ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Disponibilidade Hídrica de uma Bacia Hidrográfica no Sul da Bahia

Gabriela Mateus de Fontes Silva¹, Fabrício Berton Zanchi², João Batista Lopes da Silva³, Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes⁴

¹ Ma. em Ciências e Tecnologias Ambientais, Professora Substituta no Instituto Federal da Bahia, Campus Vitória da Conquista, Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150 - Zabelê, Vitória da Conquista - BA, 45078-300 E-mail: gabrielamfontes@yahoo.com.br. ² Dr. em Ecologia, professor adjunto no Centro de Formação em Ciências Ambientais - CAM/UFSE, Campus Sossigenes Costa, Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSE, Rodovia BR-367 Km 10, Zona Rural, Porto Seguro - BA, 45810000. ³ Dr. em Engenharia Agrícola, professor adjunto no Instituto de Humanidades, Artes e Ciências - IHAC/UFSE, Campus Paulo Freire, Praça Joana Angélica, 58 - São José, Teixeira de Freitas - BA, 45988-058. ⁴ Dr. em Marine Sciences, professor adjunto no Centro de Formação em Ciências Ambientais - CAM/UFSE e Presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Frades, Buranhém e Santo Antônio (CBH FRABS - biênio 2018-2020).

Artigo recebido em 18/08/2020 e aceito em 19/04/2021

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho caracterizar o comportamento hidrológico da bacia do rio Buranhém, através da análise de séries temporais de precipitação e vazão, verificando os principais aspectos que refletem na disponibilidade hídrica da bacia. Os dados utilizados foram obtidos em bases nacionais, Hidroweb/ANA, BDMEP/INMET e TOPODATA/INPE, processados através dos softwares Hidro, SisCAH e QGIS, respectivamente, analisou-se também a série de registros do Índice Niño de Oscilação (ONI) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA). A bacia hidrográfica foi delimitada de modo a reconhecer o processo chuva-vazão. A avaliação partiu do pré-processamento e análise estatística das séries precipitação e vazão e da análise de correlação ao nível de 5% ($p < 0,05$) entre os dados gerados. Para o período analisado, de 1971 a 2018 observou-se uma condição de não estacionariedade que agrava a baixa regularidade das vazões e evidencia a necessidade de atenção para se assegurar a disponibilidade em seu uso. Isto podendo estar associado à morfometria da bacia, ao processo histórico de uso e ocupação do solo e às características hidrogeológicas das áreas que contribuem no escoamento superficial e subterrâneo da bacia. Além disso, nota-se que em anos de El Niño houve, em média, um aumento de 50% da vazão; já nos eventos de La Niña, uma diminuição, em média, de 47%.

Palavras-chave: rio Buranhém; Costa do Descobrimento; outorga; séries históricas; ENOS.

Water availability in a basin in South Bahia - Brazil

ABSTRACT

This work aimed to characterize the hydrological behavior of the Buranhém river, through the analysis of precipitation and flow time series and also to verify the main aspects that reflect the basin water availability. The data used were obtained from national databases, Hidroweb / ANA, BDMEP / INMET and TOPODATA / INPE, processed through Hidro, SisCAH and QGIS software, respectively. The series of Niño Oscillation Index (ONI) records of the United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) was also used. The annual minimum, average, maximum and permanence values were evaluated. Data correlation analysis was also performed at the 5% level ($p < 0.05$). For the period analyzed, from 1971 to 2018, a non-stationary condition was observed that aggravates the low flow regularity and highlights the need for attention to ensure its availability. This may be associated with the basin morphometry, the historical process of land use and occupation and the hydrogeological characteristics of the areas that contribute to the surface and underground runoff of the basin. In addition, we note that in El Niño years there was, on average, a 50% increase in flow; in La Niña events, a decrease of 47%.

Keywords: Buranhém river; Discovery Coast; water use grant; historical series; ENSO.

Introdução

O monitoramento das variáveis hidroclimatológicas é uma ferramenta de gestão

prevista na Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), através do Sistema de

Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (BRASIL, 1997). Apesar da evidente relação que as variabilidades da precipitação apresentam na vazão dos rios, trata-se de um problema complexo devido às influências indiretas do clima na bacia, a variabilidade dos sistemas meteorológicos e a não linearidade da resposta fluvial à precipitação (Capozzoli et al., 2017), que exigem esforços para desenvolver métodos de pesquisa que combinem holismo e reducionismo (Cheng e Li, 2015), para compreender as características intrínsecas de cada bacia, como tipo de solo e morfometria (Villela e Mattos, 1975) frente às variações que podem ocorrer ao longo do tempo, tanto na paisagem quanto no clima e nas demandas hídricas. Nesse sentido, o reconhecimento dos fatores que influenciam na disponibilidade hídrica é uma etapa importante para a gestão das bacias hidrográficas.

O rio Buranhém nasce no leste de Minas Gerais, no município de Santo Antônio do Jacinto, passando pelos municípios baianos de Guaratinga, Eunápolis e Porto Seguro, e deságua no oceano através de uma foz do tipo estuário. Os três municípios baianos fazem parte do território de identidade da Costa do Descobrimento (SEPLAN, 2018). Nesta região, as pastagens, agricultura e silvicultura, associadas às áreas urbanas, formam sistemas antrópicos com diferentes demandas e impactos nos recursos hídricos (Silva, 2019). Trata-se de uma fonte de recursos hídricos importante para o desenvolvimento econômico e social da região, que apresentou maior desenvolvimento após a década de 1970, demonstrado nos censos demográficos. Porto Seguro, por exemplo, possuía 33.108 habitantes em 1970, com aumento de 383% até o último censo, em 2010, com 126.929 habitantes (IBGE, 1994; IBGE, 2010). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o rio Buranhém é o manancial que abastece mais de 88.000 pessoas em Eunápolis, e também foi indicado como novo manancial para abastecer a população urbana de Porto Seguro até 2025 (ANA, 2018). Ainda, de acordo com as projeções, a população de Eunápolis é estimada em 112.318, Guaratinga 20.991 e Santo Antônio do Jacinto em 11.677 habitantes (IBGE, 2018), enquanto estima-se que a população flutuante que visita Porto Seguro seja acima de 1.500.000 pessoas/ano, com maiores afluxos durante curtos períodos do ano (SETUR, 2019). Essas características, assim como o expressivo contingente de turistas quando comparado à população fixa, impõem uma série de desafios para a infraestrutura urbana, especialmente quanto ao saneamento básico em geral, especialmente às

outorgas para captação de água e lançamento de efluentes. As características físicas das sub-bacias do rio Buranhém indicam o favorecimento do escoamento superficial e uma tendência a cheias de grande magnitude, o que pode prejudicar a disponibilidade de água tanto em termos quantitativos, como qualitativos (Silva et al., 2020). Além disso, em toda a região do Extremo Sul da Bahia, há uma tendência de redução da descarga fluvial devido ao declínio da precipitação associada ao desmatamento, processos físicos locais e a anomalias climáticas (Genz e Tanajura, 2013).

