



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

**ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS CLIMATICAMENTE COMPLEXAS –
TRANSIÇÃO SEMIÁRIDO-ÚMIDO NO NORDESTE BRASILEIRO – ESTUDO
DE CASO NO RIO PARAÍBA**

ELLEN LUANA BRASILINO LEMOS MADEIRO

João Pessoa
2024

ELLEN LUANA BRASILINO LEMOS MADEIRO

**ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS CLIMATICAMENTE COMPLEXAS –
TRANSIÇÃO SEMIÁRIDO-ÚMIDO NO NORDESTE BRASILEIRO – ESTUDO
DE CASO NO RIO PARAÍBA**

Artigo apresentado ao Curso Bacharelado em Geografia, do Departamento de Geociências, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

João Pessoa
2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M181a Madeiro, Ellen Luana Brasilino Lemos.

Análise hidrológica em bacias climaticamente complexas - transição semiárido-úmido no nordeste brasileiro - estudo de caso no Rio Paraíba / Ellen Luana Brasilino Lemos Madeiro. - João Pessoa, 2024.
23 p. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.

TCC (Curso de Bacharelado em Geografia) - no gênero artigo científico - UFPB/CCEN.

1. Regimes hidrológicos. 2. Pluviometria. 3. Fluvimetria. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 91(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELLEN LUANA BRASILINO LEMOS MADEIRO

**ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS CLIMATICAMENTE COMPLEXAS –
TRANSIÇÃO SEMIÁRIDO-ÚMIDO NO NORDESTE BRASILEIRO – ESTUDO
DE CASO NO RIO PARAÍBA**

Artigo apresentado ao Curso Bacharelado em Geografia, do Departamento de Geociências, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em: 23/10/2024.

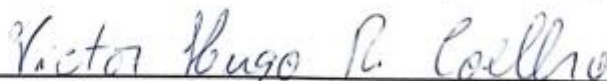
João Pessoa, 23 de Outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

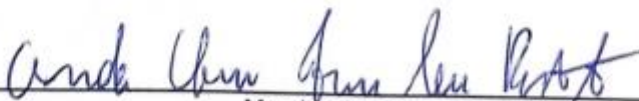


Professor Orientador

Professor Co- Orientador (Caso exista)



Membro Interno Obrigatório (Professor vinculado ao Curso)



Membro Interno ou Externo

ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS CLIMATICAMENTE COMPLEXAS – TRANSIÇÃO SEMIÁRIDO-ÚMIDO NO NORDESTE BRASILEIRO – ESTUDO DE CASO NO RIO PARAÍBA

RESUMO

A região Nordeste do Brasil apresenta uma grande diversidade, com diferentes interações entre a geologia, a vegetação, o clima, o solo e outros elementos. As bacias hidrográficas que formam essas paisagens possuem diferentes regimes hidrológicos devido a essas interações. A bacia do rio Paraíba (BRP) passa por uma transição entre o ambiente semiárido e subúmido, tornando-se necessário compreender a dinâmica entre precipitação e vazão, com o objetivo de entender modificações que ocorreram ao longo do rio, visto que é uma bacia de grande importância para a Paraíba. Foram utilizados dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA para duas variáveis, precipitação e vazão. Para análise da precipitação foram realizadas quatro análises estatísticas: total de dias no ano com chuva, dias com chuva, máxima anual e o acumulado anual. Para a vazão a análise foi feita com o acumulado anual e a média anual. Assim, foi possível verificar anos mais secos, anos mais chuvosos, bem como entender a interação entre precipitação e a vazão ao longo da BRP, além de verificar, a partir dos dados das estações, eventos extremos. Entender também a forma que as ações antrópicas, a exemplo do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF), afetam o rio Paraíba.

Palavras-chave: Regimes hidrológicos, pluviometria, fluviometria

ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS CLIMATICAMENTE COMPLEXAS – TRANSIÇÃO SEMIÁRIDO-ÚMIDO NO NORDESTE BRASILEIRO – ESTUDO DE CASO NO RIO PARAÍBA

ABSTRACT

The Northeast region of Brazil exhibits significant diversity, with complex interactions between geology, vegetation, climate, soil, and other elements. The river basins that shape these landscapes have distinct hydrological regimes due to these interactions. The Paraíba River Basin (BRP) experiences a transition between semi-arid and sub-humid environments, making it essential to understand the dynamics between precipitation and river flow to analyze changes that have occurred along the river, given its importance to Paraíba. Data from the National Water and Sanitation Agency (ANA) were used for two variables: precipitation and river flow. Precipitation was analyzed through four statistical metrics: total rainy days per year, rainy days, annual maximum, and annual cumulative precipitation. For river flow, the analysis considered annual cumulative flow and annual average flow. This approach allowed for identifying drier and wetter years, understanding the interaction between precipitation and flow throughout the BRP, and identifying extreme events based on station data. Additionally, it provided insight into how human actions, such as the São Francisco River Integration Project (PISF), impact the Paraíba River.

Keywords: Hydrological regimes, rainfall measurement, river flow measurement

.

