



ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BAIXADA FLUMINENSE, RIO DE JANEIRO

Analysis of rainfall distribution in Baixada Fluminense, Rio de Janeiro

Análisis de la distribución de las precipitaciones en la Baixada Fluminense, Rio de Janeiro

Carolina Bastos Marques Lopes  

Departamento de Geologia aplicada, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
clopes@cepedes.uerj.br

Francisco Dourado  

Departamento de Geologia Aplicada, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
fdourado@cepedes.uerj.br

Lucio Silva de Souza  

Departamento de Oceanografia Física e Meteorologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
lucio.souza@uerj.br

Givanildo de Gois  

Pós-Graduando em Tecnologia Ambiental, Universidade Federal Fluminense (UFF)
givanildogois@gmail.com

Paula Marangoni Gazineu Marinho Pinto  

Doutoranda em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
paulamarangoni95@oceanica.ufrj.br

Resumo: O estudo da distribuição de chuva no Brasil é importante tanto para a economia quanto para a redução de desastres naturais. Os eventos de chuvas intensas que causam tanto secas quanto inundações geram perdas e danos sobretudo para a população mais carente. Com isso, o objetivo deste artigo é analisar a distribuição espaço temporal das chuvas na região da Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, no período entre

2003 e 2017. Para o estudo foram utilizados seis postos pluviométricos e estações meteorológicas, distribuídas ao longo da região. A chuva anual acumulada para a Baixada Fluminense é de 1830 mm, com os meses de maio a setembro sendo os mais chuvosos, com destaque para janeiro com 269 mm. O período seco da região é de abril a outubro com a menor média em agosto com 64mm. Um fator importante é a distribuição espacial da chuva, onde a região leste da Baixada Fluminense apresenta os maiores valores de chuva, principalmente, em Duque de Caxias e Guapimirim. A região Oeste é a menos chuvosa com destaque para Pirai e Seropédica. Esta distribuição desigual da chuva indica a influência do fator topográfico na espacialização da chuva na Baixada Fluminense, como as baías da Guanabara e Sepetiba que são fontes de umidade. Além da Serra do Mar e do Morro da Mazomba que são bloqueios orográficos frente às massas de ar.

Palavras-chave: Baixada Fluminense. Precipitação. Climatologia.

Abstract: The study of rainfall distribution in Brazil is important for both agriculture and the country's economy. The events of intense rains that cause both droughts and floods generate losses especially for the poorest population. Thus, the objective of this article is to analyze the spatial distribution of rainfall in the region of Baixada Fluminense, Rio de Janeiro in the period between 2003 and 2017. Six pluviometric stations and meteorological stations were used for the study, distributed throughout the region. The accumulated annual rainfall for the region is 1830 mm, with the months from May to September being the wettest, especially January with 269 mm, while the dry period in the region is from April to October with the lowest average in August with 64 mm. . Another fact is the spatial distribution of rainfall, with the eastern region of the Baixada Fluminense presenting higher rainfall values, mainly in Duque de Caxias and Guapimirim. The West region is the least rainy, with emphasis on Pirai and Seropédica. This uneven distribution of rain indicates the influence of the topographic factor on the distribution of rainfall in the Baixada Fluminense, such as the Guanabara and Sepetiba bays, which are sources of moisture, and the Serra do Mar and Morro da Mazomba, which function as an orographic blockade in front of the masses of air.

Keywords: Baixada Fluminense. Precipitation. Climatology.

Resumen: El estudio de la distribución de las precipitaciones en Brasil es importante tanto para la agricultura como para la economía del país. Los eventos de lluvias intensas que provocan tanto sequías como inundaciones generan pérdidas especialmente para la población más pobre. Así, el objetivo de este artículo es analizar la distribución espacial de las precipitaciones en la región de Baixada Fluminense, Río de Janeiro en el período comprendido entre 2003 y 2017. Se utilizaron para el estudio seis estaciones pluviométricas y estaciones meteorológicas, distribuidas por toda la región. La precipitación acumulada anual para la región es de 1830 mm, siendo los meses de mayo a septiembre los más lluviosos, especialmente enero con 269 mm, mientras que el período seco en la región es de abril a octubre con el promedio más bajo en agosto con 64 mm. . Otro dato es la distribución espacial de las precipitaciones, siendo la región oriental de la Baixada Fluminense la que presenta mayores valores pluviométricos, principalmente en Duque de Caxias y Guapimirim. La región Oeste es la menos lluviosa, con énfasis en Pirai y Seropédica. Esta distribución desigual de la lluvia indica la influencia del factor topográfico en la distribución de la lluvia en la Baixada Fluminense, como las bahías de Guanabara y Sepetiba, que son fuentes de humedad, y la Serra do Mar y Morro da Mazomba, que funcionan como un bloqueo orográfico frente a las masas de aire.

Palabras clave: Baixada Fluminense. Precipitación. Climatología.

Submetido em: 03/10/2021

Aceito para publicação em: 08/08/2022

Publicado em: 23/09/2022

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas de maior impacto nas atividades sociais e econômicas, seja em áreas urbanas ou rurais. Sendo assim, o estudo sobre a sua distribuição no Brasil é importante sob diversos aspectos, uma vez que o país é o 4º maior exportador de grãos do mundo (USDA, 2021). Além de registrar a ocorrência de eventos extremos, como secas e inundações com diferentes intensidades em todas as regiões do seu território, como está contido no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012 do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres (CEPED), 2013.

Diferentes estudos climáticos apontam que a região Sudeste configura-se como uma das mais diversas regiões brasileiras devido a sua topografia, posição geográfica e, principalmente, aos aspectos dinâmicos da atmosfera (SANT'ANNA NETO, 2005; REBOITA *et al.*, 2010, SOBRAL *et al.*, 2018). Além da posição geográfica, os sistemas meteorológicos dinâmicos locais, de mesoescala e sinóticos também são essenciais na intensidade e distribuição da precipitação na região, pois estes auxiliam no transporte das massas de ar continentais e oceânicas em direção ao sudeste brasileiro (REBOITA *et al.*, 2010).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pela estação chuvosa na região Sudeste. A ZCAS pode interagir com outros sistemas meteorológicos atuantes, simultaneamente, na região, como: as Frentes Frias (FF), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e com os Jatos de Baixos Níveis (JBN) de modo a intensificar sua atuação sobre a região Sudeste (REBOITA *et al.*, 2010).

