

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO UBERABA E DETERMINAÇÃO DO USO POTENCIAL DO SOLO, UBERABA-MG

Renato Farias do Valle Junior
Doutor em Agronomia - IFTM/Uberaba
renato@iftm.edu.br

João Antônio Galbiatti
Doutor em Agronomia - UNESP/Jaboticabal
galbi@fcav.unesp.br

Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Doutora em Agronomia - UNESP/Jaboticabal
teresap@fcav.unesp.br

Marcílio Vieira Martins Filho
Doutor em Agronomia - UNESP/Jaboticabal
mfilho@fcav.unesp.br

RESUMO

A crescente expansão das atividades agropecuárias, sem considerar as potencialidades e limitações quando ao uso das terras, constitui fonte potencial de degradação do meio ambiente. Este trabalho objetivou avaliar padrões morfométricos de microbacias hidrográficas de 1ª a 6ª ordem de magnitude, como indicadores na diferenciação das principais classes de solos para a bacia hidrográfica do rio Uberaba e região, detectando-se o uso potencial do solo, segundo a metodologia do coeficiente de rugosidade (RN). Utilizou-se de técnicas de geoprocessamento, sendo a integração de informações realizada no Sistema de Informações Geográficas IDRISI, aliada ao uso cartas digitais e analógicas do IBGE, escala 1:100.000 e de imagens de satélite do "CBERS 2", onde foram traçadas as redes de drenagem e delimitadas respectivamente as microbacias. Na avaliação da classificação do uso potencial do solo, constatou-se que 47,12% das microbacias apresentam-se apropriadas para a prática agrícola, enquanto 36,37% para pecuária, 11,86% indicado para pecuária/reflorestamento e 1,40% para reflorestamento. Os parâmetros morfométricos, índice de circularidade (IC) e coeficiente de compacidade (kc), declividade média, coeficiente RN e densidade de drenagem (Dd), mostraram-se relevantes como indicadores na diferenciação de classes entre Argissolos e Latossolos.

Palavras-chave: Uso do solo. Padrões morfométricos. Drenagem.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF UBERABA RIVER WATERSHED AND IDENTIFICATION OF POTENTIAL SOIL USE

ABSTRACT

The growing expansion of agricultural activities, without considering the land use potentialities and limitations constitutes source of environmental degradation. This work had for objective evaluates watersheds morphometric patterns of 1st to 5th order of magnitude as indicator to distinguish the major classes of soil at Uberaba river watershed and detecting potential use of soil, according to roughness coefficient methodology (RN). GIS techniques were used, and the integration of information held in the Geographic Information System

Recebido em 10/07/2012
Aprovado para publicação em 14/11/2012

IDRISI, allied to the use digital and analogical letters from IBGE, scales 1:100.000 and "CBERS 2" satellite images, where the drainage network had been traced and river watershed delimited respectively. In the evaluation of the classification of the potential use of the ground, one evidenced that 47,12% of the pertaining microbasins to the basin of the river Uberaba are presented appropriate for practice agriculturist, while 36,37% for cattle, cattle 11,86% for/reforestation and 1,40% for reforestation. Morphometric parameters, circularity index (IC) and coefficient of compactness (kc), average declivity, roughness coefficient (RN) and drainage density (Dd), proved to be relevant as indicators between Ultisols and Oxisols classes.

Keywords: Potential use. Coefficient RN. Environmental impact.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica se constitui em uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente. Definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, a bacia hidrográfica é composta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001). A quantidade de água que atinge os cursos d'água depende do tamanho da mesma, da precipitação total e de seu regime e das perdas devido à evaporação, à transpiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980). Assim sendo, o conceito de bacia hidrográfica está associado a uma compartimentação geográfica delimitada por divisores de água, que encaminha o escoamento superficial resultante para um sistema fluvial (curso d'água). O divisor segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída, unindo os pontos de máxima cota entre bacias (VILELA; MATOS, 1975).

A análise morfométrica, que compreende o levantamento de índices numéricos que classificam as redes de drenagem, pode contribuir para estudos de erosão, tendo em vista que a respectiva análise possibilita avaliar o grau de energia e a susceptibilidade de ocorrência dos processos erosivos. Deste modo, as características morfométricas do padrão de drenagem refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre, determinando diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por HORTON (1945), STRAHLER (1957) e FRANÇA (1968).

As características do padrão de drenagem repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada unidade do solo. Em locais onde a infiltração é mais dificultada, ocorre maior escoamento superficial, sendo possível maior esculturação da rede hidrográfica, tendo como consequência uma densidade de drenagem mais alta (PISSARRA et al., 2004). A forma da rede de drenagem é um produto da complexa relação entre causa e efeito, considerando-se a causa como a erosão e o efeito a drenagem, refletindo influências de inúmeras variáveis, tais como o clima e a constituição física e química do solo (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1969).

Na caracterização de uma bacia hidrográfica que vise identificar os fatores que influenciam as formas de relevo é necessário o emprego de metodologias quantitativas de análise (ALVES & CASTRO, 2003). Assim sendo, emprega-se a morfometria como análise quantitativa mediante o uso dos parâmetros calculados, tais como: coeficiente de compactidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, declividades, comprimento de cursos d'água, coeficiente de rugosidade, dentre outros (ALVES; CASTRO, 2003; POLITANO; PISSARRA, 2003; PISSARRA et al., 2004).

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo coeficiente de rugosidade (RN), obtido do produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia (PISSARRA et al., 2004; ROCHA, 1977; GIOTTO et al., 1992; MELLO FILHO; ROCHA, 1992).

