

## **Espacializações pluviais pelo método krigage na bacia hidrográfica do alto rio Paraíba, Brasil**

Pluvial spacializations by the krigage method in the hydrographic basin of the alto rio Paraíba, Brazil

Espacializaciones pluviales por el método krigage en la cuenca hidrografica del alto rio Paraíba, Brasil

Recebido: 11/04/2022 | Revisado: 19/04/2022 | Aceito: 24/04/2022 | Publicado: 26/04/2022

### **Raimundo Mainar de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7361-1281>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [mainarmedeiros@gmail.com](mailto:mainarmedeiros@gmail.com)

### **Wagner Rodolfo de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7203-0338>  
Universidade Estácio de Sá, Brasil  
E-mail: [wagneraraujops@gmail.com](mailto:wagneraraujops@gmail.com)

### **Romildo Morant de Holanda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [romildomorant@gmail.com](mailto:romildomorant@gmail.com)

### **Luciano Marcelo Fallé Saboya**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7586-6867>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [lsaboya@hotmail.com](mailto:lsaboya@hotmail.com)

### **Moacyr Cunha Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3466-8143>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [Moacyr.cunhafo@ufrpe.br](mailto:Moacyr.cunhafo@ufrpe.br)

### **Manoel Viera de França**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [manoelvieira.ufrpe@gmail.com](mailto:manoelvieira.ufrpe@gmail.com)

### **Resumo**

Para melhor analisar o clima de uma determinada região, é necessário caracterizar seus elementos constitutivos quanto à precipitação histórica ao redor da bacia hidrográfica do rio Paraíba. O objetivo é analisar e elaborar períodos mensais, anuais, chuvosos e secos, quadrimestrais chuvosos, secos e meses chuvosos e secos estimados pelo método de krigagem com base na média histórica dos últimos cinquenta e seis anos na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Foi utilizada uma série de dados pluviométricos mensais e anuais para o período de 1962 a 2018, exceto para os municípios de Caraúba e Coxixola onde o período foi diferente; os dados foram coletados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste e fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. O modelo de interpolação Krigagem foi significativo com os resultados apresentados. A distribuição anual de chuvas apresenta alta variabilidade espacial na área de estudo. Precipitações irregulares causadas por longos períodos de verão, ou seja, chuvas com distribuição espacial e temporal irregular, causando déficit hídrico, com efeitos diretos nas culturas agrícolas, como redução do desenvolvimento das plantas, aborto e queda de flores, enchimento de grãos ou até mesmo a perda total do plantio, gerando escassez de água para abastecimento humano, animal e vegetal, represamento de água nas barragens e impactos socioeconômicos.

**Palavras-chave:** Semiárido; Variabilidades Elimáticas; Agricultura.

### **Abstract**

In order to better analyze the climate of a given region, it is necessary to characterize its constituent elements as to the historical precipitation around the Paraíba river hydrographic basin. The objective is to analyze and elaborate monthly, annual, rainy and dry periods, rainy and dry four-month periods and rainy and dry months estimated by the kriging method based on the historical average of the last fifty-six years in the Paraíba River hydrographic basin. A series of monthly and annual rainfall data for the period 1962–2018 was used, except for the municipalities of Caraúba and Coxixola where their period was different; the data were collected by the Northeast Development Superintendence and provided by the Executive Agency for the Management of Waters of the State of Paraíba. The Krigagem interpolation model was significant with the results presented. The annual rainfall distribution shows high spatial variability in the study area. Irregular precipitations caused by long periods of summer, that is, rainfall with irregular spatial and temporal distribution, causing water deficits, with direct effects on agricultural crops, such as

reduced plant development, abortion and fall of flowers, grain filling or even the total loss of the plantation, generating water scarcity for human, animal and vegetable supply, damming of water in the dams and socioeconomic impacts.

**Keywords:** Semi-arid; Climatic Variabilities; Agriculture.

### Resumen

Para analizar mejor el clima de una determinada región, es necesario caracterizar sus elementos constitutivos en cuanto a la precipitación histórica alrededor de la cuenca hidrográfica del río Paraíba. El objetivo es analizar y elaborar períodos mensuales, anuales, lluviosos y secos, cuatrimestrales lluviosos y secos y meses lluviosos y secos estimados por el método kriging con base en el promedio histórico de los últimos cincuenta y seis años en la cuenca hidrográfica del río Paraíba. Se utilizó una serie de datos de precipitaciones mensuales y anuales para el período 1962-2018, excepto para los municipios de Caraúba y Coxixola donde su período fue diferente; los datos fueron recopilados por la Superintendencia de Desarrollo del Nordeste y suministrados por la Agencia Ejecutiva de Gestión de las Aguas del Estado de Paraíba. El modelo de interpolación Kriging fue significativo con los resultados presentados. La distribución de la precipitación anual muestra una alta variabilidad espacial en el área de estudio. Precipitaciones irregulares provocadas por largos periodos de verano, es decir, precipitaciones con distribución espacial y temporal irregular, que provocan déficits hídricos, con efectos directos sobre los cultivos agrícolas, como reducción del desarrollo vegetal, aborto y caída de flores, llenado de granos o incluso la pérdida total de la plantación, generando escasez de agua para el abastecimiento humano, animal y vegetal, represamiento de agua en las represas e impactos socioeconómicos.

**Palabras clave:** Semiárido; Variabilidades Elimáticas; Agricultura.

## 1. Introdução

O desenvolvimento do semiárido do Nordeste do Brasil, principalmente no estado da Paraíba, tem sido fortemente dependente da precipitação, ou as suas oscilações as quais podem provocar prejuízos socioeconômicos à população do Estado. A Paraíba tem como características climáticas marcantes as irregularidades do seu regime de chuvas. A precipitação é amplamente reconhecida como a variável climatológica mais importante na região tropical, sendo essencial para o planejamento das atividades humanas e desenvolvimento local. O conhecimento do comportamento das chuvas é de fundamental importância para todas as atividades humanas.

O clima é formado por vários elementos como radiação solar, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, vento, pressão atmosférica, evaporação entre outros elementos, onde é importante analisar a ação desses no ambiente. A variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, e o impacto produzido por essa variabilidade, mesmo dentro do esperado pode ter reflexos significativos nas atividades humanas (Oliveira et al., 2014).

Para melhor analisar o clima de uma região torna-se necessário uma caracterização de seus elementos constituintes, tais como temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, radiação solar, intensidade e direção predominante do vento (Silva et al., 2013).

A precipitação é avaliada como fator proeminente a diversas atividades socioeconômicas, e ambientais, onde se destacam as hidrelétricas, indústrias, agropecuária e no aumento dos níveis de reservatórios para fins de abastecimento humano. Para Kulkarni et al. (2013) os índices pluviométricos são de importantes relevância nas regiões tropicais e são avaliadas como o principal processo convectivo que ocorrem na atmosfera.

Segundo Marengo (2012) a região nordeste do Brasil (NEB) caracteriza-se com alto potencial para evaporação d'água em função da grande disponibilidade de energia solar e altas temperaturas. Aumentos de temperatura integrados à mudança de clima decorrente do aquecimento global, independente do que possa vir a ocorrer com as chuvas, já seriam suficientes para causar maior evaporação dos lençóis d'água e maior demanda evaporativa das plantas.

A precipitação é um elemento climático com maior variabilidade espaço temporal. Por essa razão, o estudo de eventos extremos de precipitação diária máxima anual relaciona-se com danos severos às atividades humanas em todas as regiões do mundo, devido ao seu potencial de causar saturação hídrica do solo, escoamento superficial e erosão em conformidade com IPCC (2007); Tammets et al. (2013).

Conforme Moreira et al. (2010) e Silva et al. (2013) a pluviometria é um dos elementos meteorológicos mais significantes e influentes nas condições ambientais, em específico para o setor agrícola, tendo papel fundamental no desenvolvimento dos cultivos agrícolas e na produção final (Dallacort et al., 2008; Mello et al., 2009).

Silva et al. (2013) demonstraram que Estado do Piauí tem condições climáticas diferenciadas, com oscilação nos índices pluviométricos cuja origem é bastante individualizada, apresentando também temperaturas médias anuais relativamente variáveis. As precipitações apresentam grande variabilidade espacial e temporal, mostrando dois regimes chuvosos: no sul do Estado chove de novembro a março; no centro e norte, a estação chuvosa tem início em dezembro, prolongando-se até maio.