Outro fator diretamente relacionado à distribuição da precipitação na região Sudeste é a sua topografia complexa com interação entre as serras escarpadas, morros, colinas, planícies fluviais e marinhas que redistribuem as massas de ar de modo a provocar precipitações espacialmente irregulares (NIMER, 1989). Esse complexo morfológico se torna um fator essencial na distribuição espacial da chuva dentro da região Sudeste (SANT'ANNA NETO, 2005; PELLEGATTI; GALVANI, 2010; PRISTO *et al.*, 2018).

Em relação ao estado do Rio de Janeiro, Alvares *et al.* (2014) concluíram que a região apresenta características de climas tropical e subtropical úmida, cuja diferença é decorrente de distintas características climáticas e geográficas. Diversos estudos foram formulados na busca pelo entendimento da distribuição espaço-temporal da chuva, suas origens e

consequências no estado do Rio de Janeiro (CARMO; NUNES, 2008; BARBOZA *et al.*, 2015; BRITO *et al.*, 2017). Nos estudos de André *et al.* (2008); Sobral *et al.* (2018) foi salientada a influência do relevo e do litoral na distribuição da chuva, onde as estações à barlavento da Serra do Mar e mais próximas do oceano apresentaram os maiores valores de chuva.

Neste contexto, entre diferentes características meteorológicas e topográficas está inserida a Baixada Fluminense (BF), localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro. Esta contém alta taxa de densidade demográfica e eventos recorrentes de inundação (VELASCO, 2010; VIANA *et al.*, 2011). Contudo a escassez de dados climáticos é uma realidade na região, onde a quantidade de postos pluviométricos com séries históricas que se sobreponham não são suficientes para subsidiar um estudo robusto a respeito do seu padrão de precipitação.

Assim, de modo a considerar a importância de se entender a distribuição de chuva na região da Baixada Fluminense, apesar da escassez de dados disponíveis. O objetivo deste trabalho é analisar a distribuição espaço-temporal das chuvas na Baixada Fluminense, no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 2003 – 2017. A fim de demonstrar a interação entre os fatores meteorológicos e topográficos no regime de chuva da região.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A Baixada Fluminense (BF) não possui delimitação física exata, assim neste trabalho é utilizada a definição de Rocha (2013), onde a BF é composta por 13 municípios (Figura 1). Longitudinalmente, a BF localiza-se entre a cidade do Rio de Janeiro e a Serra do Mar. Latitudinalmente, limita-se entre a Baía de Sepetiba (Oeste) e o município de Guapimirim (Leste). A BF se formou durante a separação dos continentes Sul-Americano e Africano, desta maneira produziu-se um sítio geográfico bastante diversificado com uma região rebaixada dominada por planícies fluviais, que rotineiramente formam áreas inundadas com brejos nas suas margens. Porém na BF há morros, como os maciços de Gericinó-Mendanha e de Tinguá (ASMUS e FERRARI, 1978; OSCAR JÚNIOR, 2013).

Figura 1 -Delimitação da Baixada Fluminense, região metropolitana e cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Autores, 2021.

2.2. Materiais

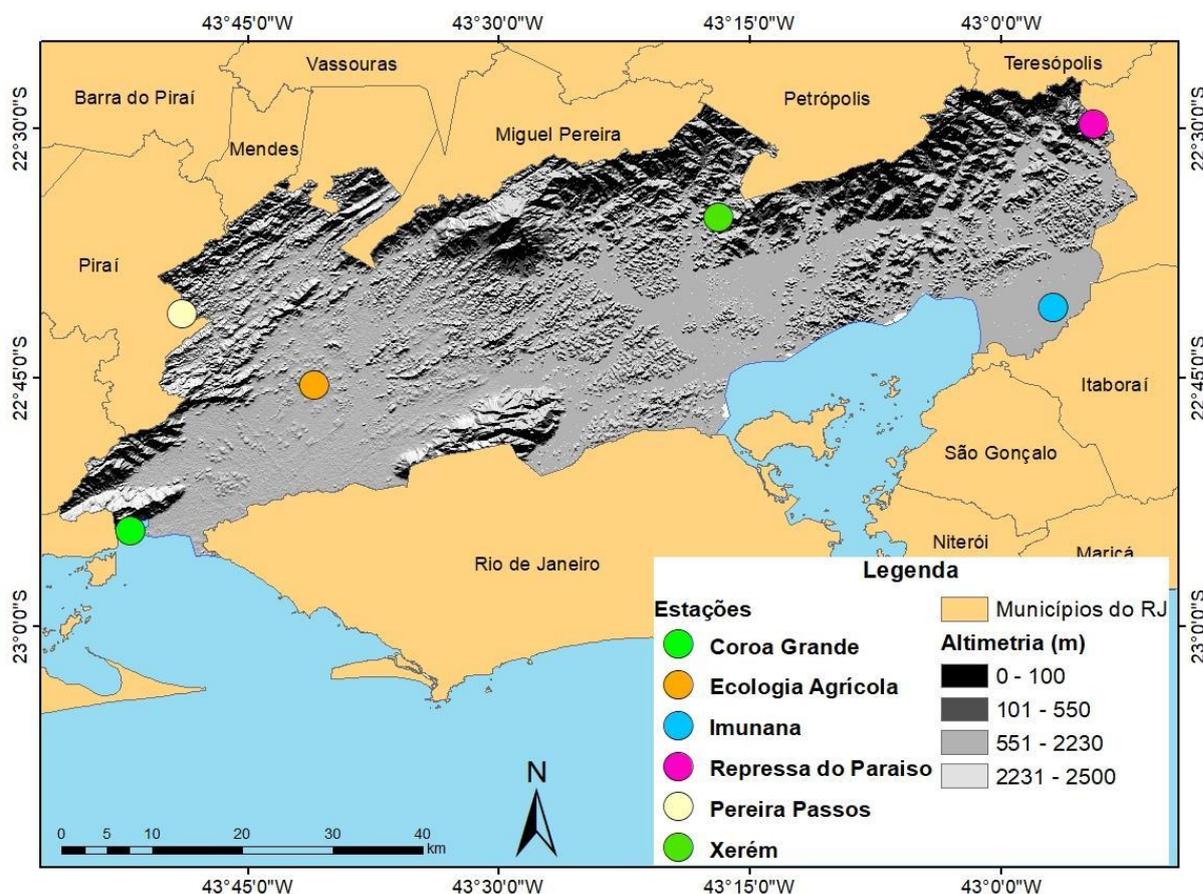
Neste estudo foi analisada uma série temporal de 15 anos (2003 - 2017), este período foi selecionado pelo fato de ser uma série histórica recente com o maior período possível para análise, de modo a considerar a ausência de dados pluviométricos na região. A série é constituída por dados horários e diários de quatro postos pluviométricos e duas estações meteorológicas, distribuídas ao longo da região (Figura 2).