A outorga é um instrumento fundamental para a gestão dos recursos hídricos pois permite estabelecer um limite de referência para os usos sustentáveis da água em um determinado corpo hídrico. A avaliação das séries históricas de vazão é utilizada para estimar as vazões outorgáveis, também chamadas de vazões de referência, para isto, a vazão mínima é caracterizada pela magnitude, duração e frequência (Gasques et al., 2018). A análise de frequência é capaz de indicar o comportamento com que a ocorrência das vazões aparece em um dado período, bem como o potencial natural de um rio (Maciel et al., 2019). Com o intuito de otimizar os usos possíveis de acordo com este potencial, diversos estudos são realizados para discutir as vazões de referência, considerando a perspectiva das demandas, do clima, das características morfológicas e físicas da bacia e do curso de água (Costa et al., 2019). Portanto, uma das etapas para garantir uma boa gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, é a caracterização do comportamento hidrológico, bem como as suas possíveis alterações. Nesse sentido, outro aspecto relevante é a ocorrência de eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS) que causam mudanças na precipitação e podem contribuir para o agravamento da crise hídrica, especialmente quando há uma exploração intensa dos mananciais alternativos (Jiménez, 2020).

Em 1997, a Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia publicou o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) das Bacias Hidrográficas do Extremo Sul. A aplicação atual deste plano pode ser limitada diante das transformações ocorridas nas últimas décadas. Em 2009, a Resolução nº 43 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) publicou nova divisão hidrográfica da Bahia em 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA's). Finalmente, através do decreto nº 14.244 de 18 de dezembro de 2012, foi criado o Comitê da Bacia

Hidrográfica dos Rios Frades, Buranhém e Santo Antônio (CBHFRABS), sem plano de bacia até a presente data do trabalho.

Considerando-se:

- i) a expressiva relação entre a população flutuante no município de Porto Seguro, devido à sua relevância enquanto destino turístico, e a sua população fixa;
- ii) a indicação do rio Buranhém pela ANA (2018) como futuro manancial para abastecimento de água do município de Porto Seguro;
- iii) a baixa cobertura vegetal na bacia, com predomínio de pastagens e agricultura (Silva, 2019);
- iv) a ocorrência recente de baixas vazões, que levaram diversas entidades sociais e ambientais a discutirem sobre crise hídrica na região;
- v) a necessidade de estudos que subsidiem a gestão dos recursos hídricos na região da Costa do Descobrimento e Extremo Sul da Bahia.

Sob a hipótese de que a disponibilidade de água tem diminuído devido à uma série de fatores naturais e antrópicos, neste trabalho buscou-se caracterizar o comportamento hidrológico e a disponibilidade hídrica da bacia do Buranhém através da análise de séries temporais de precipitação e vazão, correlacionando estas variáveis com a ocorrência de eventos ENOS.

Ressalta-se que o risco de escassez hídrica nesta região intensifica potenciais conflitos de uso

da água e do solo que poderiam ser mediados através da gestão efetiva e regulamentação para um uso consciente. Esta discussão justifica-se pela importância da região como local de megabiodiversidade da Mata Atlântica e pelas pressões antrópicas sobre os recursos naturais, historicamente registradas e por ainda não haver nenhum estudo específico sobre os fatores que impactam na disponibilidade hídrica.

Material e métodos

Localização e caracterização da área de estudo

Por abranger um município mineiro, o Buranhém é o único rio da RPGA IV de domínio da União. Apesar disso, por este recorte, a parte mineira da bacia não é incluída. Segundo a ottocodificação, o código da bacia é 77514 e o curso principal é de sexta ordem (INDE, 2018). A área de estudo está localizada entre as coordenadas 16° 15' e 16° 45' Sul e 39° e 40,5° Oeste, limitada ao norte com a bacia do rio João de Tiba, e ao sul com a bacia do rio dos Frades que também deságuam em Porto Seguro - Bahia. A oeste faz limite com as bacias dos rios Jequitinhonha e Jucuruçu.

A bacia hidrográfica (Figura 1) foi delimitada a partir da topografia utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA (INPE, 2018). A área definida neste trabalho foi a área de drenagem a montante da estação fluviométrica Fazenda Limoeiro (coordenadas 16° 25' 30'' S e 39° 21' 12'' O).

Figura 1. Localização da bacia na Região Hidrográfica 55 (ANA, 2014), estações pluviométricas e fluviométrica.

O MDE foi gerado no SIG através do software QGIS 2.18 com interface para o Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), que propõe correção de células vazias e depressões espúrias e geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), usando como critério de entrada, a quantidade mínima de células de 100 pixels para definir uma bacia e gerar a rede hidrográfica e a coordenada da estação fluviométrica como exutório. Assim, para se caracterizar a morfometria, foram calculadas as variáveis de área, comprimento, perímetro, comprimento total dos canais e comprimento do curso d'água principal da bacia. Com isto, foram calculados o Coeficiente de compactidade (K_c) e Fator de forma (K_f) (Villela e Mattos, 1975); Índice de Circularidade (I_c) e Densidade de drenagem (D_d) (Christofoletti, 1980). O tempo de concentração (T_c) foi estimado pela fórmula de US Corps of Engineers, escolhida com base no trabalho de Silveira (2005), que verificou um menor erro médio para esta fórmula em bacias com áreas até 11.162 km².

