



**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS DE JUIZ DE FORA
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

ADRIANA RIBEIRO AREDE

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDRODINÂMICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ – JUIZ DE FORA/MG**

**JUIZ DE FORA
2011**

ADRIANA RIBEIRO AREDE

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E HIDRODINÂMICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ – JUIZ DE FORA/MG**

Monografia de conclusão de curso apresentada
ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à
obtenção do título de “Tecnólogo em Gestão
Ambiental” e aprovada pelo orientador:

Marco Aurélio Miguel Silva

**JUIZ DE FORA
JULHO/2011**

A Deus, minha Família e Amigos.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores do curso de Meio Ambiente da UNIPAC em especial ao meu orientador Marco Aurélio Miguel Silva pelo apoio e incentivo;

Aos meus amigos de curso que foram essenciais para essa conquista em especial aos amigos Fábio, José Célio, Leonardo, Pablo e Wagner Geovanini integrantes do nosso grupo dos trabalhos acadêmicos;

À minha irmã Zezé que foi uma grande incentivadora para que eu desistisse da minha graduação;

Aos meus pais que certamente se sentiriam muito felizes com a realização desta minha empreitada;

À minha filha pela compreensão dos momentos ausentes;

Em especial ao meu amado Rafael que foi meu maior incentivador, esteve comigo em todos momentos, acreditando e reconhecendo minhas limitações como profissional e ser humano, sem seu apoio esse sonho não seria realizado

À Deus por ter me dado o dom da vida.

Muito Obrigado

“Sonho que se sonha só, é só um sonho que se se sonha só.

Mas sonho que se sonha junto é realidade.”

Raul Seixas

RESUMO

A bacia hidrográfica deve ser considerada uma unidade de planejamento, já que favorece o acompanhamento das alterações introduzidas pelo homem ao uso e ocupação do solo.

O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá, localizada no município de Juiz de Fora/MG em seus aspectos morfométricos, físicos e hidrológicos. Para sua realização elaborou-se uma pesquisa bibliográfica em fontes impressas e digitais com o objetivo de fazer a caracterização fisiográfica da BHCH, delimitou-se área da bacia através das Cartas Geográficas do IBGE de: (i) Matias Barbosa (Folha SF-23-X-D-V-3; MI-2681-3) e (ii) Juiz de Fora (Folha SF-23-X-D-IV-1) de escala de 1:50.000, utilizando o software AutoCad 2000. Com a determinação da área, perímetro e comprimento dos cursos d'água, foi possível calcular os parâmetros morfométricos e fazer uma estimativa da vazão em um ponto da bacia para diversos tempos de recorrência em anos.

De acordo com os resultados obtidos, mediante a correlação entre os fatores morfométricos, pode-se afirmar que a área da bacia é significativa, classificado como quarta ordem e o comprimento do Córrego Humaitá apresenta-se elevado com desnível de 175 m, possui uma densidade alta, o padrão de drenagem foi classificado como Dendrítico e devido aos valores de relação de bifurcação revela que a bacia é equilibrada. O estudo revelou ainda, que a ocupação do uso do solo da BHCH apresenta forte ação antrópica caracterizada pelas regiões de solos expostos (60%) e edificações (18%) e poucos fragmentos de mata (22%) afetando a vazão estimada naquela área.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Morfometria e Hidrodinâmica