Medeiros et al. (2014) analisaram-se as ocorrências de eventos extremos de precipitação em Campina Grande. Os resultados mostraram que ocorreu mudança no comportamento pluvial a partir da década de 70. Registrou-se intensificação na precipitação máxima apresentando maior número de eventos superior a 80 mm. Não ocorreu de modo geral, relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos ENOS. Eventos extremos foram evidentes entre os meses da estação chuvosa, com 88% das ocorrências e 12% na estação seca.

Medeiros et al. (2016) analisaram a distribuição temporal e a tendência da precipitação para o município de Bom Jesus-PI com regressão linear, e medidas de tendência central e de dispersão dos índices pluviométricos mensais e anuais. Com base nos resultados verificou-se que a mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer. A estação chuvosa dura seis meses (novembro a abril com valor médio do período de 875,1 mm, correspondendo a 88,86% da precipitação anual). Em 55 anos de precipitação observada sua média histórica é de 984,8 mm. Conforme a análise de regressão linear da série histórica de precipitação do período de 1960 a 2014, a tendência de maior variabilidade da precipitação centra-se entre os meses de novembro a abril, e os menores índices pluviométricos centra-se entre os meses de maio a setembro, que possui baixos índices pluviométricos.

Medeiros et al. (2015) verificaram mensalmente a frequência de precipitação durante um período de 30 anos e a influência dos fenômenos meteorológicos El Niño(a) nos índices pluviométricos da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto-PI. Demonstraram que a influência dos fenômenos El Niño(a) sobre a ocorrência de secas ou enchentes na bacia ainda não está bem compreendida, onde se tem anos com atuação dos fenômenos e a variabilidade pluviométrica oscila acima ou abaixo das normais climatológicas; a distribuição da precipitação na área da bacia ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano, demonstrando que mesmo em anos de El Niño as chuvas ocorrem praticamente entre a normalidade.

Segundo Menezes et al. (2015) as variabilidades dos índices pluviométricos entre o período de 1913 a 2010 para o município de Teresina, refletem a dinâmica atmosférica da região, marcada pela intensa variabilidade, onde se observa a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) com sua atuação entre os meses de janeiro a março, sendo esse período mais chuvoso. A análise do comportamento da precipitação nas cidades de grande e médio porte é de extrema importância para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que se trata de áreas densamente urbanizadas. Muitas vezes, sem uma estruturação urbana adequada, estas cidades se encaixam perfeitamente nesse contexto.

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a sua produtividade Costa Neto et al. (2014).

Têm-se como objetivo analisar e elaborar cartas de isoietas mensais, anual, do período chuvoso e seco, quadrimestre chuvoso e seco e do mês chuvoso e seco estimada pelo método da krigagem a partir da média histórica dos últimos cinquenta e seis anos na bacia hidrográfica do rio Paraíba.

## 2. Material e Método

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (BHRPB), com área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15"; Oeste de Greenwich, é a segunda maior bacia do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da sua população do estado. Considerada uma das bacias mais importante do semiárido nordestino, ela é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. (Figura 1).

**Figura 1.** Representação da bacia hidrográfica do rio Paraíba. Na porção sudoeste, seu Alto curso.



Fonte: AESA (2016).

A bacia engloba, total ou parcialmente, a área de 18 municípios paraibanos (Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê), distribuídos entre as microrregiões do Cariri Ocidental e Oriental do Estado da Paraíba.

A bacia é formada de regiões atingidas por eventos sinóticos locais, regionais e de larga escala provocadores de chuvas como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as contribuições dos sistemas de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), quando em atividade sobre o Nordeste brasileiro, além dos efeitos decorrentes dos ventos Alísios do nordeste em conjunto com os efeitos de brisa marítima, auxiliados pela formação dos vórtices Ciclônicos do Atlântico Sul (VCAS) e das formações das linhas de instabilidade (LI), o Padrão do Dipolo (PD) no Oceano Atlântico Tropical e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios, proporcionando eventos de secas, enchentes, inundações, alagamentos, transbordamento de rios, açudes, barreiros, lagoas, lagos e córregos. No tocante a drenagem, na sua maioria, o escoamento dos rios nas cabeceiras dessa bacia é temporário devido à má distribuição pluviométrica. (Medeiros, 2016).

Utilizou-se das séries de dados mensais e anuais de precipitação coletados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene,1990) e fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES A, 2016), de acordo com a Tabela 1. A utilização dos dados foi procedida de análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município). Caso ocorram problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultem em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempos maiores, os dados falhos foram preenchidos com os dados de três postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, pela seguinte forma:

$$P_x = \frac{1}{3} \left( \frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right)$$

Em que:

$P_x$  é o valor de chuva que se deseja determinar;

$N_x$  é a precipitação diária do posto  $x$ ;

$N_A$ ,  $N_B$  e  $N_C$  são, respectivamente, as precipitações diárias observadas dos postos vizinhos A, B e C;

$P_A$ ,  $P_B$  e  $P_C$  são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto  $x$  falhou.

Na Tabela 1 têm-se as coordenadas geográficas e o período de ocorrência de chuvas registradas e observadas.

**Tabela 1.** Relação dos municípios, coordenadas geográficas (° ‘), altitude (m) e período de observações.

Municípios/Coordenadas	Latitude	Longitude	Altitude	Período
Barra de São Miguel	-7,45	-36,19	520	1962-2018
Cabaceiras	-7,29	-36,17	338	1926-2018
Camalaú	-7,53	-36,49	565	1962-2018
Caraúbas	-7,43	-36,29	460	1931-2018
Congo	-7,47	-36,39	500	1962-2018
Coxixola	-7,37	-36,36	465	1962-2018
Monteiro	-7,53	-37,07	590	1911-2018
Prata	-7,41	-37,04	600	1962-2018
São João do Tigre	-8,04	-36,5	616	1934-2018
São José dos Cordeiros	-7,23	-36,48	600	1963-2018
S Sebastião Umbuzeiro	-8,09	-37,00	600	1962-2018
Serra Branca	-7,28	-36,39	450	1962-2018

Fonte: Medeiros (2022).

Utilizou-se de quatro cenários pluviométricos conforme metodologia proposta por Varejão-Silva e Barros (2001), usando-se a função de distribuição de probabilidade gama incompleta:

- Cenário seco – constituído por anos nos quais o total de precipitação acumulada no trimestre mais chuvoso (TMC) é menor ou igual ao valor correspondente à probabilidade de 25%;
- Cenário chuvoso – constituído por anos nos quais o total de precipitação acumulada no TMC é maior ou igual ao valor correspondente à probabilidade de 75%;
- Cenário regular – constituído por aqueles anos não classificados nas duas categorias anteriores;
- Os balanços hídricos, também, foram calculados segundo a metodologia clássica, usando-se toda a série de dados de chuva disponível, designado por “cenário médio”.

Na Tabela 2 tem-se a localização dos postos pluviométricos dos municípios, suas coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), seguidamente da classificação climática segundo (Köppen 1928; Köppen et al., 1931; Thornthwaite et al., 1955).

Observa-se a existência de dois tipos climáticos na área em estudo em conformidade com a classificação climática de Köppen, os tipos climáticos são do tipo “BSh” (semiárido quente, com chuvas de verão e inverno seco) e “AS” (como quente e úmido Tropical chuvoso) estando em conformidade Alvares et al. (2014).

Na classificações climática segundo Thornthwaite e Mather para a área em estudo, utilizou-se de quatro tipos de cenários para a realização da classificação sendo: Normal; Chuvoso; Regular e Seco. Ocorreram quatros tipos de clima no cenário normal; no cenário chuvoso ocorreu três tipos climáticos, para o cenário regular registrou-se quatros tipos climaticos e apenas um tipo de clima no cenário seco.

**Tabela 2.** Postos pluviométricos dos municípios, coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), Classificações climáticas segundo Köppen (1928; 1931) e (Thornthwaite e Mather(1955).

