Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

PROBABILIDADES DE OCORRENCIA DE CHUVAS PARA O ESTADO DA PARAÍBA

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna - paulomegna@ig.com.br
Universidade Federal de Campina Grande / UFCG

MEDEIROS, Raimundo Mainar de - mainarmedeiros@gmail.com
Universidade Federal de Campina Grande / UFCG

MELO, Valneli da Silva Melo - valnelismello@hotmail.com
Universidade Federal de Campina Grande / UFCG

SANTOS, Djail Santos - santosdj@cca.ufpb.br
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

RESUMO: Visando contribuir para o planejamento de atividades que são influenciadas pela quantidade de água precipitada, em que os resultados condicionam decisões de ordem tática ou estratégica analisou-se a série de dados históricos de 1912 a 2014 de precipitação das estações pluviométricas do Estado da Paraíba. Foram efetuadas estimativas de probabilidades mensais e anuais de chuva ao nível de 25, 50 e 75% e seus respectivos mapeamentos mensal e anual. Observaram que a função de frequência acumulada, na distribuição Weibull com averiguação de aderência pelo teste Kolmogorov-Smirnov para o nível de significância de 5%; teve boa significância para os cálculos das probabilidades de 25%, 50% e 75%. Os dados de precipitações ao nível de 25% demostram boa ou regular distribuição nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo e uma péssima distribuição irregular de chuvas na região do Cariri/Curimataú. As análises de probabilidade ao nível de 50% demonstram chuvas significativas nas regiões do Sertão e Alto Sertão, parte do Brejo, Agreste e Litoral e chuvas irregulares sem significância na área do Cariri/Curimataú. Na probabilidade de chuvas de 75% a faixa litorânea é que tem a maior possibilidade de chuva entre 1200 e 1300mm, seguida de menores índices na faixa do Agreste e Brejo ente 700 a 900mm, na região do Cariri/Curimataú estes índices caíram para entre 200 e 300mm.

PALAVRAS-CHAVE: Pluviosidade, demanda evaporativa, krigeagem, estatística.

PROBABILITY OF RAIN OCCURRENCE FOR THE STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT: To contribute to the planning activities that are influenced by the amount of precipitated water, where results determine the order making tactical or strategic analyzed the series of historical data from 1912 to 2014 precipitation of rainfall stations in the state of Paraíba. Estimates of monthly and annual probabilities of rainfall were made at the level of 25, 50 and 75% and their monthly and annual mappings. They observed that the cumulative frequency function, the Weibull distribution with investigation of adhesion by the Kolmogorov-Smirnov test for the significance level of 5%; we had good significance for the calculation of the probabilities of 25%, 50% and 75%. The data of rainfall at the level of 25% demonstrated good or regular distribution in the regions of the Litoral, Agreste and Brejo and a bad irregular distribution of rainfall in the Cariri/Curimataú region. Analyses of the probability level of 50% show significant rainfall in the regions the Sertão and Alto Sertao, part of the Brejo Agreste and Litoral and irregular rainfall without significance in the area of Cariri/Curimataú. The probability of 75% rain to coastal strip is that it has a greater chance of rain between 1200 and 1300mm, followed by lower rates in the range of Agreste and Brejo being 700 to 900mm, in the Cariri/Curimataú region these indices dropped to between 200 and 300mm.

Rainfall, evaporative demand, kriging, statistics.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das probabilidades de ocorrência de chuva é de suma importância no planejamento agrícola, possibilitando o plantio em época adequada, o planejamento de irrigação, aplicação de adubos e defensivos e a utilização de máquinas agrícolas, etc. É por

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

meio da agrometeorologia operacional que se podem obter valores de estimativas que irão permitir a tomada de decisão, tais como, o preparo do solo, semeadura, irrigação e colheita (CHAVES, 1999).

A informação da probabilidade de ocorrência de chuvas em determinado tempo é de essencial importância para várias atividades agrícolas, entre as quais semeadura, poda, colheita, irrigação, pulverização e para o armazenamento de água e sua distribuição. A precipitação média de uma área ou região, por si só, não parece ser o parâmetro climático mais adequado para uma programação agrícola eficiente, já que a probabilidade de repetição é muito baixa (50%), o que constitui um risco para o produtor. Daí que, para minimizar os riscos no planejamento de uma agricultura racional, não se devem usar percentagens de probabilidades inferiores a 75% (GONDIM & FERNÁNDEZ MEDINA, 1980).

Os conhecimentos da importância da pluviosidade são fundamentais na constituição do clima de uma região, atuando, sobretudo na umidade do ar, balanço de água no solo e na temperatura. Sendo a variável meteorológica com maior ligação com o balaço hídrico, possibilitando determinar o excesso ou escassez de chuvas de uma região (Silva et al., 2007).

Os conhecimentos referentes ao regime de chuvas de uma determinada região contribuem para a tomada de decisões em diversas áreas estratégicas para o desenvolvimento econômico e social do País, como, por exemplo, a geração de energia elétrica, defesa civil e algumas atividades agrícolas e industriais (QUEIROZ et al., 2001).

Estudos de ajustes de função de distribuição de probabilidade ou estimativas de probabilidade usando funções de distribuição de probabilidade teóricas em relação a um conjunto de elementos climáticos têm sido desenvolvidos, enfatizando os benefícios no planejamento de atividades que minimizem riscos climáticos. Entre estes podemos citar a precipitação pluvial (ASSAD & CASTRO, 1991; ASSIS et al., 1996; BERLATO, 1987; CASTRO, 1996; BOTELHO & MORAIS, 1999; CATALUNHA et al., 2002).

De acordo com Berveglieri et al. (2011) a geoestatística, de modo geral, desenvolve e aplica modelos em representações de fenômenos naturais cujas propriedades variam conforme a posição espacial dos pontos observados. A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989). A técnica consiste em estimar valores médios e também uma medida de acuracidade dessa estimativa. Seus pesos são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto (BETTINI, 2007).

Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados.

De acordo com Vieira et al. (2010) a precipitação pluvial de determinado local pode ser estimada, dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados. Conforme Silva et al. (2007), dentre os modelos de distribuição o modelo de distribuição Weibull demonstra resultados satisfatórios, não apresentando diferença significativa quando comparado com outros métodos de distribuição, como função gama e log-normal, para períodos da estação chuvosa.

Este trabalho tem por objetivo realizar os cálculos, análises e o mapeamento da precipitação com níveis de probabilidade de 25, 50 e 75% para o Estado da Paraíba.

2. MATERIAL E METODOS

A área de estudo compreende o Estado da Paraíba que está localizado na região Nordeste do Brasil, e apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02’12” e 8°19’18”S, e entre os meridianos de 34°45’54” e 38°45’45”W (FRANCISCO, 2010).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

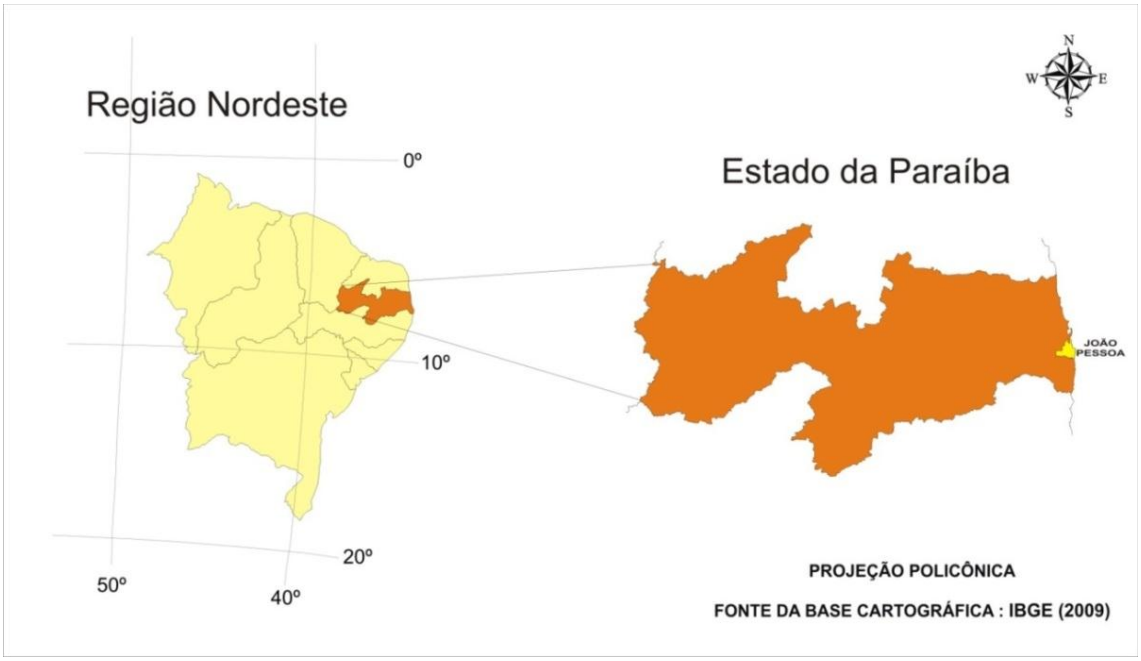


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

Para a análise do comportamento climático do Estado da Paraíba foram utilizados dados de precipitação adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), para uma série especifica de anos que compreende o período de 1912 a 2014 com base em 223 postos pluviométricos localizados por todo o Estado (Figura 2).

