



HIDROLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

HYDROLOGY OF THE RIO DOCE HYDROGRAPHIC BASIN IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL

HIDROLOGÍA DE LA CUENCA DEL RIO DOCE EN EL ESTADO DE ESPÍRITO SANTO, BRASIL

FRANCISCO GLEIDSON DA COSTA GASTÃO^{1*}

SÉRGIO BEZERRA LIMA JÚNIOR²

CLÁUDIO ANTÔNIO LEAL³

LUIS PARENTE MAIA⁴

¹Doutor em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará/UFC.
E-mail: f.gleidson@ufc.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7375-336X>

²Doutor em Geologia, Professor do Instituto de Ciências do Mar, Labomar, Universidade Federal do Ceará/UFC.
E-mail: sergiobj@gmail.com, ORCID: <http://ordic.org/0000-0002-0462-2929>

³Mestre em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará/UFC. Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras),
Unidade Operacional do Espírito Santo (UO-ES) / SMS/MA.
E-mail: cleal@petrobras.com.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8380-5300>

⁴Doutor em Ciencias del Mar, Universitat de Barcelona, UB, Espanha.
E-mail: parente.ambes@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3109-4030>

RESUMO

O presente estudo da hidrologia da bacia hidrográfica do Rio Doce no estado do Espírito Santo contou com o tratamento estatístico da série histórica (1968 a 2021) de dados da HIDROWEB v3.2.6 da Agência Nacional de Águas, além de dados de radar da SRTM. As vazões acompanham a variação dos dados de precipitação média mensal. A vazão média de longa duração (Q_{mld}) apresentou significativa correlação entre as microbacias do Rio Doce. Já as vazões médias mensais de referência (Q_{90}) e ($Q_{7,10}$), adquiridas da curva de permanência, mostraram baixa correlação com a variação da precipitação durante um ano. Deste modo, conclui-se que a hidrologia da bacia é principalmente regida pelo controle morfoestrutural, que por sua vez exerce forte influência nos fatores geomorfológicos e fluviais, sobretudo em períodos de estiagem na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Vazões de Referência. Hidrologia. Controle Morfoestrutural.

ABSTRACT

The present study of the hydrology of the Rio Doce hydrographic basin in the state of Espírito Santo relied on the statistical treatment of the historical series (1968 to 2021) of data from Hidroweb v3.2.6 of the National Water Agency, as well as radar data from SRTM. The flows follow the variation of the average monthly precipitation data. The long duration average flow (Q_{mld}) showed a significant correlation between the Rio Doce micro watersheds. The reference monthly average flows (Q_{90}) and ($Q_{7,10}$), acquired from the permanence curve, showed low correlation with precipitation variation during one year. Thus, it is concluded that the hydrology of the basin is mainly governed by morphostructural control, which in turn has a strong influence on geomorphological and fluvial factors, especially in periods of drought in the basin.

Keywords: Rio Doce Basin. Reference Flows. Hydrology. Morphostructural Control.

RESUMEN

El presente estudio de la hidrología de la cuenca hidrográfica del Río Doce, en el estado de Espírito Santo, se basó en el tratamiento estadístico de las series históricas (1968 a 2021) de datos de Hidroweb v3.2.6 de la Agencia Nacional del Agua, así como de los datos de radar del SRTM. Los caudales siguen la variación de los datos de precipitación media mensual. El caudal medio de larga duración (Q_{mld}) mostró una correlación significativa entre las microcuencas del Río Doce. Los caudales medios mensuales de referencia (Q_{90}) y ($Q_{7,10}$), adquiridos a partir de la curva de permanencia, mostraron una baja correlación con la variación de la precipitación durante un año. De este modo, se concluye que la hidrología de la cuenca se rige principalmente por el control morfoestructural, que a su vez ejerce una fuerte influencia sobre los factores geomorfológicos y fluviales, especialmente en los periodos de sequía de la cuenca hidrográfica.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica del Río Doce. Flujos de Referencia. Hidrología. Control Morfoestructural.



INTRODUÇÃO

Segundo Cunha (2001) a geomorfologia fluvial tem o objetivo de analisar as características físicas de uma região hidrográfica, geralmente uma bacia, e entender a influência da morfologia do terreno sobre o comportamento do escoamento das águas de superfície. Este tipo de estudo pode dar suporte à compreensão dos aspectos da hidrologia que, segundo Naghettini & Pinto (2007), tem o objetivo de estudar e abranger a relação espaço-temporal entre os índices de vazão fluvial em uma bacia hidrográfica e os fenômenos meteorológicos, sobretudo os relacionados aos regimes de chuvas, que, por sua vez, são condicionados aos climas regional e global.

A maioria das pesquisas que tratam da geomorfologia de uma bacia hidrográfica é voltada para o tratamento das suas características morfométricas (CHRISTOFOLETTI, 1969; LANA *et al.*, 2001; CARDOSO *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2010; FONSECA & AUGUSTIN, 2014; VIECELI *et al.*, 2015). Outros estudos têm adotado variáveis meteorológicas dentro de um contexto espaço-temporal (KOHLENER, 2002), e estabeleceram uma relação mais estreita com a geomorfologia fluvial (SOUZA, 2005; ANDRADE *et al.*, 2008; ARRAES *et al.*, 2010; MOREIRA *et al.*, 2011; MONTEIRO *et al.*, 2014; GEORGIN *et al.*, 2015), e objetivaram melhorar o entendimento do mecanismo hidrológico e sua influência sobre outros fenômenos naturais em uma bacia hidrográfica.

Estudos que tratam da compreensão das condições climático/meteorológicas sobre o comportamento do escoamento das águas de superfície, além do entendimento dos aspectos morfológicos, vêm se tornando não somente mais frequentes, mas também importantes, dentro dos contextos socioambiental e econômico, no auxílio à gestão de bacias hidrográficas, visto que o aumento sobre a demanda de uso da água “de fácil acesso”, ou água de superfície, como recurso natural indispensável para a vida, é cada vez mais proporcional ao crescimento populacional (BORDALO, 2012), o que aumenta a pressão sobre o meio ambiente. Este problema se agrava devido a outros fatores como o próprio desenvolvimento demográfico desordenado, a distribuição irregular das chuvas, em virtude das mudanças climáticas, e as falhas na gestão mais efetiva da água como recurso em escala mundial (TUNDISI, 2008).

O estudo sobre o regime de vazões em uma bacia hidrográfica, no entendimento da demanda de consumo, pode ser bastante complexo e envolver diversas variáveis, porém, o estudo da disponibilidade hídrica em uma bacia, a partir da curva de permanência (CRUZ & TUCCI, 2008), demanda menos variáveis e traz resultados bastante satisfatórios para compreensão dos limites inferiores de vazões que podem atender os diversos tipos de consumo de água de superfície sem que o meio ambiente seja prejudicado.

Segundo Cruz & Tucci (2008) o uso consultivo; considerado o que deriva água para os principais abastecimentos em uma região, como o doméstico, o da industrial e o da agricultura; é tradicional na diminuição da vazão no curso de água de superfície, e implica na disponibilidade de massa d'água de montante para jusante, o que, conseqüentemente, altera as condições ambientais da água em uma bacia hidrográfica. Dessa forma, se torna importante entender o regime hidrológico de uma região, principalmente quando estão envolvidos consumos estratégicos de água para a movimentação da economia, além do abastecimento público.

A região da bacia hidrográfica do Rio Doce, correspondente ao estado do Espírito Santo, cursos médio e inferior, representa uma área de extrema importância para as economias local e estadual, uma vez que, comporta cerca de um terço dos municípios da Unidade Federativa. Dentre os municípios, se destacam Aracruz, Colatina e Linhares, listados entre os que possuem maior população estimada no ano de 2019 (IBGE, 2022a) no estado. Esta característica é

acompanhada de alta demanda do consumo de água de superfície, tanto no abastecimento público, como na indústria e agricultura, setores importantes para a economia do estado.

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a hidrologia da bacia hidrográfica do Rio Doce, na área correspondente ao estado do Espírito Santo. E foi norteado pelas condicionantes hidrológicas, sobretudo pela relação entre os índices de precipitação e os fluxos de vazão nos principais cursos fluviais da bacia, a partir de uma série temporal de dados que contemplou 53 anos, além do entendimento dos fatores geomorfológicos.

