

MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DAS POMBAS, GUANHÃES - MG¹

Kelly Cristina Tonello², Herly Carlos Teixeira Dias³, Agostinho Lopes de Souza³, Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro³ e Fernando Palha Leite⁴

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi estudar a morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, localizada no Município de Guanhães, MG. A base de dados foi disponibilizada pelo convênio SIF/CENIBRA/UFV e consistiu dos dados matriciais Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), rede hidrográfica e direções de escoamento. As características morfométricas e delimitação da bacia e sub-bacias hidrográficas foram obtidas automaticamente pelo *software* Hidrodata 2.0. A área de drenagem encontrada foi de 6,981 km² e o perímetro de 14,864 km. De forma geral, constatou-se que a área estudada possui forma alongada, com baixa densidade de drenagem, relevo forte-ondulado e declividade média de 33,9%. Esses parâmetros possuem grande influência sobre o escoamento superficial e, conseqüentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perda de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, que podem vir a provocar o assoreamento e eutrofização dos corpos d'água. Quanto à orientação do terreno, pôde-se constatar que 41% do terreno da bacia hidrográfica está exposto à face norte-oeste, e 33% de sua área total encontra-se sombreada. Para um estudo mais detalhado, procuraram-se caracterizar suas sub-bacias, onde cada uma foi analisada individualmente, concluindo-se que as cinco sub-bacias apresentam deficiência de densidade de drenagem e forma alongada. Em termos de declividade média, os valores variaram entre 29,6 e 40,4%, representando o relevo forte-ondulado. Pôde-se constatar, também, que a morfometria diferenciada entre as sub-bacias evidencia a necessidade de um manejo específico de cada uma delas.

Palavras-chaves: Morfometria, bacia hidrográfica, hidrologia florestal e manejo de bacias hidrográficas.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF CACHOEIRA DAS POMBAS WATERSHED, GUANHÃES - MG, BRAZIL

ABSTRACT – *The objective of this work was to study the morphometric characteristics of the Cachoeira das Pombas watershed, in Guanhães- MG, Brazil. The database was provided by the cooperative agreement SIF/CENIBRA/UFV and consists of the following raster datasets: hydrologically consistent digital elevation model (hcdem), stream network and flow direction. The software used was HIDRODATA 2.0. The drainage area was 6.981 km² and perimeter 14.864 km. In general, the studied area has elongated shape, low drainage density, strongly wavy relief and average declivity of 33.9 %. These parameters have great influence on the superficial drainage, and consequently on the erosion process, resulting in loss of soil, water, organic matter, nutrients and microfauna, which can eventually increase silting and eutrophication of water bodies. The watershed sub-basins were characterized for a more detailed study. The results shows that all the sub-basins have elongated shape, with low drainage density, strongly wavy relief and the average declivity raging from 29.6 to 40.4 %. It was also found that the different morphometric characterists among the sub-basins increase the need for specific management.*

Keywords: morphometric characteristics, watershed, forest hydrology and watershed management.

¹ Recebido em 18.3.2005 e aceito para publicação em 05.04.2006.

² Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa - UFV.

³ Departamento de Engenharia Florestal da UFV, 36571-000 Viçosa-MG. E.mail: <herly@ufv.br>.

⁴ Celulose Nipo-Brasileira/CENIBRA.

1. INTRODUÇÃO

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986). Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial.

De acordo com Lima (1986), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, e como tal ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço. Desse modo, a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio. Muitas dessas características físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são, em grande parte, controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica.

Para investigar as características das diversas formas de relevo, as bacias hidrográficas se configuram como feições importantes, principalmente no que se refere aos estudos de evolução do modelado da superfície terrestre. Entretanto, a maioria dos trabalhos científicos acerca de bacias hidrográficas evidencia qualitativamente os aspectos de forma que, em geral, é insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo. Assim, é evidente a necessidade do emprego de métodos quantitativos para estudos dessa natureza (ALVES e CASTRO, 2003).

Em estudos das interações entre os processos, do ponto de vista quantitativo, utiliza-se o método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compactidade, índice de circularidade e forma da bacia, dentre outros (ALVES e CASTRO, 2003; GUERRA e GUERRA, 2003; POLITANO e PISSARRA, 2003; POLITANO et al., 2004).

Esses parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES e CASTRO, 2003).

Em meados de 1940, Robert E. Horton procurou estabelecer leis do desenvolvimento dos cursos d'água e respectivas bacias, utilizando uma abordagem quantitativa que serviu para uma nova concepção metodológica.

