

ANÁLISE DO REGIME FLUVIAL DO ALTO RIO PARAÍBA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Patricia da Conceição Dornellas

Universidade Estadual da Paraíba – UFPB
Departamento de Geografia, Campina Grande, PB, Brasil
p.dornellas@uol.com.br

Richarde Marques da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Departamento de Geografia, João Pessoa, PB, Brasil
richarde@geociencias.ufpb.br

Rafael Albuquerque Xavier

Universidade Estadual da Paraíba – UFPB
Departamento de Geografia, Campina Grande, PB, Brasil
rafaelxavier@servidor.uepb.edu.br

Inocencio de Oliveira Borges Neto

Universidade Federal do Paraná – UFPB
Departamento de Geografia, Curitiba, PR, Brasil.
jobngpb@gmail.com

Jonas Otaviano Praça de Souza

Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Departamento de Geografia, João Pessoa, PB, Brasil
jonas.souza@academico.ufpb.br

RESUMO

O alto curso do Rio Paraíba drena uma das regiões mais secas do Brasil, o Cariri Paraibano. Desde abril de 2017 o Rio Paraíba começou a receber águas da transposição do Rio São Francisco, alterando as características naturais do regime fluvial. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar o regime fluvial do alto Rio Paraíba antes da chegada das águas do Rio São Francisco. Para tanto, foram obtidos dados históricos de precipitação e vazão junto ao sistema HIDROWEB da ANA (2018), e os volumes dos açudes foram consultados através da AESA (2019). Foram aplicados tratamentos estatísticos a fim de caracterizar o regime fluvial e sua relação com a distribuição das chuvas. Os resultados mostraram que fevereiro, março e abril são os meses de maior vazão. Em média ocorrem 134 dias com fluxo no ano e há uma tendência de diminuição do número de dias com fluxo. O regime fluvial é de 2 a 4 meses, marcado por cheias de curta duração. Os açudes exercem forte influência no regime de vazão. O alto Rio Paraíba apresenta comportamento hidrológico típico de rios de terras secas, marcado pela variabilidade espaço-temporal da dinâmica fluvial e desconexão do fluxo hidrossedimentológico ao longo da bacia.

Palavras-chave: Terras secas. Chuva. Vazão.

FLUVIAL REGIME OF THE UPPER PARAÍBA RIVER IN THE SEMIARID REGION OF PARAIBA STATE

ABSTRACT

The upper course of the Paraíba River drains one of Brazil's driest regions. Since April 2017, the Paraíba River has been receiving water from the transposition of the São Francisco River, altering the natural characteristics of the river regime. The aim of this study was therefore to analyze the fluvial regime of the upper Paraíba River before the arrival of the waters of the São Francisco River. To this end, historical rainfall and flow data were obtained from the ANA's HIDROWEB system (2018), and the volumes of the reservoirs were consulted through AESA (2019). Statistical treatments were applied in order to characterize the river regime and its relationship with rainfall distribution. The results showed that February, March and April are the months with the highest flows. On average there are 134 days with flow in the year and there is a downward trend in the number of days with flow. The river regime is 2 to 4 months, marked by short-lived floods. Weirs have a strong influence on the flow regime. The upper Paraíba River shows hydrological behavior typical

of dryland rivers, marked by the spatio-temporal variability of river dynamics and the disconnection of hydrosedimentological flow throughout the basin.

Keywords: Drylands. Rains. River flow.

INTRODUÇÃO

Regiões semiáridas em todo o mundo apresentam grande variabilidade espaço-temporal das precipitações, onde, a média anual de evapotranspiração excede a precipitação média anual, promovendo a manutenção do balanço hídrico negativo (BULL e KIRKBY, 2002; PRÁVĀLIE, 2016). Os rios de terras secas (dryland rivers), são caracterizados por expressiva variabilidade de vazão e carga de sedimentos, alternando prolongados períodos de baixa ou nenhuma vazão com cheias esporádicas (TOOTH e NANSON, 2000; NANSON; TOOTH; KNIGHTON, 2002; POWELL, 2009; PASTOR et al., 2022). É importante entender que o regime hidrológico perene, intermitente ou efêmero pode variar em diferentes trechos de um mesmo rio, sendo os trechos onde o fluxo cessa sendo influenciado não apenas pela questão climática, mas também é afetada por outros fatores como a geologia (PASTOR et al., 2022). A ausência de fontes de água subterrânea torna difícil a manutenção do fluxo durante a estação seca. Contudo, esses fluxos efêmeros e intermitentes, predominantes nas terras secas (TOOTH, 2000; GOUDIE, 2013), desempenham as mesmas funções hidrológicas que os fluxos perenes (SHAW e COOPER, 2008).

A variação hidrológica intra-anual pode ser dividida em três fases: a fase com fluxo, quando há continuidade do fluxo entre trechos fluviais; a fase sem fluxo contínuo, na qual há água superficial acumulada em poças e/ou fluxos descontínuos entre trechos próximos; e a fase seca, momento no qual não há água superficial, contudo pode haver água em subsuperfície e/ou fluxo longitudinal na zona hiporréica (DELVECCHIA et al., 2022; PASTOR et al., 2022). Com o advento da abordagem teórica-metodológica da conectividade hidrológica notou-se que o entendimento das variabilidades do fluxo no espaço e no tempo são essenciais na análise da dinâmica superficial das terras secas, em especial em sua dinâmica geomorfológica (SACO et al., 2020) e ecológica (OKIN et al., 2015).

Todavia, de acordo com Cavalcante e Cunha (2012), estudos sobre a dinâmica fluvial em regiões áridas e semiáridas concentram-se, sobretudo na região central da Austrália, sul da África e na América do Norte. Por outro lado, na América do Sul, os trabalhos fluviais são, em sua maioria, em rios de regimes perenes. Neste sentido, os rios semiáridos brasileiros ainda carecem de maior atenção nas pesquisas geomorfológicas.

A bacia do Alto Rio Paraíba se constitui em uma típica rede de drenagem de terras secas, drenando uma das áreas mais secas do país, o Cariri Paraibano (XAVIER et al., 2012; DORNELLAS et al., 2017). Apesar disso, a bacia apresenta alto potencial instalado de armazenamento hídrico, devido a presença de grandes reservatórios como, o Cordeiros (70 milhões de m³), Camalaú (48 milhões de m³), Sumé (45 milhões de m³) e Epitácio Pessoa (410 milhões de m³) (PARAÍBA, 2006).

Desde abril de 2017, o rio Paraíba, vem recebendo água do Rio São Francisco através do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF (PEREIRA et al., 2019), popularmente conhecido como a transposição do rio São Francisco. Um dos objetivos principais do projeto de transposição do Rio São Francisco é garantir segurança hídrica aos reservatórios instalados nas bacias receptoras. Apenas o açude Epitácio Pessoa, também conhecido como Boqueirão, é responsável por abastecer 19 municípios que possuem cerca de 1 milhão de habitantes (DORNELLAS et al., 2017).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo realizar uma caracterização do regime fluvial do rio Paraíba, através da análise de dados de vazão da estação Caraúbas, anteriores a chegada das águas do Rio São Francisco. Essa caracterização almeja conhecer o comportamento do Rio Paraíba em relação as chuvas e a influência das barragens antes da transposição para que estudos futuros possam avaliar os impactos da vazão transposta do Rio São Francisco na dinâmica fluvial do Rio Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

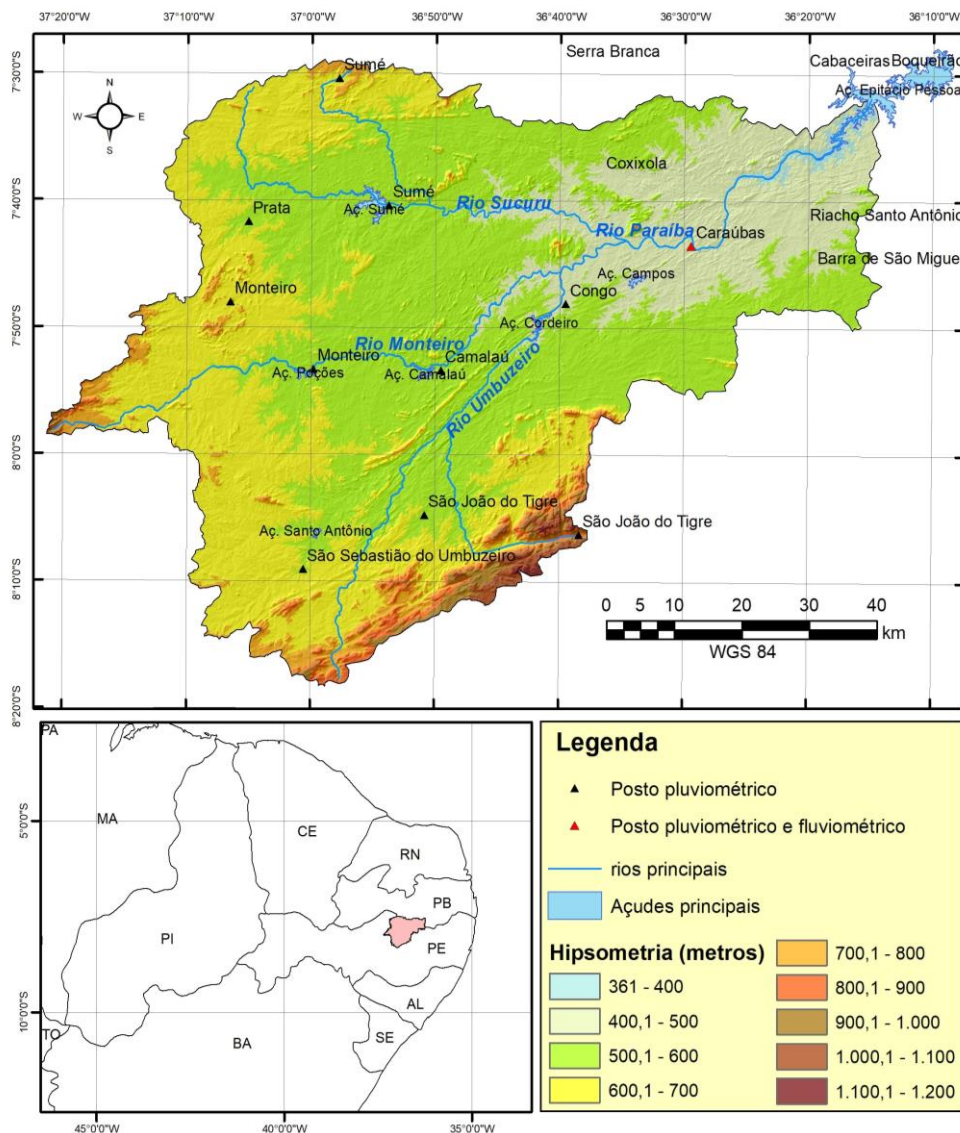
A bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba está localizada no alto do Planalto da Borborema, e abrange a Mesorregião da Borborema e as Microrregiões do Cariri Ocidental e Oriental da Paraíba (Figura 1).

