

Pluviometria da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba: variabilidade e tendências

Rainfall of Paranaíba River basin: variability and trends

*Danniella Carvalho dos SANTOS*¹

*Vanderlei de Oliveira FERREIRA*²

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo da pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, que abrange áreas dos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e também do Distrito Federal. A ênfase recai sobre o quadro de variabilidade em diferentes escalas temporais e tendências anuais. Para isso foram utilizados dados de 22 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA), distribuídos espacialmente ao longo da área da bacia. Os dados compreendem o período 1979-2013 (35 anos). Após tabulação inicial, foram aplicadas técnicas adequadas à análise da variabilidade anual, sazonal, mensal e diária das chuvas, além de testes de tendências anuais. Foram identificados os meses mais chuvosos e mais secos e calculado o percentual de contribuição dos mesmos em relação ao total anual em cada posto pluviométrico. Nas análises diárias foram elaborados diagramas de frequência para diferentes intervalos de alturas pluviométricas. As análises de tendências apontam para redução das chuvas na maioria dos postos pluviométricos. Os resultados poderão ser utilizados para aprimoramento das iniciativas de gestão dos recursos naturais da bacia através de políticas públicas voltadas para este fim.

Palavras-chave: Variabilidade, tendências, precipitações, bacia do Paranaíba.

ABSTRACT

This article presents a study of the rainfall of the Paranaíba river basin, which covers areas of the states of Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul and also the Federal District. The emphasis is on the framework of variability at different time scales and annual trends. For this, data from 22 pluviometric stations of the Agência Nacional de Águas (ANA) were used, spatially distributed throughout the basin area. The data cover the period 1979-2013 (35 years). After initial tabulation, adequate techniques were applied to the analysis of annual, seasonal, monthly and daily rainfall variability, as well as annual trends tests. The rainy and drier months were identified and the percentage of their contribution was calculated in relation to the annual total in each pluviometric station. In the daily analyzes, frequency diagrams were elaborated for different intervals of rainfall heights. Trend analyzes point to rainfall reduction in most pluviometric

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. danniellacarvalho@gmail.com

² Professor da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. vanderlei.ferreira@ufu.br

stations. The results can be used to improve the management initiatives of the natural resources of the basin through public policies aimed to this end.

Keywords: variability, trends, rainfall, Paranaíba basin.

* * *

Introdução

Existe forte relação entre volume, frequência e intensidade da pluviosidade com a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, pois a chuva representa a fonte primária da maior parte da água doce terrestre. Assim, a variabilidade e tendências pluviométricas interferem diretamente na disponibilidade hídrica, determinando a ocorrência de situações críticas (FERREIRA, 2012).

O estudo das séries históricas de pluviosidade contribui para mensurar a disponibilidade atual de água, conhecer a evolução progressiva e prever comportamentos futuros (TUNDISI, 2008). Detectar se há aumento ou redução progressiva de pluviosidade é fundamental para identificação de externalidades geradas pelas atividades produtivas regionais ou por mudanças climáticas verificadas em escalas superiores.

Os modelos que analisam efeitos das mudanças climáticas globais sobre a disponibilidade hídrica indicam que haverá escassez em muitas regiões do planeta. O Brasil será atingido pelas mudanças climáticas globais, incluindo efeitos nos padrões de pluviometria e fluviometria, que também são impactados por efeitos locais e regionais de atividades produtivas (IPCC, 2007). São necessários estudos abrangentes a esse respeito, incluindo o desenvolvimento de ferramentas de análise de tendências que possam oferecer apoio à decisão gerencial, especialmente na escala das bacias hidrográficas. É necessário entender como as chuvas se comportam ao longo do tempo nos diferentes espaços terrestres, pois elas representam a fonte de água básica, tão necessária à sobrevivência das espécies e atividades humanas.

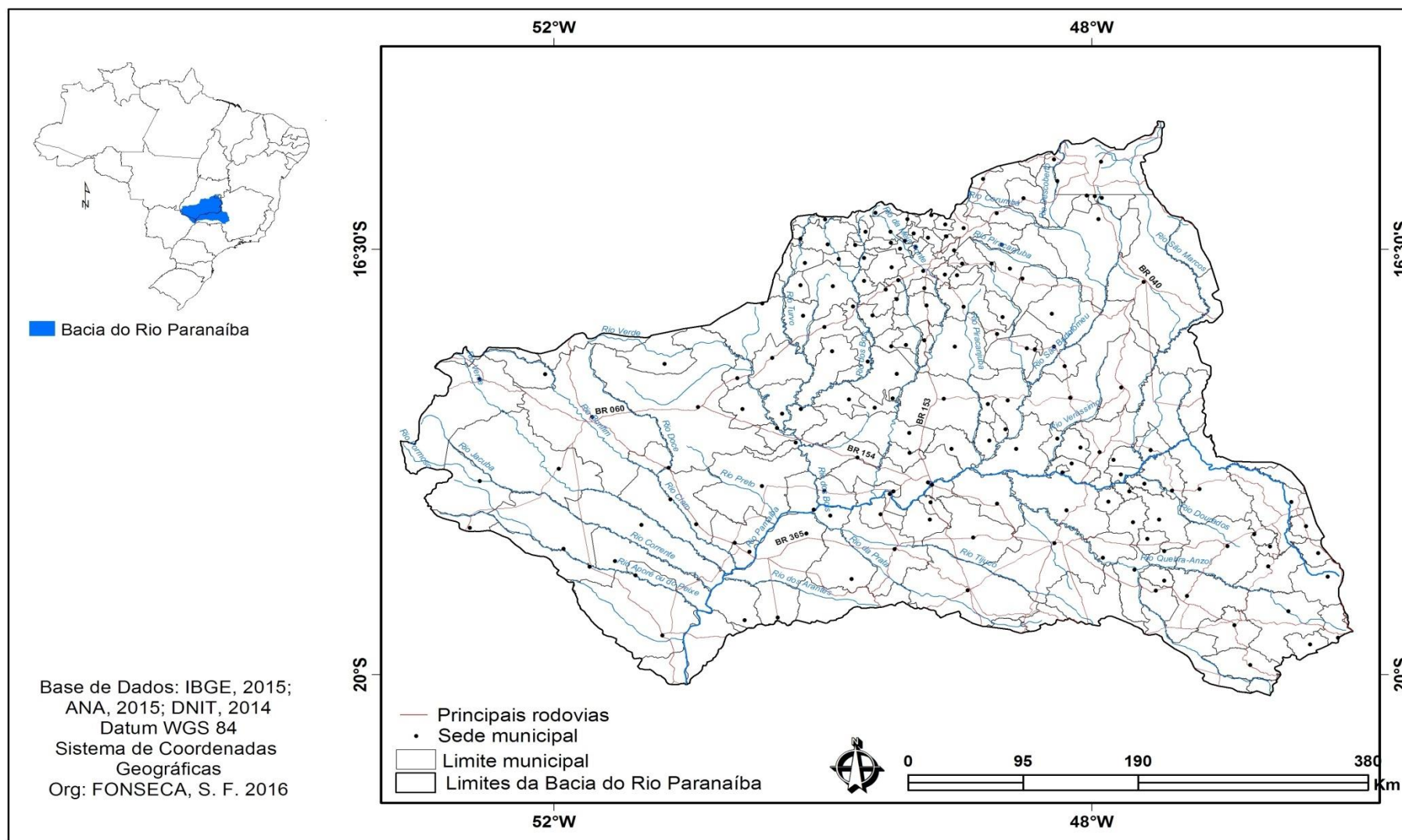
Considera-se que a bacia hidrográfica do Paranaíba apresenta características e problemas representativos em relação aos desafios que o

Brasil enfrenta no contexto da gestão de recursos hídricos (MENDES SILVA e FERREIRA, 2015b). A temática tem aplicação direta nos estudos relacionados ao manejo e conservação de recursos naturais e nas iniciativas de planejamento de atividades econômicas, incluindo pesca, navegação, abastecimento público de água, agricultura e produção de energia hidroelétrica (TORRES *et al.* 2015). Assim sendo a pesquisa aqui relatada propôs analisar a variabilidade diária, mensal e interanual da pluviosidade na bacia do Paranaíba, procurando diagnosticar situações de anomalias e tendências de longo prazo.

A bacia do Paranaíba é uma das seis unidades hidrográficas principais da Região Hidrográfica do Paraná, ocupando áreas dos estados de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS) e Distrito Federal (DF). Localiza-se entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste como mostra a figura 1. Sua área de drenagem é de 222,767 Km². O rio Paranaíba nasce na Serra da Mata da Corda, no Estado de Minas Gerais, no município de Rio Paranaíba, percorrendo aproximadamente 1.160 Km até sua foz onde, juntamente com o rio Grande, forma o rio Paraná.

Segundo Mendes Silva e Ferreira (2015b), a dinâmica climática da região é influenciada principalmente pelas Massas de ar Tropical Continental, Equatorial Continental, Tropical Atlântica, Polar Atlântica e vários sistemas atmosféricos transientes, apresentando variações espaciais internas determinadas pela topografia. Segundo a classificação climática de Köppen predomina na bacia do rio Paranaíba o clima “Aw”, que indica clima tropical, quente em todas as estações do ano (temperatura média mensal $\geq 18^\circ$ C), com inverno seco. Esta classificação se baseia nas características do regime de chuva e de temperatura do ar, e está apoiada na premissa de que a vegetação de um determinado local é derivada principalmente do tipo de clima (FLAUZINO *et al.*, 2010). Segundo a classificação de Thornthwaite, baseada no balanço hídrico, o clima da bacia é úmido com déficit hídrico no inverno, mesotérmico e com concentração da evapotranspiração potencial no verão inferior a 48% (PRHBP, 2011).

Figura 1: mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Brasil



Org.: Fonseca, 2016

De acordo com Mendes Silva e Ferreira (2015b), as precipitações anuais na bacia apresentam maiores médias na porção leste/nordeste e na porção sudeste e estão associadas principalmente a altitudes mais elevadas. Por sua vez os mesmos autores enfatizam que áreas com menor altitude na bacia (confluência do rio Paranaíba com o rio Grande, por exemplo) apresentam relativa redução nos totais anuais de precipitação.

