



IV-331 - COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ARROJADO, NO MUNICÍPIO DE CORRENTINA, BAHIA, BRASIL.

Fernanda Sobreira Silva⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste da Bahia. Especialista em Sustentabilidade Urbana pelo Instituto Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

Pâmela Andressa dos Santos Sabini⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste da Bahia. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. Consultora Ambiental da Trevo Consultoria.

Afonso Alves Teixeira⁽²⁾

Acadêmico de Engenharia Civil pela Universidade Federal do Oeste da Bahia.

Luís Gustavo Henriques do Amaral⁽²⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Associado pela Universidade Federal do Oeste da Bahia.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Av. dos Economistas, s/n – Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50740-590 - Brasil - Tel: (81) 2126-8238 - e-mail: fernanda.sobreira@ufpe.br

Endereço⁽²⁾: Universidade Federal do Oeste da Bahia, Rua Professor José Seabra de Lemos, 316 - Recanto dos Pássaros - Barreiras - BA - CEP: 47808-021 - Brasil - Tel: (77) 3614-3146 - e-mail: luis.gha@ufob.edu.br

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, cobrindo originalmente quase um quarto do território do país. Neste bioma estão localizados os três principais aquíferos do Brasil. Dentre eles, o aquífero Urucuia, que abrange parte da região Oeste do estado da Bahia, que desde a década de 1980 teve sua exploração intensificada em virtude da pecuária, agricultura de sequeiro e irrigada. Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar o comportamento hidrológico da bacia do rio Arrojado, localizado na região extremo oeste do estado, através da obtenção de dados para a caracterização morfométrica da referida bacia hidrográfica e a realização do seu balanço hídrico. Os resultados apontaram que a bacia possui área de 6.121,63 km², fator de forma de 0,019 e um coeficiente de compacidade de 2,63, portanto, foi caracterizada como alongada. Para o período analisado, entre 1980 e 2020, a bacia apresentou uma precipitação média mensal de 78,40 mm, precipitação média anual na bacia do rio Arrojado foi de 1.060 mm ano⁻¹, enquanto o escoamento médio anual foi de 270 mm ano⁻¹ e a evapotranspiração média anual foi de 790 mm ano⁻¹. Entre os anos hidrológicos de 1980-1981 e 2019-2020, houve expressiva redução no escoamento na bacia do rio Arrojado, acompanhado de redução na precipitação e aumento na evapotranspiração, bem como redução na vazão de 47,6 %. Tais resultados podem contribuir para a condução de estudos que analisem as razões por trás dessa mudança, visando assegurar a perenidade das vazões do rio Arrojado nas próximas décadas.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico, Caracterização morfométrica, Vazão, Precipitação.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é o segundo maior do Brasil, ocupando originalmente quase um quarto do território, sendo menor apenas que a Floresta Amazônica [1]. O Cerrado é considerado “berço de águas”, pois é onde se localizam oito das doze principais bacias hidrográficas do país [2] e três dos principais aquíferos brasileiros: Bambuí, Guarani e Urucuia [3].

A área efetiva do Sistema Aquífero Urucuia (SAU) estende-se por cerca de 76.000 km², desde o sul do Piauí até o noroeste de Minas Gerais, tendo sua maior extensão na região oeste da Bahia [4], onde se constitui no



maior manancial de água subterrânea, regulando as vazões de três importantes rios situados na margem esquerda do rio São Francisco: Grande, Corrente e Carinhonha.

A recarga do SAU se dá principalmente pela infiltração das águas da chuva [5]. Na região oeste da Bahia, a exploração de águas subterrâneas encontra-se em crescimento, o que, aliada às variações climáticas e às mudanças no uso e ocupação do solo, pode alterar significativamente o fluxo de recarga do aquífero, influenciando nos níveis d'água subterrâneos e no fluxo de base dos rios [6, 7].

[8] verificaram uma redução na precipitação média anual na região Oeste da Bahia na última década, sugerindo que essa redução, combinada com o aumento da exploração de água subterrânea e superficial na região, pode ter gerado queda nos níveis do SAU em algumas áreas.

