

Caracterização das vazões e condicionantes fisiográficas da Bacia hidrográfica do rio Pandeiros (MG)

Characterization of flow and physiographic conditionings of the Pandeiros river water basin (MG)

Wallace Vinicius Martins Ruas¹

Mariley Gonçalves Borges²

Maria Ivete Soares de Almeida³

Marcos Esdras Leite⁴

Resumo

A funcionalidade das bacias hidrográficas, está associada ao regime de vazões, cuja normalidade é refletida pela sua constância durante o ano. Tendo em vista que o rio Pandeiros (BHRP), se constitui como um importante tributário do médio São Francisco, buscou-se caracterizar as vazões e seus condicionantes fisiográficos. Revisões bibliográficas precederam a obtenção da série histórica de vazões e os atributos físicos que porventura as influenciam. As vazões demonstraram-se em constante declínio desde a década de 1990, com pico máximo em 1992 e mínimo em 2017. Associadas à precipitação, as vazões apresentaram correlação ($p=0,57$). A década de 2000 foi a mais chuvosa, com média anual de 978,9 mm, seguida pelas décadas de 1990 e 2010. A geologia e declividade demonstraram a tendência de retenção de água pela bacia, fator esse também expresso pelas análises morfométricas. Vale ressaltar também a presença voçorocamento e alterações do uso e cobertura da terra, fenômenos estes, que podem impactar na dinâmica hídrica da bacia. A BHRP apresenta um grande potencial de armazenamento de água, com tendência de as vazões não atingirem grandes picos. Estudos futuros são necessários para compreender o constante declínio da vazão e a possível influência antrópica nesta bacia.

Palavras-Chave: Médio São-Francisco; Morfometria; Precipitação.

¹ Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), wallaceruas25@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4822-5965>.

² Dra. Prof. do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), marilegoncalvesborges@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5845-1539>.

³ Dra. Prof. do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), ivete.almeida@unimontes.br, <https://orcid.org/0000-0002-3257-7109>.

⁴ Dr. Prof. do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), marcos.leite@unimontes.br, <https://orcid.org/0000-0002-9020-6445>.

Abstract

The functionality of river basins is associated with the flow regime, whose normality is reflected by its constancy throughout the year. Considering that the Pandeiros River (BHRP) is an important tributary of the middle São Francisco, we sought to characterize the flows and their physiographic conditions. Bibliographical reviews preceded obtaining the historical series of flows and the physical attributes that may influence them. The flows have been in constant decline since the 1990s, with a maximum peak in 1992 and a minimum in 2017. Associated with precipitation, the flows showed a correlation ($p=0.57$). The 2000s decade was the wettest, with an annual average of 978.9 mm, followed by the 1990s and 2010s. The geology and slope demonstrated the tendency for water retention in the basin, a factor also expressed by the morphometric analyses. It is also worth highlighting the presence of gullies and changes in land use and cover, phenomena that can impact the water dynamics of the basin. The BHRP has great water storage potential, with flow rates not likely to reach large peaks. Future studies are needed to understand the constant decline in flow and the possible human influence in this basin.

Keywords: Middle São-Francisco; Morphometry; Precipitation.

Introdução

As bacias hidrográficas compreendem processos hidrológicos verticais (precipitação, evapotranspiração e umidade do solo) e horizontais (escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo) que influenciam no volume e no tempo de residência das águas na bacia (Porto; Porto, 2008). A ocorrência desses processos associa-se com as características do meio físico, como a precipitação, a topografia, a geologia, o uso e cobertura da terra, entre outros.

Ao ocorrer as precipitações, parte da água é retida e armazenada pela cobertura vegetal e ao longo do tempo tende a retornar à atmosfera, por meio da evapotranspiração. A água que atinge o solo pode escoar superficialmente, devido à intensidade das precipitações e a saturação do solo, ou então, infiltrar, percolar até o aquífero e ficar armazenada. Uma outra possibilidade é a sua infiltração e escoamento de modo subsuperficial (Tucci, 2015).

Com o desenvolvimento dos canais fluviais, o fluxo de água pode permanecer ao longo do ano, mesmo durante as estiagens, devido ao fornecimento gradual das águas pelo nível freático. O nível freático é abastecido pelas águas que infiltram no solo durante o período chuvoso, que em função da permeabilidade dos solos e da baixa energia hidráulica,

favorecem o maior tempo de residência das águas na bacia. Por meio do fornecimento gradual das águas então armazenadas, os rios e córregos conseguem manter os regimes fluviais mesmo durante os episódios de secas prolongadas (Jardim; Moura, 2018). Nesse caso, além da quantidade de água precipitada, a capacidade de armazenamento das bacias também é importante, pois permite que não ocorra escassez em determinadas épocas e que os rios perenes ao longo do tempo, se tornem intermitentes.

Em geral, os rios perenes tendem a apresentar vazões constantes ao longo do ano. A vazão consiste no volume de água que passa em determinada seção do rio por uma unidade de tempo (Pereira, 2010). A vazão dos rios depende de elementos e fatores ambientais como a ocorrência e intensidade das precipitações que atingem as bacias, os tipos de solos e sua cobertura, favorecendo o escoamento ou a infiltração da água meteórica.

Aspectos morfométricos como a forma das bacias (alongada ou circular) interferem nas vazões, podendo provocar picos nos períodos chuvosos. Uma bacia com formato alongado indica que as águas demoram mais tempo para ser escoadas, logo a vazão tende a ser equilibrada. Caso as bacias possuam característica circular, o tempo gasto pelo escoamento superficial será menor, aumentando rapidamente o volume das águas dos rios em pouco espaço de tempo, ou seja, ocorrem os picos de vazão (Goerl; Kobiyama; Santos, 2012).

Além da forma, a bacia pode apresentar baixa densidade de drenagem, que são indicativos de solos com maior capacidade de infiltração, reduzindo o volume do escoamento superficial, e consequentemente, a produção e o transporte de sedimentos (Lima; Cunha; Perez Filho, 2016). A declividade implica na energia fornecida à massa d'água por causa da gravidade, aumentando sua velocidade e diminuindo o tempo a ser percorrido (Luíz; Pinto; Scheffer, 2011). As diferentes cotas altimétricas repercutem na evapotranspiração, devido às variações de temperaturas, fato que interfere nas precipitações, no escoamento e nas vazões (Menezes, 2014).

A medição desses atributos em determinada bacia revela o seu comportamento, refletindo a interação dos componentes do sistema. Durante o verão é natural que as vazões

apresentem valores diferentes daqueles apresentados no inverno, isso ocorre em função das características do clima que se altera e da resposta do ambiente à essas condições.

O monitoramento e a conservação hídrica em bacias como a do Rio Pandeiros é de grande importância ecossistêmica, com um potencial desequilíbrio podendo resultar no colapso da fauna e da flora. Um exemplo é a região do pântano do Pandeiros, que abriga uma grande diversidade de espécies vegetais e animais graças às dinâmicas das águas. Além disso, essa região é considerada o berçário do “Velho Chico”, desempenhando um papel crucial ao ser responsável por 70% da reprodução dos peixes que habitam o médio São Francisco (Bethônico & Cunha, 2009; Alves *et al.*, 2021). Destaca-se também a importância da água para as populações locais, sendo um recurso indispensável para sua sobrevivência e na realização das atividades econômicas. Então a sua gestão deve garantir qualidade e quantidade suficiente para sustentar seu papel na estabilidade ambiental e atender as demandas da sociedade sem riscos de escassez (Silva *et al.*, 2024).