INTRODUÇÃO

Há três regimes hidrológicos os quais classificam os rios como efêmeros, intermitentes e perenes. Os rios efêmeros e intermitentes ocorrem quando há precipitação o suficiente para que ele possa apresentar uma carga de água, durante um período do ano, existindo também uma diferenciação entre eles, com os rios efêmeros apresentando fluxo de água em eventos de chuva (horas ou dias), enquanto os rios intermitentes, apresentam vazão durante os meses de estação chuvosa, passando a maior parte do ano seco (RODRIGUES; SOUZA, 2020). Em relação aos rios perenes, eles mantêm um fluxo de água durante todo o ano, variando seu volume de acordo com o nível de precipitações e do lençol freático. O lençol freático de um rio é essencial para a manutenção de sua vazão e é influenciado pelas condições ambientais da área. Rios com regime perene mantêm vazão durante o período seco graças à presença e estabilidade do lençol freático. Em contraste, nos rios intermitentes, a diminuição do nível do lençol freático durante a estação seca resulta no desaparecimento do fluxo de água. Rios efêmeros, por sua vez, têm fluxo de água apenas durante grandes eventos de chuva e não possuem lençol freático, sendo abastecidos exclusivamente pelas precipitações (SILVA, 2022). Ressalta-se que o mesmo rio pode ter trechos com regimes hidrológicos distintos, devido a diversidade de ambientes que são apresentados (DORNELLAS et al., 2024; PASTOR et al., 2022).

O Nordeste brasileiro possui uma vasta diversidade de paisagens, devido a diversos fatores que as formaram e à ação de diferentes agentes ambientais. O litoral do Nordeste é caracterizado por climas subúmido e úmido, com um maior nível de intemperismo e a formação de solos mais profundos. Há a predominância dos Tabuleiros Costeiros, estruturados pela Formação Barreiras (XAVIER et al., 2016). Além de seu valor ambiental, a região costeira do Nordeste é de grande relevância econômica, o que contribui para diversas intervenções antrópicas, estimuladas pelas paisagens diversificadas (BARBOSA; VALLADARES, 2020). Em contraste, as áreas interioranas do Nordeste são dominadas por áreas cristalinas (BASTOS; CORDEIRO, 2012) e de clima semiárido, uma das regiões mais diversas do Brasil, de acordo com Ab'Saber (1974), ocupando aproximadamente 10% de todo o território nacional.

Os regimes fluviais no semiárido estão relacionados à diversas interações na paisagem, como a chuva, o solo, a litologia e a vegetação. Os rios do semiárido são marcados predominantemente por regimes intermitentes e efêmeros, visto que o fluxo de água não é mantido ao longo do ano (CARVALHO, 2020). Características como solos pouco

profundos, litologia predominantemente cristalina e um regime climático com chuvas concentradas em três/quatro meses no ano explicam, em partes, a predominância desses regimes fluviais em ambientes semiáridos (SOUZA, 2013). Esses processos ocorrem ao longo da Bacia do rio Paraíba (BRP), pois ela abarca uma grande diversidade em toda sua área. Assim, se faz necessário a análise dos fatores, como a precipitação e a vazão, para entender as suas alterações.

Outro fator que contribuiu para modificações da BRP ocorreu em 2017, com a inclusão da mesma no Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), pelo eixo Leste, no município de Monteiro (PB), uma área de grande importância para o abastecimento do açude Eptácio Pessoa, que atende Campina Grande e região. A transposição do São Francisco tem como objetivo regularizar o fluxo do rio Paraíba, garantindo o abastecimento de água para consumo e irrigação nas regiões do Sertão e Cariri (ARAÚJO SEGUNDO NETO; VIANNA, 2016). Assim, o presente trabalho tem como objetivo a análise dos dados de precipitação e vazão da BRP, através de análises estatísticas, realizando um comparativo entre os mesmos e como essa interação ocorre ao longo da bacia.

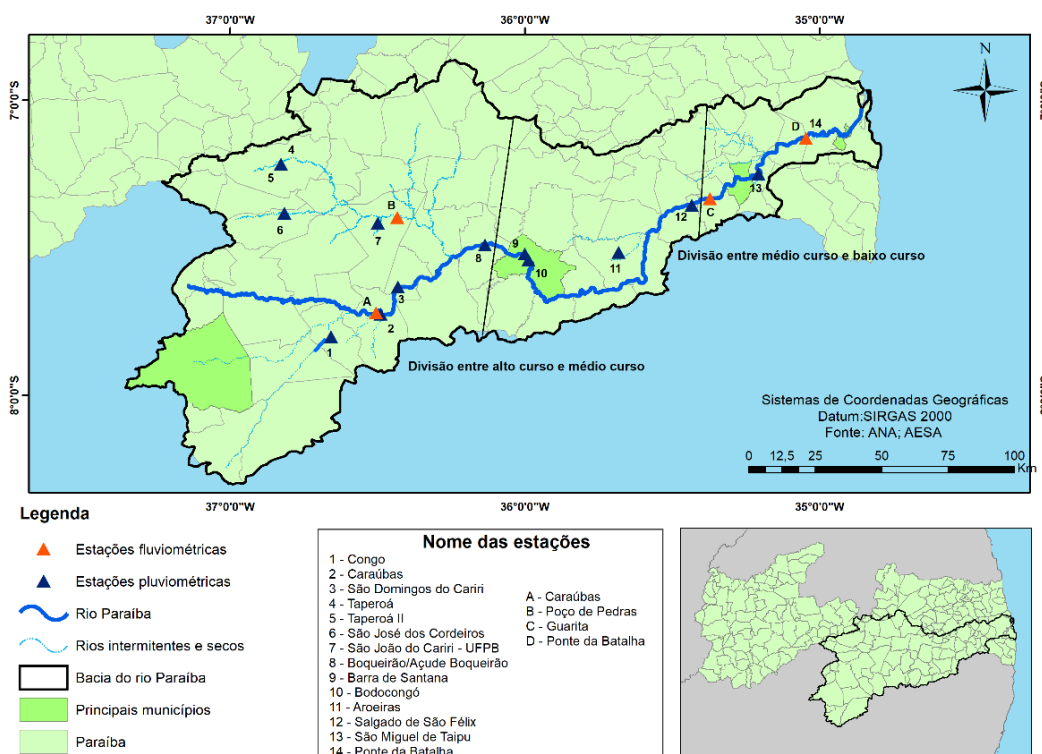
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A BRP se estende por 20.071,83 km², representando 32% do território da Paraíba, além de drenar mais de 80 municípios do estado (AESAs, 2022). O seu curso principal, o rio Paraíba, possui mais de 300 km de extensão e se inicia com a confluência do rio Taperoá e o rio Monteiro, como é mostrado na figura 1 (XAVIER, 2021). A BRP é de grande importância, pois cruza municípios importantes, como Campina Grande e João Pessoa, é dividida em alto, médio e baixo curso, com a nascente localizada na serra de Jabitacá, no município de Monteiro e a sua foz na cidade de Cabedelo.

