

MONITORAMENTO DA VAZÃO DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO NO MUNICÍPIO DE IPORÁ (GO) PELO MÉTODO DO VERTEDOR RETANGULAR

FLOW MONITORING OF SANTO ANTÔNIO RIVER IN THE MUNICIPALITY OF IPORÁ (GO) BY THE RECTANGULAR SPILLER METHOD

Derick Martins Borges de Moura

Universidade Estadual de Goiás (UEG) / Universidade Federal de Goiás (UFG)
derickmartins@hotmail.com

Ivanilton José de Oliveira

Universidade Federal de Goiás (UFG)
ivanilton.oliveira@gmail.com

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Universidade Federal de Goiás (UFG)
diego.tarley@gmail.com

Resumo: Considerando a necessidade de conhecer o comportamento hidrológico do Ribeirão Santo Antônio, o objetivo desse artigo é o monitoramento da vazão do referido manancial nos anos de 2017, 2018 e 2019. Os resultados das medições podem fornecer dados que contribuam para diferentes usos pelos órgãos do poder público, bem como para a comunidade em geral. Para isso foi utilizado o método de medição de vazão em vertedores retangulares, conforme a fórmula de Francis (1868) usada no aplicativo H2O Mobile. Foi utilizado uma régua linimétrica instalada no vertedor retangular da estação de captação da empresa de saneamento do estado de Goiás – SANEAGO S/A para medir as cotas do nível d'água. O trabalho foi dividido em campanhas de campo para medições de vazão de forma mensal ao longo dos três anos. Pode-se constatar no período de monitoramento, que o mês de menor vazão foi outubro/2017 e o de maior vazão foi o de março/2019. Foi constatado que em média as vazões permanecem altas nos meses de janeiro a março e baixas no final de agosto, todo o mês de setembro e outubro, e começo de novembro.

Palavras-chave: Monitoramento da vazão. Ribeirão Santo Antônio. Vertedor retangular.

Abstract: Considering the need to know the hydrological behavior of Santo Antônio River, the objective of this paper is to monitor the flow of that source in the years 2017, 2018 and 2019. The results of the measurements can provide data that contribute to different uses by the authorities public, as well as for the community at large. For this, the flow measurement method was used in rectangular spillways, according to the formula of Francis (1868) used in the H2O Mobile application. A linimetric ruler installed in the rectangular spillway of the catchment station of the sanitation company of the state of Goiás - SANEAGO S/A was used to measure the quotas of the water level. The work was divided into field campaigns for flow measurements on a monthly basis over the three years. It can be seen in the monitoring period, that the month with the lowest flow rate was October/2017 and the one with the highest flow rate was March/2019. It was found that on average the flows remain high in the months from January to March and low in the end of August, throughout the month of September and October, and the beginning of November.

Keywords: Flow monitoring. Santo Antônio River. Rectangular shed.

INTRODUÇÃO

O monitoramento da vazão em cursos d'água consiste em medir com determinada frequência o volume de água que passa por um canal em um determinado tempo. Geralmente a vazão é expressa em litros por segundo ou por hora, ou metros cúbicos por segundo ou por hora, dependendo da quantidade da vazão do manancial.

Entende-se por vazão a quantidade volumétrica de um fluido que passa pela seção de um canal, ou seja, vazão é a rapidez com a qual um fluido escoar (BRASIL, 1977). Existem diversos métodos para medição de vazão em cursos d'água, entre eles, um dos mais precisos e baratos é o método do vertedor retangular. Porém a dificuldade em aplicar esse método consiste em construir um vertedor retangular no canal. Mas para onde já existam vertedores, a implementação do método fica facilitada, necessitando apenas de uma régua linimétrica, uma trena para medir a largura do vertedor e a fórmula de Francis (1868) para calcular.

A importância do monitoramento da vazão em cursos d'água consiste nos benefícios que o levantamento sistemático de da vazão fornece para o diagnóstico e prognóstico do comportamento do nível de água do manancial, de modo a identificar, mensurar, avaliar e prever variações positiva e negativa na quantidade de água que perpassa por determinado corpo hídrico.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é o de apresentar os procedimentos metodológicos e os resultados do monitoramento da vazão do Ribeirão Santo Antônio (RSA), ao longo dos anos de 2017, 2018 e 2019.