A bacia possui aproximadamente 6.280 km² e engloba totalmente os territórios de 12 municípios, são eles: São Sebastião do Umbuzeiro, São João do Tigre, Zabelê, Monteiro, Prata, Ouro Velho, Amparo, Sumé, Camalaú, Congo, Coxixola e Caraúbas (DORNELLAS et al., 2019).

Segundo Nascimento, Lima e Lima (2014), o clima varia de semiárido a sub-árido seco na bacia do Alto Rio Paraíba. Apresenta chuvas concentradas entre 3 e 4 meses (fevereiro, março, abril e maio), com médias anuais que oscilam de 250 a 900 mm. As médias térmicas anuais são em torno de 26°C e a insolação média anual é de 2.800 horas. A umidade relativa do ar é de 50% e as taxas médias de evaporação são em torno de 2.000 mm/ano.

A geologia da bacia do Alto Rio Paraíba é composta por rochas cristalinas que compõe o Escudo Pré-Cambriano do Nordeste. Constituído por formações oriundas do proterozóico e o arqueozóico, compostas por quartzitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos. As rochas metamórficas correspondem a aproximadamente 85% da área total da bacia, enquanto as rochas ígneas representam 15% (DORNELLAS, 2021). Esse percentual de exposição de rochas graníticas é semelhante ao apontado por Maia e Nascimento (2018) para todo o nordeste setentrional. Esses corpos graníticos são decorrentes da orogênese brasileira (JARDIM de SÁ, 1994; SALGADO et al., 2015).

Figura 1 - Localização regional da bacia do Alto Rio Paraíba.



Fontes - INPE, 2008; IBGE, 2020. Elaboração: os autores, 2021.

A bacia está inserida em sua totalidade no Planalto da Borborema e é marcada por extensas superfícies suavizadas cortadas por relevos residuais. Os patamares mais elevados bordeiam os divisores e, principalmente, ocorrem no município de São João do Tigre. A amplitude máxima do relevo na bacia é de 810 metros (DORNELLAS, 2021).

Na região do Cariri, no Estado da Paraíba, o clima semiárido sobre um território dominado por rochas cristalinas resistentes ao intemperismo promoveu, de modo geral, solos pouco profundos quando comparados com os de regiões tropicais úmidas. Na bacia do Alto Rio Paraíba dominam os Luvisolos, os Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e os Planossolos, juntos representam mais de 90% da área total (DORNELLAS et al., 2019).

A vegetação dominante é o bioma da Caatinga (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017). Contudo, atualmente a cobertura vegetal de Caatinga representa 46% da área da bacia. O desmatamento em função de diversas atividades econômicas como, pecuária extensiva, agricultura tradicional, monocultura do algodão, extrativismo vegetal para lenha, mineração e a própria expansão urbana, é crescente nas últimas décadas (DORNELLAS et al., 2019).

A bacia do Alto Rio Paraíba é de sétima (7ª) ordem hierárquica, segundo a metodologia de Strahler (1952), caracterizando por uma extensa e complexa rede de drenagem. A densidade de drenagem e a densidade de rios são baixas, o que é típico para rios de terras secas (DORNELLAS et al., 2020).

Procedimentos metodológicos

Para analisar o regime fluvial do Alto Rio Paraíba, foram utilizados dados históricos da estação fluviométrica localizada no município de Caraúbas, no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, através do sistema de informações hidrológicas – HIDROWEB (disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>). A série histórica contém dados diários de vazão de 1973 a 2008, perfazendo um total de 36 anos, e dados de cotas de 1973 até 2011, somando 39 anos.

Os dados de chuvas também foram obtidos junto a ANA – HIDROWEB. Foram trabalhados dados históricos de chuvas diárias dos municípios de Camalaú, Caraúbas, Congo, Monteiro, Prata, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Sumé. Todos os dados oriundos da ANA foram consultados no ano de 2019.

Os dados históricos de volumes dos açudes foram consultados no ano de 2019, através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA (disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>).

De posse desses dados, realizou-se várias análises estatísticas, tais como: medidas de tendência central, medidas de dispersão e variabilidade, análise de distribuição e correlação, conforme descritos por Lanna (2002). O tratamento estatístico dos dados, bem como a elaboração dos gráficos foram realizados no *software Microsoft Excel 365* de licença própria.

Foram feitos diversos trabalhos de campo nos últimos anos para reconhecimento das estações e características físicas da bacia. O reconhecimento de campo contribuiu significativamente para as interpretações da dinâmica fluvial da bacia do alto Rio Paraíba.

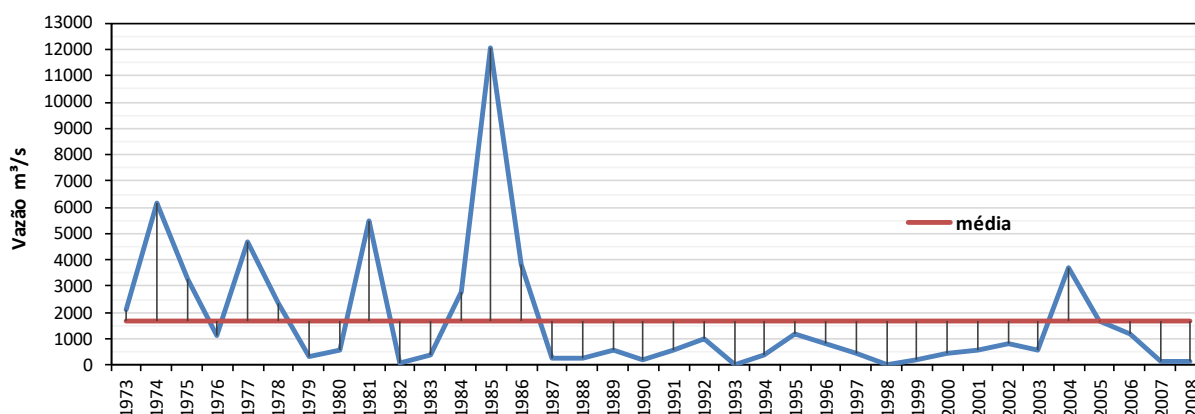
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do regime de vazão

Os dados de vazão acumulada na estação Caraúbas permitiram estabelecer a média de 1679,37 m³/ano e o desvio padrão de 2730,19 m³/ano para a série amostral. O alto desvio padrão encontrado reflete a grande flutuação em torno da média, típico comportamento da vazão dos rios semiáridos. Avaliando a série histórica verifica-se, de modo geral, dois grandes períodos. O primeiro, compreendido de 1973 até 1986, foi marcado pelas maiores vazões observadas, tendo os 4 anos de maior vazão acumulada da série, 1985, 1974, 1981 e 1977 respectivamente (Figura 2). Nesse período de 14 anos, apenas 5 anos tiveram vazão abaixo da média, foram eles 1976, 1979, 1980, 1982 e 1983. O segundo padrão de comportamento foi observado no período de 1987 a 2008, com apenas 1 ano com vazão acima da média, o ano de 2004.

A variação entre os anos para a vazão máxima é bastante expressiva, pois os grandes volumes de vazão foram precedidos de anos de baixa vazão, mostrando o papel fundamental dos volumes anuais de chuvas, que variam igualmente forte.

Figura 2 - Vazão total anual na estação Caraúbas no Rio Paraíba (1973 a 2008).



Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

Para avaliar a duração das cheias no Rio Paraíba, foram analisados todos os anos da série mensalmente. Para melhor entendimento dos dados foi feito um agrupamento por década. Para representar a década de 1970 foram agrupados os anos de 1973 a 1979. Os anos de 1974 e 1977 foram os de maior vazão. Contudo, observa-se que esta expressiva vazão anual é formada basicamente pelo acumulado em dois meses no ano, março e abril em 1974, e abril e maio em 1977 (Tabela 1).