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura II.1- Os comitês e agências de bacia no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos (ANA, 2002.).....	3
Figura II.2 – Mapa de localização da Bacia do Rio Paraibuna inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	5
Figura III.1 – Localização do município de Juiz de Fora inserido na região Sudeste.....	7
Figura III.2 – Foto aérea da Bacia do Córrego Humaitá.....	8
Figura III.3 - Gráfico da precipitação mensal em Juiz de Fora (1974-2004).....	10
Figura III.4 - Uso e ocupação do solo na bacia do Rio Paraibuna (ORLANDO E LEAL, 2006).....	13
Figura IV.1 – Bacia Hidrográfica do Córrego de Humaitá, município de Juiz de Fora / MG.....	16
Figura IV.2 – Arranjo espacial da bacia apresenta padrão de drenagem dendrítica.....	17
Figura IV.3 – Dados da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.....	18
Figura IV.4 – Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá obtida pelo Método de STRAHLER (1952) - 4ª ordem.....	19
Figura IV.5 – Determinação do índice de circularidade (Ic) da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.....	23
Figura V.1- Coordenada de localização da estação climatológica de Juiz de Fora/MG (GPRH, Plúvio 2.1).....	27
Figura V.2 – Imagem aérea da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá BHCH.....	30
Figura V.3 – Mapa de Ocupação do Solo da BHCH.....	31
Figura V.4 – Percentual de ocupação do solo na BHCH.....	32
Figura V.5 – Obras de arte corrente do córrego Humaitá responsáveis pela travessia sob: (a) e (b) Avenida JF; (c) e (d) Ferrovia da MRS; (e) e (f) Avenida Brasil.....	34
Figura V.6 – Seções do canal do córrego Humaitá trechos: (a) e (b) montante e jusante da entrada do Condomínio Fazenda Ecológicas; (c) e (d) perímetro urbano com edificações densas - ocorre transbordamento no período de chuvas intensas; (e) e (f) montante e jusante da OAC sob a Avenida JK; (g) jusante da OAC sob Ferrovia da RS e (h) montante da OAC sob a Avenida Brasil – capacidade hidráulica insuficiente (registro de transbordamentos).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela IV.1 – Classificação dos valores de densidade de drenagem.....	20
Tabela IV.2 – Determinação da Relação de Bifurcação (Rb).....	24
Tabela V.1 – Intensidades pluviométricas para os tempos de concentração de 15, 25, 50 e 100 anos.....	28
Tabela V.2 - Percentual da ocupação do solo na bacia do Córrego Humaitá e determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial Ponderado.....	31
Tabela V.3 – Vazões para os diversos tempos de concentrações.....	32
Tabela VI.1 – Características Fisiográficas da Bacia do Córrego Humaitá (BHCH).....	36

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
I.1 – Introdução.....	1
I.2 – Organização do Trabalho.....	1
 CAPÍTULO II - GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	 2
II.1 – Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	2
II.2 – Comitê da Bacia Hidrográfica.....	4
II.3 – Manejo de Bacias Hidrográficas.....	5
 CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO.....	 7
III.1 – Localização da área de estudo	7
III.2 – Diagnóstico Meio Físico.....	9
III.2.1 – Clima.....	9
III.2.2 – Geomorfologia.....	10
III.2.3 – Geologia.....	11
III.2.4 – Pedologia.....	12
III.2.5 – Hidrografia.....	12
III.3 – Uso e ocupação.....	12
III.4– Meio Sócio-Econômico.....	13
 CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ.....	 15
IV.1 – Introdução.....	15
IV.2 – Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.....	15
IV.3 – Padrão de Drenagem.....	16
IV.4 – Dados da Bacia.....	17
IV.5 – Hierarquia Fluvial.....	18
IV.6 – Densidade de Drenagem.....	20
IV.7 – Coeficiente de Manutenção.....	21
IV.8 – Índice de Circularidade.....	22
V.9 – Relação de Bifurcação.....	23
IV.10 – Declividade Média.....	24

V.11 – Coeficiente de Rugosidade.....	25
---------------------------------------	----

CAPÍTULO V - ASPECTOS HIDRODINÂMICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ.....26

V.1 – Intensidade Pluviométrica.....	26
--------------------------------------	----

V.2 – Tempo de Concentração.....	27
----------------------------------	----

V.3 – Estimativa da Vazão de Pico Máxima no ponto de encontro entre o Córrego Humaitá e o Rio Paraibuna.....	28
--	----

V.3.1 – Método Racional para Determinação da Vazão	28
--	----

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO.....36

VI.1 - Conclusão.....	36
-----------------------	----

VI.2 – Recomendações para Futuros Trabalhos.....	37
--	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....38

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

I.1 - Introdução

O presente trabalho aborda a caracterização morfométrica e hidrodinâmica da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá e ainda apresenta um cálculo simplificado para estimativa da vazão com esse cálculo faz-se uma breve análise de como o uso ocupação do solo pode influenciar o comportamento da bacia e sugere que um Plano de Manejo pode melhorar as condições hidrológicas da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

I.2 – Organização do Trabalho

O capítulo II aborda a Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil e faz-se uma avaliação da Lei de Recursos Hídricos com destaque para a importância do conhecimento das características da bacia para o gerenciamento da mesma.

O capítulo III descreve o local onde está localizada a Bacia do Córrego Humaitá, e as características físicas (geologia, geomorfologia, solos e clima) da bacia.