O conhecimento do uso da terra é cada vez mais importante para uma nação solucionar os problemas decorrentes do hábito do desenvolvimento ao acaso, de maneira incontrolada, provocando assim a deterioração ambiental, destruição dos solos e de terras agricultáveis e a perda do habitat da fauna silvestre (ROCHA, 1997 citado por SANTOS, 2004). Ainda o mesmo autor, relata que o levantamento do uso do solo é uma etapa indispensável para o planejamento físico rural de uma região, pois é um dos melhores indicativos das propriedades do solo.

O objetivo deste trabalho foi determinar e avaliar padrões morfológicos de microbacias hidrográficas de 1ª a 6ª ordem de magnitude, como indicadores na diferenciação das classes de solos (Latosolos e Argissolos) para a bacia hidrográfica do rio Uberaba e região, detectando-se o uso potencial do solo, segundo a metodologia do coeficiente de rugosidade (RN).

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do rio Uberaba, possuindo uma área aproximada de 2419 Km², está situada entre os paralelos 19° 30' 37" e 20° 07' 40" de latitude sul e os meridianos de 47° 39' 02" e 48° 34' 34" a oeste de Greenwich. Abrange grande parte dos municípios de Uberaba, Veríssimo e Conceição das Alagoas, Campo Florido e parte de Planura, destacando-se por sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas.

Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, com clima frio e seco e o de verão quente e chuvoso, apresentando a classificação internacional de Köppen do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido com 4 a 5 meses secos (VALLE JUNIOR, 2008). Quanto ao regime pluviométrico a região caracteriza-se por um regime chuvoso de outubro a abril, sendo a estação seca de maio a setembro e os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos (VALLE JUNIOR, 2008).

Geologicamente a bacia do rio Uberaba está inserida na unidade do planalto do Brasil Central, em bacia sedimentar geotectônica denominada Bacia Sedimentar do Paraná. A área de estudo situa-se na porção norte/nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando estratigraficamente rochas do Grupo São Bento (basaltos da Formação Serra Geral) sobreposto pelos arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (arenitos de Formação Uberaba e Formação Marília), com boa parte da área coberta com sedimentos cenozóicos (sedimentos aluviais recentes) (VALLE JUNIOR, 2008).

Segundo NISHIYAMA (1998), o município de Uberaba faz parte da unidade de relevo do Planalto Arenítico Basáltico da Bacia do Paraná. Os solos são muito variados, a maioria apresentando textura média, sendo classificados de uma forma geral como Latossolos de diferentes graus de fertilidade, predominando Latossolo Vermelho distrófico textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho amarelo, apresentado na Tabela 1 e Figura 1.

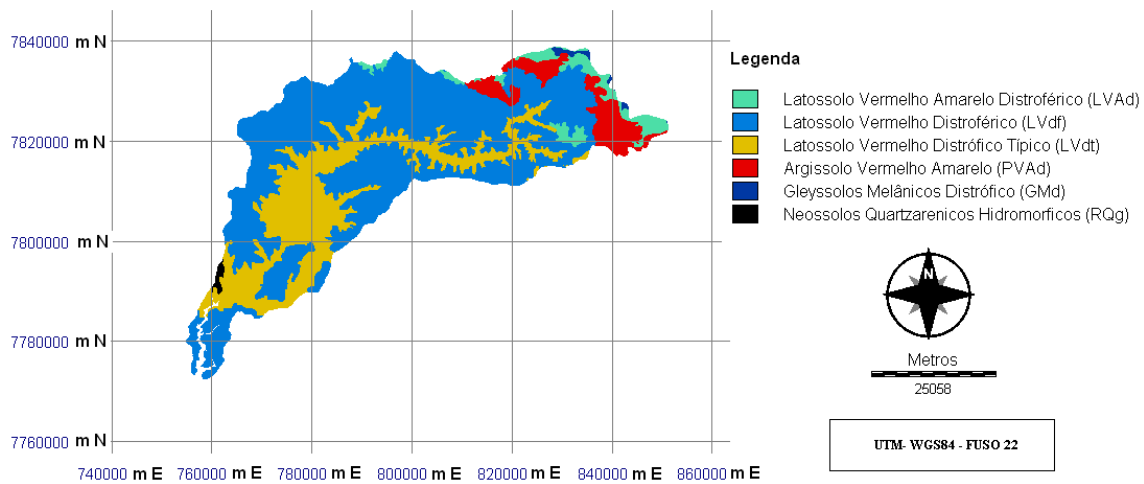
Tabela 1: Classe de solos e a respectiva área ocupada na bacia do rio Uberaba

Descrição/Classificação anterior EMBRAPA (1988)	Descrição/Classificação EMBRAPA (1999)	Área (km ²)
Latosolo vermelho-amarelo álico ou distrófico	Latosolo vermelho amarelo distrófico (LVAd)	
	Área total parcial (km)	104,02
	Porcentagem total da bacia (%)	4,30
Latosolo vermelho-escuro álico e distrófico.	Latosolo vermelho distrófico (LVdf)	
	Área total parcial (km)	1521,86
	Porcentagem total da bacia (%)	62,91
Latosolo roxo distrófico e álico	Latosolo vermelho distrófico típico (LVdt)	
	Área total parcial (km)	600,94
	Porcentagem total da bacia (%)	24,84
Podzóico vermelho-amarelo eutrófico e distrófico	Argissolo vermelho amarelo (PVAd)	
	Área total parcial (km)	174,01
	Porcentagem total da bacia (%)	7,19

Descrição/Classificação anterior EMBRAPA (1988)	Descrição/Classificação EMBRAPA (1999)	Área (km ²)
Glei húmico álico	Gleissolos melânicos distrófico (GMd)	9,95
	Área total parcial (km)	0,41
Areia quartzosas álicas e distróficas	Neossolos quartzarenicos hidromórficos (RQg)	8,22
	Área total parcial (km)	0,34
	Percentagem total da bacia (%)	

Fonte: VALLE JUNIOR, 2008.