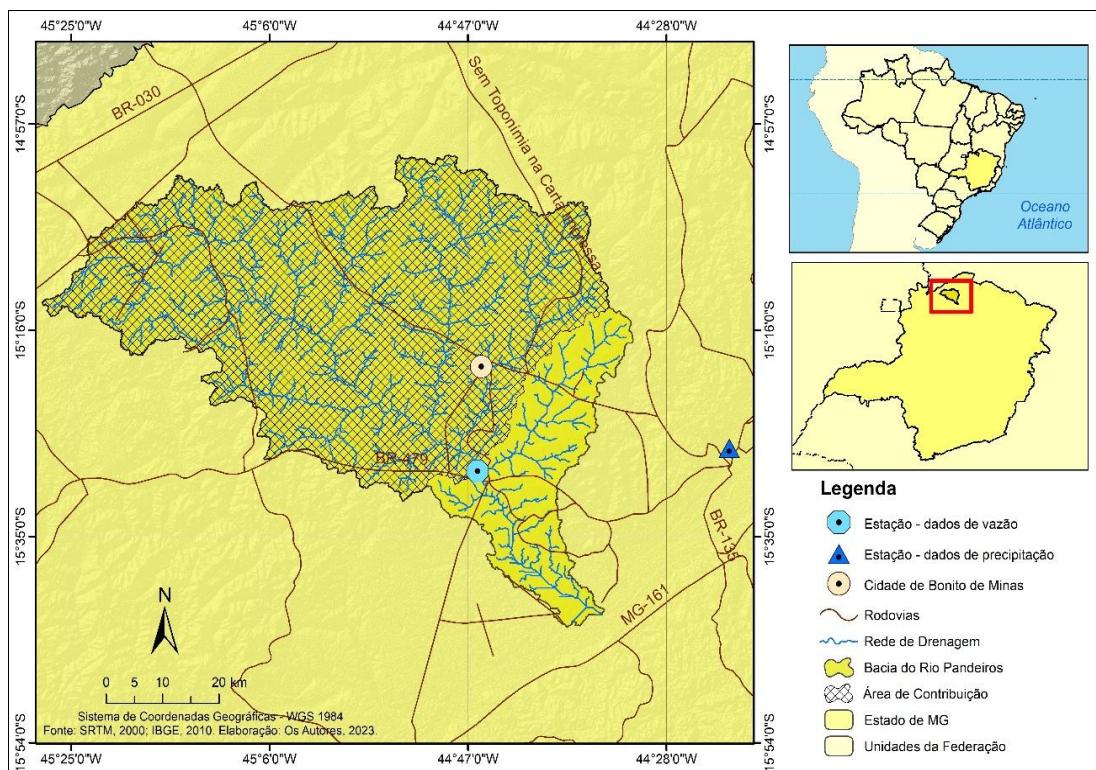
Nesse sentido, o geoprocessamento surge como uma valiosa ferramenta no estudo da bacia, favorecendo a análise dos dados, com considerável eficiência e precisão. Esse trabalho objetivou analisar as vazões do rio Pandeiros – MG e caracterizar os elementos fisiográficos que influenciam em sua variabilidade temporal. Justifica-se pela importância que a bacia do rio Pandeiros possui na região, uma vez que se constitui como um importante tributário do médio São Francisco, assegurando, também, disponibilidade e segurança hídrica para as pessoas que vivem em seu perímetro.

Metodologia

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Pandeiros (BHRP) situada no norte de Minas Gerais, sob as coordenadas 14°57'0" e 15°35'0" de latitude sul e 44°28'0" e 45°25'0" de longitude oeste, ocupando parte dos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho. A bacia possui 3.932,92 km² de extensão, e destes, cerca de 3.215,28 km² correspondem a área de contribuição do ponto amostral das vazões (Figura 1).

Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais – Brasil.



Fonte: Os Autores (2024)

A BHRP encontra-se inteiramente inserida no clima semiúmido, com ocorrência de duas estações bem definidas – verões chuvosos e invernos secos, com temperaturas acima dos 18 °C (IBGE, 2010). O relevo desta bacia é marcado pela ocorrência embutida de superfícies de aplanamento em diferentes estágios de conservação e dissecação, denominadas: superfície Sul Americana, superfície Sul Americana-I e superfície Sul Americana-II (Valadão, 2009). Em áreas de montante, o relevo apresenta níveis altimétricos entre 740 e 847 metros, e próximo de jusante, entre 432 e 500 metros.

A região pertence ao bioma Cerrado, cuja vegetação ainda se encontra em estado natural, na sua maioria. Os tipos fitofisionômicos presentes, correspondem a cerrado sensu stricto, matas-galeria, veredas e florestas estacionais deciduais, enquanto as pastagens e os cultivos agrícolas são os principais usos da terra (Borges; Rodrigues; Leite, 2019).

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Primeiramente, realizou-se uma revisão teórica sobre a temática abordada, para que em seguida, fossem extraídos os limites da bacia por meio das imagens de radar da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que fornece dados topográficos com resolução espacial de 30 metros (1 segundo de arco). Para tanto, utilizou-se a caixa de ferramentas (toolbox) do software ArcGis 10.8 (ESRI, 2020), disponibilizado pelo laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros. O programa foi escolhido por sua robustez e precisão das análises geográficas.

Logo após, obteve-se a série histórica de vazões (1990-2022) da bacia de estudo, por meio do portal HidroWeb da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). A estação escolhida, é a de código 44250000, localizada no município de Januária, e abrange uma área de drenagem correspondente a 82% da bacia do rio Pandeiros.

Baseado na literatura, foram selecionados elementos do meio físico que influenciam diretamente nas vazões, considerando a dinâmica estabelecida pela entrada de água na bacia, sua infiltração e o armazenamento subterrâneo, tais como:

- **Precipitação:** obtida por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com abrangência temporal coincidente com a das vazões. A estação é do tipo convencional e está situada no município de Januária (código da estação: 83386).
- **Geologia:** adquirida via Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), na escala de 1:100.000.
- **Pedologia:** obtida com base nos dados de solos do RADAMBRASIL, reapresentados pelo IBGE (2011).
- **Declividade:** gerada por meio de imagens SRTM, com resolução espacial de 30 m.
- **Aspectos morfométricos:** os parâmetros foram gerados no software ArcGIS, versão 10.8, a partir de imagens de radar (SRTM) (Oliveira *et al.*, 2010; Cabral *et al.*, 2016).
- **Uso e cobertura da terra:** obtidos através da coleção 8 do projeto MapBiomas.