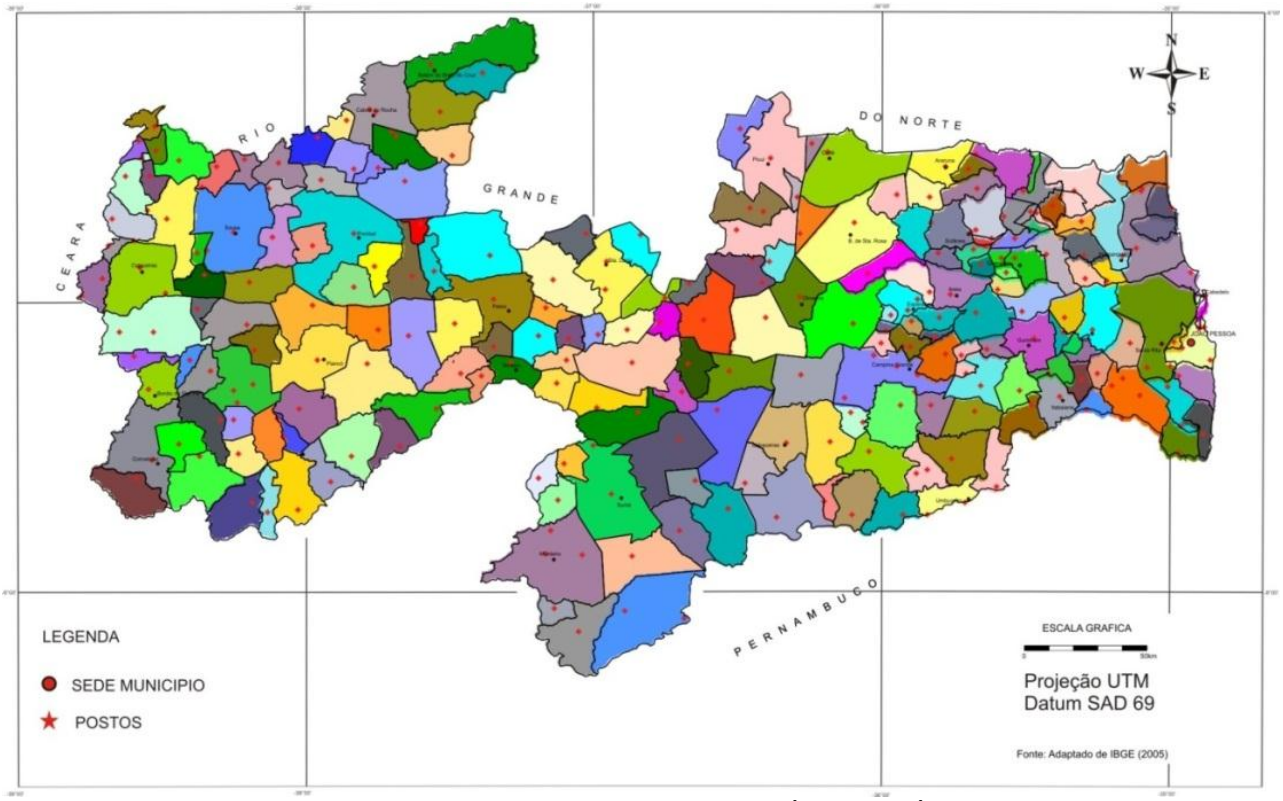


Figura 2. Distribuição espacial dos postos pluviométricos da área de estudo.

Utilizou-se de planilha eletrônica para a realização dos cálculos de probabilidade de 25, 50 e 75% referentes aos dados mensais e anuais das séries trabalhadas. A metodologia aplicada para o cálculo da probabilidade foram as equações básicas utilizadas nas bibliografias rotineiras.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para o mapeamento utilizou-se do software Surfer 9.0 para a elaboração dos mapas mensais e anuais.

Distribuição Weibull

A distribuição de probabilidade Weibull foi proposta primeiramente por Fisher e Tippet, em 1928, tendo sido desenvolvida independentemente por Walodi Weibull, físico sueco em 1939. O trabalho de Weibull se destacou e a distribuição passou a ser chamada pelo seu nome (JOHNSON & KOTZ, 1970). Sua função de densidade de probabilidade é apresentada de diversas formas, sendo comum, em alguns trabalhos, apresentá-la como:

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta}\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma^{-1}} exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right] \quad \text{para } x \geq \alpha$$

em que: f(x) = 0 para outros intervalos, x é a variável aleatória e α ≥ 0, β > 0 e γ> 0 os parâmetros da distribuição.

Nessa forma, a distribuição é normalmente chamada de Weibull à três parâmetros. A sua função de distribuição acumulada é

$$F(x) = \int_0^{\infty} f(x)\,\mathrm{dx} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right]$$

O parâmetro α é chamado de parâmetro de posição, pois controla a posição da curva sobre o eixo das abscissas. O parâmetro de escala β controla as dimensões que a curva assume, dada uma forma constante. O parâmetro γ, é chamado parâmetro de forma.

Podem-se encontrar muitas maneiras de estimar os parâmetros da distribuição Weibull. O principal método de ajuste da distribuição Weibull (COUTO, 1980) e o da máxima verossimilhança, que consiste em determinar os valores de γ e β pelas suas equações fundamentais.

Ao se ajustar uma distribuição de probabilidade à um conjunto de dados, trabalha-se com a hipótese de que a distribuição pode representar adequadamente aquele conjunto de informações. Uma maneira de comprovar esta hipótese é através de alguns testes não paramétricos de χ 2 (qui-quadrado) e teste de Kolmogorov-Smirnov.

A distribuição Weibull é utilizada em análise hidrológica para eventos extremos; contudo, sua utilização em séries climáticas é pouco conhecida. Verifica-se que, para os valores de precipitação no período com chuva, esta distribuição se mostra um modelo dos mais precisos, superando a gama, que é uma distribuição muito empregada nestes casos (CATALUNHA, 2000).

No caso das estimativas de probabilidade já analisadas, detectou-se a superioridade do desempenho da distribuição Weibull, e isso pode ser verificado através do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov.

Teste de Kolmogorov-Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser usado tanto para dados agrupados quanto para dados individuais. De acordo com Catalunha et al. (2002) nos dados agrupados não há restrição quanto ao número nem ao valor das classes. É baseado no módulo da maior diferença entre a probabilidade observada e a estimada, que é comparada com um valor tabelado de acordo com o número de observações da série sob teste. Isto evita o aspecto cumulativo dos erros (VIEIRA et al., 2010).

O teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos, Assis et al. (1996), Catalunha et al. (2002), contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é muito elevado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 observam-se o demonstrativo mensal da probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba.

No mês de janeiro (Figura 3) os índices precipitáveis atingem valor máximo de 40mm em parte da região do Sertão e Alto Sertão, no Cariri/Curimataú ocorrem índices pluviométricos de 15mm máximos e nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo ocorrem chuva abaixo de 15mm. No mês de fevereiro destaca-se a região do Alto Sertão com chuvas superior a 45mm e pontos isolados nas demais regiões com índices pluviométricos abaixo dos 30mm.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

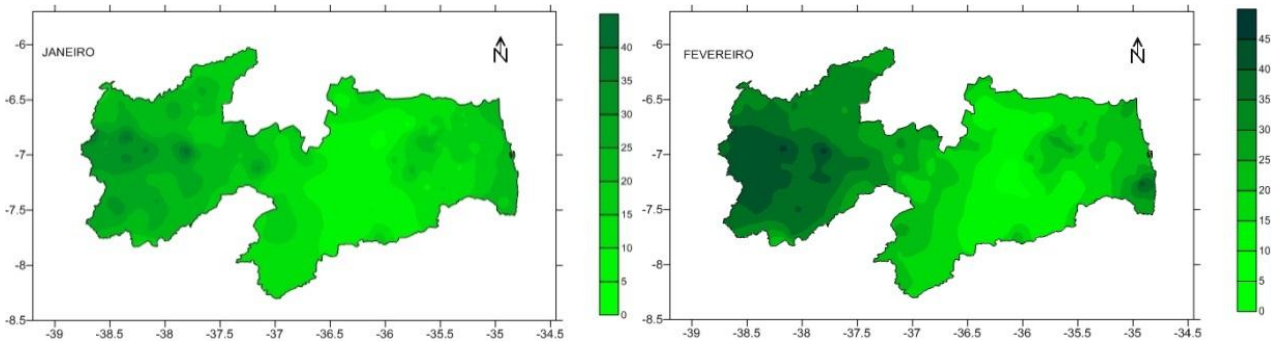


Figura 3. Probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas do mês de janeiro e fevereiro.