A análise desse possível rebaixamento vem sendo realizada por meio de simulação numérica associada ao monitoramento de poços profundos. [9] analisaram os efeitos da extração de água em poços situados na bacia do rio Corrente, nas sub-bacias dos rios das Éguas, Formoso e Arrojado, observando um rebaixamento médio de 0,8 m no nível do aquífero ao considerarem as vazões correspondentes às outorgas subterrâneas vigentes em 2017, em comparação com uma situação hipotética de ausência de extração de água subterrânea.

O rebaixamento do nível do SAU tem impacto direto sobre as vazões superficiais, pois o aquífero desempenha o papel de regulador das vazões dos rios da região oeste da Bahia [4]. Na bacia do rio Corrente, especialmente na sub-bacia do rio Arrojado, as alterações no comportamento hidrológico dos rios têm motivado conflitos pelo uso da água [10], demonstrando a necessidade de ampliar o conhecimento sobre o comportamento hidrológico dos rios da região.

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar o comportamento hidrológico da bacia do rio Arrojado, localizado na região extremo oeste do estado da Bahia, Brasil, através da obtenção de dados para a caracterização morfométrica da referida bacia hidrográfica e a realização do seu balanço hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

DETERMINAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O processo de delimitação da bacia hidrográfica do rio Arrojado foi efetuado com técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto, com auxílio dos *softwares* QGIS Desktop 3.16.15 e GRASS. Para essa finalidade, foram utilizadas imagens de radar da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), submetidas ao reprocessamento conhecido por NASADEM.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Em seguida, foi realizada a caracterização morfométrica, obtendo-se os seguintes parâmetros: área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, comprimento e declividade média do curso d'água principal, comprimento total dos rios da bacia, ordem dos cursos d'água e densidade de drenagem, com a finalidade de auxiliar no entendimento dos processos hidrológicos locais e regionais.

DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Os dados de precipitação e vazão foram obtidos por meio da base de dados do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Para a escolha das estações pluviométricas e fluviométricas, foi considerada a sua distribuição espacial, escolhendo estações situadas dentro da própria bacia e nas suas proximidades.

As estações selecionadas tinham no mínimo 30 anos de dados, abrangendo obrigatoriamente o período de 1990-2020, com dados consistentes e o mínimo de falhas possíveis. Nos casos em que foram verificadas falhas nos dados, o preenchimento foi realizado com o método de regressão linear, correlacionando os dados da estação com falhas com os dados de uma estação vizinha [11].

Com base nos dados de precipitação, calculou-se a precipitação média mensal para o período em análise, de modo a possibilitar a identificação do início do período chuvoso e do término do período de estiagem, para definir o ano hidrológico da bacia.

Para o cálculo da precipitação média na bacia, foi utilizado o método de interpolação Inverso da Potência da Distância – IDW, aplicada por meio de ferramenta específica do software QGIS, com o objetivo de definir a influência dos dados de cada posto pluviométrico sobre a bacia. A precipitação média foi obtida por meio das propriedades do arquivo Raster gerado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

A bacia apresentou área de 6.121,63 km² e perímetro de 736 km. Os índices de forma da bacia indicam um formato alongado, com coeficiente de compacidade igual de 2,63 e fator de forma de 0,019. A bacia apresentou uma densidade de drenagem pequena, de 0,38 km km⁻².

A bacia apresenta as maiores altitudes a oeste, conforme Figura 1a), com um valor máximo de 1015 m. Ao leste estão as menores elevações, com valor mínimo de 444 m, próximo à foz do rio Arrojado, resultando numa variação de altitude de 571 m. Na Figura 1b) observa-se que a maior parte da bacia apresenta declividades entre 0-5%, podendo ser caracterizada como uma região plana. As maiores declividades, acima de 20%, são predominantes nas proximidades da nascente do rio Arrojado e do exutório da bacia.