Tabela 1 - Vazão mensal total para todo o período de análise (1973 a 2008).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
Ano	----- m³ -----												
1973	119,1	27,4	505,6	1043,9	350,7	9,6	3,1	0,0	0,0	50,2	0,0	0,0	2109,6
1974	625,9	650,1	1972,0	2467,6	267,2	91,9	69,4	4,4	0,3	0,0	1,0	6,5	6156,4
1975	174,8	151,5	1219,1	883,0	560,2	28,5	208,2	6,7	1,3	0,0	0,0	61,6	3294,9
1976	0,3	88,1	510,9	493,8	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1115,0
1977	0,3	0,0	162,1	2318,3	2008,9	91,8	51,3	20,2	3,1	0,7	0,0	22,4	4679,0
1978	0,5	96,4	1701,4	375,8	142,5	26,7	10,5	2,0	1,4	0,1	0,0	0,0	2357,3
1979	0,0	33,4	172,1	123,4	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	339,6
1980	14,0	102,3	216,3	229,6	0,1	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	593,9
1981	10,2	0,1	3702,6	1651,6	22,8	75,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5463,1
1982	0,0	0,0	0,0	21,0	72,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,1
1983	0,0	258,4	103,6	44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	405,9
1984	0,0	0,0	104,9	2074,7	489,7	65,1	22,7	29,5	4,6	0,0	0,0	0,0	2791,2
1985	217,6	3479,1	2029,4	5058,9	687,3	557,4	20,9	5,5	12,4	0,0	0,0	0,0	12068,5
1986	25,1	412,2	1946,7	608,1	735,9	37,3	25,9	32,1	16,9	0,4	0,0	0,0	3840,7
1987	0,0	28,4	168,3	62,7	8,8	2,2	2,7	0,4	0,6	0,4	0,0	0,0	274,5
1988	0,0	9,8	200,4	63,4	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,5

Análise do regime fluvial do Alto Rio Paraíba no semiárido paraibano

1989	0,0	0,0	26,3	389,2	46,2	2,9	17,6	2,4	0,0	3,3	2,0	73,5	563,3
1990	7,4	197,0	10,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	216,0
1991	0,0	0,0	446,4	68,7	39,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	556,0
1992	421,7	406,8	25,8	151,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1007,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	157,4	182,0	21,3	36,7	3,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	404,6
1995	0,0	193,8	470,2	147,2	273,6	33,1	0,5	10,7	1,1	11,4	45,1	12,1	1198,7
1996	92,1	12,6	180,7	369,9	135,1	0,0	1,8	0,7	0,0	4,1	22,3	2,1	821,4
1997	44,8	0,7	348,7	44,2	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	442,1
1998	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
1999	0,0	0,0	20,8	0,0	93,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,7	178,4
2000	12,5	231,1	62,3	122,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	428,7
2001	0,0	0,0	450,4	128,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	579,1
2002	586,8	113,3	82,6	35,6	0,3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	820,4
2003	-	158,3	355,3	28,0	12,9	-	-	-	-	-	-	-	554,5
2004	2116,0	1986,9	131,6	0,9	0,0	0,0	65,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4301,1
2005	329,1	27,0	1162,9	130,5	7,0	7,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1664,4
2006	0,0	271,8	181,1	203,0	385,1	139,6	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1188,0
2007	0,0	93,0	43,1	0,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	138,3
2008	0,3	0,0	1576,2	1855,4	410,7	13,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3856,2

Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2023.

Os meses de março, abril e maio representam o trimestre de maior vazão em todos os anos da década. O comportamento observado é típico de rios intermitentes, com vazão de 2 a 4 meses e seco o restante do ano. Outro aspecto que chama atenção é a velocidade temporal de subida e descida dos níveis de vazão, mostrando que o escoamento na bacia é predominantemente superficial.

Sobre o comportamento da vazão do Rio Paraíba, Xavier et al. (2012), ressaltaram que esse rio tem uma resposta rápida às fortes chuvas, pois ocorre o predomínio do escoamento superficial na bacia, e acaba por produzir hidrogramas de vazão com “picos”. A assimetria dos dados com desvios padrões superiores à média, indicam alta variabilidade, características típicas dos rios temporários de regiões semiáridas (XAVIER et al., 2012).

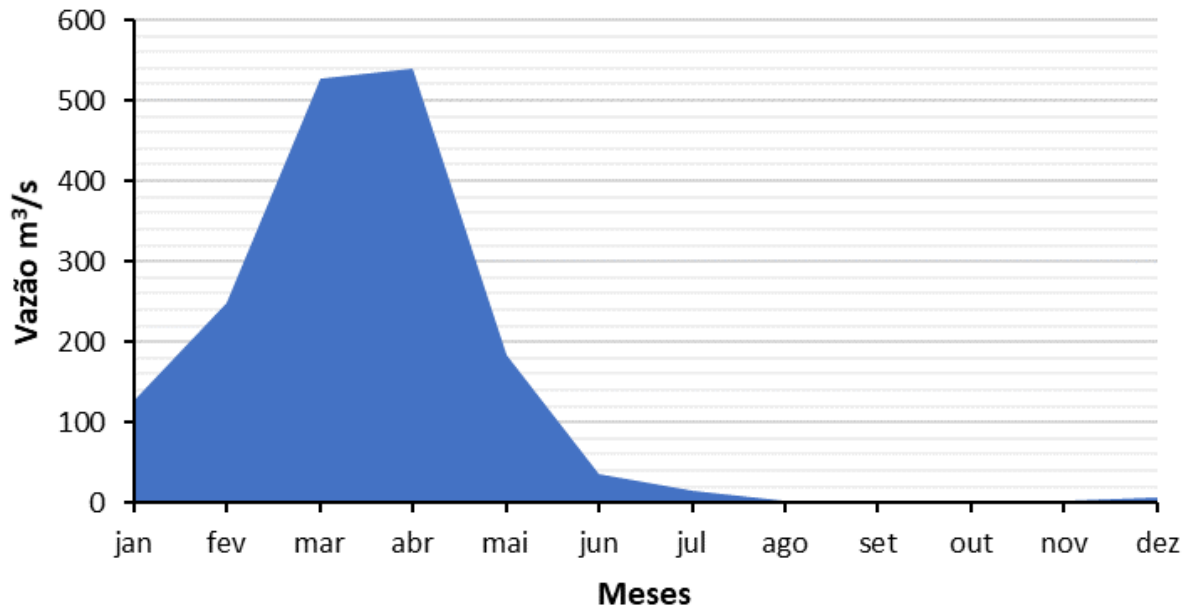
A década de 1980 foi marcada pelas mais altas vazões registradas em toda a série histórica (Tabela 1). O ano de 1985 registrou vazão máxima em torno de 5.058,9 m³ no mês de abril e 3.479,1 m³ no mês de fevereiro. No acumulado do ano a vazão foi superior a 12.068,5 m³ distribuídos em 6 meses de vazão (janeiro a junho). O ano de 1981 apresentou um grande volume acumulado de vazão em apenas dois meses, março e abril. O comportamento da curva de vazão de rápida subida e descida também foi observado. No ano de 1984 a vazão vai de 104,9 m³ em março para mais de 2.074,7 m³ em abril, no mês seguinte cai para 489,7 m³ e volta para 65,1 m³ em junho.

A década de 1990 é marcada como a mais seca da série e, portanto, a que apresentou as menores vazões acumuladas (Tabela 1). Os anos de 1993 e 1998 não registraram valores de vazão, exceto o mês de janeiro de 1998, que contou com 12,8 m³. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018) os anos de 1990 a 1993 e 1997 a 1998 foram marcados por eventos de El Niño forte, e os anos de 1994 e 1995 foram de El Niño moderado. O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global e, particularmente para a região nordeste do Brasil, promove a estiagem e secas severas (INPE, 2018).

No início do século XXI o Rio Paraíba voltou a apresentar grandes vazões acumuladas em Caraúbas, principalmente nos anos de 2004, 2005 e 2008 (Tabela 1). A vazão chegou a 2116,0 m³ em janeiro de 2004 e a 1855,4 m³ em abril de 2008. De modo geral, as características observadas confirmam a alta

variabilidade entre os anos bem como a grande velocidade do fluxo, que aumenta e diminui rapidamente. O trimestre de maior vazão é composto pelos meses fevereiro, março e abril (Figura 3), coincidindo com a estação chuvosa da região.

Figura 3 - Vazão média mensal acumulada do Rio Paraíba na estação Caraúbas (1973 a 2008).



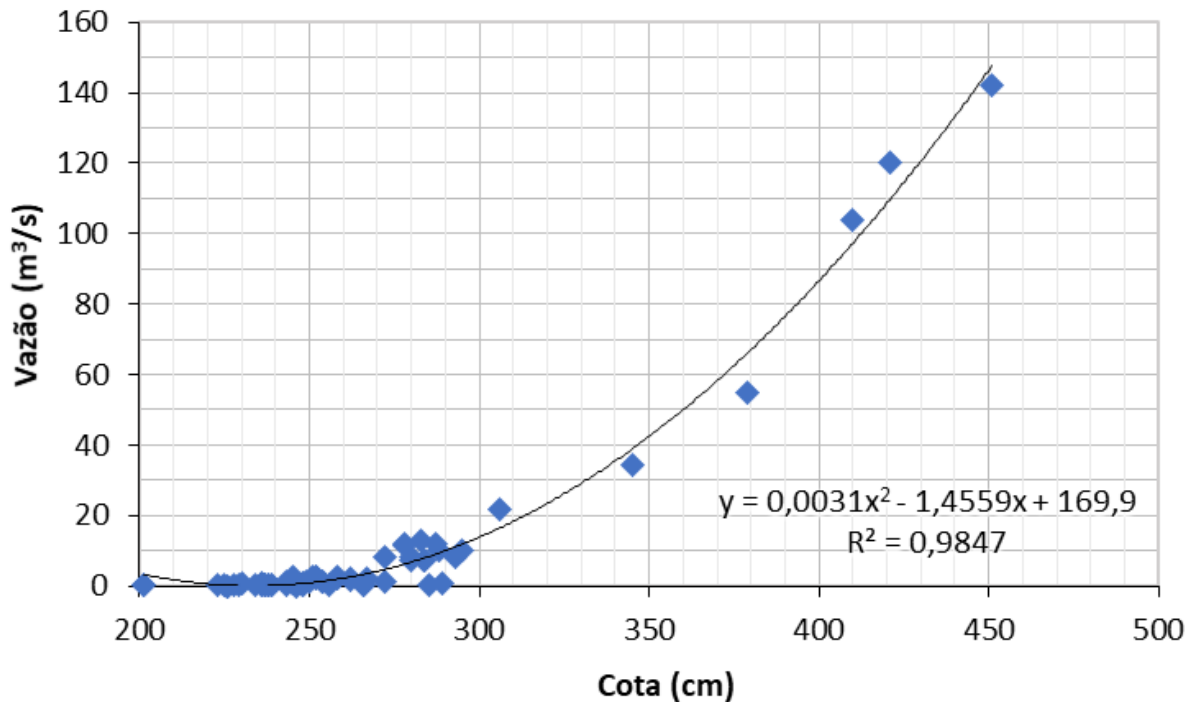
Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