Análise dos Dados Hidrometeorológicos

No Portal de Dados Abertos da ANA, Hidroweb (ANA, 2017), a estação fluviométrica Fazenda Limoeiro, código 55170000, foi selecionada por estar localizada próximo à foz, em Porto Seguro, e apresentar maior série de dados, de 1968 a 2018. Já a estação Duas Barras (55150000) apresenta registros de vazão entre 1969 a 1986 e a Pousos Alegre (55130000) de 1962 a 1971, descartadas pela ausência de dados recentes. A série de vazões diárias foi utilizada para Análises Hidrológicas no SisCAH 1.0, desenvolvido por Sousa et al. (2009), onde foram realizados os pré-processamentos de vazões mínimas, médias e máximas em escala mensal e anual, além da vazão de permanência. Na análise preliminar da série foram descartados os anos com 17% ou mais de falhas (1968 e 1971 e 1991 e 1996), resultando numa série histórica de 40 anos. Para precipitação, a seleção dos dados consistiu em buscar, de acordo com as informações do Hidroweb e auxílio do software QGIS 2.18, estações pluviométricas cujas séries disponíveis apresentavam pelo menos 15 anos, a uma distância de 30 km da área de estudo e com influência na mesma conforme os polígonos

de Thiessen (Tabela 1). Para verificação da consistência das séries de precipitação, foi

realizada a análise de duplas massas, descrita por Bertoni e Tucci (2007).

Tabela 1 - Postos pluviométricos selecionados (Hidroweb/ANA, 2018)

Município (Código)	Anos da Série	Nome da estação	Coordenadas (x;y)	Altitude (m)
Eunápolis (01639000)	1962 - 2018	Mundo Novo	-39,5833; -16,265	180
Guaratinga (01639004)	1969 - 1986	Duas Barras	-39,8000; -16,3667	170
Guaratinga (01639026)*	1963 - 1994	Guaratinga	-39,7831; -16,5803	324
Jacinto (01640000)	1948 - 2018	Jacinto	-40,2903; -16,1386	160
Rubim (01640009)	1995 - 2018	Rubim	-40,5408; -16,3789	260
Itamaraju (01640012)	1992 - 2018	Jucuruçu	-40,1564; -16,8386	190

* também apresenta o código 01639008, a partir da qual é possível baixar os dados do período de 1963 a 1994, sendo operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados de precipitação mensal para o período de 1984 a 2017 foram baixados através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)(INMET, 2018).

A precipitação total mensal e anual de cada posto pluviométrico foi calculada com o auxílio do software Hidro 1.3 (ANA, 2017). Posteriormente, foram calculadas as precipitações médias anuais e mensais de longo período. Para o preenchimento de falhas nas séries de precipitação anual de 1971 a

2017, foram testados os métodos da ponderação regional que apresentou, respectivamente, coeficientes de determinação (r^2) iguais a 0,46, 0,66 e 0,74 para as estações Duas Barras, Rubim e Itamaraju, e o da regressão linear, escolhido por apresentar melhores r^2 (Tabela 2).

Tabela 2 - Equações de regressão linear para preenchimento de falhas nas séries de precipitação anual

Estação preenchida (y)	Anos com falhas	Estação de referência (x)	Anos de referência	Equação	r^2
Rubim	1971 a 1994	Jacinto	1995 a 2002	$y = 1,5072x - 387,64$	0,86
Jucuruçu	1971 a 1992	Mundo Novo	1993 a 2002	$y = 1,3298x - 300,78$	0,75
Duas Barras	1987 a 2017	Guaratinga	1971 a 1979	$y = 0,99x - 192,88$	0,91

Os valores anuais foram obtidos considerando-se o ano hidrológico, marcado pelo início do período chuvoso e consequentemente pela ascensão do hidrograma de vazões.

Os dados também foram analisados através de um algoritmo desenvolvido no software SAS University Edition, com o procedimento proc means. Inicialmente foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para determinar se o conjunto de dados é paramétrico ou não, assim, identificaram-se os conjuntos de dados com distribuição normal (paramétricos) e aplicamos o coeficiente de correlação de Pearson (r) para avaliar a relação direta entre a precipitação e a vazão anuais, enquanto para as variáveis que não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico de Spearman (p). Da mesma

forma buscou-se identificar a influência dos eventos ENOS, através da análise de correlação entre os dados do Índice Oceânico de Niño, em inglês, Oceanic Niño Index (ONI), que caracterizam a intensidade dos fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS) (Huang et al., 2017) com as vazões médias mensais. Assumindo uma significância de 5% ($p > 0,05$) para as correlações.

Os valores do ONI são expressos numa escala trimestral, logo, para correlacionar o ENOS com a vazão, utilizou-se a escala mensal, tendo como referência o mês do meio, de modo que no índice do trimestre janeiro/fevereiro/março (JFM), por exemplo, foi utilizado com a vazão média do mês de fevereiro.

Para verificar se houve mudanças significativas no comportamento hidrológico das

variáveis, utilizou-se os testes estatísticos paramétricos de Fisher e Student e não paramétrico de Wilcoxon, através dos quais foram testadas as hipóteses (H_0) de igualdade das variâncias e a homogeneidade das médias, ou medianas, no caso das distribuições não parametrizadas, a 5% de significância ($p < 0,05$), para os períodos de 1971 a 1994 com 1995 a 2018. O que possibilitou a análise de estacionariedade das vazões mínimas, médias e máximas anuais, bem como da precipitação anual em cada estação e média na bacia.

Para avaliação da disponibilidade hídrica ao longo do tempo, fez-se a análise nas frequências acumuladas, ou permanências, na qual foi aplicada para a série completa de vazões e para sub-períodos, pois a comparação das curvas também permite avaliar a estacionariedade (Detzel et al, 2016).

Resultados e discussão

Comportamento Hidrológico

A vazão média de longo período (1971 a 2018), exceto os anos de 1991 a 1996, foi de $22,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($s^2 = 8,5$), a máxima média de $192,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($s^2 = 4,5$) e a mínima média de $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($s^2 = 2,9$). Em escala diária, a segunda menor vazão já registrada foi $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$, em outubro de 1998, e a maior vazão registrada foi $352,7 \text{ m}^3/\text{s}$ em novembro de 1976. Já a última cheia registrada, $235,9 \text{ m}^3/\text{s}$, foi em dezembro de 2017.

Com a caracterização da precipitação média mensal de longo período, foi possível identificar os períodos de estiagem e o chuvoso, bem como o início do ano hidrológico que começa em outubro (Figura 2).

Figura 2. Precipitação (mm) e Vazão média mensal (m^3/s) na bacia do rio Buranhém e imediações para o período de 1972 a 2017.

Os períodos de estiagem predominam entre maio e setembro, enquanto o período mais chuvoso ocorre entre outubro e janeiro. Apenas na estação Guaratinga, este comportamento é diferente, com período seco entre outubro e fevereiro e uma melhor distribuição das chuvas durante o ano, assim como a estação Mundo Novo. A estação Rubim apresenta estações chuvosas e secas mais marcadas, bem como também apresenta uma maior variabilidade anual.

