ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Tendências e Prognósticos de Chuvas em Seis Microrregiões do Estado da Paraíba

Francisco de Assis S. de Sousa[1], Heliene Ferreira de Morais[2], Vicente de Paulo R. da Silva[3]

[1,3] Prof. Associado da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Av. Aprígio Veloso, 882, Campus I, Bodocongó, CEP: 58.428-140 - Campina Grande – PB.
[2] Bacharel em Matemática – Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Rua Juvêncio Arruda, S/N, Campus I, Bodocongó; CEP: 58109-790 - Campina Grande-PB.

Artigo recebido em 07/07/2011 e aceito em 21/09/2011

R E S U M O

Neste trabalho foram utilizadas séries temporais de precipitação pluviométrica de 54 municípios para estimar tendências e prognósticos de chuvas em seis microrregiões do estado da Paraíba, com base no teste estatístico de Mann-Kendall e em modelo prognóstico para cenários com horizontes de 50 e 100 anos. Os maiores valores de desvios-padrão foram registrados na microrregião do Litoral, variando entre 481,4 mm no município de Santa Rita e 601,1 mm em João Pessoa. Os menores ocorreram no Cariri, oscilando entre 189,9 mm em Cabaceiras e 273,3 mm em Monteiro. Observou-se alternância de tendências crescente e decrescente nos vários municípios estudados, com destaque para a microrregião do Brejo que apresentou tendência crescente de chuva em todos os municípios. Quanto aos prognósticos da precipitação, Alhandra, situada na microrregião do Litoral, apresentou os prognósticos mais elevados. Nesse município a estimativa de chuvas para 2050 é de 1791,0 mm e para 2100 é de 1962,6 mm. A microrregião do Cariri foi a que apresentou os menores prognósticos. A estimativa para Picuí em 2050 é de 369,7 mm e para São Sebastião do Umbuzeiro, em 2100 é de 266,5 mm.

Palavras-chave: Teste de Mann-Kendall, modelo prognóstico e precipitação pluvial

Trends and Forecasts of Rain in Six Regions of Paraíba State

A B S T R A C T

In this work we used time series of rainfall of 54 municipalities to estimate trends and forecasts of rain in six regions of the State of Paraíba-based statistical test of Mann-Kendall and prognostic model for scenarios with horizons of 50 and 100 years. The highest values of standard deviations were recorded in the micro region of the Coast, ranging from 481.4 mm in Santa Rita and 601.1 mm in Joao Pessoa. The minors in Cariri, ranging between 189.9 mm and 273.3 mm in Cabaceiras and Monteiro. Observed alternating increasing and decreasing trends in the various districts studied, especially the micro to the Swamp presented increasing trend of rainfall in all municipalities. As for predictions of precipitation, Alhambra, located in the micro region of the Coast had the highest predictions. In this municipality, the estimate for 2050 rainfall is 1791.0 mm and for 2100 is 1962.6 mm. The micro Cariri was the one with the lowest predictions. The estimate for Picuí in 2050 is 369.7 mm and São Sebastião do Umbuzeiro in 2100 is 266.5 mm.

Keywords: Mann-Kendall test, prognostic model and rainfall

1. Introdução

As interações entre a atmosfera, os oceanos e a fisiografia de uma região são fatores determinantes para a variabilidade da precipitação, uma das mais importantes

* E-mail para correspondência: fassis@dca.ufcg.edu.br (Sousa, F. A. S.).

variáveis climáticas. Sob esta ótica, alteração no regime de precipitação de área especifica pode significar uma mudança no perfil do clima local, fato que pode ser prejudicial a todo o ecossistema da região e ao próprio homem, já que o clima apresenta variabilidade no espaço e no tempo. A escala temporal pode ainda variar de horas até milênios. Em recursos hídricos geralmente estuda-se o comportamento dos sistemas hídricos dentro da sazonalidade anual e para períodos de dados geralmente da ordem de 15 a 80 anos. O estudo do comportamento climático na escala decadal ou tempos maiores permite analisar a influência do comportamento climático sobre o sistema global e, em específico, os recursos hídricos.

