

## Diagnóstico ambiental e morfometria da microbacia do Córrego Cocal, afluente do Rio Uberaba

### *Environmental diagnosis and morphometry of the microbasin of the Cocal stream, tributary of the Uberaba river*

Dinamar Márcia da Silva Vieira<sup>1</sup>; Jose Luiz Rodrigues Torres<sup>2</sup>;  
Simony Monteiro dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna do Programa de Pós-graduação em Agronomia do Instituto de Ciência Agrárias (PPGA/ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4211-4340>  
E-mail: marcinha\_0202@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba Minas Gerais, Brasil. Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4211-4340> E-mail: [jlrtorres@iftm.edu.br](mailto:jlrtorres@iftm.edu.br)

<sup>3</sup> Aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: [simonybiosantos@hotmail.com](mailto:simonybiosantos@hotmail.com)

**RESUMO:** As bacias hidrográficas integram uma visão geral de comportamento das condições naturais e atividades humanas nelas envolvidas. O objetivo deste estudo foi elaborar o diagnóstico ambiental, avaliar os parâmetros morfométricos e a qualidade da água da microbacia do córrego Cocal, em Uberaba, MG. Visitou-se a área para aplicação de questionários sócio, econômico, tecnológico e ambiental, fez-se a medição de vazão e coletou-se água para avaliação da sua qualidade. Observou-se que a microbacia do córrego Cocal possui índices elevados de deterioração social, econômica, tecnológica e socioeconômica acima de 39%, enquanto que a ambiental (21%) é baixa para a região. Possui área total de 14,8 km<sup>2</sup>, perímetro de 16,5 km, o comprimento do canal principal de 6,2 km, desnível altimétrico de 123 m, rede de drenagem de 3<sup>a</sup> ordem, coeficiente de compactidade (Kc) de 1,2, fator forma (Kf) de 0,36 e densidade de drenagem (Dd) de 1,12 km km<sup>-2</sup>, que indicam que a microbacia é pequena e possui tendência mediana a enchentes. O coeficiente de rugosidade (RN) de 11,93% indica que a microbacia tem aptidão para agricultura. Nas duas avaliações de vazão do córrego Cocal o volume de água da microbacia eram baixos (0,135 e 0,236 m<sup>3</sup>/s) e a água encontrava-se contaminada com coliformes totais e termotolerantes acima dos valores permitidos por lei.

**Palavras-chave:** deterioração ambiental, análise morfométrica, vazão, qualidade da água.

**ABSTRACT:** The hydrographyc basins integrate an overview of the behavior of the natural conditions and human activities involved. The objective of this study was to elaborate the environmental diagnosis, to evaluate the morphometric parameters and the water quality of the microbasin of the Cocal stream, in Uberaba, MG. The area was used for the application of questionnaires socioeconomic, technological and environmental, a flow measurement was made and water was collected to evaluate its quality. It was observed that the microbasin of the Cocal stream has a high index of social, economic, technological and socioeconomic deterioration above 39%, while the environmental one (21%) is low for the region. It has a total area of 14.8 km<sup>2</sup>, a perimeter of 16.5 km, the main channel length of 6.2 km, altimetric slope of 123 m, drainage network of 3rd order, coefficient of compactness (Kc) of 1.2, form factor (Kf) of 0.36 and drainage density (Dd) of 1.12 km km<sup>-2</sup>, which indicate that the microbasin is small and has a medium tendency to flood. The coefficient of roughness (RN) of 11.93% indicates that the microbasin is apt for agriculture. In the two runoff evaluations of the Cocal stream the water volume of the microbasin was low (0.135 and 0.236 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) and water was contaminated with total and thermotolerant coliforms above the values allowed by

**Keywords:** environmental deterioration, morphometric analysis, flow rate, water quality.

## INTRODUÇÃO

O processo de ocupação territorial brasileiro foi caracterizado pela falta de planejamento e conseqüente degradação dos recursos naturais, onde diferentes biomas foram sendo fragmentados ao longo dos anos, cedendo espaço para as culturas agrícolas, pastagens e crescimento desordenado das cidades. Esta degradação alcançou níveis críticos e sempre esteve relacionada diretamente com a qualidade de vida das populações urbanas e rurais. Os impactos causados pela atividade antrópica sobre o ecossistema tem acarretado riscos ao equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água, uma vez que estão correlacionadas com o uso e ocupação do solo, sendo mais visíveis ao nível da bacia hidrográfica (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

Uma proposta de manejo integrado da bacia hidrográfica visa à recuperação ambiental dessa unidade, buscando o equilíbrio dos ecossistemas e o uso sustentável dos recursos naturais renováveis. A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em microbacias permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de deterioração dos recursos naturais (ALCANTARA; AMORIM, 2005). A noção de bacia ou microbacia obriga a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e solos predominantes (PISSARRA et al., 2006).

A implantação de uma proposta de manejo integrado passa pela elaboração de um diagnóstico ambiental básico, onde é feito o levantamento dos problemas da microbacia, para análise dos conflitos e recomendação de soluções. Estas propostas devem estar baseadas nos diagnósticos físico-conservacionista, social, econômico, socioeconômico, tecnológico e ambiental, pois definem a deterioração existente na microbacia e fornecem subsídios para a elaboração de projetos de recuperação ambiental (ROCHA; KURTZ, 2001).

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais, onde as características geomorfológicas, hidrológicas e pedológicas de uma bacia são importantes para se compreender a dinâmica do ecossistema e como ela pode afetar à sociedade, uma vez que o relevo serve de suporte às atividades humanas (TORRES et al., 2010).

Os estudos com morfometria abordam pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os conseqüentes processos ambientais e descreve a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas. Vários estudos sobre morfometria foram realizados na área de proteção ambiental do rio Uberaba e quase todos comprovam a deterioração ambiental ocorrida (ABDALA et al., 2011; TORRES et al., 2009; 2010; 2011; VIEIRA et al., 2012; TORRES e VIEIRA, 2013), a mesma situação preocupante de degradação ambiental tem ocorrido nas microbacias de outras regiões (FELTRAN FILHO et al., 2007; MELO et al., 2010; VALLE JUNIOR et al., 2012; ZANATA et al., 2011; NARDINI et al., 2013).