No capítulo IV e V são apresentados os parâmetros morfométricos que caracterizam a bacia, o cálculo simplificado da estimativa da vazão na bacia para diferentes tempos de recorrência no ponto de encontro com o Rio Paraibuna e uma breve análise de comportamento de como o uso ocupação da bacia pode influenciar no aumento da vazão no ponto estudado.

Finalmente, o capítulo VI apresenta-se uma Tabela dos resultados dos parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá e resume as conclusões reportadas no trabalho.

CAPÍTULO II - GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

II.1 – Gerenciamento de Recursos Hídricos

A sobrevivência da humanidade está associada ao uso da água, e por isso está classificada como fonte de vida, a água é um elemento imprescindível às várias formas de vida presentes no planeta. Observa-se que ao longo dos anos, que o uso indiscriminado da água e as fortes agressões que o meio ambiente vem sofrendo, foram fatores que contribuíram para interferir na boa qualidade e na disponibilidade desse recurso a nível global.

A promulgação da lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, foi um grande passo para o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil.

Essa lei estabelece princípios e normas importantes para a gestão da água em todo território nacional e tem como fundamentos básicos:

- O reconhecimento que a água é um recurso natural finito e dotado de valor econômico, podendo os poderes públicos citados cobrar pelo seu uso;
- A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- Que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- A definição do uso prioritário dos recursos hídricos em situação de escassez, que deverá ser para o consumo humano e dessedentação de animais; e
- A descentralização da gestão dos recursos hídricos, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. (BRASIL, 1997).

Outra lei de grande importância para o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil é a de nº 9.984, que criou a Agência Nacional de Águas (ANA) que é o órgão responsável pela regulação de todos os sistemas de uso da água no país.

A promulgação da Lei das Águas de 1997 e das legislações complementares representa um avanço na gestão de recursos hídricos em termos de planejamento e gestão das águas, porque antes dessas leis, o gerenciamento era restrito aos órgãos gestores tradicionais, responsáveis, sobretudo, pela aplicação da outorga de direitos de uso (permissão obrigatória para captar as águas dos rios e aquíferos) e sua fiscalização,

às agências ambientais que controlam as fontes poluidoras através do licenciamento ambiental.

Segundo o Ceivap (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), a grande novidade foi inserir organismos colegiados de tomada de decisão nos espaços vazios do antigo sistema de gestão, em nível federal, estadual e da bacia hidrográfica (conselhos e comitês), que passaram a incorporar ao processo decisório de gestão das águas atores tradicionalmente excluído (municípios, usuários e organizações civis). A descentralização do processo de planejamento e gestão é ainda mais fortalecida ao criarem-se instituições executivas, ágeis e flexíveis (agências de bacia) para dar suporte técnico, administrativo e financeiro aos comitês de bacia; a criação das agências está estreitamente vinculada à implantação da cobrança pelo uso da água em nível de bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica — comitês e agências de bacia — passa, portanto, a ser o “centro de gravidade” do novo sistema de gestão das águas.

A Figura II.1 apresenta um organograma dos comitês e agências de bacias no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, SNGRH.

