

IX – 1028 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO IPANEMA E SUA RELAÇÃO COM OS EVENTOS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE IPATINGA-MG

Tamara Daiane de Souza⁽¹⁾

Doutora em Recursos Hídricos e Ambientais com ênfase em tratamento de efluentes pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Urbana da Escola Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEURB/EM - UFOP)

Daniella Aurora do Nascimento⁽²⁾

Graduada em Engenharia Ambiental pela Escola da Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP)

Múcio André dos Santos Alves Mendes⁽³⁾

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Escola Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DECIV/EM - UFOP).

Endereço⁽¹⁾: Campus Morro do Cruzeiro - Bauxita - Ouro Preto - MG - CEP: 35400-000 - Brasil - Tel: (31) 3559-1471 - e-mail: tamara.souza@aluno.ufop.edu.br.

RESUMO

A ocupação desordenada das cidades em decorrência da industrialização do país trouxe à tona diversos problemas socioeconômicos e ambientais. Assim, os grandes centros urbanos são os que mais sofrem devido aos acontecimentos causados por eventos hidrológicos extremos, que acarretam inundações, alagamentos e enchentes. Entretanto, municípios de médio porte também estão sujeitos a sofrer as consequências de uma ocupação menos planejada e assistida pelos órgãos públicos. Esses mesmos municípios tendem a se tornar centros comerciais de uma microrregião, favorecendo ainda mais a ocupação desordenada e modificação da cobertura natural do solo, gerando o aumento do escoamento superficial e fazendo com que esses locais estejam ainda mais suscetíveis a ocorrência de inundações. O município de Ipatinga, localizado em Minas Gerais, é um importante centro urbano e concentra, ao longo dos anos, diversos registros de inundações. O presente trabalho buscou avaliar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema utilizando o ambiente SIG. Para tanto, o trabalho utilizou base de dados públicas, como os dados disponibilizados pelo IDE-Sisema, ANA, IBGE, INPE, CPRM dentre outros. A bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema, que possui uma área de 151,73 km² e perímetro de 73,39 km, resulta em características morfométricas como a densidade de drenagem igual a 1,20 km/km², coeficiente de compacidade de 1,67, fator de forma de 0,26 e índice de circularidade igual a 0,35. Essas características, ao serem avaliadas de maneira isolada não sugerem uma bacia com alta suscetibilidade à inundação, pois avaliam apenas características físicas. Assim, sugere-se que as ações antrópicas são determinantes para ocorrência de enchentes e inundações na referida bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana, Morfometria de Bacias Hidrográficas, Suscetibilidade a Inundações, Saneamento, Escoamento Superficial, Hidrologia Urbana.

INTRODUÇÃO

As cidades são agentes de alteração brusca da dinâmica natural em que, devido a fatores como a carência de planejamento urbano, crescimento populacional acelerado, modificação do uso e cobertura do solo, a dinâmica natural tende a se comportar de maneira desordenada, podendo implicar em vários prejuízos para a sociedade (SANTOS et al., 2018). As transformações das áreas naturais em áreas urbanas acarretam na impermeabilização do solo, fazendo com que o escoamento superficial aumente consideravelmente, resultando em eventos de enchentes, inundações e alagamentos.

A alta impermeabilização do solo nos aglomerados urbanos provoca um aumento das ocorrências de inundações durante eventos hidrológicos extremos. Além dos fatores antrópicos, também existem os fatores naturais, que

contribuem para que uma área seja mais ou menos suscetível à ocorrência de inundações, enchentes e enxurradas. Assim, se faz de extrema importância a avaliação das características gerais e morfométricas de uma bacia hidrográfica, sobretudo das bacias localizadas em áreas urbanizadas. Causando, por exemplo, a diminuição do tempo de concentração, aumento do volume hídrico que atinge os cursos d'água, redução das trocas hídricas entre os leitos fluviais (CAJAZEIRO, 2012). Assim, entende-se que toda essa problemática deve estar inserida no planejamento urbano e nos planos municipais de drenagem.

Segundo dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais, realizada pelo IBGE (2014), estima-se que 40,9% das cidades do Brasil sofreram pelo menos um desastre natural entre os anos de 2008 e 2013. Minas Gerais, mesmo possuindo muitas cidades de pequeno porte, é um dos principais estados com registros de ocorrência de desastres naturais em decorrência de eventos hidrológicos extremos.

