



## IV-862 - INFLUÊNCIA NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ARROJADO, NO MUNICÍPIO DE CORRENTINA, BAHIA, BRASIL

### **Fernanda Sobreira Silva<sup>(1)</sup>**

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<sup>(2)</sup>**

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<sup>(2)</sup>**

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

### **Luís Gustavo Henriques do Amaral<sup>(2)</sup>**

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<sup>(1)</sup>:** 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<sup>(2)</sup>:** 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 solo ao sofrer intensas modificações pode provocar a variabilidade nas vazões de bacias hidrográficas. Neste contexto, a bacia do rio Arrojado, localizado no município de Correntina, no estado da Bahia, constitui-se como um importante manancial do extremo oeste baiano, sendo uma sub-bacia hidrográfica da bacia do rio Corrente, afluente do rio São Francisco. Durante as últimas décadas ocorreram mudanças significativas na bacia do rio Arrojado, diante disso, este trabalho teve-se como objetivo analisar a influência do uso e ocupação do solo sobre o comportamento das vazões na bacia do rio Arrojado entre 1980 e 2020. Foram determinadas as variáveis do balanço hídrico e o coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia do rio Arrojado durante os 40 anos de dados. Quanto a análise dos mapas de uso e ocupação do solo, foram analisados os percentuais de bacia ocupada no período entre 1990 e 2020, em que se observou o aumento das áreas agrícolas e a diminuição das áreas de vegetação nativa na bacia. Por fim, através dos dados obtidos, aplicou-se uma análise de correlação entre as variáveis por meio do Coeficiente de Correlação de *Spearman*. Os resultados apontam uma correlação forte e positiva entre a cobertura de vegetação nativa e a vazão do rio Arrojado. As correlações obtidas sugerem que a redução da vazão média anual do rio Arrojado está intimamente relacionada à diminuição das áreas de vegetação nativa e ao aumento das áreas destinadas às atividades agropecuárias. Dessa forma, os dados obtidos podem fornecer suporte para melhorias na gestão e estratégias de utilização sustentável na bacia hidrográfica do rio Arrojado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, Correlação de Spearman, Região Oeste, Sensoriamento Remoto.

## **INTRODUÇÃO**

O segundo maior bioma do Brasil, o Cerrado, localizado na região central do Brasil, ocupava inicialmente um quarto do país. Suas formações vegetais incluem Matas Ciliares, Matas de Galeria, Matas Secas e Cerradões, determinadas em grande parte por variações na topografia, solos e disponibilidade de água [1,2].



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



Nesse bioma se localizam oito das doze principais bacias hidrográficas do Brasil [3] e três dos mais importantes aquíferos do país: Bambuí, Guarani e Urucuia [4]. Na região Oeste do estado da Bahia encontram-se pelo menos 5 sub-bacias hidrográficas, todas afluentes da margem esquerda do rio São Francisco e pertencentes à área de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU) [5].

O SAU abrange grande parte da região Oeste da Bahia [2] e possui extrema importância para a economia das regiões onde está inserido, uma vez que as atividades predominantes são a pecuária extensiva, soja, algodão, milho, café e fruticultura [6,5].

Trabalhos têm mostrado relação entre o uso e ocupação do solo e a redução das vazões dos rios ao longo dos anos [7, 8, 9]. Eger *et al.* (2021) verificaram reduções de vazão significativas em bacias hidrográficas situadas na região do Aquífero Urucuia, sugerindo que estas podem estar relacionadas com a expansão das lavouras irrigadas nas áreas de cerrado da região Oeste da Bahia.

Com a expansão das áreas cultivadas e o desmatamento na região Oeste da Bahia, o solo pode sofrer algumas alterações, como a compactação e a diminuição da sua permeabilidade, o que pode vir reduzir a capacidade do solo em drenar excessos de água em eventos de precipitações extremas [11].