No mês de março (Figura 4) com probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas, destacam-se as regiões do Sertão e Alto Sertão com chuvas máximas de 65mm. Ao passo que nas regiões do Cariri/Curimataú e Litoral as chuvas máximas podem oscilar entre 10 e 40mm. Para o mês de abril destaca-se a região do Cariri/Curimataú com chuvas máximas de 35mm.

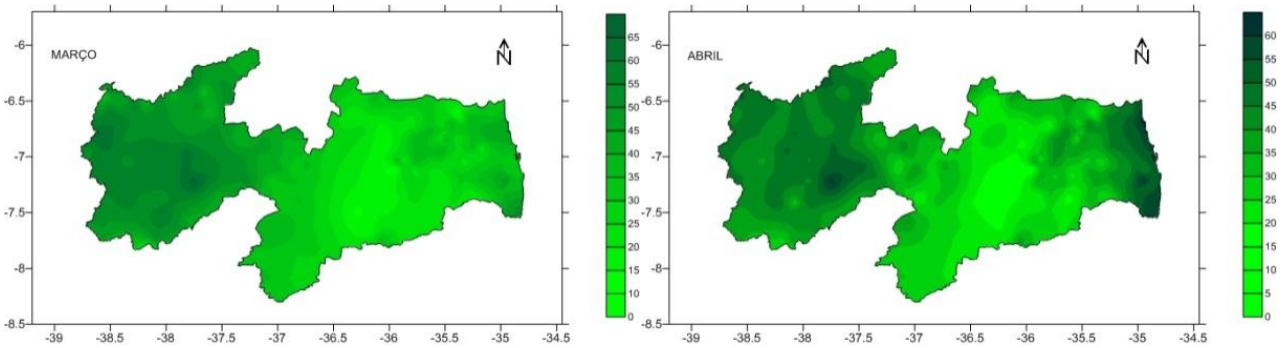


Figura 4. Probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas do mês de março e abril.

Nos meses de maio, junho, julho e agosto (Figura 5) os índices esperados de chuvas com a probabilidade de 25% oscilam entre 75, 90, 70 e 40mm respectivamente e as áreas mais contempladas são Litoral, Agreste e Brejo.

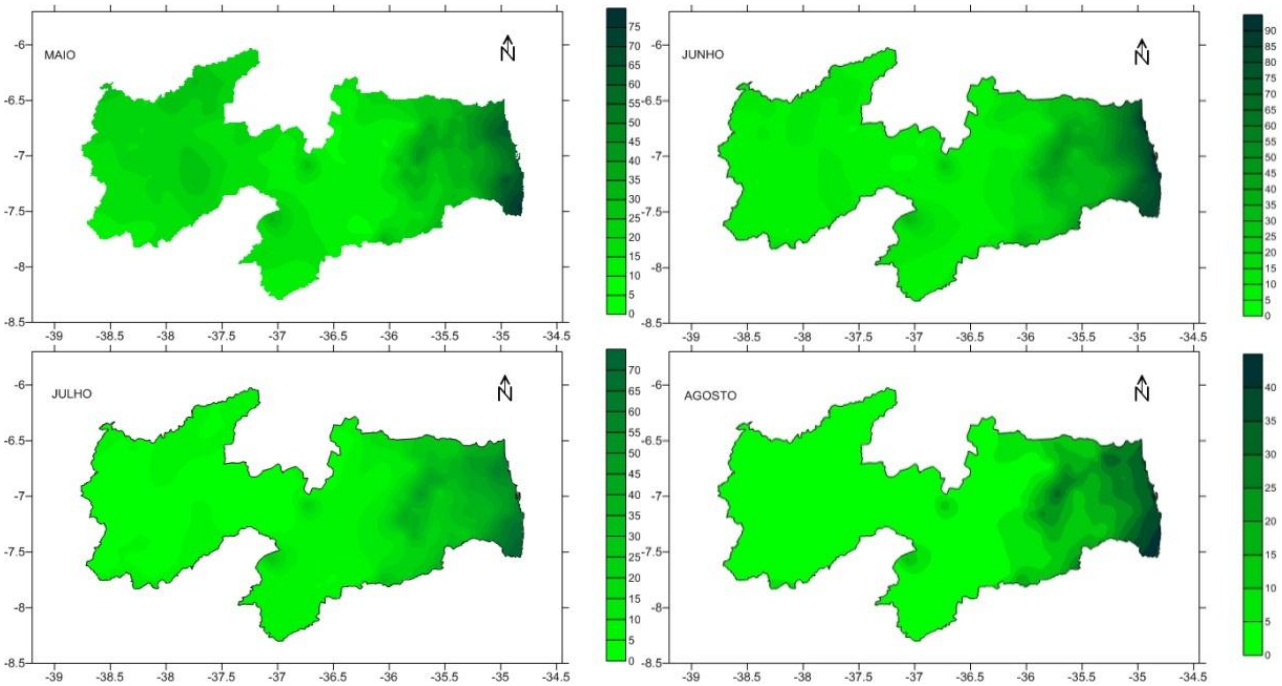


Figura 5. Probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas dos meses de maio, junho, julho e agosto.

No mês de setembro (Figura 6) a possibilidade de ocorrência de chuvas é de 20mm na região do Litoral, Agreste e Brejo, nas demais áreas tem-se possibilidade de chuvas de 5mm.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Nos meses de outubro e novembro tem-se a possibilidade de chuvas com índices máximos de 10mm em áreas isoladas no Litoral, Agreste e Alto Sertão. Para o mês de dezembro observam-se chuvas com índices máximos oscilando entre 10 e 25mm, em áreas isoladas, sendo o Alto Sertão a de maiores probabilidades.

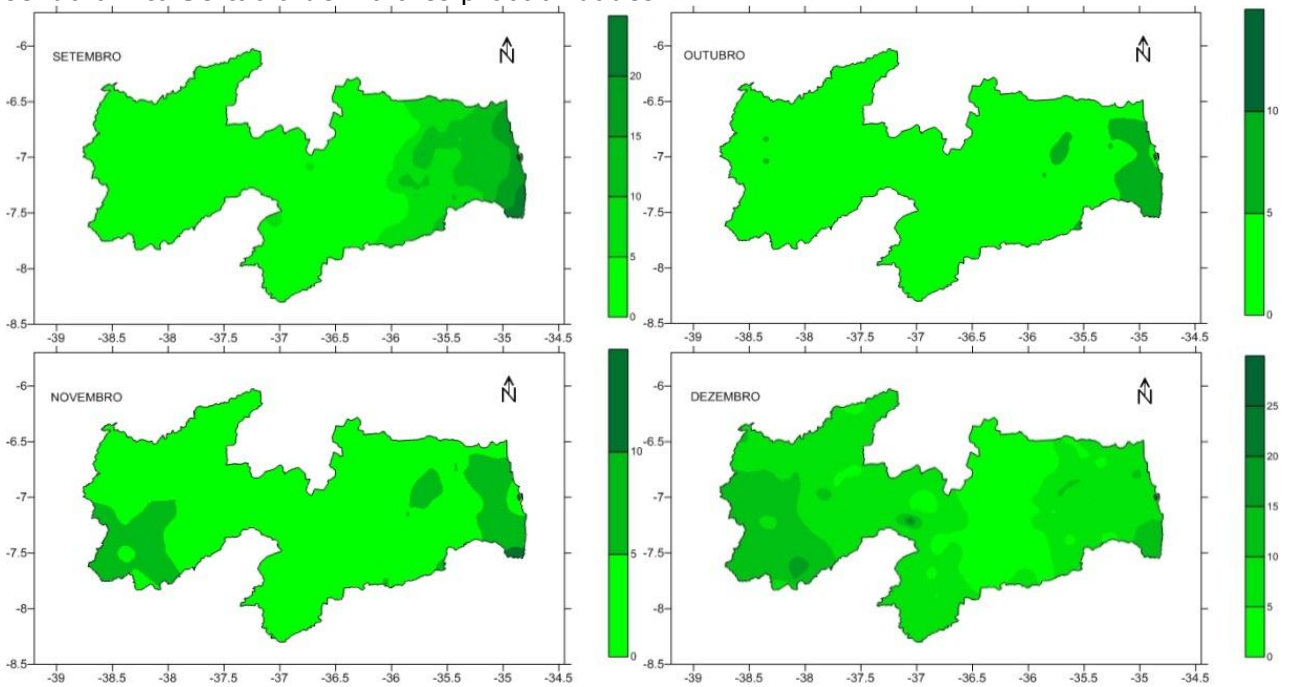


Figura 6. Probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

Na Figura 7 observa-se o demonstrativo anual da probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba. A ocorrência de chuvas com probabilidade de 25% destaca-se as áreas do Litoral, Agreste e Brejo como as de melhores incidências de chuvas, e a região do Cariri/Curimataú com uma má distribuição de chuva.

