

Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas Inseridas no Município de Rio Verde, Goiás, Como Ferramenta ao Planejamento Urbano e Agrícola

Morphometric Characterization of Hydrographic Bodies Inserted in the Municipality of Rio Verde, Goiás, as a Tool for Urban and Agricultural Planning

Gilmar Oliveira Santos *
Adryeny Arantes Silva **
Alex Ricardo Caldeira Braz ***
Franciele Morlin Carneiro ****

Resumo:

A caracterização morfométrica das bacias hidrográficas propicia a uma rápida avaliação dos mananciais e seus respectivos potenciais de degradação. Assim, com este trabalho objetivou-se fazer a caracterização morfométrica das bacias inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. Foram analisadas nove bacias hidrográficas dentro do município de Rio Verde. As bacias com maior potencial a grandes enchentes foram as que possuem forma circular sendo a maior parte destas ocupadas por áreas agricultáveis, o que pode comprometer a economia local. As variáveis morfométricas servirão para planejamentos futuros e gestão ambiental regional, assim como para a previsão de enchentes em áreas urbanas e agrícolas.

* Dr. em Agronomia pela UNESP de Jaboticabal. Professor Adjunto Nível I da Universidade de Rio Verde (UniRV).

** Graduanda em Engenharia Ambiental pela a Universidade de Rio Verde.

*** Graduando em Engenharia Ambiental pela Fundação Educacional de Fernandópolis.

**** Dra. em Agronomia pela UNESP de Jaboticabal.

Abstract:

The morphological characterization of the watersheds provides a rapid evaluation of the sources and their respective potentials of degradation. Thus, this work aimed to make a morphological characterization of the basins inserted in the municipality of Rio Verde, Goiás, as a planning tool and urban and agricultural. Drainage area, perimeter, main bed length, compactness coefficient, deformation index, deformation index, drainage density, drainage network density, watercourse slope, order Stream, circularity index and concentration time. As the basins located in the urban area of Rio Verde and in the district of Ouroana have a medium tendency to hypotheses under normal conditions of precipitation, in a way that developed in an analysis of the growth and development of the city. However, as basins with greater potential to large floods were like circular form being a greater part of these occupied by agricultural areas, which can compromise a local economy. As other basins showed a lower propensity to floods. As morphometric variables will serve for future planning and regional environmental management, as well as for predicting floods in urban and agricultural areas.

Palavras-chave:

Caracterização fisiográfica,
Planejamento hídrico,
Gestão dos recursos
hídricos

Keywords:

Characterization
physiographic,
Water planning,
Management of water
resources.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é apontada como unidade de gestão dos elementos naturais e sociais, pois sua avaliação permite identificar as modificações impostas pelo homem e os respectivos reflexos na natureza. Em países desenvolvidos, utiliza-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, conciliando os vários usos e interesses pela água, garantindo assim sua qualidade e quantidade (GUERRA e CUNHA, 1996).

Esta unidade de gerenciamento pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e abastecimento dos lençóis freáticos (BARRELLA et al., 2001).

Algumas características geomorfológicas influenciam no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, e o tipo de cobertura vegetal), onde essas características podem facilitar a compreensão de questões ligadas à dinâmica ambiental local, onde que estas informações são obtidas em estudos, sendo fundamentais para a elaboração de projetos de engenharia, assim os parâmetros de planejamento e tomadas de decisão podem ser modificados de acordo com os resultados obtidos (LIMA, 1976; 2008; SANTOS et al., 2012).

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento realizado através das análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (ALMEIDA et al., 2016).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica baseia-se na caracterização de parâmetros fisiográficos, sendo indicadores físicos da bacia que representam uma rápida avaliação dos mananciais pertencentes à bacia e seus respectivos potenciais de degradação. Essa caracterização é muito utilizada como indicador para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes, inundações, erosão hídrica entre outros (VILLELA e MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006).

As características físicas e bióticas de uma bacia podem influenciar ainda na infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficiais e subsuperficiais. No entanto o

comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode ser afetado por ações antrópicas, que podem intervir no meio natural (TONELLO, 2005; UMETSU et al., 2012;).

A ausência de conhecimento das características da unidade de planejamento pode afetar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. O uso e ocupação do solo de forma não planejada propicia na degradação da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos e de seu entorno, principalmente quando estes compreendem percurso que perfazem a área urbana, por sofrer influência direta dos picos de vazão por constituir maior parte da área impermeável (SANTOS e HERNANDEZ, 2013).

As bacias hidrográficas representam importante unidades de gestão, e que com o rápido crescimento e conseqüentemente o aumento das áreas impermeáveis, chegando a um aumento de até 368% (1984-2010) no município de Rio Verde (PRADO et al., 2017) o que tem provocado enchentes na área urbana, assim como nas áreas rurais, comprometendo o cultivo das culturas agrícola e causando degradação ambiental do entorno, comprometendo os usos múltiplos da água.

Assim, com este trabalho objetivou-se fazer a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde onde através dos resultados obtidos podem ser utilizados os dados para o planejamento urbano e agrícola, onde ira contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos naturais, por que funcionam como um mecanismo de prevenção contra a degradação, possibilitando uma melhor relação entre sociedade humana e o meio que os cercam. E através dos resultados e possível identificar quais as bacias com maior potencial de enchentes, erosão hídrica e inundações e quais são as menos susceptíveis. Os resultados foram alcançados por meio dos vários cálculos das variáveis morfométricas.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área

O município de Rio Verde, pertence a região Sudoeste do estado de Goiás, Brasil (Figura 1), entre as coordenadas 17° 15' 58" S, 51° 41' 43" W e 18° 09' 38" S, 50° 21' 49" W, com área territorial de 8.379,659 km² e população de 176.424 habitantes com densidade demográfica de 21 habitantes por km² (IBGE, 2010).