No município de Correntina, onde se localiza a bacia do rio arrojado, de acordo com Pinheiro (2016), a vegetação natural ao longo de vinte anos (1988-2008) variou de 85,41% para 62,99%, o que corresponde a uma conversão de cerca de 240 mil hectares. Essa conversão pode ser explicada pela expansão, por exemplo, da agropecuária, que passou de 100 mil hectares em 1988 (em torno de 9% da área do município), para 325 mil hectares em 2008 (27% da área).

Portanto, é importante analisar as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo ao longo dos anos, o que pode ser realizado com o auxílio do sensoriamento remoto. Esse diagnóstico ambiental é de grande importância, podendo auxiliar no planejamento de prevenção e reversão de danos ao meio ambiente [13].

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a influência do uso e ocupação do solo sobre o comportamento das vazões na bacia do rio Arrojado, sub-bacia hidrográfica da bacia do rio Corrente, localizado no extremo oeste da Bahia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Inicialmente foram obtidos os dados de precipitação e vazão 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 distribuição espacial das estações, escolhendo as que ficam dentro e nas proximidades da bacia. Foram selecionadas estações com dados consistentes e com o mínimo de falhas possíveis no período de 1980 a 2020. Em seguida, os dados foram organizados e tratados, e as falhas pontuais tanto de vazão como de precipitação foram preenchidas com o método de regressão linear, correlacionando os dados da estação com falhas com os dados de uma estação vizinha [14].

### ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO NA BACIA

Para análise da evolução do uso e ocupação do solo, foram utilizados dados disponibilizados no Portal OBahia [15]. Para isso foram obtidos os mapas de uso do solo no formato raster, já com as devidas classificações de uso do solo, desde 1990-2020.

Posteriormente, foram obtidas as áreas correspondentes às classes de uso do solo indicadas nos mapas: “formações florestais”, “formações savânicas”, “formações campestres”, “agricultura ou pastagem”, “agricultura de sequeiro”, “agricultura irrigada”, “pastagem”, “corpos d’água” e “área urbana/construções rurais”.

De posse das áreas correspondentes a cada classe de uso do solo, foram calculados os percentuais da área da bacia ocupados em cada classe, para todos os anos avaliados. Em seguida, os dados obtidos foram organizados na forma gráfica, para visualização da abrangência das diferentes atividades no decorrer do tempo.

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO SOBRE O COMPORTAMENTO DAS VAZÕES DO RIO ARROJADO

Para investigar possíveis relações entre o uso e ocupação do solo e o comportamento das vazões do rio Arrojado, aplicou-se uma análise de correlação entre as variáveis analisadas. Inicialmente, verificou-se a normalidade dos dados aplicando-se o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov [16]. Considerando que a maioria das séries de dados apresentou distribuição diferente da distribuição normal, a análise da correlação entre as séries de dados foi realizada com o Coeficiente de Correlação de Spearman [17], seguindo-se a metodologia descrita por Zimmermann [18].

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### BALANÇO HÍDRICO

Com base no regime de precipitação da bacia, definiu-se o início do ano hidrológico no mês de outubro. Assim, a série histórica foi redimensionada para iniciar-se em outubro de 1980 e finalizar-se em setembro de 2020, contabilizando assim um total de 40 anos de dados. 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 1.