É fato que desde a sua formação o clima da Terra muda continuamente, alterando dessa forma os componentes do ciclo hidrológico. Assim, regiões de clima semiárido podem tornar-se mais úmidas e as de climas mais úmidos podem tornar-se mais secas. Métodos e técnicas estatísticas são muito empregados em climatologia, basicamente para se analisar o tempo passado, com o objetivo de se entender o seu comportamento futuro, como é o caso da análise de séries temporais (Assis *et al.*, 1996; Lettenmaier et al., 1994). Nesse tipo de análise, primeiramente deseja-se modelar o fenômeno estudado para, a partir daí, descrever o comportamento da série, fazer estimativas e, por último, avaliar quais os fatores que influenciaram o comportamento da série, buscando definir relações de causa e efeito entre duas ou mais séries. Para tanto, há um conjunto de técnicas estatísticas disponíveis que dependem do modelo definido (ou estimado para a série), bem como do tipo de série analisada e do objetivo do trabalho. Para análise de tendências, podem se ajustar modelos de regressão polinomial baseado em toda série em dados da vizinhança do ponto.

Na análise do comportamento de uma série histórica livre de tendência e de sazonalidade podem ser utilizados modelos Auto-Regressivos (AR) ou que incorporem médias móveis (ARMA) segundo Latorre *et al.(*2001) e Lucas (2007). Na atualidade a climatologia estatística volta-se para a descrição de eventos futuros do tempo, tanto em grande quanto em média escala. Sua aplicação faz-se ainda mais necessária quando eventos extraordinários, associados às flutuações e mutações climáticas, tornam-se vigentes pela ação de fenômenos exteriores à atmosfera. Para o Nordeste do Brasil podem ser citados vários estudos que utilizaram métodos estatístico-estocásticos (Hastenrah e Greischar, 1993; Repelli e Alves, 1996; Ward e Folland, 1991; Xavier *et al.*, 2000). Assim, a estatística como ciência com enfoque meteorológico é capaz de definir e prognosticar o clima, determinando suas características, as diferenças e semelhanças entre os diversos tipos e subtipos de climas. Marengo e Uvo (1996) estudaram séries temporais de precipitação e de vazões/cotas

de rios em diversas regiões do Brasil e da América do Sul, com base no teste Mann-Kendall a fim de detectar a existência de variações sistemáticas que indicasse a ação de mudanças climáticas (Mann, 1945).

A realização de estudos para detectar o comportamento de variáveis climáticas como a precipitação de uma região é de suma importância, principalmente para se traçar medidas de mitigação dos impactos causados devido à presença de tendência nas séries, já que podem afetar os campos econômico e social. Sob essa ótica, o clima é tratado como elemento transformador da realidade, principalmente da situação socioeconômica da população. Regiões com clima problemático, como por exemplo, o Semiárido do Nordeste brasileiro, são alvo de estudos climatológicos diversos, principalmente relacionados à precipitação pluviométrica. Nessa região há agravantes consideráveis: o contingente populacional, graves problemas estruturais, tanto pela falta de políticas públicas adequadas, quanto pela escassez de chuvas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é o de utilizar o teste de Mann-Kendall e um modelo diagnóstico para verificar a tendência de séries climatológicas de precipitação e prognosticar a chuva para cenários com horizontes de 50 e 100 anos em seis microrregiões do estado da Paraíba.

2. Material e Métodos

No presente estudo foram utilizadas séries de precipitação anual de 54 municípios do estado da Paraíba, arquivadas no banco de dados da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande, oriundas de postos pluviométricos e estações meteorológicas monitoradas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados faltosos foram eliminados, o que constitui uma limitação ao estudo a ser realizado. Para escolher os municípios analisados nesta pesquisa, dividiu-se o estado da Paraíba em seis microrregiões climáticas. Foram escolhidos doze municípios das microrregiões do Alto-Sertão e Cariri/Curimataú, onze do Sertão, sete do Agreste e Brejo, e cinco do Litoral, de acordo com a disponibilidade de dados de chuva.