Municípios/ Coordenadas	Latitude ° ' S	Longitude ° ' W	Altitude metros	Classificações				
				Köppen	Thornthwaite e Mather			
					Normal	Chuvoso	Regular	Seco
BarraSMiguel	07 45	36 19	486	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> C'ia'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Cabaceiras	07 29	36 17	388	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> C'ia'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Camalaú	07 53	36 49	521	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'a'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Caraúbas	07 43	36 29	451	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'a'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Congo	07 47	36 39	480	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'a'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Coxixola	07 37	36 36	475	BSh	C <sub>1</sub> A's <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> C'ia'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Monteiro	07 53	37 07	599	BSh	DA's <sub>2</sub> Da'	C <sub>2</sub> D'a'	C <sub>2</sub> B'2a'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Prata	07 41	37 04	577	BSh	C <sub>1</sub> B'4S <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'Ra'	C <sub>2</sub> B'3Ra'	C <sub>2</sub> E'Ra'
S J do Tigre	08 04	36 50	577	AS	C <sub>1</sub> B'4S <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'Ra'	C <sub>2</sub> B'2Ra'	C <sub>2</sub> E'Ra'
SãoJCordeiros	07 23	36 48	527	BSh	C <sub>1</sub> B'4S <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'Ra'	C <sub>2</sub> B'2Ra'	C <sub>2</sub> E'Ra'
S.SUmbuzeiro	08 09	37 00	594	BSh	C <sub>1</sub> B'4S <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'Ra'	C <sub>2</sub> B'4Ra'	C <sub>2</sub> E'Ra'
Serra Branca	07 28	36 39	493	BSh	C <sub>1</sub> A'S <sub>2</sub> a'	C <sub>2</sub> D'Ra'	C <sub>2</sub> B'2Ra'	C <sub>2</sub> E'Ra'

Fonte: Medeiros (2022).

Em cada cenário pluviométrico, os cálculos dos balanços hídricos climatológicos e dos índices climáticos: hídrico, aridez e umidade foram processadas conforme (Thornthwaite 1948; Thornthwaite et al., 1955, assumindo-se a capacidade de água disponível do solo (CAD) igual a 100 mm.

Os valores de evapotranspiração de referência mensal foram estimados pelo método de Thornthwaite (1948), segundo a metodologia apresentada por Gomes et al. (2002).

$$I_h = \left( \frac{EXC}{ETP} \right) \times 100$$

$$I_a = \left( \frac{DEF}{ETP} \right) \times 100$$

$$I_u = I_h - 0,6 \times I_a$$

Onde:

$I_h$ : índice hídrico;

$I_a$ : índice de aridez;

$I_u$ : índice de umidade;

EXC: excedente hídrico oriundo do BHC (mm);

DEF: deficiência hídrica oriunda do BHC (mm);

ETP: evapotranspiração de referência ou potencial (mm).

Os cálculos dos balanços hídricos climatológicos (BHC) foram realizados através de planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2016) levando em conta o modelo de (Thornthwaite 1948; Thornthwaite et al., 1955).

Na metodologia adotada utilizou-se dos valores da temperatura média do ar estimados pelo software Estima\_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). Utilizou-se ainda da série temporal de temperatura, adicionando a esta, a anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti et al. (2006).

A Classificação climática de Köppen é baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal. Os elementos de temperatura e precipitação constituem critério inicial para a divisão dos tipos de clima. Por ser uma classificação climática com mais de século, a classificação de Köppen passou por algumas adaptações de outros autores, como a de Setzer (1966), que simplificou a classificação criando uma chave classificatória.

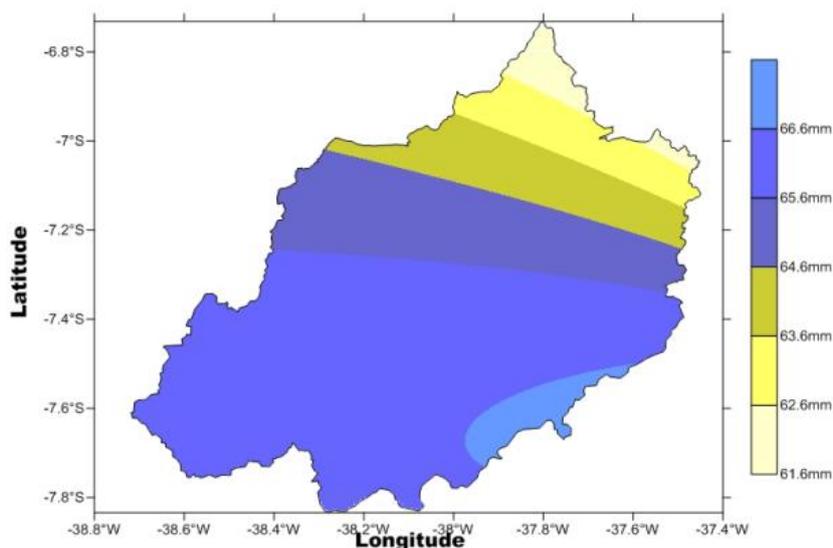
Pereira et al. (2002) mostraram que os índices calculados a partir do balanço hídrico climatológico, fornecem informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF), retirada e reposição d'água no solo. A partir desses valores anuais foram definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica. Conforme os índices climáticos de Thornthwaite (1955). Para tanto estas informações são de extremas necessidades ao homem do campo, aos planejadores e tomadores de decisões nos setores agrícolas e hídricos.

### 3. Resultados e Discussões

As Figuras (2 a 20) representam as oscilações espaciais mensais, anual, dos períodos chuvoso e seco, quadrimestre chuvoso e seco e do mês chuvoso e seco da precipitação interpolada pelo método da krigagem no período de 1962 a 2018, na bacia hidrográfica do rio Paraíba (BHRPB).

Na Figura 2 tem-se a representatividade da precipitação interpolada pelo método da krigagem no mês de janeiro. Observam-se aumentos pluviométricos no sentido norte/sul, nos setores este/oeste a diferenciação e largura de áreas dos índices pluviométricos registrados. Estas variabilidades estão em conformidade com os estudos de Marengo et al. (2008); Marengo et al. (2015) e corroboram com os resultados dos estudos de Medeiros (2016).

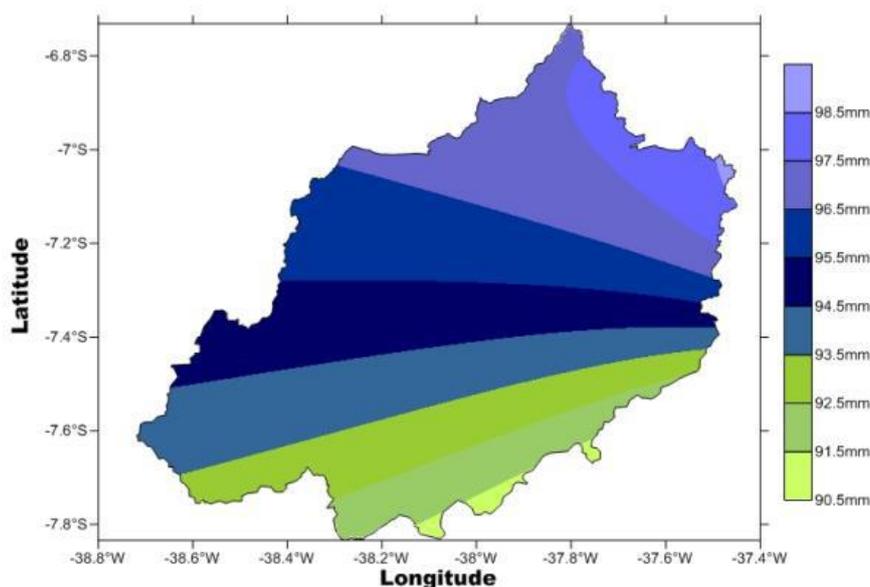
**Figura 2.** Isoieta do mês de janeiro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

As isoietas do mês de fevereiro (Figura 3) registram-se reduções no sentido sul/norte destaca-se o setor norte com ampliação de áreas nas ocorrências dos índices pluviais quando comparada aos demais índices. A amplitude do gradiente pluvial faz o diferencial entre os setores este/oeste. O Estudo de Nobrega et al, (2010) vem a corroborar com os resultados discutidos.