Figura 1 - Mapa de localização do município de Rio Verde, em Goiás.
Fonte: Adaptado de Morais et al. (2016)

O município faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba que compreende o Distrito Federal e os estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Figura 2).

A bacia hidrográfica é a segunda maior unidade da região hidrográfica do Paraná ocupando 25,4% de sua área, apresenta área de drenagem de 222,6 mil km² e tem como rede de drenagem principal o Rio Turvo e dos Bois (COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARANAÍBA, 2015).

De acordo com os mesmos autores, a geologia do município de Rio Verde é composta por 59% é recoberto por rochas do Grupo Bauru (formações Adamantino

e Marília), 29,9% de coberturas Quaternárias (cobertura Arenosa Indiferenciada e Aluvião) e as demais de formações (11,1%) são Formação Serra Geral, Províncias Alcalina do Sul de Goiás, coberturas Terciárias, Terciário/Quaternário e rochas do Grupo Passa Dois (Figura 3).

De acordo com Rocha et al. (2014) o município possui duas estações climáticas bem definidas: uma seca (maio a outubro) e uma chuvosa (novembro a abril). A temperatura média anual varia entre 20°C e 35°C (INMET, 2015). A região apresenta fisionomias de cerrado (formações savânicas) e cerrado.

A região apresenta fisionomias de cerrado sensu stricto (formações savânicas) e cerrado (ROCHA et al., 2014). Os tipos de solos predominantes na região do município de Rio Verde são Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos (ACQUA et al., 2013).

No relevo do município dominam os declives entre 0 a 3%, bem distribuídos em toda a extensão do território (Figura 4), somando 45,5% de sua área, com cotas de 450 a 750 metros de altitude,

No que se refere os solos são solos profundos e bem drenados e com baixa disposição a processos erosivos lineares, na qual não permite grandes fluxos superficiais.

Contudo em situação de uso inadequado e sem as práticas conservacionista podem causar um risco moderado ao desenvolvimento de processos erosivos (UFG, 2009).

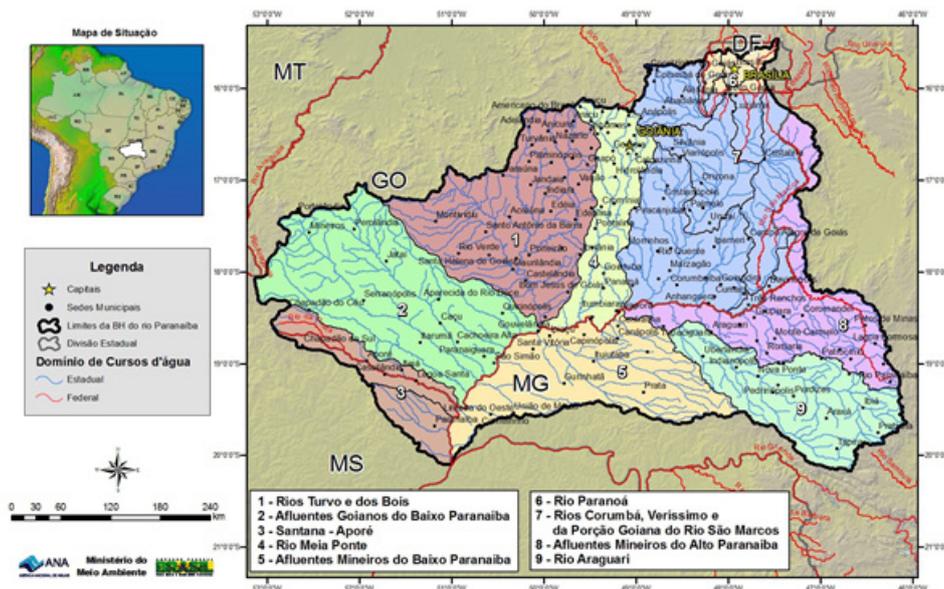
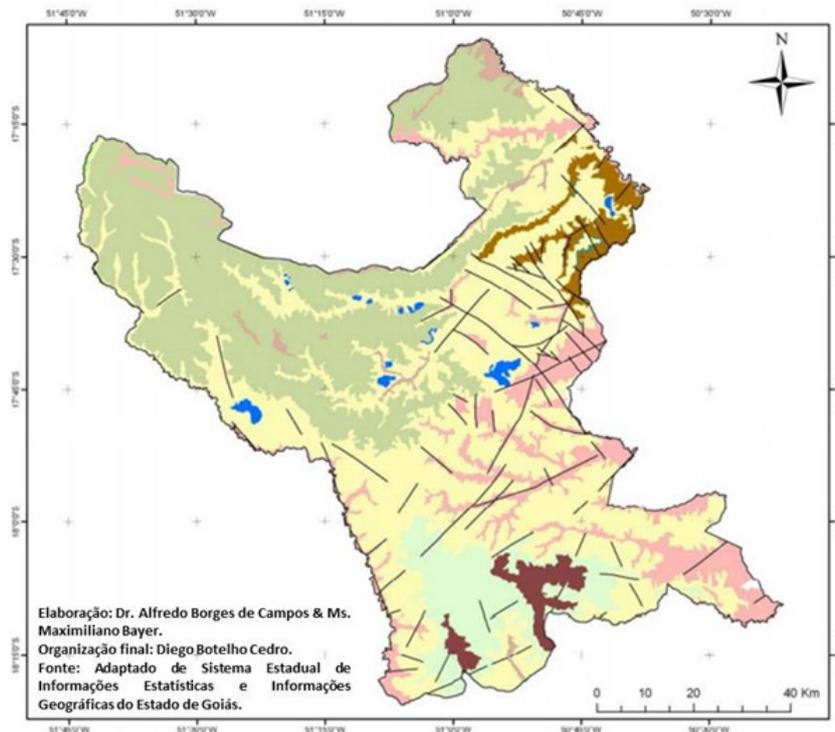


Figura 2. Mapa da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.
Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA).