A partir da década de 1950, novos parâmetros foram definidos, conforme apresentado nos estudos de Freitas (1952), Strahler (1952, 1957), Schumm (1956), Tolentino et al. (1968) e Christofolletti (1969, 1970, 1977, 1978, 1980), dentre outros. Preocupado com o entendimento da importância e descrição dos variados aspectos da análise morfométrica de bacias hidrográficas, Christofolletti (1969) desenvolveu um trabalho bastante completo, integrando os índices e parâmetros desenvolvidos.

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados. Christofolletti (1970) ressaltou ainda que a análise de aspectos relacionados a drenagem, relevo e geologia pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

A quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o projeto e planejamento dos recursos hídricos. Para tanto, é preciso expressar, quantitativamente, todas as características de forma, de processos e de suas inter-relações. Cabe ressaltar que nenhum desses índices, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia, a qual inclusive tem magnitude temporal.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo compreendeu a obtenção e análise das características morfométricas da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, em Guanhães, MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado em área de propriedade da empresa Florestal Celulose Nipo-Brasileira – CENIBRA S.A., nos limites do projeto Cachoeira das

Pombas, situada no Município de Guanhões, MG, na região do Alto e Médio Rio Doce.

A bacia hidrográfica em questão insere-se na bacia do rio Corrente Grande, afluente pela margem esquerda do rio Doce, e drena parcialmente a região onde se encontram os Municípios mineiros de Guanhões, Virginópolis, São João Evangelista, Gonzaga, Santa Efigênia de Minas, São Geraldo da Piedade, Açucena, Periquito, Governador Valadares e Divinolândia de Minas.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é Aw – Clima Tropical chuvoso de savana, ou seja, inverno seco e chuvas máximas no verão (SOUZA et al., 2003).

Conforme registros da Estação Meteorológica da CENIBRA S.A., localizada em Guanhões (42°58'WGr, 18°38'S e altitude 801 m), no período de 1990 a 2004 a temperatura média anual foi de 21,7 °C e variou de 17,8 °C em julho a 24,3 °C em fevereiro. A temperatura mínima média anual nesse período foi de 15,9 °C, sendo que o menor valor ocorreu em julho (11,7 °C) e o maior, em janeiro e fevereiro (18,6 °C). A média anual das máximas foi de 27,0 °C, o mês de maior valor foi fevereiro (29,6 °C) e o de menor, julho (24,2 °C). A umidade relativa média variou de 66,5% em outubro a 81,2% em janeiro, sendo a média anual de 73,9%.

A precipitação média anual, no período de 1985 a 2004, foi de 1.183 mm, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro, dezembro e janeiro, com um total precipitado de 679 mm. O trimestre mais seco foi o de junho a agosto, com um acúmulo de 35 mm.

De acordo com Thornthwaite e Mather (1955), obteve-se como balanço hídrico para Guanhões, no período de 1990 a 2004: evapotranspiração potencial

(ETP) de 1.038 mm, evapotranspiração real média anual (ETR) de 886 mm, deficiência hídrica anual (DEF) de 152 mm e excesso hídrico anual (EXC) de 299 mm.

2.2. Morfometria da bacia e sub-bacias hidrográficas

A morfometria da bacia hidrográfica foi representada pelas características e pelos índices apresentados no Quadro 1, sendo que o fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia. Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular.

Para um estudo mais detalhado, a bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas foi dividida em cinco sub-bacias, baseado em seus divisores topográficos internos, onde cada sub-bacia foi analisada individualmente (Figura 1).

A base de dados utilizada foi disponibilizada pelo convênio SIF/CENIBRA/UFV, “Geração de Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistentes”. Foram disponibilizados os dados matriciais do modelo digital hidrograficamente consistente (Mdehc), rede hidrográfica (Hidro_grid) e direção de escoamento (Dir_esc). Utilizou-se o *software* Hidrodata 2.0 (Sociedade de Investigações Florestais/Universidade Federal de Viçosa – SIF/UFV, 2002) para a obtenção automática das características morfométricas e delimitação da bacia e sub-bacias hidrográficas.