A qualidade das águas superficiais é determinada conforme os usos a que ela se destina e sua classificação é dada de acordo com valores de alguns atributos físicos, químicos e biológicos (LIMA; SILVA, 2008). A água para ser potável não deve conter microrganismos patogênicos e estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal, sendo que estas estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive o

homem (BRASIL, 2004). O objetivo deste estudo foi elaborar o diagnóstico ambiental da área, avaliar os parâmetros morfométricos e a qualidade da água da microbacia do córrego Cocal, em Uberaba, MG.

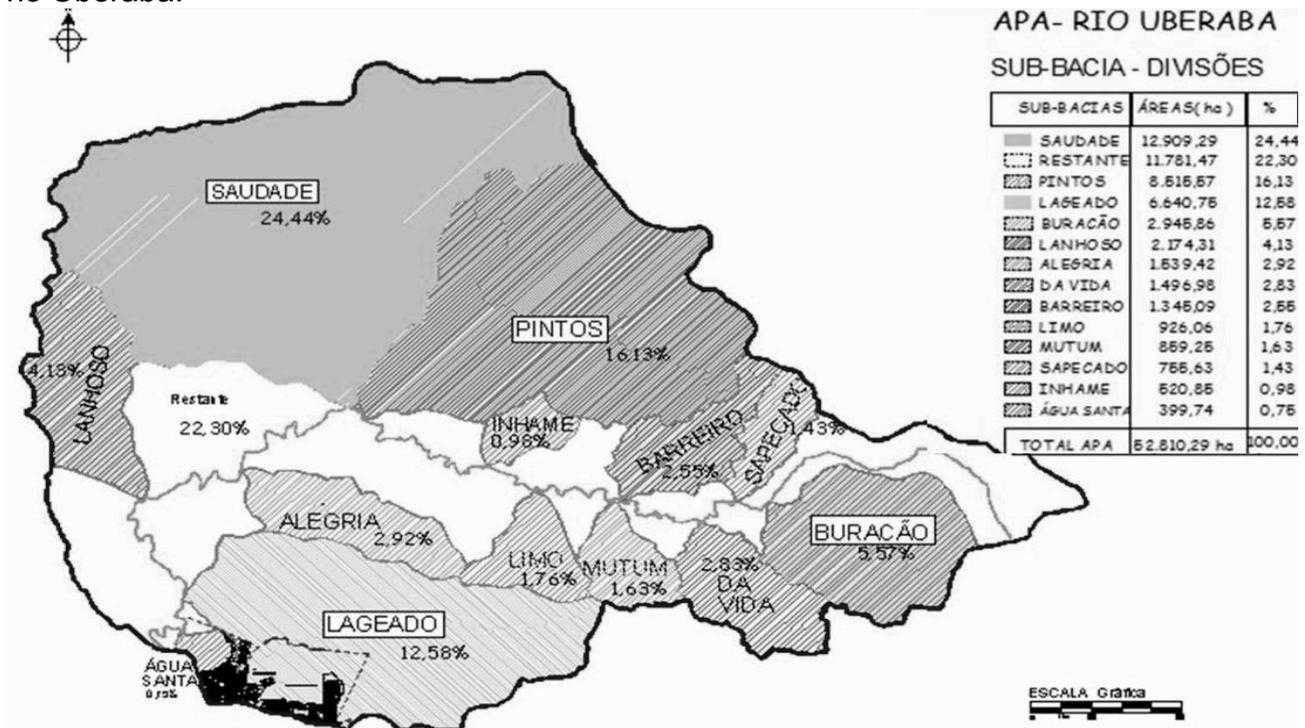
**MATERIAIS E MÉTODOS**

**Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado no município de Uberaba-MG, situado na microrregião do Triângulo Mineiro, entre as coordenadas 19°45'27" de latitude sul e 47°55'36" de longitude oeste, na área de proteção ambiental (APA) do rio Uberaba, que foi criada a partir da Lei estadual nº. 13.183 de 21/01/1999, sendo que esta se localiza na cabeceira da bacia hidrográfica do rio Uberaba e possui área total de 528 km<sup>2</sup>.

Esta APA foi subdividida em microbacias maiores de quatro km<sup>2</sup>, onde foram localizados os córregos com maior volume de água e que contribuem em maior escala para o fornecimento de água do município. Dentre estas microbacias, a do córrego dos Pintos é a segunda maior, que possui uma área total de 8.515,57 hectares, que corresponde a 16,13% da área total da APA (**Figura 1**) (SEMEA, 2004).

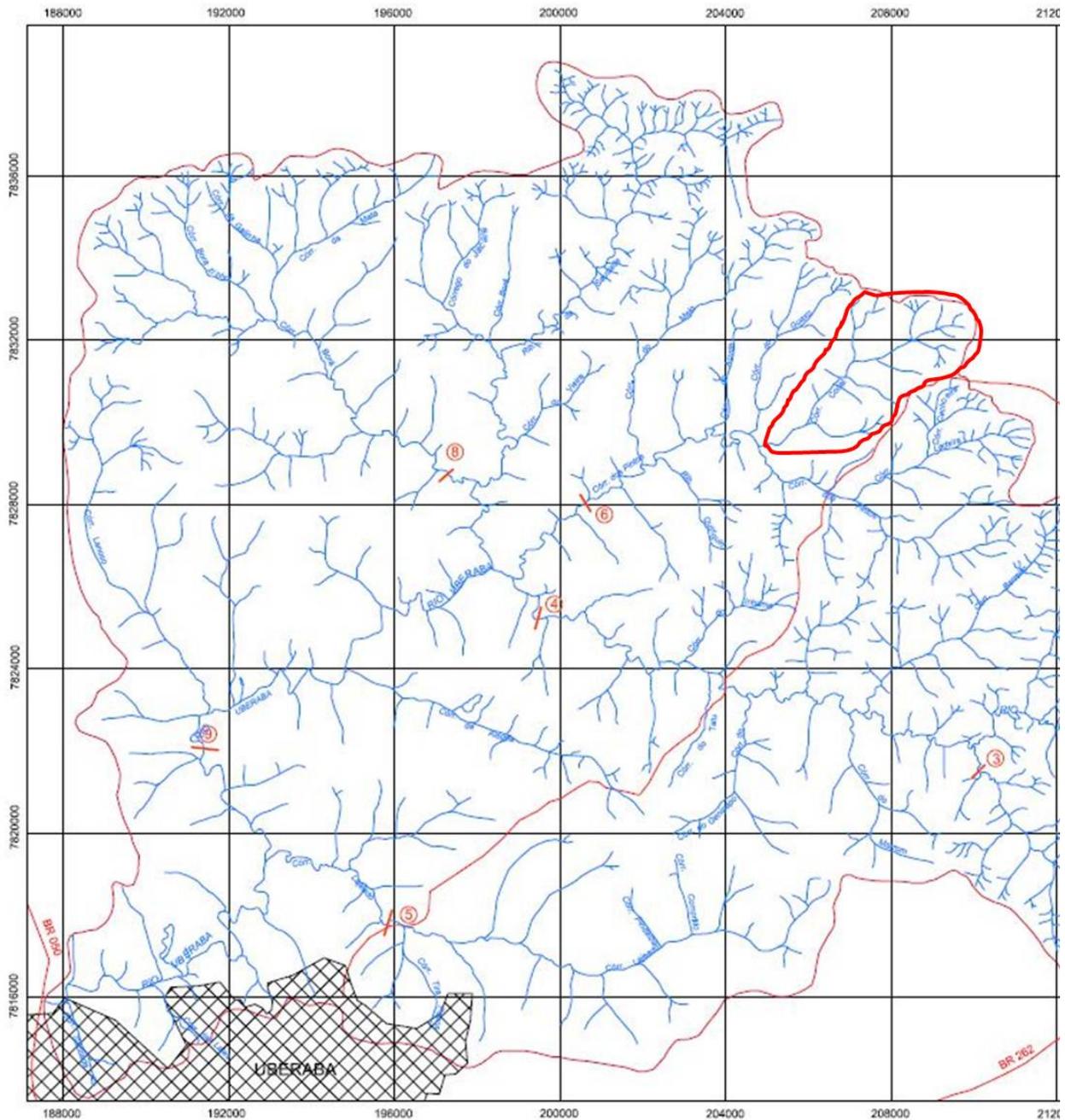
**Figura 1.** Principais córregos que compõem a Área de Preservação Ambiental (APA) do rio Uberaba.