2.1 As microrregiões

2.1.1 Litoral

O clima do Litoral é tropical úmido, com chuvas abundantes, cerca de 1700 mm/ano, que ocorrem durante todo o ano. No entanto, são mais frequentes no período de maio a julho, que corresponde à estação chuvosa local. As chuvas durante esse período são decorrentes principalmente de Sistemas de Leste que se deslocam do oceano em direção ao continente. A temperatura média anual é de aproximadamente 29C. A vegetação predominante apresenta matas, manguezais e cerrados, gramíneas e arbustos tortuosos, predominantemente representados,

entre outras espécies, por batiputás e mangabeiras. Formadas pela floresta Atlântica, as matas registram a presença de árvores altas, que chegam a atingir cerca 40 m de altura, e que são verdes o ano todo como a peroba e a sucupira. A hidrografia é formada principalmente por rios que nascem na Serra da Borborema e que deságuam no Oceano Atlântico. Dentre estes rios podemos destacar: o Rio Paraíba, que nasce no alto da Serra de Jabitacá, no município de Monteiro, com uma extensão de 360 quilômetros de curso d'água, é o maior rio do Estado.

2.1.2 Agreste

O clima do Agreste paraibano é tropical semiúmido, com chuvas oscilando entre 800 e 1000 mm/ano. As chuvas geralmente ocorrem de fevereiro a setembro. Nesse período dois sistemas meteorológicos produzem precipitação na microrregião: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Ondas ou Sistemas de Leste, sendo esses últimos de maior contribuição para as chuvas que caem ao longo do ano na referida microrregião. O período mais chuvoso, assim como no Litoral, são os meses de maio, junho e julho. A temperatura média anual é da ordem de 27ºC. O Agreste compreende também a região da Chapada da Borborema, zona de transição entre o Cariri, setor oeste e o Litoral, onde se localiza a cidade de Campina Grande, um importante polo industrial e comercial do estado da Paraíba. Nessa região o índice pluviométrico situa-se por volta de 750 mm/ano, devido principalmente a altitude, 540 m. O clima possui temperaturas mais amenas que o restante da microrregião, com temperatura média anual na faixa de 25C, a precipitação, assim como no Brejo, é de natureza estratiforme, garoa contínua que pode perdurar por vários dias consecutivos.

A microrregião destaca-se pelo cultivo de feijão, arroz e principalmente abacaxi, sendo exportadora do produto, possui uma vegetação variada, porém de menor porte que a do Litoral.

2.1.3 Brejo

Microrregião de Esperança e do Brejo, área cristalina, marcada pelos esporões do maciço da Borborema e escarpas orientais do maciço da Borborema. Os ventos úmidos do sudeste interferem diretamente nas condições climáticas locais, passando a existir mais umidade, e em função da altitude, nota-se uma redução das temperaturas, de 22ºC a 25ºC, aumento dos índices pluviométricos, e ocorrência de chuvas orográficas que oscilam de 1.000 a 2.000 mm /ano. O período das chuvas é o mesmo das microrregiões do Litoral e Agreste, ou seja, de fevereiro a setembro, sendo o pico entre os meses de maio a julho. Os sistemas precipitantes que atuam na microrregião são também os mesmos do Litoral e Agreste; no entanto, o índice pluviométrico é superior ao do Agreste e inferior ao do Litoral. A vegetação local é marcada por matas latifoliadas perenifólias

úmidas e de altitude, matas serranas e vegetação Agreste. Com os elevados índices pluviométricos e base pedológica satisfatória, essa se tornou uma das mais importantes regiões de produção agrícola do estado da Paraíba. De engenhos e usinas de cana-de-açúcar, passando pela produção de algodão, sisal, fumo e até mesmo café. Outra importante atividade que se desenvolveu no Brejo foi a pecuária bovina, caprina/ovina, eqüina, asna e muar. Esta atividade selecionou importantes trechos como áreas de pastagens, nativas e solos agricultáveis para a plantação de capim.