As precipitações médias mensais na bacia do Paranaíba ficam entre 0 e 400 mm, conforme o PRHBP (2011), com uma sazonalidade marcante que classifica os meses de maio a setembro como secos, com valores próximos a zero, e os meses de outubro a abril como úmidos com as precipitações variando de 100 a 400 mm.

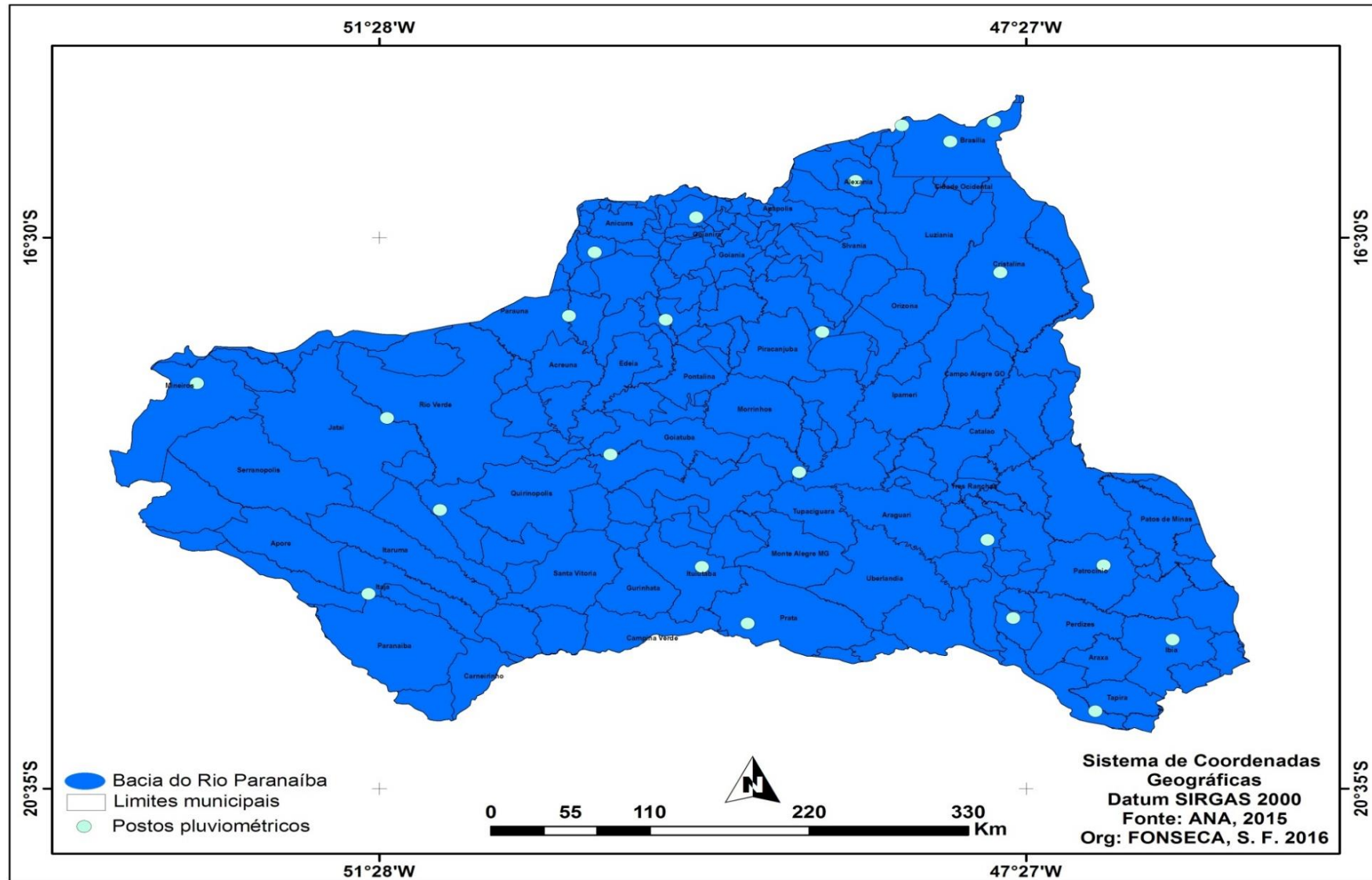
Materiais e procedimentos metodológicos

- **Seleção dos dados de pluviosidade**

Buscou-se criar uma distribuição relativamente uniforme dos postos da Agência Nacional de Águas (ANA) na área da bacia, para atender ao tratamento estatístico e geração das informações para a execução dos demais procedimentos. Os 22 postos pluviométricos selecionados contam com um intervalo de dados de no mínimo 30 anos, necessário a análise de variabilidade e tendências. A qualidade dos dados também foi considerada, especialmente quanto à presença de lacunas na série temporal, sendo excluídos das análises os anos que apresentaram mais de um mês de falha nos dados da estação chuvosa (outubro a março).

Na figura 2 e quadro 1 são apresentados os postos pluviométricos adotados na pesquisa. São os mesmos analisados por Mendes Silva e Ferreira (2015a) em pesquisa dedicada à delimitação da estação chuvosa, identificação e contagem de veranicos.

Figura 2: mapa de localização dos postos pluviométricos



Org.: Fonseca, 2016

Quadro 1: Informações sobre os postos pluviométricos da ANA adotados para a pesquisa

Localização dos postos pluviométricos							
MINAS GERAIS (MG)							
	Código	Município	Nome	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados
1	1947001	Santa Juliana	Santa Juliana	-19,32	-47,53	950	1973-2013
2	1846002	Patrocínio	Charqueada do Patrocínio	-18,93	-46,97	960	1973-2013
3	1946004	Ibiá	Ibiá	-19,48	-46,54	855	1973-2013
4	1849000	Ituiutaba	Ituiutaba 1	-18,94	-49,46	563	1973-2013
5	01847001	E. do Sul	Estrela do Sul	-18,74	-47,69	461	1973-2013
6	1949002	Prata	Fazenda B. Prata	-19,36	-49,18	517	1973-2013
7	02047037	Sacramento	Desemboque	-20,01	-47,02	960	1973-2013
GOIÁS (GO)							
8	1647002	Cristalina	Cristalina	-16,76	-47,61	1239	1974-2013
9	1649006	Inhumas	Inhumas	-16,35	-49,5	747	1973-2013
10	1648001	Alexânia	Ponte Anápolis-Brasília	-16,08	-48,51	1087	1973-2013
11	1752003	Mineiros	Ponte do Cedro	-17,58	-52,6	690	1973-2013
12	1751001	Jataí	Ponte Rio Doce	-17,86	-51,4	755	1973-2013
13	1750001	Paraúna	Fazenda N. Turvo	-17,08	-50,29	509	1973-2013
14	1850001	Goiatuba	Fazenda Aliança	-18,1	-50,03	447	1973-2013
15	1749001	Varjão	Fazenda Boa Vista	-17,11	-49,69	558	1973-2013
16	1851001	Aporé	Campo Alegre	-18,52	-51,09	670	1973-2013
17	1848007	Buriti Alegre	Corumbazul	-18,24	-48,86	547	1973-2013
18	1951001	Itajá	Itajá	-19,14	-51,53	436	1973-2013
19	1748000	Cristianópolis	Cristianópolis	-17,2	-48,72	829	1974-2013
20	1650003	Turvânia	Turvânia	-16,61	-50,13	700	1974-2013
DISTRITO FEDERAL (DF)							
21	1547004	Brasília	Brasília-015	-15,79	-47,92	1160	1973-2013
22	1548000	Brasília	Brazlândia (Q. 18)	-15,67	-48,22	1106	1974-2013

Fonte: ANA, 2015

Aplicação de ferramentas para avaliar a variabilidade pluviométrica

Os dados foram inicialmente tabulados no software Hidro 1.2, fornecido gratuitamente pela ANA. Posteriormente foram exportados para o Excel. Foi feito um tratamento prévio dos dados, incluindo cálculo da média, cálculo da mediana e da moda. Depois foi analisada a amplitude, que diz respeito à diferença entre os valores mínimos e máximos das séries históricas. Os demais procedimentos dedicados ao estudo da variabilidade seguiu o mesmo roteiro metodológico adotado por Santos e Ferreira (2016), conforme descrito a seguir.

Variabilidade anual da precipitação

Nas análises de variabilidade anual da precipitação foi utilizado o desvio quartílico das chuvas anuais. Através do cálculo da mediana foram delimitados

o quartil superior e inferior de modo que a amplitude entre o terceiro e o primeiro quartil abranja 50% dos dados analisados, sendo, portanto classificados como habituais. O quartil inferior e superior abrangem 25% cada, sendo classificados como anos secos e anos chuvosos, respectivamente.

Variabilidade sazonal e mensal da precipitação

Para analisar a variabilidade pluviométrica sazonal e mensal foram adotados os seguintes passos:

- a) Elaboração de um pluviograma, onde é apresentado o percentual que cada mês contribui para o total pluviométrico anual, calculado por meio de uma regra de três simples;
- b) Elaboração de uma tabela contendo os dados de pluviosidade mensal, onde foi calculada a média da precipitação dos 22 postos, sendo feito este mesmo cálculo individualmente para cada mês em todos os anos da série histórica;
- c) Análise da contribuição de cada mês em relação ao total do ano correspondente utilizando a regra de três simples, destacando ainda o mês mais chuvoso da série histórica em cada posto;
- d) Elaboração de quadro contendo os meses mais secos e mais chuvosos da série histórica, através da aplicação de um gradiente de cor onde os meses mais secos correspondem às cores mais claras e os meses mais chuvosos são marcados pelas cores mais escuras.

Variabilidade diária da precipitação

Na escala diária foram elaboradas curvas de permanência, que são equivalentes a diagramas de frequência, pois permite determinar frequência da ocorrência de determinados alturas pluviométricas em intervalos de tempo. A elaboração das curvas diárias de permanência pluviométrica foi feita utilizando o software Hidro 1.2. Cada posto pluviométrico da série histórica que compreende os anos de 1973 a 2013 teve sua curva de permanência calculada.