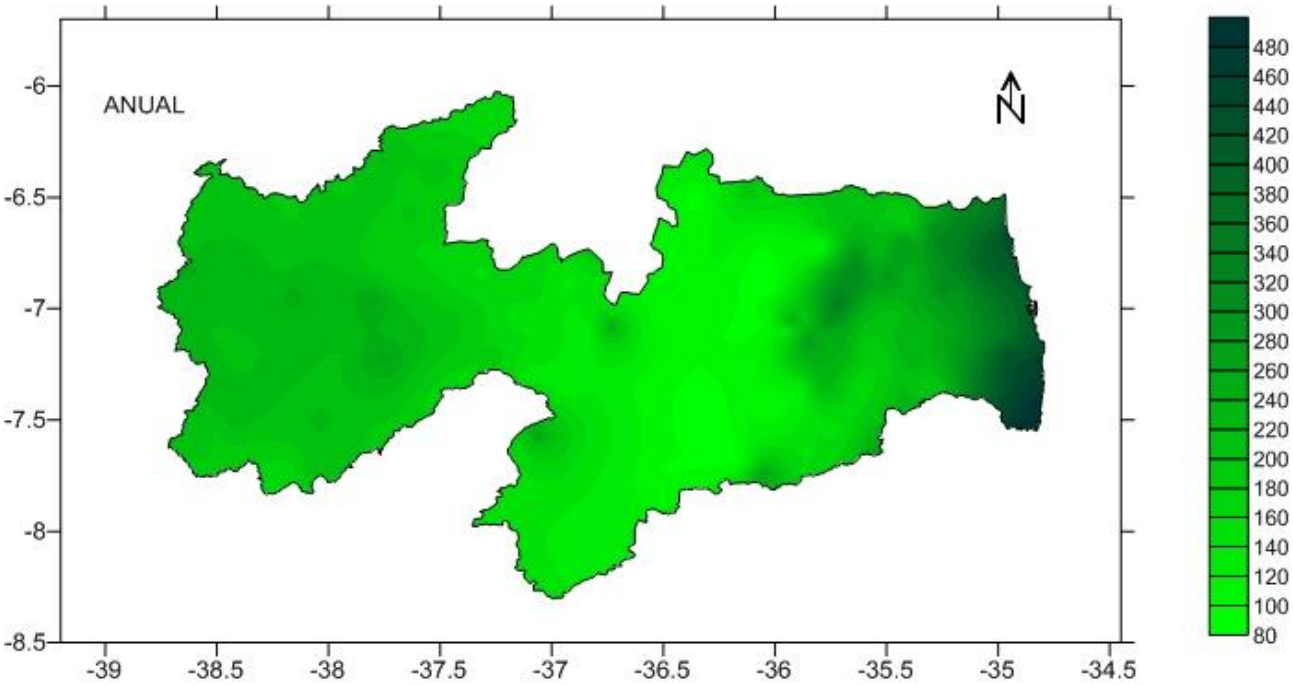


Figura 7. Probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas anual para a área de estudo.

Observa-se que durante os meses de junho, julho, agosto, setembro e dezembro o coeficiente de variação apresenta maior diferença entre os dados observados e os parâmetros da distribuição, a partir desse fato, usou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, com base na situação apresentada, pois para esse teste o que interessa é o módulo da maior diferença,

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

permitindo que o teste aprove sendo usada. Para este caso, em particular, onde se observou os dados de probabilidade de 25%, o teste mostrou uma boa aderência, sendo bem representativo na maioria dos meses apresentados. O teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos, contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é muito elevado, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Estatísticas estimadas dos dados de entrada, calculadas utilizando os parâmetros estimados da distribuição Weibull usando as probabilidades de 25%

Mês	Parâmetros (variação em (mm)			
	Média	Variância	Coef. de Assimetria	Coef. de Curtose
Janeiro	17,74	58,18	0,50	0,03
Fevereiro	24,83	92,99	0,71	0,41
Março	37,85	162,83	0,26	-0,22
Abril	36,99	106,00	0,25	-0,23
Maio	25,20	135,47	1,13	1,58
Junho	21,44	292,83	1,88	5,25
Julho	17,56	267,56	1,86	5,07
Agosto	9,69	153,05	2,98	14,40
Setembro	4,87	35,90	2,71	11,73
Outubro	2,82	2,73	0,90	0,87
Novembro	3,51	4,13	0,78	0,57
Dezembro	7,27	10,58	0,62	0,22

Observa-se que o modelo apresentado neste estudo é consistente e compatível sendo indicado para representar o conjunto de dados apresentados nesse trabalho.

Na Tabela 2 observam-se as estatísticas básicas para comparação do modelo usado de probabilidade de 25% e a distribuição de probabilidade Weibull, onde nesta é possível observar que na maioria dos resultados encontram-se informações bem próximas, afirmando assim, a confiabilidade no teste.

Tabela 2. Variação da probabilidade de 25% de ocorrência de chuvas

Mês	Variação (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coef. de Variação
Janeiro	3,29	17,64	44,02	17,68	7,46	55,77	0,422
Fevereiro	8,30	23,45	47,88	24,82	9,60	92,17	0,386
Março	10,12	36,24	68,22	37,89	12,95	167,74	0,341
Abril	15,19	38,28	63,50	37,17	10,26	111,52	0,284
Maio	9,12	22,49	76,27	25,74	13,37	178,95	0,519
Junho	3,71	12,16	92,35	22,95	20,31	412,74	0,884
Julho	0,44	8,00	74,50	18,39	17,38	302,23	0,944
Agosto	0,25	3,25	44,79	9,95	10,97	120,55	1,103
Setembro	0,00	1,96	25,84	5,11	5,55	30,80	1,084
Outubro	0,30	2,52	9,63	2,86	1,79	3,23	0,627
Novembro	0,16	3,41	12,02	3,55	2,08	4,33	0,584
Dezembro	1,70	6,51	23,46	7,30	3,29	10,88	0,451
Anual	83,00	209,91	494,82	213,48	78,67	6190,34	0,368

Na Figura 8 observa-se a distribuição mensal da probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

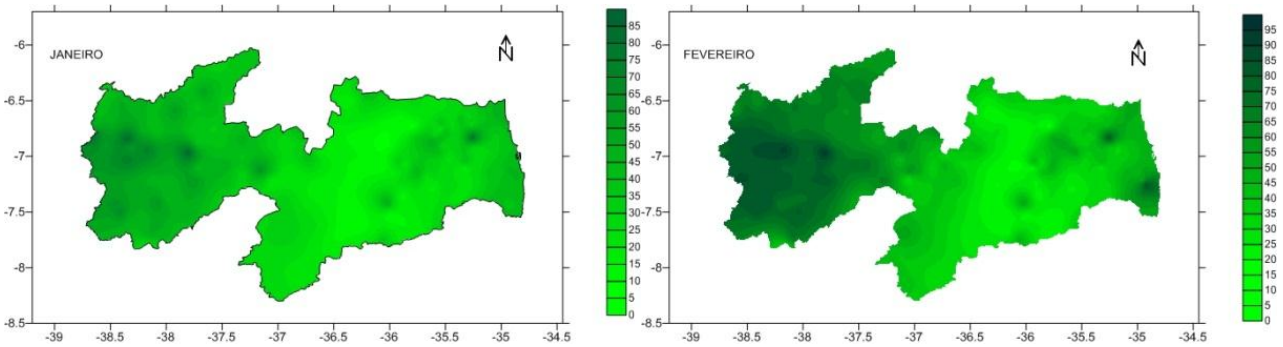


Figura 8. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas do mês de janeiro e fevereiro.

No mês de janeiro (Figura 8) observam-se os maiores índice de probabilidade na região do Alto Sertão e parte da região do Sertão, nas regiões do Cariri/Curimataú, Brejo, Agreste e Litoral destacam-se pequenas áreas com ocorrências de chuvas. No mês de fevereiro as chuvas têm grandes significâncias nas áreas das regiões do Alto Sertão e Sertão e para as regiões do Cariri/Curimataú, Brejo, Agreste e Litoral destacam-se pequenas áreas com ocorrências de chuvas.

No mês de março (Figura 9) persistem os maiores índice de probabilidade na região do Alto Sertão e parte da região do Sertão, nas regiões do Cariri/Curimataú, Brejo, Agreste destacam-se pequenas áreas com ocorrências de chuvas e para a região do Litoral os índices pluviométricos já se apresentam com bom desempenho de desenvolvimento para o nível de probabilidade estudado.