2.1.4 Cariri/Curimataú

O Cariri paraibano é uma região fisiográfica de condições climáticas de semiaridez. Nela, habitam fauna e flora pouco diversificada pela influência do clima, sendo este um fator limitante para o desenvolvimento da vida local. A Caatinga, vegetação local apresenta porte variável de caráter xerófilo, com quantidade considerável de plantas típicas de terrenos com escassez de água, que as transforma em vegetação seca, algumas sem folhagem, espinhosas, tipo bromeliáceas e cactáceas. Destacam-se nessa área plantas nativas como: mandacaru, xique-xique, coroa-de-frade, facheiro, palmatórias. A irregularidade das chuvas, ao longo dos anos, tem levado a agricultura (cultivos alimentares, como milho e feijão) aos limites de déficits hídricos. A precipitação pluvial oscila em torno de 350 a 500 mm/ano e ocorrem no período de março a junho, decorrentes da atuação da Zona de Convergência Intertropical, março e abril e Ondas de Leste, maio e junho. As temperaturas diurnas variam entre 26 e 35 ºC.

2.1.5 Sertão

O Planalto da Borborema, setor cristalino formado principalmente por rochas sedimentares, atravessa o Estado de norte a sul, estando presente nas microrregiões do Brejo, Agreste e Cariri / Curimataú e distende-se para o oeste paraibano chegando ao Sertão. O Sertão é delimitado pelo Seridó e baixo Sertão de Piranhas. A vegetação dessa microrregião é formada basicamente por plantas xerófitas cuja denominação mais comum é de Caatinga, constituída de cactos, jurema e outras muito resistentes a longos períodos de estiagens. A região é marcada pela predominância do clima semiárido, quente seco, e semiúmido nas áreas de serras e depressões, com chuvas de verão, e temperaturas médias anuais superiores a 24ºC. Existem anos em que o período de estiagem ultrapassa os 12 meses do ano. A precipitação no Sertão ocorre principalmente no período de fevereiro a maio, decorrente da atuação da Zona de Convergência Intertropical. Um traço característico da estação chuvosa do Sertão, assim como do Cariri e Alto-sertão, é a alta irregularidade espacial e temporal das chuvas, além dos eventos de seca, sendo que a cada 10 anos, pelo menos três são secos na mencionada microrregião. Por outro lado, nos

anos chuvosos a população sofre o efeito das enchentes.

2.1.6 Alto-sertão

A maior parte do território dessa microrregião está situada em bacia de origem tectônica, cujo relevo apresenta-se plano, com algumas serras A vegetação é formada por extratos herbáceo- graminóide e arbóreo - arbustivo em que se reconhecem, dentre outros, o pereiro, faveleiro, jurema-preta e o xiquexique. A área é formada por terrenos sedimentares, datado do período cretáceo, cujo solo é constituído de argilitos, arenitos, calcíferos, ocorrendo no solo minerais profundos e argilosos com muito cascalho, sendo sujeito a erosões, porém muito fértil quando favorecidos pelas chuvas.

O clima dessa microrregião é megatérmico do tipo tropical úmido. A média térmica anual é de aproximadamente 27ºC com temperaturas que variam entre 18°C na mínima e 38oC na máxima. A umidade relativa do ar varia entre 77%no mês de fevereiro e 45% no mês de setembro. A região é caracterizada por ser área seca, recebe chuvas com mais frequência nos meses de janeiro a maio. A época de estiagens se estende de agosto a dezembro. A média de precipitação anual é de 812,7 mm, o principal sistema meteorológico a produzir chuvas na citada microrregião é a Zona de Convergência Intertropical. No período chuvoso podem ocorrer enxurradas, e num curto espaço de tempo chover praticamente a média de um mês inteiro, as chuvas assim como no Cariri e Sertão são altamente irregulares e as secas comuns na microrregião.

2.2 Tendência da precipitação

Para verificar a possibilidade de ocorrência de tendência nas séries temporais estudadas, fez-se uso do teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, conforme a metodologia proposta por Sneyers (1992). Esse teste considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples). Goossens e Berger (1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas e permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência (Back, 2001). Este teste é uma ferramenta amplamente utilizada na literatura científica, e baseia-se na interdependência entre dois valores da variável.

