

CONSIDERAÇÕES MORFOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO UBERABINHA – MINAS GERAIS

Morphometric considerations of the Uberabinha river basin – Minas Gerais

Antonio Feltran Filho
Eleusa Fátima de Lima

Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO: *As bacias hidrográficas exibem variáveis e atributos que as individualizam. A morfometria, método que permite a utilização de técnicas para se obter índices de relações numéricas existentes entre os atributos de uma bacia de drenagem, possibilita o conhecimento das variáveis quantitativas lineares, areais e hipsométricas, que somadas às variáveis qualitativas multiplicam as possibilidades de análise espacial. Os resultados obtidos por esse método servem de complemento para melhor explicar a interação que ocorre entre todos os elementos da paisagem. Sendo assim, busca-se nesse trabalho fazer alguns levantamentos morfométricos básicos para um melhor conhecimento da bacia hidrográfica do rio Uberabinha, os quais poderão subsidiar o planejamento da mesma. Para se atingir esse objetivo, foram utilizadas as cartas topográficas do IBGE e imagem do satélite TM/Landsat 5 do INPE na escala 1:100000 e, para se efetuar os cálculos foram usados os softwares AutoCAD Map R13 e SPRING 4.2. Dentre os resultados alcançados verificou-se que a nascente principal do rio Uberabinha, na verdade é a do ribeirão Beija-Flor e não a do córrego Jacaré. Constatou-se também a grande diferença de densidade de rios entre o terço superior e inferior da bacia. Outra conclusão geomorfológica importante é o fato de ser uma bacia jovem.*

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Morfometria. Rio Uberabinha.

ABSTRACT: *The hydrographic basins demonstrate variables and attributes that make them unique. The morphometric method that permits the utilization of techniques to obtain the indexes of existing number relations among the attributes of a drainage basin makes the knowledge of the various linear, area and hypsometric variables possible, which, added to the variable qualitatives, multiplies the possibilities for space analysis. The results obtained by this method serve as a complement an aid to better explain the interaction that takes place among all the landscape elements. This being the case, in this study, some basic morphometric surveys are sought in order to obtain better knowledge of the hydrographic basin of the Uberabinha river, which will make it possible to subsidize its planning. To reach this objective, cartographic maps from IBGE and the image from the satellite TM/Landsat 5 from INPE to the scale of 1:100000 were used and computer programs AutoCAD Map R13 and SPRING 4.2 were used to make the calculations. From the results obtained, it was verified that the principal source of the Uberabinha river is, in reality from the Beija-Flor (Humming-bird) creek and not from the Jacaré (Alligator) stream. The great difference in the density of the rivers between the upper and lower thirds of the basin was also confirmed. Another important geomorphological conclusion is the fact of its being a young basin.*

Keywords: Hydrographic basin. Morphometric. Uberabinha river.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Uberabinha está localizada na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas de 18°35'45" a 19°26'09" de latitude Sul e de 47°49'39" a 48°39'08" de longitude Oeste. Esta bacia ocupa uma área de 2.188,3km², abrangendo terras dos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, sendo que 70% da área da bacia pertencem ao município de Uberlândia, 20% pertencem ao município de Uberaba e 10% pertencem ao município de Tupaciguara (Fig. 1).

O rio Uberabinha nasce no município de Uberaba, a uma altitude aproximada de 970 metros, e deságua no rio Araguari, na divisa dos municípios de Uberlândia e Tupaciguara, a uma altitude de cerca de 500 metros. O rio Araguari é afluente do rio Paranaíba, que é um dos formadores do rio Paraná. Portanto, a bacia do rio Uberabinha pertence à bacia do rio Paraná.

Entre as várias razões que poderiam justificar o estudo da bacia do rio Uberabinha, destaca-se a importância sócio-econômica que esta bacia fluvial ocupa no espaço geográfico do município de Uberlândia.