Os dados pluviométricos utilizados no estudo foram disponibilizados por 2 agências: o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com séries históricas horárias e a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) com dados diários. Os dados altimétricos (resolução de 30m) utilizados na Figura 2 foram obtidos por meio do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* (Farr & Kobrick, 2000).

Para a representação espacial dos valores de chuva foram realizados testes com todos os métodos de interpolação disponíveis no ArcGis, que são: ponderação pelo inverso da distância (IDW) e krigagem utilizando os modelos esférico, exponencial e gaussiano. Por meio dos dados disponíveis, dos valores gerados na interpolação, o mapa apresentado neste trabalho foi gerado pelo método IDW¹.

¹ Todos os mapas gerados neste trabalho foram confeccionados no programa ArcGis 10.5.

Figura 2 – Localização das estações pluviométricas na Baixada Fluminense juntamente com sua altimetria.



Fonte: Autores, 2021.

2.3. Preenchimento da série histórica

O preenchimento das séries históricas é um procedimento recorrente na análise dos dados de chuva, as lacunas podem ocorrer por falhas nos instrumentos ou defeitos na estação. Todos os quatro postos pluviométricos e as duas estações meteorológicas apresentaram falhas, exceto o posto pluviométrico Imunana, sendo assim, foram calculados seus totais e os percentuais de falhas (Quadro 1).

As falhas foram preenchidas por meio do processo de imputação dos dados ausentes. Este método utiliza o valor das quatro estações mais próximas para estipular o valor ausente Costa *et al.* (2004). A estação meteorológica Ecologia Agrícola apresentou mau funcionamento de junho do ano 2004 a junho de 2007, assim os dados apresentados não refletem o total de chuva na região. Como esta é a única estação longe da costa e da Serra do



Mar optou-se por mantê-la no estudo. Assim, os dados deste período foram descartados e o período preenchido.

Quadro 1 – Informações das estações e postos utilizados no trabalho: tipo, resolução da série histórica, a instituição fornecedora dos dados, local de instalação, percentual de falhas e altitude das estações e dos postos pluviométricos.

Nome	Tipo de Estação	Dados	Instituição	Local	Falhas (%)	Altitude (m)
Pereira Passos	Posto Pluviométrico	Diário	ANA	Piraí	17	47
Represa do Paraíso	Posto Pluviométrico	Diário	ANA	Guapimirim	2	44
Imunana	Posto Pluviométrico	Diário	ANA	Guapimirim	0	12
Ecologia Agrícola	Meteorológica	Horário	INMET	Seropédica	28	38,3
Coroa Grande	Posto Pluviométrico	Diário	ANA	Itaguaí	4	40
Xerém	Meteorológica	Horário	INMET	Duque de Caxias	23	22

O posto pluviométrico Pereira Passos se localiza fora da área delimitada da BF, entretanto este encontra-se no limite com o município de Paracambi (Quadro 1). Devido à ausência de pontos de medição de chuva naquela região da BF o posto Pereira Passos foi incluído nas análises.

Para o preenchimento das falhas nas séries históricas foi selecionado o método de imputação da Média Preditiva (PMM – Predictive Mean Matching), devido aos resultados positivos em diferentes estudos, tais como: Ruiz-Cárdenas *et al.* (2011), Silva, D. *et al.* (2019), GOIS *et al.* (2019), Alves e Gomes (2020), COSTA *et al.* (2020) e Oliveira-Júnior *et al.* (2021).

Para o preenchimento das séries, os dados foram organizados cronologicamente de janeiro de 2003 a dezembro de 2017. A partir disso, foram calculados os acumulados diários, mensais e anuais de modo a contabilizar o total e o percentual diários das falhas, por meio da aplicação da função “mstats” via software R². Essa função tem por objetivo calcular a proporção de observações ausentes em um determinado conjunto de dados, os comandos são apresentados a seguir (1, 2, 3 e 4):

² software R versão 3.4.3

```
mstats(dados1)
FALHAS=c(mstats(dados1))
(TAB_FALHAS_1=FALHAS$columns)
write.xlsx (TAB_FALHAS_1,"MISSING_2003-2017-DIARIO.xlsx", row.names = T)
```

Em que, dados1 = planilha de dados com precipitação (mm); mstats = função para cálculo de dados faltosos no programa R; TAB_FALHAS_1 = tabela de dados faltosos por coluna; write.xlsx = saída de dados com extensão para o Excel.

A escolha do melhor método de imputação de dados, neste estudo, baseia-se na técnica sugerida por Harrell (2001). Assim, neste trabalho foi aplicado o processo de imputação múltipla. Este realiza a imputação múltipla baseado na Especificação Condicional Total (ECT), segundo Groothuis - Buuren e Oudshoorn (2011). O MICE, também pode imputar dados contínuos, assim neste estudo foi utilizado o método “midastouch” (correspondência de média preditiva ponderada), para dados contínuos de chuva de acordo com as equações (5, 6, 7, 8 e 9).

```
library(mice)
imp1 <- mice(dados1, method = "midastouch", m=3, maxit = 5)
dslist1 <- complete(imp1, c(3,5), mild = TRUE)
(P3=data.frame(dslist1$`3`))
write.xlsx(P3,"DADOS_3_BF-1.xlsx",col.names=TRUE)
```

Em que, library (mice) = biblioteca do pacote MICE; dados1 = base de dados de chuva diária em 24 horas; Method= método de imputação da variável chuva diária em 24 horas; m = número de interações para a variável chuva diária em 24 horas; maxit= número de iterações máximas para a variável chuva diária em 24 horas; dslist1 = função empírica para variável chuva diária em 24 horas; P3 = tabela de dados imputados; write.xlsx = saída de dados com extensão para o Excel.

2.4. Análise dos dados

Após o preenchimento das falhas nas séries temporais foi aplicada estatística descritiva para obtenção dos parâmetros de média (mm), desvio padrão (mm) e coeficiente de variação (%). A série histórica foi avaliada na escala mensal, com a identificação das médias para cada uma das estações e dos postos pluviométricos. Na escala interanual, com a identificação dos acumulados e médias por estação e posto pluviométrico, além da distribuição espacial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Distribuição do acumulado anual de chuva

Por meio dos resultados obtidos com os acumulados anuais de chuva foi possível compreender a distribuição espacial da chuva ao longo da Baixada Fluminense. As estações e postos pluviométricos Represa do Paraíso, Xerém e Coroa Grande apresentaram acumulados anuais de chuva maiores do que 2000 mm, com destaque para Represa do Paraíso com 3.122 mm/ano. As demais estações, porém indicaram chuvas acumuladas um pouco acima de 1000 mm/ano, em Imunana (1.362 mm/ano), Pereira Passos (1.110 mm/ano), seguidos por Ecologia Agrícola com (1156 mm/ano). O acumulado anual de chuva para a Baixada Fluminense foi de 1830 mm.