Figura 1: Mapa de Solos da bacia do rio Uberaba, modificado de CRUZ (2003).



Para auxílio na confecção do banco de dados da rede de drenagem da bacia, foi adquirida a imagem orbital pelo sensor CCD de alta resolução espacial, instalado a bordo do satélite CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala de resolução de até 1:25.000, de 14 de agosto de 2006 e 18 de março de 2007. A resolução geométrica é da ordem de 20 m, sendo que cada pixel representa uma área de 400 m².

Para confecção das redes de drenagem e altimetria da bacia, utilizou-se das cartas topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1972, em escala 1:100.000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 50 m.

Todos os mapas têm como sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); fuso 22; datum planimétrico WGS84 (World Geodetic System 1984), equivalente ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

As ferramentas empregadas para a confecção deste trabalho foram:

- a) microcomputador
- b) Softwares IDRISI, AUTOCAD e ENVI.

O modelo digital do terreno (MDT) foi adquirido de Miranda (2005), obtidos pela nave espacial americana durante a missão conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). De posse do MDT procedeu-se na criação do mapa de declividade, acessando-se o menu "GIS

ANALYSIS” e módulo “CONTEXT OPERATORS – SURFACE” do “IDRISI, gerando-se o mapa do declive com os intervalos adaptados de EMBRAPA (1999), descrito na Tabela 2.

A partir da montagem de mosaico de imagens orbitais elaborada a partir do CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala resolução de até 1:25.000, de 14 de agosto de 2006, utilizando-se da composição de bandas (2,3,4) e (3,4,1) realizada no IDRISI, onde elaborou-se um arquivo vetorial de digitalização das redes de drenagem da bacia do rio Uberaba.

Tabela 2: Intervalos de classe de declividade e seus relevos correspondentes.

Declividade (%)	Discriminação
0 a 3	Relevo plano
3 a 8	Relevo suavemente ondulado
8 a 20	Relevo ondulado
20 a 45	Relevo forte ondulado
45 a 75	Relevo montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1999).

A área da bacia foi delimitada, utilizando-se a sobreposição dos mapas “curvas de nível” e “redes de drenagem”, no software IDRISI, onde procedeu-se a delimitação das áreas mediante uso do menu “DIGITIZE”. Criou-se então um novo arquivo vetorial, intitulado divisão das microbacias, gerando-se cento e noventa e sete microbacias (Figura 4), onde o respectivo cálculo da área e perímetro foram realizadas com a utilização do menu “GIS ANALISYS” –“DATABASE QUERY” – “ÁREA” e “PERÍM”.

A caracterização das microbacias hidrográficas foi efetuada mediante o emprego da análise morfométrica em cada microbacia, determinadas conforme a seguinte metodologia.

Área (A): compreende a superfície total da bacia (HORTON, 1945); (CHRISTOFOLETTI, 1980), em quilômetro quadrado (km²);

Perímetro (P): corresponde a medida do comprimento da linha do divisor de águas da bacia, que delimita a área da mesma (SMITH, 1950), em quilômetro (km);

Maior comprimento (C): Linha reta que une a foz até o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, seguindo a direção aproximada do vale principal (SCHUM, 1956), em quilômetro (km);

Maior Largura (L): Foi medida transversalmente ao maior comprimento, no mapa divisório das microbacias, em quilômetro (km);

Índice de Circularidade (IC): Apresentado por MILLER (1953) e citado por ROCHA & KURTZ, (2001), é uma variável morfométrica onde quanto maior for o valor de (IC), mais próxima estará da forma circular, sendo maior o perigo de enchente.

Índice de sinuosidade do curso d água (Si) - É a relação do comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do fundo do seu leito, donde descreve o grau de tortuosidade dos cursos d água, sendo um fator controlador da velocidade de escoamento das águas (VILELA & MATTOS, 1975).

Coefficiente de Compacidade (KC): Relaciona o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da bacia de drenagem.

Fator de Forma (Kf): É a relação entre a largura média e o comprimento do eixo (ou axial) da bacia. É medido da foz ao ponto mais distante da bacia. Obtém-se a largura média dividindo-se a área pelo comprimento do eixo.

Comprimento total da rede de drenagem (Cr): Corresponde ao comprimento total do segmento de rio que forma a rede de drenagem da bacia (HORTON, 1945), em quilômetro (km).

Ordem de ramificação ou magnitude (OR): os canais de drenagem foram classificados de acordo com o sistema de HORTON (1945), modificado por STRAHLER (1957).

Comprimento total dos canais por ordem (Ctw): representa o comprimento total dos segmentos de rios em cada ordem, sendo identificados por Ctw (Ctw1, Ctw2) (FRANÇA, 1968).

Densidade de drenagem (Dd): Relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A), expressa em quilômetro/quilômetro quadrado (km.km^{-2}): $Dd = Cr.A^{-1}$, (HORTON, 1945);

Comprimento de rampa médio do escoamento superficial (Crm): Definido como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d água de uma bacia (VILLELA & MATTOS, 1975).