Com base nos recortes realizados por Dornellas et al. (2020) o início do alto curso está localizado no município de Monteiro e segue em direção ao açude Eptácio Pessoa, sendo formado pela sub-bacia do rio Taperoá, o rio Umbuzeiro e o rio Monteiro. O médio curso segue de Barra de Santana em direção a cidade de Pilar, que é onde se inicia o baixo curso, finalizando no município de Bayeux. Após o município de Bayeux é o estuário do rio Paraíba, que não vai ser levado em consideração devido a influência da maré no ambiente fluvial.

Em relação a geologia da bacia ela se divide em alto, médio e baixo curso, cada um com características distintas em litologia e precipitação. O alto e médio curso localiza-se na Província Geológica da Borborema, com dois compartimentos importantes, a Depressão Interplanáltica Paraibana e os Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal, que atingem altitudes superiores a 600 metros (CORRÊA et al., 2010). O baixo curso adentra a Formação Barreiras e possui altitudes de até 200 metros (XAVIER et al., 2016). A precipitação anual varia de 400 a 800 mm no alto e médio curso, enquanto no baixo curso, na Zona da Mata, varia de 1200 a 1700 mm (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia do Rio Paraíba e as estações



Elaboração: a autora.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise do regime fluvial e pluvial da BRP, foram utilizados dados do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do sistema de informações hidrológicas disponibilizado pelo HIDROWEB.

Existem 96 estações fluviométricas espalhadas por toda bacia, mas apenas 13 estações possuem registro de dados. Dessas, foram utilizadas quatro estações (Tabela 1), que estão distribuídas pelo alto, médio e baixo curso e que foram selecionadas de acordo com a

disponibilidade de dados (Figura 1). As quatro estações foram analisadas em um período de 24 anos, de 1994 a 2018, que são anos que possuem dados homogêneos. Também foram utilizados dados das estações pluviométricas, que estão distribuídas em maior quantidade pelo estado, com 154 estações, mas apenas 120 estações apresentando disponibilidade de dados. Dessas, foram utilizadas 14 estações (Tabela 2), devido à quantidade de dados disponibilizados e por estarem próximas às estações fluviométricas. Essa proximidade é relevante para conseguir relacionar a precipitação no local e a vazão no rio.

Os dados coletados pela ANA são disponibilizados diariamente e todas as estações deveriam ter registros de dados diários, mas algumas falhas ocorrem, por isso foram selecionadas as estações com o maior número de anos de registro, para ser realizado o comparativo.

Tabela 1 - Estações fluviométricas utilizadas

Estação	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim
ALTO CURSO						
38830000	Caraúbas	-7,7211	-36,5053	442	01/03/1970	01/07/2022
38850000	Poço de Pedras	-7,3981	-36,4336	425	01/01/1970	01/09/2022
BAIXO CURSO						
38880000	Guarita	-7,3344	-35,3728	47	01/01/1970	01/09/2022
38895000	Ponte da Batalha	-7,13	-35,0475	14	01/12/1969	01/09/2022

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 2 – Estações pluviométricas utilizadas

Estação	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim
ALTO CURSO						
736068	Congo	-7,8022	-36,6586	493	01/01/1994	01/12/2018
736020	Caraúbas	-7,7253	-36,4903	442	01/01/1975	01/03/2018
736059	São Domingos do Cariri	-7,6331	-36,4311	417	01/05/1998	01/11/2018
736078	Taperoá	-7,2164	-36,8281	500	01/01/1994	01/04/2018
736000	Taperoá II	-7,2175	-36,8289	500	01/04/1984	01/02/2023

736073	São José dos Cordeiros	-7,3908	-36,8058	610	01/01/1994	01/12/2018
736044	São João do Cariri - UFPB	-7,4167	-36,5	458	01/06/1994	01/03/2018
736067	Boqueirão/Açude Boqueirão	-7,4908	-36,1358	353	01/01/1994	01/12/2018
MÉDIO CURSO						
736061	Barra de Santana	-7,5217	-36,0008	333	01/12/1995	01/12/2018
735124	Bodocongó	-7,5283	-35,9997	350	01/02/1975	01/01/2023
735029	Aroeiras	-7,5167	-35,6833	340	01/07/1975	01/12/2018
735201	Salgado de São Félix	-7,3558	-35,4344	56	01/12/1995	01/12/2018
BAIXO CURSO						
735196	São Miguel de Taipu	-7,2503	-35,2089	45	01/01/1994	01/12/2018
735036	Ponte da Batalha	-7,13	-35,0475	18	01/12/1975	01/01/2023

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

As análises estatísticas realizadas para avaliação das estações pluviométricas foram: total de dias no ano com chuva, dias com chuva, máxima anual e o acumulado anual. Esses parâmetros foram estabelecidos para melhor entendimento de como a precipitação ao longo da bacia do rio Paraíba se comporta. As análises realizadas foram feitas com 20 anos de dados, 1998 até 2018, por possuírem dados uniformes.