ÁREA DO ESTUDO

A área da presente pesquisa corresponde ao perímetro da bacia hidrográfica do Rio Doce situado no estado do Espírito Santo (Figura 1), ou cursos médio e inferior do rio (COELHO, 2006), pertencentes à região hidrográfica do Atlântico Leste (CNRH, 2003). O Rio Doce nasce na Serra da Mantiqueira no município de Ressaquinha em Minas Gerais, em uma altitude de cerca de 1000 m. Possui 897 km de extensão até desaguar no Oceano Atlântico na localidade de Regência em Linhares no estado do Espírito Santo. Trata-se da maior bacia hidrográfica deste estado com aproximadamente 12 km² de área, e banha 26 dos seus 78 municípios. Seus principais afluentes são os Rios do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Pequeno, Suaçuí Grande, São José e Pancas. Pela margem direita são os Rios Casca, Matipó, Caratinga, Manhuaçu, Guandu, Santa Joana e Santa Maria do Rio Doce.

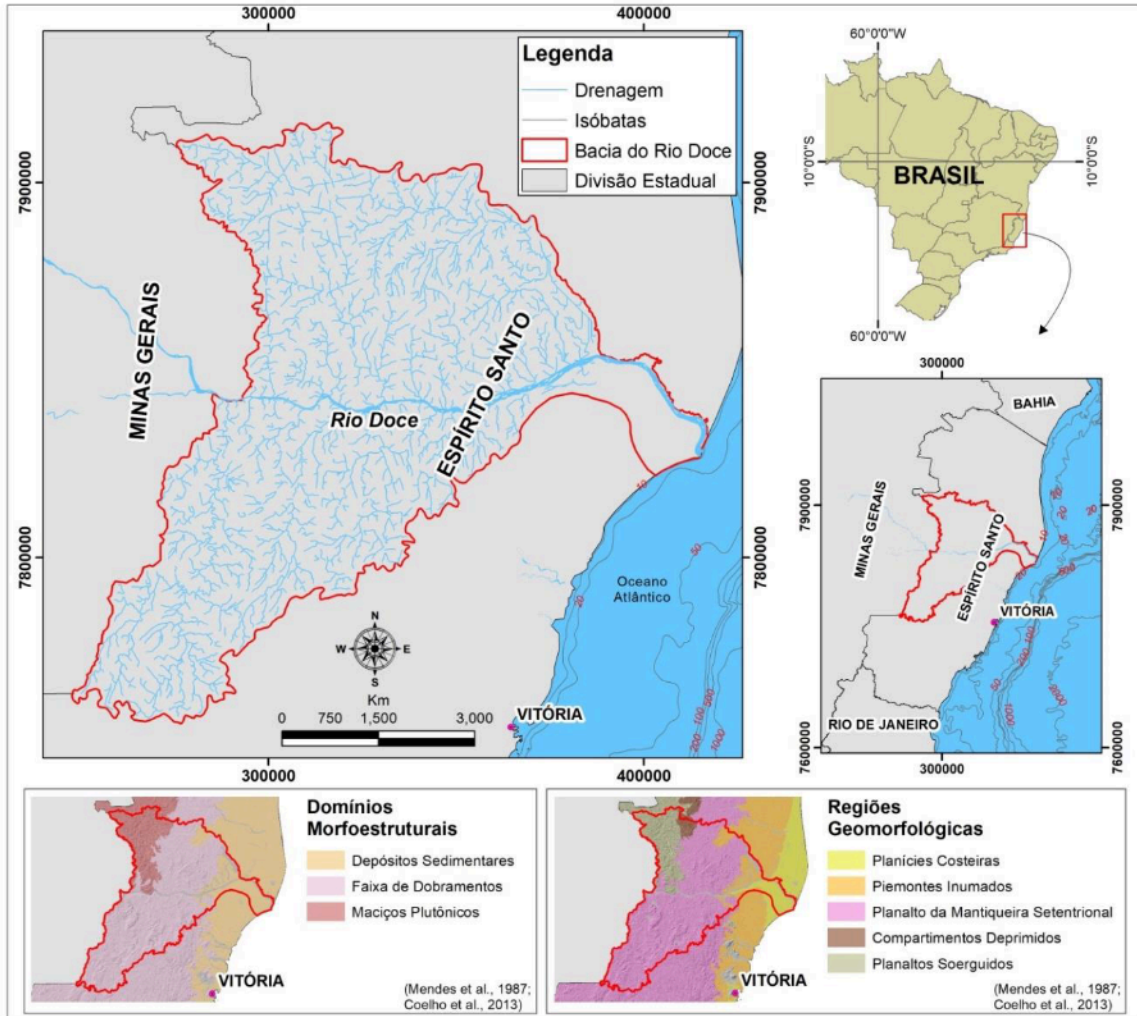
O clima da região é quente e chuvoso, sem a presença de uma estação fria definida. De acordo com a classificação de Köppen e Thornthwaite, que leva em consideração os aspectos gerais dos regimes de chuvas e temperaturas, a área correspondente a bacia hidrográfica do Rio Doce está inserida sob o domínio climático do tipo Am – sem período de seca. A área está situada em uma faixa intertropical, entre as latitudes 17°52'00"S e 21°14'38"S, caracterizada pelo encontro de massas de ar influenciadas em grande parte do ano pelos sistemas Tropical do Atlântico e Equatorial Continental, que juntos ocasionam linhas de instabilidades responsáveis pela presença de chuvas intensas no verão (ANTONGIOVANNI & COELHO, 2006). De maneira geral, a variação das temperaturas na área segue as peculiaridades regionais, com temperaturas médias anuais variando de 20 a 25°C no trecho litorâneo, e em média de 15°C na região serrana. Em se tratando do regime de precipitação, a região possui dois períodos distintos quanto o acúmulo de chuvas, um mais chuvoso com acúmulo médio mensal de 180 mm, que ocorre entre outubro e março na estação de verão, e outro mais seco com precipitação média de 30 mm, entre os meses de abril e setembro na estação de inverno (REBOITA *et al.*, 2010). A umidade relativa do ar acompanha o regime de precipitação, sendo os meses de outubro a março os mais úmidos.

A bacia hidrográfica do Rio Doce esta inserida em três domínios morfoestruturais (MENDES *et al.*, 1987; COELHO *et al.*, 2013) controlados geologicamente da base para o topo pelas rochas Pré-Cambrianas, seguidas dos sedimentos Plio-Pleistocênicos da Formação Barreiras e as unidades quaternárias costeiras (CPRM, 2015). Os três domínios, Maciços Plutônicos, Faixa de Dobramentos Remobilizados e os Depósitos Sedimentares, estão subdivididos em cinco regiões geomorfológicas também inseridas na bacia hidrográfica, os Planaltos Soerguidos, Compartimentos Deprimidos, Planalto da Mantiqueira Setentrional, Piemontes Inumados (Tabuleiros Costeiros) e Planícies Costeiras (MENDES *et al.*, 1987; COELHO *et al.*, 2013).

A unidade geomorfológica mais representativa da bacia do Rio Doce, em se tratando de extensão territorial, é o Planalto da Mantiqueira Setentrional, que, segundo Coelho *et al.* (2013), é caracterizado por um modelo intensamente dissecado com altitudes médias em torno de 600 metros, destacado por grandes elevações maciças, algumas superiores a 2.000 metros de

altitudes. Esta unidade exerce forte controle estrutural sobre a drenagem dos rios da região em altas altitudes (MENDES *et al.*, 1987), a partir do Lineamento Vitória-Colatina de direção preferencial NW-SE, formado por esforços rúptil compressionais, associados a cisalhamento e a eventos plutônico-graníticos eopaleozóicos (505-450 Ma) (SILVA *et al.*, 1987).

Figura 1. Localização da área estudada, Domínios Morfoestruturais e Regiões Geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Doce no estado do Espírito Santo.



Fonte: Organizado pelos autores a partir de dados das imagens SRTM, vetores do IBGE (2022b), e Mendes *et al.* (1987) & Coelho *et al.* (2013).