Todas as estações apresentaram desvio padrão (DP) pequeno se comparados com os valores de chuva acumulada anual. O DP mais significativo foi o da estação Represa do Paraíso com 809mm, porém a estação apresentou mais de 3.000mm/ano. Os valores de DP podem ser explicados pelo relevo complexo da região somados à pequena série histórica analisada neste artigo.

Os valores do coeficiente de variância (CV) indicam que os dados apresentam uma baixa dispersão em relação à chuva média anual. A Estação Ecologia Agrícola foi a única que apresentou CV acima de trinta por cento, este fato pode ser explicado pelo número de falhas na medição que a estação apresentou entre 2033-2017.

Quadro 2 - Valores de chuva acumulada anual (mm), desvio padrão (mm) e coeficiente de variância (%).

Estações	Chuva Acumulada Anual (mm/ano)	Desvio Padrão - DP (mm/ano)	Coeficiente de Variância - CV (%)
Represa Paraíso	3.122	809	26
Xerém	2.182	511	23
Coroa Grande	2.050	452	22
Imunana	1.362	224	16
Pereira Passos	1.110	248	22
Ecologia Agrícola	1156	364	32

Segundo André *et al.* 2008 há uma relação direta entre a topografia e a distribuição de chuva no estado do Rio de Janeiro. Os fatores como a proximidade com o mar e a orografia foram determinantes na formação das regiões pluviométricas homogêneas. Os valores de chuva acumulada anual encontrados nos postos pluviométricos Represa do Paraíso, Coroa Grande e Imunana e na estação Xerém são exemplos da influência da Serra do Mar, Morro da Mazomba e das brisas marítimas na distribuição de chuva na Baixada Fluminense.

Os postos Represa do Paraíso, Coroa Grande e a estação Xerém estão no barlavento da Serra do Mar e Morro da Mazomba. Estes configuram-se como um bloqueio geográfico ao escoamento médio da baixa troposfera e de perturbações extratropicais. Assim fazem aumentar a precipitação na sua face litorânea (face a barlavento) (ANDRÉ *et al.*, 2008; PRISTO *et al.*, 2018; SOBRAL *et al.*, 2018).

O posto Coroa Grande além de ser influenciado pela proximidade com o Morro do Mazomba também recebe altas taxas de umidade proveniente do oceano, por meio da Baía de Sepetiba, quando ocorre escoamento de sudeste durante as penetrações frontais (ANDRÉ ET AL., 2008). Este fato pode ser um dos motivos pelo qual o acumulado anual de chuva do posto Coroa Grande é maior do que o do posto Imunana que não recebe tanta influência da Serra do Mar, mas sim da Baía de Guanabara.

O posto Pereira Passos também está localizado na região da Serra do Mar, porém em uma depressão dentro do complexo de morros (Figura 2). Desta maneira a massa de ar é bloqueada na escarpa da serra antes de alcançar o posto pluviométrico. Portanto, o acumulado de chuva anual é menor do que o acumulado anual para toda a Baixada Fluminense. A estação Ecologia Agrícola com o segundo menor acumulado anual, entre todas

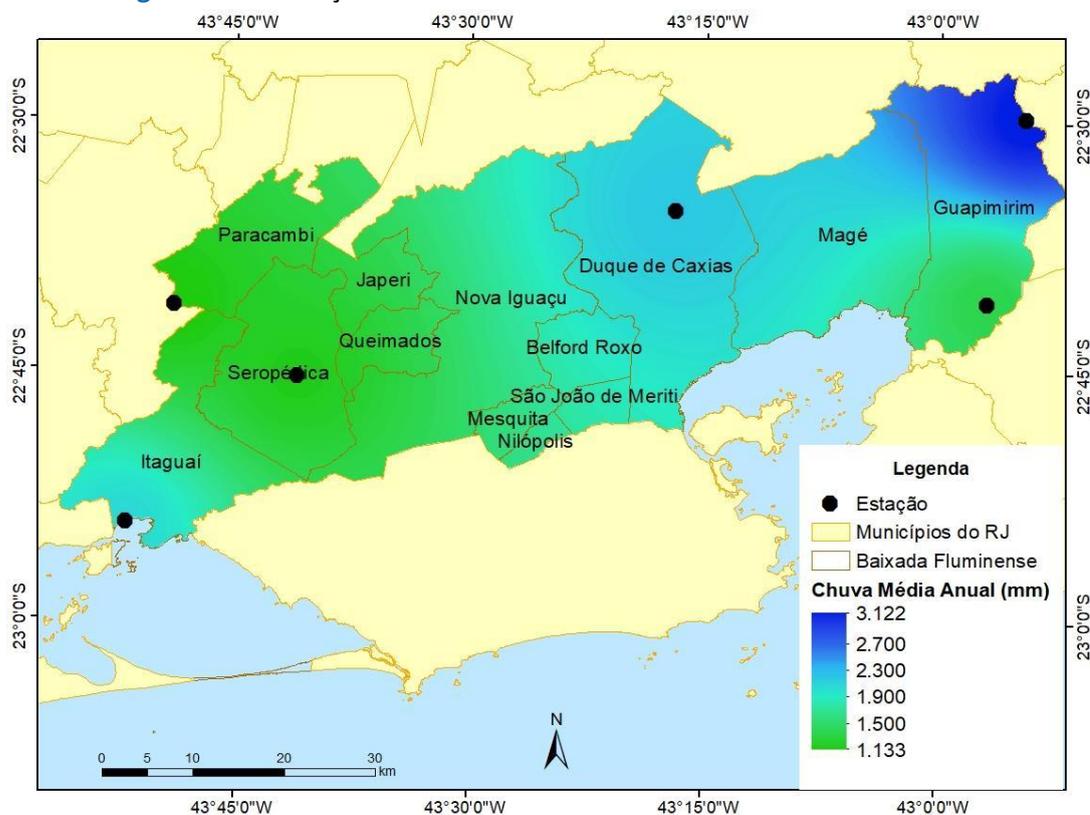


as estações e postos analisados, não recebe influência da umidade do mar e nem da orografia, o que provoca menores acumulados anuais de chuva.

Estes fatores indicam que a região leste da Baixada Fluminense apresentou os maiores valores de chuva como demonstrado pelas estações e postos em Duque de Caxias e Guapimirim. Ecologia Agrícola e Pereira Passos, na região oeste, apresentaram os menores valores de chuva acumulada anual, para o período analisado.