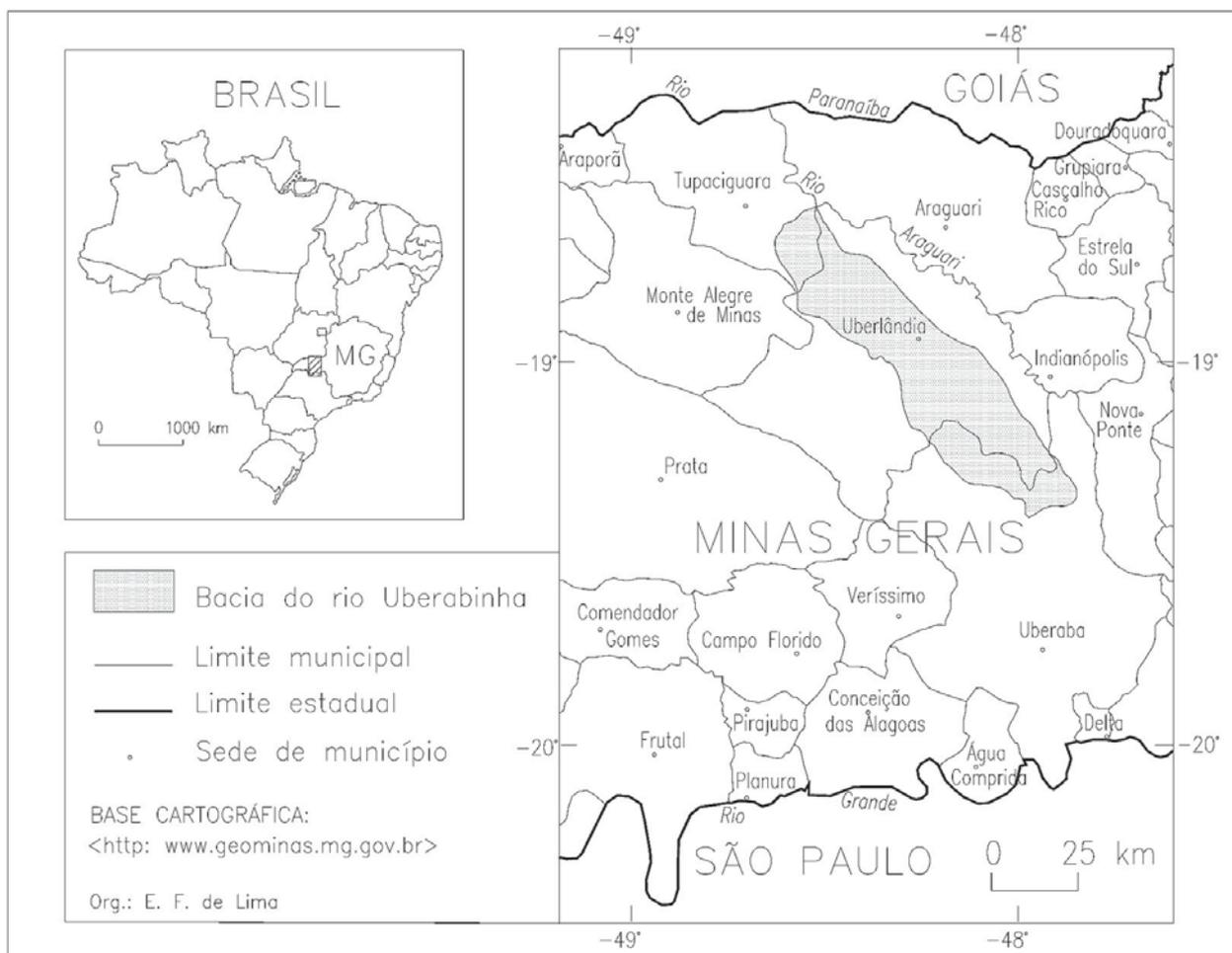


Figura 1. Localização da bacia do rio Uberabinha

No médio curso deste rio está localizada a cidade de Uberlândia, a maior e mais importante

cidade da Mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba, com população estimada de 600.368

habitantes (IBGE, 2006) e com forte atividade econômica, tanto no setor agropecuário, quanto nos setores industrial e terciário.

No campo, observa-se uma pujante atividade agrícola instalada nas grandes propriedades, com moderna agricultura de grãos (*agribusiness*), com tendência para a expansão dos canaviais, ao lado de uma agricultura tradicional de cereais associada à pecuária, característica esta dominante nas médias e pequenas propriedades.

Atraídos pela produção agropecuária, indústrias modernas têm se instalado na cidade para aproveitar essas matérias-primas, gerando um razoável parque industrial. Como exemplos nesse setor, destacam-se as indústrias de óleos vegetais (Cargill, ABC Inco), frigoríficos (Sadia) e laticínios (Itambé). As usinas de açúcar e álcool estão em fase de expansão. No setor terciário destacam-se o comércio varejista e principalmente o atacadista com irradiação em todo território nacional. Os setores financeiro, educacional e de saúde exercem influência regional.

A bacia hidrográfica do rio Uberabinha ocupa apenas 37% da área do município de Uberlândia, mas é nela que se encontram as mais importantes atividades acima citadas, além de ser a responsável pelo abastecimento de água potável para a cidade, assim como pelo escoamento dos efluentes produzidos na área urbana.

O objetivo geral deste artigo é fazer alguns levantamentos morfométricos básicos para um melhor conhecimento da bacia do rio Uberabinha, que poderão servir como subsídio para um melhor planejamento da mesma, uma vez que a análise de bacia hidrográfica tem como princípio avaliar as relações entre seus atributos. Os cálculos foram efetuados através dos *softwares* AutoCAD Map R13 e SPRING 4.2.

O mapa que serviu de base para serem feitas as medidas foi elaborado através da compilação em papel vegetal das cartas topográficas editadas pelo IBGE, com complementação dos canais fluviais por

imagem de satélite TM/Landsat 5 do INPE, ambas na escala de 1:100.000. Após esse procedimento fez-se a digitalização no *software* AutoCAD Map R13, utilizando uma mesa digitalizadora Digigraf modelo Van Gogh tamanho A1.

Para um melhor entendimento sobre o objeto de estudo, far-se-á algumas observações com relação às suas características e aos trabalhos já elaborados.

As bacias hidrográficas exibem variáveis ou atributos, que servem como elementos para sua individualização, isto porque, são reflexos de sua estruturação. A área de drenagem é um dado fundamental para o cálculo e análise de outras características físicas da bacia fluvial. O fluxo das águas dos rios se constitui num dos agentes mais ativos de esculturação da superfície terrestre.

O conjunto de ações que atuam no modelado terrestre altera as formas topográficas construídas no passado e promovem o aparecimento das formas atuais. Essas novas formas também deverão interferir no conjunto dos processos atuantes, pois tenderão igualmente a fornecer, mesmo que temporariamente, material e energia para um novo estado de equilíbrio no ambiente.

Sabe-se, entretanto, que esse conjunto de processos se realiza sobre as bacias hidrográficas, modificando a superfície terrestre incessantemente, sem contudo, conhecer-se o tempo necessário para uma total transformação dos sinais deixados pelos processos anteriores no desenvolvimento do modelado terrestre. Entende-se então, que descrever e analisar essa superfície somente do ponto de vista qualitativo, não teria grande valor científico, pois as mais variadas formas que seus atributos vão adquirindo no decorrer do tempo, inutilizam proporcionalmente esse tipo de análise. Por essa razão o estudo das características morfométricas terá expressão matemática, unicamente no sentido de buscar informações necessárias para uma análise quantitativa. Ter-se-á, então, valores que podem descrever um determinado estado num dado momento dessa evolução superficial.

No entanto, faz-se necessário a confrontação dos resultados obtidos, através das expressões matemáticas, com a descrição qualitativa, reconhecendo que os índices quantitativos, quando bem equacionados, podem oferecer resultados mais precisos que descrições nominais, através da linguagem corrente. A complexidade que envolve a gênese e a evolução do relevo em geral reveste-se de significado complementar. Este método, ou seja, a morfometria, oferece a oportunidade de utilização de várias técnicas a fim de se obter índices das relações numéricas, existentes entre os vários atributos que formam a bacia de drenagem. Essas técnicas permitem fazer análises em três dimensões: linear, areal e hipsométrica. Algumas variáveis permitem ainda uma correspondência entre duas variáveis com características dimensionais diferentes.