Em relação as estações fluviométricas, foram realizadas duas análises estatísticas básicas, o acumulado anual e a média anual para 24 anos de dados, 1994 e 2018, devido a uniformidade dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da precipitação

A partir da avaliação dos dados de precipitação e de vazão, foi realizada uma análise para entender a distribuição desses dois elementos ao longo da bacia. Em relação ao alto curso, três estações apresentaram dados completos dos registros diários de precipitação: Congo, Taperoá II e Boqueirão/Açude Boqueirão, com as outras cinco apresentando falha nos dados.

A exemplo da estação de São João do Cariri – UFPB, que apresentou 105 dias em 2000, o maior número de dias de chuva em 20 anos, porém contendo falhas de coleta de diversos dias.

Em conjunto com a análise de dias, também foi feita análise dos dias de maior precipitação, como o ano de 2011 (Tabela 3) que apresentou destaque com o valor diário máximo anual, a exemplo da estação de São José dos Cordeiros, que atingiu 199,1 mm de chuva em um único dia e Boqueirão/Açude Boqueirão com 137 mm registrados. O ano de 2008 possui o valor mais alto entre as estações, 205,6 mm em São João do Cariri – UFPB. E em 2009 a estação Taperoá II com 154,6 mm de chuva em um dia. Através da tabela 3 também é possível notar que os dados estão concentrados nos primeiros meses do ano, durante o período chuvoso do semiárido.

Tabela 3 – Valor diário máximo de chuva no alto curso

Estações	Valor diário máximo	Data
Congo	170,2 mm	25/03/2005
Caraúbas	146,2 mm	26/03/1997
São Domingos do Cariri	80,3 mm	01/05/2011
Taperoá	138,6 mm	09/04/2015
Taperoá II	154,6 mm	04/02/2009
São José dos Cordeiros	199,1 mm	20/02/2011
São João do Cariri – UFPB	205,6 mm	03/04/2008
Boqueirão/Açude Boqueirão	137 mm	29/04/2011

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

É notório que as estações apresentam falhas na coleta, o que gera alterações nas análises estatísticas realizadas. Assim, os dias que não continham dados foram desconsiderados. Já em relação ao acumulado de chuvas anual, o ano de 2011 é destacado por apresentar um maior acumulado de chuvas (Tabela 4), como em São Domingos do Cariri, com 1344,9 mm e em São João do Cariri – UFPB, com 1351,7 mm ao longo do ano. Em 2009 as estações de São José dos Cordeiros e Taperoá II apresentam valores acima de 1000 mm.

Os menores acumulados indicam anos menos chuvosos (Tabela 5), com destaque para o ano de 1998, que na estação de São José dos Cordeiros apresentou 46,7 mm de acumulado de chuva ao longo do ano, assim como Caraúbas, com 77,4 mm de chuva ao longo do

ano, indicando um ano seco para o alto curso. O ano de 2017 tem destaque em São Domingos do Cariri com 40,3 mm anuais e a estação do São João do Cariri - UFPB com 88,6 mm de acumulado de chuva ao longo do ano.

Tabela 4 – Maiores acumulados de chuva anual no alto curso

Estações	Acumulado anual	Data
Congo	932,2 mm	2008
Caraúbas	731,1 mm	2011
São Domingos do Cariri	1344,9 mm	2011
Taperoá	1317,5 mm	2011
Taperoá II	1369,4 mm	2009
São José dos Cordeiros	1246,7 mm	2009
São João do Cariri – UFPB	1351,7 mm	2011
Boqueirão/Açude Boqueirão	883,2 mm	2004

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 5 – Menores acumulados de chuva anual no alto curso

Estações	Acumulado anual	Data
Congo	60,7 mm	2012
Caraúbas	77,4 mm	1998
São Domingos do Cariri	40,3 mm	2017
Taperoá	165,6 mm	1998
Taperoá II	117,9 mm	1998
São José dos Cordeiros	46,7mm	1998
São João do Cariri – UFPB	88,6 mm	2017
Boqueirão/Açude Boqueirão	133,5 mm	1998

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

O médio curso do rio Paraíba foi avaliado a partir de quatro estações pluviométricas: Barra de Santana, Bodocongó, Aroeiras e Salgado de São Félix. O total de dias no ano

com dados coletados do médio curso possui falhas na coleta dos dados, como Aroeiras, com os anos de 2014, 2015 e 2018 com menos de 365 dias de registro. O ano de 2018 é destacado por possui menos de 365 dias de registro nas estações de Barra de Santana, Aroeiras e Salgado de São Félix.

Os números de dias com chuva no médio curso são semelhantes ao do alto curso nas cinco estações pluviométricas, com Salgado de São Félix com 96 dias em 2011, apresentando o maior número de dias com precipitação. A partir desses dados é possível entender que a dinâmica de chuvas da região existe pela concentração de chuva em um curto período, durante a estação chuvosa, que ocorre entre os meses de janeiro e maio.