LEGENDA

Idade	Unidades Geológicas	Litologias	Potencial Mineral
Quaternário	Aluvial	Areia, Argila, Cascalho	Diamante, Au, Rutílio, Sn, Argila, Areia
	Cobertura Arenosa Indiferenciada	Areia Fina a Grossa	
Terciário/Quaternário	Cobertura Detrito-Laterítica	Latossolo, Cascalho	Mn, Au, Andaluzita, Turfa, Ni, Cascalho
Terciário	Formação Cachoeirinha	Sedimento Areno-Argiloso	
Mesozóico	Grupo Bauru	Formação Marília	Calcário
		Formação Adamantina	
	Formação Verdinho	Arenito, Conglomerado, Calcário	
	Provincia Alcalina do Sul de Goiás	Suíte Vulcânica de Santo Antônio da Barra	Calcedônia
Paleozóico	Formação Serra Geral	Lamprofilo, Nefelinito, Alcalibasalto	Rocha Ornamental, Revestimento, Brita
	Grupo Passa Dois	Basalto, Arenito	
	Formação Corumbataí	Siltito, Folhelho, Silex	Mn
	Lineamentos Estruturais no Município de Rio Verde		

Figura 3 - Mapa geológico do município de Rio Verde
Fonte: Adaptado UFG (2009)

Elaboração: Rosane Amaral A. Silva e Rphael de Oliveira Borges.
Fonte: SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), NASA, 2000.

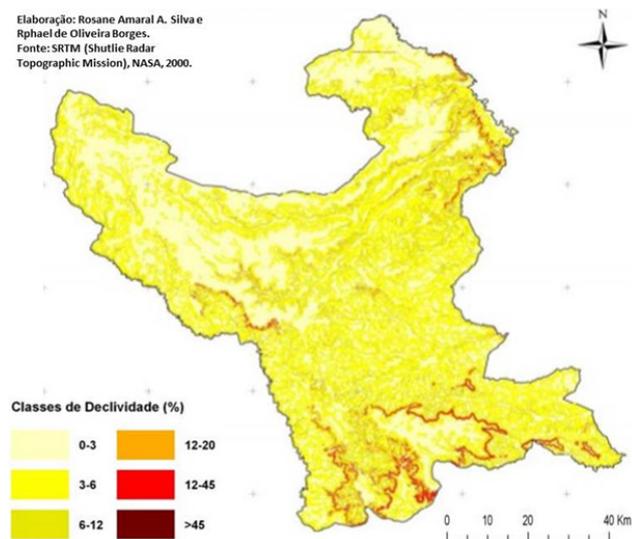


Figura 4 - Mapa de declividade do município de Rio Verde, em Goiás
Fonte: Adaptado UFG (2009)

Segundo Prado e Santos (2017) o município possui taxa de crescimento urbano de 7,3% ao ano (77 ha/ano). A taxa de crescimento populacional se assemelha ao crescimento urbano, que é de 1,77% ao ano (3.841 habitantes/ano). Esse rápido crescimento populacional está associado ao crescimento do setor industrial e agrícola, os quais o município se destaca no cenário nacional.

2.2 Confeção do mapa das bacias hidrográficas

O mapa da rede de drenagem do município de Rio Verde foi elaborado a partir da digitalização através do software Google Earth. As bacias hidrográficas foram delimitadas a partir do software Global Mapper. O mapa e os dados foram obtidos a partir do software AutoCad. O mapa final foi adaptado da UFG (2009).

2.3 Morfometria da bacia hidrográfica

2.3.1 Área de drenagem (A)

A área de drenagem de uma bacia está incorporada entre os divisores topográficos e é o elemento bási-

co para o cálculo das outras características morfológicas (VIEIRA, 2006).

2.3.2 Perímetro (P)

É o comprimento da linha divisora de águas que contorna e limita a unidade física natural (PINTO, 2003).

2.3.3 Rede de drenagem (Rd)

A rede de drenagem é constituída pelo rio principal juntamente com todos os seus tributários (UFSC/NEA, 2002).

2.3.4 Comprimento do leito principal (L)

O comprimento do leito principal é a distância entre o exutório e o ponto mais afastado do mesmo, conhecido como foz (GALVÍNCIO e SOUSA, 2004).

2.3.5 Ordem (O)

A determinação da ordem da bacia vai indicar o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia onde os canais primários (nascentes) são denominados de 1º ordem. A junção de dois canais primários forma um de 2º ordem e assim por diante. No entanto, a junção do canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste (STRAHLER, 1957).

2.3.6 Coeficiente de compacidade (kc)

Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARDOSO et al., 2006). Esse coeficiente é um número adimensional, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é superior a 1. Uma bacia terá maior propensão a enchentes mais acentuadas quando seu kc for mais próximo da unidade (Equação 1).

Equação 1:

$$kc = 0,28 + \frac{P}{\sqrt{A}}$$

em que,

kc = Coeficiente de compacidade;

P = Perímetro (km);

A = Área de drenagem (km²).

De acordo com Silva e Mello (2008), pode-se classificar as bacias hidrográficas em relação ao valor de kc da seguinte forma:

1,00 kc < 1,25 - Bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 kc < 1,50 - Bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

kc > 1,50 - Bacia não sujeita a grandes enchentes.