No mês de abril as chuvas têm grandes significâncias nas áreas das regiões do Alto Sertão e Sertão e para as regiões do Cariri/Curimataú, Brejo destacam-se pequenas áreas com ocorrências de chuvas. Nas regiões do Agreste e Litoral as distribuições das chuvas são representativas.

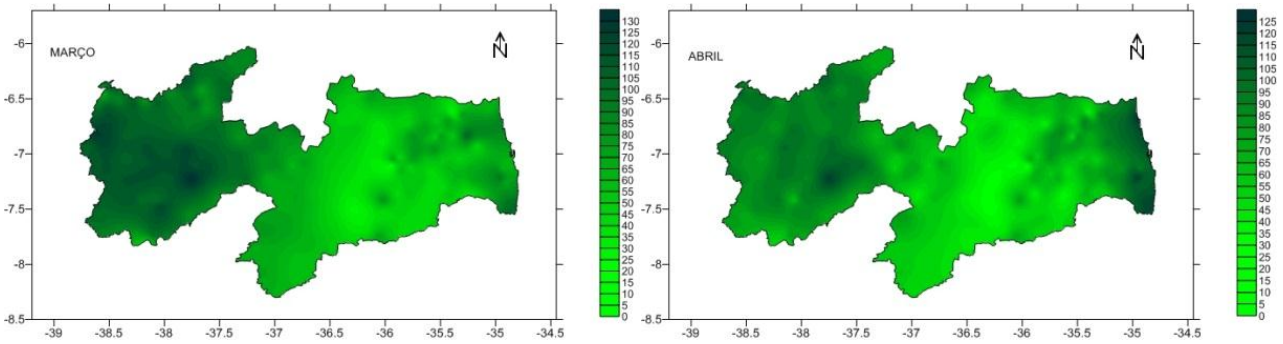


Figura 9. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas do mês de março e abril.

No mês de maio (Figura 10) a distribuição de probabilidade de 50% só é representativa para a região litorânea e em áreas isoladas na região do Agreste e parte do Brejo. O mês de junho segue o mesmo critério de análise do mês de maio.

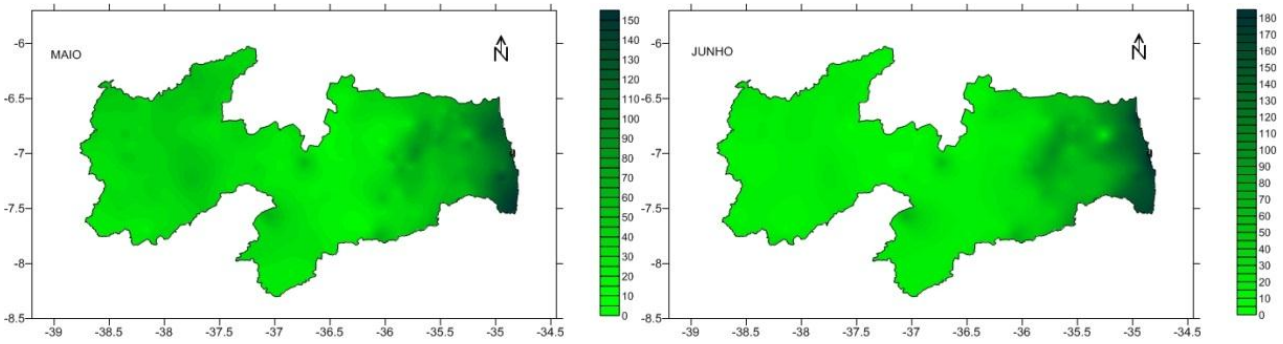


Figura 10. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas do mês de maio e junho.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Os meses de julho e agosto (Figura 11) só tem boa representatividade de chuvas com probabilidade de 50% nas regiões do Litoral, parte do Agreste e Brejo, salienta-se que nestes meses ainda ocorrem chuvas climatológicas de baixas magnitudes.

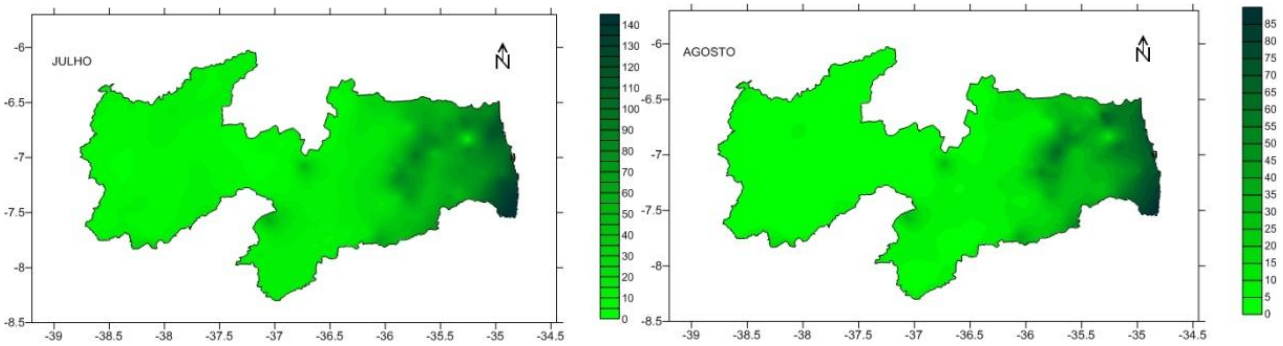


Figura 11. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas do mês de julho e agosto.

O mês de setembro (Figura 12) apresenta chuvas com significância na probabilidade de 50% nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo nas demais áreas chuvas insignificantes e de baixa magnitude, pois é considerada uma área de máximo calor para o mês referido e final de período seco. No mês de outubro inicia-se o período chuvoso com chuva de pré-estação para a região do Sertão e Alto Sertão e sua climatologia oscila intermunicipal apresentando uma boa perspectiva de chuva para o nível de 50%, nas regiões do Brejo e Cariri ocorrência de chuvas esparsa e de baixa magnitude, e para a região do Litoral, chuvas com significância no extremo norte da região devido o efeito de brisa, nas demais áreas chuvas moderadas e de baixa significância para o nível de 50% de probabilidade.

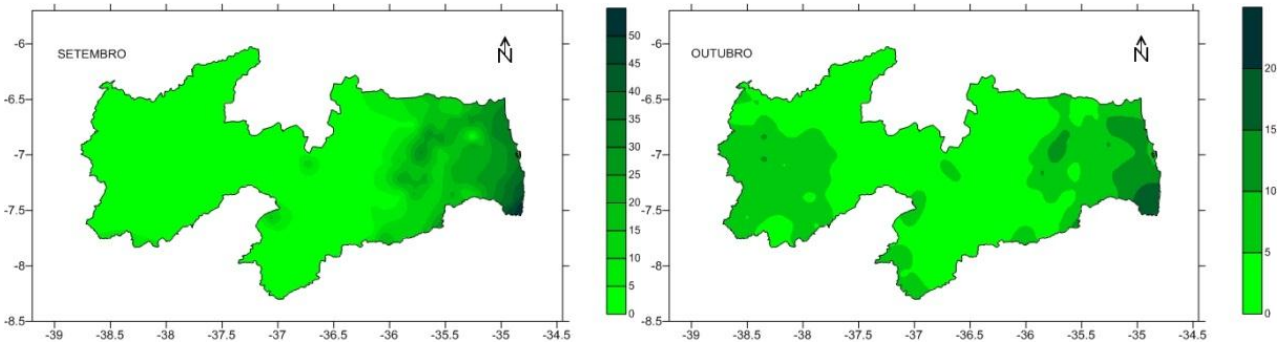


Figura 12. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas do mês de setembro e outubro.

No mês de novembro (Figura 13) inicio do período chuvoso na área do Sertão e Alto Sertão, observa-se chuvas significativas no extremo da região do Alto Sertão e chuvas moderadas a fraca nas demais áreas das regiões supracitada. Nas demais regiões chuvas fracas a moderadas no nível de 50%, destacando-se a área do extremo litoral com chuva regular. No mês de dezembro observam-se chuvas irregulares de intensidade fraca a moderada em todo o Estado.