A Figura 3 apresenta a espacialização dos acumulados anuais de chuva. Apesar de poucos pontos de medição e de sua ausência total no município de Nova Iguaçu e no seu entorno é possível verificar a influência das baías da Guanabara e de Sepetiba na distribuição dos valores de chuva. Também verifica-se que em Guapimirim, com dois pontos pluviométricos, a região localizada mais próxima da Serra do Mar apresentou valor de chuva maior do que a região mais próxima a Baía de Guanabara, mesmo esta região recebendo influência marinha.

Figura 3- Distribuição da chuva acumulada anual na Baixada Fluminense.



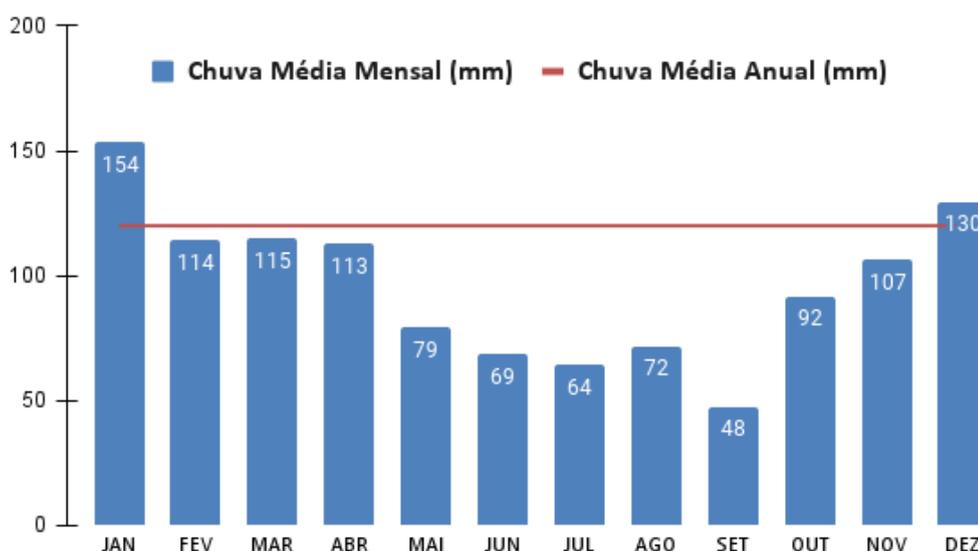
3.2. Distribuição da média mensal de chuva

Em função da média mensal de chuva para toda a Baixada Fluminense foram definidos os períodos com mais e menos chuva. Os meses acima da chuva média mensal (122 mm) foram englobados no período chuvoso, os meses que estão abaixo compuseram o período seco.

Por meio deste critério, de abril a outubro foi o período seco, onde os meses de junho (87mm), julho (84 mm) e agosto (64 mm) apresentaram as menores médias de chuva no período analisado (Figura 4). O período chuvoso foi de novembro a março com os meses de novembro (232 mm), dezembro (234 mm) e janeiro (269 mm) com os maiores valores de chuva.

Na Figura 4 é possível verificar como o valor de chuva média mensal de fevereiro destoa dos valores de dezembro, janeiro e março. Este fato foi salientado por Pristo *et al.* (2018), no trabalho onde estudaram as chuvas intensas no município do Rio de Janeiro. Os autores avaliaram que a redução da quantidade de chuva em fevereiro é devido a menor quantidade de dias neste mês (28 dias), em relação a janeiro e março (31 dias). De acordo com Gershunov e Barnett (1998), a distribuição diária da precipitação para a maior parte do mundo é tal que poucos eventos de precipitação intensa correspondem a uma grande parte da precipitação mensal, sazonal ou anual.

Figura 4 – Chuva média mensal para as estações e postos analisados.

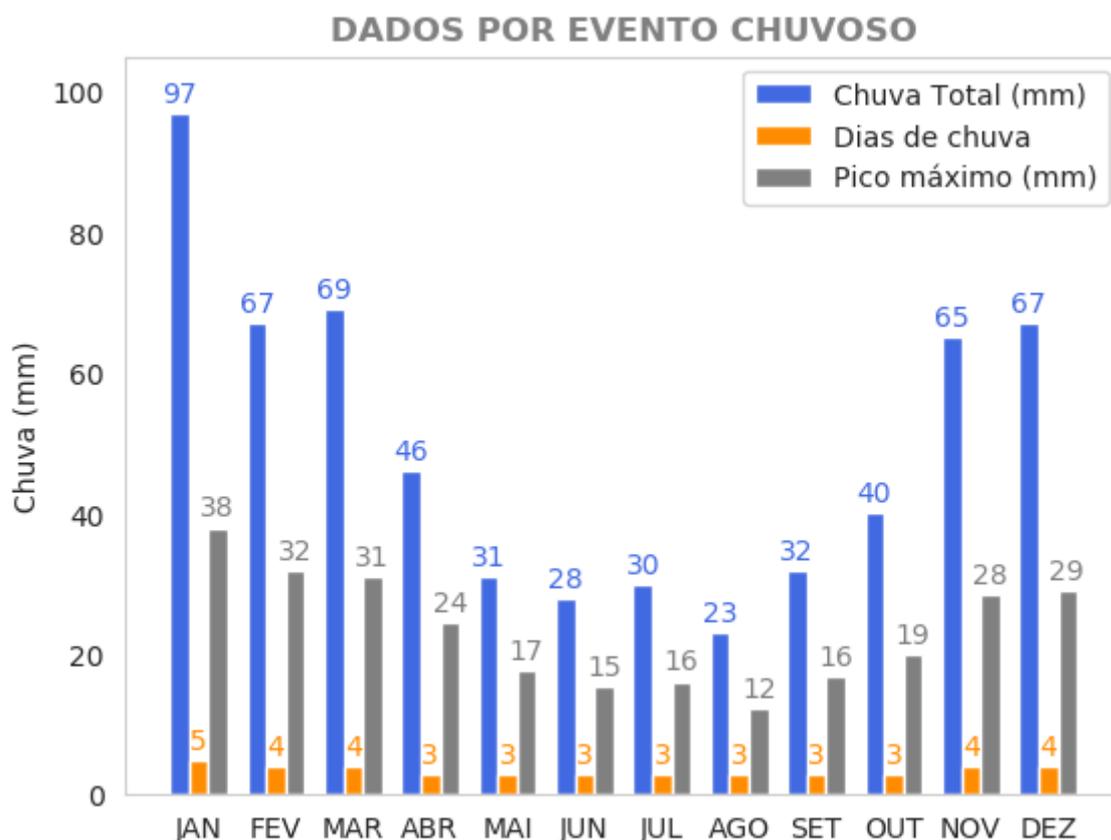




Como Pristo *et al.* (2018) analisaram somente o município do Rio de Janeiro, neste trabalho foi analisado se a constatação dos referidos autores pode ser estendida para toda a Baixada Fluminense. Assim serão apresentadas médias aritméticas mensais para os seguintes dados: dias com chuva, total precipitado e máximo precipitado por evento chuvoso (Figura 5). Neste trabalho, considerou-se evento chuvoso como chuva sem intervalo igual ou maior a um (1) dia.