Portanto, o uso de método morfométrico no estudo de bacias hidrográficas, constitui-se como um meio que tem servido de complemento para melhor explicar a interação que ocorre entre todos os elementos da paisagem. As relações aqui utilizadas foram propostas e empregadas por vários autores, como por exemplo: Horton (1945), Schumm (1956), Strahler (1952), Leopold, Wolman e Miller (1964), Garcez (1967), Christofolletti (1969 1970, 1971a, 1980), Villela e Mattos (1975), Feltran Filho (1982) e muitos outros.

Mais importante ainda é deixar claro que o uso de técnicas quantitativas se constitui como um meio de análise como outro qualquer e não um fim.

A seguir são apresentados as técnicas, os processos e os resultados utilizados nas análises lineares, areais e hipsométricas da bacia do rio Uberabinha.

1. ANÁLISE LINEAR

As relações e os índices que dependem de medidas de comprimento, estão contidas nesta parte. Os resultados aqui apresentados foram obtidos pelos cálculos feitos no *software* AutoCAD Map R13.

1.1. Perímetro

O perímetro de uma bacia hidrográfica representa o comprimento total da linha que serve como divisor de águas da bacia, ou seja, a linha que serve como divisor topográfico. O perímetro da bacia do rio Uberabinha é de 300,2km.

O aumento do perímetro de uma bacia hidrográfica está diretamente ligado ao seu desenvolvimento. Será tanto maior quanto maior for sua área.

1.2. Maior diâmetro

O maior diâmetro de uma bacia hidrográfica corresponde ao ponto mais distante do perímetro até a foz em linha reta. Na bacia do rio Uberabinha o maior diâmetro encontrado foi de 111,6km. Esse valor representa o comprimento da bacia.

1.3. Maior extensão

Entende-se por maior extensão do vale de uma bacia hidrográfica, a maior distância medida entre a cabeceira e a foz, acompanhando-se a direção vetorial do canal principal. A maior extensão difere sempre do maior diâmetro, uma vez que os cursos de água apresentam-se normalmente com traçados sinuosos. Portanto, os resultados obtidos para os índices de maior extensão deverão ser sempre superiores aos de maior diâmetro, ou no máximo iguais.

Na bacia do rio Uberabinha, os cálculos realizados apresentaram como o canal mais distante da foz a nascente do ribeirão Beija-Flor. Esse resultado diverge da toponímia das cartas topográficas e do conhecimento popular, que consideram como nascente principal do rio Uberabinha a cabeceira do córrego Jacaré. De acordo com os cálculos efetuados, considerando-se essa nascente o rio Uberabinha tem 149,3km de extensão e considerando-se a nascente do ribeirão Beija-Flor essa medida é de 154,5km, ou seja 5,2km mais longo.

Diante desse fato, e por não haver medidas fluviométricas de vazão desses cursos, foi considerado

o canal mais longo, partindo-se do princípio que a nascente do canal mais distante da foz, teoricamente, drena maior área. Sendo assim, subentende-se que o volume do ribeirão Beija-Flor é maior que o do córrego Jacaré. Isso equivale dizer que o canal do córrego Jacaré é afluente do ribeirão Beija-Flor.

Dessa forma, cientificamente, o canal mais longo da bacia do rio Uberabinha tem 154,5km de extensão. Segundo Horton (1945), o canal mais longo constitui-se como sendo a nascente do rio principal da bacia.

1.4. Maior largura

O maior afastamento entre as vertentes das margens esquerda e direita do rio principal, em linha reta, constitui a maior largura da bacia. Os dois pontos foram marcados na linha divisória da bacia, que coincide com a linha do perímetro, transversal à direção geral do rio principal. Na bacia ora em estudo, a maior largura é de 27,1km.

1.5. Relação maior comprimento maior largura

O resultado obtido neste índice tem relação com o índice de circularidade, que por sua vez, tem relação direta com o desenvolvimento dos fluxos da bacia. Para índice igual à unidade (1), a bacia seria de forma circular. Ou seja, uma bacia com forma mais circular e com área semelhante a outra alongada, tem, teoricamente, maior possibilidade de ocorrência de cheias com maior frequência. A expressão matemática que exprime tal índice é:

$$RCL = \frac{C}{L}$$

onde,

RCL = relação maior comprimento maior largura

C = maior comprimento

L = maior largura

Para a bacia do rio Uberabinha o índice encontrado foi de 5,7. Esse resultado confirma a forma alongada da bacia em estudo.

1.6. Índice de sinuosidade

Este índice tem como finalidade principal conhecer a divagação de um curso de água, que por sua vez tem a ver com a velocidade do fluxo. Foi inicialmente proposto por Schumm (1963), empregado em trabalhos por Smart e Surkan (1967), Chorley e Kennedy (1971), de conformidade com citação de Christofletti (1971a, p.41) e outros como Almeida (1964), Villela e Mattos (1975) e Feltran Filho (1982).

O índice de sinuosidade é obtido através da relação entre o comprimento real do curso principal da bacia (maior extensão) e o comprimento do seu vetor. Quanto mais próximo da unidade for o índice de sinuosidade, menos sinuoso é o canal e, conseqüentemente mais rápido ocorre o fluxo da água.

Matematicamente a expressão que indica a sinuosidade é:

$$Sin = \frac{CV}{CT}$$

onde,

Sin = sinuosidade do curso de água

CV = comprimento real do curso principal da bacia

CT = comprimento vetorial do canal

Para a bacia do rio Uberabinha, o comprimento vetorial do canal foi medido por trechos, cuja soma resultou em 121,1km. Aplicando-se a fórmula anterior, o índice de sinuosidade do canal mais extenso da referida bacia é de 1,3.

Teoricamente, a velocidade geral do fluxo de um rio, aumenta da nascente até a foz. Isto é corroborado nesse trabalho, onde se observam sinuosidades diferentes, quando o canal principal é analisado por trechos.

O índice de sinuosidade de 1,3 prevalece da nascente do ribeirão Beija-Flor até a foz do ribeirão Bom Jardim. Da confluência do ribeirão Beija-Flor com o córrego Jacaré até a foz do ribeirão Bom Jardim, nota-se a presença de formas meândricas e o

aparecimento de planícies de inundação, o que nos leva a pensar ser uma área de deposição de material sedimentar. Essa afirmação pode ser comprovada pela presença de áreas de extração de areia e “cascalho”.