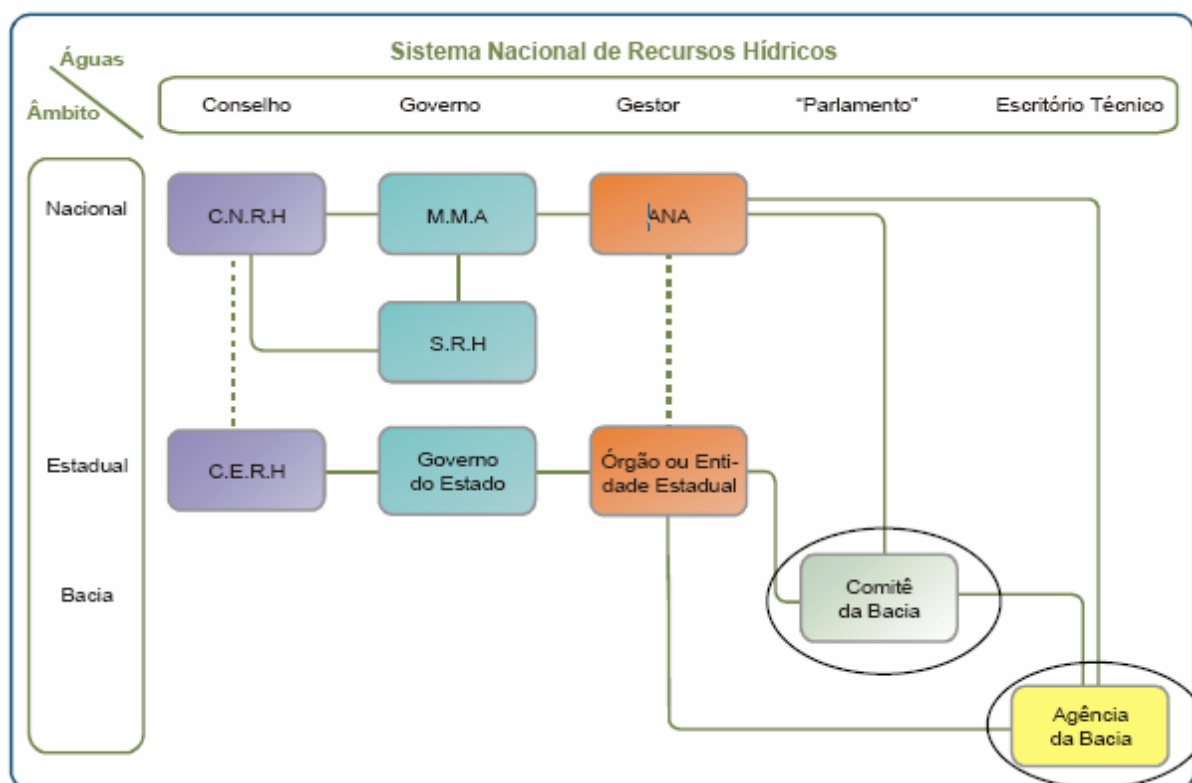


Figura II.1- Os comitês e agências de bacia no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos (ANA, 2002.).

II.2 – Comitê da Bacia Hidrográfica

A Lei das Águas de 1997 instituiu como um dos objetivos do gerenciamento do sistema nacional dos recursos hídricos a instituição dos comitês de bacias hidrográficas que terão como área de atuação: a totalidade de uma bacia hidrográfica, a sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia ou de tributário desse tributário, ou um grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas (BRASIL, 1997).

Os comitês de bacias Hidrográficas são colegiados instituídos por Lei, no âmbito do Sistema Nacional de Recursos Hídricos e dos Sistemas Estaduais.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são considerados a base da gestão participativa e integrada da água, são colegiados deliberativos e consultivos e atuam na área de sua unidade de gerenciamento, ou seja, na sua bacia. São compostos por representantes do Poder Público, da sociedade civil e de usuários de água e podem ser oficialmente instalados em águas de domínio da União e dos Estados, existem comitês federais e comitês de bacias de rios estaduais, definidos por sistemas e leis específicas.

Como foram definidos em lei, todos são iguais e têm as mesmas responsabilidades. Cabem ao comitê as seguintes atribuições, dentre outras: aprovar o Plano de Bacias, nos quais são definidas as propostas de aplicação de recursos financeiros, além de programas e ações que visam promover a integração entre os usuários das águas, a manutenção e recuperação dos recursos hídricos, resolver conflitos de uso da água, promover debates e discussões das entidades envolvidas ou intervenientes, acompanhar os planos de uso dos recursos hídricos das respectivas bacias e o desenvolvimento dos mesmos.

Esses comitês geralmente são formados por representantes dos órgãos competentes, e com pelo menos 50% de representantes dos usuários, das comunidades e das organizações sociais ligadas às respectivas bacias, fator que mesmo previsto em lei pode comprometer uma boa gestão, porque os representantes dos usuários, das comunidades e organizações sociais podem interferir para defender o uso da água de acordo com interesses locais.

O CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) é o comitê responsável pela Bacia do Rio Paraíba, onde está localizado a bacia do córrego Humaitá objeto do presente estudo. A Figura II.2 mostra o mapa de localização da Bacia do Rio Paraíba inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