Fonte: Semea (2004)

A microbacia do Córrego do Cocal (**Figura 2**) está inserida dentro da microbacia do córrego dos Pintos que compõem a APA do rio Uberaba.

**Figura 2.** Recorte do mapa da rede de drenagem das microbacias que compõe a microbacia do córrego dos Pintos, onde está inserida a microbacia do córrego Cocal (área em destaque).



Fonte: Modificado de Abdala (2005).

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente segundo Koppen, com verão quente e chuvoso, inverno frio e seco. Ocorre um período chuvoso de outubro a abril, com uma estação seca de maio a setembro, tendo temperatura média anual de 23,2 °C, com máxima de 30,2 °C, mínima de 17,6 °C e precipitação acima dos 1600 mm por ano (VALLE JUNIOR et al., 2010). Entretanto, no ano de 2006 ocorreu uma precipitação acumulada de 1.690,2 mm (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica diária em Uberaba, MG.

Ano 2006	Precipitação Pluviométrica diária (mm)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Total	293,4	443,1	247,0	91,4	24,6	0,0	0,0	57,4	57,2	205,4	175,5	95,2
Média/dia	9,5	15,8	8,0	3,1	0,8	0,0	0,0	1,9	1,9	6,6	5,9	3,1

Fonte: Dados da estação meteorológica do IFTM Campus Uberaba, do ano de 2006.

## Tipos de solos

O município de Uberaba apresenta topografia caracterizada por superfícies planas ou ligeiramente onduladas, com solos variados, que segundo a Embrapa (1982), a maioria apresenta textura média, variando do arenoso ao argiloso, sendo classificados de uma forma geral como Latossolos de diferentes graus de fertilidade.

## Avaliações

### Diagnóstico socioeconômico e ambiental

Numa amostra de 75% das propriedades existentes na microbacia do córrego Cocal foram aplicados os questionários adaptados do Centro Interamericano de desenvolvimento Integral de Águas y Tierras (CIDIAT) por Rocha e Kurts (2003), que tem como base a Matriz de Interação de Leopold, os quais avaliam os fatores: social, econômico, socioeconômico, tecnológico e ambiental. Os valores obtidos foram utilizados para calcular as porcentagens de deterioração do fator.

O estudo da Matriz de Leopold, utilizado por Rocha e Kurts (2001), consiste em cruzar ações propostas com fatores ambientais. Esses cruzamentos recebem notas de 1 a 10, conforme a magnitude e a importância do impacto, sendo que os maiores valores indicam as maiores deteriorações. Para cada variável atribuiu-se um valor de acordo com a subdivisão da variável conforme sua importância. A seguir fez-se a tabulação dos dados agrupando os códigos de maior frequência e repetindo-os, que são denominados de moda (FRANCO et al., 2005).

Com relação ao diagnóstico ambiental foram levantados os elementos que estão causando deterioração à ambiência. Nesta etapa foram utilizados 24 indicadores de qualidade ambiental, conforme proposto por Rocha e Kurtz (2003), dentre eles, a poluição causada pelo uso de inseticidas, herbicidas, fungicidas, raticidas, por resíduos residenciais e agropecuários, por minas, pedreiras, areais, estradas rurais, erosões, queimadas, manejo de resíduos fitossanitários, industriais, residenciais e agropecuários.

### Determinação da deterioração socioeconômica e ambiental

Para a tabulação dos dados atribuíram-se códigos para cada item do questionário, pois quanto maior for o número, maior a degradação do fator. Para se determinar os percentuais de deterioração (y) utilizou-se a equação 1.

$$y = ax + b \tag{1}$$

Onde: y varia de 0 a 100 (zero a 100% da deterioração). Os valores mínimos x e os máximos x' definem os valores do modelo a e b, respectivamente. As unidades críticas de deterioração foram determinadas a partir da equação da reta utilizando-se os valores dos códigos máximos e mínimos e o valor significativo encontrado na região, a moda (TORRES et al., 2009).

y = unidade crítica de deterioração (%)  
x = valor modal encontrado;  
a e b = coeficientes da equação da reta

### **Cálculo da reta de deterioração real**

Os resultados obtidos dos cruzamentos das ações propostas com os fatores ambientais geram valores para y que variam de 0 a 100 (zero a 100% de deterioração).

Para a equação 2, quando: y = 0% de deterioração, quando x = valor mínimo (valor mínimo = 1 de cada ação proposta em x número de ação, o que corresponde a 1 para a magnitude e 1 para a importância do impacto).

$$y = ax' + b \quad (2)$$

Onde y = 100% de deterioração, quando x for igual ao valor máximo (valor máximo = 10 de cada ação proposta em x número de ações, o que corresponde a 10 para a magnitude e 10 para a importância do impacto). Onde: x é o valor significativo encontrado; y é a unidade crítica de deterioração real.