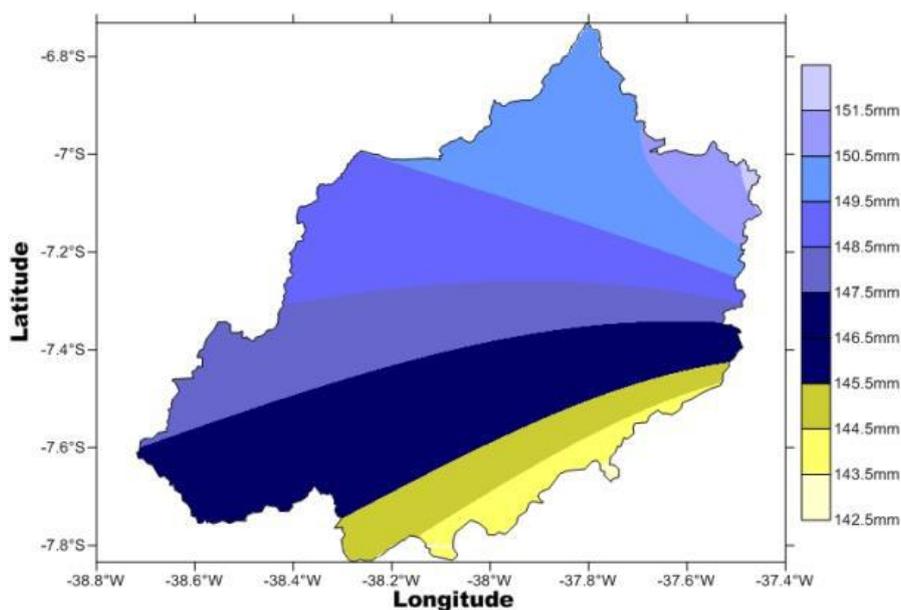
**Figura 3.** Isoieta do mês de fevereiro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

O mês de março destaca-se as isoietas do setor norte com altos índices pluviais, o setor sul/sudeste/sudoeste com baixos índices pluviais e região central da BHRPB com valores pluviais equiparados. (Figura 4).

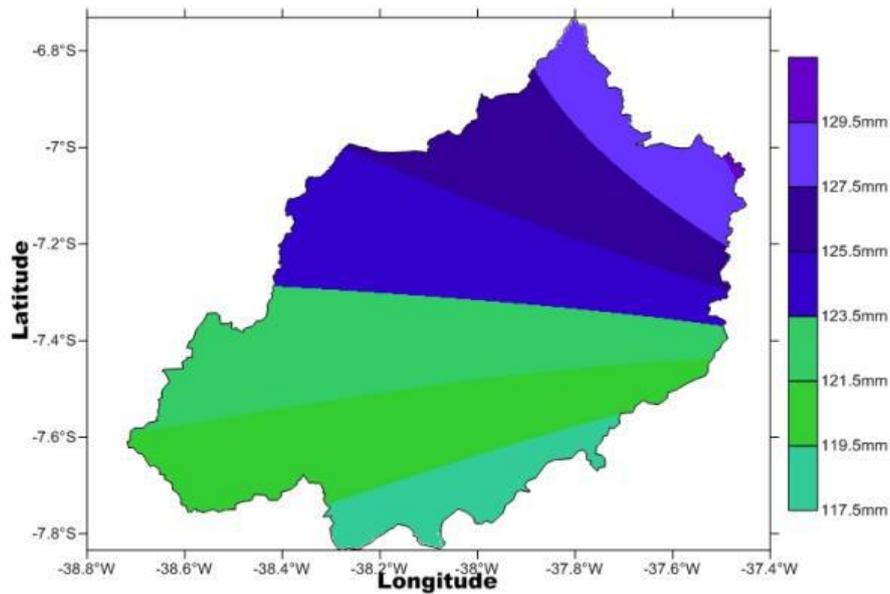
**Figura 4.** Isoieta do mês de março na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Observa-se redução no gradiente pluvial para o setor oeste e equiparando-se com o setor este. Reduções pluviais no sentido norte/sul em conformidade com a Figura 5 para o mês de abril.

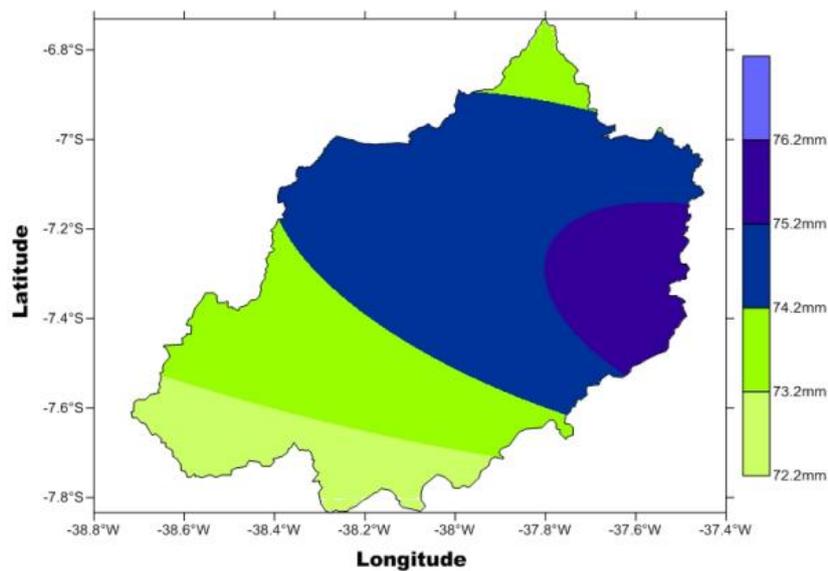
**Figura 5.** Isoieta do mês de abril na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

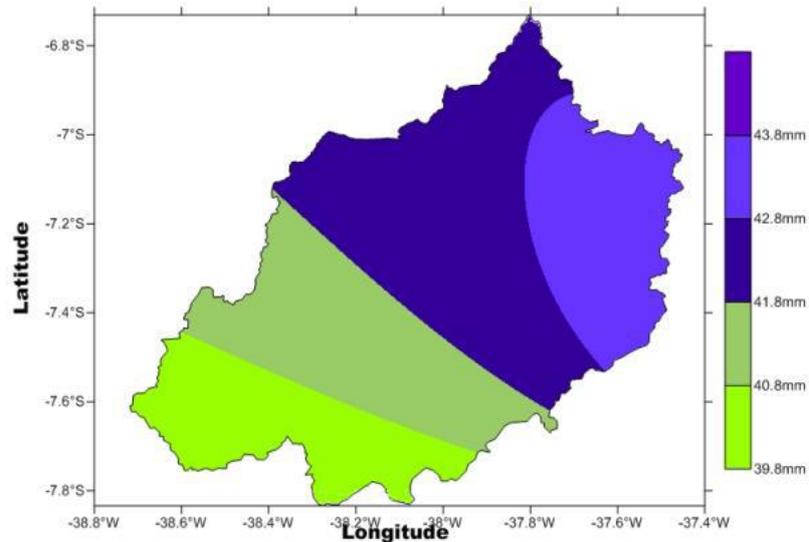
A persistência de redução nos índices pluviais no sentido norte/sul prevalece, na posição este se registram chuvas moderadas de baixa intensidade quando comparada ao setor este registrados no mês de maio. Figura 6.

**Figura 6.** Isoieta do mês de maio na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

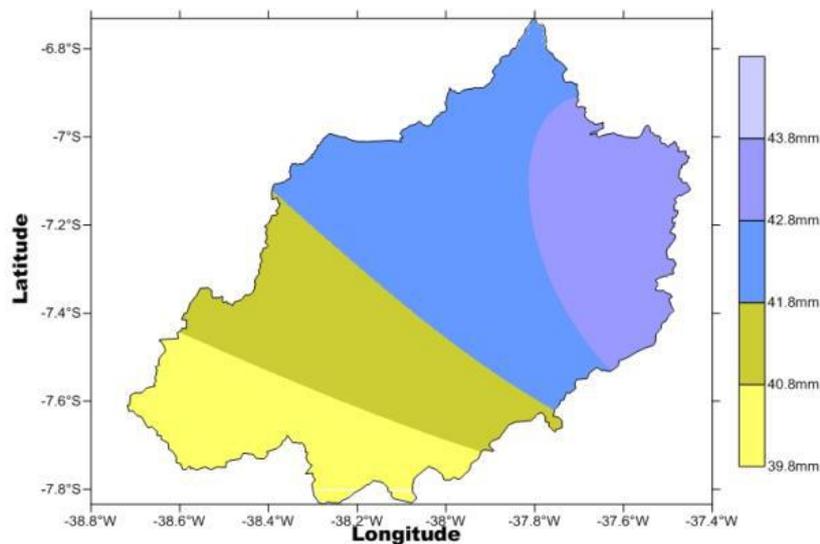
**Figura 7.** Isoieta do mês de junho na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