Entre a foz do ribeirão Bom Jardim e a foz do rio das Pedras, encontra-se o trecho mais rápido, com um índice de sinuosidade de 1,2. Este trecho encontra-se no vale médio inferior e representa cerca de um terço do comprimento do rio principal.

No último segmento, ou seja, o trecho que vai da foz do rio das Pedras até a foz do rio Uberabinha, o índice de sinuosidade encontrado foi de 1,5, correspondendo ao trecho mais lento do rio principal.

2. ANÁLISE AREAL

As medidas necessárias para se fazer a análise areal da bacia do rio Uberabinha foram feitas através dos *softwares* AutoCAD Map R13 e SPRING 4.2.

2.1. Área da bacia

A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é um dado fundamental para o cálculo de outras características da mesma. A bacia do rio Uberabinha drena uma área de 2.188,3km², conforme cálculo feito no *software* AutoCAD Map R13.

2.2. Densidade de rios

O índice de densidade de rios foi proposto por Horton (1945), cuja fórmula é a seguinte:

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

onde,

Dr = densidade de rios

N = número total de rios

A = área da bacia em km²

Através desse índice é possível comparar a frequência ou quantidade de canais em uma determinada área padrão, que neste caso equivale a 1km². A maior ou menor concentração de canais tem relação

direta com os processos de escoamento, que por sua vez, estão relacionados com as características ambientais da área analisada.

O número de canais de uma bacia hidrográfica é fator de muita importância, na medida em que representa o comportamento hidrológico superficial da mesma e atua como indicador fundamental na determinação de sua magnitude.

Ainda com relação aos canais fluviais, Horton (1945) e Strahler (1952) propuseram sua hierarquização, ou seja, definiram critérios que demonstrassem como os canais fluviais estão organizados na natureza. Para Horton, a bacia hidrográfica é constituída por um rio principal, que conectado a outros afluentes, possui uma única saída, a foz. Strahler simplificou esse conceito, sem, contudo alterar o resultado da hierarquização. Para Strahler o princípio de “rio principal” desaparece, porque considera todas as nascentes iguais. Nesse caso não existe a nascente do chamado “rio principal” de Horton. Portanto, no conceito de bacia hidrográfica não é necessário a expressão “rio principal”. Trata-se de um conjunto de segmentos de canais conectados hierarquicamente, que drenam uma determinada área, com uma única saída.

Christofolletti (1969), mostra a diferenciação entre o número de canais de uma bacia hidrográfica, da soma total dos segmentos de cada ordem, considerando que os canais de escoamento permanecem unos desde a nascente até a desembocadura.

Para se efetuar o cálculo da densidade de rios da área de estudo, foram contadas manualmente todas as nascentes constantes no mapa base, conforme o conceito de hierarquização de Strahler (1952). O resultado mostrou que a bacia do rio Uberabinha possui 593 nascentes. Portanto, a densidade de rios é de 0,3 canais de primeira ordem por km², ou seja 0,3 nascentes por km². Este índice de nascentes é considerado muito baixo, indicando que o escoamento superficial se processa de maneira pouco intensa, o que nos remete a imaginar uma fraca tendência para a ocorrência de fontes geradoras

de novos cursos de água.

Entretanto, considerando-se separadamente as sub-bacias (FIG. 2 e TAB. 1) e as unidades geomorfológicas (FIG. 3 e TAB. 2), observa-se que há uma maior concentração de canais nas sub-bacias do ribeirão Gordura, rio das Pedras e ribeirão Bom Jardim.

De modo resumido e simples, a divisão dos compartimentos ou unidades geomorfológicas da

bacia em questão está baseada na semelhança natural da estrutura geológica, formação do relevo e densidade de rios. Dessa forma, as unidades geomorfológicas distinguem parcelas do relevo com características físicas próprias. A FIG. 3 demonstra essa divisão.

Nota-se visualmente nas FIG. 2 e 3 que, de modo geral, a densidade de rios tende a aumentar em direção à foz. Isso é corroborado ao observar os dados da TAB. 1, onde verifica-se discrepâncias



Figura 2. Sub-bacias da bacia do rio Uberabinha

consideráveis entre as partes mais altas e mais baixas da bacia. Enquanto na sub-bacia do Alto Uberabinha/Beija-Flor a densidade de rios é de 0,1 nascentes/

km², na sub-bacia do ribeirão Gordura esse índice é de 0,7 nascentes/km².

Tabela 1. Bacia do rio Uberabinha: densidade de rios por sub-bacias hidrográficas, 2006.

Bacia hidrográfica	Área (km ²)	Número de canais	Densidade de rios
Alto Uberabinha / Beija-Flor	655,1	65	0,1
Médio e Baixo Uberabinha	668,4	159	0,2
Bom Jardim	391,8	142	0,4
Rio das Pedras	417,8	188	0,4
Ribeirão Gordura	55,2	39	0,7
Total da bacia	2.188,3	593	0,3