Quadro 1 – Características morfométricas obtidas no estudo da bacia e sub-bacias hidrográficas

Table 1 – Morphometric characteristics obtained from the study of watershed and sub-basins

Características geométricas	
Área total	Fator de forma (F)
Perímetro total	Índice de circularidade (IC)
Coeficiente de compacidade (Kc)	Padrão de drenagem
Características do relevo	
Orientação	Altitude mínima
Declividade mínima	Altitude média
Declividade média	Altitude máxima
Declividade máxima	Declividade média do curso d'água principal
Características da rede de drenagem	
Comprimento do curso d'água principal	Densidade de drenagem (Dd)
Comprimento total dos cursos d'água	Ordem dos cursos de água

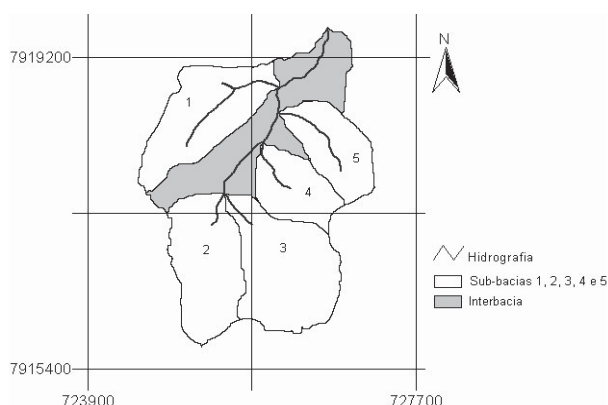


Figura 1 – Sub-bacias e bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhões, MG, 2004.

Figure 1 – Sub-basins, Cachoeira das Pombas watershed, Guanhões, MG, 2004.

A ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia (TUCCI, 2001) e pode ser determinada seguindo-se os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). Neste estudo, utilizou-se a classificação apresentada por Strahler (1957).

A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. O Mdehc foi utilizado como base para a geração do mapa de declividade. As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em seis intervalos distintos sugeridos pela Embrapa (1979), utilizando-se a técnica de reclassificação disponível na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 8.3.

O cálculo da orientação do terreno foi realizado utilizando como tema de entrada o Mdehc, sendo que a grade de exposição do terreno foi reclassificada em oito classes (SANTOS, 2001): N – NE (0° – 45°), NE – E (45° – 90°), E – SE (90° – 135°), SE – S (135° – 180°), S – SW (180° – 225°), SW – W (225° – 270°), W – NW (270° – 315°), NW – N (315° – 360°).

Quadro 2 – Classificação da declividade segundo Embrapa (1979)
Table 2 – Slope classes according to Embrapa (1979)

Declividade (%)	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suave ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo forte ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo forte montanhoso

Outra possibilidade de representar o relevo é por meio de um mapa do sombreado ou iluminação da topografia. Nesse caso, a variável representada é uma simulação do nível de luz (ou sombra) refletida pelo relevo ao ser iluminado pelo sol situado numa exposição geográfica determinada. As áreas de maior declividade, que se encontram expostas ao sol, refletirão muita luz e serão, portanto, muito visíveis; aquelas áreas que se encontram nas encostas não iluminadas diretamente pelo sol não refletirão luz e aparecerão escuras no modelo. No presente trabalho, essa representação do terreno foi obtida utilizando-se o comando *Hillshade* presente no menu do *Spatial Analyst, Surface Analysis*, com um ângulo azimutal de 315° , ângulo de elevação do Sol de 45° e o modelo digital de elevação hidrograficamente consistente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Morfometria da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas foi classificada como uma unidade pequena, pois sua área de drenagem e perímetro foram de $6,981 \text{ km}^2$ e $14,864 \text{ km}$, respectivamente (Quadro 3), e, desse modo, com boas possibilidades de controle dos fatores hidrológicos que ali interferem.

A forma da bacia é determinada por índices que relacionam com formas geométricas conhecidas, como o fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (IC). A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (VILLELA e MATTOS, 1975).

A bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas apresenta maior tempo de concentração de água da chuva pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,575) e de seu fator de forma exibir valor baixo (0,409). Esses valores indicam que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, a uma bacia alongada. Tal fato pode, ainda, ser comprovado pelo índice de circularidade, cujo valor é de 0,397.