O domínio morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, o segundo maior em extensão dentro da bacia hidrográfica do Rio Doce, corresponde aos Tabuleiros Costeiros e as Planícies Costeiras. Os Tabuleiros ocorrem basicamente desde o sopé das elevações cristalinas dos Maciços Plutônicos e a Faixa de Dobramentos Remobilizados até as Planícies Quaternárias, e são constituídos por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras (COELHO *et al.*, 2013). A maior parte destes depósitos sedimentares está exposta sob a forma de falésias alinhadas e limitadas pela Planície Costeira (ALBINO *et al.*, 2006). A Planície Costeira é composta pelos depósitos estuarinos e de praia, distribuídos aleatoriamente em uma faixa compreendida entre a atual linha de costa e os Tabuleiros Pré-litorâneos. São moldados

principalmente pela combinação dos agentes dinâmicos costeiros como ondas, correntes e marés, além das atividades eólica e fluvial (COELHO *et al.*, 2013).

Segundo Mendes *et al.* (1987), o controle estrutural sobre a drenagem nos três domínios morfoestruturais dentro da bacia hidrográfica do Rio Doce é resultado de diversos ciclos geotectônicos, bem como os erosivos relacionados às oscilações no clima e alterações no nível de base dos rios, associadas à adaptação da dinâmica fluvial aos tipos litológicos e estruturais mais frágeis.

METODOLOGIA

A malha cartográfica do estudo foi baseada nos dados vetoriais (linhas, polígonos e pontos) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022b), bases e referências de 2010 e 2015. A definição do polígono da bacia hidrográfica do Rio Doce foi feita a partir dos dados em base cartográfica de bacias hidrográficas níveis 04 do Instituto Jones dos Santos (IJS, 2022). O geoprocessamento e mapas foram feitos nos *softwares* QGIS versão 2.4 “Chugiak” (SHERMAN *et al.*, 2007) e Global Mapper 9.0, sob o datum horizontal WGS84 zona 24 Sul.

O estudo hidrológico na bacia hidrográfica do Rio Doce contou com dados fluviométricos e pluviométricos obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), na plataforma HIDROWEB v3.2.6, que abriga uma série temporal de dados (de 1968 a 2021) disponível para a maioria das oito estações de monitoramento (Figura 2). Vale ressaltar que as séries temporais de dados das estações fluviométrica (F8) e pluviométrica (P4) estão compreendidas entre os anos de 1970 e 1993, portanto, são discutidas sob o critério desta limitação. Para melhor correlação estatística entre os dados de vazão e precipitação da série temporal foi feito o cruzamento de dados entre as estações fluviométricas e pluviométricas geograficamente mais próximas.

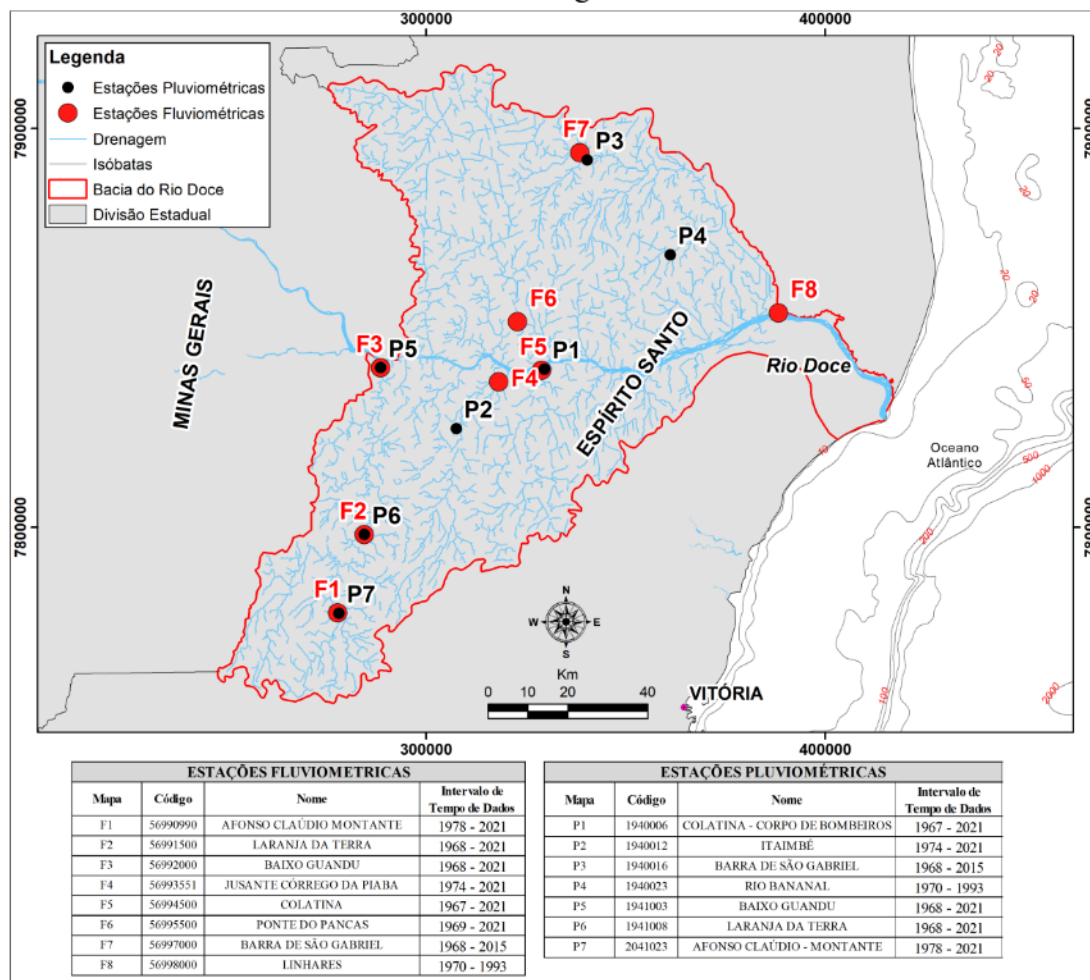
O tratamento estatístico dos dados constou da correlação entre as médias mensais de vazão e precipitação da série temporal. A equação da regressão linear ($ax+b=y$), gerada pela linha de tendência da distribuição dos dados, forneceu o resultado do total da vazão (m^3/s) que pode ocorrer em um mês durante os dias sem chuva em cada estação, representado pela componente ‘b’ da equação que independe da variável ‘x’ (dado da precipitação); ou seja, o valor agregado a ‘y’ que representa o total da vazão em um mês quando ‘x’ for zero. O valor de R^2 gerado pela regressão linear permitiu identificar o nível de correlação entre os dados de precipitação e vazão.

A análise hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Doce foi feita a partir do tratamento estatístico dos dados fluviométricos, que auxiliou na estimativa da disponibilidade hídrica, através dos dados da curva exponencial de permanência (VOGUEL & FENNESSEY, 1995), ou curva de percentual de duração de vazões dentro da série histórica. Cruz & Tucci (2008) ressaltam que este método possui ótima representatividade para estudos que tratam os dados dentro de uma perspectiva de variação sazonal meteorológica. Desta forma, diferente da maioria dos trabalhos que apresentam os dados para toda a série histórica, a presente pesquisa determinou uma curva de permanência para cada mês do ano, considerando todos os dados da série, uma vez que, as vazões que ocorrem nos meses de estiagem são diferentes das que ocorrem nos meses de chuva (CRUZ & TUCCI, 2008).

Os gráficos de curva foram gerados no *software* estatístico SisCAH 1.0 (GPRH, 2021), onde foram extraídos os dados de vazões médias mensais de longa duração (Q_{mld}), vazões mínimas mensais com sete dias de duração e retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), que pode ser usada como referência de demanda ambiental, segundo Cruz & Tucci (2008), e a vazão de permanência de 90% (Q_{90}), considerada a vazão para o critério de outorga de direito de uso de recursos hídricos de superfície no estado do Espírito Santo, segundo a Instrução Normativa IN

nº 013/2009 emitida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA, 2022). A vazão de permanência de 50% (Q_{50}) também foi observada.

Figura 2. Localização das estações pluviométricas e fluviométricas utilizadas para a análise hidrológica.



Fonte: Organizado pelos autores a partir de dados de vetores do IBGE, 2022b e localização das estações (ANA, 2022).

A geomorfologia contou com os dados de imagem radar da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), adquirida no site da Global Land Cover Facility (GLCF, 2021). A partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) da imagem para a bacia hidrográfica do Rio Doce foram separadas as microbacias com base nas características e elementos de drenagem e os altos topográficos (ARAÚJO *et al.*, 2009), além da identificação de padrões (FRANÇA & DEMATTÊ, 1990; MARTINS *et al.*, 2007) e densidade de drenagem (HORTON, 1945) das microbacias. Estes dados foram associados à análise hidrológica nas estações fluviométricas, possibilitando a compreensão de possível controle ou contribuição morfológica sobre os indicadores de vazão.