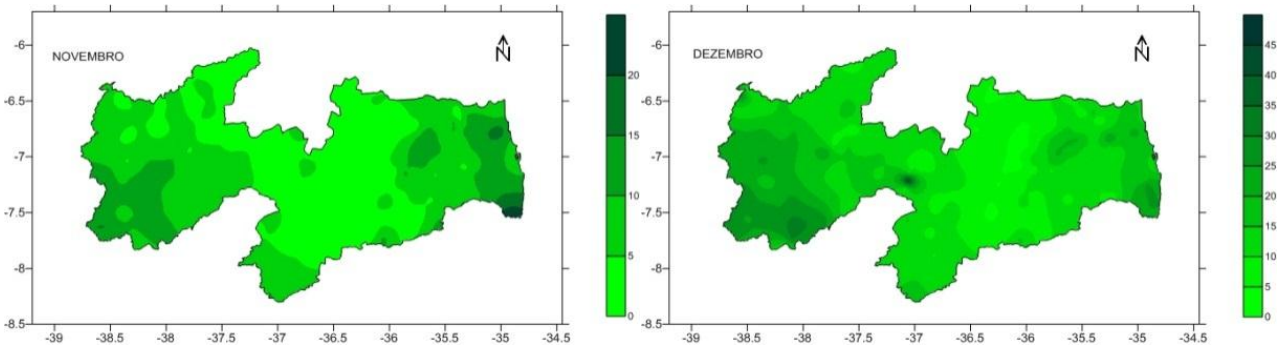


Figura 13. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas para o mês de novembro e dezembro.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Na Figura 14 observa-se o demonstrativo da probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas anual para a área de estudo. As regiões que apresentam boa significância de chuvas para o nível de 50% de probabilidade são a região do Litoral, parte da região do Agreste e Brejo, e na região do Sertão e Alto Sertão chuvas de intensidades moderada a fraca, e na área do Cariri/Curimataú chuvas isoladas e com baixa significância.

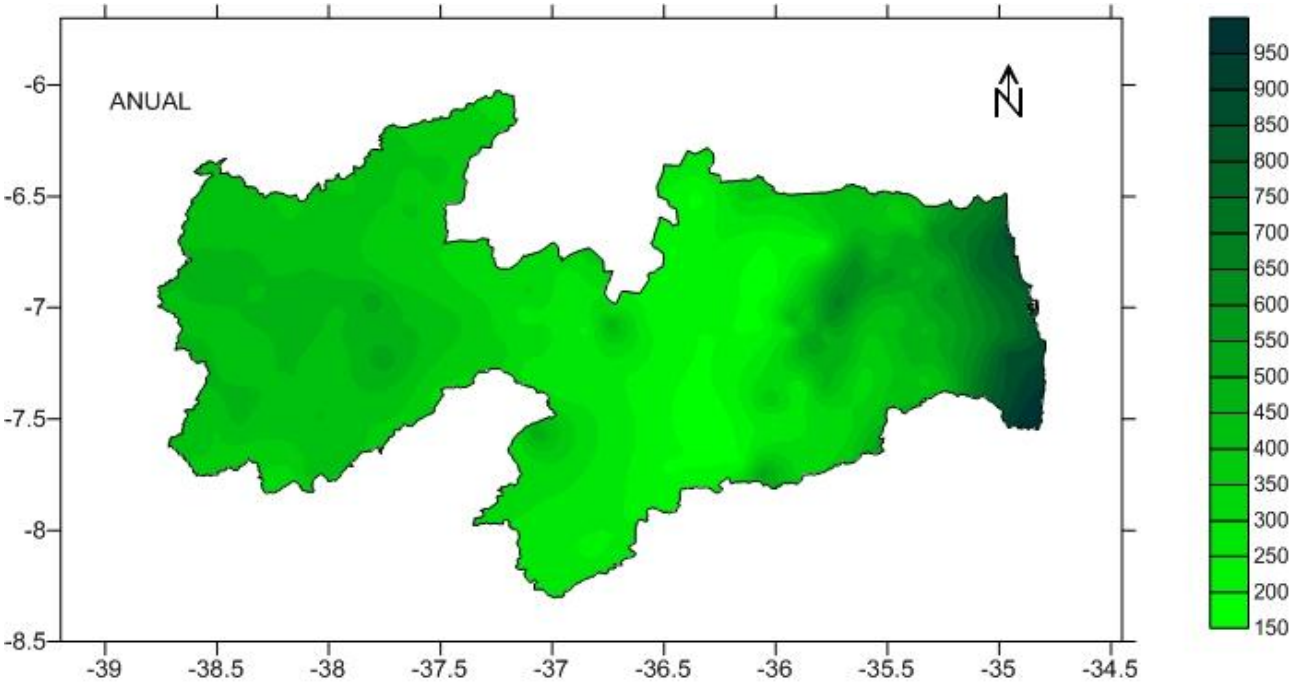


Figura 14. Probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas anual para a área de estudo.

Na Tabela 3 observam-se os valores estimados pela distribuição Weibull, sendo possível observar uma variação considerável nos meses de junho, julho e agosto, para esses três meses a distribuição não demonstrou ajuste aceitável, sendo assim, pode-se observar, que como ocorreram com os dados de probabilidade de 25%, esses meses também não são bem representados por essa distribuição. Para chegar a esse tipo de conclusão, usou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, além disso, usou-se também o teste Qui-Quadrado, para comprovar a veracidade do teste anterior.

Tabela 3. Estatísticas estimadas dos dados de entrada, calculadas utilizando os parâmetros estimados da distribuição Weibull usando a probabilidade de 50%

Mês	**Parâmetros (variação em (mm))**			
	Média	**Variância**	**Coef. de Assimetria**	**Coef. de Curtose**
Janeiro	35,47	232,67	0,49	0,01
Fevereiro	49,67	370,85	0,70	0,37
Março	75,90	652,68	0,30	-0,19
Abril	74,02	423,66	0,23	-0,24
Maio	50,34	532,25	1,10	1,50
Junho	42,99	1192,93	1,90	5,38
Julho	35,08	1061,75	1,85	5,02
Agosto	19,38	613,27	2,98	14,45
Setembro	9,71	143,69	2,72	11,84
Outubro	5,64	10,89	0,93	0,96
Novembro	7,02	16,32	0,76	0,52
Dezembro	14,53	40,32	0,65	0,27

Na Tabela 4 observam-se as estatísticas básicas para comparação do modelo usado de probabilidade de 50% e a distribuição de probabilidade Weibull, onde se observa que na maioria dos resultados encontram-se resultados próximos, afirmando assim, a confiabilidade no teste.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 4. Variação da probabilidade de 50% de ocorrência de chuvas

Mês	Variação (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coef. de Variação
Janeiro	6,59	35,42	88,05	35,66	15,23	232,23	0,427
Fevereiro	16,61	47,27	95,76	49,82	19,26	371,23	0,386
Março	20,25	72,73	136,44	75,96	25,88	669,79	0,340
Abril	30,38	76,91	127,01	74,42	21,04	442,88	0,282
Maio	18,24	44,98	152,55	51,50	26,63	709,41	0,517
Junho	7,42	24,32	184,70	45,70	40,51	1641,46	0,886
Julho	0,89	16,01	149,01	36,57	34,69	1203,94	0,948
Agosto	0,50	6,69	89,58	19,79	21,89	479,02	1,105
Setembro	0,00	3,78	51,68	10,14	11,08	122,87	1,090
Outubro	0,60	5,04	19,27	5,75	3,59	12,89	0,624
Novembro	0,32	6,86	24,04	7,13	4,15	17,23	0,581
Dezembro	3,40	13,02	46,93	14,64	6,61	43,71	0,451
Anual	166,00	419,82	989,64	427,17	156,71	24560	0,366

Na Figura 15 observa-se o demonstrativo mensal da Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba. Nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril para a distribuição de chuvas no nível de 75% de probabilidade têm-se chuvas de moderada a forte nas regiões do Sertão e Alto Sertão e parte do Litoral. Nas regiões do Agreste, Brejo e Cariri/Curimataú chuva insignificante para este nível.

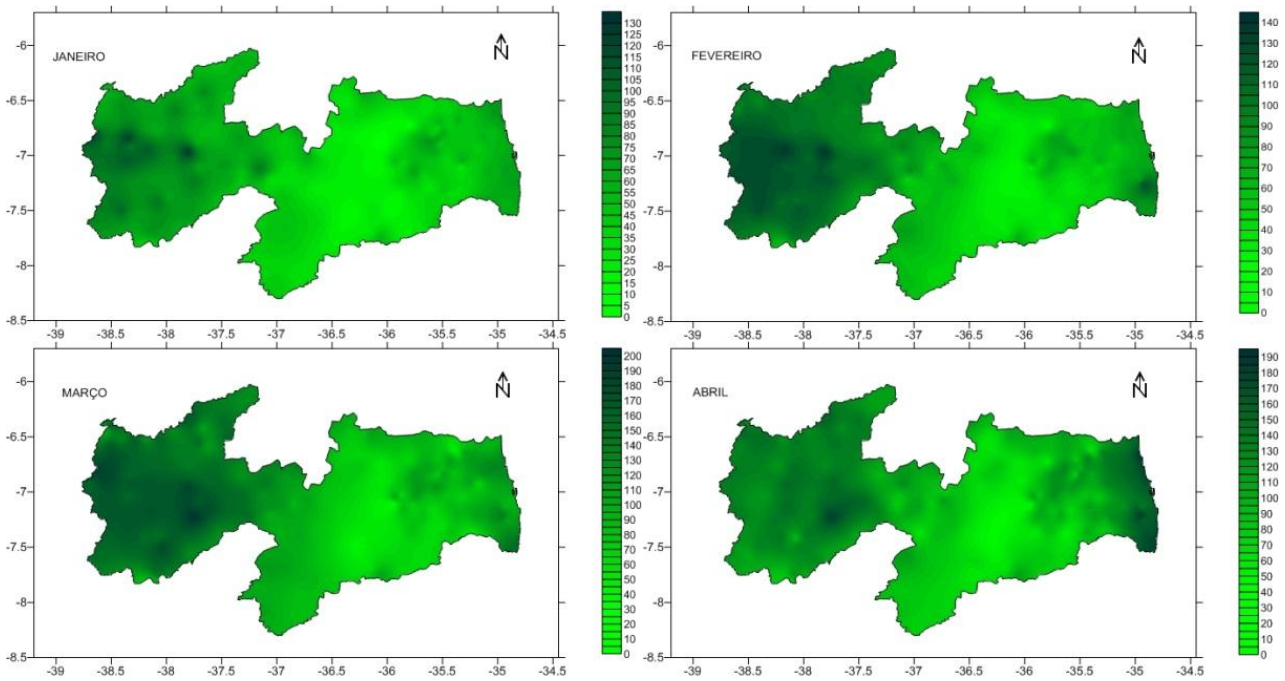


Figura 15. Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril.