2.3.7 Fator de forma (kf)

Segundo Mosca (2003) o fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Sendo assim o fator de forma também indica maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia (Equação 2). Bacias que apresentam um fator de forma baixo são menos sujeitas a enchentes que outra bacia de mesmo tamanho.

Equação 2:

$$kf = \frac{A}{Lax^2}$$

em que,

“kf” = Fator de forma;

A = Área de drenagem (km²);

Lax = Comprimento axial da bacia (km).

Segundo Silva e Mello (2008) os valores assumidos pelo o fator de forma levam às seguintes classificações:

“kf” ≥ 0,75 - Bacia sujeita a enchentes;

0,50 < “kf” < 0,75 - Bacia com tendência mediana a enchentes;

“kf” ≤ 0,50 - Bacia não sujeita a enchentes.

2.3.8 Índice de conformação (Ic)

O índice de conformação trata-se da relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água, em linha reta, partindo da desembocadura até a cabeceira mais distante do divisor de águas (CARVALHO et al., 2009). Esse índice é obtido pela Equação 3.

Equação 3:

$$Ic = \frac{A}{Lax^2}$$

em que,

- Ic = Índice de conformação;
 A = Área de drenagem (km²);
 Lax = Comprimento axial da bacia (km).

2.3.9 Densidade de drenagem (Dd)

Segundo Christofolletti (1969) a densidade de drenagem relaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes como os temporários, definidos por Strahler (1957), podendo ser calculados pela Equação 4.

Equação 4:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

em que,

- Dd = Densidade de drenagem (km km⁻²);
 L = Comprimento total dos rios ou canais (km);
 A = Área de drenagem (km²);

A densidade de drenagem pode ser classificada conforme Beltrame (1994) descrito na Tabela 1.

Tabela 1- Classificação da densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica

Dd (km km ⁻²)	Classificação
<0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
>3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

2.3.10 Densidade da rede de drenagem (Dr)

Também conhecido como frequência de canais a densidade da rede de drenagem foi definido por Horton (1945) e citado em Strahler (1964) como o número total de canais pela área da bacia (Equação 5). A densidade da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica propicia em determinar o comportamento hidrográfico da área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Equação 5:

$$Dr = \frac{N}{A}$$

em que,

- Dr = Densidade da rede de drenagem (canais km⁻²);
 N = Número total de canais (canais);
 A = Área de drenagem (km²).

2.3.11 Declividade do curso de água (S)

A declividade do curso de água é a ligação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do trecho fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1974). A declividade dos canais está relacionada com a declividade dos terrenos de uma bacia (STRAHLER, 1964). Segundo Porto (1999) quanto maior for a declividade, maior será a velocidade do escoamento por gravidade e assim menor será o tempo de concentração (Tc) da bacia hidrográfica. A declividade das áreas de estudos foram definidas a partir da Equação 6.

Equação 6:

$$S = \frac{H}{L} \times 100$$

em que,

- S = Declividade do curso de água (%);
 H = Diferença de altitude (m);
 L = Comprimento do leito (m).

2.3.12 Índice de circularidade (Icc)

O índice de circularidade é a representação da relação entre a área total da bacia e área de um círculo de perímetro igual ao da bacia hidrográfica (Equação 7) (BORSATO, 2005).

Equação 7:

$$Icc = \frac{12,57A}{P^2}$$

em que,

- Icc = Índice de circularidade;
 A = Área de drenagem (km²);
 P = Perímetro (km).

Quanto mais próximo de 1,0 for o valor de Icc, mais próxima da forma circular será a bacia. Os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o escoamento (BORSATO, 2005).

1.3.12 Tempo de concentração (T_c)

O tempo de concentração é tempo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial na seção de saída (PAIVA e PAIVA, 2001). Refere-se ao tempo em que a gota de chuva cai no ponto mais distante da bacia hidrográfica leva para atingir a seção em estudo, contando a partir do início da chuva (Equação 8).

Equação 8:

$$T_c = 57L^{0,77} \times S^{-0,0395}$$

em que,

T_c = Tempo de concentração (minutos);

L = Comprimento do leito principal (km);

S = declividade do leito ($m\ km^{-1}$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espacialização da área de estudo e a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde estão apresentadas na Figura 5 e Tabela 2. As bacias hidrográficas que não possuem leito de drenagem principal definido ou que faz divisa com outro município, não foram consideradas.

Através do mapa da rede de drenagem foi possível verificar que as bacias 6, 7 e 8 possuem o mesmo nome, porém dentro do município de Rio Verde eles são divididos em três afluentes que dão origem ao rio principal, denominado Rio São Francisco.

A bacia 1 onde esta localizada o Rio Verdinho apresentou a maior área de drenagem com 1.270,1 km², localizada a noroeste do município de Rio Verde e a menor e a do Rio São Francisco com 72,7 km² na bacia 6 ao