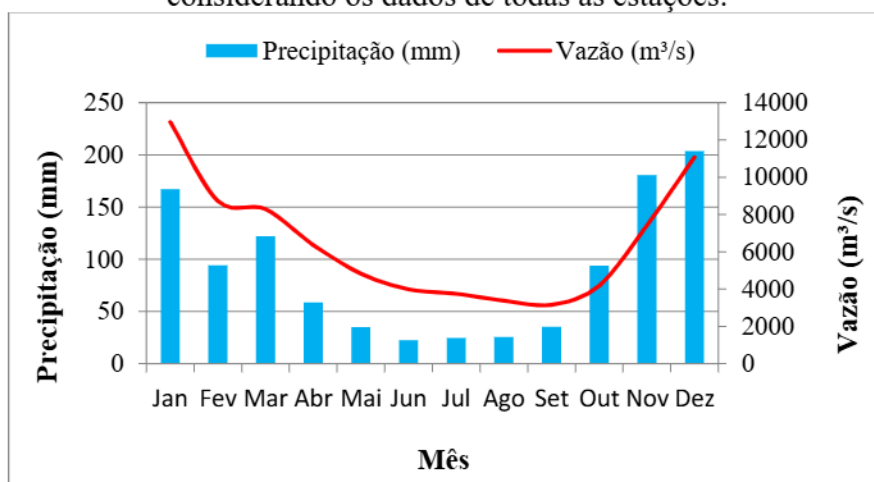
Para entender as características geomorfológicas e fluviais nas seções das drenagens da bacia, sobretudo ao que se refere à profundidade e largura do canal (CHRISTOFOLETTI, 1981), foram utilizados os dados de perfis transversais das estações pluviométricas, também

pertencentes à plataforma HIDROWEB v3.2.6. Para melhor visualização das seções a profundidade foi apresentada em unidade centimétrica e a largura em unidade métrica.

RESULTADOS

Os dados das médias mensais da série histórica, distribuídos durante o ano, obedecem ao padrão sazonal meteorológico cujas vazões acompanham a variação dos dados de precipitação média mensal, como esperado para qualquer regime hidrológico (MELLER *et al.*, 2005; LIMBERGER & SILVA, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2021; DA SILVA *et al.*, 2021) de maneira geral. Desse modo, observam-se dois períodos distintos de vazão/precipitação para a bacia hidrográfica do Rio Doce, de acordo com a sazonalidade, um de estiagem, compreendido entre os meses de abril e setembro, e outro relacionado às chuvas mais intensas, que ocorrem entre os meses de outubro e março (Figura 3).

Figura 3. Relação sazonal entre precipitação e vazão para a bacia hidrográfica do Rio Doce, considerando os dados de todas as estações.



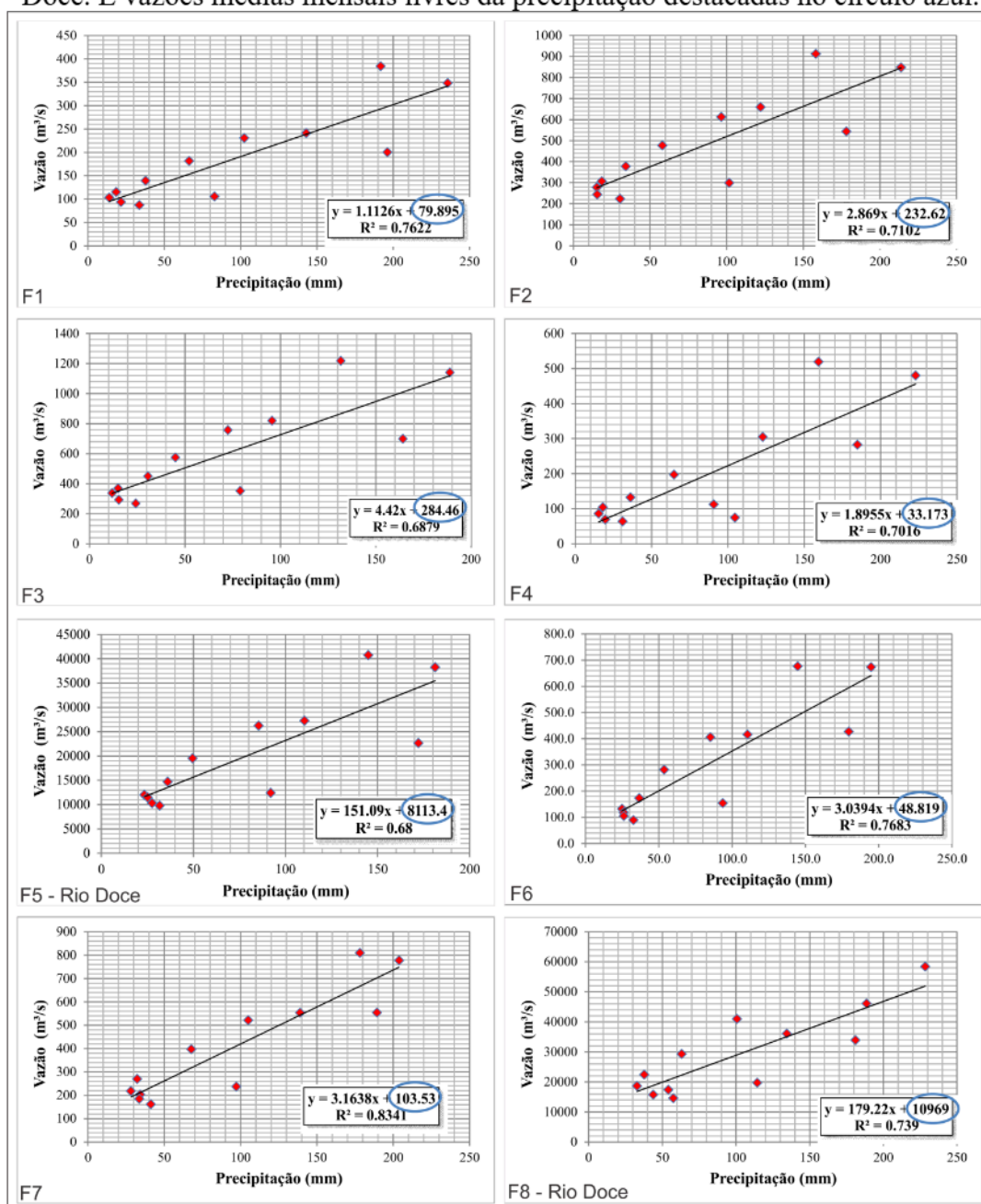
Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados da plataforma HIDROWEB v3.2.6 (ANA, 2022).

A regressão linear e correlação entre os dados pluviométricos e fluviométricos apresentou a vazão média mensal que pode ocorrer sem que haja eventos de chuva para cada estação da bacia hidrográfica (Figura 4). Na estação fluviométrica F1, situada no extremo sul da bacia, uma vazão de 79,89 m³/s tem potencial de ocorrência quando o nível de precipitação estiver em zero. Na estação F2, localizada no sul da bacia, a vazão livre é de 232,62 m³/s. Já na estação F3, situada no extremo oeste da área da bacia, limite entre os estado do Espírito Santo e Minas Gerais, a vazão que pode ocorrer em um mês e que não dependerá de precipitação é de 284,46 m³/s. As estações F4 e F6, localizadas na porção central da bacia, possuem vazões livres de 33,17 e 48,81 m³/s, respectivamente. A estação fluviométrica F5, associada diretamente ao curso principal do Rio Doce no setor central da bacia, possui uma vazão de 8.113,40 m³/s que pode ocorrer em um mês quando a precipitação for zero. Na estação F7, extremo norte da bacia, a vazão é de 103,53m³/s. E, localizada no setor leste da bacia, nas proximidades do Delta do Rio Doce, a estação F8, que também está associada ao curso principal do rio, a vazão livre é de 10.969,0 m³/s.