Considere uma série temporal de tamanho n (x_i, em que i = 1,....n), para cada x_i, o número m_i de x_i $< x_i$, com $j < i$ é calculado. Desse modo se obtém a equação (1):

$$d_N \cong \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (1)$$

Segundo Back (2001), sob a hipótese nula (Ho) de ausência de tendência dN, a série com grande número de termos n apresenta uma distribuição normal respectivamente com média (E) e variância (Var), dados por:

$$E(d_N)=N(N-1)/4 \quad (2)$$

$$Var(d_N) = N(N-1).(2N + 5)/72 \quad (3)$$

O sinal paramétrico estatístico u(dN) é obtido pela equação (4) e é comparado a uma distribuição padrão normal, que requer um nível de significância usualmente de 0,05 (Goossens & Berger, 1986; Sneyers, 1992).

$$u(d_N) = (d_N - E(d_N)) / \sqrt{Var(d_N)} \quad (4)$$

A hipótese nula é rejeitada quando há tendência significativa na série, ou seja, quando $|u(d_N)| > 1,96$. O sinal estatístico $u(d_N)$ indica se a tendência é crescente ou decrescente; dessa forma $u(d_N) > 0$ indica tendência crescente e $u(d_N) < 0$ indica uma tendência decrescente na série. A versão sequencial do teste de Mann-Kendall consiste na representação gráfica da série temporal estudada, e de uma série retrógrada. A série retrógrada é calculada para cada x_i. O número m_i' de termos x_j , com $j > i$ e $x_j < x_i$. Uma tendência significativa caracteriza-se quando a curva que denota a série temporal estudada atinge um nível de significância de 5%. Se as curvas da série temporal e da série retrógrada se cruzarem entre valores críticos da ordem de 5%, então existe mudança e o ponto de intersecção representa seu início.

A partir dos valores de tendência obtidos para os municípios analisados, foram elaborados cenários de precipitação para os anos de 2050 e 2100. Esses cenários foram obtidos com base na equação (5).

$$C_n = \overline{P} + t.\Delta T \quad (5)$$

Em que $\overline{P}$ é a normal climatológica da precipitação; t é a tendência da série e T o intervalo de tempo entre o ano do prognóstico e o último ano de dados da série.

3. Resultados e Discussão

As Tabelas de 1 a 6 exibem os resultados da análise de tendência das séries pluviométricas. Nelas os municípios estão agrupados por microrregião climática. As Tabelas mostram também os valores das médias pluviométricas, os desvios-padrão, os níveis de significância e os prognósticos das chuvas para os anos de 2050 e 2100.

Tabela 1. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Alto-Sertão

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
A. Navarro	-1,21	950,55	346,44	24,60	897,22	836,61
Cajazeiras	1,88	892,57	319,25	19,36	975,16	1069,02
S. J. Piranhas	2,88	964,22	342,75	25,84	1171,29	1317,11
B. de S. Fé	2,92	810,78	369,89	20,40	941,10	1089,19
Conceição	-3,82	854,81	433,60	21,12	686,71	495,70
Sousa	2,77	736,30	313,04	4,04	880,41	1018,97
São Gonçalo	2,83	870,74	296,10	8,72	1018,10	1159,80
Itaporanga	2,58	867,79	353,15	2,08	1004,46	1133,39
Aguiar	2,35	865,13	346,75	22,24	968,58	1086,13
Coremas	1,28	866,86	326,49	55,52	932,07	996,01
Piancó	2,63	865,45	408,42	55,22	1023,14	1154,50
Manaíra	2,00	645,49	246,95	31,74	741,70	841,93