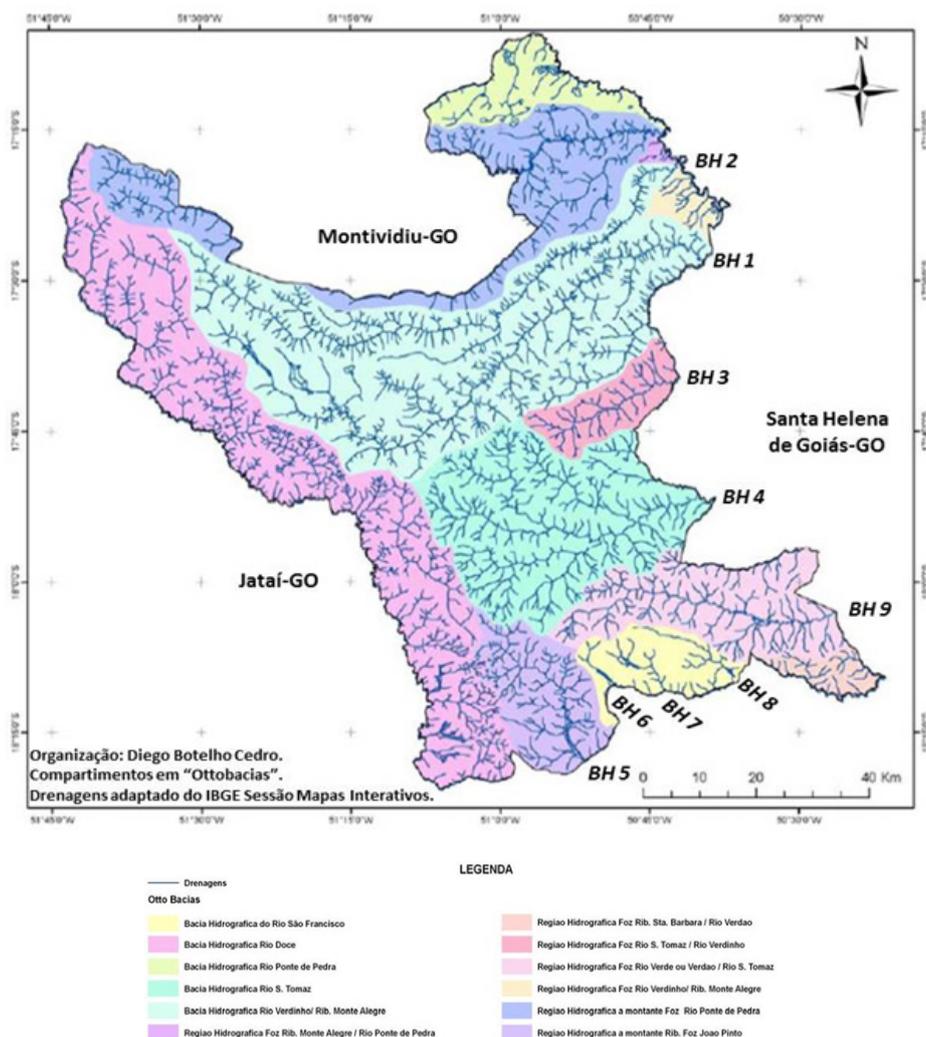


Figura 5- Mapa da rede de drenagem e bacias hidrográficas dentro do município de Rio Verde, GO
Fonte: Adaptado de UFG (2009)

Tabela 2 - Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do município de Rio Verde, GO

Variáveis	Bacias Hidrográficas-BH								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AD (km ²)	1.270,1	826,5	251,6	1.210,3	433,3	72,7	83,4	98,5	521,0
P (km)	245,9	236,6	78,0	169,5	99,9	60,6	39,6	52,6	63,5
CLP (km)	49,2	38,4	22,5	40,1	30,9	16,6	11,9	11,3	35,5
OLP (°)	4	4	4	5	4	2	3	3	4
kc	1,9	2,3	1,4	1,4	1,3	2,0	1,2	1,5	1,0
kf	0,52	0,56	0,50	0,75	0,45	0,26	0,59	0,76	0,41
IC	0,52	0,56	0,50	0,75	0,45	0,26	0,58	0,76	0,41
DD (km km ⁻²)	0,60	0,67	0,13	0,65	0,74	0,34	0,40	0,42	0,66
DRD (canais km ⁻²)	0,30	0,34	0,30	0,29	0,30	0,08	0,13	0,13	0,23
DCA (%)	0,72	1,09	1,07	0,75	0,85	0,23	1,65	1,96	1,01
Icc	0,26	0,19	0,52	0,53	0,55	0,25	0,67	0,45	1,63
TC (min)	907,7	746,5	505,0	781,1	643,2	430,3	312,2	298,9	706,8

AD=Área de drenagem; P=Perímetro; CLP=Comprimento do leito principal; OLP=Ordem do leito principal; kc=Coefficiente de compacidade; kf=Fator de forma; IC=Índice de conformação; DD=Densidade de drenagem; DRD=Densidade da rede de drenagem; DCA=Declividade do curso de água; Icc=Índice de circularidade; TC=Tempo de concentração.

Fonte: Organização dos autores

sul. A área média das bacias foram de 529,7 km², sendo que apenas 33% das bacias hidrográficas analisadas, possuem área superior a este valor.

Em relação ao perímetro, o maior valor foi encontrado na bacia do Rio Verdinho (1) que possui 245,9 km e o menor igual a 39,6 km na bacia do Rio São Francisco (7). O perímetro médio da bacia foi de 116,2 km.

A área de uma bacia hidrográfica é muito variável em função do relevo de uma determinada região. Cardoso et al. (2006) e Andrade et al. (2008) analisaram as características morfométricas das respectivas bacias hidrográficas do Rio Manso em Chapada dos Guimarães e Rosário Oeste, Mato Grosso e do Rio Debossan de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, obtiveram área de drenagem e perímetro da bacia do Rio Manso de 10.793,1 km² e 532,7 km², respectivamente, sendo maior em relação ao trabalho em estudo, porém a bacia do Rio Debossan com 9,9 km² e 17,7 km², foi menor, demonstrando o quanto varia o tamanho das bacias.