A média mensal das precipitações é de 87,3 mm, com mínimas e máximas médias de 72,8 e 95,8 mm, e desvio padrão de 7,7 mm. Já a média mensal total de vazão, considerando apenas as estações fora do curso principal, é de 364,5 m³/s, com mínima de 185,9 m³/s e máxima de

606,3 m³/s, e desvio padrão de 164,9 m³/s. O alto desvio padrão para a vazão se dá pela heterogeneidade da distribuição de seus valores em toda a bacia hidrográfica, assim como incide na diferença entre as vazões médias mensais que ocorrem quando a precipitação for zero entre a estação F3, localizada na jusante da microbacia do Rio Gandu e próxima ao curso principal, e a estação F4 situada na jusante da bacia do Rio Santa Joana, também próxima ao curso principal (Figura 5). Esta característica traz potencial significado que a distribuição das vazões médias mensais na bacia do Rio Doce é controlada principalmente pelos fatores geomorfológicos e fluviais.

Figura 4. Relação entre precipitação e vazão média mensal para a bacia hidrográfica do Rio Doce. E vazões médias mensais livres da precipitação destacadas no círculo azul.



Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados da plataforma HIDROWEB v3.2.6 (ANA, 2022).

Segundo Christofolletti (1980) a vazão em um canal fluvial é função de vários fatores morfológicos como declividade, profundidade, largura e sinuosidade. Lima & Marçal (2013) ressaltam que um só rio é capaz de apresentar distintos aspectos morfológicos e fluviais responsáveis pelo controle hidrodinâmico ao longo de cada segmento de seu curso, com destaque para o estilo fluvial (ou grau de confinamento) que corresponde ao grau dos ajustes vertical e horizontal do canal aos arcabouços geológico, geomorfológico e, em alguns casos, às interferências antrópicas como a construção de barragens, por exemplo.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce observou-se parcial influência do grau de confinamento sobre as vazões, considerando que nas seções transversais das drenagens, de montante para a jusante, dominam os graus de confinamentos parcialmente e não confinado, segundo a classificação proposta por Lima & Marçal (2013). Esta característica pode ser observada entre as estações da microbacia do Rio Gandu. Na seção transversal da estação F1 (Figura 5), por exemplo, observou-se que, além do canal principal do rio, existe uma planície de inundação na margem direita (olhando de frente para o perfil) de aproximadamente 20 metros que representa o ajuste horizontal em função do fluxo superficial das vazões de cheia. Já na estação F2 esta planície possui 60 metros. E na estação F3, onde a vazão é 3,2 vezes maior do que na F1, a planície possui cerca de 100 metros.

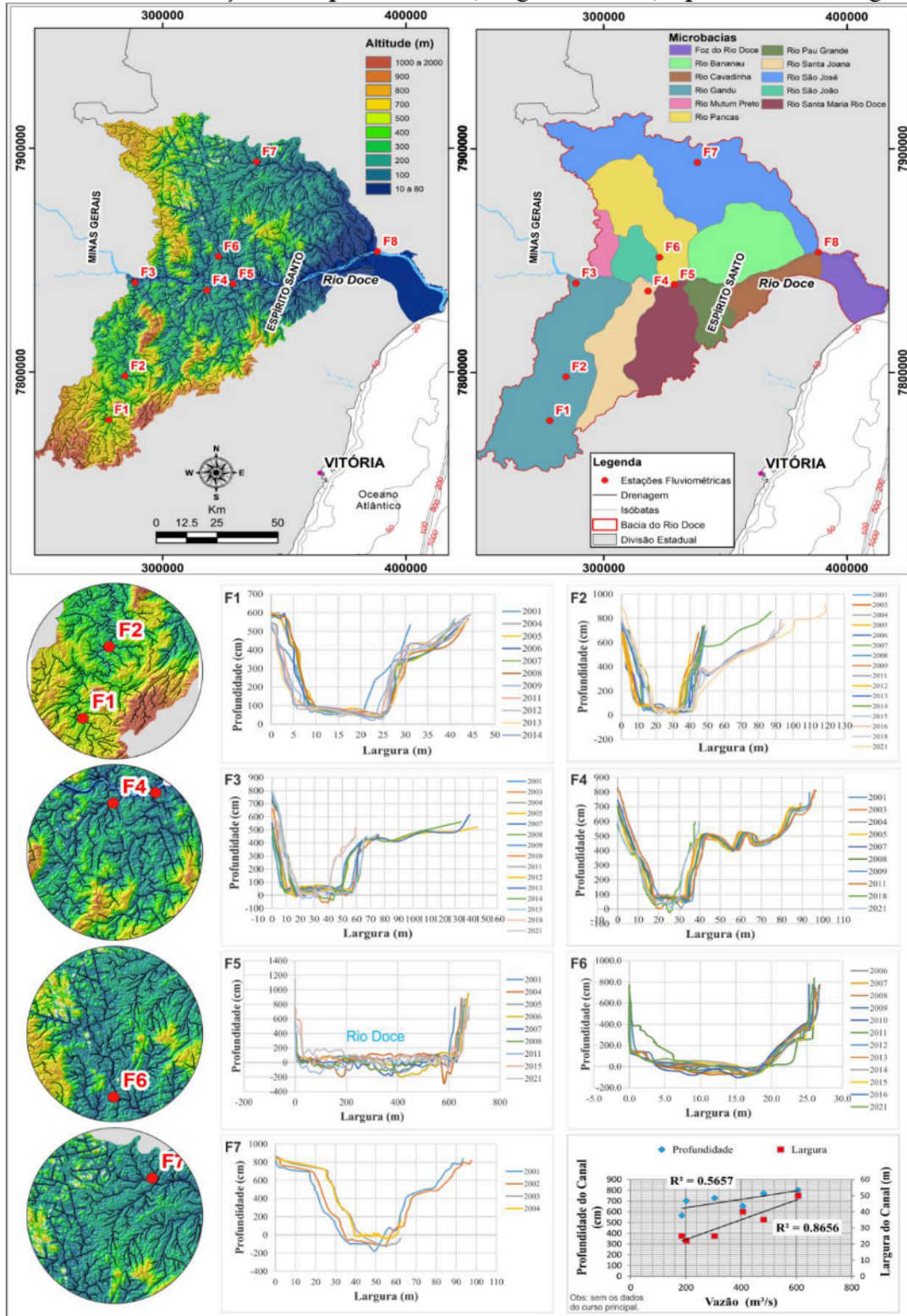
Além da relação com estilo fluvial supracitado, as vazões na bacia do Rio Doce são função da profundidade e largura do canal, como ocorre nas estações F1, F2 e F3 da microbacia do Rio Gandu, e que possuem vazão crescente de montante para jusante; ou ainda nas estações F4, F6 e F7 pertencentes às bacias dos rios Santa Joana, Pancas e São José, respectivamente (Figura 5). Nas estações F5 e F8 as larguras das seções são cerca de seis vezes maiores do que nas demais, porém com profundidades aproximadas; e por estarem localizadas no curso principal do Rio Doce, as vazões são 35 vezes maiores, já que também recebem as descargas dos tributários das microbacias desde as altas altitudes do Planalto da Mantiqueira Setentrional e dos Planaltos Soerguidos.

A densidade das drenagens nas microbacias teve pouca variação, entre 0,5 e 0,6 km/km², e não corroboraram com a ampla diferença entre os valores de vazões médias mensais. Segundo Patton & Baker (1976) a vazão em uma bacia hidrográfica nem sempre é função de sua densidade de drenagem. Já a área de drenagem da bacia possui relação mais estreita com a vazão (MURPHEY *et al.*, 1977; BAENA *et al.*, 2004), assim como ocorrem nas vazões das microbacias da bacia do Rio Doce, cuja relação área/vazão resultou em um coeficiente de determinação de 0,78.

Segundo Mendes *et al.* (1987) a rede de drenagem da bacia do Rio Doce, que possui a maior parte de sua extensão territorial representada pela unidade morfoestrutural Planalto da Mantiqueira, é marcada por padrão subdendrítico angulado nas altas altitudes. Este padrão pode ser observado nas montantes das microbacias dos rios São José e Pancas, tributários da margem norte do médio Rio Doce. Muito embora a drenagem da bacia do Rio Doce, considerando a situada no território do estado do Espírito Santo, seja influenciada em boa parte pelo Planalto da Mantiqueira e o Lineamento Vitória-Colatina de direção preferencial NW-SE (SILVA *et al.*, 1987), o que lhe proporciona a retilinização dos cursos de drenagem, foi observado padrão dendrítico contorcido na microbacia do Rio Gandu, tributário da margem sudoeste do Rio Doce, entre as estações F2 e F3 (Figura 5), cujas vazões médias mensais mediram cerca de 480 e 600 m³/s, respectivamente. O padrão dendrítico puro foi observado no médio curso da microbacia do Rio São José, na área adjacente a estação F7 de vazão 400 m³/s, com tributários menos espaçados ao curso principal do rio (Figura 5). Já na microbacia do Rio Santa Joana, o padrão dendrítico puro apresenta tributários mais espaçados ao curso principal, o que pode causar menor vazão média mensal de 200 m³/s na estação F4 no setor de jusante, além de ser uma

bacia com baixa declividade na maior parte de sua extensão (Figura 5). O mesmo ocorre na estação fluviométrica F6 (Figura 5), cuja vazão média mensal esteve em torno de 300 m³/s.