• Aplicação de ferramentas para avaliar tendências pluviométricas

De acordo com Ferreira (2012), existem varias metodologias que podem ser aplicadas à análise de tendências em séries temporais. No presente caso, optou-se por aplicar e comparar os resultados de duas possibilidades

metodológicas: teste do sinal e regressão linear. Para aplicação do teste do sinal a série temporal é dividida em duas subséries de igual tamanho. Em seguida é calculada a diferença para cada par conforme equação abaixo:

$$D_i = X_i - Y_i$$

Se $D_i > 0$, ao par é atribuído um sinal positivo (+)

Se $D_i < 0$, o par recebe um sinal negativo (-)

Se $D_i = 0$ exclui-se o par de observações e o tamanho da amostra é reduzido.

Onde: D_i = diferença entre os pares de dados; X_i = dado da sub-série I e Y_i = dado da sub-série II.

Ainda conforme Ferreira (2012, pág.321):

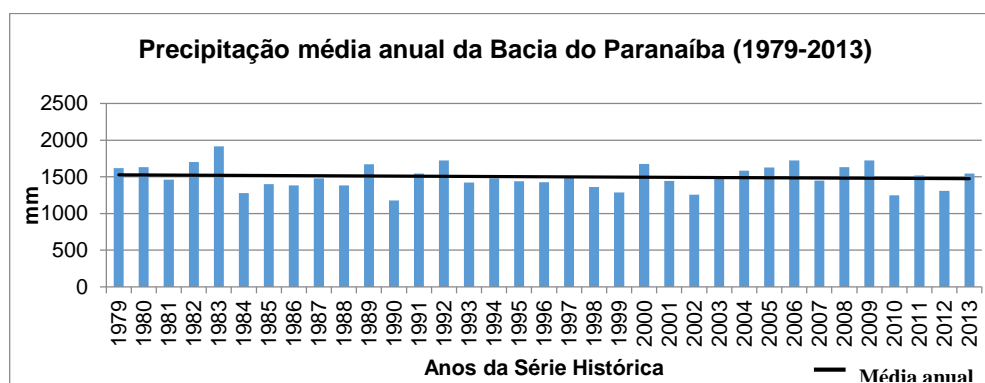
Se o número de sinais positivos for aproximadamente igual ao número de sinais negativos a tendência indica manutenção do comportamento da variável estudada. Se o sinal negativo prevalecer admite-se que está havendo tendência de aumento (a primeira sub-série apresenta valores menores). Se prevalecer o sinal positivo a situação é de redução da variável estudada (a primeira sub-série apresenta valores maiores).

A reta de regressão linear é feita associando os dados de chuva à variável tempo. Em teoria, se ela for estendida para os anos que dão continuidade à série histórica é possível prever os valores futuros, utilizando-se da equação da reta ($y = a.x + b$).

Resultados e discussões

- *Variabilidade pluviométrica anual*

A variação média anual da precipitação na bacia do Paranaíba pode ser observada na figura 3. O ano de 1983 recebeu a maior altura anual de precipitação média na bacia. O ano que apresentou maior amplitude entre os postos foi 1980 (1790 mm), sendo que Patrocínio registrou 2991 mm e Goiatuba registrou apenas 1200 mm.

Figura 3: gráfico da média das alturas pluviométricas anuais na bacia do Paranaíba (1979-2013)

Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS., D. C

O gradiente de cor inserido no quadro 2 indica que os anos com cor mais clara tendendo ao branco são mais secos, os anos com cor intermediária são os habituais e os com cor mais escura são os mais chuvosos. Os anos de 1981, 1987, 1994, 1997, 2001, 2003 e 2007 apresentaram chuvas mais próximas da média e foram classificados como habituais. Nos anos 1985, 1986, 1988, 1989, 1993, 1996, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2009 observa-se também o comportamento habitual na maioria dos postos pluviométricos. Entretanto, nesses anos quase não houve classificação de postos como sendo secos, e sim em habituais ou chuvosos. Por isso, foram considerados habituais tendendo a chuvosos.

Os anos de 1982, 1989, 1991, 1992, 200, 2006 e 2009 também foram classificados predominantemente como chuvosos, o que demonstra uma variação espacial considerável, visto que este comportamento foi observado em mais de 50% dos postos durante os anos supracitados. Já os anos de 1984, 1985, 1990, 1999, 2001, 2002, 2010 e 2012 foram classificados em sua maioria como habituais ou secos, sendo entendidos para fins de análise como habituais tendendo a secos pois apresentaram ao longo da série histórica a maior parte dos anos classificados em habituais ou secos. Em alguns destes anos não houve registro de nenhum ano chuvoso. O ano considerado menos chuvoso foi 1990 que apresentou 73% dos postos classificados como secos. Convém destacar que nenhum posto pluviométrico neste ano foi classificado como chuvoso.

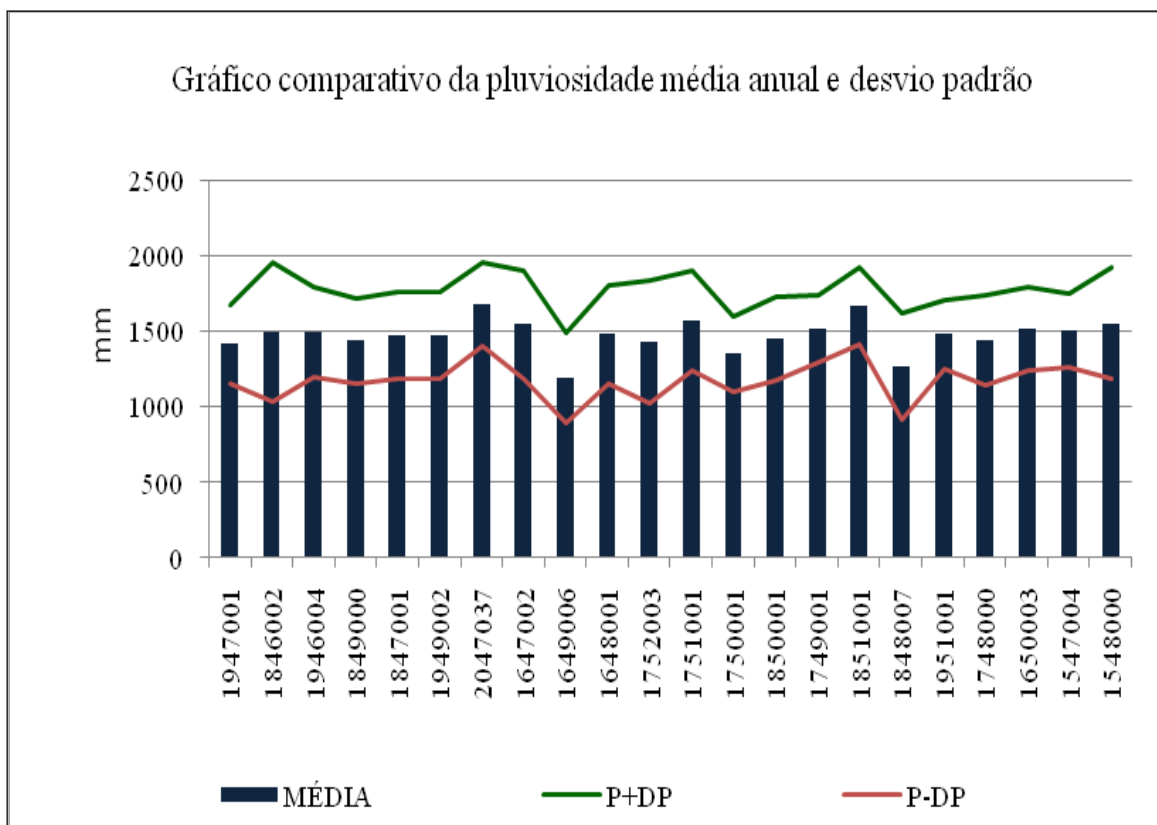
Quadro 2: classificação dos anos da serie histórica (1979- 2013) em Secos, Habituais e Chuvosos

Posto	Município	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13		
1947001	Santa Juliana	Seco	Habitual	Seco	Habitual	Chuvoso	Habitual	Seco	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Seco	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Ausência	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual		
1846002	Patrocínio	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	
1946004	Ibiá	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1849000	Ituiutaba	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1847001	Estrela do Sul	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1949002	Prata	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Ausência	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2047037	Sacramento	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1647002	Cristalina	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1649006	Inhumas	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1648001	Alexânia	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1752003	Mineiros	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	
1751001	Jataí	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1750001	Paraúna	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1850001	Goiatuba	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1749001	Varjão	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1851001	Aporé	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1848007	Buriti Alegre	Habitual	Chuvoso	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1951001	Itajá	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1748000	Cristianópolis	Habitual	Chuvoso	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1650003	Turvânia	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1547004	Brasília	Habitual	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
1548000	Brasília	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual	Habitual
Legenda		SECOS					HABITUAIS					CHUVOSOS					AUSÊNCIA DE DADOS																					

Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS., D. C

Para reforçar o entendimento da variabilidade anual das chuvas foi calculado o desvio padrão, que é obtido por meio da raiz quadrada da variância, indicando como os dados se comportam em torno da média. A figura 4 apresenta a média das alturas pluviométricas anuais de cada posto (barras). Foi calculada a média somada e subtraída ao desvio padrão. A linha vermelha representa a media da pluviosidade por posto subtraída do desvio padrão médio e a linha verde indica a média de chuvas somada aos valores de desvio padrão médio.