O referido manancial é utilizado como única fonte para a captação de água pela SANEAGO – Saneamento de Goiás/SA, para que a mesma proceda ao tratamento e ao abastecimento público da cidade de Iporá (GO). Portanto, o conhecimento do regime de vazão desse manancial consta como de extrema importância para o funcionamento das atividades econômicas e sociais da população citadina, especialmente diante do caso de desabastecimento hídrico, que ocorreu e durante o período de estiagem no ano de 2017 na região (OESTE GOIANO, 2017).

Assim, o intuito do monitoramento da vazão do RSA é, sobretudo, o de subsidiar um banco de dados de medições para diagnósticos e prognósticos da situação dos recursos hídricos e da disponibilidade hídrica para abastecimento de Iporá, servindo também como

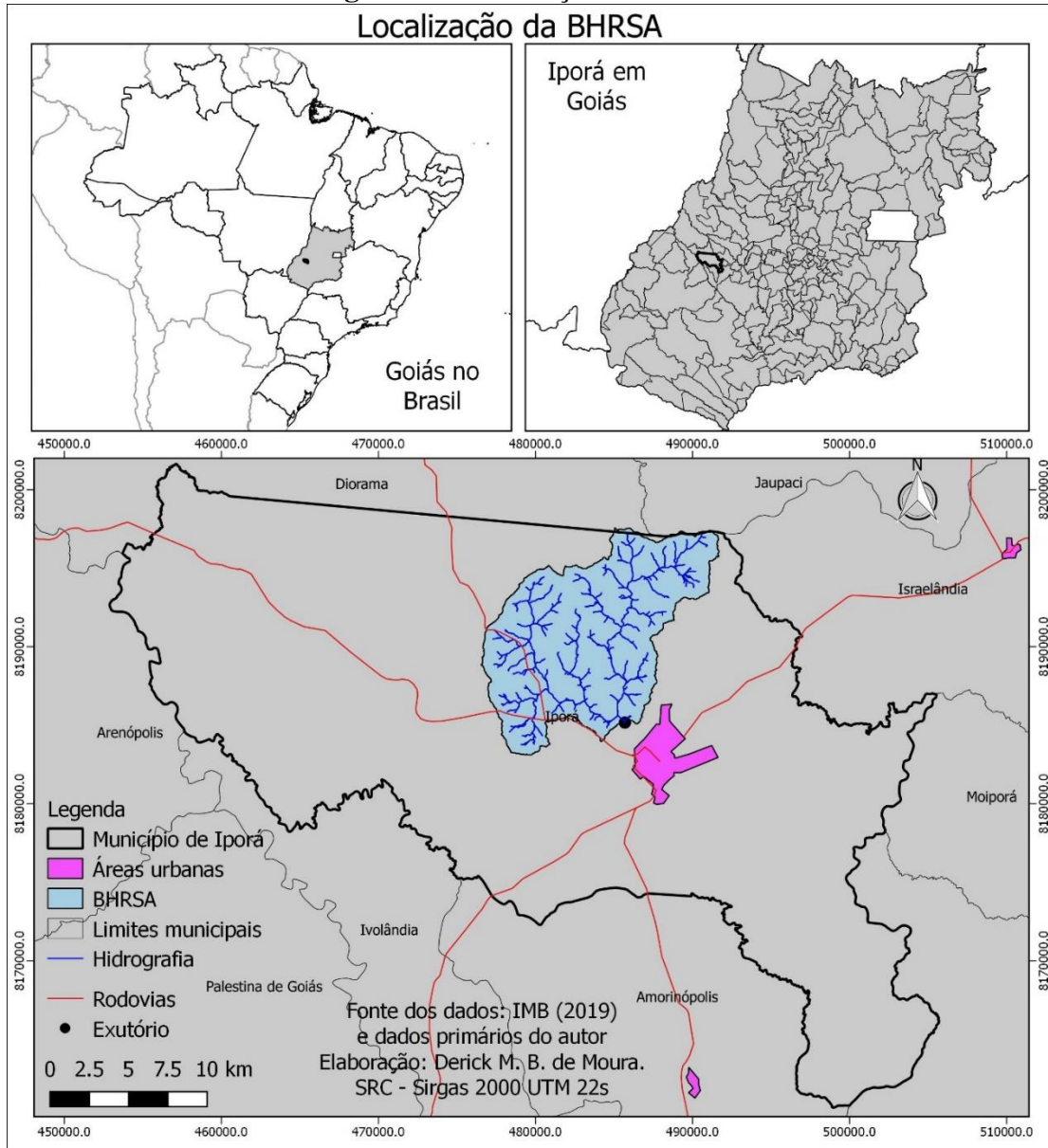
insumo para a formação de políticas públicas e definição de ações da comunidade em geral, no sentido assegurar boas condições ambientais e a sustentabilidade desse recurso natural.