O comprimento do rio principal das bacias hidrográficas do município de Rio Verde foi de 49,2 km na bacia do Rio Verdinho (1) sendo esta a maior bacia do município. Porém, a bacia do Rio São Francisco (8) apresentou menor comprimento com 11,3 km, considerada a 3º menor bacia do município. As demais bacias apresentaram comprimento do rio principal médio de 28,5 km. Elesbon et al. (2011) verificaram o comprimento do rio principal da bacia do Braço Norte do Rio São Mateus em São João da Cachoeira Grande, Amazonas, e obtiveram relações semelhantes nos resultados, no entanto, em área de estudo maior.

De acordo com a classificação de Strahler, as bacias do Rio Verdinho (1), Ribeirão Monte Alegre (2), Ribeirão da Laje (3), Ribeirão Preto (5) e Ribeirão da Cabeleira (9) são de quarta ordem, já as bacias 7 e 8 (Rio São Francisco) são de terceira ordem, a bacia 6 (Rio São Francisco) é de segunda ordem e a bacia Do Rio São Tomas (4) é de quinta ordem. Esses resultados representam elevado número de afluentes em cada área analisada.

O coeficiente de compacidade (kc) encontrados nas bacias do Rio Verdinho (1), Ribeirão Monte Alegre (2) e Bacia do Rio São Francisco (6) foram, respectivamente, 1,9, 2,3 e 2,0 sendo bacias não sujeitas a grandes enchentes, associados aos respectivos fatores de forma de 0,52 e 0,56 bacias com tendência mediana a enchentes e 0,26 indicando que em condições de baixa a média intensidade de precipitação a bacia é pouco suscetível a enchentes. As bacias do Ribeirão da Laje (3), Rio São Tomas (4), Rio Preto (5) e Rio São Francisco (8) foram observados kc de 1,4, 1,4, 1,3 e 1,5, classificadas com tendência mediana a grandes enchentes, respectivamente.

Seguindo a classificação proposta por Silva e Mello (2008) a bacia do Ribeirão da Laje (3) apresentou fator de forma de 0,50, não sujeita a enchentes, e a bacia do Rio Preto (5) foi de 0,45, com menor tendência a enchente. A bacia 5 é também bastante utilizada para a prática agrícola. As bacias do Rio São Tomas (4) e Rio São Francisco (8) apresentaram fator de forma de 0,75 e 0,76, respectivamente, sendo suscetíveis a enchente. A bacia do Rio São Francisco (8) é a menos utilizada para a agricultura e está inserida no distrito de Ouroana.

Os resultados são reforçados pelo índice de conformação, pois o distanciamento da unidade 1 indica que essas bacias não tendem a forma circular, ou seja, possuem forma mais alongada e, conseqüentemente, menor concentração de deflúvio. Foram obtidos baixos valores (<0,50) nas bacias do Rio Preto (5), Rio São Francisco (6) e do Rio Cabeleira (9) e nas demais com valores mais elevados (>0,50) sendo estas mais propícias a enchentes.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2012) avaliando bacias hidrográficas no município de Campos do Jordão com características de uso do solos similares, concluíram que as bacias não são sujeitas a enchentes em condições normais de precipitação.

Os resultados encontrados para as bacias do Rio Verdinho (1), Ribeirão Monte Alegre (2) e Rio São Francisco (6) também foram obtidos por Cardoso et al. (2006) estudando as características morfométricas da bacia hi-

drográfica do Rio Debossan de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, que puderam perceber para bacia com formato circular uma maior suscetibilidade a enchente, contudo a bacia do Rio Debossan apresentou formato alongado, demonstrando menor possibilidade de enchente em condições pluviométricas normais. Assim, o coeficiente de compacidade e o fator de forma proporcionaram a verificação do formato da bacia e a tendência de haver enchente ou não.

Andrade et al. (2008) também verificaram o mesmo resultado estudando a bacia hidrográfica do Rio Manso, Mato Grosso, indicando que esta bacia possui pouca tendência a enchente em condições pluviométricas normais.

O Índice de circularidade (I_{cc}) indicou para as bacias do Rio Verdinho (1), Ribeirão Monte Alegre (2) e Rio São Francisco (6) apresentou valores menores a 0,51, visto que as bacias tendem a ser mais alongadas favorecendo o processo de escoamento. Sendo assim, essas bacias apresentaram grande potencial agrícola, por ter menor tendência a enchentes. Resultados semelhantes foram obtidos por Miotto et al. (2014) quando caracterizaram a morfometria da microbacia do Córrego Guassú, em Mundo Novo, Mato Grosso do Sul.

A cidade de Rio Verde localiza-se nas bacias do Ribeirão da Laje (3) e Rio São Tomas (4), pois estas possuem a maior parte da área sendo utilizada para a agricultura e indústrias, as quais apresentam tendência mediana a enchentes (PRADO et al., 2017). No entanto, Tucci (1999) cita que à medida que a cidade se urbaniza verifica-se aumento dos impactos ambientais, tais como: aumento das vazões devido a maior capacidade de escoamento por meio dos condutos e canais; impermeabilização das superfícies; produção de resíduos sólidos (lixo), causando assim a deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea por intermédio da lavagem das ruas e transporte de material sólido; ligações clandestinas de esgotos e contaminação de aquíferos.

Assim, essas bacias possuem interferência antrópica, possuindo córregos canalizados como os córregos do Sapo e Barrinha, lixos nas ruas e dentro dos próprios córregos, além do desmatamento que favorecem a erosão, e o avanço das áreas impermeáveis, o que agrava ainda mais os picos de enchentes (Figura 6).