Dados da estação pluviométrica mais litorânea, em Porto Seguro, também indicaram maior período chuvoso entre maio e setembro, porém não foi considerada nesta análise por não apresentar influência na área de estudo conforme os polígonos de Thiessen. Esta influência litorânea foi verificada em um estudo (Chaves, 1999) específico que explicou o comportamento diferenciado da

precipitação no litoral Sul da região Nordeste do Brasil, pelos sistemas frontais, enquanto nas maiores longitudes, há maior influência da banda de atividade convectiva associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e um ciclo anual bem definido.

Tendo em vista as fortes correlações entre os dados de chuva e vazão, propõe-se um modelo linear (Equação 1) para preenchimento da série nos anos sem dados de vazão, tendo como variável independente a precipitação anual, com um coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,84.

$$Q_{med} = 0,0272P_{med} - 6,6893 \text{ (Equação 1)}$$

Em que:

Q_{med} : Vazão média anual (m^3/s);

P_{med} : Precipitação anual média na bacia (mm).

Também foram gerados modelos para as vazões médias mensais (Qm):

$$Qm = 0,2396P_{(\text{Mundo Novo})} - 0,4833 \text{ (Equação 2)}$$

$$r^2 = 0,76$$

$$Qm = 0,168P_{(\text{Jacinto})} + 11,271 \text{ (Equação 3)}$$

$$r^2 = 0,86$$

$$Qm = 0,1511P_{(\text{Rubim})} + 11,84 \text{ (Equação 4)}$$

$$r^2 = 0,89$$

$$Qm = 0,1567P_{(\text{Jucuruçu})} + 8,9379 \text{ (Equação 5)}$$

$$r^2 = 0,70$$

$$Qm = 0,2089P_{(\text{Duas Barras})} + 2,8297 \text{ (Equação 6)}$$

$$r^2 = 0,75$$

$$Qm = (-0,1344P_{(\text{Guaratinga})}) + 34,396 \text{ (Equação 7)}$$

$$r^2 = 0,30$$

$$Qm = 0,2297P_{(\text{média})} + 1,8283 \text{ (Equação 8)}$$

$$r^2 = 0,83$$

Todas as correlações chuva-vazão anuais foram significativas ($p < 0,05$) e notamos que a precipitação média na bacia exerce forte influência na vazão média (Tabela 3). A estação Rubim, mesmo distante da bacia, possui correlação forte com as vazões anuais médias e é a que mais influencia no comportamento das vazões mensais. Destaca-se, portanto, a contribuição do volume precipitado na região oeste da bacia, que apresenta características físicas que contribuem para o escoamento superficial e baixo armazenamento (Silva et al., 2020).

Tabela 3 - Comportamento chuva-vazão na bacia.

	Mundo Novo (mm)	Jacinto (mm)	Rubim (mm)	Jucuruçu (mm)	Duas Barras (mm)	Guaratinga (mm)	Pmédia (mm)
Área (km ²)	116,00	19,40	152,90	741,20	1223,90	147,40	2400,80
P anual (mm)	1118,45	782,71	768,27	1147,90	1010,23	1231,35	1057,54
P out – jan (mm)	499,63	452,20	472,97	470,34	526,40	257,39	488,07
P mai – set (mm)	336,93	120,12	100,19	241,46	300,33	568,80	287,62
Coefficientes de Correlação Anuais (r)							
PxQmed	0,67*	0,70*	0,83**	0,77*	0,82*	0,86*	0,90*
PxQmax	0,44**	0,46**	0,58**	0,45**	0,59**	0,54**	0,64**
PxQmin	0,36 ^{ns}	0,48*	0,54**	0,50*	0,59*	0,60*	0,62*
PxQ50	0,64*	0,70*	0,78**	0,74*	0,81*	0,84*	0,88*
Px95	0,51*	0,44*	0,55**	0,58*	0,60*	0,62*	0,67*

Em que: P – precipitação média anual (mm); Qmed – vazão média anual (m³/s); Qmax – vazão máxima anual (m³/s); Qmin – vazão mínima anual (m³/s); Q50 – vazão mínima de permanência em 50% do tempo (m³/s); Q95 – vazão mínima de permanência em 95% do tempo (m³/s); * correlação significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$); ^{ns} correlação não significativa ao nível de 5% ($p > 0,05$); ** coeficiente de Spearman com correlação significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$)

Ao observar os coeficientes de determinação das equações, nota-se que a estação Guaratinga, além de apresentar maiores índices pluviométricos durante o período de recessão do hidrograma de vazões (Figura 2), apresentou maior correlação com as vazões anuais. Por este motivo,

sugere-se que esta área de influência pode atuar na manutenção do fluxo base das vazões para os períodos secos, uma vez que a formação das chuvas pode estar vinculada às brisas marítimas e à chuva orográfica nesta região da bacia.

Ao avaliar os valores anuais (Figura 3), nota-se uma tendência de redução da vazão e da precipitação ao longo da série estudada, especialmente na última década, ainda que haja uma grande variabilidade interanual. Também se verifica que em alguns anos, a variação da vazão

não acompanhou a variação da precipitação média na bacia, sendo um indicativo da interferência de outros fatores. Esta tendência também foi observada em bacias vizinhas (Genz e Tanajura, 2013).

Figura 3 - Precipitação Anual Média (mm) e Vazão Média Anual (m^3/s) na bacia do rio Buranhém e imediações para o período de 1972 a 2017.

O ano com menor precipitação total, 520 mm, foi 2015/2016, período no qual foi registrada a menor vazão mínima, $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, e uma vazão média anual de $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, condições muito inferiores às observadas anteriormente. Neste período, foi anunciada uma crise hídrica na região junto ao órgão ambiental estadual (INEMA) para eventual declaração de calamidade pública. As maiores chuvas já registradas na bacia ocorreram entre 1991 e 1992, com um total anual de 1.758 mm, e vazão média estimada em $41,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

A precipitação média de 1972 a 1994 foi de 1150,9 mm, e de 1995 a 2018 foi 964,1 mm, o que representa uma redução de 16% da precipitação ao longo dos anos. Isto também foi notado para vazão destes períodos que teve uma redução de 19%.

A hipótese de igualdade das médias foi rejeitada para algumas variáveis (Tabela 4), ou seja, identificou-se uma mudança no comportamento hidrológico da bacia, que pode ter mesmo uma associação com as modificações no uso e ocupação do solo e uma maior intensidade e frequência de ocorrência dos eventos climáticos que influenciam na região.