### **Análise morfométrica**

No estudo de deterioração da bacia, vários fatores foram levados em consideração, em especial algumas características físicas: área e comprimento da bacia, comprimento de ravinas, densidade de drenagem, declividade média e coeficiente de rugosidade, dentre outros. Para Rocha e Kurtz (2001) existem inúmeros parâmetros que definem os tipos de rede, padrões ou sistemas de drenagem, os quais caracterizam, por conseguinte, as bacias, microbacias e sub-bacias hidrográficas. Entre estes, os parâmetros que mais se relacionam com a deterioração ambiental são: comprimento das ravinas, densidade de drenagem, índice de circularidade, índice de forma, declividade média da bacia, coeficiente de rugosidade.

As caracterizações morfométricas foram realizadas sobre uma carta topográfica do IBGE (Folha Uberaba) na escala 1:100.000 e a imagem Landsat 7 do Sensor ETM+, obtida em 11/10/2002, bandas Tm3, Tm4 e Tm7 (SEMEA, 2004), utilizando o programa computacional Autocad 2010 para realização das medições.

Foram utilizados os índices apresentados por Rocha e Kurtz (2001), Santos e Sobreira (2008), Rodrigues et al. (2008), Florêncio e Assunção (2010), Torres et al. (2011), Vieira et al. (2012), Nardini et al. (2013). Dentre eles podem ser destacados:

A área da bacia (A) é definida como aquela que é drenada pelo conjunto do sistema fluvial e o comprimento da bacia (L) é avaliado com base no córrego principal. Através da relação entre A e L o comprimento geométrico do curso d'água pode ser calculado através da equação 3.

$$L = 1,5. A^{0,6} \quad (3)$$

Onde: L = comprimento da bacia (km); A = área da bacia (km<sup>2</sup>).

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) ou índice de Gravelius 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. O  $K_c$  foi determinado através da equação 4.

$$K_c = 0,28 (P/\sqrt{A}) \quad (4)$$

Onde:  $P$  = perímetro (m) e  $A$  = área de drenagem ( $m^2$ ).

O fator forma ( $K_f$ ) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. O  $K_f$  foi determinado através da equação 5.

$$K_f = A/L^2 \quad (5)$$

Onde:  $A$  = área de drenagem ( $m^2$ ) e  $L$  = comprimento do eixo da bacia (m).

O índice de circularidade ( $I_c$ ) e o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) tendem para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. Pode ser calculado através da equação 6.

$$I_c = 12,57 \cdot A/P^2 \quad (6)$$

Onde:  $A$  = área de drenagem ( $m^2$ ) e  $P$  = perímetro (m).

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) estima a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (CARDOSO et al., 2006). A  $D_d$  foi determinada através da equação 7.

$$D_d = L_t/A \quad (7)$$

Sendo:  $L_t$  = comprimento total de todos os canais (km) e  $A$  = área de drenagem ( $km^2$ ).

A sinuosidade do curso principal ( $S_{in}$ ), declividade média da microbacia ( $H$ ) e o coeficiente de rugosidade ( $RN$ ) foram calculados através das equações 8, 9 e 10.

$$S_{in} = L_t/D_v^2 \quad (8)$$

$$H = ((C_n \cdot h)/A) \cdot 100 \quad (9)$$

$$RN = D_d \cdot H \quad (10)$$

Onde:  $A$  = área de drenagem da bacia ( $km^2$ );  $L_t$  = comprimento total de todos os canais (km);  $D_v$  = Distância vetorial do canal principal;  $C_n$  = soma (km), dos comprimentos de todas as curvas de nível;  $h$  = equidistância (km), entre as curvas de nível;  $H$  = declividade média (%).

A ordem dos cursos d'água foi determinada segundo Strahler (1952), que considera todo curso sem tributário como sendo de primeira ordem. A junção de dois cursos d'água de mesma ordem forma outro de ordem imediatamente superior, sendo que este não se estende aos tributários menores, referindo-se apenas a segmentos do canal principal.

## Medição de vazão, coleta e análise da água

A medição de vazão ocorreu nos dias 07/09/2006 e 23/10/2006, em local previamente demarcado no córrego Cocal. Utilizou-se o método do flutuador, que é realizado a partir da escolha de um ponto no leito do córrego, onde o trecho seja reto e de seção uniforme, a seguir determinou-se a largura, a profundidade e o comprimento do local. Para medir a velocidade (V) das águas utilizou-se um flutuador, que foi lançado no leito do córrego, para definição do tempo gasto por ele para percorrer aquele segmento demarcado (MAURO, 2003). Para o cálculo da vazão foi utilizada a equação 11.

$$V = A.D.C / T \quad (11)$$

Onde: V = vazão (m<sup>3</sup>); A = área da seção transversal do córrego (m<sup>2</sup>) sendo: A = largura do córrego (m) x profundidade média do córrego (m); D = distância usada para medir a velocidade do córrego (m); C = coeficiente de correção: usar 0,8 para córregos com fundo rochoso ou 0,9 para córregos com fundo lodoso; T = tempo (s) gasto pelo objeto flutuador para atravessar a distância D.

A coleta de água para análise microbiológica foi realizada segundo os padrões estabelecidos pela portaria 2914 de 12.12.2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) que estabelece que sejam determinadas, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes e a contagem de bactérias heterotróficas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Diagnóstico Ambiental

Os valores calculados para deterioração social, econômica, tecnológica, socioeconômica e ambiental mostraram índices preocupantes para a microbacia em estudo (**Tabela 2**).

A deterioração para o fator social (FS) calculado foi 39%. A maioria dos moradores da microbacia é proveniente das cidades próximas, com grau de instrução médio-baixo, sendo que os proprietários raramente são residentes nas propriedades rurais, onde as casas são de alvenaria, com fogão a gás, energia elétrica e água extraída de poço freático. A maioria das propriedades utiliza fossa séptica distante do córrego, sendo que o lixo é queimado ou enterrado.

**Tabela 2.** Cálculo do percentual de deterioração social, econômica, socioeconômica, tecnológica e ambiental na microbacia do córrego Cocal, em Uberaba-MG.