O termo “dias com chuva” se refere a quantidade média de dias com chuva por evento chuvoso. “Média de chuva” refere-se à quantidade média de chuva para todo o evento chuvoso. O “pico chuvoso” se refere ao máximo de chuva dentro do intervalo de 24 h por evento chuvoso, pois o artigo trabalha com postos pluviométricos com resolução diária e estações meteorológicas com dados horários.

Figura 5 – Média dos dados por evento chuvoso, como: chuva total, dias de chuva e pico máximo de chuva mensal.



Como é possível observar a quantidade de dias com chuva por evento chuvoso é praticamente constante ao longo do ano. Todas as estações apresentaram valores em torno

de 4 dias. Em relação aos picos máximos de chuva por evento chuvoso, de novembro a março as médias ficaram em torno dos 20 mm, de abril a outubro a média era por volta de 20 mm, com exceção de agosto com 12 mm.

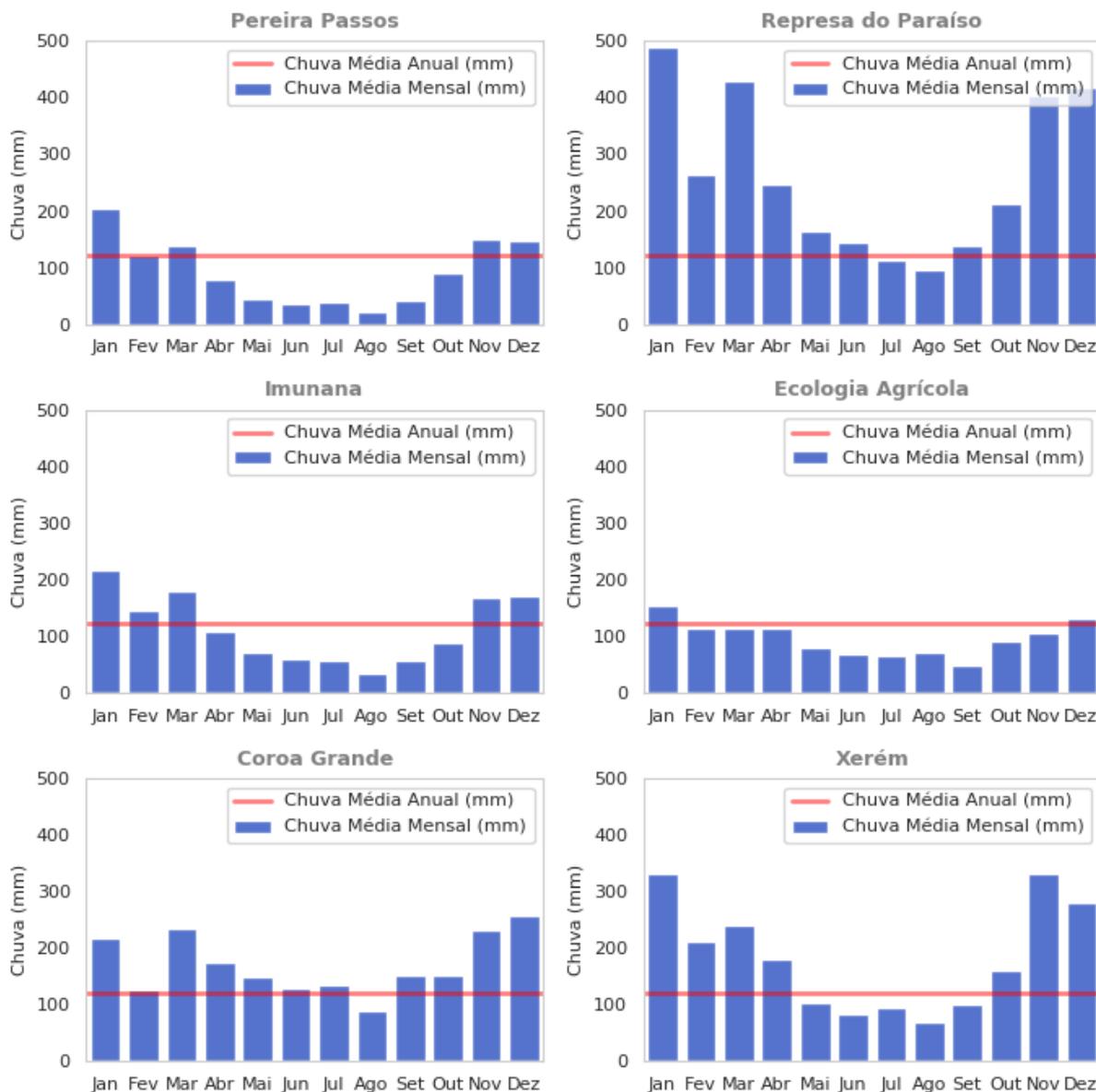
A média da chuva total por evento chuvoso foi a característica analisada mais discrepante entre os meses, esses valores refletem a distribuição temporal de chuva na Baixada Fluminense. De novembro a março as médias ficaram em torno dos 65 mm, com exceção de janeiro (97 mm). Abril e outubro foram meses intermediários com valores em torno dos 40 mm. Os meses com as menores médias de chuva por evento foram no período entre maio e setembro.

Os dados da figura 5 demonstram que não há discrepância entre os valores de fevereiro com os meses de novembro a março que compõem a época chuvosa da região. Assim, infere-se que as características analisadas não se alteram no mês de fevereiro, fato que corrobora com a constatação de Pristo *et al.* (2018) para o município do Rio de Janeiro. E também não há na literatura, até o momento, a citação de algum fator climático que altere a quantidade de chuva somente em fevereiro na região sudeste do Brasil. Assim, este artigo concorda com a ideia apresentada em Pristo *et al.* (2018) de que a queda na quantidade de chuva no mês de fevereiro tem relação com a menor quantidade de dias neste período.

A distribuição temporal mensal das chuvas na Baixada Fluminense para o período de 2003 a 2017 é demonstrada por meio das figuras 6A – 6F. O posto Represa do Paraíso e a estação Xerém apresentaram as maiores diferenças no volume de chuva mensal entre os períodos chuvoso e seco.