Os rios de terras secas são caracterizados pela extrema variabilidade no fluxo e transporte de sedimentos. Longos períodos de pouco ou nenhum fluxo são interrompidos com cheias de magnitude alta, às vezes extrema, curta duração e baixa previsibilidade (TOOTH e NANSON, 2000; CASADO; PEIRY; CAMPO, 2016).

Sobre as características dos rios de terras secas, Tooth (2000) ressalta que a variabilidade espaço-temporal dos processos fluviais é marcante em todos os contextos ambientais. A irregularidade da precipitação, a influência da vegetação no escoamento e no transporte de sedimentos e a desconexão de transmissão caracterizam a hidrologia e a geomorfologia fluvial. A variabilidade temporal é define regimes hidrossedimentológicos de curta duração e grande magnitude. A variabilidade espacial é observada através da natureza não uniforme do fluxo e transporte de sedimentos. Assim, a dinâmica dos sistemas fluviais de terras secas é predominantemente descontínua, caracterizada pela falta de equilíbrio entre o processo e a forma.

A partir dos dados de cota e vazão disponíveis foi possível elaborar a curva-chave da seção Caraúbas, no Rio Paraíba. Segundo Chevallier (2002) a relação cota-vazão de uma seção permite calcular a vazão que corresponde a uma da altura de água. Esta relação é definida graficamente pelo traçado da curva de calibragem, feita a partir dos resultados das medições reais. A curva cota-vazão apresentada foi estabelecida a partir de 70 medições reais disponíveis no sistema HIDROWEB da ANA, realizadas de 1970 a 2003 (Figura 4). A melhor correlação da curva foi a forma polinomial ($R^2 = 0,9847$), que segundo Chevallier (2002) é uma das mais utilizadas.

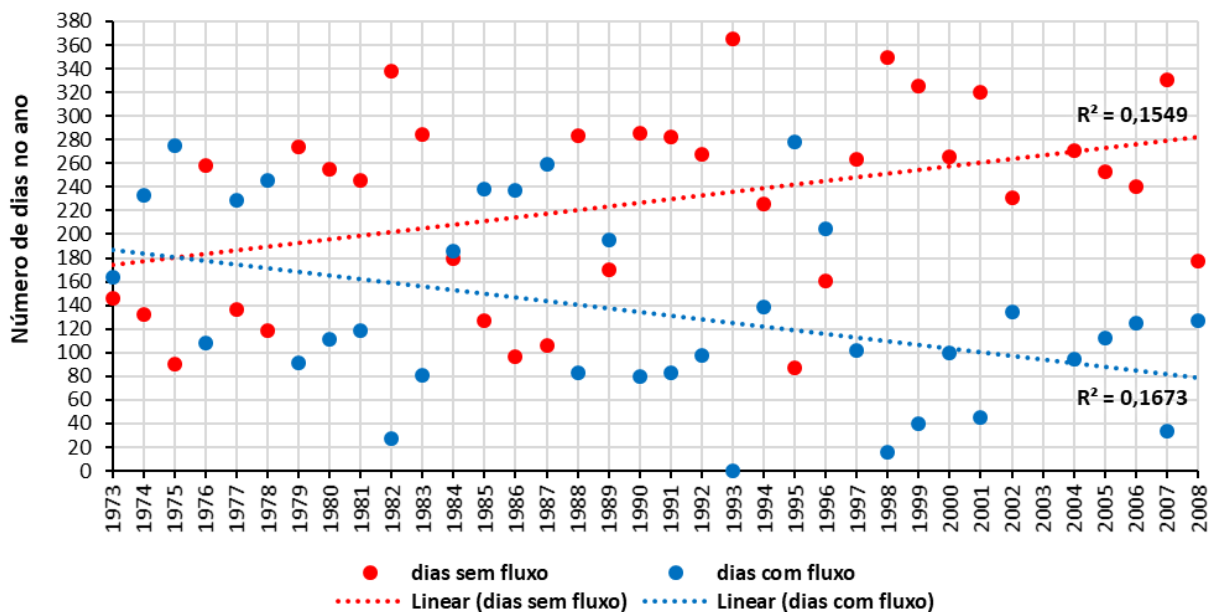
Figura 4 - Curva-chave da relação cota-vazão para a seção Caraúbas no Rio Paraíba.



Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

Entretanto, tem que se ter cuidado ao analisar rios de ambientes semiáridos apenas pela média de vazão, pois são rios que passam a maior parte do ano sem fluxo, o que acaba contribuindo para baixar significativamente os valores médios. Nesse sentido, foi calculado a frequência do fluxo para que fosse possível melhor avaliar a o comportamento da vazão no Rio Paraíba em Caraúbas (Figura 5).

Figura 5 - Frequência de vazão no Rio Paraíba em Caraúbas.



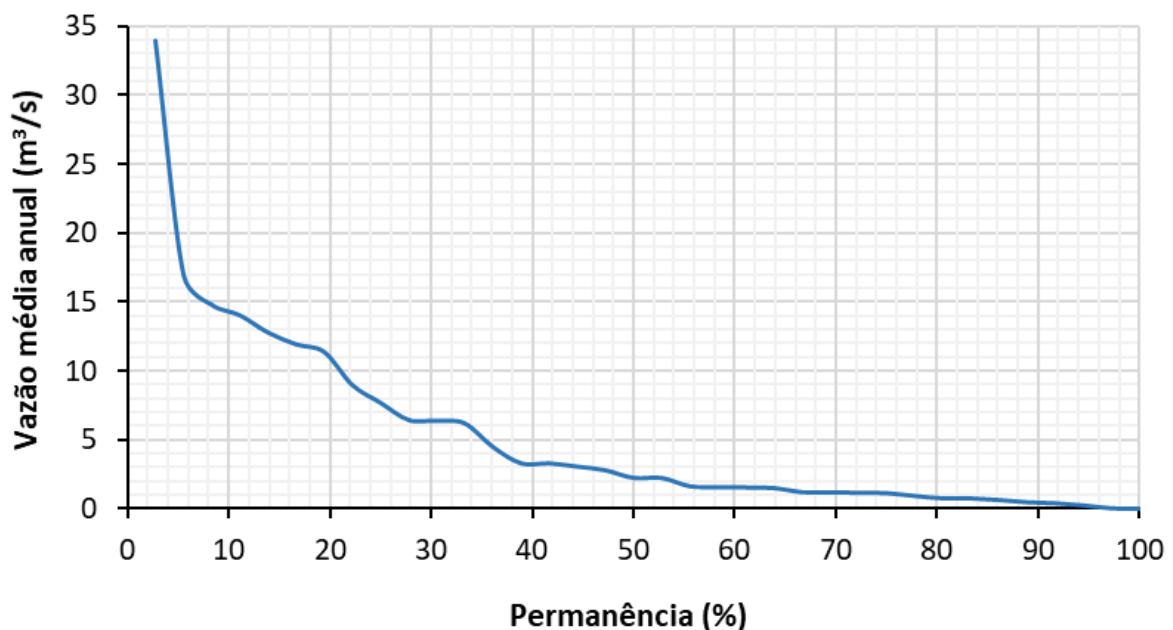
Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

Em média, o Rio Paraíba apresenta 134 dias com fluxo, o que representa 36,7% do ano com vazão no canal fluvial. Os anos de 1995 e 1975 apresentaram os maiores períodos com fluxo no canal, 278 (76% do ano) e 275 (75% do ano) dias respectivamente. Por outro lado, os anos de 1993 e 1998 foram os que tiveram menores números de dias com vazão, 0 e 16 dias respectivamente.

Foi possível observar também que, apesar da grande variabilidade de frequência de vazão no canal entre os anos, há uma tendência de aumento do número de dias sem fluxo e diminuição dos dias com fluxo. O ano de 1996 foi o último em que o número de dias com fluxo superou o de dias sem fluxo. Essa diminuição da frequência de vazão no canal está associada ao aumento do número de açudes e barreiros na bacia. Apenas na década de 1980 foram inaugurados três grandes açudes: Poções no Rio Monteiro no ano de 1982, Santo Antônio no Rio Umbuzeiro no ano de 1985 e Cordeiros também no Rio Umbuzeiro em 1988 (DORNELLAS, 2021).