Ipatinga pertence a mesorregião do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais e é uma das dez maiores cidades do estado, com uma população estimada de 267.333 habitantes (IBGE, 2021). O município baseou-se no modelo econômico desenvolvimentista estruturado pela indústria metalúrgica (DIAS, 2011) e constitui-se como sendo um centro urbano de referência para as cidades menores localizadas próximas e passou, ao longo dos anos, por diversos eventos extremos que culminaram em enchentes, inundações e enxurradas, trazendo inúmeros danos à população.

A cidade enfrenta, ao longo dos anos, as consequências de um crescimento populacional acelerado que se deu, majoritariamente, às margens do Ribeirão Ipanema, afluente do Rio Doce, um dos maiores rios do estado. Dentre os principais registros de desastres naturais na cidade, o ano de 1979 ficou marcado com uma das piores enchentes já enfrentadas, em que 42 pessoas vieram a óbito e mais de dez mil ficaram desabrigadas devido às fortes chuvas que levaram a elevação da cota do Ribeirão. Devido a esse e outros acontecimentos, o Ribeirão Ipanema passou por uma série de projetos de retificação desde então, visando amenizar as consequências das cheias (VASCONCELOS, 2002).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar as características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema e sua correlação com a suscetibilidade a inundações no município de Ipatinga – Minas Gerais.

METODOLOGIA

Local de Estudo

O município de Ipatinga-MG possui uma extensão territorial de 165,8 km², sendo que 36,82 km² correspondem a área urbanizada (PMI, 2019). A Figura 1 apresenta a localização do município no estado, bem como a bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema e o limite municipal.

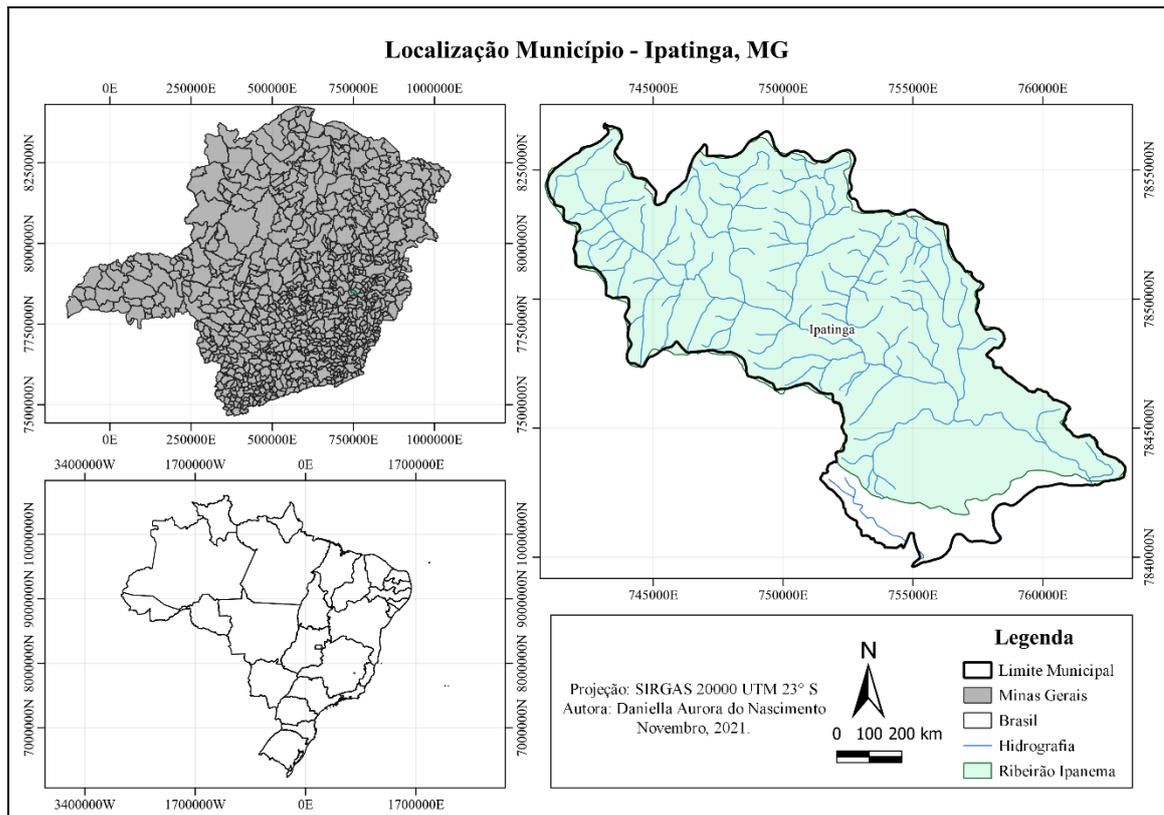


Figura 1: Caracterização do Local de Estudo.