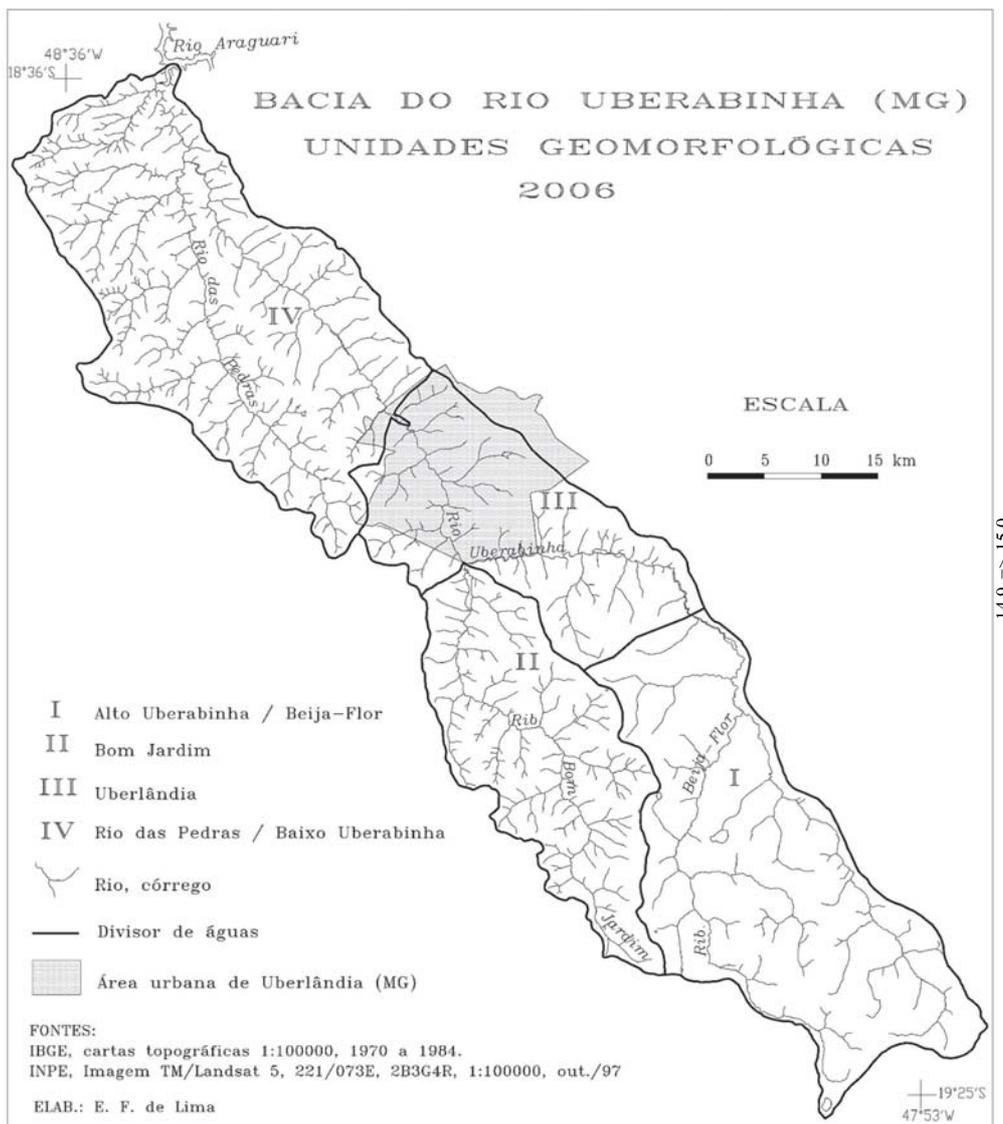


Figura 3. Unidades geomorfológicas da bacia do rio Uberabinha

Tabela 2. Bacia do rio Uberabinha: densidade de rios por unidades geomorfológicas, 2006.

Unidade geomorfológica	Área (km ²)	Número de canais	Densidade de rios
Alto Uberabinha / Beija -Flor	655,1	65	0,1
Bom Jardim	391,8	142	0,4
Uberlândia	385,4	76	0,2
Rio das Pedras / Baixo Uberabinha	756,0	310	0,4
Total da bacia	2.188,3	593	0,3

2.3. Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é a relação entre a soma do comprimento total dos canais de escoamento (efêmeros, intermitentes ou perenes) com a área da bacia hidrográfica.

Quem primeiro apresentou esta relação foi Horton em 1945, sendo posteriormente aplicada por outros pesquisadores, como por exemplo: Freitas (1952), Schumm (1956), Strahler (1952), Christofletti (1969, 1971b), Vieira (1970), Villela e Mattos (1975) e Feltran Filho (1982).

Strahler (1952) estabeleceu uma escala de valores para graduar e comparar a densidade de drenagem entre as bacias. Christofletti (1966, 1971b) promoveu a adaptação do seu uso para a escala métrica.

A expressão matemática usada para expressar esse índice é:

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

onde,

Dd = densidade de drenagem

Lt = comprimento total dos canais

A = área da bacia em km²

Esta relação é entendida como um importante indicador do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. De fato, em um mesmo ambiente climático a atuação hidrológica nas rochas reflete na densidade de drenagem. Em solos e rochas onde a infiltração da água é mais difícil, haverá melhores

condições de formação de canais de escoamento superficial. O contrário se verifica onde a atuação hidrológica se dá em solos e rochas de fácil penetração, ou seja, em áreas cuja textura favorece a infiltração.

O cálculo sobre a densidade de drenagem assume importância, na medida em que apresenta relação inversa com a extensão do escoamento superficial. Portanto, é um indicador da eficiência da drenagem na área da bacia fluvial. Muito embora existam poucas informações sobre densidade de drenagem em bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia entre 0,5 para bacias com drenagem pobre e 3,5 para bacias muito bem drenadas (Villela e Mattos, 1975).

A análise dos índices determinados para a densidade de drenagem, indica que quanto maior o valor numérico, mais rapidamente deverá ocorrer o fluxo de água na referida drenagem.

Para se efetuar o cálculo da densidade de drenagem do rio Uberabinha, fez-se primeiro o cálculo do comprimento de cada canal existente no mapa base no *software* AutoCAD Map R13. O valor obtido foi de 1.396,4km de canais, que aplicado na fórmula anterior, resulta em uma densidade de drenagem de 0,6km de curso de água por km². Este índice coloca a bacia hidrográfica em estudo como sendo de drenagem pobre.

A densidade de drenagem, tanto quanto a densidade de rios estão associadas a vários fatores, como por exemplo: litologia, declividade do relevo, cobertura vegetal, uso do solo, forma e evolução

dos canais dentre outros. Para a bacia em apreciação, os índices de densidade de rios e de densidade de drenagem são considerados baixos. Pode-se atribuir tal ocorrência aos fatores litológicos, à energia do relevo ou à própria posição do sistema de rios ou ainda à proximidade de seus leitos ao lençol freático. Ainda é possível atribuir tal ocorrência ao desenvolvimento e à evolução de suas vertentes.

De modo geral, podemos atribuir a maior concentração de canais fluviais em terrenos menos friáveis, dificultando o entalhamento no solo. Neste caso, os canais são quase sempre mais curtos e com maior número de afluentes, ao contrário do que acontece em terrenos mais friáveis e menos impermeáveis, onde aparecem canais em menor número, porém mais longos e quase sempre com menor número de nascentes. Sem levar em consideração a ordem dos canais fluviais separadamente, pode-se afirmar que a densidade de drenagem e a densidade de rios se relacionam de forma coerente.