A análise da curva de permanência da vazão média anual mostrou que em 80% da série amostral a vazão média foi igual ou inferior a 10 m³/s (Figura 6). Vazões entre 10 e 20 m³/s permaneceram por 17% dos anos e acima de 20 m³/s em apenas 3%. Do ponto de vista geomorfológico esses dados não permitem muitas interpretações, pois levam a entender que o Rio Paraíba é dominado por baixas vazões. Em rios semiáridos as grandes vazões possuem curta duração, logo não aparecem em análises médias. Desta maneira, os dados foram analisados em outras escalas temporais, como mensal e diária, para melhor avaliar a dinâmica das vazões máximas e a duração das cheias.

Figura 6 - Curva de permanência da vazão média anual no Rio Paraíba.

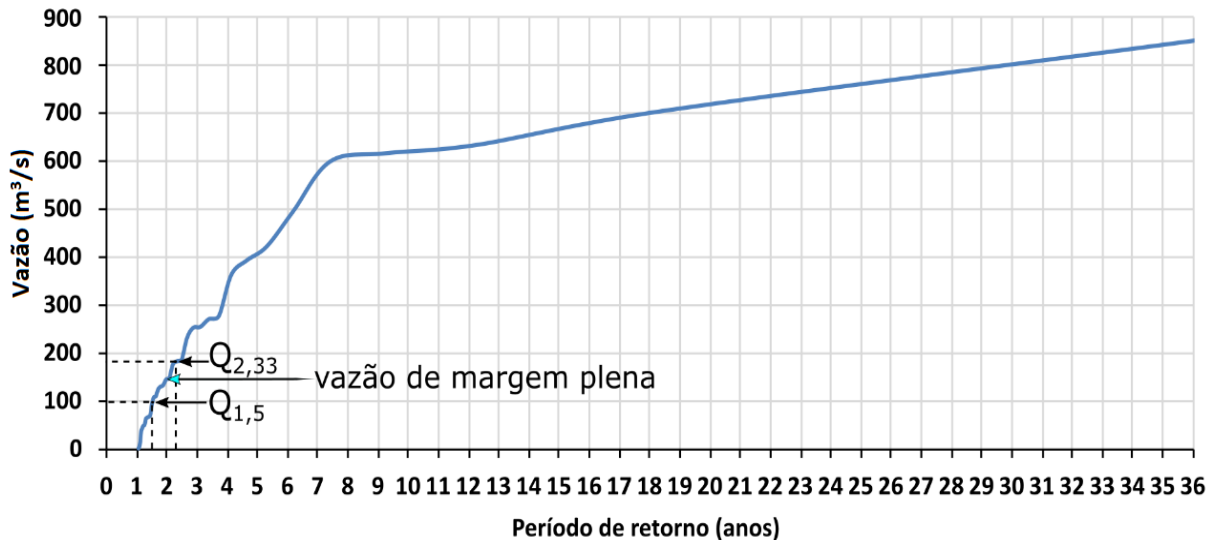


Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

A análise do período de retorno das vazões máximas de cada ano, associadas a curva-chave, permitiu estabelecer os diferentes níveis de vazão e suas respectivas probabilidades de ocorrência. De acordo com Cavalcante (2018), o intervalo de 1,5 anos (Q1,5) é reconhecido na literatura específica como sendo o de recorrência do nível de margens plenas (bankfull). Por nível de margens plenas consideramos quando o fluxo de vazão ocupa de uma margem a outra, imediatamente cobrindo todas as barras arenosas (WOLMAN e LEOPOLD, 1957; CAVALCANTE, 2018). O intervalo de 2,33 anos é usado para determinar a enchente média anual dentro de uma série de vazões máximas anuais (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964).

A avaliação do período de retorno para as vazões máximas diárias registradas na bacia do alto Rio Paraíba mostrou que o intervalo de 1,5 anos ($Q_{1,5}$) não foi suficiente para atingir o nível de margem plena (Figura 7 e 8). Essa característica também foi observada por Cavalcante (2018), ao avaliar o regime fluvial do Rio Jaguaribe no Ceará. A autora destaca que além da irregularidade natural dos fluxos em rios semiáridos, o aumento do número de barramentos nas últimas décadas vem contribuindo para aumentar a regularização das vazões.

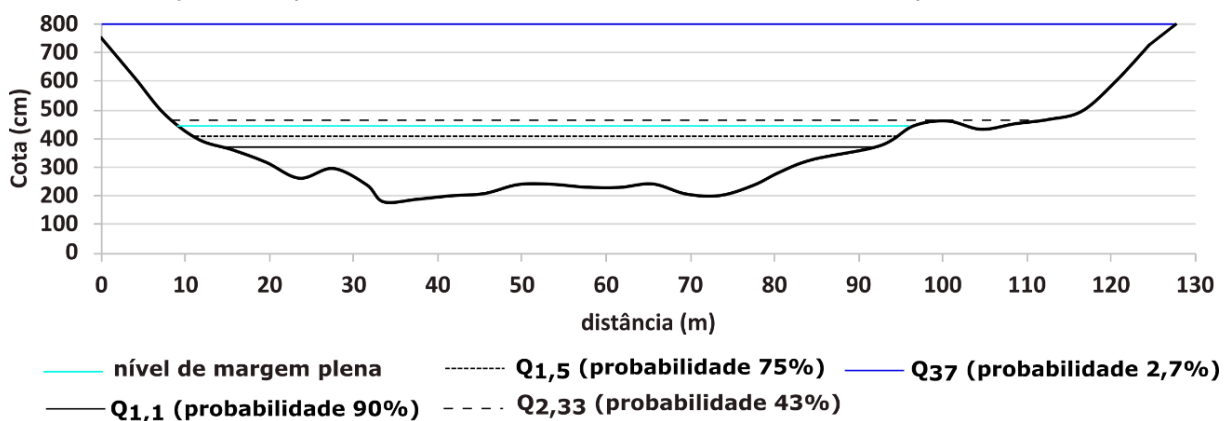
Figura 7 - Período de retorno para vazões máximas diárias na bacia do alto Rio Paraíba.



Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

O intervalo de 2,33 anos ($Q_{2,33}$) superou o nível de margens plenas, atingindo a planície de inundação (Figura 8). Foi possível observar que em mais de 90% dos anos avaliados o Rio Paraíba apresentou bom nível de água, suficiente para a ocorrência dos processos geomorfológicos fluviais. Contudo, destaca-se que a grande questão é a duração desses níveis de vazão, geralmente poucos dias. Assim, sugere-se que o trabalho geomorfológico realizado pelo Rio Paraíba (erosão, transporte e sedimentação) tem frequência anual, contudo, associado a eventos isolados diários de alta magnitude.

Figura 8 - Seção transversal no Rio Paraíba em Caraúbas e representação de vazões.



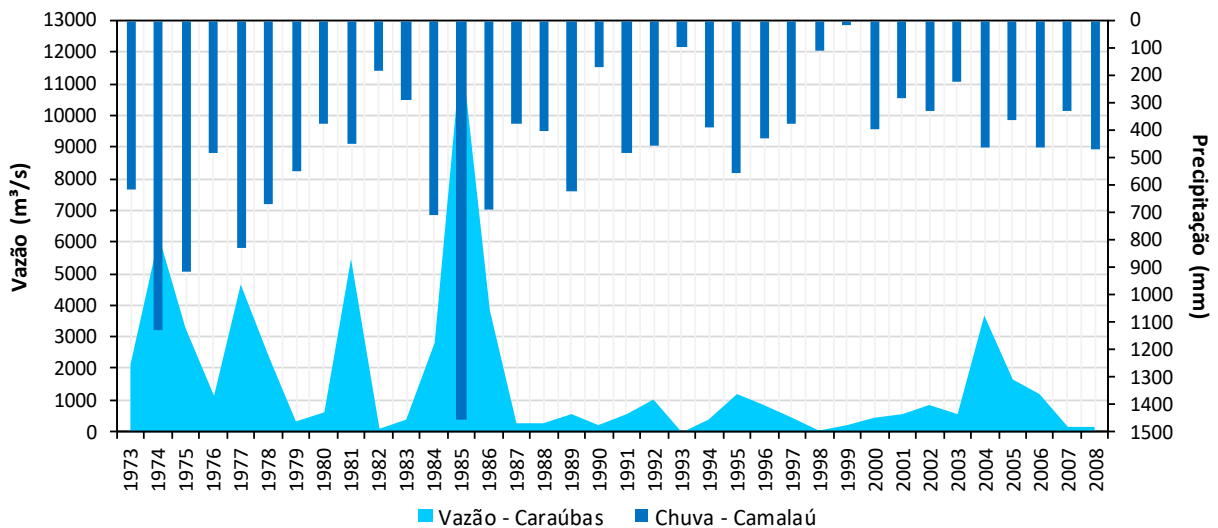
Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

Relação chuva-vazão

Correlacionar dados de chuvas com os de vazão é uma das formas de avaliar o regime fluvial, determinando no hidrograma o tempo de resposta da vazão a ocorrência de chuvas na bacia, bem como separar a contribuição da chuva dos fluxos subterrâneos na composição da vazão. Para comparar com os dados de vazão acumulada anual foi utilizado os volumes anuais de chuva do município de Camalaú. Esse município foi escolhido por estar localizado numa posição central da bacia do Alto Rio Paraíba. Destaca-se a consistência da série de dados com ausência de lacunas para o período amostrado.

A Figura 9 mostra a relação chuva-vazão entre o posto pluviométrico da cidade de Camalaú e a estação fluviométrica do município de Caraúbas. De modo geral, observou-se uma forte relação entre a chuva e a vazão no Alto Rio Paraíba. Os anos de maior vazão tiveram expressivos volumes de chuva anual, como nos anos de 1985 e 1974. Outro aspecto que pode ser confirmado é que a vazão do Rio Paraíba é quase que exclusivamente da chuva, não havendo contribuição de água subterrânea. Isto pode ser constatado nos anos de 1993 e 1998-99, onde os índices pluviométricos foram inferiores a 100 mm e o rio apresentou não apresentou vazão significativa.