Diagnóstico	Mínimo	Máximo	Moda (X)	Estimativa da deterioração	Deterioração (%)
Social	51	283	147	Y= 0,4310X-21,9810	39
Econômico	20	66	55	Y= 2,1739X-43,4780	76
Tecnológico	17	51	43	Y= 2,9412X-50,0004	76
Socioeconômico	88	400	245	Y= 0,3205X-28,2040	50
Ambiental	24	48	29	Y= 4,1666X-99,9984	21

A deterioração para o fator econômico (FE) calculado foi 76%, valor este considerado elevado, que revela as dificuldades financeiras enfrentadas pelo produtor rural. A exploração econômica principal na área é a bovinocultura leiteira, com baixa

produtividade, além da criação de aves e suínos para consumo próprio. Em algumas áreas ocorre o plantio de culturas anuais (milho e soja), por meio de parcerias ou arrendamento em pequenas áreas. No trabalho diário são utilizados cavalos e burros para lidar com o gado e a retirada do leite é manual, contudo as pastagens utilizadas estão degradadas.

A deterioração para o fator tecnológico (FT) calculado foi 76%. Este valor elevado está relacionado à principal atividade econômica desenvolvida na microbacia, que é a criação de gado bovino leiteiro. Estudos em outras microbacias da mesma APA apresentaram o mesmo tipo de exploração agropecuária (TORRES et al., 2007), todos com baixa produtividade, porém FE e FT inferiores.

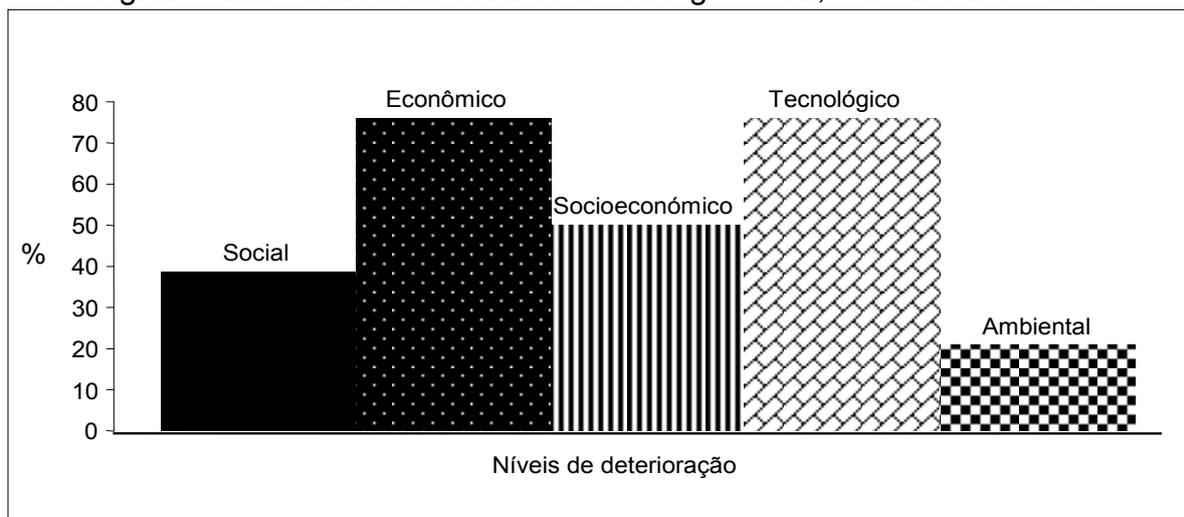
A deterioração para o fator socioeconômico (FSE) calculado (FS + FE + FT) foi de 50%, no total geral, o que revela uma significativa limitação nas condições de vida do pequeno produtor e demais elementos da população. Cunha et al. (2007) detectaram deteriorações para os fatores FE, FT e FSE 50% menores e FA semelhante, na microbacia do córrego Limo, localizada na mesma APA, mostrando que existe grande variação para estes índices.

A deterioração ambiental (FA) calculada foi de 21%, valor baixo, porém, incompatível com o observado nas visitas de campo. Foi observada a ocorrência de desmatamentos, drenagem de áreas de preservação (APP), desrespeito a distância mínima de mata ciliar recomendada (Lei nº 4771) (BRASIL, 2005), ocorrência de sulcos profundos e de voçorocas em algumas áreas, trilheiros formados para dessedentação do gado e assoreamento do leito do córrego em alguns pontos. Pereira e Lima (2006) em estudo semelhante, também detectaram uma porcentagem expressiva de solo descoberto, elevado grau de erosão, ausência de mata ciliar, assoreamento de rios, dentre outros, porém, com os valores oficiais divulgados estando abaixo do observado na área.

Em algumas propriedades arrendadas percebe-se o descaso com relação às questões ambientais, pois estes arrendatários procuram explorar a terra ao máximo e retirar dela o que for possível durante o período de arrendamento. Além disso, numa destas áreas foi construída uma suinocultura de grande porte que está iniciando seu processo de produção. Porém, observou-se que os efluentes não são tratados de forma correta, com lagoas rasas, que transbordam na época das chuvas, poluindo o córrego, causando mau cheiro e presença de moscas.

Em outras áreas ocorrem conflitos de uso da área, dentre elas, as pastagens degradadas são as mais frequentes, devido ao excesso de animais por área, falta de um manejo adequado. Comparando graficamente os resultados de deterioração obtidos, observa-se que a deterioração econômica e tecnológica se destacam negativamente, devido aos seus altos valores calculados (**Figura 3**).

**Figura 3.** Percentual de deterioração social, econômica, socioeconômica, tecnológica e ambiental na microbacia do córrego Cocal, em Uberaba – MG.



### Análise Morfométrica

A microbacia possui área total de 14,8 km<sup>2</sup> e um perímetro de 16,5 km, o comprimento de seu canal principal é de 6,2 km, sendo que o comprimento da bacia, medido em linha reta ao longo do canal principal é de 6,4 km. O desnível altimétrico da bacia é de 123 m e o comprimento total de seus segmentos de canais é de 16,48 km (**Tabela 3**). Segundo o método proposto por Strahler (1974), a drenagem da microbacia é considerada de 3<sup>a</sup> ordem, apontando que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado.