2.4. Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia

Esta relação foi inicialmente usada por Hack (1957) nos Estados Unidos. Posteriormente, outros pesquisadores a aplicaram, obtendo-se uma aproximação entre os resultados dos dados reais e os calculados (Christofolletti, 1980). Esse índice apresenta uma relação bastante consistente entre os dados, apesar da diversidade das condições ambientais onde se encontram as bacias hidrográficas, permitindo que o comprimento geométrico dos rios principais, possam ser calculados pela seguinte expressão matemática:

$$L = 1,5A^{0,6}$$

onde,

L = comprimento esperado do rio principal

A = área da bacia em km^2

Para a bacia do rio Uberabinha, o comprimento teórico esperado do rio principal é de 151,4km. Levando-se em consideração que a medida

real do canal mais extenso da bacia em estudo é de 154,5km, a diferença apresentada é de apenas 3,1km, o que corresponde a uma divergência de apenas 2% entre o real e o teórico.

O resultado encontrado demonstra, teoricamente, que a bacia do rio Uberabinha é uma bacia equilibrada, o que faz supor que os fluxos d'água são realizados tranqüilamente, sem grande possibilidade de ocorrência de picos de cheias frequentes, considerada a relação equivalente entre o rio principal e a sua área de drenagem.

De fato, na realidade, somente precipitações muito acima da média, causaram cheias mais significativas, como por exemplo, as que ocorreram em 11/12/1986 e em 17/10/2006, quando duas precipitações de 158 e 82 milímetros, respectivamente, ambas ocorridas num intervalo de duas horas (Laboratório de Climatologia/IG/UFU), inundaram os fundos de vale localizados dentro da área urbana.

2.5. Forma da bacia

A forma de uma bacia hidrográfica pode influir no tempo de concentração de suas águas, ou seja, no tempo que as mesmas gastam para, a partir do início da precipitação, atingir o leito do curso d'água.

Existem vários índices para determinar a forma de uma bacia, que procuram relacioná-la com formas geométricas simples. Escolheu-se o índice de circularidade, também conhecido como de Gravélius, para relacionar a bacia em estudo com o círculo. Este índice é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

O índice de circularidade tem valor adimensional, variando com a forma da bacia. Quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será o índice de circularidade e menores são as tendências de ocorrência de enchentes. Quando esse índice for igual ou próximo de 1,0 indica que a bacia hidrográfica tem a forma circular. A fórmula utilizada é:

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

onde,

IC = índice de circularidade

P = perímetro da bacia

A = área da bacia em km²

Para a bacia do rio Uberabinha o índice de circularidade é de 1,8. Este valor sugere uma forma alongada com menor capacidade de concentração de água pluvial e, conseqüentemente com baixo índice de grandes enchentes.

2.6. Simetria da bacia

A simetria da bacia baseia-se no conceito de bacia hidrográfica de Horton (1945). Esse índice tem uma significância importante na velocidade do fluxo e na qualidade da água e ainda na possibilidade de

cheias. Consiste em se conhecer a área das margens direita e esquerda do canal principal, visando saber em qual dos lados há maior participação hidrográfica.

No caso da bacia em estudo, ao observar-se as FIG. 2 e 3 é visualmente perceptível que o rio principal recebe mais afluentes da margem esquerda. É de se supor que a área de drenagem da margem esquerda seja também maior que a da margem direita e, conseqüentemente apresente um número maior de nascentes. Para ratificar essa informação visual foram calculadas as áreas de cada margem no *software* SPRING 4.2, e foram contadas manualmente as nascentes da bacia, que é igual ao número de canais. Os resultados estão descritos na TAB. 3.

Considerando-se esses resultados, pode-se afirmar que a bacia do rio Uberabinha é assimétrica à esquerda, apresentando uma diferença de 45,8%, equivalente a 1.000,7km².

Tabela 3. Bacia do rio Uberabinha: distribuição dos canais e área por margens, 2006

Margem	Número de canais	%	Área (km ²)	%
Direita	126	21,2	593,8	27,1
Esquerda	467	78,8	1.594,5	72,9

Esse índice mostra que a contribuição do abastecimento do rio principal se faz de forma irregular, sendo nítida a participação no fornecimento de água dos canais localizados na margem esquerda da bacia. Portanto, quanto mais as nascentes da margem esquerda forem afetadas pela interferência antrópica, maior será a possibilidade de ocorrerem mudanças no volume e no fluxo de água. Por outro lado, fica também nítida a estabilidade da distribuição proporcional entre o número de nascentes e a área drenada para ambos os lados do rio principal, ou seja, da bacia como um todo.

A observar-se a bacia do sul para o norte, nota-se que o canal principal do rio Uberabinha corre,

na sua maior parte, paralelo ao divisor da bacia.

Geomorfologicamente, as formas interferem na distribuição dos canais. As áreas com menor densidade de canais encontram-se em topografia suavemente ondulada (terrenos sedimentares). À medida que a morfologia do terreno vai tornando-se mais movimentada e os canais mais encaixados, o número de canais aumenta proporcionalmente, isso ocorre porque atinge o substrato basáltico.

3. ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

O relevo de uma bacia hidrográfica exerce importante influência sobre os fatores meteorológicos

e hidrológicos. A velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno. Outros fatores como: temperatura, precipitação, evaporação, etc., estão mais em função da altitude. Dessa maneira, conhecer a distribuição dos terrenos e suas altimetrias torna-se imperioso.

Desse modo, a declividade da bacia do rio Uberabinha controla, em boa parte, a velocidade do escoamento superficial, influenciando no tempo de duração que leva a água das precipitações para atingir e concentrar-se nos leitos dos cursos fluviais, que constituem a rede de drenagem da bacia.

Outros aspectos relativos ao relevo como, maior ou menor infiltração de água no solo, bem como de processos erosivos, dependem da velocidade com que ocorrem os fluxos de águas superficiais. Ainda pode-se juntar a esses fatores, os picos e as magnitudes das cheias.

Portanto, conhecer as características do terreno e a distribuição dos mesmos, constitui fator indispensável no planejamento estratégico de uma bacia hidrográfica.