Por fim, foi feito o coeficiente de correlação de Pearson (vazão/precipitação) para auxiliar em eventuais interpretações. O teste de Pearson se refere a uma medida linear entre duas variáveis, isto é, se as alterações em uma variável “x” acompanham as alterações de

uma variável “y” (Lima, 2018). As correlações variam entre negativa (valores próximos a -1), positiva (valores próximos a +1) e ausentes (valores próximos a 0) (Bi; Monette; Gasperi, 2015).

Apesar do detalhamento do estudo, ele está sujeito a algumas limitações importantes. As camadas vetoriais como de geologia e pedologia podem sofrer com generalizações cartográficas, assim como a abrangência espacial da estação do INMET, que pode não refletir adequadamente a ocorrência das chuvas em toda a bacia hidrográfica. Essas incertezas embora mínimas, devem ser consideradas na interpretação dos resultados.

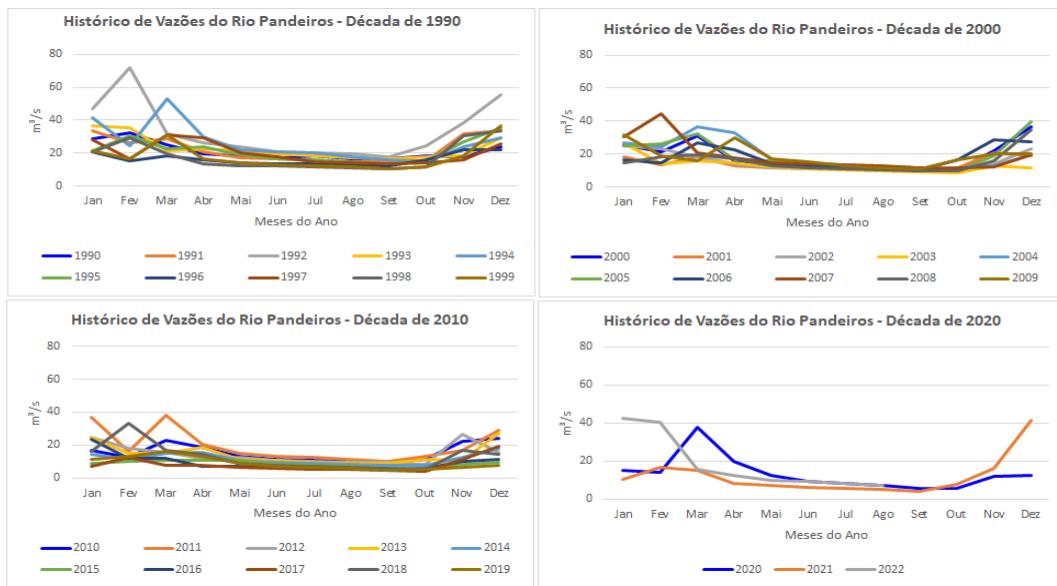
Resultados e discussões

SÉRIE DE VAZÕES

Os dados de vazão do rio Pandeiros entre 1990 e 2022 sinalizaram uma redução gradual ao longo dos anos e a predominância de picos mínimos na década de 2010. Cenário este, considerado na literatura como tendência na região, após a década de 1990 (Nunes *et al.*, 2009). As maiores vazões ocorreram na década de 1990, especificamente nos anos de 1992, 1994 e 1993, em que as médias anuais foram de 33,15 m³/s, 26,18 m³/s e 22,90 m³/s, respectivamente. As vazões médias mínimas referem-se aos anos de 2017 (8,07 m³/s), 2015 (8,67 m³/s) e 2019 (8,91 m³/s). Sobre a década de 2020, embora esteja disponível os dados completos dos dois primeiros anos – 2020 e 2021, percebe-se que as vazões continuam baixas.

As vazões do Pandeiros em períodos chuvosos após o ano de 2014, parecem equivaler com as vazões em períodos de seca em anos anteriores, ou seja, tem reduzido consideravelmente. Ao considerarmos a vazão total da década de 2010, a mesma reduziu 34% em relação à década de 2000, e 51% em relação a de 1990. Apenas em dezembro de 2021, janeiro e fevereiro de 2022, as vazões tornaram-se a subir. Além das variações interanuais, há também as variações intraanuais relacionadas à sazonalidade climática. Na área de estudo, os valores máximos ocorrem entre dezembro e fevereiro, e os mínimos, entre julho e setembro (Figura 2).

Figura 2 - Histórico de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros (1990 – 2022)



Fonte: Os Autores (2024).

Com base na estatística descritiva do conjunto de dados de vazões do rio Pandeiros (Tabela 1), os dados do período seco (abril-setembro) são mais homogêneos do que os do período chuvoso (outubro-março), com média de 12,90 m³/s, desvio padrão de 5,10 e coeficiente de variação de 39,6%. No período chuvoso, os dados variaram em torno de 50,3% devido a quantidade e intensidade das precipitações, em que a mínima atingiu 4,18 m³/s e a máxima 71,77 m³/s.

Tabela 1 - Estatística Descritiva do Conjunto de dados de vazões

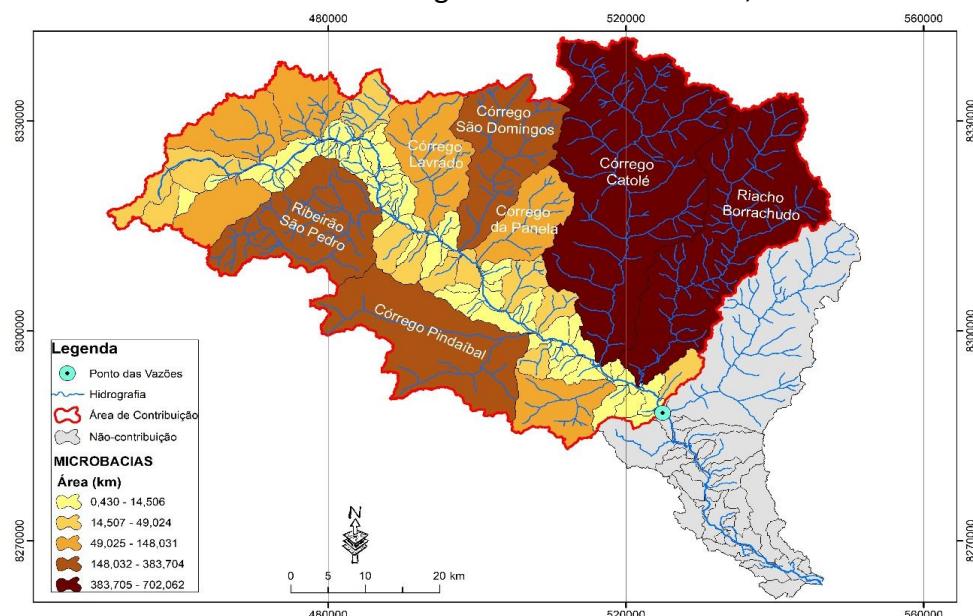
Período	Mínimo	Média	Máximo	Des. Padrão	C. Variação
Chuvoso	4,2	20,8	71,8	10,5	50,3%
Seco	5,3	12,9	33,2	5,1	39,6%
Geral	4,2	16,8	71,8	9,1	54,2%

Fonte: Os Autores (2024).