Figura 9 - Relação chuva-vazão no Rio Paraíba.

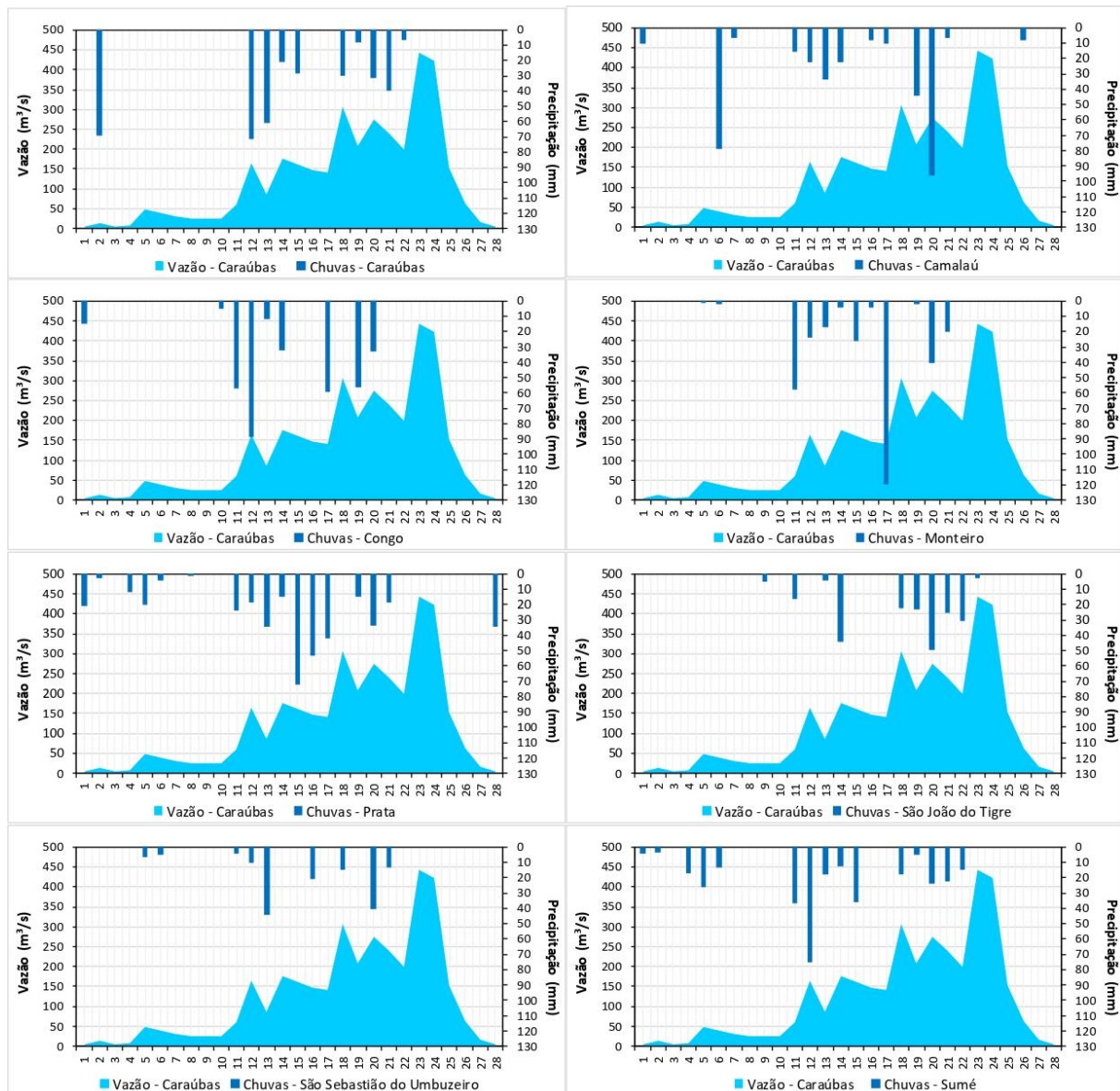


Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

No semiárido Paraibano, especialmente na área do Planalto da Borborema, não há um sistema hídrico subterrâneo, fazendo com que os processos geomorfológicos sejam, predominantemente, superficiais (XAVIER, 2021). Essa característica já havia sido observada por Xavier et al. (2013), onde destacaram que o Rio Paraíba responde rapidamente as chuvas devido ao predomínio do escoamento superficial na bacia.

Para verificar a resposta do Rio Paraíba em Caraúbas frente as chuvas na bacia, optou-se por um recorte diário de análise da relação chuva-vazão. Para esta análise foi escolhido o mês de fevereiro de 1985. O ano de 1985 foi o ano que apresentou a maior quantidade vazão em toda a série amostral. Dentro do ano de 1985, o mês de fevereiro foi o que apresentou a maior vazão acumulada. Como a bacia do Alto Rio Paraíba é muito grande (superior a 6.200 km²), a curva de vazão do mês de fevereiro de 1985 foi correlacionada com as chuvas que caíram no mesmo período nos municípios de Caraúbas, Camalaú, Congo, Monteiro, Prata, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Sumé (Figura 10).

Figura 10 - Relação chuva-vazão no mês de fevereiro de 1985.



Fonte - ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2021.

No mês de fevereiro de 1985, os municípios de São João do Tigre e São Sebastião do Umbuzeiro registraram baixos índices pluviométricos e, portanto, não contribuíram de maneira efetiva para a curva de vazão registrada na estação Caraúbas. As chuvas no município de Caraúbas, onde está localizado a estação fluviométrica, também demonstrou não ter influência significativa na vazão, como pode ser observado no dia 2, quando choveu aproximadamente 70 mm e não houve resposta na curva de vazão. Os municípios de Prata e Sumé com suas chuvas, tiveram uma pequena influência na curva de vazão registrada em Caraúbas, isso pode ser explicado pela grande distância, a presença do açude de Sumé e o próprio volume de chuvas distribuídos no mês.

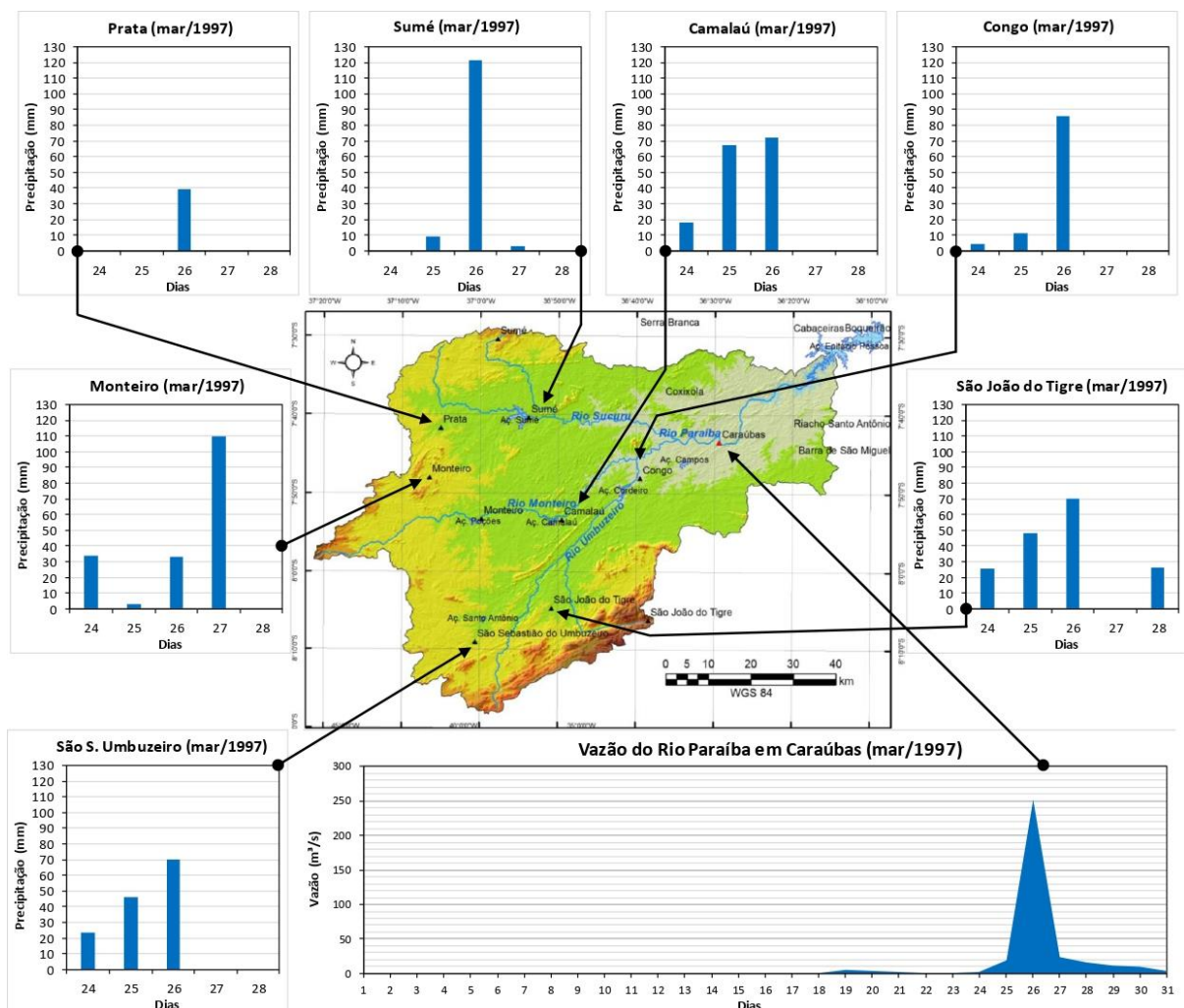
As chuvas que caíram nos municípios de Monteiro, Camalaú e Congo tiveram maior correlação e forte resposta na vazão em Caraúbas. Destacam-se as chuvas ocorridas em Monteiro, 120 mm no dia 17, em Camalaú 80 e 93 mm nos dias 6 e 20 e no Congo 90 mm no dia 12. As cheias de duração de um dia confirmam a rápida resposta da vazão no canal em relação a chuva, indicando a atuação predominante do escoamento superficial. De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), as rochas e os solos influenciam sobremaneira na dinâmica hidrológica de uma bacia onde, normalmente, bacias que drenam áreas rochosas e solos de baixa permeabilidade possuem predominância do escoamento

direto da chuva. Xavier et al. (2013), destacaram que o desmatamento da bacia, ampliando a área com vegetação degradada, e o regime de chuvas concentradas são responsáveis por rápidas respostas do rio em relação a entrada das chuvas na bacia.