O valor máximo de chuva registrado em um dia no médio curso (Tabela 6) enfatiza os anos 2000 com os valores mais altos, como a estação de Salgado de São Félix, com 138,8 mm de chuva em um único dia, Barra de Santana e Bodocongó com 144 mm de chuva também em 2000.

Tabela 6 - Valor diário máximo de chuva anual no médio curso

Estações	Valor diário máximo	Data
Barra de Santana	144 mm	17/04/2000
Bodocongó	144 mm	17/04/2000
Aroeiras	104,4 mm	22/01/2004
Salgado de São Félix	138,8 mm	26/06/2000

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Em relação ao acumulado de chuvas das estações, o ano de 2011 teve registro em Aroeiras, com 1041,4 mm de chuva e Salgado de São Félix com 1342,4 mm, mostrando grande intensidade de chuvas ao longo de todo estado, com os maiores acumulados de chuva entre as estações (Tabela 7).

Em relação aos menores acumulados de chuva anual, o ano de 1998 é o mais evidente, visto que todos os menores valores foram registrados nesse ano, com Barra de Santana apresentando o menor acumulado em relação as outras, 127,8 mm (Tabela 8). Com esses acumulados também é possível notar que as estações que se aproximam do litoral passam a ter maiores valores, como Aroeiras e Salgado de São Félix, que localizadas no agreste paraibano.

Tabela 7 – Maiores acumulados de chuva anual no médio Curso

Estações	Acumulado anual	Data
Barra de Santana	942,1 mm	2004
Bodocongó	837,9 mm	2000
Aroeiras	1041,4 mm	2011
Salgado de São Félix	1342,4 mm	2011

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 8 – Menores acumulados de chuva anual no médio Curso

Estações	Acumulado anual	Data
Barra de Santana	127,8 mm	1998
Bodocongó	128 mm	1998
Aroeiras	165,8 mm	1998
Salgado de São Félix	255,9 mm	1998

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

O baixo curso do rio Paraíba foi avaliado a partir de duas estações, São Miguel de Taipu e Ponte da Batalha, visto que grande parte das estações pluviométricas contidas no baixo curso não apresentam dados uniformes para que seja realizado um comparativo. Em relação ao total de dias no ano com dados coletados, a estação de São Miguel de Taipu apresenta 1996, 2000 e 2001 com menos de 365 dias de registro.

No tocante aos dias com chuva ao longo do ano, Ponte da Batalha apresenta uma maior quantidade de dias com chuva chegando a 187 dias registrados em 1996, por estar mais próximo ao litoral.

O Valor diário máximo de chuva anual (Tabela 9) em Ponte da Batalha retrata vários anos com máximas anuais acima de 100 mm em um dia, com o ano de 2011 apresentando 182,5 mm, mostrando um maior nível de precipitação em relação a São Miguel de Taipu, que tem máxima acima de 100 mm nos anos 1994, 2004, 2011 e 2012. Em relação as menores máximas diárias (Tabela 10), o ano de 2005 e 2018 possuem os menores valores.

As chuvas de 2011 geraram emergências em grande parte do estado da Paraíba, pois foi o ano com os maiores registros de chuva dentro dos 24 anos que foram avaliados, assim como eventos de enchentes, como é possível ver na figura 2 feita em 09/07/2011, onde parte da Ponte da Batalha, localizada em Santa Rita, como a ponte que foi levada pela força do rio.

Figura 2 – Ponte da Batalha, Santa Rita - 09/07/2011



Fonte: O Globo

Tabela 9 – Valor diário máximo de chuva anual no baixo curso

Estações	Valor diário máximo	Data
São Miguel de Taipu	151,3 mm	18/07/2011
Ponte da Batalha	182,5 mm	28/06/2012

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 10 – Menores chuvas máximas diárias registradas no ano no baixo curso

Estações	Valor diário máximo	Data
São Miguel de Taipu	38,6 mm	29/03/2018
Ponte da Batalha	45,1 mm	16/05/2005

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Em relação aos dados de acumulado de chuva no ano (Tabela 11), São Miguel de Taipu possui seis anos com mais de 1000 mm de chuva ao longo do ano, sendo o maior registro o de 1994, com 1589,5 mm. Na estação de Ponte da Batalha, a maior parte dos acumulados que foram registrados estão acima de 1000 mm ao ano, com o maior registro de 2170,4 mm em 2008.

A análise do menor acumulado de chuvas anual mostrou que para São Miguel de Taipu, em 2018, o maior valor registrado foi de 315,8 mm, e 335 dias de dados registrados. Na estação de Ponte da Batalha no ano de 2000 é registrado 607,8 mm de acumulado anual (Tabela 12). O ano de 1998 também apresenta valores mais baixos, com São Miguel de Taipu com 491,6 de acumulado anual e Ponte da Batalha com 743,2 mm.

Tabela 11 – Maiores acumulados de chuva anual no baixo curso

Estações	Acumulado anual	Data
São Miguel de Taipu	1589,5 mm	1994
Ponte da Batalha	2170,4 mm	2008

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 12 – Menores acumulados de chuva anual no baixo curso

Estações	Acumulado anual	Data
São Miguel de Taipu	315,8 mm	2018
Ponte da Batalha	607,8 mm	2000

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

No comparativo entre as estações de toda BRP é possível entender como a dinâmica de precipitação é diferente ao longo da bacia, com o alto curso apresentando dados semelhantes ao médio curso, apresentando semiaridez, mas que vão sofrendo modificações conforme as estações se aproximam do litoral da Paraíba. O total de dias de chuva coletados no ano se mantém semelhante em todas as estações, com apenas o médio curso apresentando menos dias com registro.