Em geral, a menor vazão registrada foi no período chuvoso (outubro de 2017), isso possivelmente ocorreu em função da baixa quantidade de precipitações que atingiram a bacia ao longo daquele ano. Mesmo com o início das chuvas, a vazão não se recupera automaticamente, necessitando de um determinado tempo para se reestabelecer.

Ao considerar o ponto amostral das vazões da BHRP, percebe-se que as maiores áreas de contribuição se localizam em sua margem esquerda (Figura 3). As microbacias do córrego Catolé e do riacho Borrachudo são as mais representativas, seguido pelas microbacias do córrego do Pindaibal, ribeirão São Pedro, córrego São Domingos, córrego Lavrado e córrego da Panela.

Figura 3 – Microbacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros, Minas Gerais – Brasil.



Fonte: Os Autores (2024).

As maiores contribuições da BHRP, isto é, as microbacias do córrego Catolé e do riacho Borrachudo, compreendem formações de Cerrado em estado majoritariamente natural - 91% e 86,5%, respectivamente. As nascentes e as áreas próximas aos córregos e rios são compostas por Áreas Úmidas do tipo veredas, o que favorece o armazenamento e o maior tempo de residência das águas nas bacias, contribuindo para a liberação de forma gradual aos rios e na regularidade de suas vazões.

HISTÓRICO DE PRECIPITAÇÃO NA BHRP

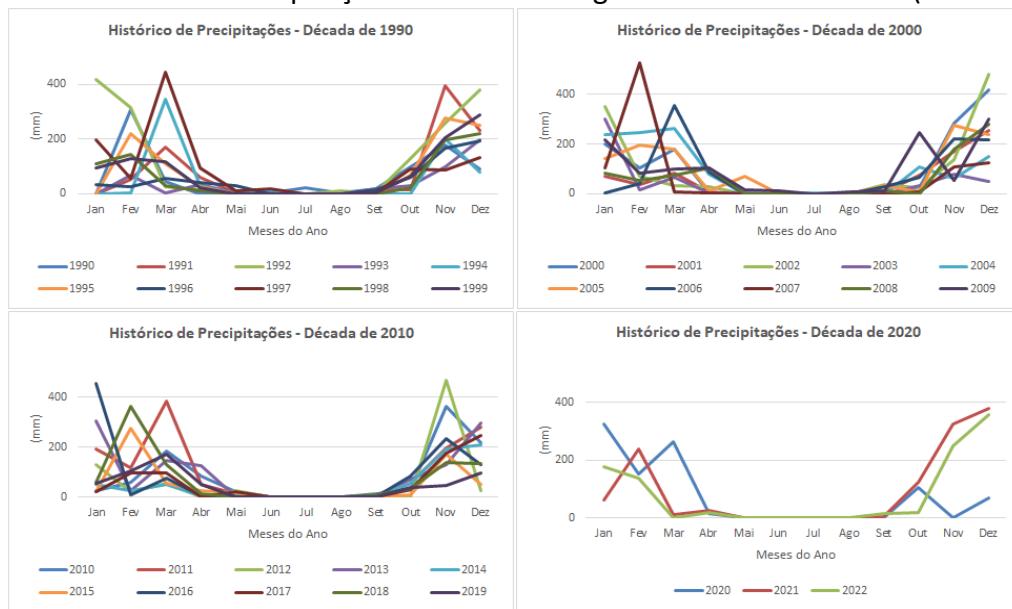
As precipitações registradas na estação mais próxima da área de estudo (Januária), indicam que a década de 2000 foi a mais chuvosa das analisadas neste trabalho, com média

anual de 978,9 mm. Na sequência tem-se a década de 1990 com 877,5 mm, e por último, a década de 2010 com 848,4 mm. A década de 2010 foi marcada por ocorrências de déficits extremos de precipitação, com eventos de seca de grande durabilidade, o período de 2015 a 2017 possui as maiores anomalias negativas no norte de Minas (Petrucci *et al.*, 2022). Estudos conduzidos por Sobral *et al.*, (2018), no Submédio São Francisco, também demonstraram uma situação extremamente crítica no semiárido brasileiro até a metade da década de 2010, onde maior parte das estações pluviométricas classificaram o período como seco ou muito seco.

Essas secas podem ser causadas por sistemas distantes, resultantes de interações atmosféricas de grande escala, que promovem anomalias nos campos de pressão e da circulação atmosférica. Dentre esses fenômenos, se destaca o El Niño, que em sua fase quente, induz um período chuvoso mais tardio no centro, norte e nordeste de Minas Gerais, e outros eventos extremos nas demais regiões do país (Minuzzi *et al.*, 2005; Carpenedo; Silva, 2022).

Em geral, cerca de seis anos da década de 2000 ultrapassaram os 1000 mm anuais de precipitação, enquanto nas demais décadas foram apenas 3 anos que ultrapassaram esta marca. Nos anos iniciais da década de 2020, observa-se um aumento das precipitações, porém como se refere a 30% da década, não se pode afirmar ainda, que é a mais chuvosa (Figura 4).

Figura 4 – Histórico de Precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros (1990 – 2022).



Fonte: Os Autores (2024).

GEOLOGIA

A área de estudo, encontra-se majoritariamente sobre o domínio da bacia Sanfranciscana, com rochas sedimentares e vulcânicas repousadas sobre o grupo Bambuí. Nos níveis estratigráficos inferiores há a presença de depósitos do cretáceo, compostos pelo grupo Areado e sequencialmente pelo grupo Urucuia, com o predomínio de arenitos, siltitos e conglomerados. Em áreas dissecadas pela rede hidrográfica na margem esquerda do Pandeiros, também há o afloramento de gnaisses e granitóides associados, em função da exposição do embasamento cristalino do complexo Januária (Costa *et al.*, 2024; Iglesias; Uhlein, 2009).

Os patamares mais elevados da região, são compostos por materiais não consolidados da formação Chapadão, a mais recente da bacia Sanfranciscana. Há coberturas detrito-lateríticas, resultantes da formação de crostas sobre as chapadas, além de coberturas elúvio-coluvionares, advindas da dissecação de unidades fanerozóicas. Do quaternário, têm-se as coberturas aluvionares, formadas a partir de depósitos de sedimentos ao longo das planícies de inundação dos canais de drenagem (Campos; Dardenne, 1997; Costa *et al.*, 2024).

O baixo Pandeiros corresponde ao domínio tectono-estratigráfico bacia Bambuí, sendo uma vasta cobertura neoproterozóica, de material pelítico-carbonático. As pequenas manchas de afloramento na BHRP são referentes a formação Sete Lagoas, representadas principalmente por calcário e dolomito, estando expostas exclusivamente na margem esquerda do rio São Francisco. Essa formação, teve a sua origem relacionada com ambientes evaporíticos, durante a regressão marinha, indicando um mar raso epicontinental (Schöll, 1972; Brandt, 1980; Iglesias; Uhlein, 2009).