Figura 4: gráfico comparativo da pluviosidade e desvio padrão



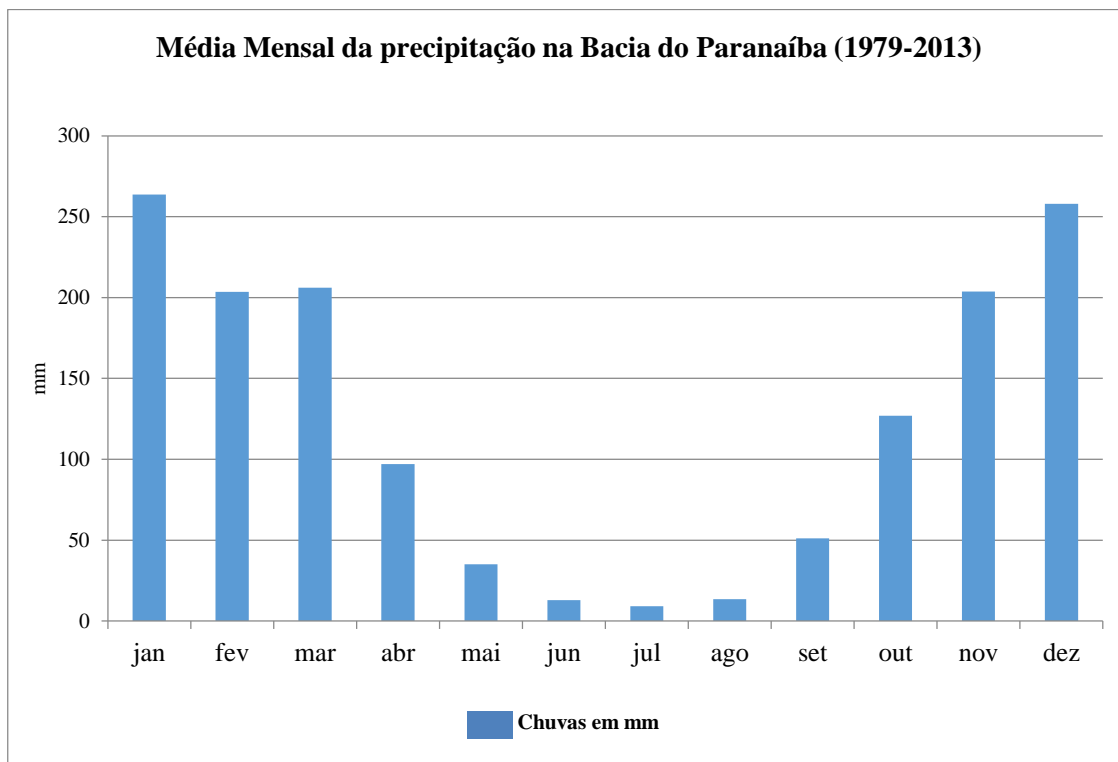
Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS, D. C.

- **Variabilidade pluviométrica sazonal**

Segundo Mendes Silva e Ferreira (2015a), as datas de início e fim da estação chuvosa podem ser obtidas por diversos critérios. Aplicando metodologias de Sansigolo (1989) e Assunção (2013), baseadas nas quantidades e continuidade das chuvas, os autores definiram que a estação

chuvosa tem início no dia 28 de outubro e se encerra no dia 02 de abril. A sazonalidade na bacia é marcante, como mostra a figura 5.

Figura 5: gráfico da média das alturas pluviométricas mensais na bacia do Paranaíba



Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D. C.

Observa-se que o ano inicia com alturas pluviométricas elevadas, em média 260 mm. As chuvas têm continuidade até abril, quando são reduzidas consideravelmente, dando início à estação seca. Nos meses de junho, julho e agosto identificam-se as menores médias da estação seca. Entretanto, a partir deste último mês, já é possível observar um novo aumento das alturas pluviométricas que atingem média de 250 mm no mês de dezembro.

A bacia do Paranaíba apresenta especificidades internas do ponto de vista paisagístico, sendo uma delas a variação altimétrica, que influencia diretamente o clima, causando diferenças consideráveis nas alturas pluviométricas entre os postos. O quadro 3 apresenta os dados médios mensais de cada posto, incluindo os valores máximos, mínimos e a amplitude.

Quadro 3: média mensal da precipitação em postos pluviométricos da bacia do Paranaíba

Posto	Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
1947001	Santa Juliana	306	223	204	90	45	17	10	13	51	139	215	298	1611
1846002	Patrocínio	291	210	199	78	35	15	14	13	55	114	229	328	1595
1946004	Ibiá	270	185	172	83	42	15	13	12	47	121	195	270	1429
1849000	Ituiutaba	261	192	175	76	31	14	11	14	51	122	177	257	1397
1847001	E do Sul	289	212	207	75	34	12	11	9	39	126	206	291	1516
1949002	Prata	279	224	182	89	32	17	11	12	53	116	170	261	1443
2047037	Sacramento	314	217	207	111	49	22	17	17	65	141	210	295	1660
1647002	Cristalina	249	194	229	95	28	7	4	12	42	126	221	270	1476
1649006	Inhumas	213	198	187	100	33	6	6	6	39	133	201	214	1376
1648001	Alexânia	240	195	210	124	25	8	6	12	56	135	220	260	1484
1752003	Mineiros	239	213	195	111	50	18	10	19	59	119	168	207	1420
1751001	Jataí	247	209	231	119	45	15	10	22	62	118	214	245	1512
1750001	Paraúna	235	195	193	90	25	11	4	10	43	120	183	224	1357
1850001	Goiatuba	270	189	213	98	34	12	9	14	48	129	214	262	1469
1749001	Varjão	268	218	227	95	24	10	7	11	51	122	215	254	1497
1851001	Aporé	301	244	259	108	48	23	16	24	75	138	200	243	1671
1848007	Buriti Alegre	232	164	189	72	29	11	8	13	32	98	179	236	1276
1951001	Itajá	293	192	202	92	52	22	16	16	63	129	163	250	1493
1748000	Critianópolis	270	193	204	86	23	7	4	11	48	113	213	241	1424
1650003	Turvânia	259	215	214	102	31	12	5	10	51	137	218	254	1503
1547004	Brasília	221	195	206	133	32	6	7	15	51	161	240	252	1528
1548000	Brasília	256	199	230	108	27	6	4	13	43	135	231	263	1529
	Média	264	203	206	97	35	13	9	14	51	127	204	258	1485
	Maximo	314	244	259	133	52	23	17	24	75	161	240	328	1671
	Mínimo	213	164	172	72	23	6	4	6	32	98	163	207	1276
	Amplitude	101	80	87	61	29	17	13	18	43	63	77	121	395

Dados: ANA, 2015. Org. SANTOS, D. C.

O mês com maior amplitude é dezembro, com 121 mm de diferença entre as médias de Patrocínio (328 mm) e Mineiros (207 mm). A amplitude do total anual é de 395 mm, registrada entre a média anual de Aporé (1671 mm) e Buriti Alegre (1276 mm).

A média mensal dos dias com chuva, observada no quadro 4, também demonstra intensa variabilidade de precipitação na bacia do Paranaíba. Nos meses mais chuvosos a média de dias com chuva atinge 18 e nos meses mais secos foi registrada média de apenas 1 dia com chuva. Dentre os 22 postos pluviométricos analisados percebe-se ainda uma variação entre os dias com chuva quando se analisa os totais anuais, que varia de 134 dias em Brasília e 91 dias em Paraúna e Buriti Alegre.

Quadro 4: média mensal de dias chuvosos em postos pluviométricos da bacia do Paranaíba

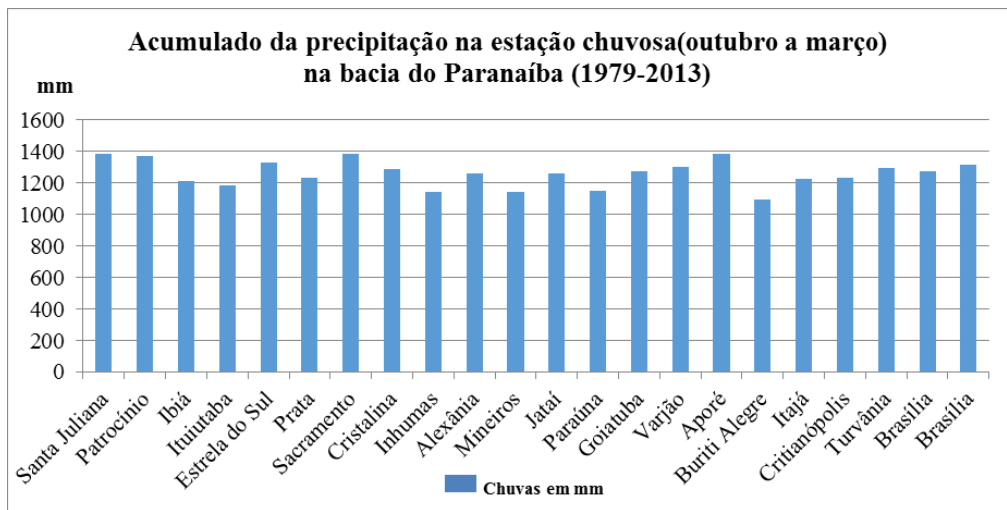
Posto	Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
1947001	Santa Juliana	18	14	15	8	4	2	1	2	5	10	14	19	112
1846002	Patrocínio	17	13	14	7	4	2	2	2	5	10	15	18	107
1946004	Ibiá	17	13	13	7	4	2	2	2	5	10	14	18	107
1849000	Ituiutaba	17	14	13	6	3	2	1	2	5	10	13	17	104
1847001	Estrela do Sul	18	15	16	8	4	2	1	1	5	11	15	19	115
1949002	Prata	16	14	13	6	3	2	1	2	4	8	11	16	97
2047037	Sacramento	20	16	17	10	5	3	2	2	6	11	15	21	129
1647002	Cristalina	18	14	15	9	3	1	1	1	5	10	17	20	115
1649006	Inhumas	18	16	16	9	4	1	1	1	4	11	15	18	117
1648001	Alexânia	19	15	17	10	3	1	1	1	5	11	16	19	116
1752003	Mineiros	16	14	15	8	4	2	1	2	5	8	11	15	102
1751001	Jataí	16	14	15	7	4	1	1	2	5	9	13	16	101
1750001	Paraúna	16	13	13	6	3	1	1	1	4	9	13	15	91
1850001	Goiatuba	17	14	15	7	3	1	1	1	5	9	14	16	103
1749001	Varjão	19	16	15	7	3	1	1	1	5	10	15	18	111
1851001	Aporé	16	14	14	8	4	2	1	2	5	8	11	15	100
1848007	Buriti Alegre	17	12	12	5	3	1	1	1	4	7	12	16	91
1951001	Itajá	15	12	12	6	4	2	1	2	5	8	11	15	95
1748000	Critianópolis	19	14	15	8	2	1	0	1	5	10	15	19	110
1650003	Turvânia	18	16	16	8	3	1	1	1	5	10	14	17	108
1547004	Brasília	19	16	17	11	4	1	1	2	6	14	19	22	134
1548000	Brasília	15	13	14	8	2	1	1	2	4	9	14	17	99
Média		17	14	15	8	3	2	1	2	5	10	14	18	107

Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D. C.