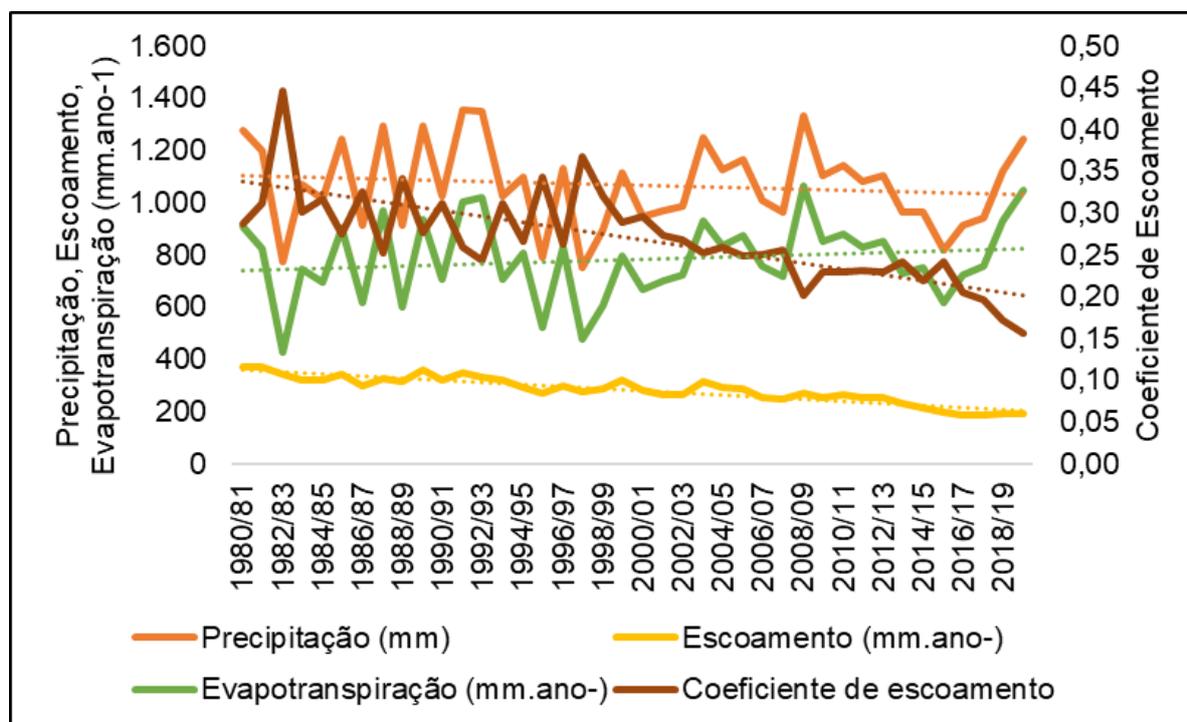


Figura 1: Comportamento das variáveis do balanço hídrico e do coeficiente de escoamento de longo prazo da bacia do rio Arrojado, para o período de 1980-1981 a 2019-2020.

### ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO NA BACIA

Na figura 2 são apresentados os mapas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Arrojado para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Pode-se notar o aumento das áreas agrícolas e a diminuição das áreas de vegetação nativa na bacia, no decorrer dos trinta anos analisados.