PEDOLOGIA

A região é marcada pelo predomínio de solos do tipo Neossolo Quartzarênico (50,54%), abrangendo quase a totalidade da parte central da bacia, tendo sua origem relacionada ao intemperismo das rochas areníticas da bacia. Os Latossolos correspondem à segunda classe de solo predominante (29,35%). O Latossolo Vermelho-Amarelo é o mais representativo, situando-se nas áreas de chapada na alta bacia. O Latossolo Amarelo é encontrado à nordeste, em áreas de planaltos intermediários, e o Latossolo Vermelho predomina em planícies próximas à jusante, onde encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento.

Também ocorre na BHRP, o Cambissolo Háplico, Gleissolo Melânico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico (9,92%; 6,68%; 1,64% e 1,46%). Esses tipos de solos estão reduzidos a pequenas áreas, com influência direta de outros atributos fisiográficos, como geologia, declividade acúmulo de matéria orgânica. As generalizações cartográficas em função da escala do mapeamento, reflete por exemplo, na omissão de áreas compostas por Gleissolo e o Organossolo. Esses tipos de solos estão presentes nas áreas úmidas e ao longo dos cursos hídricos, que no contexto geral, possuem pouca abrangência espacial na bacia.

DECLIVIDADE

Em geral, a BHRP possui baixos índices de declividade associados a ocorrência de processos cílicos de erosão, formando diferentes níveis de aplanamento (Valadão, 2009). Há a predominância do relevo plano (0-3%) e suave-onulado (3-8%), ocupando cerca de 78% e

18% da bacia, respectivamente. O que interfere de forma positiva na percolação da água pluvial e o abastecimento dos lençóis freáticos. Os terrenos ondulados (8-20%) ocupam 3% da bacia e encontram-se em áreas de transição entre as áreas aplanadas conservadas e dissecadas, geralmente associadas a localidades de maior energia da drenagem, levando à erosão das vertentes.

Os maiores índices de declividade, correspondem as bordas de chapadas residuais do grupo Urucuia - Superfície Sul-Americana I dissecada (Valadão, 2009), e no platô remanescente em seu médio curso. As demais áreas estão localizadas próximo dos interflúvios, onde há grande concentração de nascentes. Nesses locais, o relevo é classificado como forte ondulado (20-45%) e ocupa 0,6% da bacia. Mesmo abrangendo uma pequena área, esses locais merecem atenção, principalmente pela propensão às erosões hídricas, fator intensificado por materiais geológicos não consolidados, tendendo a ser transportados pela rede hidrográfica.

DADOS MORFOMÉTRICOS

Conforme a análise morfométrica, os atributos encontrados na BHRP estão diretamente relacionados a sua vazão, além de indicarem as suas dinâmicas. Constatou-se que a bacia possui uma área de 3921,65 km², perímetro de 380,951 km e um total de 367 canais, distribuídos em rede hierárquica de 1^a a 5^a ordem, de acordo com os critérios de Strahler (1957). Os canais de 1^a ordem são consideravelmente mais numerosos, com um total 291, os demais 76 canais distribuídos da 2^a a 5^a ordem correspondem a um percentual de extensão de cumprimento de 49% do total da bacia com comprimento de mais de 953 km.

Em relação a densidade de drenagem, o índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km², ou mais, em bacias com boa drenagem (Villela; Mattos, 1975). O valor encontrado na área de estudo foi de 0,48, indicando se tratar de uma bacia de drenagem menos densa, resultando em uma menor velocidade e quantidade de água no canal principal, durante fortes chuvas prevalecendo a infiltração.

A amplitude altimétrica da bacia é de 413 m, associada à presença de um relevo escalonado com diferentes níveis de aplanamento. Na alta bacia há a presença de

remanescentes da Superfície Sul-Americana (Valadão, 2009), conhecida por ser um aplanamento de grande abrangência (continental), localizado acima dos 800 m de altitude. Na média bacia, há a ocorrência da Superfície Sul-Americana I conservada e dissecada pela rede fluvial, com altitudes entre 500 e 800 metros de altitude, aproximadamente. Na baixa bacia, tem-se a presença da Superfície Sul-Americana II, em altitudes inferiores a 500 m.

Conforme a classificação de declividade da Embrapa, a drenagem do rio Pandeiros se enquadra na categoria de relevo plano (0-3%), apresentando uma média de 2,56%. Esse índice demonstra o não-favorecimento do escoamento superficial, corroborando com os dados de densidade de drenagem, em que a bacia possui baixa capacidade de escoamentos rápidos no exutório influenciando também em deflúvios de estiagem mais contínuos.

Na BHRP o índice de circularidade é de 0,35, o que é reflexo de sua característica alongada. Havendo assim, menor chance do recebimento de água de vários canais ao mesmo tempo, sobre o rio principal, o que indica diminuição da chance de inundações no deflúvio (Fraga *et al.*, 2014).

O índice de sinuosidade (Tabela 2) da bacia corresponde a 1,55, sendo que quanto mais próximo a 1, é indicado que os canais tendem a serem retilíneos, enquanto valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser meandrantes (Teodoro *et al.*, 2007). A BHRP se encontra em nível intermediário, se inclinando a um formato sinuoso, o que remete ao maior tempo para o escoamento, devido a maior distância entre a nascente e o exutório. Esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimentos, se depositando nos meandros, levando a formação de acúmulos de areia como ocorre ao longo do Pandeiros, intensificado pelas ocorrências de Neossolos na região (Antoneli; Thomaz, 2007).

Tabela 2 - Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Pandeiros - MG.

Características Geométricas	
Área da bacia (km ²)	3921,655
Perímetro da bacia (km)	380,951
Índice de circularidade (Ic)	0,35
Características do Relevo	
Amplitude altimétrica (m)	413
Declividade Média (%)	2,56

Índice de rugosidade	198,24
Índice de circularidade	0,35
Características da Rede de Drenagem	
Ordem	5
Número de Canais	367
Comprimento de todos os canais (km)	1.899,66
Comprimento do canal principal (km)	155,5
Densidade da drenagem (km/km ²)	0,48
Índice de sinuosidade	1,55

Fonte: Os autores, 2024.

De acordo com resultados morfométricos encontrados, observa-se a tendência de percolação da água na bacia, indicada pela baixa amplitude altimétrica e pela baixa densidade de drenagem. Ademais, índices de sinuosidade e circularidade demonstram a menor chance de grandes volumes de água chegarem no exutório simultaneamente. Esses dados corroboram com a hipótese de menor probabilidade de altos picos de vazão no deflúvio, levando a retenção de água pela bacia, alimentando o lençol freático. Essa água é liberada gradativamente ao longo do ano, porém essa dinâmica está estreitamente relacionada a qualidade de conservação das áreas de recarga e da preservação das veredas.