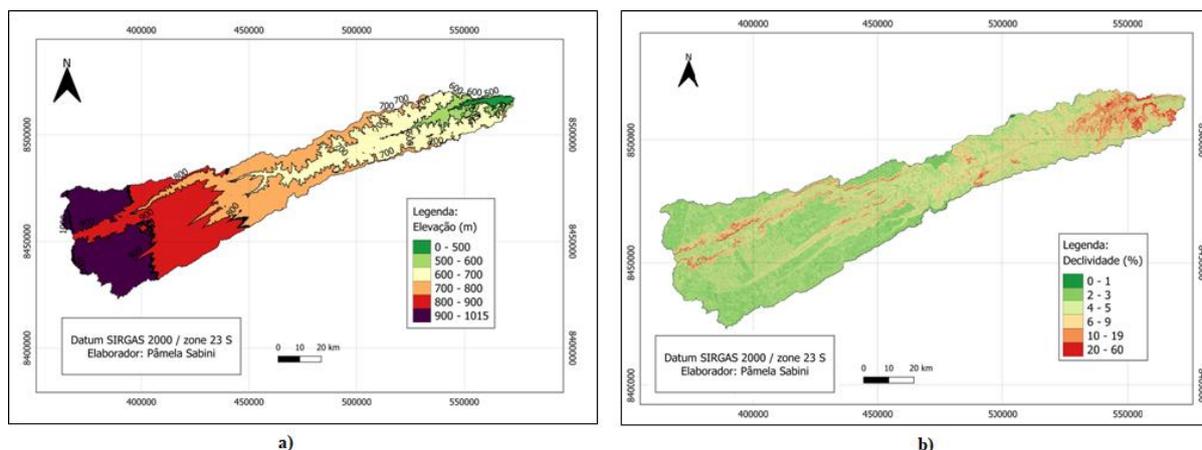


Figura 1: a) Mapa hipsométrico b) Declividade da bacia do rio Arrojado.

Os índices de forma encontrados para a bacia indicam que esta é pouco propensa a enchentes. Conforme [12] coeficientes de compacidade $>1,5$ e fatores de forma baixos denotam bacias alongadas e menos propensas a enchentes, pois há uma baixa probabilidade de que chuvas intensas cubram, ao mesmo tempo, toda a sua extensão.

No que tange à rede de drenagem, a bacia pode ser classificada como de drenagem pobre, por apresentar densidade de drenagem abaixo de 0,5 km km⁻² [12]. A densidade de drenagem representa o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e sua relação com as estruturas geológicas (MANOEL, 2016). Na bacia do rio Arrojado, a baixa densidade de drenagem pode estar associada ao baixo índice pluviométrico e à alta permeabilidade dos solos.

PRECIPITAÇÃO

Com base na análise das precipitações médias mensais no período de 1980 a 2020, definiu-se o início do ano hidrológico no mês de outubro, que apresentou precipitação média mensal de 78,40 mm. Assim, a série



histórica ajustada iniciou-se em outubro de 1980 e findou-se em setembro de 2020, contabilizando 40 anos de dados.

Na Figura 2 são apresentadas as isoietas referentes às precipitações totais anuais na bacia para os anos hidrológicos de 1989-1990, 1999-2000, 2009-2010 e 2019-2020 obtidas por meio das interpolações IDW.