O Ribeirão Ipanema possui sua nascente na El. 930,00 e seu ponto de exutório aproximadamente à El. 225,00. Quanto ao tipo de solo, segundo a classificação proposta pela Universidade Federal de Viçosa e a Fundação Estadual do Meio Ambiente, de 2014, no município existem três tipos de solo predominantes, Latossolos Amarelo, Argissolos Vermelho e Latossolos Vermelho-Amarelo. Segundo a EMBRAPA o relevo da cidade se classifica entre Planícies Fluviais e Planalto dos Campos das Vertentes.

Ipatinga possui, segundo o IBGE (2002), um clima caracterizado como tropical quente semiúmido, com temperatura média anual na acima dos 20° C, trata-se de um clima com estações bem definidas, apresentando invernos amenos e secos, e verões quentes e chuvosos e um índice pluviométrico varia entre 1.000 mm e 1500 mm por ano. Dados de precipitação acumulada das normais climatológicas durante os anos de 1981-2010 da estação do INMET mais próxima, localizada em Coronel Fabriciano, apontam para o período de maior precipitação concentrado entre os meses de outubro a março com uma precipitação média anual de 1414,90 mm.

Caracterização Morfométrica

Para obtenção das características morfométricas da BH do Ribeirão Ipanema foram utilizados os dados matriciais de topografia do terreno, cena 19S435ZN, disponibilizados pelo projeto Topodata (2018), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Por meio do *Software* QGIS, foi feita a remoção das depressões espúrias (*fill sinks*) resultando em um arquivo matricial sem números vazios e negativos. A partir desse arquivo raster foi feita a delimitação da bacia hidrográfica utilizando as ferramentas do GRASS “*r.watershed*” e “*r.water.outlet*”.

Em seguida, foi feita a conversão do arquivo *raster* gerado para a delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema para um arquivo vetorizado, em que foi possível obter as características morfométricas. Na Tabela 1 estão apresentadas as características morfométricas estudadas de maneira a fornecer uma melhor compreensão da dinâmica fluvial da bacia hidrográfica de estudo.

Tabela 1: Descrição das variáveis morfométricas analisadas

Variável	Equações e Variáveis	Descrição
Área	A	Configura-se como o conjunto de toda a área que é drenada por determinado sistema fluvial, projetada em um plano horizontal (ÁVILA; ALMEIDA NETO; FELIPPE, 2017).
Perímetro total	P	Constitui-se como a projeção horizontal da linha que contorna o interflúvio da bacia hidrográfica (ÁVILA; ALMEIDA NETO; FELIPPE, 2017).
Comprimento axial da bacia (curso d'água principal)	L	Distância entre determinada nascente e o exutório de curso d'água (ÁVILA; ALMEIDA NETO; FELIPPE, 2017).
Coeficiente de Compacidade	$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$	O coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius é utilizado para determinar a forma das bacias hidrográficas, sendo, assim como o Índice de circularidade, relacionado com um círculo (FRANCO; DAL SANTO, 2015)
Fator de forma	$K_f = \frac{A}{L^2}$	O fator de forma relaciona a forma da bacia com um retângulo. Kf - Fator de Forma; A - área da bacia; L
Índice de circularidade	$I_c = \frac{(12,57 \cdot A)}{P^2}$	Para Christofolletti (1974), o índice de circularidade foi proposto com o objetivo de eliminar a subjetividade na caracterização da forma da bacia.
Densidade de drenagem	$D_d = \frac{L_T}{A}$	Índice que busca correlacionar o comprimento total dos canais de drenagem com a área da bacia. Dd – densidade de drenagem; Lt – comprimento total dos canais; A – área da bacia. (ÁVILA; ALMEIDA NETO; FELIPPE, 2017).

RESULTADOS

Após delimitação da BH do Ribeirão Ipanema foi contatado uma área de drenagem de 152 km² e um perímetro de 73,40 km. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Na Figura 2 estão apresentados os limites municipais e da bacia hidrográfica.