No segundo período, entre 1995 a 2018, registrou-se na bacia uma precipitação média 187mm menor que a do período anterior, que refletiu em uma redução de 31% da vazão mínima. A não estacionariedade das séries tem implicações no cálculo da disponibilidade hídrica de um rio (Detzel et al., 2016), e, portanto, os parâmetros hidroclimáticos da bacia do Buranhém e imediações do PDRH do Extremo Sul da Bahia e quaisquer outras avaliações que tenham sido realizadas para períodos anteriores à 1995 precisam ser revistas. Por sua vez, as reduções da precipitação anual e das vazões mínimas reafirmam a importância desta estimativa para a gestão dos recursos hídricos em um cenário de possível crise hídrica. Neste caso, pode-se identificar que a variabilidade climática pode ser uma das principais causas das oscilações interanuais da chuva-vazão, enquanto outras variações podem indicar influências de processos externos, como por exemplo, drásticas mudanças na cobertura da terra (Moran-Tejeda et al., 2010). Portanto, levando-se em conta que o desmatamento pode alterar os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico (Tucci e Mendes, 2006), faz-se necessária a investigação da influência dos

condicionantes climáticos e ambientais que resultaram na não estacionariedade das séries temporais utilizadas neste trabalho.

Tabela 4 - Avaliação da estacionariedade das séries de precipitação anual (mm) das estações com área de influência na bacia do rio Buranhém e média anual (Pm) e das vazões média anual (Qmed), máxima (Qmax) e mínima (Qmin) médias (m³/s) a 5% de significância para os períodos 1972 a 1994 (A) com 1995 a 2018 (B)

Nome (Código)	s ² (A)	s ² (B)	Média ou Mediana A	Média ou Mediana B	P(F ≤ f)	P(T ≤ t) ou P(W ≤ w)
Mundo Novo (01639000)	50.119,6	38.400,2	1.204,9	1.032,0	0,255	0,008
Jacinto (01640000)	42.400,8	52.955,3	775,2	790,2	0,303	0,817
Rubim (01640009)			803,95	703,30		0,367*
Jucuruçu (01640012)	95.626,8	77.231,3	1.296,6	999,2	0,310	0,001
Duas Barras (01639004)	94.535,2	48.322,9	1.082,2	938,3	0,061	0,075
Guaratinga (01639026)	104.488,1	48.982,3	1.323,8	1.138,9	0,041	0,029
Pm	76275,2	49444,1	1150,9	964,1	0,158	0,015
Qmed	67,15	62,46	24,47	19,78	0,435	0,069
Qmax			202,33	147,32		0,357*
Qmin	7,66	5,34	7,79	5,34	0,404	0,005

Em que: s² é a variância da série; P é a probabilidade; médias são valores estatisticamente diferentes (p < 0,05); e * resultados do teste não parametrizado de Wilcoxon.

Deve-se considerar que: a análise de frequências avalia padrão de variação das vazões; a média aritmética de uma amostra apresenta a desvantagem de ter seu valor afetado pela eventual presença de pontos atípicos e que, segundo (Naghettini e Pinto, 2007), a mediana (Q₅₀), é uma medida de posição que reduz este efeito.

O valor da Q₅₀ é importante nesta análise, pois quanto mais horizontal for a curva de permanência, isto é, mais próxima deste valor, mais regularizado é o curso de água, podendo indicar se a contribuição dos aquíferos é relevante (Collischonn e Dorneles, 2015). Em apenas 5% do tempo, as vazões variaram de 61,0 m³/s a 336,0 m³/s, o que caracteriza uma curva de permanência verticalizada, enquanto as vazões com maior permanência no tempo, Q₅₀ e Q₉₅, foram 15,3 e 4,9 m³/s, respectivamente.

Como aplicação na hidrologia, alguns autores utilizaram a razão Q₉₀/Q₅₀ para indicar uma proporção do volume total escoado que é mantido pelo escoamento de base (Nathan e McMahon, 1990; Aksoy et al., 2009; Collischonn e Fan, 2013). Portanto sendo esta razão igual a 0,43, pode-se levantar a hipótese de uma baixa contribuição dos aquíferos na bacia do Buranhém. Esse resultado

corroborar a distribuição dos sistemas de aquíferos (ANA, 2016), onde se observa predominância dos Aquíferos Fissurais com produtividade baixa ou muito baixa (IBGE, 2013) na região em que a bacia está inserida, especialmente na sua porção oeste.

O estudo dos indicadores morfométricos – com baixo K_f (0,18), associado ao K_c alto (3,27) e I_c baixo (0,092) – permitiu identificar que a bacia de estudo apresenta forma alongada, estreita e irregular (Tabela 2). A ramificação na drenagem é especialmente presente nas porções superiores da bacia, com relevo mais acentuado, enquanto o formato alongado é característico em toda a área de estudo. A Densidade de drenagem (D_d), igual a 1,94, indica uma média capacidade de drenagem, que pode favorecer o escoamento superficial e promover a concentração da vazão em alguns trechos do rio, como observado no estudo das sub-bacias (Silva et al., 2020). Sabendo que bacias alongadas com drenagem ramificada podem produzir baixas vazões e picos de máximas (Gajbhiye et al., 2014), esta análise corroborou para a melhor compreensão do comportamento hidrológico.

Tabela 5 - Parâmetros morfométricos da bacia do rio Buranhém e dos cursos de água no trecho a montante da estação fluviométrica.

Parâmetro	Valor	Unidade
Área (A)	2.400,7	km ²
Perímetro (P)	571,8	km
Comprimento Axial (L)	115,5	km
Amplitude Altimétrica (H)	766,0	m
Comprimento dos Canais (Lt)	4131,8	km
Comprimento do canal principal (Lc)	135,0	km
Tempo de Concentração (Tc)	78,1	h
Coefficiente de compacidade (Kc)	3,27	adimensional
Índice de Circularidade (Ic)	0,09	adimensional
Fator de forma (Kf)	0,2	adimensional
Densidade de drenagem (Dd)	1,9	km/km ²
Índice de rugosidade (Ir)	1,5	adimensional

Entende-se que as características fisiográficas da bacia contribuem para a baixa regularidade das vazões, visto que o tempo de concentração calculado foi de 78 horas, e com relação às características da rede de drenagem, este é considerado baixo (Silveira, 2005).