Figura 6 - Figura com os valores de média mensal de chuva por estação meteorológica e posto pluviométrico para a BF. Posto A – Represa do Paraíso, B – Coroa Grande, estação 6C – Xerém, D – Pereira Passos, E – Imunana e estação F – Ecologia Agrícola.



Os valores apresentados na Figura 6 podem refletir a formação de regimes de circulação local em razão da Serra do Mar e do Morro da Mazomba. Essas características locais podem induzir a formação de chuva orográfica, chuva convectiva, regime de chuva produzida pelas circulações de brisa vale/montanha. O efeito orográfico local contribui para o aumento da umidade e, conseqüentemente, maior probabilidade de chuva com maior intensidade (BRITO, 2017).

Os postos Pereira Passos, Imunana e a estação Ecologia Agrícola (as únicas medições que não são influenciadas por bloqueios orográficos) apresentaram as médias mensais de chuva, para o período chuvoso, em torno da média mensal de chuva para a BF. E os valores das médias mensais, para o período seco, abaixo da média mensal da BF. Por outro lado, nos postos Represa do Paraíso, Coroa Grande e na estação Xerém foram os valores do período seco que ficaram em torno da média mensal de chuva para a BF. De modo a reforçar as afirmações de Smith e Barstad (2004) e Brito (2017).

A localização do estado do Rio de Janeiro em relação aos trópicos lhe confere forte radiação solar que juntamente ao seu extenso litoral formam um cenário favorável a intensificação do processo de evaporação no verão (NIMER, 1989; REBOITA *et al.*, 2010). Essa massa de ar é transportada para o continente por diferentes sistemas atmosféricos e propicia a formação dos Jatos de Baixos Níveis que transportam umidade do leste dos Andes para o Brasil. A interação dos JBN com a umidade carregada do Oceano Atlântico Sul para o continente forma uma espessa banda de nebulosidade que é uma das principais causas do aumento de chuva durante o verão na região Sudeste, consequentemente, na Baixada Fluminense (REBOITA *et al.*, 2010). A interação deste sistema de mesoescala com os sistemas locais formam as diferentes distribuições pluviométricas observadas nos gráficos 6A – 6F.

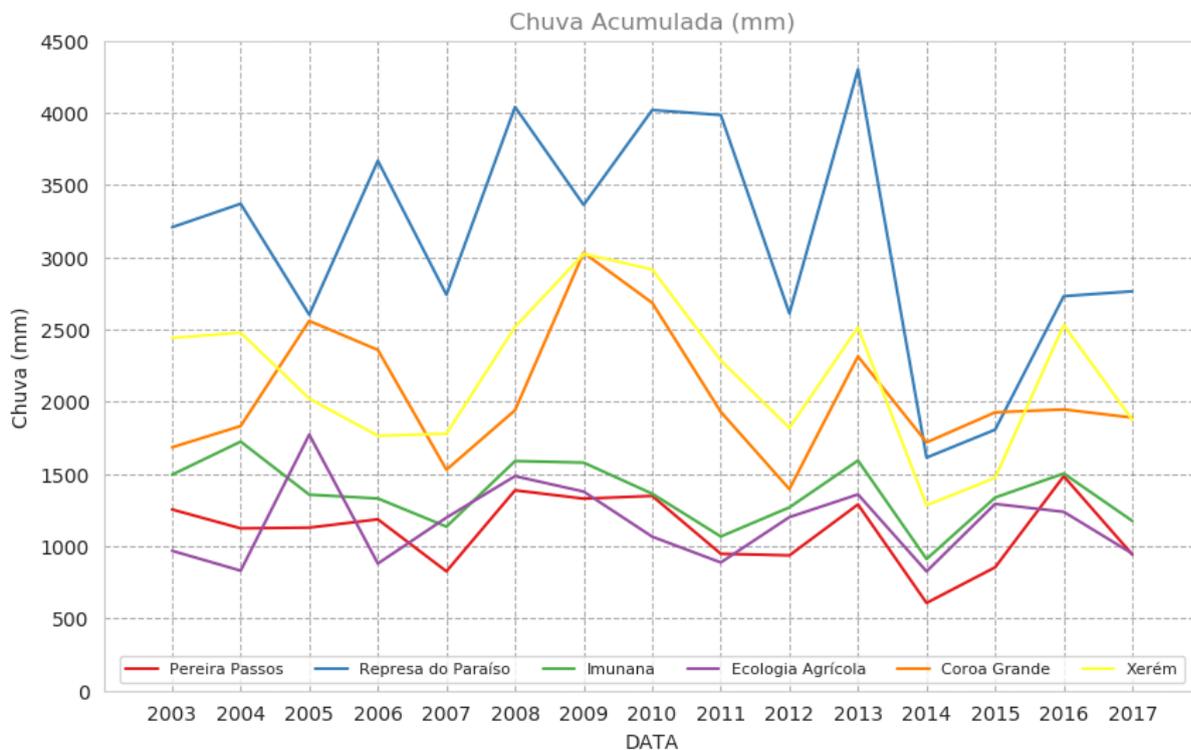
3.3. Distribuição da média de chuva anual

Na Figura 7 se observa que a estação Represa do Paraíso apresentou valores de chuva muito acima da média em quase todos os anos, exceto em 2014 e 2015. As estações de Coroa Grande e Xerém obtiveram valores de chuva próximos da média, com chuva acima da média entre 2008 e 2011, e as demais estações obtiveram valores abaixo da média em todos os anos avaliados.

Os meses com chuva muito acima da média no estado do Rio de Janeiro, geralmente, são provocados por eventos intensos da ZCAS. Em seu trabalho, Nery e Malvestio (2017) analisaram os desastres naturais, como inundações e movimentos de massa, provocados por eventos intensos ou prolongados da ZCAS de 1976 – 2010. Somente entre 1980 e 1989 foram 21 eventos que resultaram em desastres naturais. Em 1985 somente um evento matou 118 pessoas em toda região Sudeste.



Figura 7 - Chuva anual e chuva média anual para a Baixada Fluminense entre 2003 e 2017.



Segundo Marengo *et al.* (2015) o desenvolvimento de um sistema de alta pressão sobre o Oceano Atlântico Subtropical influenciou a circulação de ar na região Sudeste e impediu a passagem/desenvolvimento dos sistemas como a ZCAS, JBN e as FF. Este fato provocou a estiagem e conseqüentemente uma crise hídrica no sudeste brasileiro nos anos de 2014 e 2015. Os resultados apresentados na figura 7 corroboram com o evento descrito por Marengo *et al.* (2015).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Baixada Fluminense está inserida em um complexo sistema morfológico – climático, onde diferentes sistemas dinâmicos e estáticos definem o seu regime de chuva. Sendo assim, as principais conclusões deste estudo são referentes à distribuição espacial dos eventos chuvosos.