METODOLOGIA

Localização e breve caracterização da área em estudo

A Alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BHRSa) encontra-se inserida no município de Iporá, à noroeste da zona urbana, entre as coordenadas UTM Zona 22 K 8.182.372 m S / 8.197.277 m S e 476.818 m E / 491.615 m E, correspondendo à área de contribuição à montante da captação de água (exutório) que abastece a cidade, , como pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1 - Localização da BHRSA



Fonte: os autores.

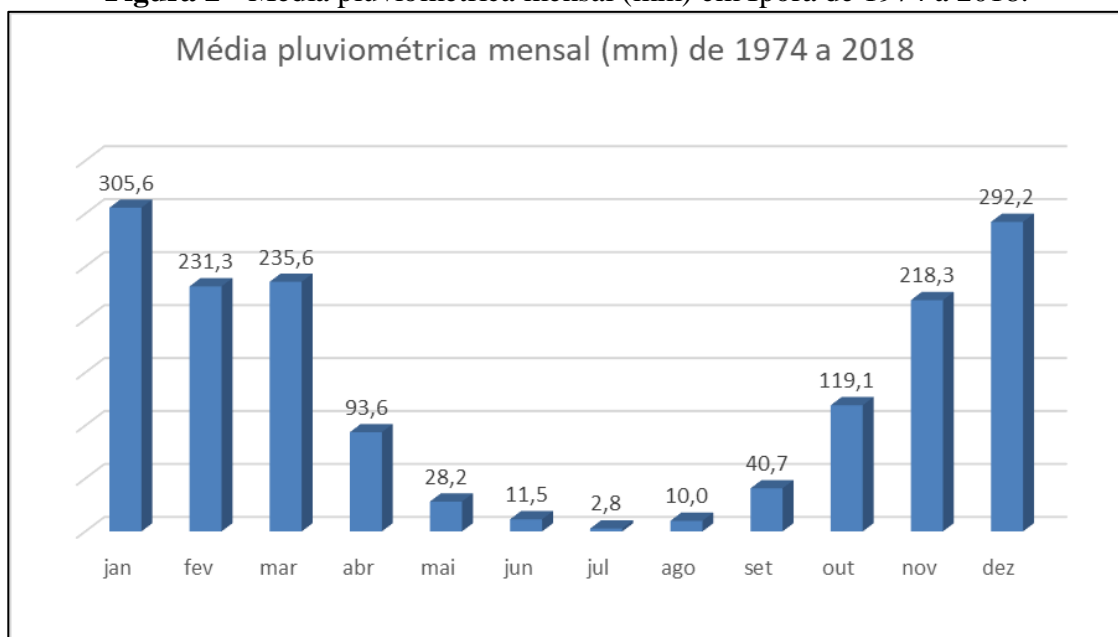
Segundo Moura et al. (2018), a área da BHRSA possui 127,062 km², o equivalente a 12,38% da área do município de Iporá, que possui 1.026 km². A bacia possui padrão de drenagem dendrítica, com amplitude altimétrica de 331 m, valor que indica uma dissecação mediana. O principal canal de drenagem, o Ribeirão Santo Antônio, é de 5^a ordem, conforme classificação de Strahler (1952), apresenta extensão de 18 km e desnível de 210 m. A BHRSA faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Caiapó, que por sua vez integra a Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia/Tocantins (PFAFSTETTER, 1989).