A divisão da série em sub-períodos (Figura 4) demonstra as mudanças no comportamento hidrológico através das curvas de permanência. Nota-se a redução da vazão principalmente para as vazões menores que a mediana (ou que ocorrem em mais de 50% do tempo de cada série), reforçando a hipótese de tendência de redução das vazões

mínimas. A maior disponibilidade hídrica ocorreu no período entre 1998 - 2008 quando a curva foi mais horizontal, o primeiro período da série, 1972 - 1990 também apresentou maior distribuição com relação aos demais. Quando considerados os períodos após 1998, notam-se curvas mais inclinadas e uma redução nas vazões com maiores permanências na medida em que reduzimos a série para períodos mais atuais. Isto fica evidente nos últimos 10 anos, com baixa regularidade de vazões e implicações na vazão de referência (Q_{95}), muito menor do que a da curva mediana.

Figura 4 - Curvas de permanência para a série completa; curva mediana e sub-períodos: 1972 – 1990; 1985 – 2018; 1998 – 2008; 1998 – 2018; 2007 – 2018.

Em uma análise da permanência das vazões em cada ano, verificamos que em metade dos anos estudados ocorreram vazões medianas iguais ou superiores a 15 m³/s e em apenas 6 anos (15% de permanência) a vazão média foi igualada ou superada. Porém, quando se faz a análise de frequência da Q₅₀, a vazão com garantia em todos os anos da série é igual a 2,4 m³/s.

Variabilidade das vazões e o fenômeno ENOS

De maneira geral, os resultados demonstraram uma grande variabilidade interanual. As variações da precipitação e as respostas na vazão, demonstradas nas seções anteriores, podem ser explicadas pela presença de fenômenos climáticos na região.

A avaliação do Índice Oceânico de Niño (ONI) e das vazões indica que parte dessas variações podem ser explicadas por fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS) intensos. Isto é relevante do ponto de vista da segurança hídrica, uma vez que fenômenos como os ENOS podem gerar secas no período em que geralmente ocorreria a estação chuvosa, a exemplo do que ocorreu nos anos de 1986 e 1989, e índices acima da média na estação chuvosa entre 1991 e 1992 (Chaves, 1999).

Quando a série de vazões anuais foi normalizada, de modo que fosse possível verificar a variação em torno da média, observaram-se variações negativas na vazão média em 1972/1973 (44,3%), 1974/1975 (28,4%), 1987/1988 (41,4%), 1988/1989 (54,3%) e 1997/1998 (65,2%), quando ocorreram eventos de La Niña fortes (ONI abaixo de -1,5), enquanto apenas no ano de 2016/2017, na outra fase do fenômeno, ocorreu uma variação negativa de 33,3%.

Da mesma forma, foram observadas variações positivas nos anos de 1981/1982 (41,9%), 1990/1991 (63,3%), e 1996/1997 (47,3%), que coincidiram com a ocorrência de eventos de El Niño fortes (ONI acima de 1,5). Isto contribui para um estudo realizado na região, em que as tendências das vazões das estações fluviométricas, identificou-se um padrão de variação, com uma tendência de redução e uma variabilidade em ciclos com períodos de aproximadamente 12 anos, relacionados ao fenômeno ENOS (Genz e Tanajura, 2013).

A análise de correlação entre o ONI e a vazão média mensal (Tabela 6) permitiu verificar que há correlações significativas entre estas variáveis, o que indica, nesta análise preliminar, uma possível influência desta forçante climática.

Tabela 6 - Correlação entre as vazões médias mensais e valores trimestrais da ONI.

	Correlação de Pearson (r)								Correlação simples de Spearman (p)			
	Qmai	Qjun	Qjul	Qjan	Qfev	Qmar	Qabr	Qago	Qset	Qout	Qnov	Qdez
DJF	-0,16	-0,18	-0,29	-0,12	0,04	-0,05	-0,08	-0,02	0,01	-0,15	-0,26	-0,14
JFM	-0,18	-0,20	-0,30	-0,16	0,05	-0,07	-0,11	-0,01	0,05	-0,15	-0,3	-0,16
FMA	-0,16	-0,19	-0,29	-0,12	0,07	-0,07	-0,11	0,04	0,08	-0,13	-0,29	-0,19
MAM	-0,05	-0,04	-0,21	-0,06	0,17	0,02	-0,04	0,14	0,15	-0,11	-0,31*	-0,2
AMJ	0,12	0,15	-0,05	0,05	0,26	0,07	0,03	0,24	0,25	-0,01	-0,21	-0,24
MJJ	0,25	0,27	0,10	0,17	0,30*	0,04	0,1	0,34*	0,36*	0,08	-0,22	-0,3
JJA	0,30	0,30	0,17	0,24	0,28	0,02	0,15	0,34*	0,40*	0,13	-0,23	-0,39*
JAS	0,31*	0,33*	0,19	0,29	0,27	0,08	0,18	0,31*	0,36*	0,11	-0,21	-0,37*
ASO	0,29	0,34*	0,21	0,30*	0,24	0,08	0,18	0,26	0,32*	0,09	-0,21	-0,35*
SON	0,28	0,36*	0,22	0,33*	0,23	0,1	0,19	0,26	0,32*	0,13	-0,15	-0,33*
OND	0,29	0,38*	0,23	0,34*	0,22	0,1	0,2	0,27	0,32*	0,15	-0,15	-0,34*
NDJ	0,32*	0,40*	0,23	0,38*	0,23	0,12	0,22	0,28	0,32*	0,18	-0,14	-0,35*

Em que: DJF, JFM, FMA, MAM, AMJ, MJJ, JJA, JAS, ASO, SON, OND, NDJ são os valores trimestrais do ONI para os meses anterior e posterior a janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente; Qjan, Qfev, Qmar, Qabr, Qmai, Qjun, Qjul, Qago, Qset, Qout, Qnov, Qdez são as vazões médias mensais da série histórica; * são as correlações significativas a 5% (p < 0,05).

Nota-se que o ENOS tem maior influência nas vazões quando ocorre entre junho e dezembro. Isto corrobora para um estudo que identificou anomalias de precipitação no sul da bacia Atlântico Leste no trimestre de junho, julho e agosto (JJA) (Araújo et al., 2013). Os meses que apresentaram correlação entre o ONI e a vazão foram agosto, setembro e dezembro.