Referente aos dias com chuva, o alto e médio curso também se mantém parecidos, com poucos anos atingindo 100mm ou mais. Diferente do que é mostrado nas duas estações do baixo curso do rio, que apresentam mais dias com chuva e com maiores máximas anuais, visto que há uma mudança significativa do clima entre as estações. As médias se mantêm parecidas, visto que tem influência dos dias do ano que tiveram dados coletados e dias de chuva registrados, com apenas a estação de Ponte da Batalha mantendo médias mais altas, por ser uma das únicas estações que contém todos os registros. A partir da avaliação do acumulado anual das 14 estações, é possível perceber os níveis de chuva apresentados ao longo de toda bacia, visto que a diferença do alto e médio curso para o baixo é bastante perceptível.

Dentre todos os anos analisados das estações, o ano de 2011 tem destaque em quase todas, com as maiores máximas anuais e acumulados de chuva, assim como o ano de 2008 e 2009 possuem alguns destaques mais perceptíveis. Em relação a anos mais secos, o ano de 1998 possui os menores valores de acumulado de chuva anual e de valor máximo de

chuva anual menores que os outros anos, com o ano de 2000 também apresentando menores valores.

Esses dados evidenciam a grande seca que o estado sofreu durante esse período, principalmente as estações do médio curso, em que os menores acumulados de chuva anual foram todos em 1998, por ter sido ano de El Nino, que causa redução de chuvas e secas severas na região Nordeste, apresentando registro de emergência ao longo de toda Paraíba (DUARTE, 2000; DORNELLAS et al., 2024). Portais de notícia, como a Folha de São Paulo registram falta de água ao longo de todo estado, além de açudes que secaram, como o açude Epitácio Pessoa, que abastece a região de Campina Grande. (“Folha de S. Paulo - Na Paraíba, falta água para consumo - 26/12/98”, 1998). O contraste entre os anos secos e chuvosos são observados através da comparação dos Tabelas, principalmente em relação ao acumulado anual de chuva, que evidência quanto de precipitação existiu ao longo do ano.

Análise das vazões

A análise da vazão das quatro estações da BRP é feita para relacionar com os dados de precipitação das estações mais próximas.

Em relação as médias anuais de vazão (Tabela 13), o ano de 2011 possui destaque, contendo maiores valores, como nas estações de Guarita, com 29,473 m³ e Poço de Pedras, com 12,565 m³, enfatizando ainda mais o alto nível de precipitação desse ano. As menores médias de vazão (Tabela 14) seguem o padrão das estações de chuva, com destaque para 1998, com Poço de Pedras não apresentando fluxo durante todo o ano e Caraúbas apresentando uma baixa vazão. Na estação de Ponte da Batalha, a segunda menor média registrada é de 0,865 em 1998, que foi um ano de grande seca para o estado.

Tabela 13 - Maiores médias de vazão

Estações	Médias	Data
Caraúbas	22,34 m³	2009
Poço de Pedras	12,565 m³	2011
Guarita	29,472 m³	2011
Ponte da Batalha	101,382 m³	2004

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Tabela 14 - Menores médias de vazão

Estações	Médias	Data
Caraúbas	0,03 m³	1998
Poço de Pedras	0	1998, 2013 e 2017
Guarita	0,016 m³	2016
Ponte da Batalha	0,67 m³	2001

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Os maiores acumulados de vazão seguem os anos de maior precipitação, como o ano de 2011, que para as estações do baixo curso apresenta os maiores valores de vazão, como na estação de Guarita, que teve 1314,055 m³ e Ponte da Batalha, com 2585,813 m³. No alto curso do rio Paraíba os maiores acumulados foram em dois anos de grande chuva, com Caraúbas apresentando 491,735 m³ em 2009 e Poço de Pedras com 945,96 m³ em 2008.

Tabela 15 – Valor máximo diário de vazão

Estações	Valor máximo diário	Data
Caraúbas	491,735 m³	2009
Poço de Pedras	945,96 m³	2008
Guarita	1314,055 m³	2011
Ponte da Batalha	2585,813 m³	2011

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Em relação aos menores acumulados de vazão anual (Tabela 16), Poço de Pedras apresenta vazão zero em três anos diferentes, incluindo o ano de 1998 que sofreu uma grande seca. No baixo curso, Ponte da Batalha apresenta 3,96 m³ ao longo de 1998 e Guarita apresenta o seu menor acumulado em 2016, com 1,077 m³. A estação de Caraúbas possui um menor acumulado de vazão, que corresponde ao menor acumulado de precipitação, ambos em 1998. Em relação a estação de Poço de Pedras, que está localizado entre as estações pluviométricas de Taperoá, Taperoá II e São João do Cariri – UFPB, os anos de menor acumulado de chuva são 1998 e 2017, para as três estações, se igualando aos valores de vazão apresentados.