Nos meses de outubro a março percebe-se uma maior ocorrência de dias chuvosos. Dezembro apresenta 18 dias com chuva, em média, e é o mais chuvoso, seguido por janeiro com 17 dias chuvosos em média, março com 15 dias, fevereiro e novembro com 14 dias chuvosos e outubro com uma média de 10 dias. Já nos meses de abril a setembro a média varia de 1 a 8 dias com chuva em cada mês.

A estação chuvosa na bacia do Paranaíba recebe 85% da precipitação anual. Acumula em média 1262 mm do total pluviométrico da bacia e apresenta uma média de 88 dias com registro de chuvas. O maior acumulado foi registrado em Aporé, com média de 1385 mm, e o menor valor acumulado de chuvas na estação chuvosa ocorre no posto pluviométrico de Buriti Alegre, com média de 1098 mm. A figura 6 aponta uma variação de 287 mm em toda a área da bacia do Paranaíba.

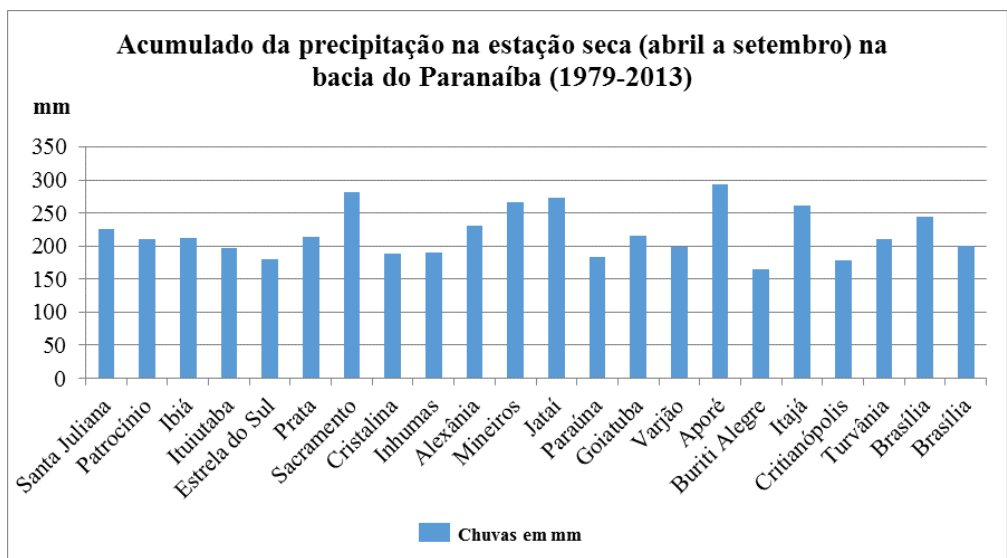
Figura 6: gráfico do acumulado da precipitação na estação chuvosa



Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS, D. C.

Os totais pluviométricos durante esta estação seca caem muito em relação aos totais observados na estação chuvosa acumulando, em média, 219 mm, que corresponde a 15% do total anual. A figura 7 apresenta a variação entre os postos pluviométricos, com o acumulado de chuvas na estação seca variando em 129 mm. O posto pluviométrico de Aporé registra a maior média do total de chuvas (294 mm). Já o posto de Buriti Alegre apresenta o menor acumulado de chuvas estação seca (165 mm).

Figura 7: gráfico do acumulado da precipitação na estação seca



Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS, D. C.

- **Variabilidade pluviométrica mensal**

Foram identificados os meses mais chuvosos e mais secos e calculado o percentual de contribuição mensal em relação ao total anual em cada posto pluviométrico. Para isso, lançou-se mão de um pluviograma (quadro 5) que demonstra a contribuição percentual mensal para os totais anuais de precipitação. Utilizou-se a cor branca para destacar a fonte dos meses mais chuvosos em cada ano da série histórica. Com o uso do pluviograma é possível entender o comportamento pluviométrico de cada mês nas estações chuvosa e seca, dando um panorama da variabilidade que ocorre mês a mês e seu impacto nos acumulados anuais.

Quadro 5: Pluviograma da bacia hidrográfica do Paranaíba

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1979	22	14	10	4	3	0	1	1	5	7	14	18
1980	22	21	5	8	2	2	0	1	4	5	13	18
1981	16	6	17	4	1	2	0	0	1	14	18	18
1982	24	9	18	4	4	1	1	1	3	9	8	17
1983	22	14	12	7	2	1	2	0	4	10	11	15
1984	14	10	14	10	3	0	0	5	5	9	12	18
1985	31	10	17	7	1	0	1	0	3	7	10	13
1986	18	13	14	4	4	0	2	4	3	6	8	22
1987	14	12	14	10	2	1	0	0	4	10	15	19
1988	13	21	16	10	2	1	0	0	1	9	11	15
1989	14	15	11	4	2	2	2	3	5	6	14	24
1990	17	13	13	7	5	0	2	4	6	12	13	10
1991	22	15	20	7	1	0	0	0	2	5	11	16
1992	18	14	11	9	2	0	0	1	7	11	14	13
1993	13	12	12	11	4	0	0	2	9	12	12	14
1994	22	10	20	5	2	1	1	0	0	7	15	16
1995	15	20	13	8	6	1	0	0	3	8	11	14
1996	14	12	15	6	2	0	0	2	5	7	19	16
1997	23	7	15	6	4	6	0	0	5	8	12	14
1998	15	17	12	7	4	0	0	3	3	9	16	14
1999	18	14	17	3	1	1	0	0	5	7	16	18
2000	17	17	16	3	0	0	1	2	7	5	16	16
2001	14	10	14	5	5	0	0	2	4	8	17	21
2002	19	24	13	1	2	0	1	1	5	5	12	18
2003	25	11	18	7	2	0	0	1	2	6	14	15
2004	21	19	12	9	2	0	1	0	0	8	10	17
2005	22	10	17	3	2	1	0	1	4	6	16	19
2006	12	13	18	8	1	0	0	1	4	13	12	17
2007	28	15	8	6	2	0	1	0	0	6	13	21
2008	19	17	14	10	1	0	0	1	2	6	12	18
2009	15	13	11	10	2	1	0	2	6	9	13	20
2010	15	11	15	5	1	0	0	0	3	10	19	20
2011	17	13	23	6	0	1	0	0	1	13	9	17
2012	24	15	11	6	3	4	0	0	3	5	17	13

2013	21	11	14	8	2	1	0	0	2	8	15	17
Média	19	14	14	7	2	1	1	1	4	8	13	17
Mediana	18	13	14	7	2	0	0	1	4	8	13	17
Mínimo	12	6	5	1	0	0	0	0	0	5	8	10
Máximo	31	24	23	11	6	6	2	5	9	14	19	24

Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D.C.

O mês de janeiro, em 40% dos anos da série histórica, é o mais chuvoso, seguido pelos meses de fevereiro e dezembro. O mês de outubro apresenta o menor percentual de contribuição anual, em média 8%, chegando em alguns anos como 1980, 1991, 2000, 2002 e 2012 a contribuir com apenas 5% do total anual. Isto pode ser explicado pelo fato da estação chuvosa ter início médio no final do mês, conforme demonstrado por Mendes Silva e Ferreira (2015a).

O mês de novembro, por sua vez, contribui em média com 13% do total anual. Os anos que registraram os maiores percentuais de contribuição do mês na série histórica foram 1996 e 2010 com 19% do total anual seguidos pelo ano de 1981 com 18% do total. Por sua vez, os anos com menores registros foram 1982 e 1986 que contribuíram com apenas 8% do total anual. Dezembro contribui com uma média de 17% do total anual, sendo 1990 o ano menos chuvoso, quando o percentual de contribuição foi de apenas 10%. Já no ano de 1989 o mês de dezembro contribuiu com 24% do total pluviométrico anual.

Com relação ao mês de janeiro a contribuição média foi de 19% do total anual, sendo que os menores valores registrados foram nos anos de 1988, 1993 e 2006. Os dois primeiros contribuíram com 13% e o último com apenas 12%. Fevereiro, por sua vez, contribui com 14% em média da pluviosidade anual. O mínimo registrado foi no ano de 1981 com apenas 6%. Já no ano de 2002 foi registrada a maior contribuição de fevereiro em relação ao total anual: 24%. Em março observa-se que a média é de 14% da precipitação anual. O menor valor registrado foi no ano de 1980 com apenas 5%. Já o valor máximo foi no ano de 2011 com 23% do fornecimento de chuvas ao total anual.