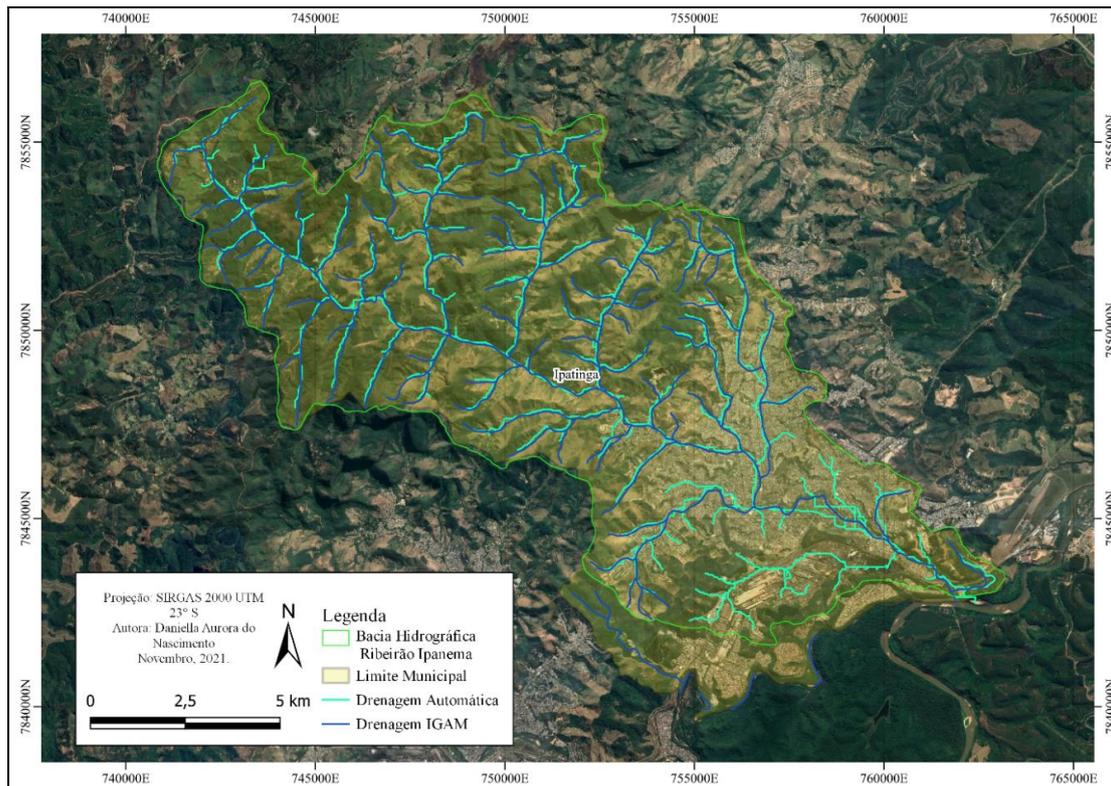


Figura 2: Limite Municipal e Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema.

Os resultados morfométricos referentes à forma da bacia hidrográfica são sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1: Características de Forma

Características Morfométricas	Valor	Unidade
Área (a)	151,73	km ²
Perímetro total (P)	73,39	km
Comprimento axial da bacia (La)	24,05	km
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,67	-
Fator de forma (Kf)	0,262	-
Índice de circularidade (IC)	0,354	-

Já em se tratando das características de relevo da bacia hidrográfica de estudo, tem-se a altitude média de 520,46 m, declividade média de 29,67% e declividade média do curso d'água principal de 0,024%, sendo que a cota da nascente foi de 222,00 m e da foz 930,00 m. Todas as características morfométricas referentes ao relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema analisadas, seguem descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Características do relevo.

Características Morfométricas	Valor	Unidade
Altitude mínima	226,00	m
Altitude média	520,46	m
Altitude máxima	1153,75	m
Declividade mínima	0,0047	%
Declividade média	29,67	%
Declividade máxima	213,86	%
Amplitude altimétrica da bacia	927,75	m
Declividade média do curso principal de água	0,024	%

Já no que tange as características da rede de drenagem, os resultados estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3: Características da rede de drenagem

Características Morfométricas	Valor	Unidade
Ordem dos cursos d'água (hierarquia fluvial)	6	-
Comprimento do curso d'água principal (L)	29,39	km
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	182,5410	km
Densidade de drenagem	1,203	km/km ²

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados demonstram que BH do Ribeirão Ipanema coincide quase integralmente com o limite municipal. Devido a extensão, observa-se diferentes formas de ocupação ao longo da mesma, sendo a parte mais próxima do seu exutório localizada na região mais urbanizada, nos bairros Veneza, Iguazu, Canaã e Bethânia. Já a parte rural se concentra nas localidades de Barra Alegre, Pedra Branca e Ipaneminha.