O clima regional é definido segundo a classificação de Köppen-Geiger (1961) como sendo tipo Aw, caracterizado por Clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio

com temperatura média superior a 18°C, possuindo duas estações bem definidas: seca no inverno, de maio a setembro, e úmida no verão, de outubro a abril.

De acordo com a estação automática Iporá-A028 do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, a temperatura média anual no período de 2014 a 2018 (05 anos) variou entre 24° e 25°. As temperaturas máximas ficam entre os meses de setembro e outubro, e as temperaturas mínimas ficam entre os meses de junho e julho (INMET, 2019). A precipitação anual média histórica, segundo dados do posto pluviométrico 1651001 da Agência Nacional das Águas (ANA), instalado em Iporá, referentes ao período de 1974 a 2018 (45 anos), é de 1.589 mm. O período chuvoso se concentra de outubro a abril e o período seco é representado pelos meses de maio a setembro, perfazendo pouco mais de 5% da precipitação anual (Figura 2).

Figura 2 - Média pluviométrica mensal (mm) em Iporá de 1974 a 2018.



Fonte: ANA, (2019).

Medição da vazão a partir do método do vertedor retangular.

O local para as medições das vazões no manancial foi estabelecido na barragem de nível da estação de captação de água da SANEAGO, que é um vertedor retangular.

As datas escolhidas em cada mês seguiram os princípios de oportunidade, por parte da permissão pela Saneago, de disponibilidade em ir medir a vazão, e de viabilidade das

condições de tempo atmosférico para a medição nos dias escolhidos para ir ao campo, sendo efetuadas num período mínimo de três dias sem eventos de chuva.

O método utilizado para as medições foi o do vertedor retangular, que consiste em mensurar o volume d'água que passa pelo vertedor. Para tanto se emprega a fórmula de Francis (1868), que determina a vazão (Q) a partir da altura da lâmina d'água (H), medida com uso de uma régua linimétrica, que passa por determinada largura do vertedor (L) (Equação 1).

$$Q = 1,838 \times L \times H^{1,5} \quad \text{(Equação 1)}$$

A largura do vertedor de captação da SANEAGO é 10,05 m, portanto, a etapa seguinte consiste em mensurar a altura da lâmina de água que passa pelo vertedor.

Inicialmente, convém destacar que para a leitura da altura da lâmina de água são recomendados certos cuidados, como, por exemplo, evitar que a mesma seja realizada próxima do vertedor, para não sofrer influência do abaixamento superficial. Por isso, sugere-se uma distância de 1,80 a 5,00 m à montante. Dessa forma, a régua foi instalada a uma distância de 3 metros do vertedor. A finalidade desta régua é relacionar a altura do nível d'água do manancial com a sua vazão. A relação entre cota e descarga, é dado o nome de curva-chave. Para o cálculo das medições de vazão *in-loco* foi utilizado o aplicativo H2O Mobile na função “Vazão de água – Vertedor retangular sem contração lateral”, que faz uso da fórmula de Francis (1868).

A Figura 3, a seguir, é uma fotografia aérea obtida na data de 03/06/2017 com uso do drone DJI Phantom 3 e ilustrada para compreensão da localização dos componentes contidos na estação de captação de água da SANEAGO em Iporá. A Figura 4 detalha onde a régua linimétrica foi instalada, distante 3 metros a montante do vertedor retangular, e a Figura 5 demonstra o vertedor retangular.

Figura 3 - Fotografia aérea ilustrando os componentes da estação de captação de água da SAGEAGO em Iporá.



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 4 - Régua linimétrica instalada



Fonte: os autores.

Figura 5 - Vertedor retangular.



Fonte: os autores.