Segundo Tonello et al. (2006), microbacias com rede de drenagem com ordem inferior ou igual a quatro é comum, que este valor reflete os efeitos diretos do uso da terra, pois quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

**Tabela 3.** Análise morfométrica Córrego Cocal

Índices Morfométricos	Unidade	Córrego Cocal
Área	km <sup>2</sup>	14,77
Perímetro	km	16,53
Comprimento da rede de drenagem principal	km	6,16
Comprimento total	km	16,48
Maior largura	km	3,15
Maior comprimento	km	6,40
Largura média	km	2,32
Amplitude altimétrica	m	123,00
Coefficiente de compacidade (kc)	--	1,20
Fator forma (kf)	--	0,36
Densidade de drenagem (Dd)	km km <sup>-2</sup>	1,12
Sinuosidade do curso principal (Sin)	--	0,96
Declividade da bacia	%	2,00
Declividade média da bacia	%	10,65
Declividade do curso principal	%	2,00
Índice de circularidade (Ic)	--	0,68
Somatório dos comprimentos da curvas de nível	km	31,40
Equidistância entre curvas	m	50
Coefficiente de rugosidade	--	11,93

Com a análise dos índices morfométricos obteve-se os valores destacados na Tabela 2. Villela e Mattos (1975) destacam que o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho, pois quanto mais irregular for à bacia, maior será o  $K_c$ . Um valor igual a 1,0 corresponderia a uma bacia circular e, valores maiores que 1,0, para uma bacia alongada (LIMA; SILVA, 2008). Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu  $K_c$  for mais próximo da unidade. O  $K_c$  determinado foi de 1,2, e indica que a microbacia tem tendência a enchentes.

O fator forma ( $K_f$ ) de 0,36 indica o formato alongado da microbacia, o qual facilita o escoamento de água, pois quanto menor for  $K_f$ , mais alongada é a microbacia. Este fator associado à densidade de drenagem ( $D_d$ ) indicará a eficiência da drenagem na bacia. Com  $K_f$  de 0,36 e  $D_d$  de  $1,12 \text{ km km}^{-2}$ , pode-se afirmar que a microbacia possui tendência mediana a enchentes, confirmando dado obtido com  $K_c$ . Cardoso et al. (2006) observaram  $K_c$  de 1,58,  $K_f$  de 0,33 e  $I_c$  de 0,39 e  $D_d$  de  $2,36 \text{ km km}^{-2}$  e destacaram que a forma mais alongada da bacia indica que a precipitação pluviométrica sobre ela se concentra em diferentes pontos, o que ameniza a influência da intensidade de chuvas, diminuindo as variações da vazão do curso d'água e conseqüentemente as enchentes.

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) de  $1,12 \text{ km km}^{-2}$  é considerada baixa indicando que a água escoar de forma lenta. Segundo Villela e Mattos (1975) esse índice pode variar de  $0,5 \text{ km km}^{-2}$  em bacias com drenagem baixa a  $3,5 \text{ km km}^{-2}$  ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Em seu estudo, Vieira et al. (2012) observaram valores de  $D_d$  para os córregos Alegria ( $1,84 \text{ km km}^{-2}$ ), Inhame ( $5,73 \text{ km km}^{-2}$ ), Limo ( $2,93 \text{ km km}^{-2}$ ), Mutum ( $3,42 \text{ km km}^{-2}$ ) e Ribeirão da Vida ( $1,91 \text{ km km}^{-2}$ ) indicam o elevado grau de desenvolvimento do sistema de drenagem.

Quando a sinuosidade do curso principal ( $S_{in}$ ) é baixa, que possibilita maior velocidade na dispersão de poluentes. A declividade do curso d'água principal foi de 2%, enquanto que a declividade média da bacia foi de 10,65%, com isso ocorre um maior escoamento das águas superficial e conseqüentemente maior suscetibilidade a erosão, além de possuir maior potencial dispersor da contaminação. Segundo Torres et al. (2011), a  $S_{in}$  é um fator controlador da velocidade de escoamento e representa a relação entre o comprimento do curso principal e o comprimento de seu talvegue.

Com esta declividade (10,65%), segundo a classificação proposta pela Embrapa (1979), a microbacia tem um relevo ondulado, o qual tem influencia na relação entre a precipitação e o deflúvio da microbacia, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo.

O Coeficiente de Rugosidade ( $R_N$ ) que é a relação entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia que indica de forma adimensional o perigo de erosão na bacia e classifica a forma de uso apropriado da área.

Neste estudo o  $R_N$  calculado foi de 11,93%, que indica que a área tem solos apropriados para agricultura, semelhante aos resultados obtidos por Vieira et al. (2012), que calcularam  $R_N$  de as microbacias dos córregos Alegria (11,20%), Inhame (24,20%), Limo (16,40%), Mutum (18,80%) e Ribeirão da Vida (8,99%), que indicaram que as microbacias do córrego Alegria e Ribeirão da Vida podem ser classificadas como classe A, que tem solos apropriados para agricultura, enquanto que Limo e Mutum na classe B que tem solos apropriados para pecuária, e Inhame na classe D que tem solos apropriados para floresta, conforme proposto por Rocha e Kurts (2001).

## Qualidade da Água

O consumo de água potável, livre de microorganismos patogênicos, de substâncias e elementos químicos, constitui-se em ação eficaz de prevenção das doenças causadas pela água. Esta, para ser considerada potável não deve conter microorganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. A Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que a contagem padrão de bactérias heterotróficas não exceda a 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 ml de amostra (500/UFC/ml) e que os coliformes totais e termotolerantes sejam ausentes em 100 ml, para consumo humano.

Na amostragem e análise da água realizada no dia 07/09/2006, constatou-se que na nascente e na foz a qualidade da água está em desacordo com os padrões legais vigentes, ou seja, ocorre à presença de coliformes totais e termotolerantes e a contagem padrão de bactérias heterotróficas na nascente resultou em 1790 UFC/ml e na foz 20500 UFC/ml. Na segunda amostragem em 23/10/2006, também se constatou a mesma contaminação da água, na nascente e foz córrego na faixa de 10000 UFC/ml. Estes resultados confirmam a contaminação do córrego com coliformes totais e termotolerantes acima do permitido por lei, caracterizando sua água como imprópria para consumo humano. Lima e Silva (2008) destaca que a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características biológicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema.

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS; MEYBECK, 2000). Diante disso, pode-se destacar que a contaminação observada pode estar sendo causada pelo funcionamento de uma suinocultura, presença de gado próximo ao leito do córrego ou até pelas fossas sépticas das casas existentes na área. Entretanto, alguns moradores da região destacam que é comum ocorrer transbordamento da lagoa de rejeitos suínos quando ocorre precipitações mais elevadas, o que pode ser um dos fatores da contaminação, pois a mesma está a menos de 50 metros do leito do córrego, além disso, esta parte da microbacia não possui mata ciliar de 30 m conforme estabelece o Código Florestal. Outros pontos de contaminação foram observados na área, dentre eles, o acesso do gado no leito do córrego, algumas fossas construídas de forma inadequada, não respeitando o declive do terreno e a distância necessária dos cursos d'água.