Figura 5. MDT do SRTM e microbacias do Rio Doce. Seções dos canais nas estações fluviométricas e relação entre profundidade, largura e vazão, e padrões de drenagem.



Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados de imagens SRTM e da plataforma HIDROWEB v3.2.6 (ANA, 2022).

No estado do Espírito Santo os principais vetores de consumo da água de superfície são a indústria e a agricultura. Estes são estratégicos na manutenção da economia do estado. Outro vetor que oferece alta demanda de consumo é o abastecimento público. Desta forma, tornou-se importante no presente estudo a atualização das vazões de referência, a partir das curvas ou vazões de permanência, considerando a série histórica desde os dados mais antigos aos mais recentes.

As vazões de permanência na bacia hidrográfica do Rio Doce acompanham, de maneira geral, a tendência global da variação sazonal de todos os dados que ocorrem durante um ano (Figura 6), assim como ocorre com a precipitação, cuja sazonalidade define dois períodos e níveis distintos de concentração. Ressalta-se que as vazões médias mensais de longa duração (Q_{mld}) são diferentes das médias mensais da série histórica; as primeiras representam cerca de 3% das segundas, desta forma, considera-se que os dados que geram as vazões (Q_{mld}) recebem outro tratamento no *software* SisCAH 1.0 (GPRH, 2021), uma vez que elas (vazões) representam valores de referência para uso.

Segundo Tucci (2000) e Pruski *et al.* (2011) em uma bacia hidrográfica a máxima disponibilidade hídrica é a vazão média de longa duração, porque essa é a maior vazão considerada para a regularização em um curso d'água. Tucci (2000) ressalta que a estimativa desta vazão pode garantir a avaliação dos limites superiores de uso da água em determinado manancial para as diferentes finalidades. As vazões médias mensais de longa duração (Q_{mld}) para as estações F1, F2 e F3 da microbacia do Rio Gandu, tributário da margem sudoeste do Rio Doce, registraram 6,2, 15,9 e 20,0 m³/s, respectivamente. Assim como as vazões médias (Q_{mld}) aumentam de montante para jusante na microbacia do Gandu, as vazões médias mínimas mensais de sete dias de duração e retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), que representam a referência de demanda ambiental (CRUZ & TUCCI, 2008), ou ainda, as vazões ecológicas (SCHVARTZMAN *et al.*, 1999) que devem permanecer no rio mesmo em casos extremos de estiagem, registraram 1,8, 4,9 e 5,3 m³/s nas estações F1, F2 e F3. E as vazões de permanência de 90% (Q_{90}), utilizada pela legislação ambiental do estado do Espírito Santo, a partir da Instrução Normativa IN nº 013/2009 emitida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA, 2022), como a principal para o tratamento dos valores de referência nos diversos usos da água, registraram 2,3, 6,2 e 6,9 m³/s de F1 a F3 (Figura 6). Percebeu-se ainda valores de vazões semelhantes entre as estações F2 e F3 (Figura 6), com aumento de 7,5% para $Q_{7,10}$ e 11,3% para Q_{90} . Este aumento menos expressivo das vazões de referência de demanda ambiental e de outorga entre o médio e baixo curso do Gandu mostra que nem sempre o curso a montante pode contribuir efetivamente na demanda do curso a jusante, tendo em vista a existência de vários tipos e intensidades de usos da água entre os cursos, além das variáveis geomorfológicas.

Na estação F4, jusante da microbacia do Rio Santa Joana, a vazão Q_{mld} foi de 7,4 m³/s, ao passo que as vazões médias $Q_{7,10}$ e Q_{90} registraram 0,7 e 1,2 m³/s, respectivamente. Os valores apresentados para esta microbacia reforçam a influência dos fatores geomorfológicos citados anteriormente no regime hidrológico, em especial o padrão dendrítico com tributários mais espaçados e a baixa declividade, o que podem promover o baixo fluxo da vazão no curso principal. Estas mesmas características geomorfológicas ocorrem na estação F6, o que podem lhe proporcionar baixas vazões médias $Q_{7,10}$ e Q_{90} de 0,98 m³/s e 1,8 m³/s, respectivamente. Já a vazão Q_{mld} registrou 10,2 m³/s (Figura 6). E na estação F7, localizada no médio curso da microbacia do Rio São José, norte da Bacia do Rio Doce, e que possui o padrão dendrítico puro, a vazão Q_{mld} registrou 13,5 m³/s. As vazões médias $Q_{7,10}$ e Q_{90} também registraram baixos valores, porém um pouco mais elevados que nas estações F4 e F6 de 1,85 m³/s e 3,2 m³/s (Figura 6). As estações F5 e F8, localizadas no curso principal do Rio Doce, foram as que apresentaram as maiores vazões médias de Q_{mld} , $Q_{7,10}$ e Q_{90} (Figura 6).

A partir da curva de permanência, foi possível definir os níveis das vazões Q_{90} durante um ano. De maneira geral, considerando os dados de todas as estações, existem dois períodos distintos de intensidade de vazão Q_{90} , um mais elevado entre os meses de dezembro e julho, e outro menos elevado entre os meses de agosto e novembro. Muito embora a estiagem na bacia do Rio Doce esteja compreendida entre os meses de abril e setembro (ver figura 3), o próprio mês de abril e os meses de maio e junho ainda registram vazões Q_{90} elevadas, muito provavelmente influenciadas pelo acúmulo de água nos níveis mais elevados das microbacias que ocorrem nos meses chuvosos anteriores. Já os meses de outubro e novembro, considerados chuvosos, registram vazões Q_{90} menos elevadas (Figura 6). Girardi *et al.* (2011) também não registraram correlação mais estreita entre chuva e vazão média nas periodicidades mensal e anual em microbacias do Rio Potiribu no Rio Grande do Sul. Os autores mencionam que as nascentes exercem forte influência nas vazões de pequenas bacias, principalmente em períodos de estiagem.

A vazão Q_{50} , ou vazão que ocorre em 50% do tempo, registrou três níveis distintos de intensidade durante um ano nas estações F1, F2 e F3, além da estação F4, um mais intenso entre os meses de dezembro e janeiro; outro intermediário nos meses de fevereiro, março e novembro; e outro menos intenso entre os meses de abril a outubro (Figura 6). Nas demais estações, além das estações do curso principal do Rio Doce, não foram observadas vazões Q_{50} que ocorrem em intervalos distintos, apenas uma variação aproximadamente constante entre os meses.