A BH do Ribeirão Ipanema apresenta o valor do coeficiente de compacidade igual a 1,67, valor superior a 1,0, o que faz com que essa bacia esteja menos suscetível a inundações. Outro resultado importante do ponto de vista de suscetibilidade a inundações é o fator de forma igual a 0,26, que demonstra também que a bacia possui menor propensão a ocorrência de inundações, como sugerido por Vilella e Matos (1975), ao citarem que valores menores que 0,50 representam bacias mais alongadas e menos suscetíveis a ocorrência de inundações, enquanto valores entre 0,50 e 0,75 representam uma média tendência e valores acima de 0,75 representam alta tendência a ocorrência de inundações.

O índice de circularidade, que também sugere uma baixa suscetibilidade a inundações, visto que o valor representa uma bacia hidrográfica mais alongada e que favorece o escoamento. É possível, entretanto, que esses resultados sejam devido a extensão da bacia hidrográfica em estudo e a grande parte estar em um local com boa cobertura vegetal, reduzindo o escoamento superficial. Ressalta-se que a análise das características morfométricas deve sempre estar vinculada a realidade espacial e socioeconômica da bacia hidrográfica, bem como a outros dados de influência no contexto da drenagem.

No que tange às características da rede de drenagem da BH do Ribeirão Ipanema, nota-se que a bacia possui uma densidade de drenagem de 1,20 km/km², valor considerado como mediano (BELTRAME, 1994). Para

Franco & Dal Santo (2015) a densidade de drenagem é uma das variáveis morfométricas mais importantes, pois expressa a quantidade de canais disponíveis para o escoamento, de forma que quanto mais canais presentes na bacia, mais rápido a água precipitada atinge o exutório.

Assim, ao se analisar as características morfométricas da bacia de forma isolada, não se verifica que estas implicam em fatores determinantes para ocorrência de enchentes e inundações. Contudo, tem-se forte indicativo que as alterações antrópicas no uso e ocupação do solo são os principais agravantes para a região. Ressalta-se a impermeabilização do solo com consequente aumento do escoamento superficial, ocupação de planícies de inundação e degradação do solo como fatores preponderantes.

CONCLUSÕES

As características morfométricas do local não demonstram grande suscetibilidade a ocorrência de inundações, entretanto, características morfométricas não devem ser utilizadas de forma isolada, pois essas avaliam apenas as informações físicas da bacia hidrográfica.

Após avaliação da bacia hidrográfica do Ribeirão Ipanema, foi possível notar a elevada fragilidade de locais próximos à planície de inundação do Ribeirão e predisposição natural desses locais à ocorrência de inundações, alagamentos e enchentes. Além disso, se observou a existência de condicionantes antrópicas como um sério agravante à suscetibilidade a inundações na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁVILA, B.T., ALMEIDA NETO, J.O., FELIPPE, M.F. *Suscetibilidade Morfométrica a Inundações nas Bacias Hidrográficas Tributárias do Rio do Peixe, Zona da Mata de Minas Gerais*. Revista *FORMAÇÃO (ONLINE)* Vol. 1; n. 24, 2017; p. 153-181.
2. BELTRAME, A.V. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis: EdUFSC, 1994.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de População. 2018. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 25 nov. 2021.
4. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC, 2014. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.
5. CAJAZEIRO, J. M. D. Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão Arrudas e córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização. 2012. 104 p. Dissertação (Mestre em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
6. CHRISTOFOLETTI, A. *A análise de bacias hidrográficas*. In: CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.
7. DIAS, F.C.O Tratamento dos Espaços Livre em uma Cidade Média Planejada: o caso de Ipatinga/MG. 2011. 190 p. Dissertação (Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
8. FRANCO, A.C.V.; DAL SANTO, M.A. *Contribuição da Morfometria Para o Estudo das Inundações na Sub-Bacia do Rio Luiz Alves/ SC*. Mercator, Fortaleza, v. 14, ed. 3, p. 151-167, 2015.
9. PREFEITURA DE IPATINGA. Ipatinga: uma cidade vocacionada para o desenvolvimento. 2019. Disponível em:< <https://www.ipatinga.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/ipatinga-uma-cidade-vocacionada-para-o-desenvolvimento/95198>>. Acesso em: 06 dez. 2021.
10. SANTOS, C.L., SILVA, O.G., VITAL, S.R.O., WANDERLEY, L.S.A. *Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, ed. 5, p. 1876-1888, 2018.
11. TOPODATA. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2018. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 23 out. 2021.
12. VILLELA, S.M., MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.