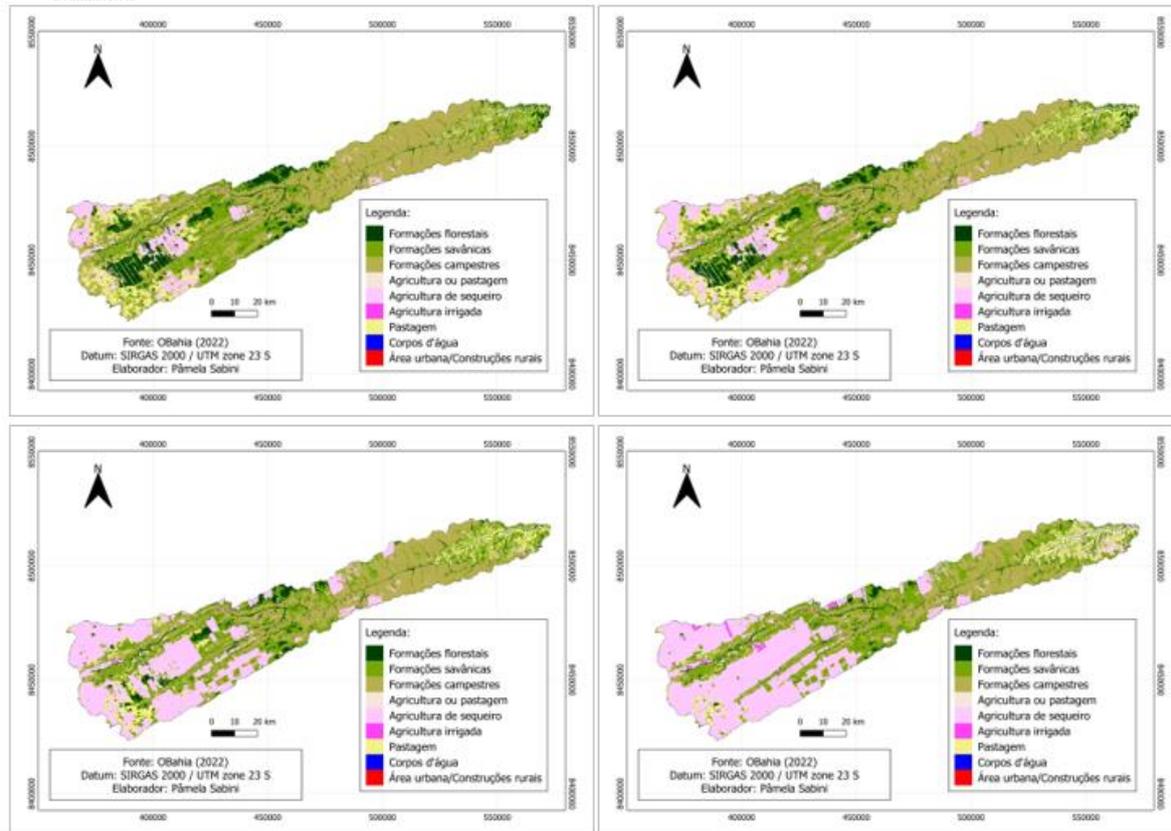


Figura 2: Uso e Ocupação do Solo para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

Nas figuras 3 a) e b), apresenta-se a variação da porcentagem do uso e ocupação do solo para os anos de 1990 e 2020, respectivamente.

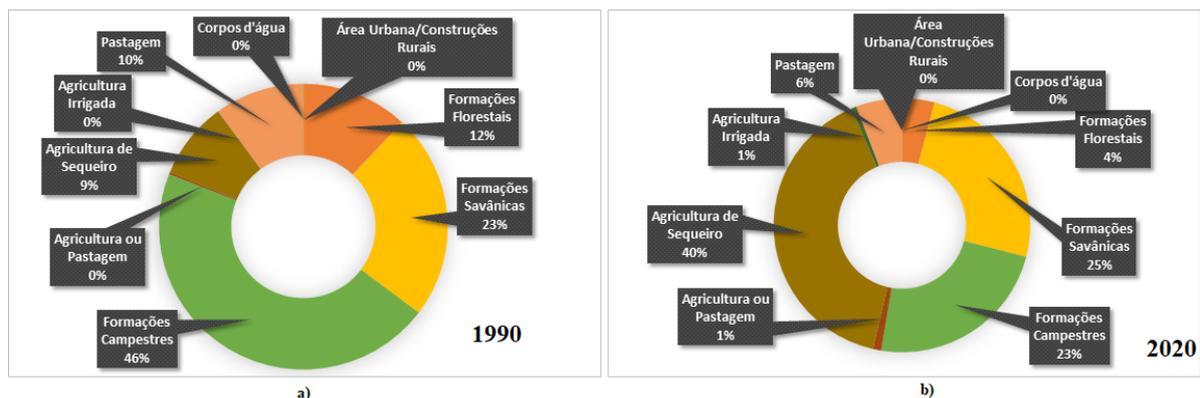


Figura 3: Percentuais de uso e ocupação do solo em cada classe na bacia do rio Arrojado a) 1990 e b) 2020.

Na Figura 3 observa-se que em 1990, as áreas de vegetação nativa (formações florestais, savânicas e campestres) cobriam 81% (495.283,85 hectares) do território da bacia, caindo para 52,6% (321.585,91 hectares) em 2020. Em contrapartida, o percentual da área da bacia utilizado com atividades agrícolas (agricultura ou pastagem, agricultura de sequeiro, agricultura irrigada e pastagem) aumentou de 19% (115.981,05 hectares) em 1990 para 47,4% (289.727,34 hectares) em 2020.