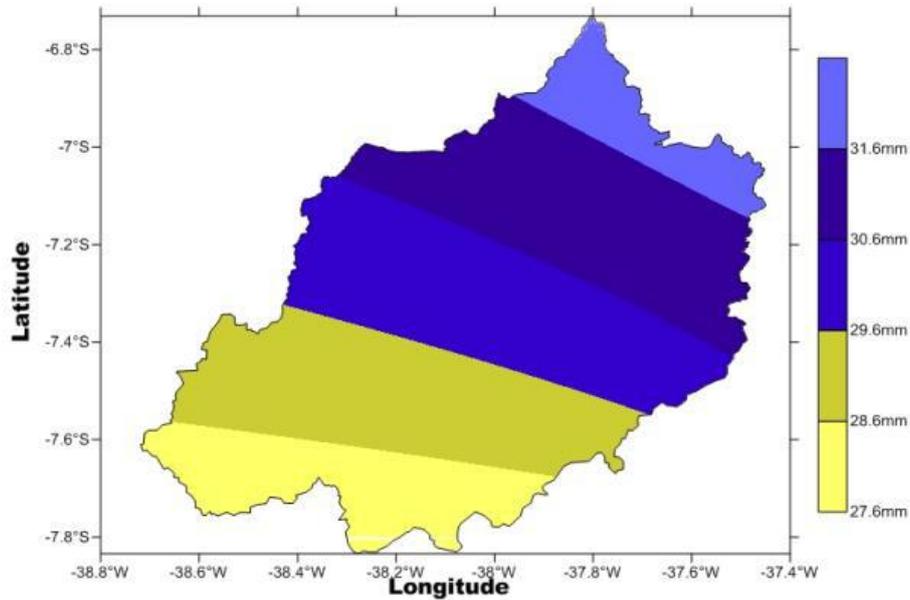
As distribuições das isoietas do mês de julho estão representadas na Figura 8 que demonstram reduções pluviométricas no sentido Nordeste/noroeste, o setor oeste tem maior variabilidade pluviométrica que o setor este. Os resultados dos estudos corroboram com Marengo et al, (2015) e Medeiros (2016).

**Figura 8.** Isoieta do mês de julho na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

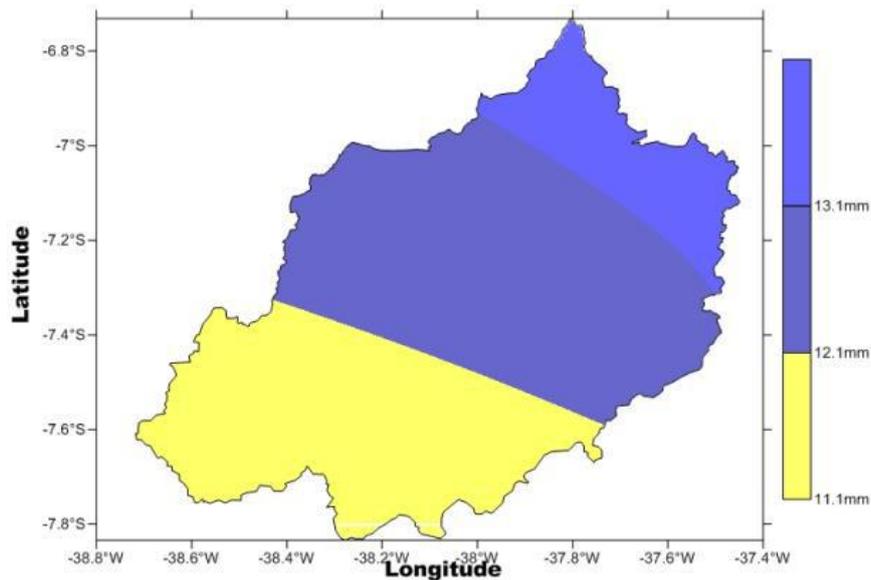
**Figura 9.** Isoieta do mês de agosto na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Com as reduções dos índices pluviométricos no mês de setembro a Figura 10 em análise apresenta duas (2) faixas pluviométricas de baixas intensidades, a área ao norte tem maior distribuição que a área sul.

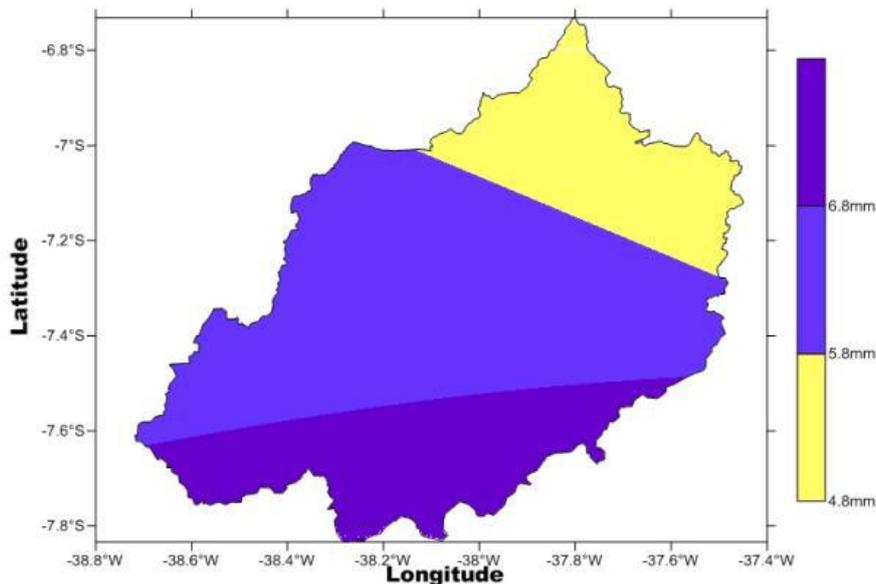
**Figura 10.** Isoieta do mês de setembro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

O mês de outubro tem sua representação das isoietas na Figura 11, ocorre aumento pluviométrico no sentido norte/sul. A amplitude do gradiente pluviométrico faz o diferencial entre os setores este/oeste.

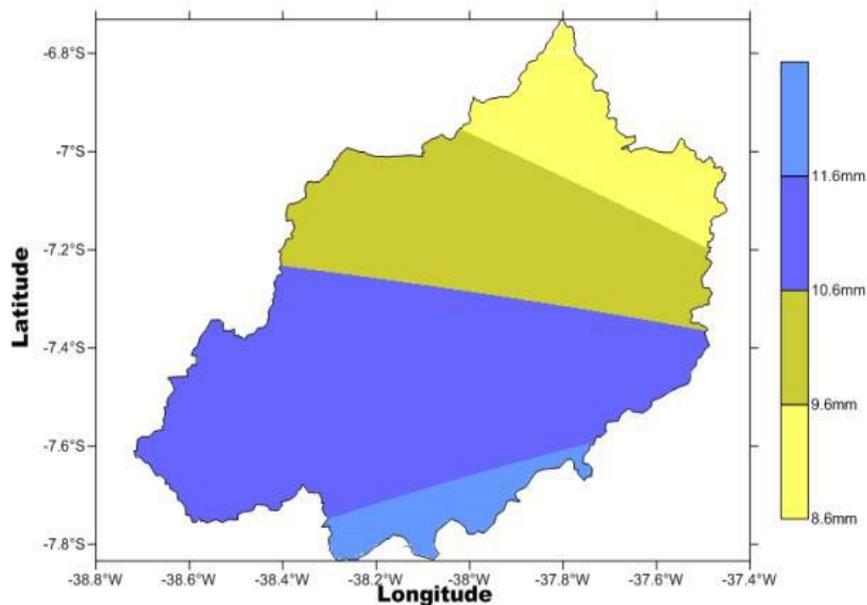
**Figura 11.** Isoieta do mês de outubro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

As isoietas do mês de novembro estão representadas na Figura 12, observam-se reduções pluviais no sentido norte/sul e o diferencia dos setores este/oeste está na amplitude do gradiente pluvial entre os setores.