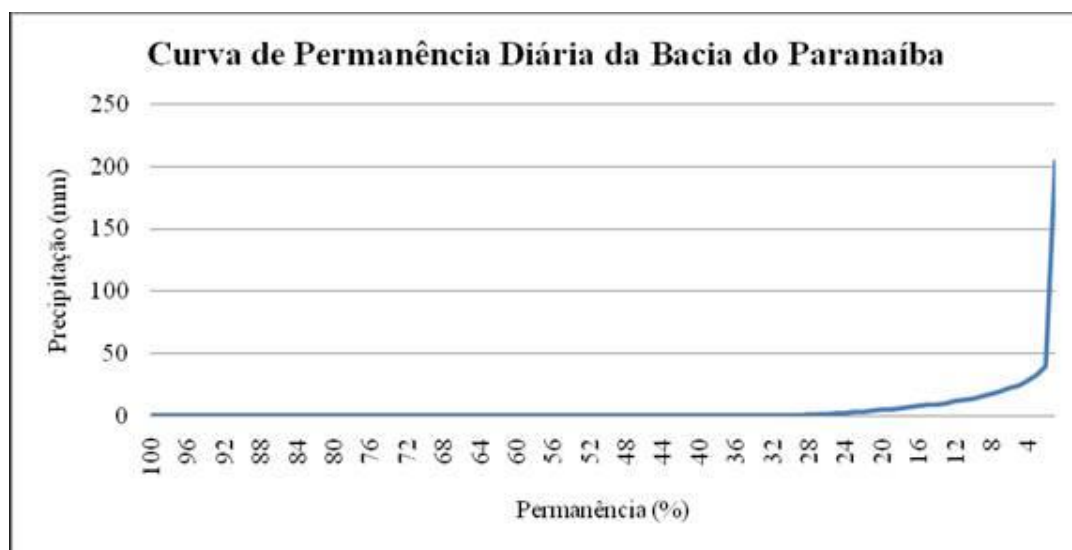
A partir do mês de abril os dados se apresentam com médias inferiores as descritas até o presente momento. Com base no pluviograma observa-se que o mês mais chuvoso da estação seca é abril, que contribui com uma média

de 7% do total anual. O menor registro deste mês foi em 2002 quando contribui com apenas 1% do total anual. No mês de maio as chuvas são praticamente insignificantes contribuindo com apenas 2%. Os meses de junho, julho e agosto configuram o apice da estação seca e portanto não são registradas chuvas significativas nesse período. Os três meses apresentaram o mesmo percentual de contribuição (1%). Com relação ao mês de setembro nota-se uma leve mudança nos percentuais de contribuição: 4% do total anual. Os menores valores registrados neste mês ocorreram em 1994, 2004 e 2007. Já o maior valor de contribuição registrado foi no ano de 1993 com 9% do total anual.

- ***Variabilidade diária das chuvas: curvas de permanência***

A curva de permanência consegue sintetizar, em apenas um gráfico, a frequência dos eventos pluviométricos diários da série histórica. Por isso é uma importante ferramenta para análise da variabilidade diária das chuvas. Através da figura 8 percebe-se que em 20% do tempo ocorrem chuvas diárias acima de 5 mm na bacia do Paranaíba, em 12% do tempo as chuvas são superiores a 10 mm e em menos de 4% dos dias da série histórica ocorrem chuvas com mais de 20 mm.

Figura 8: gráfico da curva de permanência pluviométrica diária na bacia do Paranaíba



Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D.C.

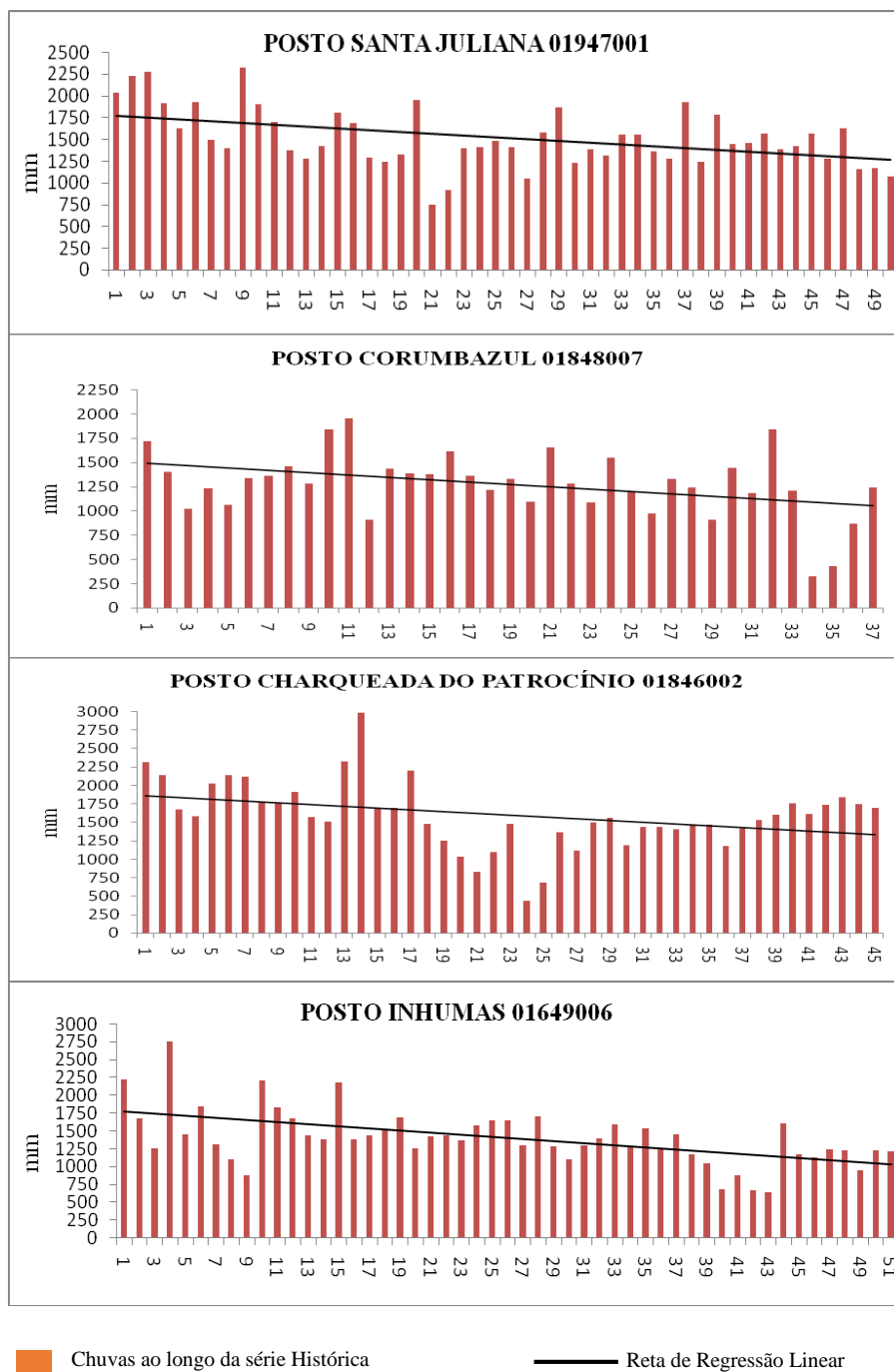
Os eventos pluviométricos são concentrados na bacia do Paranaíba, ou seja, as chuvas com maior volume ocorrem em curtos espaços de tempo. Alguns problemas são gerados em decorrência deste fato, como o escoamento superficial concentrado e as enchentes em áreas urbanas. Em contrapartida observa-se a ocorrência de longos períodos sem chuvas intensas, ou até mesmo sem registro de chuvas (veranicos). Isso também vai ocasionar danos principalmente ao setor agropecuario. Praticamente todos os postos pluviométricos apresentam comportamento muito parecido com a situação média exposta no gráfico 8, não havendo necessidade da inclusão dos gráficos de curva de permanência deles neste texto.

- **Análise de tendências utilizando regressão Linear e Teste do Sinal**

Analisar tendências em séries históricas é de suma importância para o entendimento do comportamento pluviométrico regional em longo prazo, e também para antever a provável situação futura. Optou-se por utilizar a regressão linear e o teste do sinal para analisar as tendências pluviométricas na bacia do Paranaíba.

Foram gerados 22 gráficos de regressão linear, sendo um para cada posto pluviométrico. Evidenciou tendência de redução das chuvas em 46% dos postos, estabilidade em 18% e aumento das chuvas em 36%. A figura 9 apresenta quatro gráficos mais representativos da tendência de redução.

Figura 9: amostra de gráficos de regressão linear indicando redução das chuvas em postos pluviométricos da bacia do Paranaíba



Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D.C.

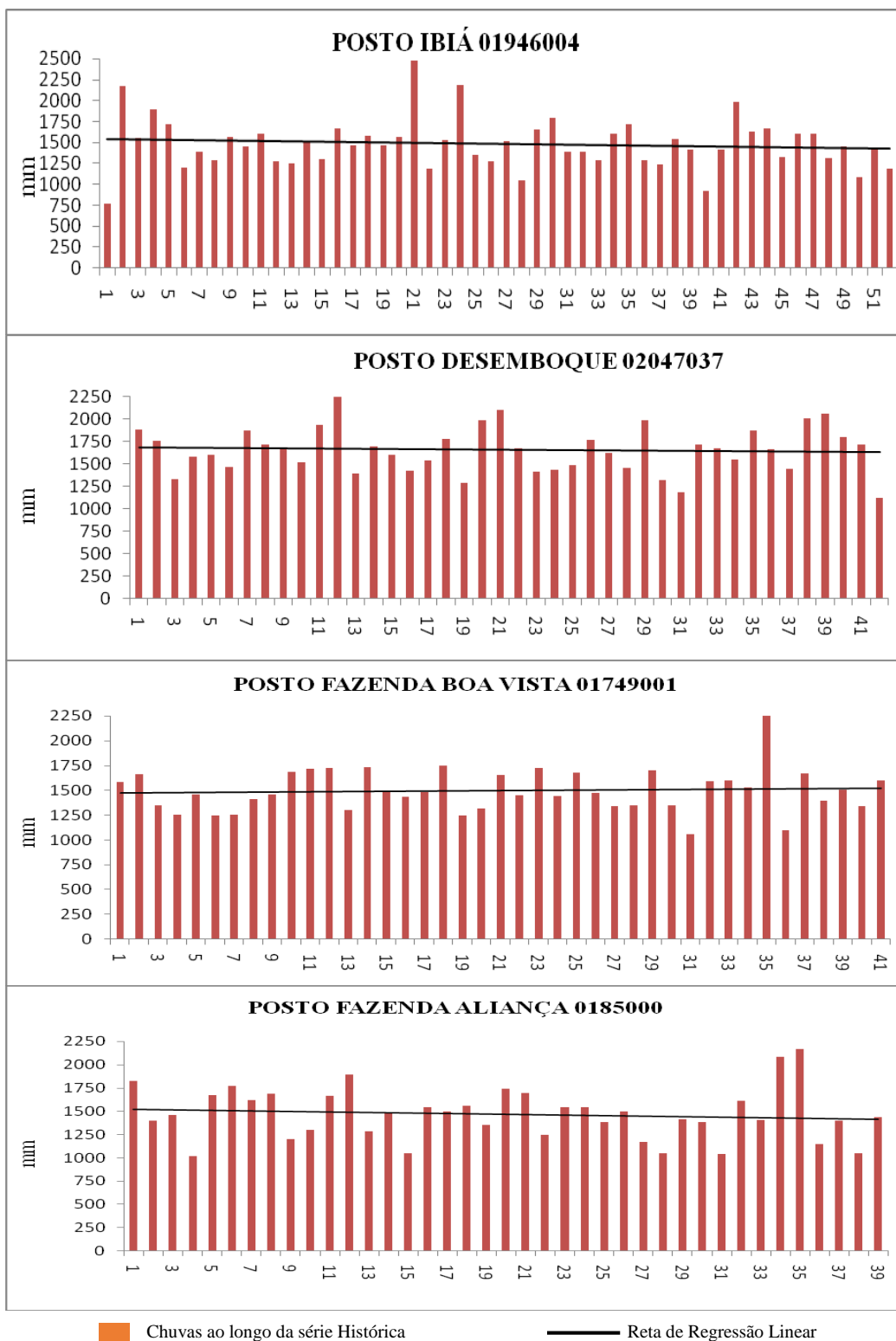
O posto Santa Juliana (01947001) está localizado na porção oeste da bacia do Paranaíba, no estado de Minas Gerais. A maior altura pluviométrica anual registrada foi 2300 mm, e a menor foi 750 mm. O posto Corumbazul (01848007) está localizado no município de Buriti Alegre, no estado de Goiás,