Conforme pode ser observado pela Figura 3, o ponto de captação de água por parte da Saneago ocorre antes do vertedor, por conta disso, ao valor da vazão encontrado pela fórmula de Francis foi preciso somar também a vazão captada pela SANEAGO, que é de 110L/s, para obtenção da vazão total do manancial que chega no ponto exutório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 é ilustrado os valores da curva chave encontrada para o vertedor retangular da Saneago, após calculado com uso da fórmula de Francis (1868), que é a relação entre a cota de altura do nível d'água medido pela régua linimétrica (H) e o valor da vazão (Q) no vertedor retangular da estação de captação de água da SANEAGO em Iporá.

Quadro 1 - Valores da curva chave do vertedor retangular - Relação entre a cota (H) e a vazão (Q)

H (cm)	Q (L/S)	H (cm)	Q (L/S)	H (cm)	Q (L/S)	H (cm)	Q (L/S)
1,0	18,47	12,0	767,66	23,0	2.036,99	34,0	3.661,31
2,0	52,16	13,0	865,62	24,0	2.171,34	35,0	3.823,96
3,0	95,90	14,0	967,36	25,0	2.308,50	36,0	3.989,09
4,0	147,64	15,0	1.072,87	26,0	2.448,36	37,0	4.156,38
5,0	206,39	16,0	1.181,95	27,0	2.590,92	38,0	4.326,05
6,0	271,40	17,0	1.294,38	28,0	2.736,18	39,0	4.497,88
7,0	341,93	18,0	1.410,26	29,0	2.884,14	40,0	4.671,97
8,0	417,85	19,0	1.529,50	30,0	3.034,58	41,0	4.848,34
9,0	498,64	20,0	1.651,75	31,0	3.187,51	42,0	5.026,75
10,0	583,96	21,0	1.777,25	32,0	3.343,03	43,0	5.207,33
11,0	673,70	22,0	1.905,66	33,0	3.500,93	44,0	5.390,06

Fonte: os autores.

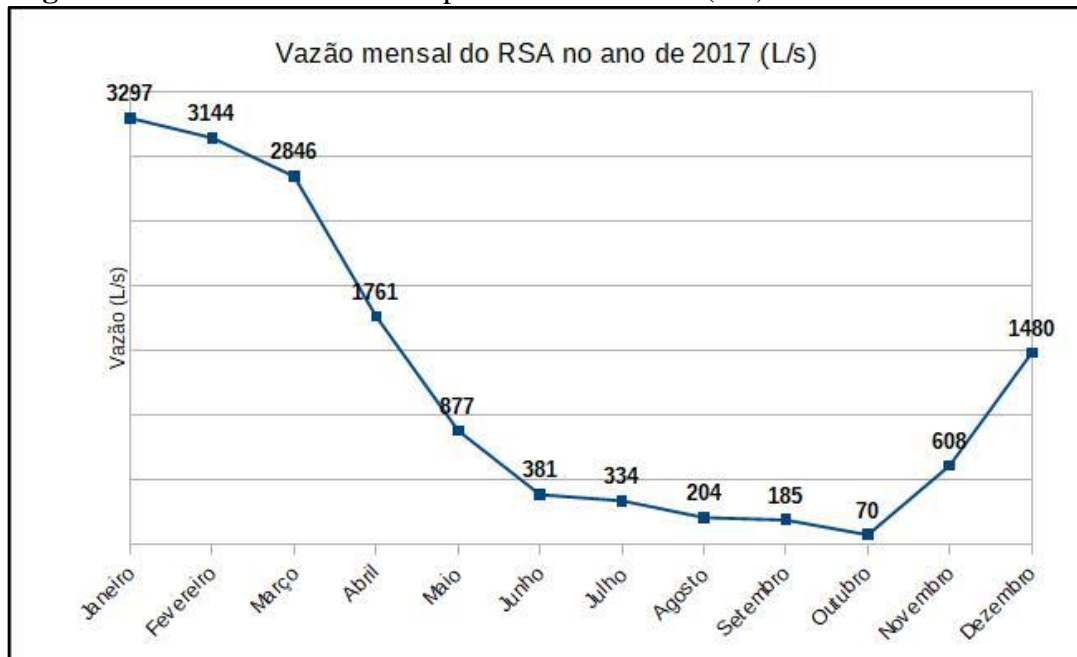
Os dados das medições de vazão foram tabulados considerando a mensuração momentânea representativa do mês durante os anos, podendo ser verificado as datas das medições e as fotografias do vertedor, tiradas em campo conforme as Tabelas 1, 2 e 3, e Figuras 6, a 11 ilustrados a seguir.