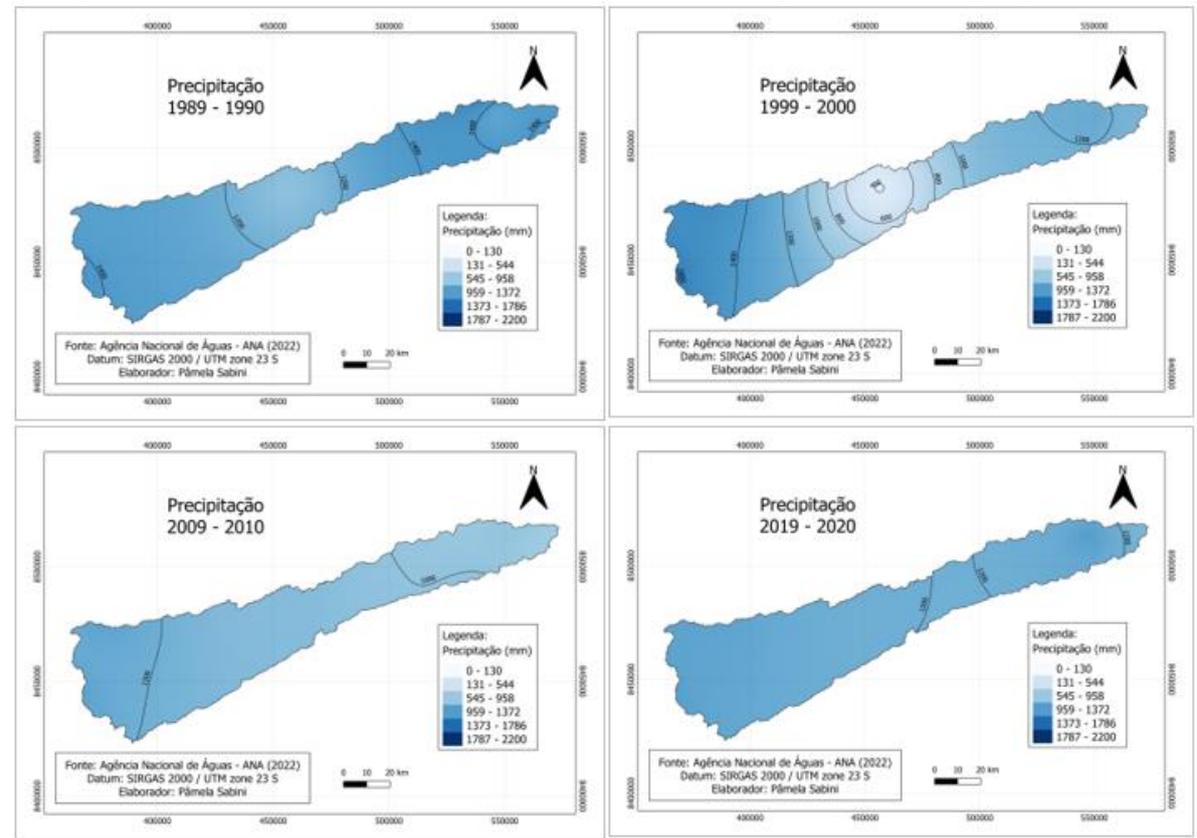


Figura 2: Isoietas da precipitação total anual para os anos hidrológicos de 1989-1990, 1999-2000, 2009-2010 e 2019-2020.

VAZÃO

Na Figura 3, apresenta-se o comparativo entre as precipitações totais anuais e as vazões médias anuais, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

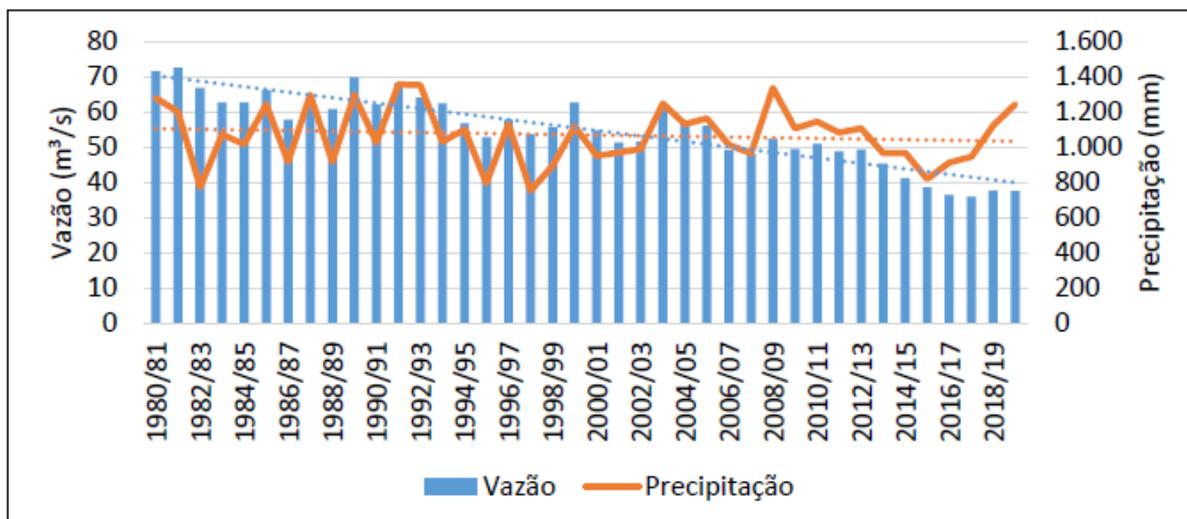


Figura 3: Precipitações totais anuais e vazões médias anuais para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

BALANÇO HÍDRICO

As variáveis do balanço hídrico e o coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia do rio Arrojado, para os anos hidrológicos avaliados, estão dispostas na Figura 4.