porção centro-oeste da bacia. A altura máxima de precipitação neste posto foi 1950 mm e a mínima foi 324 mm. Observou-se, ainda, que o posto Inhumas (01649006) apresentou os menores valores de precipitação. Ele encontra-se localizado no estado de Goiás, porção norte da bacia e recebeu o valor máximo de 2750 mm de precipitação e o valor mínimo de 638 mm. Por fim, no posto Charqueada do Patrocínio (01846002), o maior valor registrado foi 2990 mm e o menor 430 mm. Este posto está localizado na cidade de Patrocínio, em Minas Gerais, porção sudoeste da bacia do Paranaíba.

Quatro postos apresentaram tendência de relativa estabilidade, dois deles localizados no estado de Minas Gerais, sendo eles Ibiá (01946004) e Desemboque (02047037), e outros dois no estado de Goiás. São eles Fazenda Boa Vista (01749001) e Fazenda Aliança (01850000). A figura 10 apresenta os gráficos dos referidos postos. Nota-se que os postos apresentam médias que variam de 1400 a 1700 mm. Os maiores valores registrados foram: 2477 mm no posto de Ibiá, 2552 mm no posto Desemboque, 2249 na Fazenda Boa Vista e 2170 na Fazenda Aliança. Já os menores valores registrados no período foram 775 mm no posto Ibiá, 1120 mm no posto Desemboque, 1060 na Fazenda Boa Vista e 1022 na Fazenda Aliança.

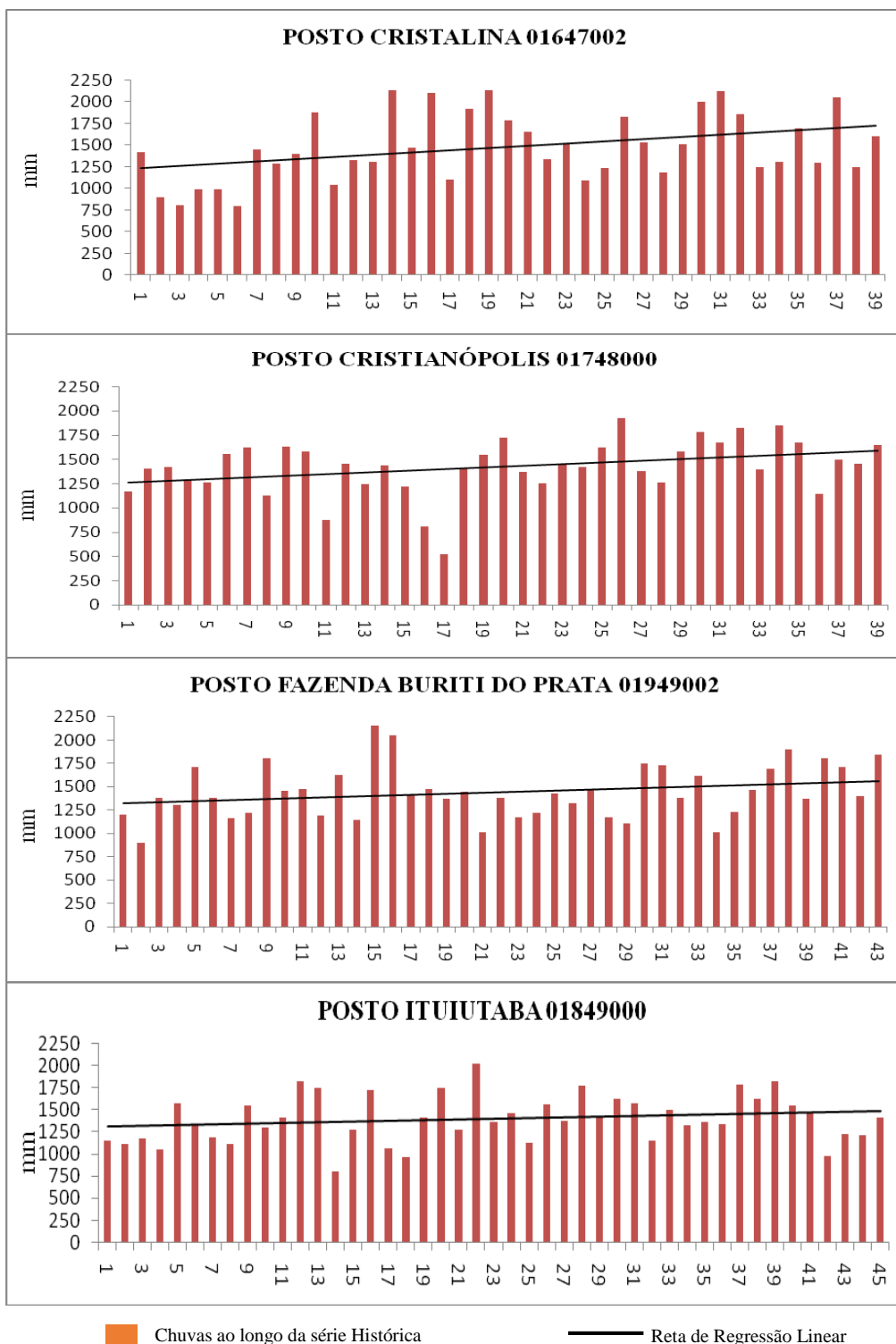
Dos 22 postos analisados 8 apresentaram tendência de aumento nas alturas pluviométricas anuais. Dentre eles, a figura 11 apresenta quatro que apresentaram resultados mais significativos. No posto Cristalina (01647002) percebe-se que o maior valor da série foi 2137 mm e o menor foi 797 mm. Este posto localiza-se no estado de Goiás, porção noroeste da bacia. O posto Cristianópolis (01748000) apresentou valores máximos de 1923 mm e mínimos de 525 mm. Também se encontra localizado no estado de Goiás na porção centro-oeste da bacia estudada. Já os postos da Fazenda Buriti do Prata (01949002) e Ituiutaba (01849000) localizam-se no estado de Minas Gerais e apresentaram como registros máximos 2155 mm e 2027 mm, respectivamente. Os valores mínimos foram 803 mm em Ituiutaba e 899 mm na Fazenda Buriti do Prata.

Figura 10: amostra de gráficos de regressão linear de postos com estabilidade da precipitação na bacia do Paranaíba



Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS, D. C.

Figura 11: amostra de gráficos de regressão linear de postos com aumento da precipitação na bacia do Paranaíba



Dados: ANA, 2015. **Org.:** SANTOS, D. C.

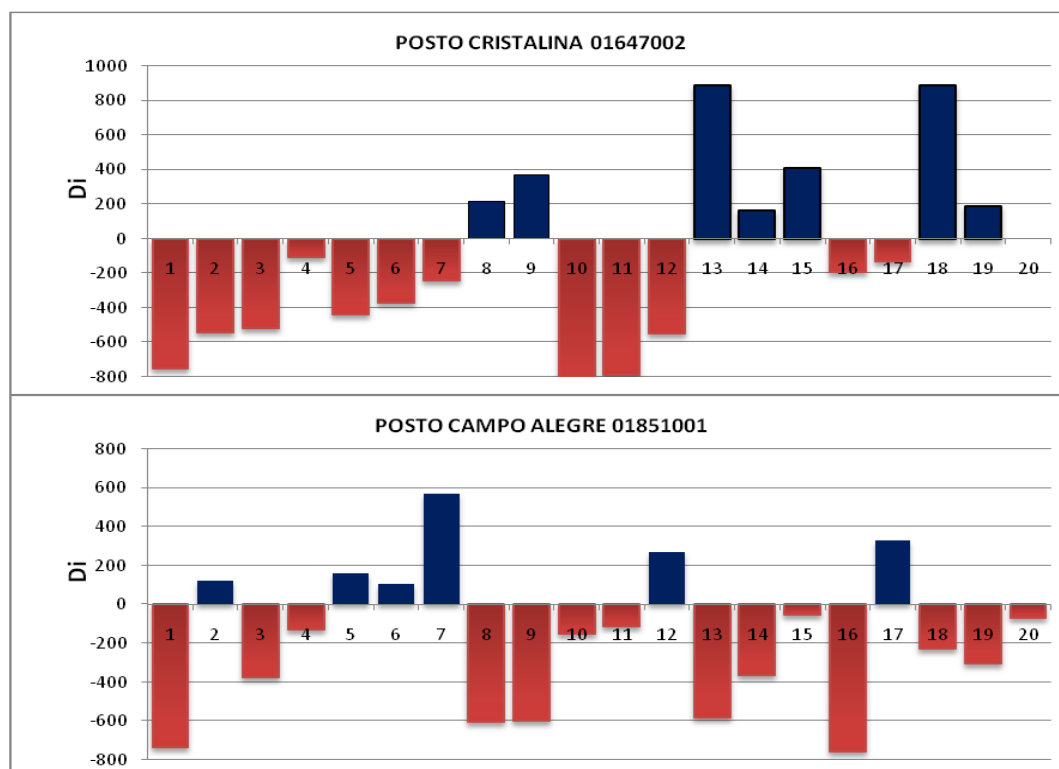
O teste do sinal também pode ser usado para identificar tendências em séries históricas. Ele deve ser usado em conjunto com outras ferramentas de análise para dar mais

credibilidade aos resultados. As séries foram divididas em duas sub-séries com o mesmo tamanho respeitando a ordem crescente dos anos. O objetivo é identificar se o sinal negativo vai prevalecer, o que indica uma tendência de aumento na quantidade de precipitação anual. Se o sinal positivo se sobressair o gráfico indicará redução da pluviosidade.