Quadro 3 – Características da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG

Table 3 – Morphometric characteristics of Cachoeira das Pombas watershed, Guanhães, MG

Características morfométricas	Valores
Área de drenagem (A)	6,981 km ²
Perímetro (P)	14,864 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,575
Fator de forma (F)	0,409
Índice de circularidade (IC)	0,397
Padrão de drenagem	Dendrítico
Orientação	Nordeste
Declividade mínima	0,0 %
Declividade média	33,9 %
Declividade máxima	127,4 %
Altitude mínima	729 m
Altitude média	955 m
Altitude máxima	1182 m
Declividade média do maior curso d'água	0,015 m/m
Comprimento total dos canais (Lt)	7,327 km
Comprimento do canal principal (Lp)	3,215 km
Ordem da bacia	3
Densidade de drenagem (Dd)	1,049 km/km ²

Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Considerando essa característica, pode-se inferir que a bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas apresenta menor risco de enchentes nas condições normais de precipitação.

A densidade de drenagem obtida foi de 1,049 km/km². Segundo Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas, indicando, portanto, que a bacia em estudo apresentava baixa capacidade de drenagem. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler, apresentou grau de ramificação de terceira ordem na época de cheia. Ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra; considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

A altitude na bacia hidrográfica variou de 729 m a 1.182 m, sendo a altitude média de 955 m. De acordo com Castro e Lopes (2001), a altitude média influencia

a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.

A declividade média encontrada na bacia hidrográfica foi de 33,9%, sendo esse valor condizente com o relevo forte-ondulado da região. No Quadro 4, apresentam-se a reclassificação da declividade em seis classes e as informações quantitativas associadas. Observa-se também nesse quadro que a grande parte do relevo da bacia correspondeu ao ondulado forte (20 – 45 %), representando 55,8% da área total.

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo.

Quadro 4 – Distribuição das classes de declividade, bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG, 2004

Table 4 – Slope classes, Cachoeira das Pombas watershed Guanhães, MG, 2004

Declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	%
0 – 3	Plano	0,114	1,63
3 – 8	Suave-ondulado	0,222	3,17
8 – 20	Ondulado	1,110	15,90
20 – 45	Forte-ondulado	3,895	55,81
45 – 75	Montanhoso	1,468	21,02
> 75	Forte-montanhoso	0,172	2,47
Total		6,981	100

A orientação da bacia hidrográfica corresponde à sua exposição aos raios solares, tomando-se como referência os pontos cardeais. No Hemisfério Sul, as bacias com orientação norte recebem maior quantidade de calor do que as de orientação sul. O significado quantitativo em termos de produção de água das nascentes, quanto às diferenças nas orientações norte e sul das bacias, é ainda muito desconhecido. No entanto, nessas diferenças devem ser levados em consideração os diferentes tipos de cobertura vegetal, já que nas bacias de orientação norte se devem esperar maiores taxas de evapotranspiração. Também, deve-se atentar para o fato de que é esperado maior produção de água das nascentes de orientação leste do que na de oeste (CASTRO e LOPES, 2001). Em resumo, as nascentes de orientações sul e leste são conservadoras de umidade, ao passo que as de norte e oeste são dispersoras.

No Quadro 5, apresenta-se a superfície ocupada por cada classe de exposição do terreno na bacia. Aproximadamente 21% da área total da bacia apresenta orientação do terreno para a direção noroeste – norte.

O mapa de modelo sombreado do relevo obtido para a bacia, considerando-se um ângulo azimutal de 315° e uma elevação de 45° é apresentado na Figura 2. Nessa figura, as áreas sombreadas representam cerca de 33% da área total da bacia. Esse porcentual está relacionado à grande variação de declividade, o que acaba influenciando o sombreadamento.

3.2. Morfometria das sub-bacias

As características morfométricas das sub-bacias da Cachoeira das Pombas são apresentadas no Quadro 6. Em termos de densidade de drenagem, todas as sub-bacias apresentaram deficiência de drenagem, conforme os baixos índices. Com relação à forma das sub-bacias, todas exibiram forma alongada, o que pôde ser comprovado pelos valores obtidos do coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, indicando menor concentração de água da chuva e, assim, não sujeitas a enchentes.

Em termos de declividade média, os valores variaram de 29,6 a 40,4% representando um relevo forte-ondulado. Há um destaque da sub-bacia 2, que apresentou maior valor de declividade média (40,4%). Espera-se maior escoamento superficial nessa sub-bacia, em comparação com as demais, sob as mesmas condições de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, por exemplo, indicando maior predisposição à degradação.