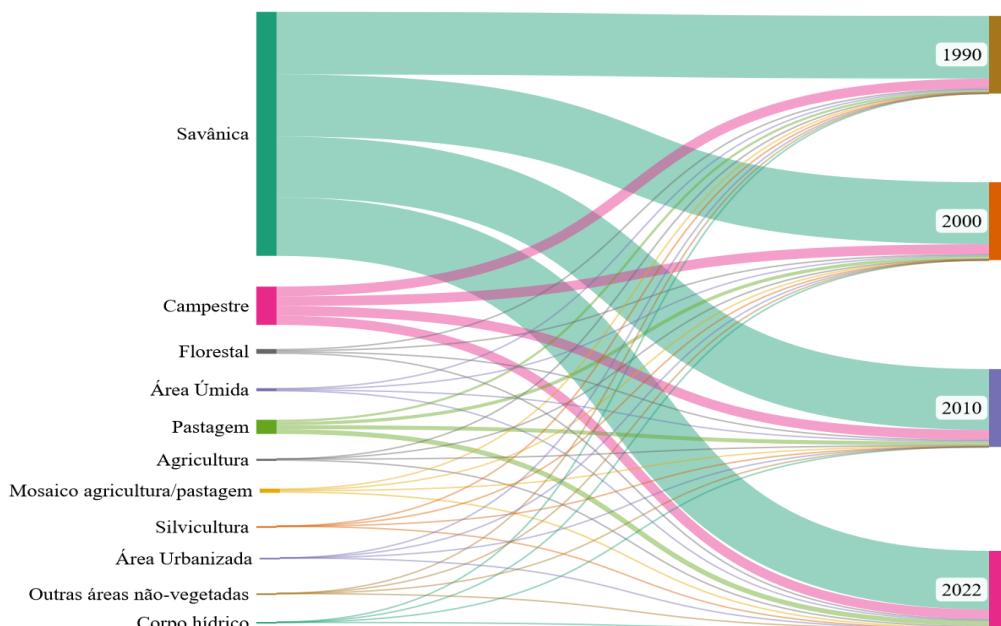
USO E COBERTURA DA TERRA

Em função de estar localizada em uma Área de Proteção Ambiental (APA), a bacia hidrográfica do Rio Pandeiros se encontra em um bom estágio de conservação. As áreas naturais representavam, em 2022, 90% (3650,25 km²) da bacia, composto por Formação Savânica (75%), Formação Campestre (12%), Formação Florestal (2%) e Áreas Úmidas (1%). Enquanto, os usos antrópicos, ocupavam 10% (400,6 km²) e eram representados pela pastagem (6%), agricultura (2%), mosaico entre agricultura e pastagem (2%), silvicultura (0,1%), área urbanizada (0,04%) e outras áreas não-vegetadas (0,01%).

Em décadas anteriores (1990, 2000 e 2010), a cobertura vegetal em estado natural era maior, entre 93% e 95%. A formação Savânica teve sua área reduzida em 5,3% ao longo desse período, enquanto a pastagem foi o uso antrópico que teve o maior incremento de

área (3,4%), seguido pela agricultura (1,9%). Os demais usos da terra mantiveram-se suas áreas de forma equilibrada (Figura 5).

Figura 5 – Série Histórica de Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros – MG.



Fonte: Os Autores (2024).

Apesar da maioria da vegetação estar em estado natural, nota-se a presença de áreas de pastagem localizadas ao longo das áreas úmidas, aproveitando da disponibilidade hídrica. A pastagem além de favorecer o escoamento superficial, devido a retirada da vegetação natural, contribui também, para a ocorrência de processos erosivos. O material transportado é remobilizado na baixa vertente, levando ao assoreamento dos canais (Costa; Moreira; Nunes, 2023).

Os demais usos antrópicos se encontram mais distribuídos, porém em menor concentração em relação as pastagens. Apesar da pouca representação de sua área em relação ao total da bacia (aproximadamente 2%), há a presença de agricultura intensiva, na região de Chapada Gaúcha no noroeste da região. Esses cultivos encontram-se sobre importantes áreas de recarga, podendo afetar os regimes de infiltração, e consequentemente as nascentes da alta bacia (Leandro; Rocha, 2023).

A presença de atividades agropecuárias no interior da bacia, denota na alta possibilidade da retirada de águas subterrâneas no interior da bacia (Dias *et al.*, 2017). Com a perfuração de poços, a dissecação do nível freático é mais inerente, levando ao secamento de veredas e a consequente diminuição de água superficial nos afluentes e também afetando a vazão final do rio principal.

INTEGRAÇÃO DOS ELEMENTOS AMBIENTAIS

Em geral, a maior presença de vegetação em estado natural na BHRP contribui para a disponibilidade hídrica local e regional. As áreas vegetadas são responsáveis por reduzir o escoamento superficial e a atividade erosiva, favorecem a infiltração, evapotranspiração e a recarga dos aquíferos (Bacellar, 2005).

O intemperismo do substrato rochoso permite a formação de solos como o Latossolo Amarelo na alta bacia e o Neossolo Quartzarênico na média bacia. Ambos possuem boa capacidade de infiltração, e somado a ampla abrangência e aos baixos índices de declividade, contribuem para a intensificação da percolação da água, mantendo os regimes fluviais contínuos, mesmo durante os longos períodos de estiagens (entre 4 a 7 meses secos, aproximadamente).

Na área de estudo, as vazões associam-se com a ocorrência das precipitações, em que a correlação é do tipo positiva. Os anos de 1998 ($p=0,96$), 2003 ($p=0,89$) e 2008 ($p=0,86$) representam as maiores correlações (positiva forte), enquanto os anos de 1994 ($p=-0,31$), 2002 ($p=-0,05$), 2012 ($p=-0,37$) e 2017 ($p=-0,19$) referem-se a correlações negativas, embora fracas (Tabela 3).

Tabela 3 - Correlação entre vazão e Precipitação na hidrográfica do rio Pandeiros - MG.

Correlação entre a Vazão e a Precipitação na BHRP											
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
0,54	0,67	0,84	0,51	-0,31	0,81	0,48	0,74	0,96*	0,78	0,64	
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
0,75	-0,05	0,89*	0,71	0,75	0,79	0,85	0,86*	0,45	0,38	0,82	
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	

-0,37	0,21	0,50	0,25	0,81	-0,19	0,66	0,70	0,64	0,78	0,98**
-------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	--------

* Maiores valores de correlação na série estudada.

** Os dados desse ano estão incompletos, por ainda não ter sua disponibilidade anual no HidroWeb.

Fonte: Os Autores (2024).

Em seu estudo, Costa *et al.*, (2013) encontrou resultados semelhantes para duas pequenas bacias no bioma Cerrado, demonstrando que a vazão mínima de referência tende a diminuir bastante com a diminuição das precipitações. Os autores também pontuam que diante da drástica redução da vazão, é necessária atenção dos tomadores de decisão para projetos de manejo, uso e captação de água, que sejam sustentáveis.

Contudo outros fatores ambientais também influenciam na redução das vazões, como áreas não-vegetadas próximas aos cursos d'água, compactação do solo por meio de atividades antrópicas, presença de áreas úmidas ao longo da bacia, predomínio de baixas declividades, sumidouros em rochas calcárias no baixo/médio curso de tributários. Além disso, Vidaletti *et al.*, (2021) analisa o comportamento em conjunto entre a precipitação, relevo e cobertura da terra, ressaltando a importância da cobertura vegetal natural, principalmente em momentos de precipitações elevadas garantindo uma infiltração adequada e reduzindo as perdas de água e solo por escoamento superficial na bacia. Ou seja, as vazões são resultado de um conjunto de elementos e fatores naturais integrados (Tabela 4).