Os 7 postos pluviométricos que apresentam indicação de aumento nas alturas pluviométricas são: Cristalina (01647002), Campo Alegre (01851001), Fazenda Boa Vista (01749001), Fazenda Buriti do Prata (01949002), Ituiutaba (01849000), Cristianópolis (01748000) e Ponte Rio doce (01751001). Como são muitos gráficos optou-se por utilizar na discussão apenas os dois mais representativos (figura 12).

Observa-se que no posto Cristalina dos 20 pares de dados 12 apresentaram sinal negativo. Isto indica que o posto apresenta tendência de aumento da precipitação anual. Convém destacar que na aplicação da metodologia da regressão linear este posto também apresentou tendência de aumento. Com relação ao posto Campo Alegre, nota-se que dos 20 pares de dados 14 obtiveram sinal negativo reforçando a tendência de aumento da precipitação. Assim como no posto Cristalina este também apresentou tendência de aumento quando submetido à regressão linear.

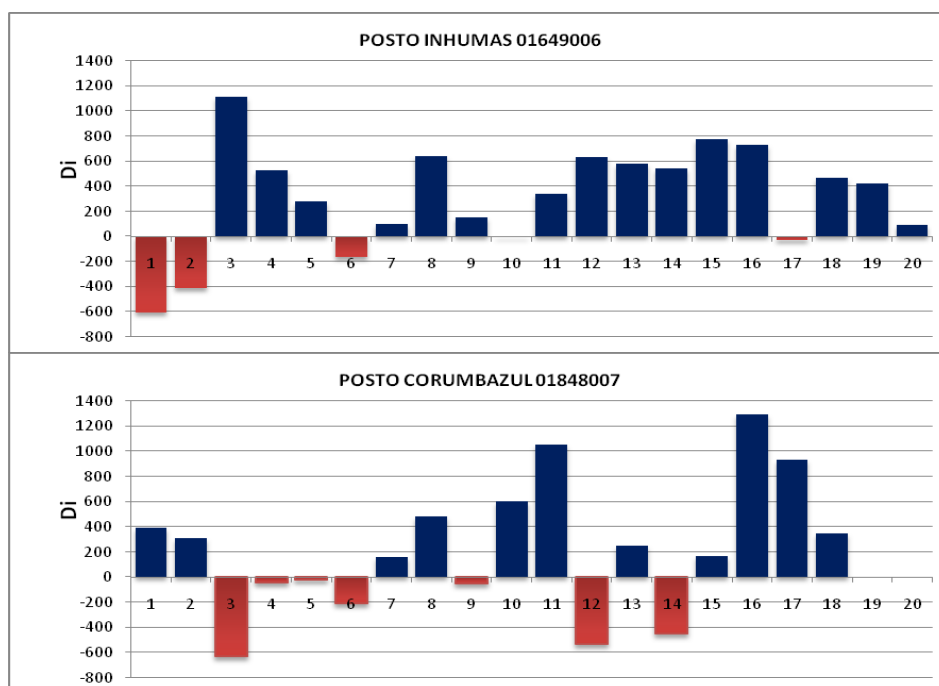
Figura 12: amostra de gráficos de teste do sinal de postos pluviométricos que indicam tendência de aumento nas alturas pluviométricas



Dados: ANA. Org.: SANTOS, D.C.

Os demais postos apresentaram tendência de redução das alturas pluviométricas anuais. A figura 13 apresenta dois gráficos selecionados dentre 15. No posto Inhumas, dos 20 pares de dados, 15 apresentaram sinal positivo o que indica tendência de declínio na pluviosidade. Este posto apresentou forte tendência de redução das chuvas quando submetido à regressão linear. Sobre o posto Corumbazul, dos 20 pares analisados 11 apresentaram sinal positivo o que também indica redução nos totais anuais de precipitação.

Figura 13: amostra de gráficos que indicam tendência de redução nas alturas pluviométricas



Dados: ANA, 2015. Org.: SANTOS, D.C.

Considerações finais

A pesquisa contribui para o entendimento da pluviometria na bacia hidrográfica do rio Paranaíba e tenta identificar um cenário tendencial. Em pesquisas futuras, é preciso discutir as causas das alterações e tendências verificadas, provavelmente resultantes do uso e ocupação do solo e/ou de efeitos das mudanças climáticas em escalas superiores.

Observa-se que a média anual de chuvas na bacia, considerando todos os postos pluviométricos adotados, é de 1491 mm, atingindo o valor máximo no ano de 1983, com 1917 mm. A menor média das somas anuais da bacia foi registrada em 1990, igual a 1178 mm. Foi verificado que a sazonalidade é uma característica marcante e a significativa variabilidade das chuvas ocorre espacial e temporalmente.

As chuvas são acumuladas especialmente na estação chuvosa que tem início em outubro e se estende até março. Este período acumula 85% da altura anual de chuvas. O mês de janeiro é o mais chuvoso seguido por dezembro, fevereiro e março. A estação seca comporta 15% da pluviosidade anual, sendo os meses de abril e setembro os mais chuvosos. Os demais meses desta estação (maio, junho, julho e agosto) apresentam pouca ou nenhuma precipitação. Em apenas 6% dos dias das séries históricas ocorrem chuvas diárias acima de 15 mm. As chuvas diárias acima dos 30 mm ocorrem em apenas 3% do tempo.

As análises de tendência utilizando a regressão linear apontaram para redução das chuvas em 46% dos postos, estabilidade em 18% e aumento das chuvas em 36% deles. Já as análises utilizando o teste do sinal indicaram que 32% dos postos pluviométricos apresentam tendência de aumento das chuvas e 68% dos postos apresentam tendência de redução.

Não é possível afirmar com certeza que a bacia do Paranaíba tem tendência de redução de suas alturas pluviométricas anuais. A intenção é dar continuidade às pesquisas neste sentido, procurando diversificar e aprofundar as alternativas metodológicas, para, a partir daí, afirmar se há ou não tendência de redução das chuvas com maior exatidão. Várias são as alternativas metodológicas para trabalhar variabilidade de chuvas e tendências. Não é objetivo principal esgotar o assunto, até porque isso requer análises mais complexas.

Os resultados obtidos com aplicação das análises estatísticas refletem a necessidade de extrema cautela ao afirmar ou não a ocorrência de mudanças climáticas ou a tendência de aumento ou redução nas alturas de chuvas, pois

o assunto é complexo e requer estudos que contemplem os impactos de mudanças climáticas e dos diferentes usos do solo.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 441780/2014-8 - Chamada MCTI/CNPq/Universal 14/2014).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA (2015). HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20/01/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2013). Caracterização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Disponível em: <<http://www.paranaiba.cbh.gov.br/ProcessoInstalacao/OficinaCapMobCoord/ModuloIIICaracterizacaodoParanaiba.pdf>>. Acesso em: janeiro. 2015.

ASSUNÇÃO, W. L. Metodologia para a definição da duração das estações seca e chuvosa na região dos cerrados do Brasil Central - Primeira aproximação. In: 14º Encontro de Geógrafos de América Latina, 2013, Lima. **Anais**. 2013.

FLAUZINO, Fabrício Silvério. SILVA, Mirna Karla Amorim. NISHIYAMA, Luiz. ROSA, Roberto. Geotecnologias Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 75-91, abr. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000100006>

FERREIRA, V. O. Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: Algumas Possibilidades Metodológicas. **Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 317-324, 2012.

FIELD, C. B.et. all. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge University Press, 2012, 582 pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>

IPCC. **Fourth Assessment Report**. 2007. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em 30/06/2015.

MENDES SILVA, M; FERREIRA, V. O. Pluviometria e balanço hídrico na bacia do rio Paranaíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1335-1346, 2015b.

MENDES SILVA, M ; FERREIRA, V. O . Duração da estação chuvosa e ocorrência de veranicos na Bacia do Rio Paranaíba. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 100-115, 2015a.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARANAÍBA - PRHBP. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2011. Rp - 03. Parte A. Agência Nacional de Águas - ANA contrato nº 012/ANA/2010.

SANSIGOLO, C. A. Variabilidade interanual da estação chuvosa em São Paulo. In: **Climanálise**, v. 4, n. 9, 1989, p. 40-43.

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Geotextos** (Online), v. 12, p. 233, 2016. <https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v12i1.15791>

TORRES, C.J.F.; BRAMBILA, M.; FONTES, A.S.; MENDEIROS, Y.D.P.; Conflitos pelo uso da água para a irrigação, geração de energia hidroelétrica e manutenção do ecossistema aquático no baixo trecho do Rio São Francisco. **Rev. Gestão. Sust. Ambient.**, Florianópolis, n. esp, p. 195-210, dez. 2015.

TUNDISI, J.G. 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, 22(63), p. 7-16. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

Data de submissão: 22/09/2016. Data de aceite: 25/07/2017.