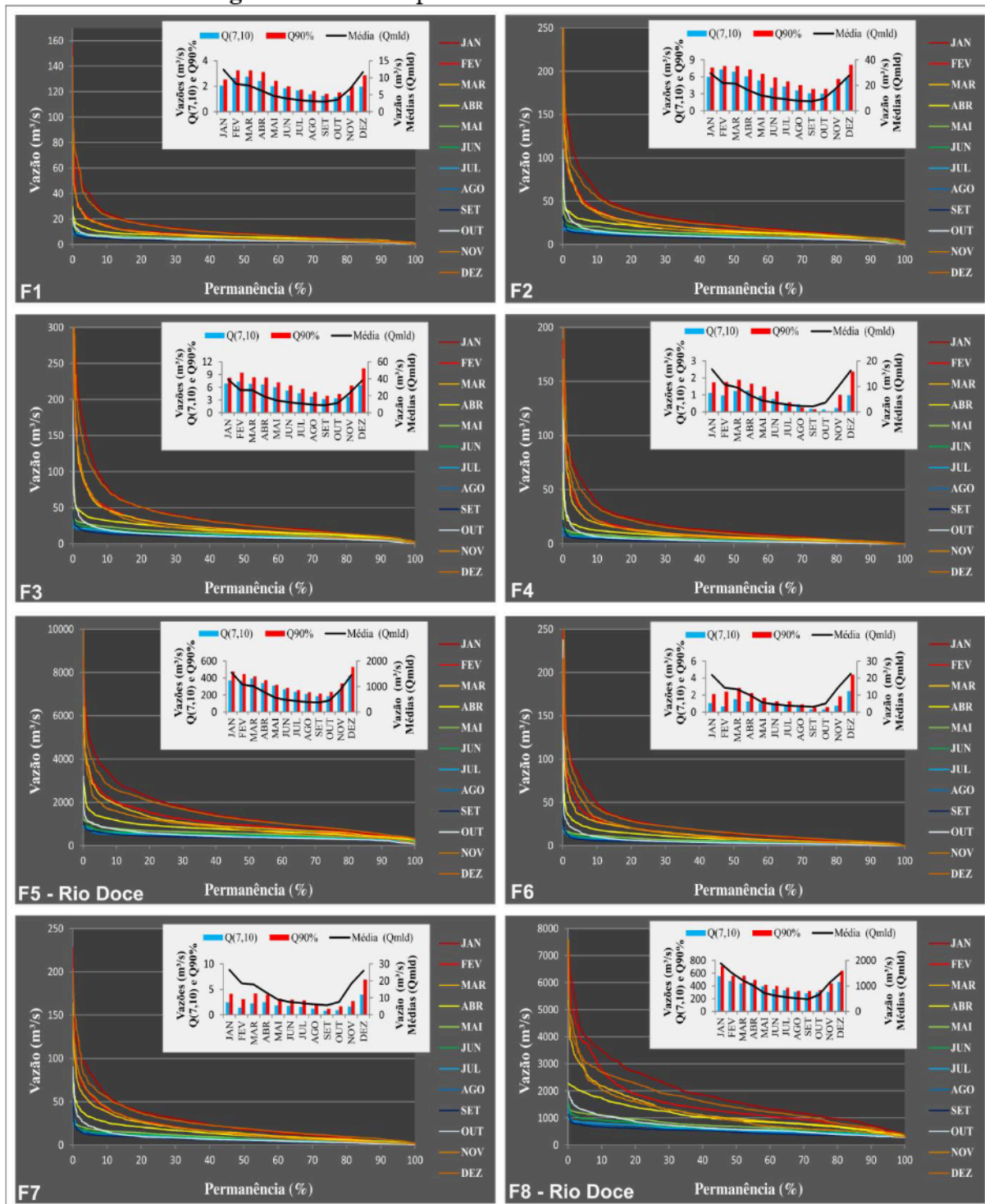
A correlação entre as vazões de referência e a precipitação diminui à medida que o tempo de permanência também diminui, ou seja, a correlação entre as médias mensais da vazão $Q_{7,10}$ e a precipitação média mensal gerou um R^2 de 0,26, considerando os dados de todas as estações. Ao passo que a vazão Q_{90} registrou correlação de 0,55 e a vazão Q_{50} 0,65 com a precipitação. Estes dados mostram que as duas principais vazões de referência ($Q_{7,10}$ e Q_{90}), ou as vazões de outorga e demanda ambiental, são principalmente regidas pelos fatores geomorfológicos, além dos antrópicos.

DISCUSSÕES

O regime hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Doce, mesmo caracterizado por uma correlação sazonal entre vazão e precipitação, com dois regimes distintos em intensidade durante um ano, apresentou vazões médias mensais significativas que ocorrem quando o nível de precipitação registra zero milímetro. Ainda que estas vazões sejam consequências do acúmulo de água nas cabeceiras das microbacias, ou nas altas altitudes dos planaltos próximas às nascentes, esse dado é importante para o conhecimento do potencial das vazões dos tributários e do curso principal do Rio Doce em períodos de estiagem.

Os fatores geomorfológicos e fluviais, em especial o grau de confinamento do aquífero, além da relação largura e profundidade do perfil transversal do rio, ou seção transversal, exercem forte influência nos níveis de vazão, principalmente de montante para jusante nas microbacias dos tributários do Rio Doce. Já a densidade de drenagem pouco contribuiu para os níveis de vazão, ao passo que a área de drenagem apresentou relação mais estreita com a vazão. Os padrões de drenagem do tipo dendrítico contorcido da microbacia do Rio Gandu favoreceram vazões mais significativas entre os cursos médio e inferior. No padrão dendrítico puro, com tributários menos espaçados, como ocorre na microbacia do Rio São José, norte da bacia do Rio Doce, a vazão apresentou maior nível. Vale ressaltar que, além dos fatores geomorfológicos e os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica, fatores e intervenções antrópicas, ainda que não citados no presente estudo, podem contribuir para os diferentes níveis de vazão ao longo das microbacias e o curso principal.

Figura 6. Curva de permanência e vazões de referência.



Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados da plataforma HIDROWEB v3.2.6 (ANA, 2022).

As vazões de referência para outorga, para as demandas ambiental e ecológica, e a vazão média mensal de longa duração acompanham a tendência global da sazonalidade que ocorre durante um ano. No entanto, notou-se também forte influência dos padrões de drenagem sobre estas vazões, principalmente entre os cursos principais das microbacias com padrão dendrítico puro e distintos espaçamentos de seus tributários.

A heterogeneidade entre a distribuição das vazões de referência durante um ano é função principal das características geomorfológicas da bacia do Rio Doce, uma vez que ocorrem vazões significativas em meses de estiagem, ao passo que ocorrem vazões menos significativas em meses chuvosos. O acúmulo da água nas cabaceiras das microbacias ou nascentes podem influenciar nos níveis mais altos das vazões em períodos de pouca chuva.

Aa vazões de referência Q_{90} , utilizada para outorga no estado do Espírito Santo, e a vazão $Q_{7,10}$, que pode ser aplicada como referência de demanda ambiental, ou ainda, o quantitativo de água que deve permanecer no curso, ainda sob casos extremos de estiagem, apresentaram baixa correlação com a precipitação, ao contrário do que ocorre com a vazão média de longa duração (Q_{mld}), o que pode gerar um alerta sobre o uso sustentável da água de superfície na bacia hidrográfica do Rio Doce em períodos de seca, sem que haja prejuízo ao meio ambiente.

CONCLUSÕES

A hidrologia da bacia hidrográfica do Rio Doce, trecho situado no estado do Espírito Santo, sob o ponto de vista dos índices de vazão fluvial relacionados com os regimes de chuva, em parte corrobora com uma variação sazonal bem distribuída durante o ano. No entanto, o controle morfoestrutural da região, responsável pela geomorfologia fluvial da bacia, que por sua vez controla a profundidade e largura do canal, os padrões de drenagens das microbacias, bem como o grau de confinamento sobre as vazões, é o principal fator do regime hidrológico, sobretudo no período de estiagem. Mas vale ressaltar que se faz necessária a complementação destes estudos com dados sobre a influência antrópica e os diversos usos nos regimes hidrológicos destas bacias que estão situadas em regiões onde há grande concentração das diversas atividades industriais, assim como ocorre no estado do Espírito Santo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) e a Fundação Espírito-santense de Tecnologia (FEST) pelo apoio financeiro ao Projeto de Pesquisa “Levantamento Hidrogeológico do Estado do Espírito Santo”. Também ao Instituto de Ciências Marinhas (Labomar) da Universidade Federal do Ceará (UFC) por fornecer a infraestrutura de laboratório para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. Erosão e Progradação do litoral do Espírito Santo. In: Dieter Muehe. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral do Brasil**. 1ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2006, v. v. 1, p. 227-264.

Agência Nacional de Água – ANA. **HIDROWEB v3.2.6**. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso: 15 de maio de 2022.

ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso, MT. **Revista Geociências**, v.27, p.237-248, 2008.

ANTONGIOVANNI, L. L.; COELHO, A. L. N. **Panorama sobre a Desertificação no Estado do Espírito Santo**. 2005. Disponível em

<https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/arquivos/panorama_espiritosanto.pdf>.
Acesso em 07 de maio de 2022.

ARAÚJO, E. P.; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais... Natal, Brasil, 2009, INPE, p. 4631.

ARRAES, C. L.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; ZANATA, M.; CAMPOS, S. Morfometria dos compartimentos hidrológicos do município de Jaboticabal, SP. **Revista Unopar Científica, Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.9, p.27-32, 2010.<[ISSN1679-088X-2010-09-01-27-32.pdf](https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2012.74270)>.