Coefficiente de Rugosidade (RN): Parâmetro que direciona o uso potencial da terra com relação às suas características para agricultura, pastagem e/ou florestamento. ROCHA & HURTZ (2001), cita quatro classes para o RN, descritas abaixo:

A – Solos com aptidão para agricultura (menor valor de RN);

B – Solos com aptidão para pastagem;

C – Solos com aptidão para pastagem/florestamento;

D – Solos com aptidão para florestamento (maior valor de RN).

Para se caracterizar o “Uso Potencial das Terras”, nas quatro classes classificadas por Sisco Smith, citado por ROCHA & HURTZ (2001), são calculados a “Amplitude” – A e o Intervalo – I, dos coeficientes de rugosidades, sendo:

$A = (\text{maior valor de RN} - \text{menor valor de RN});$

$I = A/4,$

O denominador 4 representa o número de classes de aptidão (A, B, C, D). Para definição dos intervalos de domínios (largura dos intervalos das classes de RN's), inicia-se com a classe inferior, a fim de incluir o menor valor de RN, após isso, acrescenta-se o valor do intervalo de classe, definindo-se deste modo o limite superior do intervalo.

A partir da determinação do uso potencial da terra, elaborado a partir do coeficiente de rugosidade (Ruggdeness Number – RN), procedeu-se elaboração de mapa de classificação nas 197 microbacias estudadas, utilizando-se o software IDRISI.

As diversas variáveis morfométricas foram avaliadas por meio da análise de variância, utilizando-se o programa MINITAB, com o propósito de permitir uma melhor análise dos aspectos da variabilidade das características de cada microbacia hidrográfica em função das três unidades de solos estudadas, buscando-se gerar padrões morfométricos regionais que favoreçam a classificação e identificação dos principais solos da região. Na seqüência, após análise de variância, para as variáveis significativas ao teste de F, procedeu-se o teste de medias segundo Tukey 5%.

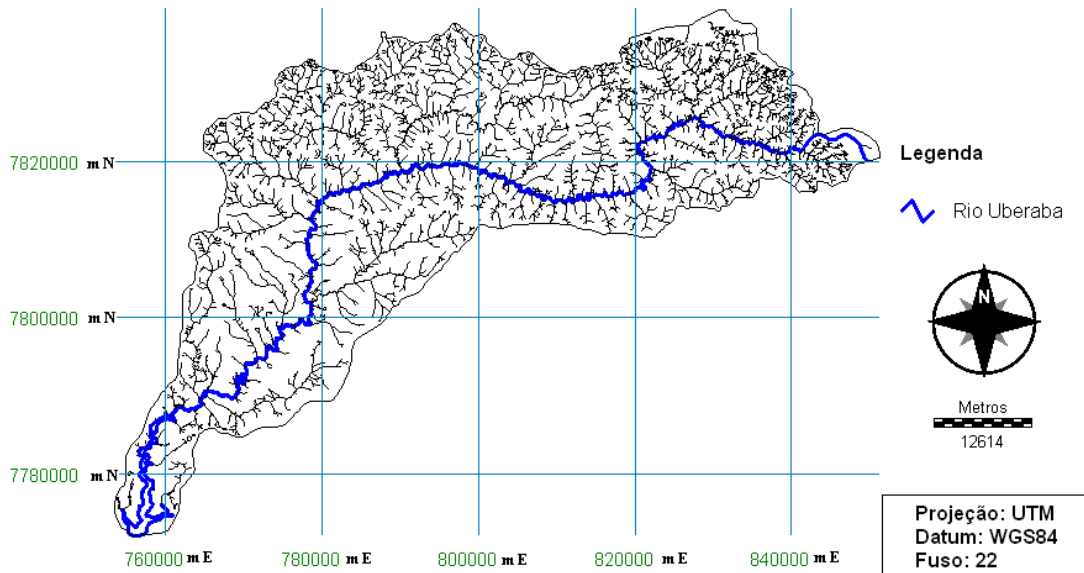
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bacias hidrográficas são consideradas unidades geomorfológicas da superfície terrestre perfeitamente individualizada, sendo facilmente delimitadas pelos seus divisores de águas. Desta forma, foram identificadas, utilizando-se a sobreposição dos LAYERS “curvas de nível” e “redes de drenagem”, utilizando-se o software IDRISI, todas as microbacias hidrográficas de 1ª a 6ª ordens, segundo STRAHLER (1957), em função do traçado da rede de drenagem, da identificação dos respectivos divisores topográficos e do grau de hierarquia dos segmentos de rios.

Para análise dos dados foram selecionadas 69 microbacias de 1ª ordem, 72 de 2ª ordem, 42 de 3ª ordem, 8 de 4ª ordem e 5 de 5ª ordem e 1 de 6ª ordem, totalizando 197 microbacias. Estas