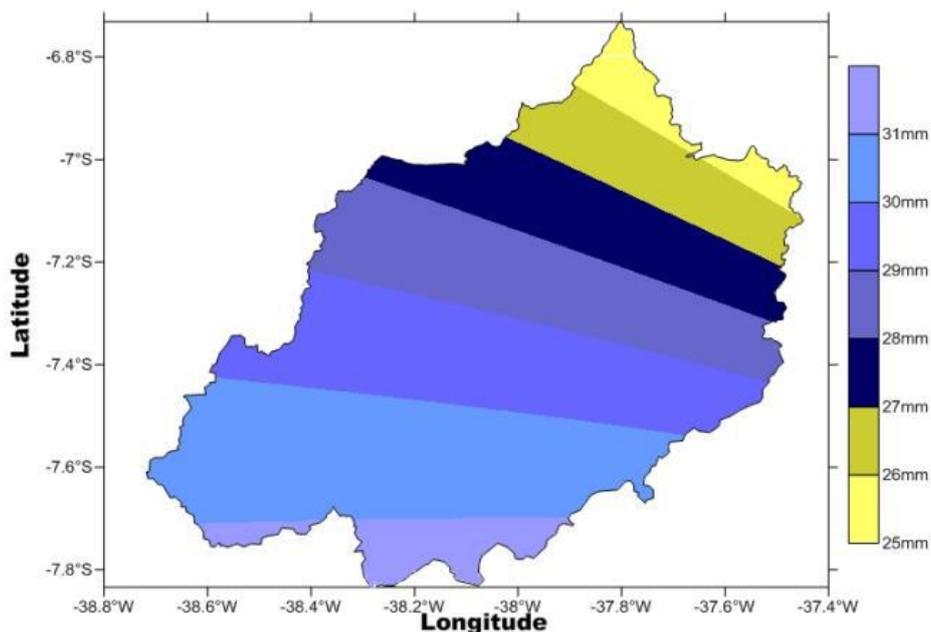
**Figura 12.** Isoieta do mês de novembro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Figura 13 representa as isoietas do mês de dezembro com flutuações entre 25 mm a 31 mm observando a Figura destacam-se reduções pluviais no sentido norte/sul e para os setores este/oeste a diferença na abertura do gradiente pluvial.

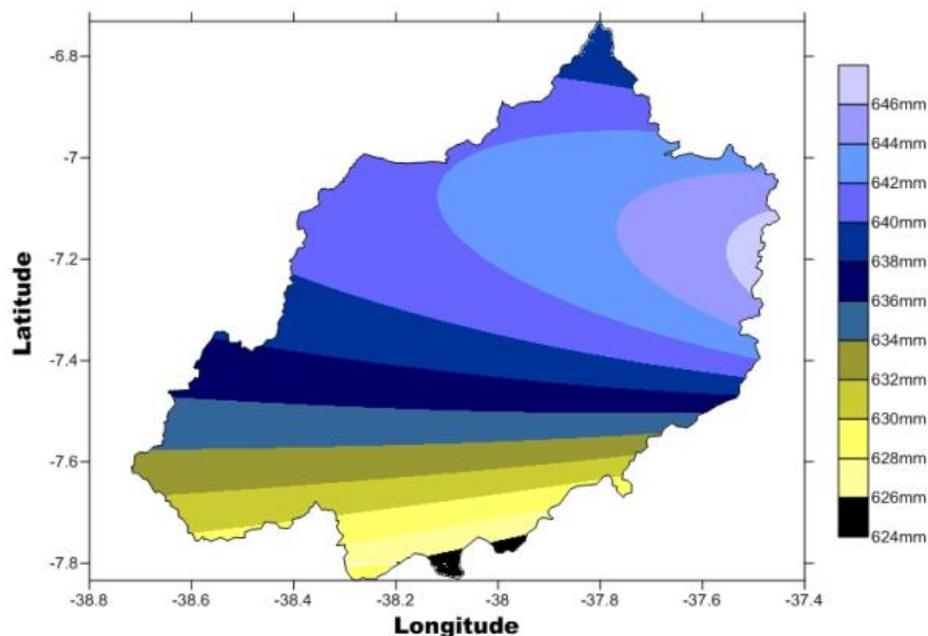
**Figura 13.** Isoieta do mês de dezembro na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Na Figura 14 tem-se a distribuição da isoieta média anual. Observam-se os menores índices pluviométricos alocados no setor sul e as maiores incidências pluviais no setor norte, nos setores este/oeste registra-se os mesmos índices pluviométricos com diferenciação na abertura do gradiente pluvial.

**Figura 14.** Isoieta anual na BHRPB.

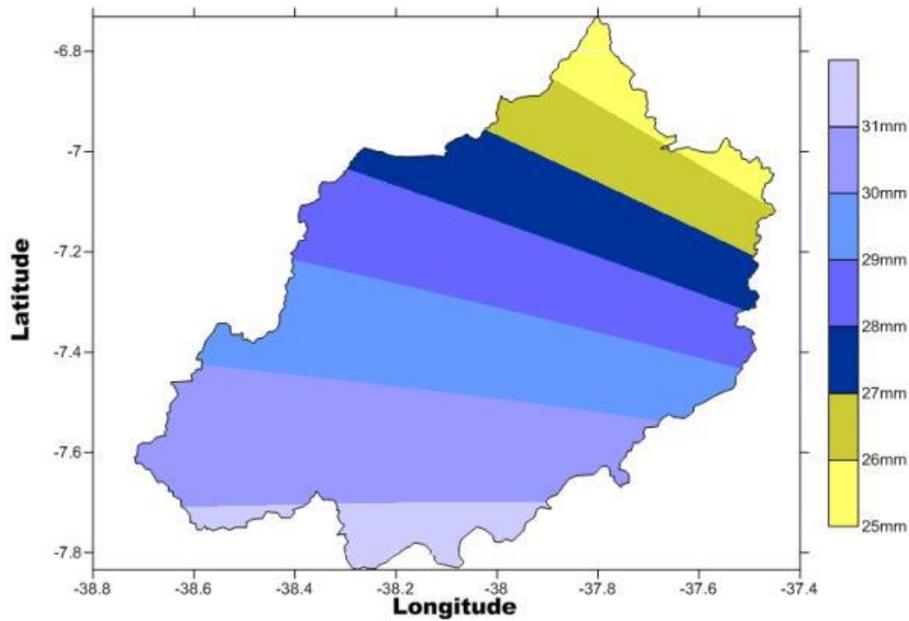


Fonte: Medeiros (2022).

O período chuvoso na área estudada ocorre entre os meses de janeiro a junho (Figura 15) com índices pluviométricos fluindo entre 37,8 mm no mês de junho a 114,3 mm no mês de março. A distribuição espacial dos índices pluviométricos está representada na Figura 15, observa-se redução deste índice no sentido sul/norte onde se localiza os valores máximos e mínimos

respectivamente. As flutuações pluviiais nos sentidos este/oeste se diferenciam pela abertura das áreas de ocorrências da pluviometria registrada.

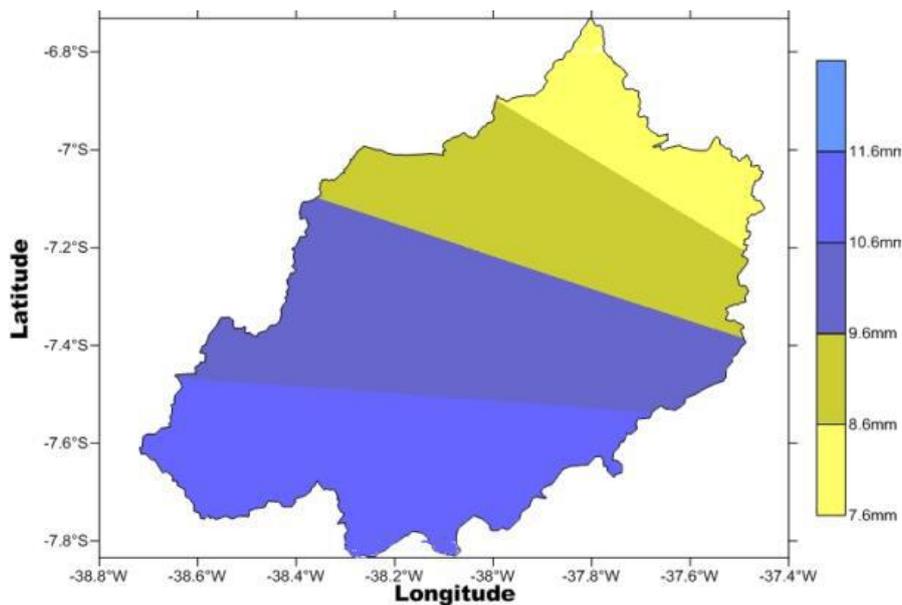
**Figura 15.** Isoieta do período chuvoso na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

O período corresponde aos meses de julho a dezembro com índices pluviiais fluindo entre 4,8 mm no mês de setembro a 27,2 mm no mês de julho. A Figura 16 tem-se a representatividade deste período especializada, onde destaca oscilação crescente no sentido norte/sul e no sentido este/oeste seus valores igualam-se com diferença de largura de área.