3.1. Curva hipsométrica

A curva hipsométrica tem como finalidade representar graficamente o relevo relativo de uma bacia hidrográfica. É entendida como uma maneira de estudar a variação altimétrica de uma determinada área. Tem como referência as altimetrias locais (máxima e mínima) e a isoípsa básica geral.

A curva hipsométrica é usada para expressar a descrição do relevo, mostrando proporcionalmente a quantidade de material que possivelmente existia na bacia antes do trabalho executado pela erosão superficial e a quantidade relativa do material que ainda existe.

Strahler (1952) usou e sintetizou os princípios da análise hipsométrica para os estudos de bacias hidrográficas, depois que já havia sido feita uma curva hipsométrica para a Terra. Fournier (1960)

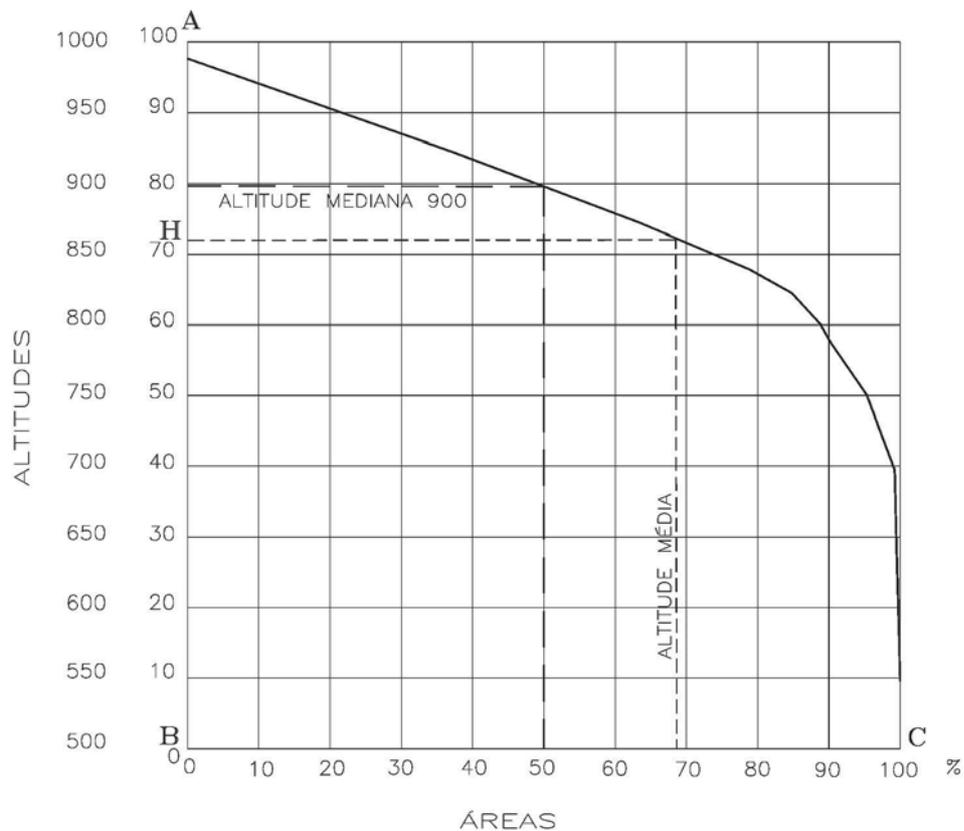
partindo da curva hipsométrica determina o coeficiente de massividade e o coeficiente orográfico.

A curva hipsométrica exprime graficamente a maneira pela qual o volume rochoso situado na bacia está distribuído. Esses valores representam desde a menor altitude encontrada na desembocadura, até o ponto mais elevado do divisor de águas. Isso garante a representação de toda a variação altimétrica da bacia hidrográfica. Nesse procedimento usam-se parâmetros relativos em porcentagens, a fim de facilitar as comparações entre áreas de tamanhos diferentes, bem como morfologias particulares.

Christofolletti (1970) aplicou os princípios da análise hipsométrica para bacias hidrográficas localizadas no Planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. Para a elaboração das curvas hipsométricas, fez-se o cálculo das áreas existentes em cada classe altimétrica e os valores obtidos foram inseridos em um gráfico. Este gráfico, com a forma geométrica de um quadrado, apresenta no eixo das ordenadas as altitudes em metros, e no eixo das abscissas a área relativa em quilômetros quadrados.

Seguiu-se esse exemplo para estudo da hipsometria da bacia do rio Uberabinha. A curva hipsométrica, representada na FIG. 4, indica a percentagem da área de drenagem da bacia acima e abaixo das várias elevações altimétricas consideradas. Já a TAB. 4 representa a distribuição dos terrenos na bacia, conforme cálculo efetuado no *software* SPRING 4.2.

A representação gráfica da curva hipsométrica da bacia do rio Uberabinha nos leva a supor que se a superfície rochosa fosse plana na altitude de 978 metros, que é a maior altitude encontrada na bacia, todo o volume rochoso deveria estar intacto. A integral hipsométrica (ABC) revela a relação e a distribuição proporcional do material rochoso da área que ainda permanece no local, com aquele que já foi removido. Para a bacia em estudo, pode-se dizer que pequena parte do material rochoso foi removido, permitindo nomeá-la como “jovem”.



- AC = CURVA HIPSOMÉTRICA
- AB = GRADIENTE HIPSOMÉTRICO (proporcional)
- ABC = INTEGRAL HIPSOMÉTRICA
- HB = ALTITUDE MÉDIA
- BC = ÁREA PROJETADA (proporcional)

Figura 4. Curva hipsométrica da bacia do rio Uberabinha

Tabela 4. Bacia do rio Uberabinha: distribuição dos terrenos, 2006.