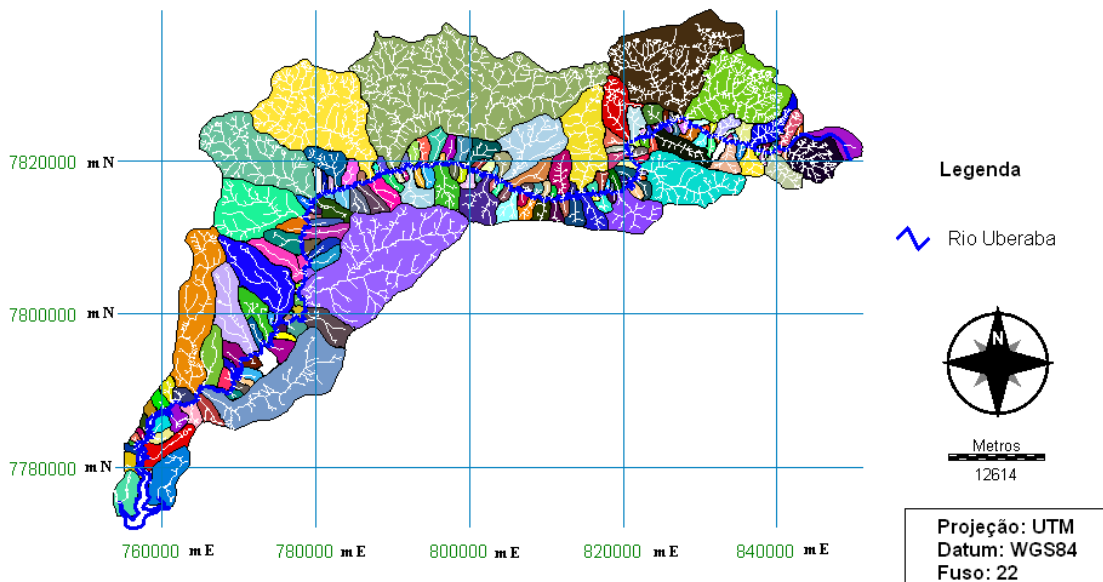
microbacias foram selecionadas em função dos principais cursos d'água da bacia do rio Uberaba (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Redes de drenagem da bacia do rio Uberaba.



Fonte: VALLE JUNIOR (2008).

Figura 3: Microbacias referentes aos principais cursos d'água da bacia do rio Uberaba.



Fonte: VALLE JUNIOR (2008).

Foram analisadas as características quantitativas de bacias de 1ª a 4ª ordem de magnitude, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Uberaba, seguindo metodologia de STRAHLER (1957). A rede de drenagem foi correlacionada com as unidades de solos: Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf), Latossolo Vermelho Distrópico (LVdt) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd). Os elementos dimensionais foram analisados para diferentes unidades de solos, para bacias de 1ª a 4ª ordem de magnitude.

O coeficiente de compacidade (kc) do Argissolo (PVAd) apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,07$), quanto comparado aos Latossolos (LVdf e LVdt), para microbacias de 1ª ordem, revelando que os Latossolos apresentaram menor susceptibilidade à enchentes (Tabela 3). Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade (IC), apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,03$), entre os respectivos solos, sendo que quando o (IC) tende para a unidade à bacia se aproxima da forma circular (alta propensão a enchentes) mostrando que o Argissolo apresenta maior susceptibilidade a enchentes para bacias de primeira ordem de magnitude. Seguindo classificação de SILVA & MELO (2006), para o parâmetro Kc, pode-se identificar as áreas potenciais a enchentes e deflúvio na bacia do rio Uberaba, sendo que 12,39% da bacia (299,8 Km²) apresenta tendência mediana a grandes enchentes enquanto 87,61% não possui (2119,19 km²).

A área da microbacia é uma característica determinante para o total do escoamento superficial das chuvas. Para bacias de 1ª a 3ª ordem, não se observou diferença estatística entre os solos estudados (Tabelas 3,4 e 5). Contudo, para bacias de 4ª ordem de magnitude, o LVdt apresentou maior valor médio de área 144,65 km² quando comparado ao LVdf 55,08 km², mostrando que o LVdt apresenta maior escoamento total para bacias de 4ª ordem (Tabela 6), satisfazendo os princípios de STRAHLER (1957).

Tabela 3. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em função das unidades de solos avaliados.

Característica	Valor	Solo		
		LVdf	LVdt	PVAd
Área (A) (km ²)	Media	2,333	2,460	0,741 (ns)
	Desvio padrão	3,169	2,033	0,382
	CV (%)	135,8	82,6	51,5
Perímetro (P) (km)	Media	7,536 a	8,055 a	4,344 b
	Desvio padrão	4,318	3,491	1,413
	CV (%)	57,3	43,3	32,5
Maior Comprimento (MC)	Media	1,896	1,987	1,135 (ns)
	Desvio padrão	1,273	0,986	0,569
	CV (%)	67,1	49,6	50,1
Maior largura (ML)	Media	1,165	1,285	0,883 (ns)
	Desvio padrão	0,708	0,498	0,191
	CV (%)	60,7	38,7	21,6
Índice de Circularid..(IC)	Media	0,395 b	0,425 ab	0,481 a
	Desvio padrão	0,0780	0,073	0,071
	CV (%)	19,7	17,2	14,8
Kc	Media	1,6062 a	1,5412 ab	1,4416 b
	Desvio padrão	0,1902	0,1591	0,1177
	CV (%)	11,8	10,3	8,2

Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo; (ns) não significativo ao teste de F.

Tabela 4: Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude em função das unidades de solos avaliados.

Característica	Valor	Solo		
		LVdf	LVdt	PVAd
Área (A) (km ²)	Media	3,143	3,692	0,830 (ns)
	Desvio padrão	2,264	3,986	0,358
	CV (%)	72,0	107,9	43,1
Perímetro (P) (km)	Media	9,389 a	10,185 a	4,790 b
	Desvio padrão	3,962	5,328	1,407
	CV (%)	42,2	52,3	29,4
Maior Comprimento (MC)	Media	2,408 a	2,816 a	1,239 b
	Desvio padrão	1,063	1,741	0,555
	CV (%)	44,1	61,8	44,8
Maior largura (ML)	Media	1,4627	1,3809	0,9610 (ns)
	Desvio padrão	0,6589	0,5121	0,1371
	CV (%)	45,0	37,1	14,3
Índice de Circularidade (IC)	Media	0,40305	0,39497	0,45820 (ns)
	Desvio padrão	0,06688	0,07034	0,08759
	CV (%)	16,6	17,8	19,1
Índice de sinuosidade	Media	1,1193	1,1412	1,1391 (ns)
	Desvio padrão	0,1004	0,1956	0,0692
	CV (%)	8,9	17,1	6,1
Kc	Media	1,5803	1,5985	1,4825 (ns)
	Desvio padrão	0,1377	0,1478	0,1481
	CV (%)	8,7	9,2	9,9
Kf	Media	0,5422	0,4965	0,6341 (ns)
	Desvio padrão	0,2812	0,2500	0,3101
	CV (%)	51,9	50,4	48,9

Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo; (ns) não significativo ao teste de F.