Nos meses de maio e junho (Figura 16) registram-se para o nível de 75% de probabilidades com chuvas significativas para a área do Litoral e parte do Agreste e na área do Brejo áreas isoladas, demais regiões chuvas sem significância para o nível estudado.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

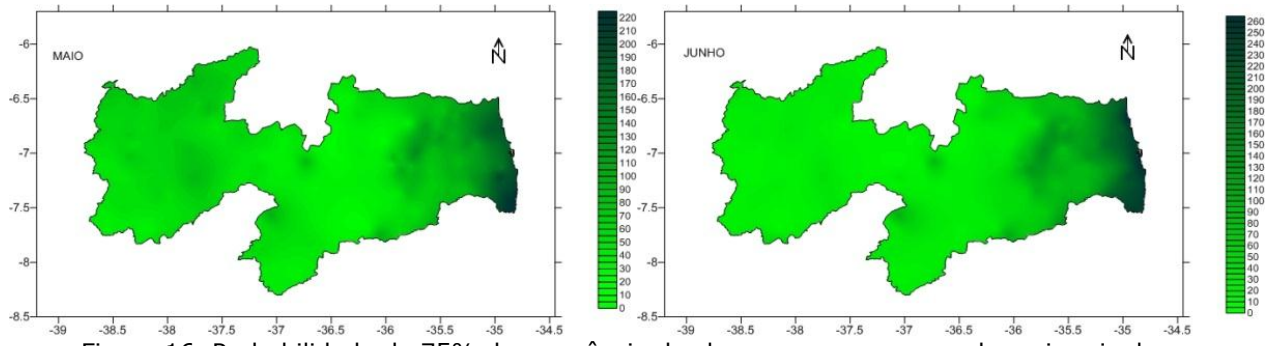


Figura 16. Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas para os meses de maio e junho.

Nos meses de julho, agosto e setembro (Figura 17) observam-se para o nível de 75% de probabilidades com chuvas significativas para a área do Litoral e parte do Agreste e na área do Brejo áreas isoladas, demais regiões chuvas sem significância para o nível estudado. No mês de outubro as irregularidades das chuvas estão distribuídas em todo o Estado, destaca-se a área do Litoral que apresenta moderado nível significante de ocorrência de chuvas no nível de 75%.

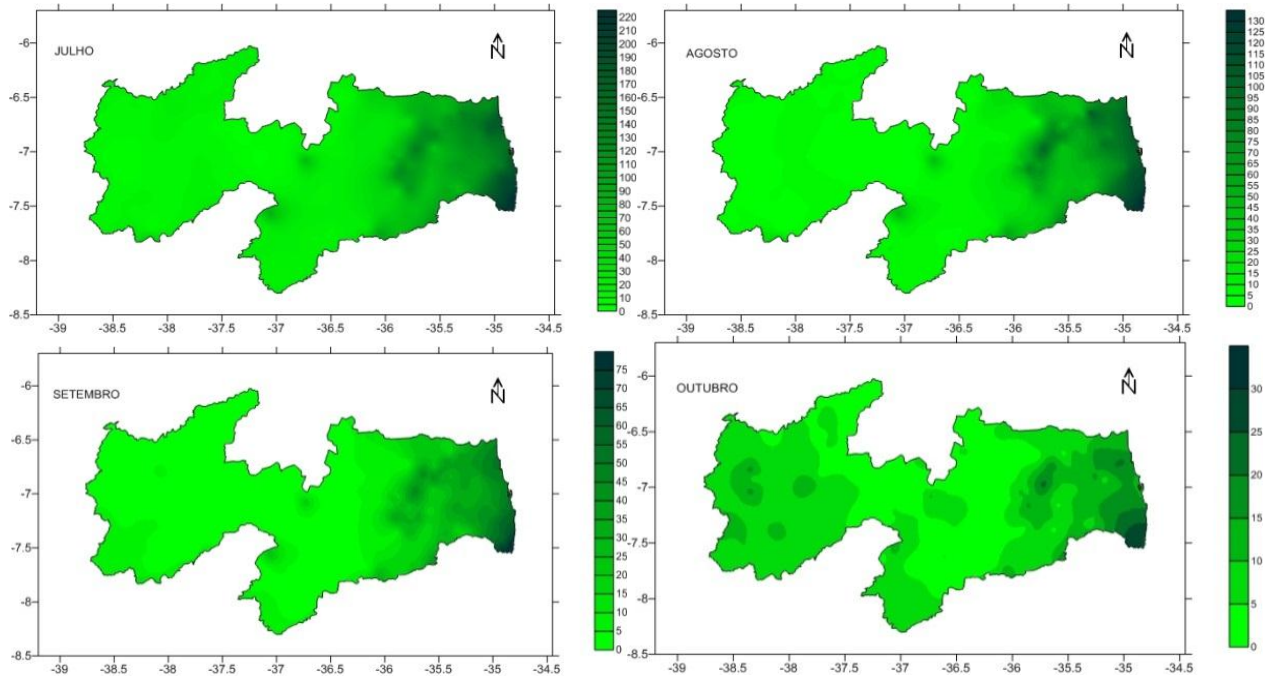


Figura 17. Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas para os meses de julho, agosto, setembro e outubro.

No mês de novembro (Figura 18) as chuvas para o nível de 75% ocorrem na área do extremos sul da região do Alto Sertão e em área isolada na região do Litoral e Agreste. No mês de dezembro observam-se chuvas de alta confiabilidade para o nível de 75% na região do Alto Sertão e chuva de baixas significâncias nas demais áreas do Estado.

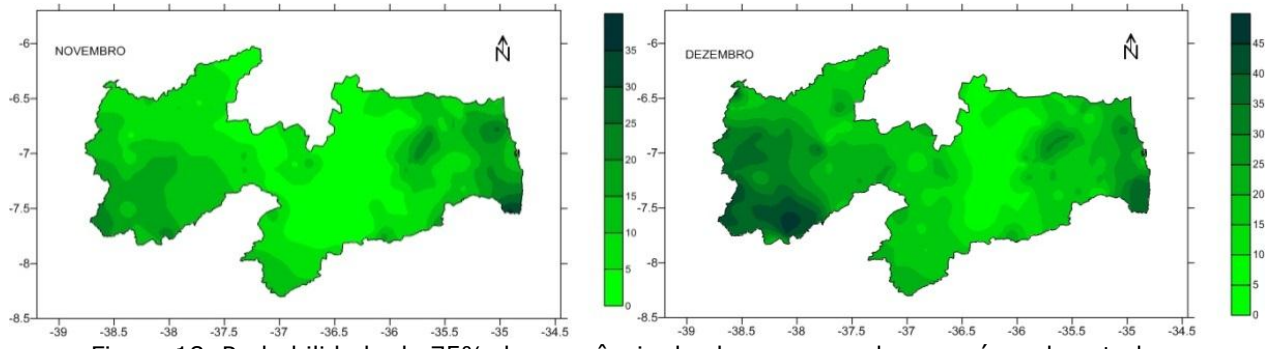


Figura 18. Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas mensal para a área de estudo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Na Figura 19 observa-se o demonstrativo anual da Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas para o Estado da Paraíba. Na probabilidade de chuvas de 75% a faixa litorânea é que tem a maior possibilidade de chuva entre 1200 e 1300mm, seguida de menores índices na faixa do Agreste e Brejo ente 700 a 900mm, na região do Cariri/Curimataú onde estes índices cai para entre 200 e 300mm. Na região do Sertão e Alto Sertão destacam-se áreas com chuvas máximas de 600mm. Estas variabilidades são decorrentes dos sistemas atmosféricos atuantes durante os períodos seco e/ou chuvosos.