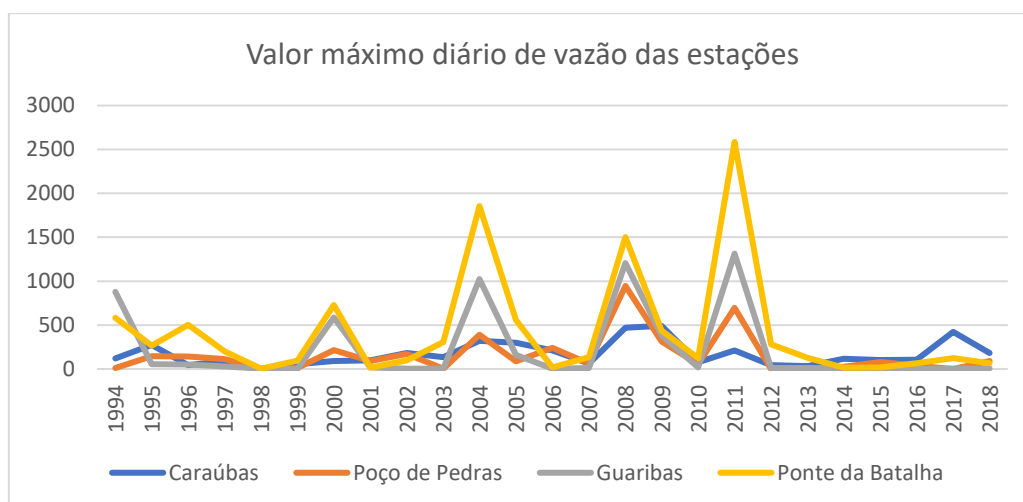
Tabela 16 – Menores acumulados anuais de vazão

Estações	Acumulado anual	Data
Caraúbas	2,517 m³	1998
Poço de Pedras	0	1998, 2013 e 2017
Guarita	1,077 m³	2016
Ponte da Batalha	3,96 m³	1998

Elaboração: a autora. Fonte: ANA

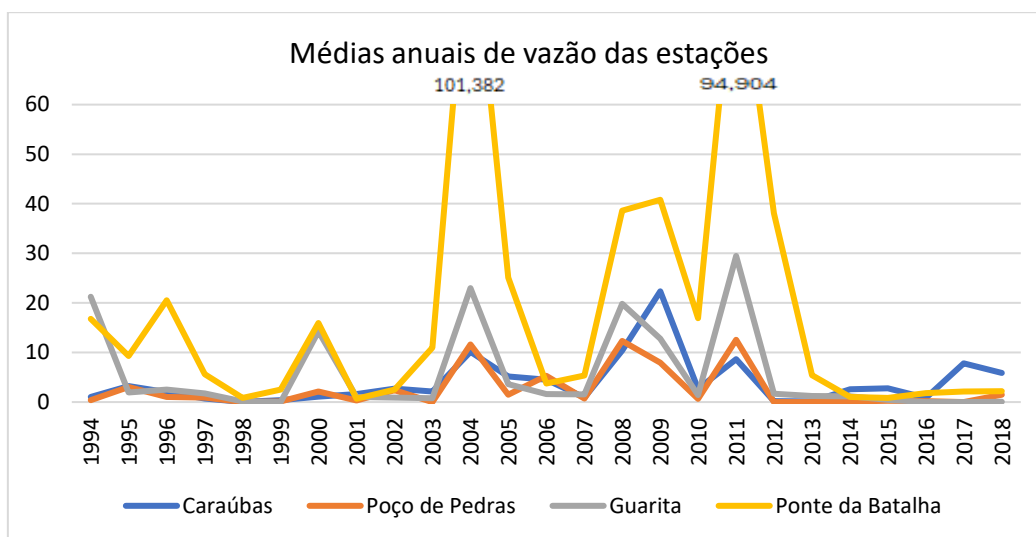
A figura 3 tem como objetivo mostrar o comparativo entre o valor máximo diário de vazão das quatro estações, que estão distribuídas pelo alto, médio e baixo curso do rio. Através dele é possível notar que os anos de maior vazão correspondem aos anos de maiores chuvas, como 2008, 2009 e 2011, que apresentam maiores acumulados de chuva entre esses anos. O ano de 2017, para a estação de Caraúbas mostra um maior pico em relação as outras estações da bacia, porém o comparativo com os dados de chuva fica impossibilitado devido à falta de registro do ano de 2017, com apenas 184 dias no ano com coleta realizada.

Figura 3 - Valor máximo diário de vazão das estações



Elaboração: a autora. Fonte: ANA

Figura 4 - Médias anuais de vazão das estações



Elaboração: a autora. Fonte: ANA

A figura 4 retrata as médias anuais das estações, evidenciando diferenças entre as estações do alto, médio e baixo curso, visto que a médias da estação Caraúbas e Poço de Pedras possuem as menores médias. As estações do alto curso possuem um maior nível de vazão nos anos 2004, 2008, 2009 e 2011. A estação Caraúbas tem um maior registro de vazão no ano de 2017 devido a Transposição do rio São Francisco, que chega no rio Paraíba pelo eixo leste. As estações Guarita e Ponte da Batalha demonstram maiores médias de vazão em 2000, 2004, 2008, 2009, 2011, que também foram anos que apresentaram um maior índice de chuva.

Após o ano de 2013 é possível notar que as médias diminuem, com valores mais próximos de zero, devido à seca que atingiu toda região Nordeste entre os anos de 2012 e 2017 (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016), prejudicando a disponibilidade hídrica de toda região.