Tabela 5: Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 3ª ordem de magnitude em função das unidades de solos avaliados.

Característica	Valor	Solo		
		LVdf	LVdt	PVAd
Área (A) (km ²)	Media	12,87	11,25	12,59 (ns)
	Desvio padrão	9,44	12,15	4,15
	CV (%)	73,3	108,0	32,9
Perímetro (P) (km)	Media	19,776	17,701	22,141 (ns)
	Desvio padrão	8,456	9,301	5,512
	CV (%)	42,5	52,5	24,9
Maior Comprimento (MC)	Media	5,257	4,841	6,523 (ns)
	Desvio padrão	2,702	3,016	1,627
	CV (%)	51,4	62,3	24,9
Maior largura (ML)	Media	3,035	2,526	2,795 (ns)
	Desvio padrão	1,431	0,965	0,914
	CV (%)	47,1	38,2	32,7

Característica	Valor	Solo		
		LVdf	LVdt	PVAd
Índice de Circularidade (IC)	Media	0,3753	0,4078	0,3293 (ns)
	Desvio padrão	0,0567	0,0779	0,08547
	CV (%)	15,1	19,1	25,9
Índice de sinuosidade	Media	1,1904	1,1442	1,1000 (ns)
	Desvio padrão	0,2484	0,1136	0,0210
	CV (%)	20,9	9,9	1,9
Kc	Media	1,6352	1,5756	1,7601 (ns)
	Desvio padrão	0,1368	0,1586	0,2329
	CV (%)	69,5	10,1	13,2
Kf	Media	0,5163	0,5102	0,3028 (ns)
	Desvio padrão	0,3136	0,2357	0,0855
	CV (%)	60,7	46,2	28,2

(ns) não significativo ao teste de F.

Tabela 6: Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 4ª ordem de magnitude em função das unidades de solos avaliados.

Característica	Valor	Solo		
		LVdf	LVdt	PVAd
Área (A) (km ²)	Media	55,08 b	144,65 a	*
	Desvio padrão	23,13	63,57	
	CV (%)	41,9	43,4	
Perímetro (P) (km)	Media	43,49 b	75,56 a	*
	Desvio padrão	14,55	8,49	
	CV (%)	33,5	11,2	
Maior Comprimento (MC)	Media	12,334 b	20,225 a	*
	Desvio padrão	4,891	4,620	
	CV (%)	39,7	22,8	
Maior largura (ML)	Media	5,649 b	9,545 a	*
	Desvio padrão	1,499	3,363	
	CV (%)	26,5	35,2	
Índice de Circularidade (IC)	Media	0,3708	0,3086 (ns)	*
	Desvio padrão	0,0834	0,0701	
	CV (%)	22,5	22,7	
Índice de sinuosidade	Media	1,1422	1,1795 (ns)	*
	Desvio padrão	0,0903	0,0956	
	CV (%)	7,9	8,1	
Kc	Media	1,6593	1,8056 (ns)	*
	Desvio padrão	0,2065	0,2064	
	CV (%)	12,4	11,4	
Kf	Media	0,3844	0,3451 (ns)	*
	Desvio padrão	0,1126	0,0022	
	CV (%)	29,3	0,6	

* - não foi encontrada microbacia hidrográfica com predomínio deste tipo de solo; médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo; (ns) não significativo ao teste de F.

Os valores médios do perímetro e maior comprimento aumentam sucessivamente com o aumento da ordem da bacia, apresentando valores médios maiores nos solos com menor movimentação topográfica, semelhante aos dados observados por PISSARRA (2002).

Segundo resultados, a densidade de drenagem (Dd) do Argissolo (PVAd) ($1,55 \text{ km.km}^{-2}$) apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,02$), quanto comparado aos Latossolos (LVdf e LVdt), ($0,91$ e $0,73 \text{ km.km}^{-2}$) para microbacias de 1ª ordem (Tabela 7), revelando que o Argissolo apresenta maior eficiência da drenagem quando comparado aos Latossolos. Seguindo a mesma convergência, para microbacias de 2ª ordem, a densidade de drenagem do Argissolo (PVAd) apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,01$), quanto comparado aos Latossolos (Tabela 4).

De acordo com os valores médios da declividade verificamos que a inclinação dos interflúvios no Argissolo apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,001$), para microbacias de 1ª e 2ª ordem quando comparado aos Latossolos (Tabela 7). Nos Argissolos a declividade é mais acentuada, gerando maior velocidade do escoamento superficial da água das chuvas, favorecendo maior esculturação da paisagem, sendo esta observação também confirmada por PISSARRA (2002). Desta forma, o coeficiente RN, conceituado como o produto da densidade de drenagem pela declividade média, apresentou diferença estatística para a probabilidade ($p < 0,001$) entre o Argissolo (PVAd) e o Latossolos (LVdf, LVdt), para microbacias de 1ª, 2ª e 3ª ordem (Tabela 7), revelando que o Argissolo apresenta maiores valores de RN quando comparado aos Latossolos, havendo possivelmente restrições quanto ao uso potencial deste solos. PISSARRA (2002), analisando o coeficiente RN, entre Latossolos e Argissolos, confirmou que os maiores valores de RN são encontrados nos argissolos.