Um fator extremamente importante é o papel dos diversos açudes existentes no regime fluvial. É evidente que, a grande chuva que caiu em Monteiro no dia 17 (120 mm) ao produzir um grande fluxo no Rio Paraíba, este encontraria 2 açudes no percurso antes de chegar na estação Caraúbas, e o Poções ainda no município de Monteiro e o de Camalaú no município homônimo. Se esses açudes estivessem na época com níveis baixos, que pudessem absorver todo o fluxo, nada seria afetado a jusante. Entretanto, caso esses açudes estivessem vertendo (popularmente conhecido como: sangrando) ou próximo disso, o volume do fluxo a jusante da barragem seria aumentado substancialmente. No banco de dados históricos disponível no site da AESA não há registro de informação sobre os açudes localizados na bacia do Alto Rio Paraíba. Contudo, consta que o açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) estava vertendo no mês de fevereiro de 1985, isso indica que muito provavelmente esses açudes também estavam.

Como o ano de 1985 foi muito chuvoso e vários açudes situados a montante da estação Caraúbas poderiam estar vertendo, isso influenciou no tempo e na intensidade de resposta da vazão. Assim, realizou-se uma nova análise diária em um ano não chuvoso para avaliar a resposta da vazão no canal em Caraúbas sem a influência dos açudes no aumento do fluxo. O mês de março de 1997 foi interessante pois registrou uma de vazão de 252 m³ no dia 26, sendo praticamente toda a vazão registrada no mês (Figura 11).

Figura 11 - Relação chuva-vazão em março de 1997 na bacia do Alto Rio Paraíba.



Fontes - INPE, 2008; ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2023.

Das chuvas que ocorreram nos municípios analisados, verificou-se que em São João do Tigre e São Sebastião do Umbuzeiro tiveram chuvas nos dias 24, 25 e 26 e não influenciaram na vazão do dia 26 em Caraúbas. A presença dos açudes de Santo Antônio e Cordeiros, que no momento estavam com 47% e 56% de sua capacidade respectivamente (Quadro 1), explicam a não contribuição dessas águas. Situação semelhante pode ser apontada para os municípios de Monteiro e Prata. Em Prata choveu 40 mm no dia 26, contudo o fato de estar muito distante e, também, ter o açude de Sumé no caminho, não foi suficiente para contribuir com a vazão em Caraúbas. Em Monteiro as chuvas foram poucas até o dia 26 e, ainda, tem os mesmos motivos dos municípios anteriores. No dia 27 choveu 110 mm e não resultou em nenhum aumento de vazão no Rio Paraíba em Caraúbas. Este fato confirma que toda essa chuva ficou represada no açude Poções, que na ocasião estava em 6,3% de sua capacidade.

As chuvas que ocorreram nos municípios de Sumé, Camalaú e Congo tiveram contribuição para a formação da vazão registrada no dia 26, no Rio Paraíba, em Caraúbas. No dia 25 teve uma chuva de 67 mm em Camalaú gerando uma discreta elevação na curva de vazão. Nos outros dois municípios não ocorreram chuvas expressivas nesse dia. Desta forma, verificou-se que o a vazão foi gerada pela chuva oriunda do mesmo dia. Sumé e Camalaú estão a aproximadamente 58 km de canal do local da seção de Caraúbas. No dia 26 choveu 121 mm em Sumé e 72 mm em Camalaú, onde esse volume de chuva produziu grandes descargas que chegaram ao mesmo tempo em Caraúbas, produzindo uma grande descarga de vazão. Soma-se a esses volumes, os 87 mm de chuva que caíram no Congo, que está a apenas 32,6 km de canal da seção Caraúbas. No dia 27 não houve ocorrência de chuva nessas localidades e a vazão caiu 90% em relação ao dia anterior.

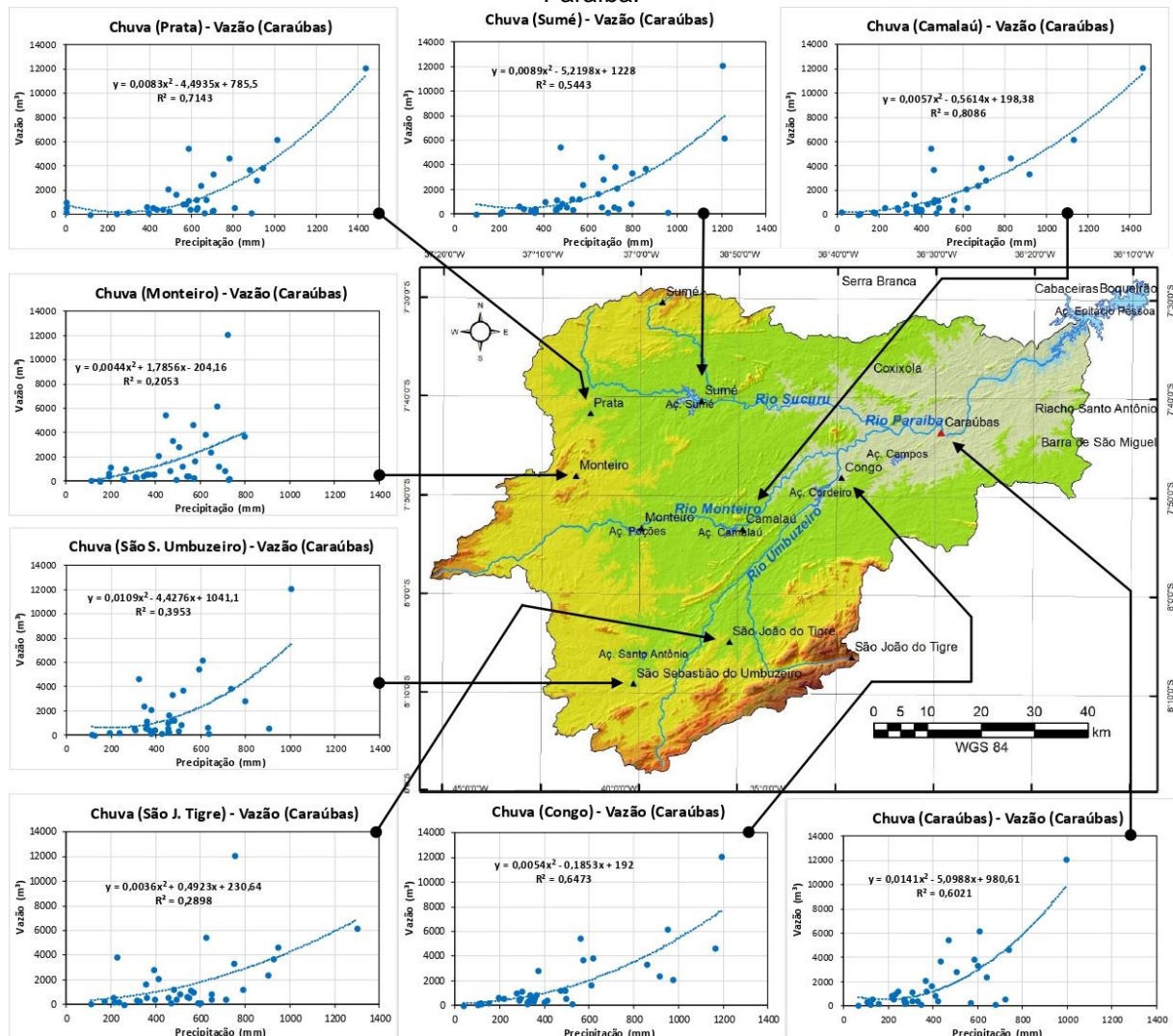
Quadro 1 - Volume dos açudes na bacia do Alto Rio Paraíba em março de 1997.

Açude	Município	Capacidade (m ³)	Volume	
			(m ³)	(%)
Camalaú	Camalaú	48.107.240	24.704.072	51,35
Campos	Caraúbas	6.594.392	4.419.005	67,01
Cordeiro	Congo	69.965.945	39.356.215	56,30
Epitácio Pessoa	Boqueirão	411.686.287	204.207.747	49,60
Poções	Monteiro	29.861.562	1.881.300	6,30
Santo Antônio	São Sebastião do Umbuzeiro	24.424.130	11.561.341	47,34
Sumé	Sumé	44.864.100	3.148.955	8,56

Fonte - AESA, 2019. Elaboração: os autores, 2021.