Na Figura 4 são apresentados os dados da análise de correlação para as combinações entre os dados de vazão média anual, precipitação total anual e percentuais de uso e ocupação do solo na bacia do rio Arrojado, por meio do Coeficiente de Correlação de Spearman.

Variáveis	Vazão média anual	Precipitação total anual
Vazão média anual	-	0,461 **
Precipitação total anual	0,461 **	-
Área de Formações Florestais	0,903 **	0,163 <sup>ns</sup>
Área de Formações Savânicas	-0,266 <sup>ns</sup>	-0,324 <sup>ns</sup>
Área de Formações Campestres	0,912 **	0,173 <sup>ns</sup>
Área de Vegetação Nativa (Formações florestais, Savânicas e Campestres)	0,91 **	0,179 <sup>ns</sup>
Área de Agricultura ou Pastagem	-0,467 **	0,035 <sup>ns</sup>
Área de Agricultura de Sequeiro	-0,91 **	-0,178 <sup>ns</sup>
Área de Agricultura Irrigada	-0,853 **	-0,166 <sup>ns</sup>
Área de classe Pastagem	0,762 **	-0,093 <sup>ns</sup>
Área de Agricultura (Agricultura de Sequeiro e Agricultura Irrigada)	-0,913 **	-0,176 <sup>ns</sup>
Área de Agropecuária (Agricultura ou Pastagem, Agricultura de Sequeiro, Agricultura Irrigada e Pastagem)	-0,91 **	-0,179 <sup>ns</sup>
Área Urbana/ Construções Rurais	-0,305 <sup>ns</sup>	-0,195 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>: não significativo; \*: significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste t de Student; \*\*: significativo em nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste t de Student;

**Figura 4: Coeficientes de correlação de Spearman entre os dados de uso e ocupação do solo, vazão média anual e precipitação total anual na bacia do rio Arrojado.**

Conforme apresentado na Figura 4, não houve correlação forte entre a precipitação total anual e as demais variáveis. Já a correlação entre as variáveis precipitação total anual e vazão média anual foi de 0,461, indicando uma correlação positiva fraca. Por outro lado, a cobertura de vegetação nativa apresenta correlação forte e positiva (0,91) com a vazão média anual.

Os coeficientes de correlação obtidos entre a vazão média anual e os percentuais de cobertura do solo nas classes Vegetação Nativa, Formações Florestais e Formações Campestres variaram de 0,912 a 0,903. Uma correlação positiva, mas não tão forte, também foi observada entre a vazão média anual e o percentual de cobertura do solo na classe Pastagem. Essa relação entre a redução da vazão com a redução da vegetação nativa também foi constatada por [8] no rio das fêmeas, afluente do rio Grande, no estado da Bahia.



As demais atividades agrícolas realizadas na bacia do rio Arrojado apresentaram potencial de redução das suas vazões médias. Os coeficientes de correlação obtidos entre a vazão média anual e os percentuais de cobertura do solo nas classes Agricultura de Sequeiro e Agricultura Irrigada foram de -0,913 e -0,853, respectivamente. Esses resultados indicam que o aumento nas áreas de agricultura na bacia está relacionado com a redução nas vazões médias anuais do rio Arrojado.

Na Figura 4, fica evidente a tendência de redução na vazão média do rio Arrojado com o aumento das áreas destinadas às atividades agropecuárias. O coeficiente de correlação obtido entre a vazão média anual e o percentual relativo à classe Agropecuária, em que foram incluídas todas as classes de uso e ocupação do solo relativas a atividades agropecuárias (Agricultura ou Pastagem, Agricultura de Sequeiro, Agricultura Irrigada e Pastagem) foi de -0,91, indicando uma correlação negativa forte.