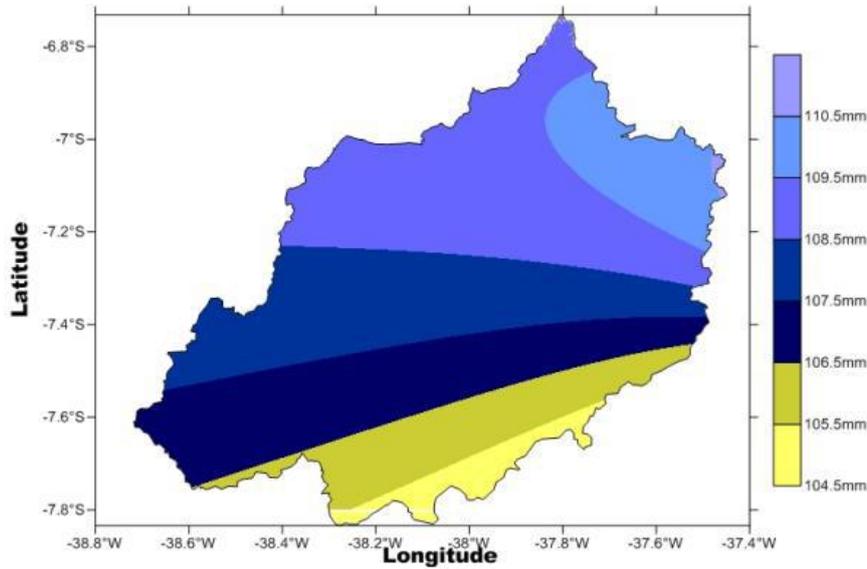
**Figura 16.** Isoieta do período seco na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Na Figura 17 corresponde a isoleta do quadrimestre chuvoso (fevereiro a maio) na BHRPB. As flutuações pluviiais oscilam entre 104 mm a 110 mm e crescem no sentido sul/norte, nas direções este/oeste apresentam a mesma faixa de pluviometria só que no setor oeste sua representatividade tem área mais espaçada.

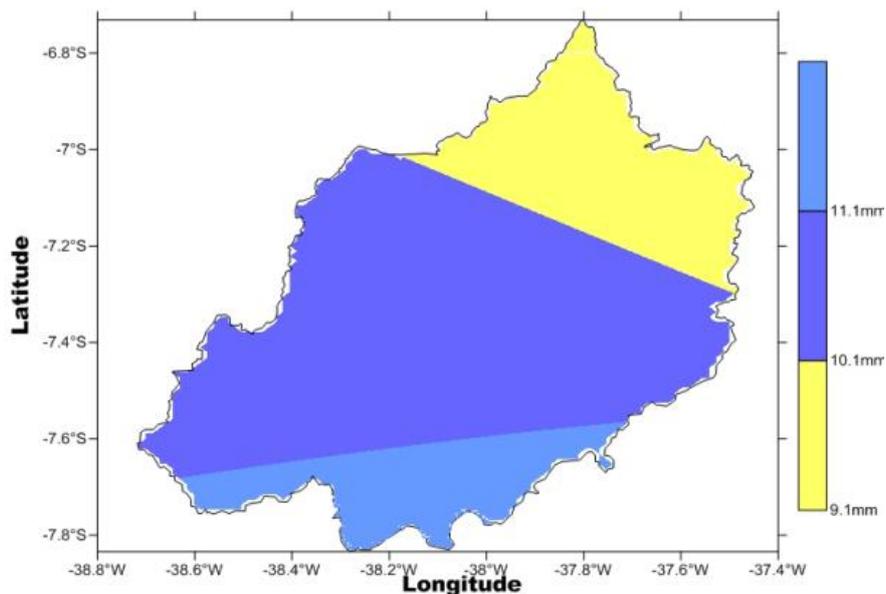
**Figura 17.** Isoleta do quadrimestre chuvoso na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Os meses secos corresponde agosto a setembro registrando-se chuvas isoladas e com baixa magnitude, com média oscilando entre 4,8 mm a 10,7 mm. Na Figura 18 os índices pluviiais têm aumentos de norte para sul, nos setores este/oeste tem-se em média 10,1 mm.

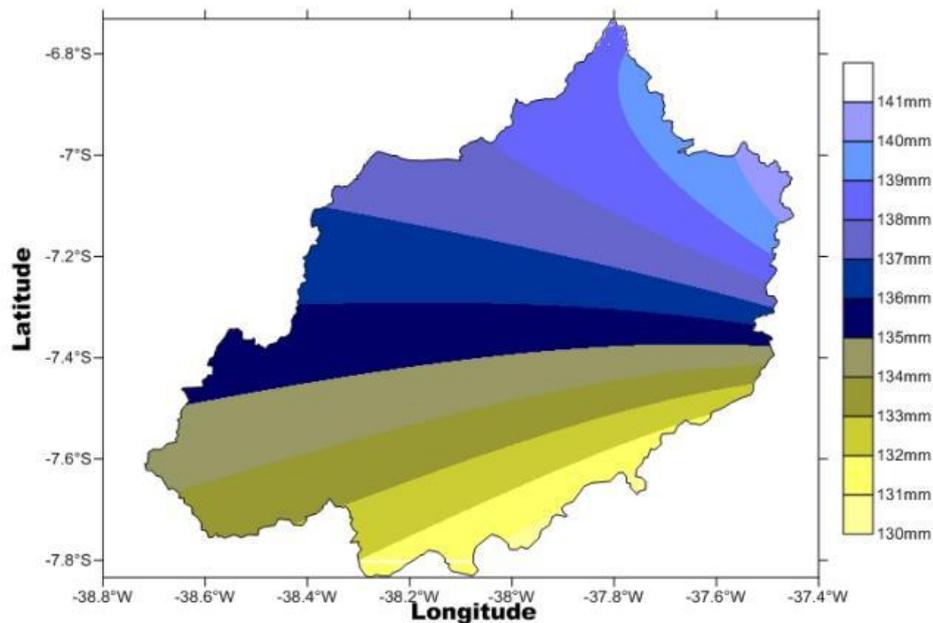
**Figura 18.** Isoleta do quadrimestre seco na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

O mês de março considerado o mais chuvoso na área BHRPB com média mensal de 114,3 mm suas flutuações ocorrem entre 130 mm a 141 mm. No setor sul registra-se os menores índices pluviométricos, nos setores norte/nordeste os índices pluviométricos oscilam entre 138 mm a 141 mm. No setor leste registram-se oscilações pluviométricas entre 135 mm a 137 mm. (Figura 19).