Os valores positivos e negativos dos coeficientes de correlação podem ser associados às fases dos eventos ENOS e a tendência de aumentar ou diminuir as vazões médias mensais, da seguinte forma:

- a) Coeficiente positivo: quando o valor do ONI é positivo e está aumentando e temos um aumento da vazão média, podemos levantar a hipótese de que um evento El Niño forte influenciou esta tendência; ou quando o ONI é negativo e as vazões estão diminuindo, esta tendência poderia ser devido à La Niña.
- b) Coeficiente negativo: quando o El Niño provoca diminuição da vazão ou quando a La Niña provoca o aumento da vazão mensal.

A análise de correlação permitiu verificar que em novembro e dezembro há uma variação inversa com relação às fases do ENOS. Sendo este o mês em que geralmente ocorrem as maiores vazões médias, faz-se necessário a avaliação desta influência nas séries de precipitação que não seguem a mesma variação sazonal que a vazão.

Em agosto e setembro geralmente ocorrem as menores vazões, portanto havendo uma tendência de aumento das vazões mensais relacionadas ao El Niño configuraria um ano com maior disponibilidade hídrica, por outro lado, esta relação ocorrendo sob influência da La Niña resultaria em período com maior risco para a segurança hídrica.

Disponibilidade Hídrica e Parâmetros para Referência

Conforme a legislação vigente, a vazão de referência para definição de critérios de outorga de direito de uso de água, para rios de domínio federal é a Q_{95} e cada usuário pode captar no máximo 20% da mesma até que o total de outorgas concedidas não ultrapasse 70% desse valor (ANA, 2011). Sabendo que a vazão varia ao longo da bacia, temos

um resultado pontual para as proximidades da estação fluviométrica, sendo recomendado, na falta de uma densa rede hidrometeorológica, a obtenção da Q_{95} de forma espacializada através de metodologias de regionalização, permitindo assim a análise de eventos extremos e o gerenciamento de risco na bacia ao fornecer subsídios para o estudo do impacto das alterações climáticas e as mudanças associadas na disponibilidade de água (Maciel et al., 2019).

Tendo em vista o melhor aproveitamento dos recursos hídricos e diante da diferença entre os valores da Q_{95} calculados, nota-se a importância do período de referência considerado para o cálculo desta vazão, especialmente quando a mesma é utilizada como referência para outorgas. Entre 1985 – 2018, quando os testes identificaram estacionariedade, a análise de frequência resultou em uma Q_{95} igual a 3,9 m³/s, enquanto de 2007 a 2018, 2,9 m³/s.

Estes resultados explicitam a necessidade de se avançar nas discussões deste critério, bem como a análise da restituição de vazões naturais. Pois, de acordo com o sistema de regulação da ANA, atualmente o rio Buranhém possui, um total de outorgas de direito de uso para captação de 2,51 m³/s, sendo 88% desta vazão referente ao abastecimento de água do município de Eunápolis até o ano de 2052 (ANA, 2018).

A avaliação da série mais atual identificaria que 95% da vazão outorgável nesta parte do rio já se encontra oficialmente concedida. Ou seja, um eventual aumento na captação de água para abastecimento de áreas a montante e a jusante do posto de amostragem restringem severamente qualquer proposta de outras outorgas a partir do rio Buranhém, caso sejam mantidas: a disponibilidade hídrica identificada à jusante; as outorgas vigentes e os critérios para as mesmas. Nesse caso, a adoção de um período menor e mais recente de dados, se por um lado reduz o período de retorno, por outro dá maior segurança quanto ao comportamento das vazões mínimas, diante da não estacionariedade observada. Ainda, tem-se como maior empecilho para o planejamento e gestão, bem como para a análise das séries, o cômputo de vazões já captadas e não outorgadas.

Alguns estudos já avaliaram os critérios para emissão de outorgas a fim de propor soluções para otimizar o uso dos recursos hídricos em outras bacias (Costa et al., 2019), logo temos diversas possibilidades de estudo que podem partir das considerações aqui apresentadas. Portanto propõe-

se que o critério de referência para outorga no rio Buranhém seja amplamente discutido, no âmbito do CBHFRABS e do INEMA, buscando um novo Plano de Bacia Hidrográfica, e todos os estudos necessários para a realização do mesmo, como instrumentos essenciais para garantir a segurança hídrica dos usuários da bacia.

Conclusões

Levando-se em consideração que esta bacia tem um comportamento de não estacionariedade, com tendência de redução de 16% da precipitação anual, 31% da vazão mínima média, 19% da média e 27% da máxima média. Considerando também que os efeitos climáticos influenciam intensamente na sazonalidade da chuva-vazão e que a vazão de permanência tem uma dependência direta do fluxo de base nos períodos secos. Nota-se que, devido à baixa regularidade, em certas partes da bacia os cursos d'água afluentes podem se comportar como efêmeros, comprometendo toda uma cadeia produtiva e de abastecimento.

Conclui-se que a gestão e uso dos recursos hídricos da bacia em estudo, para abastecimento da população local, turística e também para suprir a demanda agropecuária regional, é comprometida: pela redução significativa da precipitação e da vazão, agravada pelos usos não sustentáveis ao longo da bacia; devido aos efeitos do uso e ocupação do solo; efeitos climáticos que atuam na região, como o ENOS.

Logo, há necessidade de estudos mais detalhados para o gerenciamento e regulamentação da outorga do uso dos recursos hídricos do rio Buranhém. A definição do período de referência é importante para o melhor aproveitamento e gestão da disponibilidade hídrica, visto que a Q_{95} anual pode variar em até 43% de um ano para o outro a depender da variação da pluviosidade.

Diante do exposto, recomenda-se para uma melhor gestão da bacia: a continuidade dos estudos hidroclimatológicos; o aumento da cobertura espaço-temporal da rede de monitoramento; a realização de estudos de regionalização das vazões; o planejamento adequado e racional da relação oferta-demanda hídrica na bacia do rio Buranhém - como a implementação do plano de bacia e dos demais instrumentos previstos na Lei 9.433/97, sob risco de agravamento de situações de conflitos pela água.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais (PPGCTA) e toda a equipe da Universidade Federal do Sul da Bahia. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Referências