A forte correlação entre o aumento das atividades agropecuárias e a redução nas vazões médias do rio Arrojado pode estar relacionada com a redução na capacidade de infiltração dos solos causada pela retirada da vegetação nativa. [10] observaram reduções expressivas nas capacidades de infiltração dos solos da região Oeste da Bahia com a substituição da vegetação nativa de cerrado por lavouras. Conforme mencionado por [19], a redução da permeabilidade do solo altera o abastecimento de água do aquífero, e o rebaixamento do Aquífero Urucuia, que abastece a região Oeste da Bahia, influencia nos níveis d'água subterrâneos e no fluxo de base dos rios.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam uma redução na vazão média anual da bacia do rio Arrojado de 47,6% entre os anos hidrológicos de 1980-1981 e 2019-2020.

Durante o período de 1990 a 2020, houve crescimento das áreas destinadas às atividades agrícolas na bacia do rio Arrojado, com conseqüente redução nas áreas de vegetação nativa. Nesse período, 28,4% da área total da bacia, originalmente coberta por vegetação nativa, foi convertida para uso em atividades agrícolas.

Há uma forte correlação entre a redução nas vazões do rio Arrojado e o aumento da área destinada às atividades agropecuárias na bacia, no período de 1990 a 2020. Além disso, há uma correlação forte e positiva entre a cobertura de vegetação nativa e a vazão do rio Arrojado. As correlações obtidas sugerem que a redução da vazão média anual do rio Arrojado está intimamente relacionada à diminuição das áreas de vegetação nativa e ao aumento das áreas destinadas às atividades agropecuárias.

Os dados obtidos são relevantes para identificar como as alterações no uso e ocupação do solo na bacia podem contribuir para a diminuição das vazões do rio Arrojado, interferindo também na quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis na bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EMBRAPA. Bioma Cerrado. Brasília, 2017.
2. PEIXOTO, A.L. et al. (org.). Conhecendo a biodiversidade. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016.
3. LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. Recursos Hídricos do Bioma Cerrado Importância e situação. In: SANO, S. M. et al. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, p 89-106.
4. IBGE. Biomas. Rio de Janeiro, 2004.
5. ANA. Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: resumo executivo. Brasília, 2017.
6. CAMPOS, J.C.V.; OLIVEIRA, L.T. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Urucuia: Bacias Hidrográficas dos Rios Arrojado e Formoso. Salvador: CPRM/FINEP, 2005. 55 p. il.
7. TUCCI, T.R.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. RBRH, v. 2, n. 1, 1997.
8. SOUSA, F. Bambuí, Urucuia e Guarani: os grandes aquíferos do Cerrado brasileiro. Água Vida & Cia, 2017.
9. FERREIRA, F.L.V. et al. Tendência em séries hidrológicas e de mudanças no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guanhães, Minas Gerais. Br. J. Animal and Environmental Res., v. 3, n. 2, p. 447-459, 2020.



10. EGER, G.Z.S. et al. Recharge assessment in the context of expanding agricultural activity: Urucuia Aquifer System, western state of Bahia, Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, v. 112, n. 1, 2021.
11. DIONIZIO, E.A.; COSTA, M.H. Influence of Land Use and Land Cover on Hydraulic and Physical Soil Properties at the Cerrado Agricultural Frontier. *Agriculture*, v. 9, n. 24, 2019.
12. PINHEIRO, L.C. et al. Mudanças do uso da terra e fragmentação da paisagem no município de Correntina (BA) durante 1988-2008. *Raega - O Espaço Geográfico Em Análise*, v. 35, p. 169-198, 2016.
13. VAEZA, R.F et al. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *Floresta e Ambiente*, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.
14. TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 943, 1993.
15. OBAHIA - Servidor de Mapas do Oeste da Bahia. *Uso do Solo*. 2020.
16. DURBIN, J. Kolmogorov-Smirnov tests when parameters are estimated with applications to tests of exponentiality and tests on spacings. *Biometrika*, v. 62, n. 1, p. 5-22, 1975.
17. BORKOWF, C.B. A new nonparametric method for variance estimation and confidence interval construction for Spearman's rank correlation. *Computational statistics & data analysis*, v. 34, n. 2, p. 219-241, 2000.
18. ZIMMERMANN, F.J.P. *Estatística Aplicada à Pesquisa Agrícola*. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 582 p., 2014.
19. 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.