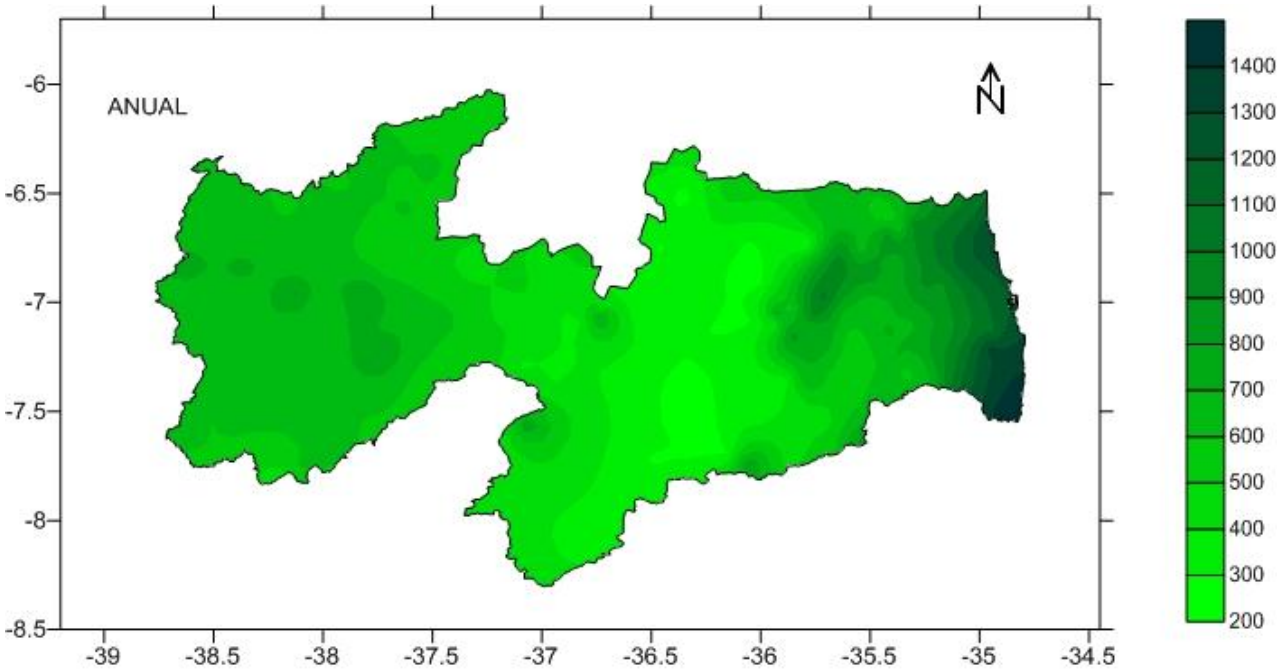


Figura 19. Probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas anual para a área de estudo.

Na Tabela 5 observam-se as estatísticas básicas da variação da probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas.

Tabela 5. Variação da probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas

Mês	Variação (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coef. de Variação
Janeiro	9,88	52,94	132,08	53,06	22,40	502,01	0,422
Fevereiro	24,92	70,35	143,65	74,46	28,80	829,58	0,386
Março	30,38	108,72	204,66	113,68	38,85	1509,66	0,341
Abril	45,57	114,84	190,51	111,51	31,68	1003,76	0,284
Maio	27,37	67,47	228,82	77,24	40,13	1610,63	0,519
Junho	11,13	36,49	277,05	68,87	60,94	3714,72	0,884
Julho	1,34	24,01	223,51	55,19	52,15	2720,13	0,944
Agosto	0,75	9,76	134,37	29,86	32,93	1084,98	1,103
Setembro	0,00	5,89	77,52	15,34	16,65	277,24	1,084
Outubro	0,90	7,56	28,90	8,60	5,39	29,11	0,626
Novembro	0,48	10,22	36,07	10,67	6,24	38,98	0,584
Dezembro	5,10	19,53	44,96	21,69	9,36	87,63	0,431
Anual	249,00	630,76	1484,46	641,29	236,25	55815,1	0,368

Na Tabela 6 em que se tem os valores estimados da distribuição Weibull usando os dados de probabilidade de 75%, obteve-se comportamento bastante próximos das probabilidades de 25% e 50%, observa-se que os meses de junho, julho e agosto não são bem representados por essa distribuição, sabe-se ainda que nessa região esse período apresenta características bem mais chuvosas que nos outros meses.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 6. Estatísticas estimadas dos dados de entrada, calculadas utilizando os parâmetros estimados da distribuição Weibull usando as probabilidades de 75%

Mês	Parâmetros (variação em (mm))			
	Média	Variância	Coef. de Assimetria	Coef. de Curtose
Janeiro	53,29	522,32	0,48	0,00
Fevereiro	74,62	831,49	0,69	0,36
Março	113,67	1453,27	0,24	-0,24
Abril	111,10	951,05	0,23	-0,24
Maio	75,44	1192,67	1,10	1,49
Junho	64,26	2651,73	1,90	5,34
Julho	52,30	2345,47	1,84	4,97
Agosto	28,92	1364,07	2,98	14,41
Setembro	14,47	318,77	2,72	11,79
Outubro	8,45	24,38	0,93	0,96
Novembro	10,54	36,73	0,76	0,52
Dezembro	21,80	90,81	0,65	0,27

4. CONCLUSÃO

Os dados de precipitações ao nível de 25% demostram boa ou regular distribuição nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo e uma má distribuição irregular de chuvas na região do Cariri/Curimataú.

As análises de probabilidade ao nível de 50% demonstram chuvas significativas nas regiões do Sertão e Alto Sertão, parte do Brejo, Agreste e Litoral e chuvas irregulares sem significância na área do Cariri/Curimataú.

Análise dos dados de precipitação ao nível de 75% de probabilidade assinala que há apenas quatro meses, abril, maio, junho e julho nos quais a quantidade de chuva esperada, segundo prognóstico, supera os 100mm.

Os dados de probabilidades de 25%, 50% e 75%, seguem uma distribuição Weibull, e que os meses de junho, julho e agosto não seguem essa distribuição, sendo necessários estudos futuros sobre uma distribuição que possa melhor representar o período chuvoso dessa região.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/FAPESQ pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor e a CAPES pela concessão de bolsa de estudo ao segundo autor.

6. REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; CASTRO, L. H. R. Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.397-402, 1991.

ASSIS, F. N. Modelagem de ocorrência e da quantidade de chuva e dias secos em Piracicaba - SP e Pelotas-RS. 1991. 134 f*. Tese (Doutorado em Agronomia).* Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R*. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática.* Pelotas: UFPel, 1996. 161p.

BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília: Embrapa, 2007. cap. 4, p.193-234.

BERVEGLIERI, A.; MENEGUETTE JUNIOR, M.; PITERI, M. A. Aplicação do interpolador krigagem em modelos digitais de terrenos comparando-se os casos de isotropia e anisotropia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. Curitiba...*Anais* SBSR: INPE, 2011, p.7222-7229.

BERLATO, M. A. *Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul.* 1987. 93 f. *Tese (Doutorado).* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

BOTELHO, V. A.; MORAIS, A. R. Estimativas dos parâmetros da distribuição gama de dados pluviométricos do Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia,* v. 23, p. 697-706, 1999.

CASTRO, R. Distribuição probabilística de precipitação na região de Botucatu-SP. 1996. 88 f. *Dissertação (Mestrado em Agronomia).* Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

CATALUNHA, M. J. Avaliação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de Precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. 72f. *Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola).* Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P.; RIBEIRO, A. B. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia,* v.10, n.1, p.153-162, 2002.

CHAVES, M. A. Sistema de informação e modelagem de radiação solar. 1999. 237 f. *Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura).* Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

COUTO, H. T. Z. Distribuições de diâmetro em plantações de *pinus caribaea morelet*. *Tese de Mestrado,* ESALQ, 1980, 79p.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. *Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água).* Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

GONDIM, A.W. A. & FERNÁNDEZ MEDINA, N. Probabilidade de chuva para os municípios de Areia-PB. *Agropecuária Técnica,* v.1, n.1, p.55-67, 1980.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 de março de 2011.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *An introduction to applied geostatistics.* New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: *Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais,* 13. Ouro Preto, 2002.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S. *Distribution in statistics, continuo univariate distribution.* New York, Hougton Mifflin, 2v, 1970.

QUEIROZ, E. F.; SILVA, R. J. B.; OLIVEIRA, M. C. N. Modelo de análise de regressão periódica da precipitação mensal, da bacia atlântico sudeste, no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* v.36, n.5, p.727-742, 2001.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,* v.11, n.1, p.67-72, 2007.

VIEIRA, J. P. G.; SOUZA, M. J. H. de; TEIXEIRA, J. M.; CARVALHO, F. P. de. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, 2010.

Texto submetido à RBClima na data de 23/06/2015