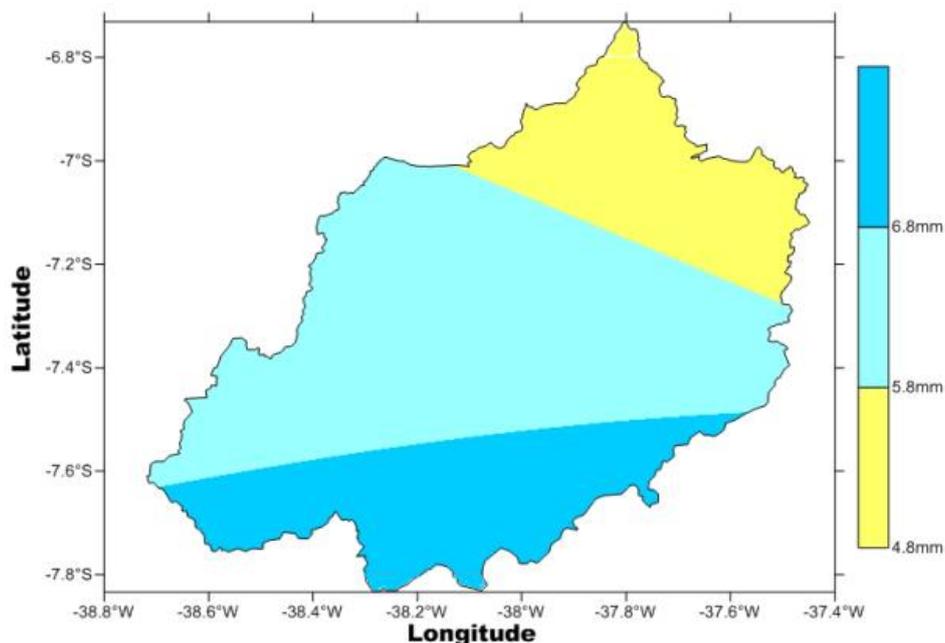
**Figura 19.** Isoieta do mês chuvoso na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Na Figura 20 tem-se a variabilidade espacial dos índices pluviométricos na BHRPB referente ao mês de setembro seco em conformidade com o banco histórico das precipitações da referida bacia. Observa-se aumento dos índices pluviométricos no sentido sul/norte e suas oscilações ocorrem entre 4,8 mm a 6,8 mm.

**Figura 20.** Isoieta do mês seco na BHRPB.



Fonte: Medeiros (2022).

Espera-se ter contribuído para informações aos agricultores, tomadores de decisões e aos técnicos agrícolas para uma melhor compreensão das distribuições das isoietas. Este estudo tem similaridades com a Atlas pluvial do Instituto Nacional de Meteorologia e com o Estudo do CPTEC/INPE.

Na Tabela 3 encontram-se os elementos estatísticos os quais foram utilizados por meio de planilhas eletrônicas, calculando-se os referidos elementos abaixo relacionados. Com média anual de 495,3 mm e suas oscilações mensais fluindo entre 4,8 mm no mês de setembro a 114,3 mm no mês de março são os valores da precipitação esperada no decorrer do tempo futuro para a BHRPB. Os valores máximos e mínimos registrados foram causados pelas atividades dos fenômenos locais e regionais atuantes no período de estudo. O desvio padrão poderá interferir com contribuições positiva e/ou negativa em relação aos valores da média e/ou mediana.

**Tabela 3.** Parâmetros estatísticos da precipitação média para a área da BHRPB.

Meses	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio padrão(mm)	Coefficiente variância(%)	Máximo absoluto(mm)	Mínimo absoluto(mm)
jan	45,2	46,2	13,8	0,30	68,0	21,7
fev	69,2	62,8	17,1	0,25	106,3	40,2
mar	114,3	107,7	26,3	0,23	160,0	58,2
abr	100,5	103,3	20,7	0,21	137,2	58,4
mai	57,0	49,9	12,8	0,22	79,3	42,6
jun	37,8	41,3	6,1	0,16	49,6	28,3
jul	27,2	31,0	6,1	0,22	36,4	17,4
ago	10,7	11,1	3,7	0,35	15,3	3,5
set	4,8	4,6	2,4	0,50	8,4	0,9
out	7,0	8,0	3,0	0,44	13,0	2,9
nov	7,9	2,9	4,8	0,61	19,5	2,9
dez	21,6	20,0	6,4	0,30	32,3	10,5
Anual	495,3	481,0	93,7	0,19	664,3	336,4

Fonte: Medeiros (2022).

#### 4. Conclusões

A distribuição pluvial anual demonstra alta variabilidade espacial na área de estudo.

Precipitações pluviométricas irregulares podem causar veranicos, ou seja, chuvas com distribuição espacial e temporal irregulares, provocando déficits hídricos no solo, apresentando efeitos diretos nos cultivos agrícolas, como redução no desenvolvimento da planta, abortamento e queda das flores, enchimento dos grãos ou até mesmo a perda total da plantação, gera escassez hídricas para abastecimento humano, animal e vegetal, represamento d'água nas barragens e impactos socioeconômicos.

As informações pluviométricas municipais, ao homem no campo, podem ser utilizadas pelas ações governamentais no planejamento de distribuição das sementes e melhoramento da produção, sendo de relevante importância para amenizar as eventuais perdas do plantio. Conseqüentemente, o zoneamento agroclimático determinará a melhor época de plantio, de acordo com a mesorregião e a cultura específica.

O modelo da interpolação da Krigagem teve significâncias com os resultados apresentados.

#### Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. & Köppen's (2014). Climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22, 711–728.
- Cavalcanti, E. P., & Silva, E. D. V. (1994). *Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais*. IN: *Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais... Belo Horizonte: SBMET*. 1, 154-157
- Cavalcanti, E. P., Silva, V. P. R. & Sousa, F. A. S. (2006). *Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1), 140-147.
- Change – IPCC. Impacts, Adaptation and Vulnerability (2007). Contribution of Working Group II to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.*
- Costa Neto, F. A., Medeiros, R. M., Sousa, E. P. & Oliveira, R. C. S. (2014). *Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB*. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC. Centro de Convenções Atlantis City – Teresina*.
- Dallacort, R., Freitas, P. S. L., Gonçalves, A. C. A., Faria, R. T. Resende, R., & Bertonha, A. (2008). Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura. *Acta Scientiarum Agronomy*. 30(2), 261-266.
- Köppen, W., & Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.
- Kulkarni, M. K., Revadekar, J. V. & Varikoden. H. (2019). About the variability in thunderstorm and rainfall activity over India and its association with El Niño and La Niña. *Nat Hazards*. v.69.
- Marengo, J., Silva, D. P. (2013). Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. Capítulo 3 em *Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, pp.63-109, Eds. A. Rebouças, B., Braga, J. Tundisi. Editoras Escrituras, SP.
- Medeiros, R. M. *Estudo agrometeorológico para o estado da Paraíba*. p.120. 2016. Divulgação Avulsa.
- Medeiros, R. M., Souza, P. E. & Gomes Filho, M. F. (2014). *Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Campina Grande – Paraíba, Brasil*. III *International Congress, Ibero-American Symposium and VIII National Meeting of Risks. Multidimension and Territories of Risk*, 5, 6 and 7 of November. *Department of Geography, University of Minho, Guimarães, Portugal*.
- Menezes, H. E. A., Medeiros, R. M., Neto, F. A. C. & Menezes, H. E. A. *Diagnóstico da variabilidade dos índices pluviométricos em Teresina – PI, Brasil*. 7° *Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e 4° Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade*. Recife-PE, 27 a 29 de outubro de 2015. Recife – PE.
- Moreira, P. S. P., Dallacort, R., Magalhães, R. A., Inoue, M. H., Stieler, M. C., Silva, D. J. & Martins, J. A. (2010). *Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de nova Maringá-MT*. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*. 8(1), 9-20.
- Oliveira, R. C. S., Medeiros, R. M., Costa Neto, F. A. & Gomes Filho, M. F. (2014). *Estudo das oscilações da temperatura máxima do ar e precipitação em Lagoa Seca-PB visando mudanças climáticas*. In: *VI Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e III Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade, Recife*.
- Pereira, A. R., Angelocci, L. R., & Centelhas, P. C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária. 2001.
- Setzer, J. (1966). *Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo*. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. São Paulo, Brasil. p. 61.
- Silva, E. S., Zavislak, F. D., Dallacort, R., Carvalho, M. A. C. & Araújo, D. V. (2013). Distribuição da probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. *Centro Científico Conhecer*, 9(17).

Silva, J. C., Heldwein, A. B., Martins, F. B., Trentin, G. & Grimm, E. L. (2009). *Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 11(1), 67-7.*

Silva, V. M. A., Medeiros R. M., Santos, D. C. & Gomes Filho, M. F. (2013). *Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no estado do Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física. 6(5), 1463-1475.*

SUDENE. Normais Climatológicas da Área da SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Convênio com o Serviço de Meteorologia, Recife. 1990.

Tammets, T, & Jaagus, J. (2013). Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. *Theoretical and Applied Climatolog. 111(3-4), 623-639.*

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev. 38. 55-94.*

Thornthwaite, C. W., & Mather, J.R. (1955). *The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology. 104p.*

Varejão-Silva, M.A. *Meteorologia e Climatologia. Versão Digital. Recife, 2005. 516p.*