Quadro 5 – Distribuição das áreas em função da exposição do terreno, bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhões, MG, 2004

Table 5 – Area distribution as a function of aspect, Cachoeira das Pombas watershed, Guanhões, MG, 2004

Orientação (graus)	Exposição	Área (km ²)	%
0 - 45	N - NE	1,119	16,03
45 - 90	NE - E	0,896	12,83
90 - 135	E - SE	0,865	12,39
135 - 180	SE - S	0,387	5,54
180 - 225	S - SW	0,282	4,04
225 - 270	SW - W	0,608	8,71
270 - 315	W - NW	1,364	19,54
315 - 360	NW - N	1,460	20,92
Total		6,981	100

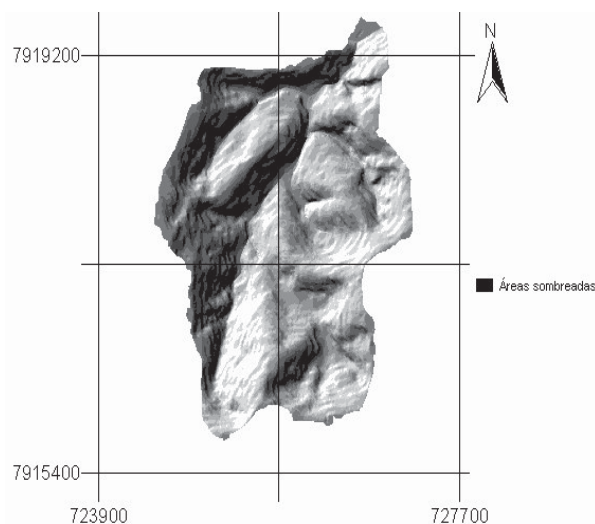


Figura 2 – Ilustração das áreas sombreadas e bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG, 2004.

Figure 2 – Hillshade illustration, Cachoeira das Pombas watershed, Guanhões, MG, 2004.

Observa-se, no Quadro 7, a distribuição das classes de declividade em cada sub-bacia. Em média, mais de 50% da área total de cada sub-bacia apresenta relevo forte-ondulado.

A análise do Quadro 8 indicou que as sub-bacias 1 e 4 apresentaram, respectivamente, cerca de 23 e 28% do seu terreno orientado para a direção NW - N. Nas sub-bacias 2 e 5, cerca de 33% e 26% do terreno estava orientado para W - NW, respectivamente. A sub-bacia 3 possui 25% de seu terreno direcionado para N - NE.

Quadro 6 – Características das sub-bacias e bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhões, MG, 2004
Table 6 – *Morphometric characteristics, Cachoeira das Pombas sub-basins, Guanhões, MG, 2004*

Características morfométricas	Sub-bacias				
	1	2	3	4	5
Área de drenagem (km ²)	1,265	1,246	1,503	0,680	0,773
Perímetro (km)	6,736	5,888	6,488	4,368	4,784
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,677	1,477	1,482	1,483	1,524
Fator de Forma (F)	0,313	0,358	0,391	0,381	0,372
Índice de circularidade (IC)	0,351	0,452	0,449	0,448	0,424
Orientação	NE	N	NO	NO	NO
Declividade mínima (%)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2
Declividade média (%)	29,6	40,4	32,9	35,6	34,7
Declividade máxima (%)	117,7	113,6	107,5	127,4	102,7
Altitude mínima (m)	762	791	790	778	771
Altitude média (m)	860	973	1030	910	907
Altitude máxima (m)	1022	1182	1181	1098	1050
Comprimento do canal principal (km)	1,541	0,461	0,521	0,742	1,183
Comprimento total dos canais (km)	1,726	0,461	0,521	0,742	1,183
Ordem dos cursos d'água	2	1	1	1	1
Densidade de drenagem	1,364	0,370	0,347	1,090	1,530

Quadro 7 – Distribuição das classes de declividade em percentil, nas sub-bacias da Cachoeira das Pombas Guanhões, MG, 2004

Table 7 – *Slope classes distribution (%), Cachoeira das Pombas sub-basins, Guanhões, MG, 2004*

Classe de declividade	Sub-bacias*				
	1	2	3	4	5
0 - 3 %	1,94	1,37	0,97	0,19	1,15
3 - 8 %	5,45	2,37	3,64	0,90	1,84
8 - 20 %	22,95	7,30	16,33	14,76	16,75
20 - 45 %	52,75	52,40	57,99	59,86	56,90
45 - 75 %	15,69	31,97	19,28	20,45	20,84
> 75 %	1,23	4,59	1,80	3,85	2,53

*Área em porcentagem(%)

A declividade média do curso d'água principal é outro aspecto relevante da morfometria, pois interfere na velocidade do escoamento da água no curso, como mostrado no Quadro 9. Nota-se, nesse quadro, que o curso d'água da sub-bacia 4 apresentou a maior declividade média (0,999 m/m), indicando maior escoamento de água nessa sub-bacia e menor tempo de permanência da água, sendo, assim, conveniente um manejo de solo e água mais intensivo. Em contrapartida, o curso d'água da sub-bacia 1 apresentou o menor valor de declividade média (0,022 m/m). Na bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, o valor encontrado foi ainda menor, 0,015 m/m, entre 797,07 m e 747,07 m no comprimento do curso d'água principal igual a 3.215 m.