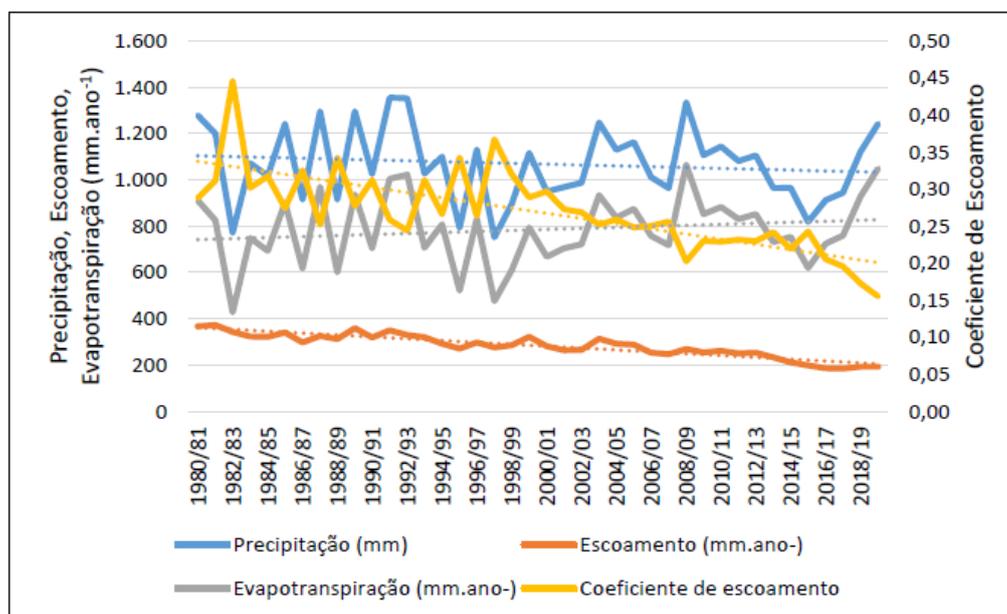


Figura 4: Comportamento das variáveis do balanço hídrico e do coeficiente de escoamento de longo prazo para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

No período analisado, a precipitação média anual foi de $1.060 \text{ mm.ano}^{-1}$, o escoamento médio anual foi de 270 mm.ano^{-1} e a evapotranspiração média anual foi de 790 mm.ano^{-1} . O coeficiente de escoamento de longo prazo médio foi de 0,26, indicando que, no decorrer dos 40 anos da série histórica, 26% da precipitação ocorrida na bacia se transformou em vazão em seu exutório.

A redução nas vazões médias anuais no decorrer da série histórica, evidenciada nas figuras 3 e 4, pode ter diferentes justificativas, como a interferência das modificações ambientais ocorridas na bacia, o aumento da



área agrícola, o uso de infraestrutura urbana, a redução de áreas de vegetação e o aumento da área de irrigação [14, 15, 16]. [8] apontam como causa provável da redução nas vazões dos rios da região Oeste da Bahia a redução na precipitação, aliada ao aumento da exploração de água subterrânea e superficial.

Essa redução da vazão também foi observada por [17], que constatou reduções significativas nas vazões dos rios Preto, Grande, Corrente, Carinhanha e Pandeiros após 1980.

Além da tendência de redução no escoamento anual na bacia do rio Arrojado, por meio da Figura 4 é possível verificar a tendência de redução na precipitação e aumento da evapotranspiração. No entanto, a redução no escoamento é mais abrupta do que a redução na precipitação, o que fica evidente pelo aumento na evapotranspiração. Essa redução mais acentuada no escoamento é confirmada pela redução no coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia.