- Aksoy, H.; Kurt, I.; Eris, E. 2009. Filtered smoothed minima baseflow separation method. *Journal of Hydrology*. 372. 94–101
- ANA. 2016. Sistemas Aquíferos. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 21 out. 2019.
- _____. HIDRO. 2019. Sistema de Informações Hidrológicas. Versão 1.3. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/snirh-1/sistemas/gestao-e-analise-de-dados-hidrologicos>>. Acesso em: 21 out. 2019.
- _____. Atlas Brasil. 2018. Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geal.aspx?est=13>>. Acesso em: 15/05/2018.
- _____. Mapa da RH Atlântico Leste. 2014.
- _____. Hidroweb. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 31 ago. 2017.
- _____. Painel Gerencial de Outorgas. 2018. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjo1MjY0ZDgxNjAtNDNINS00NGM4LWlxNzgtZDZhNmI0MWRhYWwFkIiwidCI6ImUwYmI0MDYyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTkyN2ZjZDZiYjY0OCJ9>>. Acesso em: 31/10/2018.
- BAHIA. 1997. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacias Hidrográficas do Extremo Sul. Salvador, Bahia: HYDROS.
- Bertoni, J. C.; Tucci, C. E. M. 2007. Precipitação. In.: Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH.
- Capozzoli, C. R. Et Al. 2017. Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos. *Rev. bras. meteorol.* 32(2), 243-254.
- Chaves, R. R. 1999. Variabilidade da Precipitação na Região Sul do Nordeste e Sua Associação com Padrões Atmosféricos. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos: INPE.

- Cheng, G. D.; Li, X. 2015. Integrated research methods in watershed science. *Science China: Earth Sciences* 58, 1–10.
- Christofoletti, A. 1980. *Geomorfologia*, 2ª edição, Editora Edgard Blucher, São Paulo 188 p.
- Collischonn, W.; Dornelles, F. 2015. *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. 2a ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). 336 p.
- Collischonn, W.; Fan, F. 2012. Defining Parameters for Eckhardt's Digital Base Flow Filter. *Hydrological Processes* 27 (18), 2614–1622.
- Costa, E. S.; Salla, M. R.; Pereira, C. E.; LIMA, G.. 2019. Otimização do aproveitamento hídrico superficial no alto curso do rio Uberaba, Triângulo Mineiro. *Sociedade & Natureza* 31 (29).
- Detzel, D. H.M.; Fernandes, C.V.S.; Mine, M.R.M. 2016. Não Estacionariedade na Construção de Curvas de Permanência com Vistas à Outorga de Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 21, 80 - 87.
- França, M. V., Medeiros, R. M., Araújo, W. R., Holanda, R. M. 2020. Water balance and its variability in El Niño and La Niña periods aiming at erosive oscillations in Amparo de São Francisco - Sergipe – Brazil. *Research, Society and Development* 9(9).
- Gasques, A. C. F., Neves, G. L., Santos, J. D. dos, Mauad, F. F., & Okawa, C. M. P. 2018. Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. *Revista Eletrônica De Engenharia Civil* 14(2).
- Guerrero, T. 2020. Crisis del agua, turismo y variabilidad climática en la isla de San Andrés. *Turismo y Sociedad* 26, 127-154.
- IBGE. População no último censo: IBGE, Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>> Acesso em 08/2018.
- _____. 1994. Censo Demográfico 1950. Rio de Janeiro: Anuário Estatístico do Brasil, vol 54.
- _____. 2013. Mapa Hidrogeológico da Região Nordeste. Disponível em: <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/metadados.show?id=18328&currTab=simple>. Acesso em: 21 out. 2019.
- INDE. 2018. Base Hidrográfica Ottocodificada 1:250.000. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/metadados.show?id=381957&currTab=simple>>. Acesso em: 21 out. 2019.
- INEMA. 2014. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Mapa das RPGA's - Banco de Dados do INEMA. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wpcontent/files/M_Tematico_rpga.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.
- INMET. 2019. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP. <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 21 out. 2019.
- INPE. 2019. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. TOPODATA. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso: 21 out. 2019.
- Gajbhiye, S.; Mishra, S.K.; Pandey, A. 2014. Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective. *Appl Water Sci* 4, 51–61.
- Genz, F.; Tanajura, C. A. S. 2013. Trends and variability of climate and river flow in the region of Costa das Baleias, Brazil. *Water Science & Technology* 67, 47-54.
- Huang, B.; Thome, P.W.; Banzon, V.F.; Boyer, T.; Chepurin, G.; Lawrimore, J.H.; Menne, M.J.; Smith, T.M.; Vos, R.S.; Zhang, H. 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *J. Climate* 30, 8179–8205.
- Maciel, A.L., Vieira, E.M., Mor, R.C.M, Vasques, A.C. 2019. Regionalização e espacialização de vazões de permanência: estudo aplicado na bacia rio Piracicaba-MG. *Revista Brasileira de Climatologia* 24.
- Morán-Tejeda, E.; Ceballos-Barbancho, A.; Llorente-Pinto, J.M. 2010. Hydrological response of Mediterranean headwaters to climate oscillations and land-cover changes: The mountains of Duero River basin (Central Spain). *Global and Planetary Change* 72, 39–49.
- Naghetini, M.; Pinto, E. J.; 2007. Andrade. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil,. 552 p.
- Nathan, R.J., McMahon, T.A. 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water Resources* 26 (7), 1465–1473.
- NOAA. 2019. Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present). Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 25 out 2019.

- QGIS. 2019. Disponível em: <<https://www.qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 25 out 2019.
- SAS INSTITUTE INC. SAS 2014. University Edition: installation guide for windows. Cary: SAS Institute, 2014. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/software/university-edition/download-software.html>. Acesso em: 21 out. 2019.
- SEPLAN, 2019. Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia. Territórios de Identidade. Disponível em: <www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>. Acesso em: 21 out. 2019.
- SETUR, 2019. Secretaria de Turismo do Estado da Bahia. Disponível em: <<http://www.setur.ba.gov.br/2019/08/1344/CV-C-quer-levar-500-mil-turistas-a-Porto-Seguro-em-2020.html>>. Acesso em: 21 out. 2019.
- Silva, G.M.F. 2019. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do rio Buranhém, 2019. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais). Universidade Federal do Sul da Bahia. Porto Seguro,
- Silva, G.M.F., Lopes, E.R.N., Zanchi, F.B., Silva, J.B.L. 2020. Divisão fisiográfica da bacia do rio Buranhém como subsídio para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. *Gaia Scientia* 14(4): 117-135
- Silveira, A.L.L. 2005. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 10, 5-23.
- Sousa, H. T.; Pruski, F.F.; Bof, L. H. N.; Cecon, P. R.; Sousa, J. R. C. 2009. SisCAH 1.0. Viçosa: Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos: GPRH. 2009.
- Tucci, C.E.M.; Mendes, C.A. 2006. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA. 302 p. 2006.
- Villela, S. M.; Mattos, A. 1975. Hidrologia Aplicada. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 245p.