A bacia do Rio São Francisco (7) é bastante usada para a agricultura. A bacia do Rio da Cabeleira (9) possui áreas agricultáveis e também está inserida em Riverlândia, distrito do município de Rio Verde, porém, por elas se-

rem circulares, estão mais suscetíveis a enchentes súbitas no canal principal, pois quando ocorrem precipitações intensas afetam toda a extensão da bacia, devido ao aporte de água ao canal fluvial, procedente das vertentes e dos tributários, se concentrando num curto espaço de tempo, tendo aumento no pico de vazão (MACHADO, 2010).

De acordo com Antoniazzi (2008) as atividades agrícolas podem interferir na quantidade de água disponível, conforme as mudanças do ciclo hidrológico provenientes das alterações da cobertura vegetal, usos do solo em geral, diminuição da infiltração, percolação e armazenamento de água, aumentando as erosões e sedimentação, causando transformação na qualidade da água.



Figura 6 - Córregos do Sapo e Barrinha, e lixo doméstico e eletrônico no entorno dos córregos

Fonte: Produção própria do autor

As bacias que abrangem distritos do município de Rio Verde são a do Rio São Francisco (8) onde está localizado no distrito de Ouroana e a do Rio Cabeleira (9) no distrito de Riverlândia, de modo que essas bacias podem ter algum tipo de influência por meio das atividades antrópicas, mas existem outros fatores que contribuem para que ocorram enchentes nessas bacias como k_c , k_f , I_c e I_{cc} que podem ser observados por meio da caracterização morfométrica, sendo que outro fator que pode influenciar é a prática agrícola inadequada.

De modo geral, o município de Rio Verde se caracterizou como de baixa a mediana densidade de drenagem. De acordo com a classificação proposta por Beltrame (1994) as bacias do Ribeirão da Laje (3), Rio São Francisco (7 e 8) apresentaram densidades de drenagem baixas ($<0,5 \text{ km km}^{-2}$), evidenciando má drenagem por terem poucos canais. As demais bacias do Rio Verdinho (1), Ribeirão Monte Alegre (2), Rio São Tomas (4), Rio Preto (5) e Rio da Cabeleira (9) apresentaram densidade

de drenagem mediana (0,50 a 2,0 km km⁻²).

A densidade de drenagem é um indicador do grau de desenvolvimento do mecanismo de drenagem da bacia hidrográfica, pois este indicador auxilia no manejo da bacia por meio do planejamento (CARDOSO et al., 2006; ANDRADE et al., 2008).

A densidade da rede de drenagem indica a capacidade das sub-bacias gerarem novos canais e de acordo com Lana et al. (2001), se estiver acima de 2,0 canais km⁻², a bacia teria grande capacidade de gerar novos cursos d'água. No entanto as bacias inseridas no município de Rio Verde apresentaram uma densidade da rede de drenagem baixa onde os valores ficaram entre 0,08 a 0,34 canais por km², portanto, a capacidade das bacias em gerar novos canais é baixa.

A partir das cotas máximas e mínimas de cada bacia hidrográfica, obteve as declividades dos cursos de água das bacias inseridas no município de Rio Verde ficaram entre 0,23% e 1,96% nas bacias do Rio São Francisco (6 e 8), respectivamente, porém as demais bacias apresentaram uma média de 1,04%. Sendo assim, a maioria das bacias inseridas no município de Rio Verde apresentou baixa declividade. O valor obtido da razão de amplitude altimétrica indica a baixa capacidade de descarga da bacia.

Os valores da declividade em estudo foram menores em relação ao trabalho de Cardoso et al. (2006), sendo que eles verificaram na maior parte da bacia declividade de 47,6%, considerado relevo montanhoso, de forma que quanto maior a declividade maior o escoamento superficial e menor a infiltração da água no solo.

A bacia do Rio Verdinho (1) foi a que apresentou maior tempo de concentração, com 15 horas e 12 minutos, e o menor tempo de concentração foi o da bacia do Rio da Cabeleira (8), com 5 horas e 20 minutos. A média das bacias foi de 10 horas e 16 minutos.

Algumas bacias apresentaram resultados semelhantes, como nas bacias do Ribeirão Laje (3) e Rio São Tomas (4) que estão inseridas no município de Rio Verde, sendo bacias com tendência mediana a enchentes. As bacias que merecem uma atenção especial são as bacias do Rio São Francisco (7) e Rio da Cabeleira (9), com grande potencial a enchentes. De acordo com Almeida et al. (2016) sub-bacias com maior fragilidades naturais merecem uma atenção especial no que diz respeito as atividades de uso e ocupação do solo, as quais, se não forem executadas com cautela poderão potencializar os efeitos dos processos naturais, como a intensificação das perdas

de solo por erosão e conseqüente assoreamento e diminuição da qualidade da água.

Para as bacias hidrográficas que compreendem a área urbana, recomenda-se a conscientização dos moradores da importância da captação de água da chuva e a conservação das áreas verdes para favorecer a infiltração de água ao solo, além da implantação do sistema de infiltração forçada em áreas públicas. As áreas rurais seriam fundamentais as técnicas de manejo conservacionista do solo, a implantação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e o sistema de Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF), técnicas que minimizem o escoamento superficial das águas das chuvas e o conseqüentemente o processo erosivo. Umetsu et al. (2012) recomenda ainda o controle estrutural da rede de drenagem. Contudo, a integração dessas estratégias é fundamental para o manejo adequado da bacia hidrográfica em foco, visando a melhorias das condições sociais, econômicas e ambientais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfométrica das bacias inseridas no município de Rio Verde permitiu concluir que as variáveis auxiliam aos planejamentos futuros como para a expansão da área urbana e gestão ambiental regional como a previsão de enchentes e inundações no município.