Tabela 4 – Características físicas principais da bacia hidrográfica do rio Pandeiros - MG.

Área	3921,655 km ²
Declividade Média	2,56%
Precipitação Média	901 mm
Solos	Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho,Cambissolo Háplico, Gleissolo Melânico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico
Uso e Cobertura	Formação Savântica, Formação Campestre, Formação Florestal, Áreas Úmidas,

Fonte: Os Autores (2024).

Apesar da forte presença de cobertura vegetal, solos com coberturas bem desenvolvidas e relevos aproximadamente planos, a BHRP tem sofrido intensos processos de voçorocamento. Erosão hídrica, movimentos de massa, ação antrópica e fragilidade das geocoberturas são geralmente mencionados como os potenciais responsáveis (Augustin; Aranha, 2006). A bacia em questão, apresenta áreas isoladas de considerável declividade e são consideradas como principais agentes formadores das voçorocas. Ao longo da BHRP há três rupturas de declive (knickpoints) principais, formando trechos de alta energia erosiva potencial, o que favorece a ocorrência de processos erosivos. O intenso fornecimento do material para os canais resulta na dificuldade do rio Pandeiros em ajustar sua vazão com a carga sedimentar, prevalecendo o assoreamento (Augustin *et al.*, 2022).

Ao todo são 215 voçorocas, localizadas principalmente no alto Pandeiros, em um contexto de escarpas (Lima *et al.*, 2023). Esse processo também pode refletir na variabilidade das vazões a partir da redução da capacidade de armazenamento da bacia, alteração nos padrões de escoamento, tempo de residência das águas, disponibilidade e qualidade das águas.

Além da influência dos elementos do meio físico, as atividades humanas também influenciam nas vazões dos rios (Souza *et al.*, 2017), a partir da utilização de água para o abastecimento e irrigação de lavouras temporárias, micro barramentos d'água ao longo dos rios, etc. Na BHRP essas influências humanas podem ser notadas em diferentes cursos d'água, sobretudo no córrego Catolé e no riacho Borrachudo (Figura 6).

Figura 6 - Influências Antrópicas em Cursos d'água da BHRP – MG.



Fonte: Os Autores (2024).

Apesar das ações antrópicas influenciar a disponibilidade de água e consequentemente a vazão dos rios, considera-se que essas atividades, não são significativas no contexto da BHRP. Isso porque a captação de água por meio de equipamentos (motores) é realizada por pequenos moradores que residem às margens dos rios (uso doméstico, dessedentação de animais) e os micros barramentos são mais recorrentes no Catolé, onde se tem a ocorrência do “Balneário Catulé”.

Considerações finais

As vazões da BHRP têm reduzido gradualmente ao longo dos anos, com predominância de picos mínimos na década de 2010. Embora haja a presença de atividades antrópicas na bacia, os impactos resultantes dessas atividades não demonstram ter, uma significativa influência sobre as vazões. Ademais, fatores como a intensificação do assoreamento da calha do rio por sedimentos advindos de voçorocas formadas em áreas declivosas, tendem a influenciar na variabilidade das vazões.

Observou-se que as vazões do rio Pandeiros, em sua maioria, estão diretamente relacionadas com a ocorrência das precipitações. A magnitude da correlação das variáveis foi indicada pelo teste de Pearson, afirmando-se positiva entre vazão e precipitação, principalmente nos anos de 1998, 2003 e 2008. As correlações negativas ocorreram em 1994, 2002, 2012 e 2017, quando as flutuações pluviométricas, não interferiram de forma direta, sobre a disponibilidade superficial de água na bacia.

Em geral, os atributos do meio físico demonstraram uma baixa probabilidade de altos picos de vazão na bacia, devido ao seu formato alongado e a boa capacidade de infiltração, levando a retenção de água, alimentando o lençol freático. Essa água é liberada de forma contínua durante o ano, mas a dinâmica está diretamente relacionada a preservação das zonas recarga e das veredas.

Diante o exposto, é de grande importância o desenvolvimento de políticas públicas que minimizem os impactos antrópicos nessas áreas de extrema sensibilidade. Em escala mais ampla, também ressalta-se a necessidade de ações governamentais referentes às mudanças climáticas, minimizando seus impactos socioambientais em bacias como a do rio Pandeiros. Para compreender esse quadro tão complexo, é fundamental analisar todas essas variáveis e o grau de influência de cada uma, além de aprofundar os estudos sobre as dinâmicas dos elementos constituintes da paisagem, tanto naturais quanto artificiais. Além disso, é essencial realizar novos trabalhos que incluem modelagem climatológica do passado, presente e futuro, a fim de explicar como essas dinâmicas interferem e podem impactar a vazão da bacia hidrográfica do rio Pandeiros.

Referências

- ALVES, P. F. S.; KONDO, M. K.; FERREIRA, V. G.; PEREIRA, D. G. C.; SANTOS, S. R. dos.; SAMPAIO, R. A. Sobrevivência de espécies nativas em função da calagem em área degradada na bacia do Rio Pandeiros. **Research, Society and Development**, v.10, n 10, e551101019072, 2021. [DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19072](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19072).
- ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista-Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.8, n 21, 46-58, 2007. [DOI: https://doi.org/10.14393/RCG82115570](https://doi.org/10.14393/RCG82115570).

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de voçorocamento, noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.7, n 1, 9-18, 2006. [DOI:](https://doi.org/10.20502/rbg.v7i1.56) <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i1.56>.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M.; OLIVEIRA, D. A.; DE LIMA, A. C. P.; ARANHA, P. R. A.; FRANCO, G. G.; BANDEIRA, J. V. Características da drenagem fluvial e de encosta e sua relação com o relevo na bacia do rio Pandeiros–MG. **Revista Científica MG. Biota**, Belo Horizonte, v.15, n 1, 64-91, 2022.

BACELLAR, L. A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo. Br.**, v.1, 1-39, 2005.

BETHONICO, M. B. de M.; CUNHA, S. B. da. Gestão sustentável de unidades de conservação: o caso da APA estadual do Rio Pandeiros, Minas Gerais. **GEOgraphia, Rio de Janeiro**, v.11, n 22, 104-127, fev. 2009.

BI, E. G.; MONETTE, F.; GASPERI, J. Analysis of the influence of rainfall variables on urban effluents concentrations and fluxes in wet weather. **Journal of Hydrology**, v.523, 320-332, 2015. [DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.017](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.017).

BRANDT, W. Aspectos geológicos de interesse para a espeleologia do norte de Minas Gerais, Brasil. In: 14º CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA. **Anais** [...]. Belo Horizonte – MG, 1980. Disponível em: <https://www.cavernas.org.br/anais_cbe/14o-congresso-nacional-de-espeleologia/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

BORGES, M. G.; RODRIGUES, H. L. A.; LEITE, M. E. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do Cerrado no Norte de Minas Gerais e suas fitofisionomias. **Caderno de Geografia**, v.29, n 58, 819-835, 2019. [DOI: 10.5752/p.2318-2962.2019v29n58p819](https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29n58p819).

CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. da S. TEIXEIRA, F. A. de A. Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/RAS no mapeamento de área de inundação urbana: aplicação à bacia do rio Granjeiro-CE. **Geosciences= Geociências**, v.35, n 1, 90-101, 2016.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, n 3, 269-282, 1997.

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**, Viçosa, v.30, n 2, 241-248, 2006. [DOI: 10.5752/p.2318-2962.2019v29n58p819](https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29n58p819).

CARPENEDO, C. B.; SILVA, C. B. Influência de teleconexões na precipitação pluvial do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.30, 26-46, 2022.

CODEMIG, Companhia de Desenvolvimento Econômico de; GERAIS, Minas. Mapa Geológico MG. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala**, v.1, n 1.000, 000, 2014.

COSTA, G. K. L.; BLANCO, C. J. C.; SOARES, A. C. L.; CRUZ, J. S.; MENDONÇA, L. M. Impacto das mudanças climáticas nas vazões mínimas de referência de pequenas bacias hidrográficas na Amazônia Legal e dentro do arco do desflorestamento. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.20, n 2023, 2023. <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v20e6>.

COSTA, H. R. O.; MOREIRA, E. S.; NUNES, J. O. R. O uso da terra por atividades agropecuárias e seu impacto sobre bacias hidrográficas. **GeoGraphos**, v.14, n 2, 64-90, 2023. <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2023.14.154>.

COSTA, L. R. F. DA; SENA SOUZA, J. P., BAGGIO FILHO, H., CAVALCANTI, J. A. D.; LEITE, M. R. Geomorfologia da Mesorregião Norte de Minas Gerais – Brasil. **Revista Da Angepe**, v. 19, n 40, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5418/ra2023.v19i40.17870>.

DIAS, L. C. C.; MOSCHINI, L. E.; TREVISAN, D. P. A influência das atividades antrópicas na paisagem da Área de Proteção Ambiental estadual do Rio Pandeiros, MG-Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.6, n 2, 85-105, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p85-105>.

ESRI. (2020). *ArcGIS Desktop: Release 10.8*. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v.2, n 4, 214-218, 2014. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i4.1785>.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n 2, 103-111, 2012. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.166>.

HIDROWEB, PORTAL. Inventário de Estações da Agência Nacional das Águas (ANA). 2019. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso: 8 set. 2023.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v.39, n 2, 256-266, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/>. Acesso: 4 jan. 2024.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas. Brasília: INMET, 2020. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/servicos/normais-climatologicas>>. Acesso: 15 set. 2023.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. Variações dos totais de chuvas e temperatura do ar na bacia do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil: articulação com fatores de diferentes níveis escalares em área de transição climática de cerrado para semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i0.61013>.

LEANDRO, G. R. dos S.; ROCHA, P. C. Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba-Alto Paraguai, Mato Grosso-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.31, e45603, 2023. <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-45603>.

LIMA, A. C. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; OLIVEIRA, D. A.; NOVO, T. A. Análise da distribuição espacial de voçorocas na bacia do rio Pandeiros-MG: uma abordagem geomorfológica. **Re-**

vista Brasileira de Geomorfologia, v.24, n 00, 2023. DOI:
<https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i00.2366>.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; PEREZ, F. A. Relações entre rede de drenagem e superfícies de aplainamento semiáridas. **Mercator (Fortaleza)**, v.15, 91-104, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2016.1502.0006>.

LIMA, A. J. Estimativa da série de precipitação de uma bacia sem dados históricos. **Ciência e Natura**, v.40, e67, 2018.

LUÍZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. Parâmetros de cor e turbidez relacionados aos usos do solo e a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Taquaral, São Mateus do Sul–PR. **Caminhos de Geografia**, v.13, n 41, 52-67, 2012.

Mapbiomas. 2023. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>>. Acesso: 10 out. 2023.

MENEZES C. J. **Modelagem de escoamento superficial com base no hidrograma tempo-área geoprocessado.** 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. El Niño: occurrence and duration of dry spells in the State of Minas Gerais-Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n 3, 364-371, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000300011>.

NETO, J. de B. S.; OLIVEIRA, G. F. de; SOUZA, L. R.; SILVA, M. R. da; CONCEIÇÃO, I. M. da; PANTA, D. L. da S.; SOARES, G. A. de S.; ALMEIDA, I. C. de S.; GOMES, D. D. M. CARACTERIZAÇÃO MORFORMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA-PE/AL. **Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia**, v.1, n 2, 257-269, 2019.

NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; NEVES, W. V.; VELOSO, M. D. D. M.; SOUZA, R.; FERNANDES, G. W. Pandeiros: o pantanal mineiro. **MG Biota**, Belo Horizonte, v.2, n 2, 4-17, 2009.

OLIVEIRA, P. T. S. de.; 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, 819-825, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800005>.

PEREIRA, M. D; SIEGLE, E; MIRANDA, L. B. D; SCHETTINI, C. A. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: Estuário de Caravelas (BA). **Revista Brasileira de Geofísica**, v.28, 427-444, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2010000300008>.

PETRUCCI, E.; DE OLIVEIRA, L. A.; SILVA, R. C. Secas pluviométricas no estado de Minas Gerais, de 1980 a 2017. **RA'E GA-O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v.54, 129-153, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.76135>.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v.22, n 63, 43-60, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>.

SCHÖLL, W. U. Der südwestliche Randbereich der Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. **Geologische Rundschau**, v.61, 201-216, 1972.

SOUZA, N. S.; DE JESUS, W. S.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n 3, 453-462, 2017. [DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522017155279](https://doi.org/10.1590/S1413-41522017155279).

SOBRAL, M. do. C. M.; ASSIS, J. M. O. de.; OLIVEIRA, C. R. de.; SILVA, G. M. da.; MORAIS, M.; CARVALHO, R. M. C. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco–Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v.12, n 03, 95-106, 2018. <https://doi.org/10.22411/rede2018.1203.10>

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **EOS, Transactions: American Geophysical Union**, v.38, n 6, 913-920, 1957. [DOI: https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913](https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913).

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v.11, n 20, 137-156. 2007. [DOI: https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236).

TUCCI, C. E. M. Processos Hidrológicos e os Impactos do Uso do Solo. In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (ORGs). **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2015. USGS.

United States Geological Survey. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). 2023. <https://www.usgs.gov/> Acesso: 5 out. 2023.

VALADÃO, R. C. Geodinâmica de superfícies de aplanamento, desnudação continental e tectônica ativa como condicionantes da megageomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n 2, 77-90, 2009. [DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.132](https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.132).

VIDALETTI, V. F.; MARINS, A. C. de; SECCO, D. .; RIZZI, R. L.; CHANG, P. Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo. **Research, Society and Development**, v.10, n 17, e193101724562-e193101724562, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24562>.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.