O escoamento e o coeficiente de escoamento de longo prazo apresentaram valores abaixo da média para todos os anos da última década avaliada, enquanto a precipitação apresentou apenas metade dos valores abaixo da média no mesmo período, com tendência de aumento a partir de 2016/2017.

Considerando-se os valores obtidos para o primeiro e o último ano da série, a redução na vazão média anual da bacia foi de 47,6%. Nesse período, o coeficiente de escoamento de longo prazo atingiu valores inferiores a 0,20 somente nos dois últimos anos da série histórica, evidenciando a mudança no comportamento hidrológico da bacia, com tendência de queda nas vazões e aumento na evapotranspiração.

CONCLUSÕES

Entre os anos hidrológicos de 1980-1981 e 2019-2020, houve expressiva redução no escoamento na bacia do rio Arrojado, acompanhado de redução na precipitação e aumento na evapotranspiração. A vazão média anual na bacia do rio Arrojado decaiu 47,6% entre o primeiro e o último ano da série histórica avaliada.

Diante desse cenário, é imprescindível a realização de estudos que avaliem as causas dessa mudança, de modo a garantir a perenidade das vazões do rio Arrojado nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PEIXOTO, A. L. et al. (org.). Conhecendo a biodiversidade. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016.
2. LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Recursos Hídricos do Bioma Cerrado Importância e situação. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, P.; REIBEIRO, F. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p 89 - 106, 2008.
3. ANA. Codificação de bacias hidrográficas pelo método Otto Pfafstetter -PT/ES. Gerência de Informações Geográficas – GEGEO, 2014.
4. GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. Rev. Bras. Geociênc., v. 37, n. 4, p. 216-226, 2007.
5. LEÃO, A.; ACOSTA, E. Boas práticas agrícolas e disponibilidade hídrica. In: BARCELOS, K. CI – Brasil (Conservação Internacional Brasil). Perspectivas sobre a sustentabilidade da soja – MATOPIBA. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, p 42-59, 2021.
6. OLIVEIRA, L. T. Balanço Hídrico Transitório e Análise das Variações de Níveis d'Água na Porção Meridional do Aquífero Urucuia – Bahia. In: VIEIRA, M. S. B; DINIZ, J. A. O. Sistema Aquífero Urucuia: monitoramento, estudos e bacia-escola. CPRM, 2021.
7. VIEIRA, M. S. B. et al. Caracterização Hidrológica. In: Sistema Aquífero Urucuia: Monitoramento, Estudos e Bacia-Escola. Brasília, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, p. 151-161, 2021.
8. POUSA, R. et al. Climate change and intense irrigation growth in Western Bahia, Brazil: The urgent need for hydroclimatic monitoring. Water, v. 11, n. 5, p. 933, 2019.
9. OLIVEIRA, L. T. et al. Analysis of the long-term effects of groundwater extraction on the water balance in part of the Urucuia Aquifer System in Bahia - Brazil. Revista Ambiente & Água, v. 14, n. 6, 2019.
10. CBHRC - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORRENTE E DOS RIACHOS DO RAMALHO, SERRA DOURADA E BREJO VELHO. Ata da reunião realizada no dia 8 de junho de 2021. Salvador: INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2021.
11. TUCCI, C. E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 943, 1993.
12. VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mcgraw Hill, p. 250, 1975.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



13. MANOEL, J. L. Levantamento e Análise das Densidades de Drenagens das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. São Luís – MA. 2016.
14. SOUSA, F. Bambuí, Urucuia e Guarani: os grandes aquíferos do Cerrado brasileiro. Água Vida & Cia, 2017.
15. SOUSA, R. G. et al. Análise da precipitação, vazão, uso e cobertura da terra na bacia do Rio São João/MG. Revista Augustus, v. 24, n. 49, p. 146-154, 2019.
16. FERREIRA, F. L. V. et al. Tendência em séries hidrológicas e de mudanças no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guanhões, Minas Gerais. Br. J. Animal and Environmental Res., v. 3, n. 2, p. 447-459, 2020.
17. GONÇALVES, R. D. et al. Evolução da contribuição do Sistema Aquífero Urucuia para o Rio São Francisco, Brasil. Águas Subter, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2018.