamente significativa no número de eventos extremos durante o período novembro a fevereiro, ou seja, desde 1968, houve um aumento de 0,5 eventos extremos de chuva por década na localidade.

5. Agradecimentos

À Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização dos dados diários de precipitação utilizados neste estudo e, a Embrapa Solos pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica do segundo autor.

Referências Bibliográficas

Andrade, K.M.; Pinheiro, H.R. Simulação de eventos extremos de precipitação na região Serrana do Rio de Janeiro no clima presente e futuro utilizando o modelo ETA-HADCM3. In: Simpósio Internacional de Climatologia (SIC), IV, 2011, João Pessoa, PB, Brasil. **Anais**. Rio de Janeiro: SBMET, 2011. Artigos, p. 1-5.

Kodama, Y. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 70, n. 4, p. 813-835, 1992.

Kousky, V.E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.

Minuzzi, R.B. Influência de algumas forçantes climáticas no período chuvoso da região Sudeste do Brasil e suas consequências para as culturas da soja e do milho. 2006. 240 p. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.