As águas do córrego Cocal irão se juntar a dos outros córregos da bacia, que serão mantenedores do rio Uberaba, que é a principal fonte de abastecimento de água do município. Silva e Araújo (2003) destacam que a potabilidade da água dentro dos padrões exigidos é uma das ações de saúde pública de maior impacto na prevenção de doenças e dos índices de mortalidade. Por isso mesmo, medidas mitigadoras têm que ser implantadas, principalmente no que se refere ao tratamento de efluentes desta suinocultura.

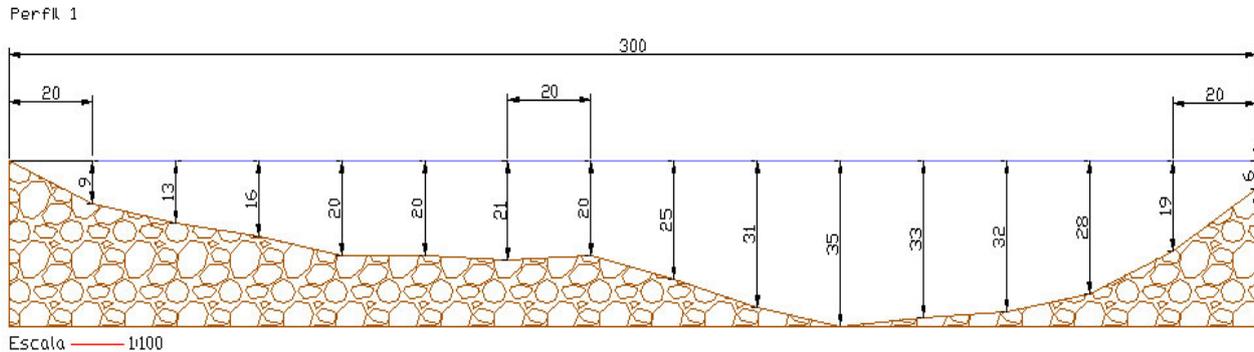
## Vazão do córrego

A observação da vazão do córrego é fundamental para avaliar a quantidade de água disponível num determinado ponto ou trecho de um rio, e também influencia na qualidade da água. Normalmente, esta qualidade tende a piorar com a diminuição da vazão e do efeito de diluição, pois concentram os poluentes (SILVA; SACOMANI, 2000).

Na primeira avaliação ocorrida no dia 07/09/2006, observou-se uma vazão de  $0,135 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , numa área da seção transversal de  $0,615 \text{ m}^2$  (**Figura 3**).

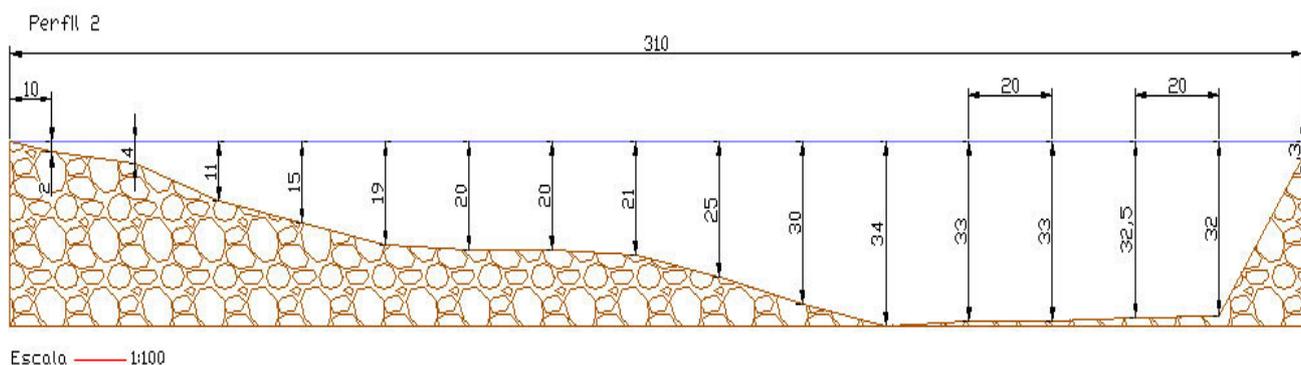
Na segunda avaliação, em 23/10/2006, observou-se uma vazão de  $0,236 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , numa área de área da seção transversal de  $0,648 \text{ m}^2$  (**Figura 4**).

**Figura 3.** Secção transversal do córrego Cocal no ponto de medição de vazão no dia 07/09/2006.



Comparando as Figuras 3 e 4, é possível verificar que houve mudança no perfil do córrego pelo carreamento de partículas nos 45 dias de intervalo entre as medições. Este fato ocorreu devido ao maior volume de água observado, pois ocorreram chuvas intensas na região (Tabela 1). Levando em consideração que o aumento da vazão ajuda na elevação da velocidade de dissipação de poluentes e contaminantes no córrego, além do carreamento de partículas. Isto não aconteceu no córrego Cocal, pois no intervalo entre as medições de vazão, houve aumento na precipitação, o que gerou um acréscimo de  $0,101 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  na vazão e aumento da seção transversal ( $0,033 \text{ m}^2$ ). Apesar disto, a água continuou contaminada com valores ainda mais elevada na nascente, significando que a diluição ocorrida foi insuficiente para diminuir a contaminação. Porém, na foz observou-se efeito contrário, pois diminuiu os valores da contagem padrão, mas ainda assim a água estava contaminada e imprópria para o consumo humano.

**Figura 4.** Secção transversal do córrego Cocal no ponto de medição de vazão no dia 23/10/2006.



## CONCLUSÕES

A microbacia do córrego Cocal possui índices elevados de deterioração social, econômica, tecnológica e socioeconômica acima de 39%, enquanto que a ambiental (21%) é baixa para a região.

A microbacia possui área total de  $14,8 \text{ km}^2$ , perímetro de  $16,5 \text{ km}$ , o comprimento do canal principal de  $6,2 \text{ km}$ , desnível altimétrico de  $123 \text{ m}$ , rede de drenagem de 3ª ordem, coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) de  $1,2$ , fator forma ( $K_f$ ) de  $0,36$  e densidade de

drenagem (Dd) de 1,12 km km<sup>-2</sup>, que indicam que a microbacia é pequena e possui tendência mediana a enchentes.