Tabela 1 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2017

Vazão mensal do RSA no de 2017 (L/s)												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dia	29	18	31	27	26	28	30	24	29	23	22	20
Vazão	3297	3144	2846	1761	877	381	334	204	185	70	608	1480

Fonte: os autores

Figura 6 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2017



Fonte: os autores.

No ano de 2017 a maior vazão monitorada foi no mês de janeiro (3297 L/s) e a menor foi no mês de outubro, onde atingiu apenas 70 L/s. Nesse mês, houve desabastecimento da cidade, pois a vazão total do RSA de 70 L/s não foi suficiente para abastecer a demanda da cidade. Nesse mês não sobrou vazão remanescente pós captação, prejudicando a ecologia da fauna e flora aquática e os usuários à jusante.

Figura 7 - Vertedor sem vazão remanescente em 23/10/2017.



Fonte: os autores.

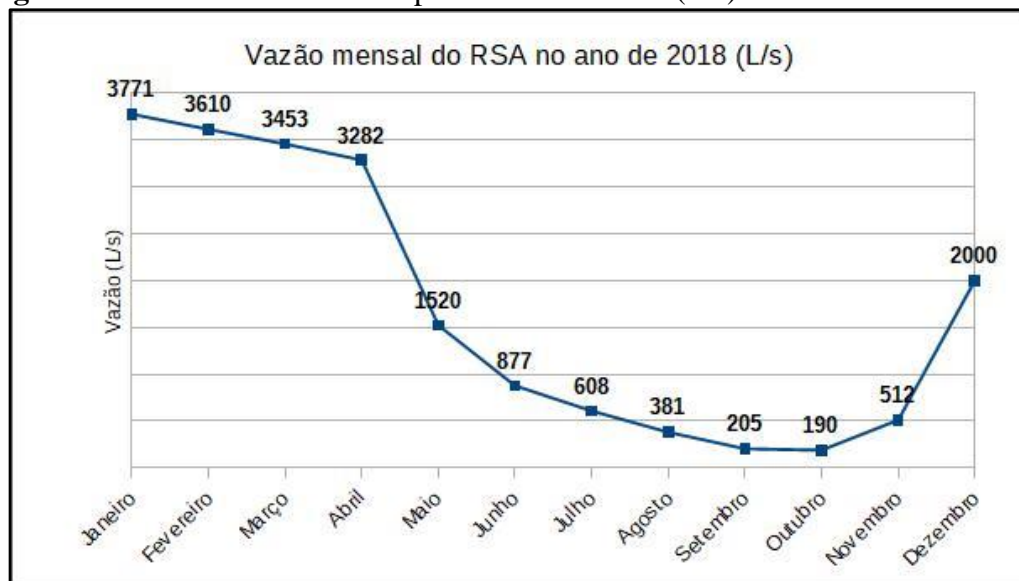
Devido as baixas vazões do manancial nos meses de agosto, setembro e outubro a SANEAGO descumpriu as exigências técnicas da outorga que determina manter uma vazão mínima a jusante da captação e “reduzir ou paralisar a captação, caso ocorra período de estiagem prolongada e a vazão de escoamento a jusante do uso atinja valores insuficientes para atender a demanda solicitada e manter regularizada a vazão do curso d’água em questão.”

Tabela 2 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2018
 Vazão mensal do RSA no de 2018 (L/s)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dia	15	13	09	02	02	05	03	07	03	01	06	03
Vazão	3771	3610	3453	3282	1520	877	608	381	205	190	512	2000

Fonte: os autores

Figura 8 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2018



Fonte: os autores.

Figura 9 - Vazão remanescente em 01/10/2018.



Fonte: os autores.