O município de Rio Verde possui áreas agrícolas e urbanas localizados em locais potenciais a causarem enchente. É inviável a instalação de áreas urbanas nestes locais. Há também restrição de plantio no período chuvoso devido aos potenciais de causar enchentes.

Há possibilidade de ocorrência de enchentes nas bacias na região sul do município de Rio Verde onde se encontra as bacias do Rio São Francisco (7) e do Rio da Cabeleira (9), localizadas em áreas agricultáveis merecem uma atenção especial, onde apresentaram uma maior potencial a grandes enchentes, não sendo propícia a implantação de áreas impermeáveis e agrícolas, principalmente no período chuvoso.

Para os municípios que estão em desenvolvimento, à possibilidade de poder contar com o aporte de informações desta natureza se constitui como uma alternativa real de avaliar as implicações ambientais decorrentes do planejamento (ou da falta dele), em busca de um modelo que seja ecologicamente mais sadio e socialmente mais justo.

REFERÊNCIAS

- ACQUA, N. H. D.; SILVA, G. P.; BENITES, V. M.; ASSIS, R. L.; SIMON, G. A. Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no sudoeste goiano, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.2, p.117-122, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n2/v17n02a01.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2016.
- ANDRADE, N. L. R. de; XAVIER, F. V.; ALVES, É. C. R. de F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. de. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT. **Geociências**, v.27, n.2, p.237-248, 2008. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7059>. Acesso em 20 mai. 2016.
- ANTONIAZZI, L. B. Agricultura como provedora de serviços ambientais para proteção de bacias hidrográficas. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, p.52-63, 2008. Disponível em: http://www.apta.sp.gov.br/Publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_111.pdf. Acesso em: 21 mai. 2016.
- BARRELLA, W.; PETRERE JÚNIOR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação** 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BELTRAME, A. V. **Diagnostico do meio ambiente fisico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudos da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, PR. **Revista Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v.26, n.2, p.273-285, 2004. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/1391>. Acesso em: 21 mai. 2016.
- BORSATO, F. H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. 2005. 257p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá.
- 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**, v.30, n.2, p.241-248, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a11v30n2.pdf>. Acesso em: 18 set. 2015.
- CARVALHO, W. M.; VIEIRA, E. O.; ROCHA, J. M. J.; PEREIRA, A. K. S.; CARMO, T. V. B. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do córrego do Malheiro, no município de Sabará - MG. **Revista Irriga**, v.14, n.3, p.398-412, 2009. Disponível em: http://pesca.iff.edu.br/pesquisa/gestao-dos-recursos-hidricos-2012_especializacao-em-educacao-ambiental/artigos/Artigo%20Indices%20Fisiograficos%205.pdf. Acesso em: 26 nov. 2015.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Geomorfologia**, v.18, n.9, p.35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.
- COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARANAÍBA (CBH PARANAÍBA). **Municípios da Bacia**. Disponível em: <http://www.cbhparanaiba.org.br/>. Acesso em 24 Ago. 2015.
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. da; OLIVEIRA, I. de C. e. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v.64, n.3, p.281-288, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v64n3/a05.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.
- GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. de A. S. de. Uso do modelo TOPAZ para a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.9, n.3, p.69-75, 2004. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=30&SUMARIO=1513>. Acesso: 23 ago. 2016.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-339, 1996.

- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, v.3, n.56, p.275-370, 1945.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 Ago. 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2015. **Dados climáticos da Estação de Rio Verde: serie histórica de 1961 a 2015**. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em: 24 Ago. 2015.
- KIRPICH, T. P. Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. **Journal of Civil Engineering**, v.10, n.6, 362p., 1940.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. **Revista Escola de Minas**, v.54, n.2, p.121-126, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200008. Acesso em: 06 nov. 2016.
- LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.
- LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.
- MACHADO, P. J. O. **Diagnostico Físico-Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos**. Ubá: Geographia, consultoria, estudos e projetos ambientais. 2010.
- MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. de O.; SOUZA, D. M. de Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.37, n.2, p.16-22, 2014.
- MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH. 2001.
- PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras-MG e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999.
- PRADO, F. S. do; SANTOS, G. O. S. **Expansão urbana e áreas de conflito no município de Rio Verde, Goiás**. 2012. 20p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental. Universidade de Rio Verde, Rio Verde.
- ROCHA, E.; REYS, P.; SILVA, P. O.; SOARES, M. P. Florística e fitossociologia em um fragmento de cerrado no sudoeste de Goiás. **Revista Global Science and Technology**, v.7, n.3, p.110-118, 2014.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.60-68, 2013. Disponível em: ftp://ftp.feis.unesp.br/agr/pdf/solo_2012.pdf. Acesso em: 15 nov. 2016.
- SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Apostila de hidrologia**. 2008. 133p. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.
- STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, p.439-476, 1964.
- TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana e controle de inundação**. São Paulo, Editora da Unisinos, 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Núcleo de Estudos da Água. Hidrologia da bacia do Itacorubi.** Florianópolis, 2002.

VIEIRA, E. O. **Águas superficiais e subterrâneas.** Montes Claros: UFMG/NCA, 2006.

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

Correspondência dos autores:

Gilmar Oliveira Santos
e-mail: gilmar@unirv.edu.br

Adryeny Arantes Silva
e-mail: adryeny_@hotmail.com

Alex Ricardo Caldeira Braz
e-mail: alex-braz@hotmail.com

Franciele Morlin Carneiro
e-mail: franmorlin1@gmail.com

Artigo recebido em: 19/07/2017

Revisado pelos autores em: 15/10/2017

Aceito para publicação em: 17/11/2017