Tabela 2. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Sertão

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
Uiraúna	0,26	735,41	246,20	66,00	735,26	748,04
Cat. do Rocha	-1,31	828,88	346,63	66,72	765,79	700,07
B. B. do Cruz	-0,28	723,91	285,08	86,50	710,05	695,91
Pombal	2,94	717,21	289,16	0,90	855,62	1002,86
Malta	-0,40	707,12	275,97	63,12	689,51	669,49
Catingueira	-0,10	935,20	502,64	82,58	930,96	926,15
Água Branca	2,84	675,86	277,30	8,36	803,54	945,40
Patos	-1,91	709,58	330,78	44,72	602,77	507,41
Teixeira	3,32	691,65	335,42	2,04	847,47	1013,24
São Mamede	-1,62	675,44	230,06	44,72	604,36	523,58
Santa Luzia	0,91	534,42	256,13	36,28	574,24	619,49

Tabela 3. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Cariri

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
Taperoá	1,31	493,16	233,70	13,62	550,63	615,94
Olivedos	-0,81	444,57	224,35	38,44	408,09	367,56
Pedra Lavrada	2,62	362,51	206,71	1,68	477,76	608,72
Picuí	0,51	347,26	193,30	52,86	369,77	395,34
Monteiro	-1,75	560,31	273,34	21,12	476,40	388,98
S.S. Umbuzeiro	-2,72	531,96	205,21	33,20	406,24	266,55
Sumé	1,36	537,32	247,65	44,12	614,63	682,44
Caraúbas	1,06	367,97	199,02	31,24	419,02	472,19
S. J. do Cariri	0,03	394,48	223,42	84,94	396,00	397,66
Soledade	0,44	383,89	191,11	33,20	403,34	424,43
Cabaceiras	2,47	341,33	189,94	1,82	464,67	588,00
Boqueirão	0,27	447,59	200,95	93,62	459,49	473,01

Tabela 4. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Agreste

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
Araruna	0,35	840,39	309,80	65,28	855,65	872,98
Campina Grande	0,22	755,54	225,46	68,92	768,98	780,17
Ingá	0,49	652,27	236,48	27,14	676,29	700,80
Itabaiana	-1,82	711,57	242,52	12,36	631,53	540,57
Sapé	1,95	1008,28	308,17	38,44	1093,99	1191,39
Umbuzeiro	2,56	709,97	298,65	13,88	830,40	958,52
Aroeiras	-2,09	602,06	234,15	58,92	510,22	405,85

Tabela 5. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Brejo

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
Alagoa Nova	2,64	1216,92	552,46	62,42	1338,31	1470,26
Alagoa Grande	0,95	917,24	329,56	81,80	961,82	1009,25
Areia	0,80	1347,39	381,08	98,40	1382,38	1422,15
Mulungú	2,43	815,42	325,41	28,92	922,51	1044,20
Guarabira	2,43	815,42	325,41	28,92	922,51	1044,20
Araçagi	1,89	893,84	435,30	81,04	977,17	1071,87
Bananeiras	1,30	1142,67	377,91	58,24	1199,89	1225,89

Tabela 6. Tendência, precipitação média, desvio – padrão, níveis de significância e prognóstico de chuvas para os municípios da Microrregião do Litoral

Município	Tendência	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Significância (%)	Prognóstico (2050) (mm)	Prognostico (2100) (mm)
João Pessoa	-0,50	1654,24	601,16	50,28	1628,22	1603,20
Mataraca	-1,49	1618,00	515,80	81,04	1540,39	1465,77
Alhandra	3,43	1636,60	551,05	47,16	1791,04	1962,63
Santa Rita	-1,51	1400,41	481,43	29,38	1257,38	1131,91
Mamanguape	-2,21	1431,97	593,44	68,18	1325,83	1215,27

Pelo exposto nas Tabelas de 1 a 6, a única microrregião do estado da Paraíba que apresentou tendência crescente de chuva em todos os municípios analisados foi a do Brejo. Já a microrregião do Sertão foi a que apresentou maior número de municípios com tendência decrescente de precipitação, seis no total. Os desvios-padrão mais elevados foram registrados na microrregião do Litoral, e os menores no Cariri. Os níveis de significância oscilaram bastante em todas as microrregiões, no entanto os melhores valores obtidos foram: 1,82% para Cabaceiras e 1,68% para Pedra Lavrada no Cariri; 2,04% para Teixeira e 0,90% para Pombal, no Sertão. 2,08% para Itaporanga e 4,04% para Sousa, no Alto-Sertão do Estado. Quanto aos prognósticos da precipitação, apesar da microrregião do Brejo