Quadro 8 – Distribuição das áreas na forma de percentil, em função da exposição do terreno nas sub-bacias da Cachoeira das Pombas Guanhões, MG, 2004

Table 8 – *Area distribution (%), as a function of aspect, Cachoeira das Pombas sub-basins, Guanhões, MG, 2004*

Exposição (graus)	Discriminação	Sub-bacias*				
		1	2	3	4	5
0 - 45	N - NE	15,97	8,93	25,05	19,32	22,12
45 - 90	NE - E	16,95	21,90	7,60	5,29	3,89
90 - 135	E - SE	22,19	15,05	6,47	0,05	0,14
135 - 180	SE - S	12,62	0,85	0,28	0,00	0,54
180 - 225	S - SW	5,00	0,10	5,77	2,77	10,12
225 - 270	SW - W	0,13	2,07	17,12	21,04	18,53
270 - 315	W - NW	4,61	32,48	16,86	23,53	25,48
315 - 360	NW - N	22,52	18,63	20,85	28,00	19,17

*Área em porcentagem(%)

Quadro 9 – Declividade média dos cursos d'água principais nas sub-bacias da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhães, MG, 2004

Table 9 – Mean slopes of the main water courses, Cachoeira das Pombas sub-basins, Guanhães, MG, 2004

Sub-bacia	Z10 (m)	Z85 (m)	Diferença de nível (m)	Declividade (m/m)
1	797,82	763,73	34,09	0,022
2	814,98	801,35	13,63	0,394
3	883,64	803,61	80,03	0,205
4	836,41	780,82	55,59	0,999
5	877,70	776,01	101,69	0,115

4. CONCLUSÕES

- A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nas condições atuais da bacia hidrográfica permitiram concluir que a bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas possui a forma alongada, evidenciando menor risco de cheias em condições normais de pluviosidade anual.

- A declividade média encontrada na bacia foi de 33,9%, caracterizando o relevo como forte-ondulado, drenagem deficiente ($Dd = 1,049 \text{ km/km}^2$) e precipitação anual de 1.183 mm. Esses parâmetros têm grande influência sobre o escoamento superficial e, conseqüentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, provocando, assim, assoreamento e eutrofização dos corpos d'água.

- O padrão de drenagem formado pelos cursos d'água caracteriza-se como do tipo dendrítico, com baixo grau de ramificação (ordem 3).

- Grande porcentagem do terreno da bacia em estudo possuía seu terreno voltado para a face norte-oeste (aproximadamente 41%), indicando deficiência na retenção de umidade.

- A morfometria diferenciada entre as sub-bacias, principalmente em termos de declividade, exposição do terreno e declividade média do curso d'água principal, indica um provável comportamento hidrológico também diferenciado, o que evidencia a necessidade de um manejo específico de cada uma dessas sub-bacias.

5. AGRADECIMENTOS

À CENIBRA S.A., por todo o apoio, fornecimento de dados e informações essenciais para o andamento deste trabalho; e ao CNPq, pela concessão da bolsa durante parte do período de estudos.

6. 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**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas**. 1970. 375 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. A mecânica do transporte fluvial. **Geomorfologia**, n. 51, p. 1-42, 1977.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 130-132, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

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**, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.

POLITANO, W.; PISSARRA, T.C.T.; 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**, v. 28, p. 297-305, 2004.

SANTOS A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG**. 2001. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, p. 597- 646, 1956.

SOUZA, M.J.H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F.P. Balanço hídrico e caracterização climática de Guanhães, Nova Era e Rio Doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003. v 2. p.131-132.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of American Geophysical Union**, p. 913-920, 1957.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of climatology, 1955. 104 p.

TOLENTINO, M.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. Estudo morfométrico das bacias hidrográficas do Planalto de São Carlos - SP. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 30, n. 4, p. 42-50, 1968.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 2001. 943p.

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