BAENA, L. G. N.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; CALIJURI, M. L. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do Rio Paraíba do Sul. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.612-624. 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300013>>

BORDALO, C. A. L. A crise mundial da água vista numa perspectiva da geografia política. **GEOUSP**, Edição Especial Recursos Hídricos, São Paulo, n.º 31, p. 66 -78, 2012. <<https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2012.74270>>.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006. <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>>.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

Conselho Nacional de Recursos Hídrico – CNRH. **Resolução nº 32, 15 de outubro de 2003**. Diário Oficial da União - DOU. 17 dezembro 2003. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em 21 de maio de 2022.

COELHO, A. L. N. Situação Hídrico-Geomorfológica da bacia do Rio Doce com base nos dados da série histórica de vazões da Estação De Colatina – ES. **Caminhos de Geografia**, 6 (19). pp. 56-79, 2006.

COELHO, A. L. N.; JUNIOR, J. T., BERGAMASCHI, R. B.; GOULART, A.C. DE O. Refinamento das Unidades Geomorfológicas do Estado do Espírito Santo com Emprego de Novas Tecnologias. In **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 13, Foz do Iguaçu, Paraná. 2013.

CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. / Valter Salino Vieira, Ricardo Gallart de Menezes, Orgs. - Belo Horizonte. 2015. 294p. <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15564.1>>.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, p.111-124, 2008. <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p111-124>>.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.) Geomorfologia uma Base de Atualização e Conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 211-252.

DA SILVA, K. N., FERREIRA, E. C., FERREIRA, J. C., OLIVEIRA, V. S., DOS SANTOS COELHO, M., RODRIGUES, V. B., & LOUREIRO, G. E. Influência da precipitação e do uso do solo nas vazões da Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI). **Research, Society and Development**, 10(15), 2021. Em <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22520>>

FRANÇA, G. & DEMATTÊ, J. A. M. Parâmetros da drenagem determinados em fotografias aéreas e sua aplicação na discriminação de solos. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 541-555, 1990. <<https://doi.org/10.1590/S0071-12761990000200015>>.

FONSECA, B. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise morfométrica de bacias de drenagem e sua relação com a estrutura geológica, Serra do Espinhaço Meridional-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 15, nº2, p. 153-172, 2014. <<https://doi.org/10.20502/rbg.v15i2.296>>.

GIRARDI, R. V.; CASTRO, N.; GOLDENFUN, J. A.; SILVEIRA, A. L. L. Avaliação do Efeito de Escala em Características de Chuva e Vazão em Sub-Bacias Embutidas da Bacia do Potiribu – RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 16 n.2, pp. 49-64. 2011. <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v16n2.p49-64>>.

Global Land Cover Facility – GLCF. **Imagens de Radar SRTM**. Disponível em: <<http://glcfapp.glcg.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

GEORGIN, J. OLIVEIRA, G., A., ROSA, O., A., L.D. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí -Vacacaí Mirim –RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. p.1357-1364, 2015. <<https://doi.org/10.5902/2236117016834>>.

Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH. **Software estatístico SisCAH 1.0**. Disponível em <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso: 17 de novembro de 2021.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, p. 275-370, 1945. <[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es.html>>. Acesso: 11 de maio de 2022a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Bases e referenciais**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais.html>> . Acesso: 05 de fevereiro de 2022b.

Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA. **Instrução Normativa IN nº 013/2009**. Disponível em: <<http://servicos.iema.es.gov.br/legislacao/FileHandler.ashx?id=237&type=2>> Acesso em 05 de abril de 2022.

Instituto Jones dos Santos – IJS. **Mapas**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>> Acesso em 10 de fevereiro de 2022.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica (reedição). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 21-31, 2002. <<https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.5>>

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. REM: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. <<https://doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>>

LIMA, R. N. S.; MARÇAL, M. S. Avaliação da Condição Geomorfológica da bacia do rio Macaé RJ a partir da Metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 14, pp. 171-179, 2013. <<https://doi.org/10.20502/rbg.v14i2.317>>.

LIMBERGER, L., SILVA, M.E.S. Precipitação e vazão mensal na Amazônia. **Revista Geonorte** 1, 2012, 719-728.

MARTINS, E. S. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. E.; COSTA, F. R. C.; ALVES, P. J. O. Extração automatizada e caracterização da rede de drenagem e das bacias hidrográficas do nordeste do Pará ao noroeste do Maranhão a partir de imagens SRTM. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007, Florianópolis. Anais on-line do XIII SBSR, p. 6827-6834.

MELLER, A., ALLASIA, D., COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Sensibilidade do regime hidrológico de bacias hidrográficas à variabilidade da precipitação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 5, pp. 13-34, 2005.

MENDES, I. A.; DANTAS, M.; BEZERRA, L. M. M. Geomorfologia. - In: **Levantamento de Recursos Naturais**, Folha SE 24. v. 34, ed.: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1987.

MONTEIRO, K. A. M. BARROS, A. C. M. MELO, R. F. T. RAMOS, D. A. M. C. NÓBREGA, R. S. GIRÃO, O. Parâmetros morfométricos aplicados à bacia do rio Una (Pernambuco –Brasil) para identificar susceptibilidade a enchentes. **Revista Geográfica de América Central**, nº 52. p.163-177, 2014.

MOREIRA, A. A. C.; COSTA, C.T. F.; TAVARES, P. R. L; MENDONÇA, L. A. R. Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Salamanca, Barbalha, CE. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 19. 2011, Maceió. Anais... ABRH - Associação Brasileira de Recursos Humanos. 1-15p.

MURPHEY, J. B., WALLACE, D. E., LANE, L. J. Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. **Water Resources Bulletin**. v. 13, p. 25-38, 1977. <<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1977.tb01987.x>>

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM. 2007. 552p.

OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.819-825, 2010. <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800005>>

OLIVEIRA, P. H. F. O.; VIEIRA, F. R.; CHRISTOFARO, C.; RICHA, W. W.; SILVA, A. C. Características de plântulas: dissimilaridade genética entre acessos de pimenta. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, 9. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.4322/2359-6643.09114>>.

PATTON, P. C., BAKER, V. R. Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. **Water Resources Research**. v. 12, p. 941-952, 1976. <<https://doi.org/10.1029/WR012i005p00941>>.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. D. G.; SOUZA, J. F.; SILVA, B. M. B.; SARAIVA, I. S. Conhecimento da disponibilidade hídrica natural para a gestão dos recursos hídricos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 67-77, 2011.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P. & AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 25:185-204, 2010. <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>>.

SCHVARTZMAN, A. S.; MEDEIROS, M. J.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação preliminar do critério de outorga adotado do estado de Minas Gerais. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 13, 1999, Belo Horizonte. Anais..., 1999. Belo Horizonte. Associação Brasileira de Recursos Humanos (ABRH).

SHERMAN, G. E.; SUTTON, B. R.; HOLL, S.; DASSAU, O.; MITCHELL, T.; MORELY, B. AND LUTHMAN, L. **Quantum GIS ver. 2.4 'Chugiak'**. 2007.

SILVA, J. M. R.; LIMA, M. I. C.; VERONESE, V. F.; RIBEIRO, R. N. J.; ROCHA, R. M.; SIGA, O. J. Geologia. In: **Levantamento de Recursos Naturais**, Folha SE 24. v. 34, ed.: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1987.

SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 1, p. 45-61, 2005. <<https://doi.org/10.20502/rbg.v6i1.38>>.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**, Ed. Universidade/UFRGS, 1º edição, Porto Alegre-RS. 2002, p.256.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 6, p. 7-16, 2008. <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>>.

VIECELI, N.; BORTOLIN, T. A.; MENDES, L. A.; BACARIM, G.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V. E. Morphometric evaluation of watersheds in Caxias do Sul city, Brazil,

GASTÃO, F. G. C.; JÚNIOR, S, B, L.; LEAL, C, A.; MAIA, L, P.
HIDROLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO,
BRASIL

using SRTM(DEM) data and GIS. **Environmental Earth Sciences.**, 73 (9), pp. 5677-5685, 2015. <<https://doi.org/10.1007/s12665-014-3823-3>>

VOGUEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow duration curves. II: A review of applications in water resources planning. **Water Resources Bulletin**. Vol. 31, n° 6, p. 1029-1039. Dec., 1995. <<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1995.tb03419.x>>