ter apresentado tendência crescente para todos os municípios, foi a microrregião do Litoral que apresentou os prognósticos mais elevados, representada por Alhandra, cuja estimativa de chuvas foi de 1791,0 mm para 2050 e 1962,6 mm para 2100. Picuí, com 369,7 mm para 2050, e São Sebastião do Umbuzeiro com 266,5 mm para 2100, no Cariri, foram as localidades onde se registraram os menores prognósticos de chuva neste estudo.

4. Conclusões

Foram verificadas tendências crescente ou decrescente de chuvas para quase todos os municípios analisados do estado da Paraíba. A única microrregião do Estado, que apresentou tendência crescente de chuva em todas as localidades foi a do Brejo. A microrregião do Litoral foi a que apresentou os prognósticos de chuva mais elevados, sendo representada por Alhandra, cuja estimativa de chuvas é de 1791,04 mm para 2050 e 1962,63 mm para 2100. Picuí com 369,77 mm para 2050, e São Sebastião do Umbuzeiro com 266,55 mm para 2100, no Cariri, foram os municípios onde se registraram os menores prognósticos de chuva no estudo. A limitação para a realização deste estudo foram os dados faltosos em algumas séries temporais. De certa forma essas ausências prejudicam a qualidade dos resultados obtidos. Os níveis de significância indicam prognósticos confiáveis da precipitação, principalmente na microrregião do Alto-Sertão da Paraíba.

5. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. Referências

Assis, Francisco Neto de; Arruda, Hermano V. de; Perreira, Antônio R. (1996). Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática. Pelotas: Ed. Universitária/ UFpel,. 161P e 31.

Back, Álvaro José. (2001). Aplicação de Análise Estatística para Identificação de Tendências Climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726.

Goossens, C.H.; Berger, A. (1986). Annual and Seasonal Climatic Variation Over the Northern Hemisphere and Europe During the Last Century. Annales Geophysicae, 4: p. 385–400.

Hastenrath, S.; Greischar, L. (1993). Circulation Mechanisms Related to Northeast Brazil Rainfall Anomalies. Journal of Geophysical, v.98, p. 5093 – 5102.

Latorre, M. R. D.O.; Cardoso, M. R. A. (2001). Análise de Séries Temporais em Epidemiologia: uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 4, n.3, p.145-151.

Lettenmaier, D.; Wood, E.; Wallis, J. (1994). Hydro-climatological Trends in the Continental United States, 1948-88. Journal of Climate, v. 7, p. 586-607.

Lucas, E. W. M. (2007). Aplicação de Modelos Hidrológicos Mensais Estocástico-Determinístico na Bacia Hidrográfica do Xingu – Pará. Dissertação de Mestrado. UFCG, Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Campina Grande, Campus I, UACA.

Mann, H.B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. Econometrica, v.13, p. 245–259.

Marengo, J.; Uvo, C. (1996). Long-term Streamflow and Rainfall Fluctuations in Tropical South America: Amazonia, Eastern Brazil and Northwest Peru (to be submitted to Journal of Geophysical Resources.

Repelli, C.; Alves, J.M.B. (1996). O uso de Análise de Correlações Canônicas para Prognosticar a Variabilidade Espacial da Precipitação sobre o Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.11, p.67-75.

Sneyers, R. (1992). On the use of Statistical Analysis for the Objective Determination of Climatic Change. Meteorol. Zeitschrift. V.1: p. 247–256.

Ward, M.N.; Folland, C. K. (1991). Prediction of Seasonal Rainfall in the North Nordeste of Brazil Using Eigenvectors of Sea-surface Temperature. International Journal of Climate, v. 11, p.711-43.

Xavier, T. M. B. S. et al. (2000). Previsão regional de chuva para o estado do Ceará através do projeto “Tempo de Chuva”: 1964-1999. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. v.5, n.3, p.69-92.