Tabela 7: Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das variáveis relativas às densidade de drenagem, RN e Declividade das microbacias de 1ª a 4ª ordem em função das unidades solos avaliados.

Característica	Microbacias (ordem)	Valor	Solo		
			LVdf	LVdt	PVAd
Dd(km/km ²)	1a ordem	Media	0,9114 b	0,7355 b	1,5559 a
		Desvio padrão	0,7846	0,5383	0,7350
		CV (%)	86,1	73,2	47,2
	2a ordem	Media	1,2656 b	0,9374 b	1,9494 a
		Desvio padrão	0,8956	0,3296	0,3072
		CV (%)	70,7	35,2	15,8
	3a ordem	Media	1,2598	1,0291	1,7809 (ns)
		Desvio padrão	0,7579	0,4671	0,5206
		CV (%)	60,1	45,3	29,2
	4a ordem	Media	0,9656	0,8091 (ns)	*
		Desvio padrão	0,1677	0,1480	
		CV (%)	17,3	18,3	
RN	1a ordem	Media	3,947 b	5,913 b	13,758 a
		Desvio padrão	3,113	5,157	5,720
		CV (%)	78,9	87,2	41,6
	2a ordem	Media	5,903 b	6,773 b	19,300 a
		Desvio padrão	4,099	4,495	3,355
		CV (%)	69,4	66,4	17,3
	3a ordem	Media	6,318 b	6,690 b	18,220 a
		Desvio padrão	3,840	4,520	5,070
		CV (%)	60,7	67,5	27,8

Característica	Microbacias (ordem)	Valor	Solo		
			LVdf	LVdt	PVAd
(DM) (%)	4a ordem	Media	5,352	3,850(ns)	*
		Desvio padrão	1,085	1,457	
		CV (%)	20,2	37,8	
	1a ordem	Media	4,819 b	7,513 a	9,164 a
		Desvio padrão	2,595	2,890	1,732
		CV (%)	53,8	38,5	18,9
	2a ordem	Media	4,888 b	6,780 a	10,216 a
		Desvio padrão	2,313	3,070	2,954
		CV (%)	47,3	45,2	28,9
	3a ordem	Media	15,24	6,21	10,26 (ns)
		Desvio padrão	46,50	2,67	0,51
		CV (%)	305,1	42,9	4,9
4a ordem	Media	5,524	4,674(ns)	*	
	Desvio padrão	0,4911	0,9471		
	CV (%)	8,8	20,2		

* - não foi encontrada microbacia hidrográfica com predomínio deste tipo de solo; médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo;(ns) não significativo ao teste de F.

No uso potencial do solo a partir da determinação do Coeficiente RN, foram determinados os parâmetros de amplitude de variação e o intervalo do coeficiente de rugosidade (RN) para cada microbacia e classe de solo predominante, de acordo com a metodologia de ROCHA e KURTZ (2001) onde: Amplitude (A) = valor máximo de RN – valor mínimo de RN e

Intervalo (I) = Amplitude (A) / número de classes

Os valores de amplitude (A) para as três unidades de solos são:

$$A (LVdf) = (21,502196 - 0,284001) = 21,218196$$

$$A (LVdt) = (23,392322 - 0,672970) = 22,719352$$

$$A (PVAd) = (23,854591 - 8,972087) = 14,882505$$

Na estimativa do intervalo (I), considerando-se quatro classes para o uso potencial do solo apresentam-se os seguintes intervalos:

$$I (LVdf) = 21,218196 / 4 = 5,304549$$

$$I (LVdt) = 22,719352 / 4 = 5,679838$$

$$I (PVAd) = 14,882505 / 4 = 3,720626$$

A estimativa da classe do uso potencial do solo para cada microbacia é efetuada de acordo com os valores obtidos do intervalo (I) do coeficiente de rugosidade (RN) e apresenta-se na Tabela 8.

Tabela 8. Estimativa da classe de uso potencial do solo segundo os coeficientes de rugosidade.

Uso Potencial	Solos		
	LVdf	LVdt	PVAd
A	0,28 a 5,59	0,67 a 6,35	8,97 a 12,69
B	5,60 a 10,89	6,36 a 12,03	12,70 a 16,41
C	10,90 a 16,20	12,04 a 17,71	16,42 a 20,13
D	16,21 a 21,50	17,72 a 23,39	20,13 a 23,85