No ano de 2018 a maior vazão monitorada foi no mês de janeiro (3771 L/s) e a menor foi no mês de outubro (190 L/s). Nos meses de setembro e outubro a SANEAGO captou em média 110 L/s, ou seja, mais da metade da vazão do manancial, restando uma vazão ecológica baixa para a fauna e flora aquática e para os usuários à jusante.

Tabela 3 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2019

Vazão mensal do RSA no de 2019 (L/s)												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dia	09	13	17	12	10	10	09	06	03	15	04	05
Vazão	2000	4099	4958	2846	1887	1077	693	449	316	162	160	608

Fonte: os autores.

Figura 10 - Vazão momentânea representativa mensal (L/s) do RSA no ano de 2019



Fonte: os autores.

Figura 11 - Vazão remanescente no vertedor em 04/11/2019.



Fonte: os autores.

No ano de 2019 a maior vazão monitorada foi no mês de março (4958 L/s) e a menor foi no mês de novembro (160 L/s). Nos meses de outubro e novembro a SANEAGO captou em média 110 L/s, ou seja, mais da metade da vazão do manancial, restando uma vazão ecológica baixa para a fauna e flora aquática e para os usuários à jusante.

Nos três anos monitorados as vazões do RSA entraram em declínio acentuado a partir do mês de abril, quando as chuvas na região também diminuem, assim a partir desse mês as vazões são mantidas pela exfiltração (nascentes) das águas armazenadas nos solos,

rochas e mananciais de superfície contidos a montante na bacia. Ocorre que a exfiltração das águas permanece em constante diminuição e se agrava com o aumento das temperaturas nos meses de setembro e outubro, quando é gerado maior evapotranspiração das águas e assim acentuando ainda mais a diminuição das vazões. O ápice das baixas vazões ocorre entre os meses de agosto, setembro, outubro e começo de novembro, dependendo da data de retorno da estação chuvosa. Nesses meses a captação média de 110 L/s de água para abastecer a demanda da cidade já consome quase toda vazão do manancial, restando uma vazão ecológica reduzida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do monitoramento das vazões do RSA de forma momentânea, mas representativa para os meses ao longo de 3 anos mostrou que o RSA possui uma grande variação ao longo do ano. Os meses com maior vazão são os meses de janeiro, fevereiro e março. Os meses com menor vazão são os meses de setembro e outubro, podendo ocorrer baixas vazões no final de agosto e começo de novembro, onde a variação de vazões mínimas entre esses meses depende de eventos de precipitação e do retorno do período chuvoso no ano. Nesses meses é necessária uma maior atenção pela mediação dos recursos hídricos no manancial.

O monitoramento da vazão pelo método do vertedouro retangular é um método barato e simples de se aplicar. Para locais com o vertedouro retangular já existente, basta apenas instalar a régua linimétrica nivelada para que se possa proceder o monitoramento. A fórmula de Francis (1868) pode ser obtida pela instalação gratuita de aplicativos no smartphone, sendo assim podendo calcular no local e no momento da medição. Esse método é ideal para monitorar locais de captação para abastecimento público que contenham vertedor retangular.

A dificuldade do método consiste apenas na instalação do vertedor retangular em locais onde não existam e em canais de mananciais com grandes proporções, pois demandam obras de engenharia onerosas.