1	2	3	4	5	6	7
Classes altimétricas (m)	Ponto médio (m)	Área (km ²)	Área acumulada	%	% acumulada	Coluna 2 x coluna 3
978-950	964,0	297,9	297,9	13,6	13,6	287.175,6
949-900	924,5	516,2	814,1	23,6	37,2	477.226,9
899-850	874,5	571,9	1.386,0	26,1	63,3	500.126,6
849-800	824,5	470,1	1.856,1	21,5	84,8	387.597,5
799-600	699,5	315,3	2.171,4	14,4	99,2	220.552,4
599-500	549,5	16,9	2.188,3	0,8	100,0	9.286,6
Total		2.188,3				1.881.965,6

Altitude média: 860,0 m

3.2. Relação de relevo

A relação de relevo foi proposta por Schumm (1956), considerando a relação entre a amplitude altimétrica máxima da área da bacia e a maior extensão da mesma. Para esse último parâmetro pode ser usada a medida de maior comprimento do rio principal. Esse índice pode ser calculado usando a expressão matemática:

$$Rr = \frac{Hm}{Lh}$$

onde,

Rr = relação de relevo

Hm = amplitude topográfica máxima

Lh = comprimento do rio principal

Para a bacia do rio Uberabinha, que possui uma amplitude altimétrica de 478 metros, a relação de relevo é de 3,1m/km.

3.3. Índice de rugosidade

Esse importante índice relaciona as qualidades de declividade e comprimento das vertentes, com a densidade de drenagem. A expressão matemática é adimensional, resultando no produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. Ou seja,

$$Ir = H \cdot Dd$$

onde,

Ir = índice de rugosidade

H = amplitude topográfica

Dd = densidade de drenagem

O índice de rugosidade foi inicialmente proposto por Melton (1957) e posteriormente seu entendimento foi melhorado por Strahler (1958). Observou esse último, que se a densidade de drenagem aumenta enquanto a amplitude topográfica permanece constante, a distância horizontal média será reduzida e haverá aumento na declividade da

vertente. Se o valor da amplitude topográfica da bacia aumenta e a densidade de drenagem permanece constante, também haverá aumento entre as diferenças altimétricas dos interflúvios e a declividade das vertentes. Isto é, os valores da rugosidade do relevo aumentam quando ambos os valores são elevados, ou seja, quando as vertentes são longas e íngremes.

Para a bacia do rio Uberabinha o índice de rugosidade é de 286,8. Esse valor indica que, no geral, os canais são alongados e as vertentes possuem baixa ou média declividade.

Se aplicado em diferentes áreas de uma mesma bacia hidrográfica, os valores certamente expressarão as diferenças existentes em cada uma das unidades geomorfológicas.

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ALTIMETRIA E À HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIO UBERABINHA

O desnível da bacia do rio Uberabinha entre a cabeceira mais elevada e a desembocadura do rio principal, ou seja, sua amplitude altimétrica é de 478 metros. Esse resultado revela o grau de desenvolvimento do processo erosivo remontante de seus cursos de água.

A altitude média da bacia é de aproximadamente 860 metros. As áreas com altitudes superiores a 950 metros e inferiores a 800 metros representam 28,8% do total.

As maiores altitudes encontradas na bacia estão entre 800 e 950 metros, representando 71,2% do total. Acredita-se serem pequenas as influências dessas declividades na área da bacia, por apresentar desnível médio de 0,3m/m.

A relação de relevo para o rio principal é de 3,1m/km. De modo geral, pode-se dizer que a declividade da bacia é baixa, resultando numa redução dos picos de enchentes.

Pelo volume de material possivelmente transportado, poder-se-ia afirmar que a capacidade de transporte de seus rios é pequena, pois foram removidas apenas 22,1% do total suposto. Evidentemente, não está sendo considerado nesse trabalho o tempo em que se processou a remoção. O volume de material removido está representado na FIG. 4, ocupando o espaço acima da curva hipsométrica.

A curva hipsométrica expressa ainda a maneira pela qual esse espaço vazio deixado pela erosão superficial se distribui altimetricamente na bacia, desde as áreas mais elevadas até a desembocadura do rio principal.

A integral hipsométrica é de 0,8%, indicando que a forma proporcional do relevo é na sua maioria convexa, pois quanto maior for seu valor mais convexa será a forma das vertentes. O valor máximo é 1,0.

Se forem aceitas as faixas de valores propostas por Strahler (1952), para definir o estágio de evolução da bacia, em função da integral hipsométrica, a bacia do rio Uberabinha enquadra-se no estágio de jovem, o que foi igualmente definido na curva hipsométrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Transcrito de "Geologia do Estado de São Paulo, Boletim n. 41, 1964. Série **Teses e Monografias** nº 14. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1974.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Considerações a propósito da geografia física dos cerrados. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, VI(11):5-32, 1966.

_____. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, 9(18):35-64, 1969.

_____. **Análise morfométrica das bacias hidro-**

gráficas do planalto de Poços de Caldas. Tese de livre docência. Rio Claro: Faculdade de Filosofia de Rio Claro, 1970.

_____. Aplicação dos índices de sinuosidade. **Boletim de Geografia Teórica** – AGETEO, Rio Claro, (1):41-49, 1971a.

_____. Correlação de variáveis para o estudo comparativo de bacias hidrográficas. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, 30(224):101-106, 1971b.

_____. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.188p.

FELTRAN FILHO, Antonio. **Contribuição à análise fluviométrica da bacia do rio Piracicaba**. 188 f. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1982.

FOURNIER, Frédéric. **Climat et erosion**. Paris: Presses Universitaires de France, 1960.

FREITAS, Rui Osório. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, (11):53-57, 1952.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1967.

HACK, J. T. Studies in longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **United States Geological Survey**, Professional Paper, 294-8:45-97, 1957.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and the drainage Basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, 56(3):275-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cartas do Brasil escala 1:100.000**. Folhas Miraporanga (1970), Nova Ponte (1972), Tupaciguara (1976) e Uberlândia (1984).

_____. **Estimativas preliminares das populações**

residentes, em 01.07.2006, segundo os municípios.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 28/09/06.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Imagem do satélite TM/Landsat 5 221/073/E**. Composição de bandas 2B3G4R, escala 1:100000, out./1997.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco, 1964.

MELTON, M. A. An analysis of the among elements of climate, surface properties and geomorphology. **Technical Report (11)**. Columbia University, Dept. Geology, 1957.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. **Bull. Geol. Soc. America**, N. Jersey, (67):597-646, 1956.

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geol. Soc. America Bulletin**, 63(10):1117-1142, 1952.

_____. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. **Geol. Soc. America Bulletin**, (69)279-300, 1958.

VIEIRA, Dirceu Brasil. **Contribuição ao estudo do aproveitamento hidro-agrícola da bacia do rio Piracicaba**. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia, 1970.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1975.