Por meio dos valores de chuva acumulada anual nota-se a importância da distribuição altimétrica irregular do estado do Rio de Janeiro na distribuição de chuva. A estação Xerém e os postos Represa do Paraíso e Coroa Grande demonstraram a influência da Serra do Mar e do Morro do Mazomba nas distribuições de chuvas a barlavento. Os postos Imunana e Coroa Grande demonstraram a influência marítima por meio das Baías de Sepetiba e da Guanabara. Deste modo infere-se que a região leste da Baixada Fluminense apresenta maiores valores de chuva do que a região oeste.

Em relação a distribuição interanual de chuva, o período seco da Baixada Fluminense foi de abril a outubro com os meses de junho, com destaque para agosto com o menor total de chuva do período. Porém, a época chuvosa foi de novembro a março, com os meses de dezembro e janeiro sendo os mais chuvosos. Em relação ao mês de fevereiro, este trabalho corrobora com a ideia de que o valor da média mensal é baixo devido a menor quantidade de dias neste mês e não a um fator climático específico.

Em relação à distribuição interanual, na análise de 2003 a 2017 a maioria dos anos ficaram com a média de chuva por volta de 1800 mm. Deste período destaca-se o ano de 2014 que apresentou média abaixo dos 1000 mm. Apesar das poucas estações meteorológicas e postos pluviométricos disponíveis na região, foi possível realizar uma análise a respeito da distribuição espaço-temporal das chuvas na região da Baixada Fluminense no período de 2003 a 2017.

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ALVES, Emanuel Ribeiro; GOMES, Heliofábio Barros. Validação da imputação múltipla via predictive mean matching para preenchimento de falhas nos dados pluviométricos da Bacia do Médio São Francisco. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 1, p. 199–206, 2020.

ANDRÉ, Romisio *et al.* Identificação de regiões pluviométricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 4, p. 501–509, 2008. DOI: 10.1590/s0102-77862008000400009.

ASMUS, Haroldo Erwin; FERRARI, André Luiz. “Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil”. In PROJETO REMAC. Aspectos estruturais da margem



continental leste e sudeste do Brasil. **Rio de Janeiro: Petrobras/Cenpes/Dintep**, 1978, v. 4, pp. 75-88.

BARBOZA, Rafael Silva *et al.* Air basins of Rio de Janeiro state, Brazil. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 07, n. 10, p. 781–791, 2015. DOI: 10.4236/jwarp.2015.710064.

BRITO, Thábata T. *et al.* Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, n. 5, p. 469–478, 2017. DOI: 10.1007/s00703-016-0481-x.

CARMO, Roberto Luiz do; NUNES, Luci Hidalgo. Climate change and human activities in Brazil with emphasis on the coastal zone. **Terræ**, v. 3, n. 1, p. 40–45, 2008.

COSTA, Edilson; LEAL, Paulo A. M.; CARMO BU, Ruy R. do. Modelo de simulação da temperatura e umidade relativa do ar no Interior de estufa plástica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 57-67, 2004. DOI: 10.1590/S0100-69162004000100008.

COSTA, Micejane da Silva *et al.* Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern Oscillation. **International Journal Of Climatology**, v. 41, p. 2111-2135, 2020.

FARR, Tom G.; KOBRICK, Mike. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 81, n. 48, p. 583-585, 2000.

GERSHUNOV, Alexander; BARNETT, Tim P. ENSO influence on intraseasonal extreme rainfall and temperature frequencies in the contiguous United States: observations and model results. **Journal Of Climate**. v. 11, p. 1575–1586, 1998.

GOIS, Givanildo de *et al.* Variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 24, 2019.

GROOTHUIS - BUUREN, Stef Van; OUDSHOORN, Karin. MICE: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. **Journal of Statistical Software**, v. 45, n. 3, 2011. DOI: 10.18637/jss.v045.i03.

HARRELL, Frank E. Regression modeling strategies with applications to linear models, logistic regression and survival analysis. **Springer-Verlag**, New York, 2001.

OSCAR JÚNIOR, Antonio Carlos da Silva. A paisagem da Baixada Fluminense: uma análise na perspectiva geoecológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 02, p. 195-210, 2013.

MARENGO, José A. *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31, 2015. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44.

NERY, Jonas Teixeira; MALVESTIO, Leônidas. Natural disasters in southeastern Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, p. 1–24, 2017. DOI: 10.5194/nhess-2015-33.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**, 1989.

OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco de *et al.* Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v.224, p.105746, 2021. DOI:10.1016/j.jastp.2021.105746

PELLEGATTI, César Henrique Gonçalves; GALVANI, Emerson. Avaliação da precipitação na Serra do Mar – SP em eventos de diferentes intensidade e duração. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 27, p. 147, 2010. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2010.74160.

PRISTO, Marcos Vinícius de Jesus *et al.* Climatologia de chuvas intensas no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 615–630, 2018. DOI: 10.1590/0102-7786334005.

REBOITA, Michelle Simões *et al.* Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010. DOI: 10.1590/s0102-77862010000200004.

ROCHA, André Santos. “Nós não temos nada a ver com a Baixada!” – problemáticas de uma representação hegemônica na composição do território. **Recôncavo**, v. 3, n. 4, p. 1–22, 2013.

RUIZ-CÁRDENAS, Ramiro *et al.* Preenchimento de falhas em bancos de dados meteorológicos diários: uma comparação de abordagens. In: **Congresso Brasileiro De Agrometeorologia**, p. 1-5, 2011.

SANT’ANNA NETO, João Lima. Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

SILVA, Danilo *et al.* Imputação de dados diários de radiação solar global via ambiente R. **Enciclopédia Biosfera**, v.16, n. 29, 2019.

SOBRAL, Bruno Serafini *et al.* Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 281–308, 2018.

USDA. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply And Demand Estimates**, p. 1–149, 2021. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>.

VELASCO, K. S. **Impacto das enchentes nos municípios da Baixada Fluminense**. 2010. Dissertação. Especialização em gestão ambiental. Universidade Cândido Mendes. Rio de Janeiro.



Janeiro.2010.

Disponível

em:

http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/k214678.pdf.

Acesso

em:

set/2020.

VIANA, Luiz Paulo de Souza *et al.* Sistema de alerta de cheias do estado do Rio de Janeiro: situação atual e perspectivas. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011.