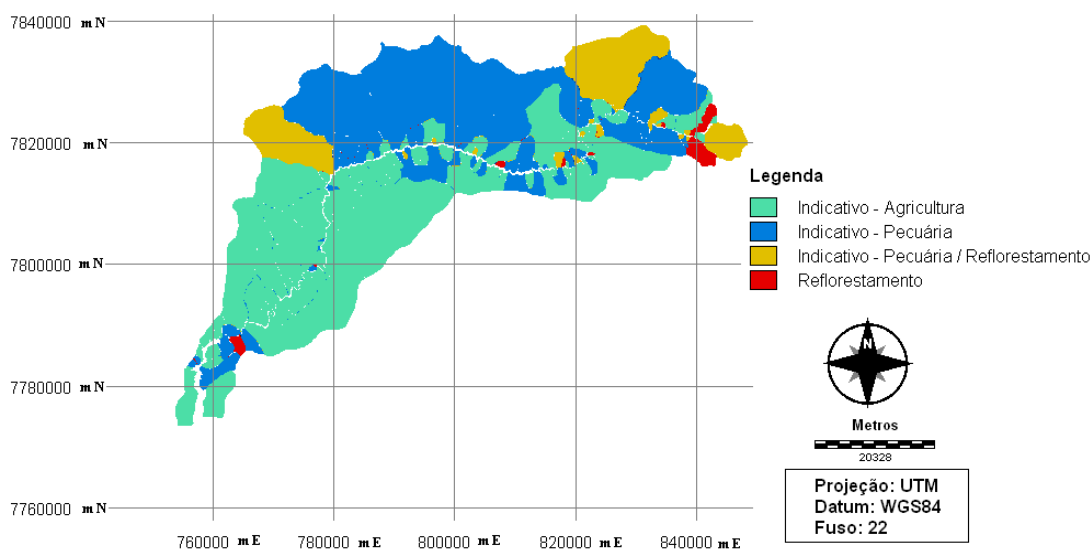
A – Solos potenciais para a agricultura; B – Solos potenciais para pastagens; C – Solos potenciais para pastagem/reflorestamento; D – Solos potenciais para reflorestamento.

Para as microbacias hidrográficas do rio Uberaba, observa-se que na bacia hidrográfica do rio Uberaba 47,12% da área indica o uso potencial do solo para agricultura, enquanto que 36,37% para pecuária, 11,86% para pecuária e reflorestamento e 1,4% para reflorestamento. Verifica-se que o principal potencial de uso do solo refere-se à agricultura e pecuária, totalizando 83,49% (Figura 4). Tal resposta baseou-se na correlação existente entre o uso potencial do solo com o grau de movimentação topográfica e as respectivas características da rede de drenagem, reafirmando as observações verificadas por PISSARRA (2002).

Na análise dos valores de amplitude, maiores valores apresentam-se nos Latossolos e os menores nos Argissolos, resultados discrepantes de PISSARRA (2002). Considera-se, portanto nesta bacia hidrográfica a maior homogeneidade entre as microbacias localizadas nos Argissolos.

Quanto aos valores do intervalo (I) considerando as quatro classes para uso potencial do solo, os valores mais homogêneos, relacionados com a menor movimentação topográfica. Estes dados demonstram que a análise do potencial de uso do solo deva ser realizada para cada região, onde as características morfométricas são específicas para a diferenciação entre unidades de solos, devido às diferenças existentes na formação, topografia, uso e ocupação.

Figura 4: Uso potencial do solo das microbacias hidrográficas, segundo metodologia do RN.



Fonte: VALLE JUNIOR (2008).

CONCLUSÕES

Em conformidade com a metodologia empregada e resultados encontrados, conclui-se que:

1. Os parâmetros morfológicos índice de circularidade (IC) e coeficiente de compacidade (kc) são relevantes como indicadores na diferenciação de classes entre Argissolos e Latossolos, na bacia do rio Uberaba.
2. A densidade de drenagem (Dd) na análise de microbacias de 1ª e 2ª ordem é o melhor indicador de diferenciação das classes dos solos (Argissolos e Latossolos), sendo que os Latossolos apresentam menor eficiência da drenagem.
3. Os parâmetros declividade média e coeficiente RN para microbacias de 1ª e 2ª ordem, indicam diferenciação de classes de solos (Argissolos e Latossolos), sendo a inclinação dos interflúvios no Argissolo é mais acentuada.
4. Na avaliação da classificação do uso potencial do solo das microbacias do rio Uberaba (metodologia do RN), 1140 km² da bacia (47,12%) apresenta-se apropriada para a prática

agrícola, enquanto 880 km² (36,37%) para pecuária, 287km² (11,86%) para pecuária/reflorestamento e 34 km² (1,40%) para reflorestamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométricas das bacias hidrográficas**. Notícias Geomorfológicas, Campinas, v. 9.n. 18, p. 19-34, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 190 p.
- CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 3a. aproximação. Rio de Janeiro, 1988. 105 p.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.
- GIOTTO, E.; KIRCHNER, F. F.; MADRUGA, P. R. A. Caracterização de parâmetros físicos da sub-bacia hidrográfica do Aroio Grande-uma aplicação do sistema georeferenciado para manejo integrado de bacias hidrográficas (SGMIBH). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 21, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v. 4, p. 2159-2177.
- HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**. New York, v. 56. p. 807-813, 1945.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp>>. Acesso em: 03 fev. 2008.
- MELLO FILHO, J. A.; ROCHA, J. S. M. da. Diagnóstico físico-conservacionista da sub-bacia hidrográfica do rio Sesmária, em Resende-RJ. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 21, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 2178-2191.
- MIRANDA, E. E. de. **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jul. 2012.
- NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia - MG.**, 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.
- PISSARRA, T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: Comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e Fotografias aéreas verticais**. 136 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.2, p. 297-305, 2004.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.

ROCHA, J. S. M. **Avaliação quantitativa da capacidade de uso da terra do estado do Rio Grande do Sul**. 1977. 169 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1977.

ROCHA, J. S. M. KURTZ, S. M. J. M. **Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2001. 282 p.

SANTOS, A. F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu-SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2004.

SILVA, A. M.; MELO, C. R.; **Apostila de Hidrologia**. Lavras, UFLA, 2006.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bed-lands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of Geological Society of America**, Colorado, v. 67, p. 597-646, 1956.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFGS, 2001. p. 35-51.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal Science**, New Haven, v. 248, p. 655-68, 1950.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 38, n.6, p. 913-920, 1957.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 222f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

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