O coeficiente de rugosidade (RN) de 11,93% indica que a microbacia tem aptidão para agricultura.

Nas duas avaliações de vazão do córrego Cocal o volume de água da microbacia eram baixos (0,135 e 0,236 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) e água encontrava-se contaminada com bactérias heterotróficas, coliformes totais e termotolerantes acima dos valores permitidos por lei.

## REFERÊNCIAS

ABDALA, V.L., **Zoneamento Ambiental da Bacia do Alto Curso do Rio Uberaba-MG como Subsídio para a Gestão do Recurso Hídrico Superficial**. 2005, 73 p.

(Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia- UFU.

ABDALA, V.L. *et al.* Uso do solo e cobertura vegetal na bacia do alto curso do rio Uberaba, Triângulo Mineiro, sudeste do Brasil. **Caminhos da Geografia**, v.12, p.258-267, 2011.

ALCANTARA, E. H.; AMORIM, A. J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. Uberlândia-MG, **Caminhos da Geografia**, v.7, n.14, p.70 – 77, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004 , Brasília: Funasa, 2004.

BRASIL. Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal, Brasília, 2005.

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011 , Brasília: Funasa, 2011.

CUNHA, M. R. *et al.* Análise morfométrica e diagnóstico ambiental da microbacia do córrego Limo em Uberaba – MG. **Sociedade & Natureza**, n. 26, pg. 31 -36, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de **Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula 10, Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1), 83p., 1979.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – **Levantamento de reconhecimento de meia intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, 1982. 562p.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do rio Uberabinha – MG. **Sociedade & Natureza**, v.19, p.65-80, 2007.

FLORENCIO, B. A. B.; ASSUNÇÃO, W. L. Análise do uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão Borá-MG. **Caminhos de Geografia**, v.11, p.81–99, 2010.

FRANCO, E.S. *et al.* Diagnóstico socioeconômico e ambiental de uma microbacia no município de Boqueirão – PB. **Revista Engenharia ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v.2, n.1, p.100114, 2005.

- LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. **Recursos hídricos do Bioma Cerrado: importância e situação.** In: SANO, S.M. (Org.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008, p. 89-106.
- MAURO, F. **Vazão e qualidade da água em manancial degradado do cinturão verde de Ilha Solteira.** 2003, 75 P. (Dissertação de Mestrado), São Paulo, UNESP-Ilha Solteira-SP 2003.
- MELO, J. A .B. *et al.* Análise morfométrica da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico-conservacionista. **Revista de Geografia**, volume especial VIII SINAGEO, n. 3, p. 331-346, 2010.
- NARDINI, R. C. *et al.* Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.
- PEREIRA, T.; S. C., LIMA, Plano conservacionista para a bacia do córrego dos Bambus em Grupiara-MG. **Caminhos da Geografia** v.15, n.17, p.167-175, 2006.
- PETERS, N.E.; M., MEYBECK, Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, v.25, n.2, p.214-21, 2000.
- PISSARRA, T. C. T. *et al.* Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.297-305, 2004.
- PISSARRA, T. C. T. *et al.* Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego Rico, região nordeste do Estado de São Paulo. **Revista Científica**, v.34, n.2, p.170-177, 2006.
- ROCHA, J. S. M.; S. M. J. M., KURTS, **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 4ª ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.
- ROCHA, J. S. M.; S. M. J. M., KURTS, **Curso de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas: aplicações técnicas avançadas em diagnósticos físicos conservacionista, sócio-econômico, ambiental.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2003.
- RODRIGUES, F. M. *et al.* Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da fazenda da Glória, município de Taguaritinga-SP. **Irriga**, v.13, n.3, p.310-322, 2008.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Baçõ e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Revista Escola de Minas**, v.61, n.1, p.77-85, 2008
- SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMEA). **Diagnóstico Ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Uberaba**, 2004, 127 p.
- SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu – SP – Brazil). **Water research**, v. 35, n. 6, p. 1609 – 16, 2000.
- SILVA, R. C. A. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência saúde coletiva**, v. 8, n. 4, 2003.
- STRAHLER, A .N. **Hypsometric analysis of erosional topography.** Geological Society. America Bulletin, v.63, n.11, p.1117 -1142, 1952.

TONELLO, K. C. *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões-MG. **Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TORRES, J. L. R. *et al.* Diagnósticos socioeconômico, ambiental e avaliação das características morfométricas da microbacia do córrego Alegria, em Uberaba-MG. Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, v.2, p. 89-102, 2007.

TORRES, J. L. R. *et al.* A deterioração da ambiência numa microbacia da área de Proteção ambiental do rio Uberaba. **Revista Global Science and Technology**, v.2, p.7-21, 2009.

TORRES, J. L. R. *et al.* Avaliação das características morfológicas e hidrológicas da microbacia do córrego Buracão, afluente do rio Uberaba. **Revista Caminhos da Geografia**, v.11, p.157-167, 2010.

TORRES, J. L. R. *et al.* Análise das características quantitativas e qualitativas da microbacia do Córrego Barreiro, afluente do rio Uberaba. **Árvore**, n.4, v.35, p.931-939, 2011.

TORRES, J. L. R.; VIEIRA, D.M.S. Análise socioeconômica, ambiental e morfológica da microbacia do córrego dos Pintos, afluente do rio Uberaba. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.243-258, 2013.

VALLE JUNIOR, R.F.; PASSOS, A.O.; ABDALA, V.L.; RAMOS, T.G. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Revista Global Science and Technology**, v.3, n.1, p.19-29, 2010.

VALLE JÚNIOR, R.F.; GUIDOLINI, J.F.; SIQUEIRA, H.E.; ABDALA, V.L.; MACHADO, M.F. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do córrego Lageado-Uberaba-MG. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15; p.662-271, 2012.

VIEIRA, D. M. S. *et al.* Avaliação quantitativa das características geomorfológicas das microbacias hidrográficas que compõem a área de proteção ambiental do rio Uberaba. **Irriga**, v.17, n.3, p.313-326, 2012.

VILLELA, S. M.; A., MATTOS, **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ZANATA, M. *et al.* Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1062-1067, 2011.

Recebido em: 31/07/2018.

Aprovado em: 26/09/2018.