REFERÊNCIAS

- ANA. Hidroweb: **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 26 set. 2019.
- BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Manual para serviços de hidrometria**. DNAEE, Brasília, 1977. 95 p.
- FRANCIS, James B. **Lowell Hydraulic Experiments**. Made at Lowell, Massachusetts. D. Van Nostrand, 1868.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. (Brasil) 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 21 out. 2018.
- KÖPPEN, W. – **Climatologia: com un Estúdio de los Climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, p. 46-70, 1948.
- MOURA, D. M. B. **Avaliação ambiental e fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, com vistas ao abastecimento hídrico da cidade de Iporá (GO)**. 2017. 107p. Dissertação. Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
- MOURA, D. M. B.; CABRAL J. B. P.; GENTIL, W. B.; BARCELOS, A. A.; ALVES, W. S. **Análise comparativa da vazão do Ribeirão Santo Antônio e do Ribeirão Santa Marta, visando a segurança hídrica da cidade de Iporá (GO)**. In: Águas do Cerrado: gestão, usos e conflitos. Nascimento D. T. F.; Gonçalves R. J. A. F. (org.). Goiânia. Kelps, 2018.
- MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M.; ALVES, W. S. **Avaliação da disponibilidade e demanda hídrica do Ribeirão Santo Antônio no ano de 2016, visando a segurança hídrica da cidade de Iporá (GO)**. In: Diversos olhares geográficos – Elucidações para fenômenos da natureza no processo de apropriação dessa natureza a partir da microrregião de Iporá. Goiânia. Kelps, 2017.
- MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M.; COSTA, J. A.; MATOS, A. J. M.; CARDOSO, J. M.; ALVES, W. S. **Medições da vazão do ribeirão santo Antônio, manancial de abastecimento hídrico da cidade de Iporá, Goiás - Brasil**. Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais. V. 5 n. 1, p. 255-272, jan./jul., Iporá, 2016.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p. 2ed.
- PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas – Metodologia de codificação**. Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), Rio de Janeiro RJ, p. 19. 1989.
- STRAHLER, A. N. Quatitative analysis of watershed geomophology. **Transactions of the American Geophysical Union**. v. 38, n. 6, p. 913-920. 1957.

SOBRE OS AUTORES

Derick Martins Borges de Moura

Doutorando em Geografia (2017 - 2020) pela Universidade Federal de Goiás - Instituto de Estudos Sócio-ambientais (IESA). Mestre em Geografia (2017) pela Universidade Federal de Goiás, campus Jataí. Graduado em Geografia (2014) pela Universidade Estadual de Goiás, campus Iporá. Técnico em Mineração (2008) pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, campus Goiânia. Tem experiência e atua nas áreas de mapeamento utilizando geotecnologias, análise ambiental integrada, prospecção mineral e geológica, análise de bacias hidrográficas, prospecção e mapeamento de atrativos turísticos naturais. Atualmente trabalha como Técnico Ambiental efetivo na Universidade Estadual de Goiás - Campus Iporá.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3543979163222974>

Ivanilton José de Oliveira

Bacharel em Administração de Empresas pela Faculdade Anhanguera de Ciências Humanas (1991); licenciado e bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (1996); mestre (2002) e doutor (2008) em Geografia pela Universidade de São Paulo, e com pós-doutorado pela Universidade de Santiago de Compostela, Espanha. Professor Associado da Universidade Federal de Goiás desde 1997, onde atua na pesquisa, na extensão e no ensino de graduação e pós-graduação, em disciplinas e temas relacionados à cartografia geográfica, com ênfase em cartografia temática e cartografia do turismo. Ex-coordenador do Curso de Graduação em Geografia no Campus Jataí da UFG (1997-1998) e do Curso de Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da UFG, onde também foi Vice-Diretor (2002-2004) e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia (2012-2014). Atuou como Assessor da Pró-Reitoria de Graduação da UFG, no cargo de Coordenador das Licenciaturas (2008-2010), Coordenador Institucional do PIBID - Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (2009-2012) e Coordenador do PROLICEN - Programa de Bolsas de Iniciação Científica para as Licenciaturas (2008-2010). Foi membro eleito do Conselho Deliberativo da Fundação de Apoio à Pesquisa da UFG - FUNAPE (2016-2019) e é atualmente Diretor do Instituto de Estudos Socioambientais - IESA (2018-2022).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4172719252263913>

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Possui Graduação (2009), Mestrado (2011) e Doutorado (2016) em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Tem experiência profissional como consultor ambiental e docente de ensino superior, tendo atuado como consultor em geoprocessamento na Petrobrás e em Furnas Centrais Elétricas e docente na Faculdade Católica de Anápolis, na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) e na Universidade Estadual de Goiás (UEG - Câmpus Iporá). Atualmente é Professor Adjunto na Universidade Federal de Goiás, atuando na área de Geografia Física e Geomática, com ênfase em Cartografia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Climatologia. Também é professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Cora Coralina, orientando no Mestrado.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7583595383127682>

Recebido para publicação em março de 2020

Aprovado para publicação em junho de 2020