Para avaliar a influência das chuvas na bacia na vazão produzida na seção de Caraúbas ao longo de toda a série histórica de dados, foi feito a correlação dos volumes acumulados de chuva e vazão para cada ano, por localidade estudada (Figura 12).

Figura 12 - Correlação chuva-vazão total anual de 1973 a 2008 na bacia do Alto Rio Paraíba.



Fontes - INPE, 2008; ANA, 2018. Elaboração: os autores, 2023.

A Figura 12 reúne a correlação de 8 localidades com a vazão em Caraúbas. As chuvas de Camalaú foram as que melhor se relacionaram com a vazão em Caraúbas, com valor de $R^2 = 0,8086$. Na sequência da melhor para a pior correlação, obteve-se Prata ($R^2 = 0,7143$), Congo ($R^2 = 0,6473$), Caraúbas ($R^2 = 0,6021$), Sumé ($R^2 = 0,5443$), São Sebastião do Umbuzeiro ($R^2 = 0,3953$), São João do Tigre ($R^2 = 0,2898$) e Monteiro ($R^2 = 0,2053$). Esse resultado corrobora as análises anteriores e fica claro a influência dos açudes no regime fluvial do Alto Rio Paraíba. Em Monteiro foi observada a pior relação entre a chuva e a vazão e isso pode ser explicado pelo fato de ter 2 grandes açudes no caminho até a estação Caraúbas.

Xavier et al. (2012) apontaram a influência dos barramentos na regularização da vazão em toda a bacia do Rio Paraíba. Os autores mencionaram que a maior vazão registrada foi a jusante da barragem de Boqueirão, superando as vazões do baixo curso. A jusante das barragens pode ter ausência de vazão ou ter vazão máxima acima das condições naturais, quando o grande volume de água represado começa a extravasar. Cunha (1998) ressaltou que a construção de barragens em vales fluviais altera a sequência natural do rio e os efeitos se propagam em cadeia, com reações muitas vezes irreversíveis e a regularização das vazões pode diminuir as variações abruptas dos níveis de água dos rios a jusante dos açudes e/ou as barragens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O alto Rio Paraíba apresenta comportamento hidrológico típico de rios de terras secas, marcado pela variabilidade espaço-temporal da dinâmica fluvial e desconexão do fluxo hidrossedimentológico ao longo da bacia. A vazão é concentrada em até 4 meses do ano, refletindo o regime pluviométrico.

A grande quantidade de elementos desconectantes na bacia gera interrupção no fluxo fazendo com que o rio não responda diretamente as chuvas em determinados pontos da bacia. A presença de passagens molhadas e açudes represam o fluxo, deixando o rio sem vazão a jusante desses barramentos. Por outro lado, quando esses reservatórios transbordam gera uma vazão extraordinária em direção a jusante.

Nos próximos anos é essencial o monitoramento e análise de como a operação do PISF, visto que o aporte de água bruta no sistema irá modificar a permanência do fluxo hidrológico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESQ-PB e a CAPES por financiarem esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Banco de dados hidrológicos**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 7 abr. 2019.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: 3 mar. 2018.
- BULL, L. J.; KIRKBY, M. J. **Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels**. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, England, 2002.
- CASADO, A.; PEIRY, J-L.; CAMPO, A. M. Geomorphic and vegetation changes in a meandering dryland river regulated by a large dam, Sauce Grande River, Argentina. **Geomorphology**, v. 268, p. 21-34, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.05.036>
- CAVALCANTE, A. A. Geomorfologia Fluvial no Semiárido Brasileiro. **Revista de Geografia**, v. 35, n. 4, p. 254-268, 2018. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.238226>
- CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do Rio Jaguaribe, CE, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 1, p. 39-49, 2012. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i1.340>
- CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002, p. 485-525.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 211-252.
- DELVECCHIA, A. G.; SHANAFIELD, M.; ZIMMER, M. A.; BUSCH, M. H.; KRABBENHOFT, C. A.; STUBBINGTON, R.; KAISER, K. E.; BURROWS, R. M.; HOSEN, J.; DATRY, T.; KAMPF, S. K. Reconceptualizing the hyporheic zone for nonperennial rivers and streams. **Freshwater Sci.**, v. 41, p. 167-182, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1086/720071>, 2022
- 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. C.; SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. Estimativa de perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida do Estado da Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v. 11, n. 2, p. 338-350, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1982-3878.2017v11n2.37658>
- DORNELLAS, P. C.; SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M.. Vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia do alto rio paraíba, semiárido paraibano. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (Orgs.) **Geografia Física e as Mudanças Globais**. Fortaleza: Editora UFC, 5, 2019. p. 1911-1922. Disponível em: <https://imprensa.ufc.br/pt/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/>. Acesso em: 5 abr. 2021

DORNELLAS, P. C.; SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. Análise morfométrica da bacia do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida do Estado da Paraíba. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, v. 21, n. 3, (Jul-Set) p. 601-614, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1757>

GOUDIE, A. **Arid and semi-arid geomorphology**. United States of America, Cambridge University Press, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511794261>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. **Organização do Território, Malha Territoriais, Malhas Municipais**: versão 2020. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

_____. **El Niño e La Niña**. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 17 jul. 2018.

JARDIM de SÁ, E. F. A Faixa Seridó (Província Borborema, Nordeste do Brasil) e seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. **Tese** (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

LANNA, A. E. Elementos de Estatística e Probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002, p. 79-176.

MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1295>

NANSON, G. C.; TOOTH, S.; KNIGHTON, A. D. A global perspective on dryland rivers: Perceptions, misconceptions and distinctions. In: BULL, L. J.; KIRKBY, M. J. (Eds) **Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels**. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, England, 2002, p. 17-54.

NASCIMENTO, S. S.; LIMA, E. R. V.; LIMA, P. P. S. Uso do NDVI na análise temporal da degradação da caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v. 8, n. 1, p. 72-93, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/17396>

OKIN, G. S.; DE LAS HERAS, M. M.; SACO, P. M.; THROOP, H. L.; VIVONI, E. R.; PARSONS, A. J.; WAINWRIGHT, J.; PETERS, D. P. C. Connectivity in dryland landscapes: Shifting concepts of spatial interactions. **Front. Ecol. Environ.**, v. 13, 20-27, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1890/140163>

PARAÍBA/GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. PERH-PB: **Plano Estadual de Recursos Hídricos**: resumo executivo & atlas / SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PASTOR, A. V.; TZORAKI, O.; BRUNO, D.; KALETOVÁ, T.; MENDOZA-LERA, C.; ALAMANOS, A.; BRUMMER, M.; DATRY, T.; De GIROLAMO, A. M.; JAKUBÍNSKÝ, J.; LOGAR, I.; LOURES, L.; ILHÉU, M.; KOUNDOURI, P.; NUNES, J. P.; QUINTAS-SORIANO, C.; SYKES, T.; TRUCHY, A.; TSANI, S.; JORDA-CAPDEVILA, D. Rethinking ecosystem service indicators for their application to intermittent rivers, **Ecological Indicators**, v. 137, 08693, 17p. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108693>

PEREIRA, G. R.; SILVA JÚNIOR, M. M.; BARBOSA, A. H. S. Mapeamento dos espelhos d'água de reservatórios da Paraíba: Estudo de caso da Transposição do Rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos-SP. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** – INPE, Santos-SP, Brasil. São José dos Campos: INPE, 2019. p. 927-930, 2019. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.25.17.55/doc/97877.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2023.

POWELL, D. M. Drylands Rivers: processes and forms. In: PARSONS, A. J.; ABRAHAMS, A. D. (Eds.) **Geomorphology of Desert Environments**. 2ª Ed., New York: Springer, 2009, p. 333-373.

PRĀVĀLIE, R. Drylands extent and environmental issues. A global approach. **Earth Science Review**, v. 161, p. 259-278, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003>

- SACO, P. M.; RODRÍGUEZ, J. F.; MORENO-DE LAS HERAS, M.; KEESSTRA, S.; AZADI, S.; SANDI, S.; BAARTMAN, J.; RODRIGO-COMINO, J.; ROSSI, M. J. Using hydrological connectivity to detect transitions and degradation thresholds: Applications to dryland systems. **Catena**, v. 186, 104354, 14p. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104354>
- SALGADO, A. A. R.; BUENO, G. T.; DINIZ, A. D.; MARENT, B. R. Long-term geomorphological evolution of the Brazilian territory. In: VIEIRA, B.; SALGADO, A.; SANTOS, L. (Eds) **Landscapes and Landforms of Brazil. World Geomorphological Landscapes**. Dordrecht: Springer, 2015, p. 19-31. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_3
- SHAW, J. R.; COOPER, D. J. Linkages among watersheds, stream reaches, and riparian vegetation in dryland ephemeral stream networks. **Journal of Hydrology**, v 350, n. 1-2, 2008, p. 68-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.11.030>
- SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer International Publishing AG, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>
- SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. **OKARA: Geografia em debate**, v. 9, n. 1, p. 108-122, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/24204>
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- TOOTH, S.; NANSON, G. C. Equilibrium and nonequilibrium conditions in dryland rivers. **Physical Geography**, v. 21, n. 3, p. 183-211, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/02723646.2000.10642705>
- TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. *Earth-Science Reviews*, v. 51, n. 1-4, p. 67-107, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00014-3)
- XAVIER, R. A. Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. **Rev. Geociênc. Nordeste**, Caicó, v. 7, n. 1, (Jan-Jun) p. 58-68, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID20692>
- XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J.; BÚ, J. C. Caracterização do regime fluvial da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba - PB. **Revista Tamoios**, v. 8, n. 2, p. 15-28, 2012. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/4745/3736>

Recebido em: 13/04/2023

Aceito para publicação em: 15/09/2023