O Nordeste brasileiro apresenta uma grande diversidade de paisagens, com os elementos que compõem ela interagindo e formando ambientes diversos. A BRP é um dos ambientes que apresenta essa diversidade, visto que é formada por diferentes regimes hidrológicos, variações climáticas e geológicas (XAVIER et al., 2016). Devido a essa diversidade, o rio Paraíba apresenta variadas modificações em seu curso, pois enquanto o alto e médio curso apresentam um clima semiárido e com um baixo nível de precipitação, o baixo curso apresenta um clima subúmido, com altos níveis pluviométricos, além da intervenção antrópica, com a construção de barragens, uso para a agricultura e o PISF,

que tem um impacto na dinâmica fluvial após o seu início (ARAÚJO SEGUNDO NETO; VIANNA, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos dados pluviométricos e fluviométricos da BRP, foi possível identificar quais os anos mais chuvosos e menos chuvosos dentro de 24 anos de dados coletados, e entender como essa dinâmica climática interfere no fluxo do rio. Com esses dados foi possível verificar os anos mais chuvosos para as estações do alto, médio e baixo curso, como 2008, 2009 e 2011, assim como os anos mais secos, como 1998, 2012, 2015 e 2017. Assim como foram identificados os anos em que o rio Paraíba apresentou um maior nível de vazão, que varia de acordo com diversos fatores, incluindo a chuva. As variáveis que foram utilizadas demonstram a variação entre os anos secos e chuvosos e a ocorrência de eventos extremos. Além da notória falha na coleta de dados, visto que muitos anos não apresentaram dados completos, como é colocado ao longo do texto, o que prejudica os comparativos e a realização das análises estatísticas.

A realização de uma análise envolvendo outras variáveis, como a geologia e a vegetação, complementariam essa análise, pois seria possível entender como esses elementos se integram e se modificam. Outro fator que poderia ajudar no maior desenvolvimento seria a correção dos dados que apresentam falhas, pois apresentaria menos distorções nas análises que foram realizadas.

A partir dos dados é possível buscar a identificação de fatores hidrológicos e geomorfológicos que possam modificar o curso do rio, além do entendimento da ação humana nessas mudanças, ainda que se faça necessário uma análise mais aprofundada e uma coleta de dados mais consistente.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. São Paulo: USP-Instituto de Geografia. nº 20, 39p. 1974.
- AESA. Agência Executiva de Gestão de Água. Disponível: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesawebsite/comite-de-bacias/rio-paraiba>. Acesso em: 22 de mai. de 2024.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). Sistema de Informações Hidrológicas HIDROWEB. Disponível em www.ana.gov.br.

ARAÚJO SEGUNDO NETO, F. V.; VIANNA, P. C. G. ANÁLISE ESPACIAL DAS OBRAS DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - PISF (EIXO LESTE) NO ESTADO DA PARAÍBA. **Geo UERJ**, v. 0, n. 28, p. 197–219, 2 maio 2016.

BARBOSA, W. C. D. S.; VALLADARES, G. S. Análise da paisagem e do uso e cobertura das terras no nordeste brasileiro, litoral semiárido. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 674–686, 24 set. 2020.

BASTOS, F. DE H.; CORDEIRO, A. M. N. FATORES NATURAIS NA EVOLUÇÃO DAS PAISAGENS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UMA ABORDAGEM GERAL. **REVISTA GEONORTE**, v. 3, n. 5, p. 464–476, 12 nov. 2012.

CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa de município do semiárido brasileiro, entre os anos de 2013 a 2017. **Geografia em Atos (Online)**, v. 2, n. 17, p. 04–23, 10 abr. 2020.

CORRÊA, A. C. DE B. et al. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 31, n. 1–2, p. 35–52, 1 jan. 2010.

DORNELLAS, P. C. Análise hidrossedimentológica da bacia do alto Rio Paraíba: uma contribuição à morfodinâmica fluvial em ambientes semiáridos. Tese (Doutorado em Geografia) – João Pessoa: UFPB. 2021.

DORNELLAS, P. DA C. et al. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DA PARAIBA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 3, 1 jul. 2020.

DORNELLAS, P. DA C. et al. ANÁLISE DO REGIME FLUVIAL DO ALTO RIO PARAÍBA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO. **Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 97, p. 183–200, 20 fev. 2024.

DUARTE, R. S. AS SECAS NO NORDESTE: recorrência climática e descontinuidade. **Caderno CRH**, v. 13, n. 32, 2000.

Folha de S. Paulo - Na Paraíba, falta água para consumo - 26/12/98. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc26129803.htm>>. Acesso em: 4 set. 2024.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Climatologia do Estado da Paraíba. 2017.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico, 2016.

PASTOR, A. V. et al. Rethinking ecosystem service indicators for their application to intermittent rivers. **Ecological Indicators**, v. 137, 2022.

RODRIGUES, J. M.; SOUZA, J. O. P. DE. Parâmetros de controle de estilos fluviais na bacia hidrográfica do alto curso do rio Piranhas, semiárido paraibano. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 62, p. 650–650, 2 jun. 2020.

SILVA, M. DE A. DA. **Controle fluviais e a diversidade de estilos fluviais do médio e baixo curso do Rio Paraíba (PB)**. TCC. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2022.

SOUZA, J. O. P. DE. DOS SISTEMAS AMBIENTAIS AO SISTEMA FLUVIAL - UMA REVISÃO DE CONCEITOS. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 47, p. 224–233, 15 set. 2013.

XAVIER, R. A. PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 1, p. 59–69, 16 jul. 2021.

XAVIER, R. A. et al. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 10, n. 23, p. 139–152, 19 set. 2016.