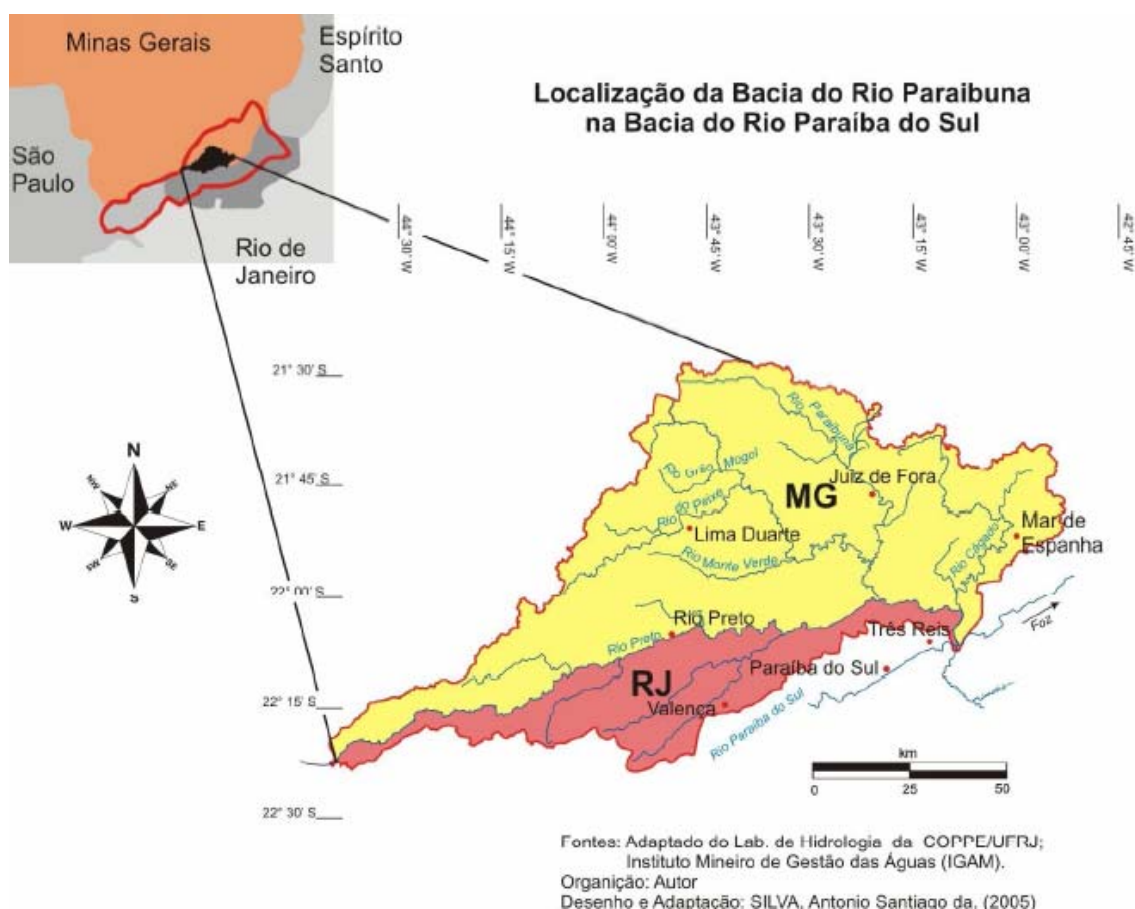


Figura II.2 – Mapa de localização da Bacia do Rio Paraibuna inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

II.3 – Manejo de Bacias Hidrográficas

O manejo de bacias hidrográficas, na concepção original da Sociedade Americana de Engenheiros Florestais, é definido como o uso racional dos recursos naturais de uma bacia, visando produção de água em quantidade e qualidade.

As bacias hidrográficas têm que ser consideradas como unidades fundamentais para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e os serviços ambientais podem ser mantidos para atender às necessidades da crescente população mundial. (MOULD, 1980; FAO, 1991; BROOKS et al., 1991).

O manejo de bacias hidrográficas é definido como: o “processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de

produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água”. (BROOKS et al., 1991).

Ressalta-se que o manejo adequado das bacias hidrográficas é uma estratégia destinada à solução de um conjunto de problemas associado à problemática da água no planeta.

CAPÍTULO III – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO

III.1 – Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Humaitá, está localizada no município de Juiz de Fora (MG) a 21° 41' 20" de latitude sul e a 43° 20' 40" de longitude oeste, a sudeste do Estado de Minas Gerais, na Mesorregião Geográfica da Zona da Mata Mineira, Microrregião 065.

O município de Juiz de Fora faz fronteira, ao norte, com os municípios de Ewbanck da Câmara e Santos Dumont, ao sul com Matias Barbosa e Belmiro Braga, a leste com Chácara e Bicas e a oeste com Lima Duarte e Pedro Teixeira. Apresenta altitude máxima de 1.104m e mínima de 467m, sendo seu centro comercial localizado a uma altitude de 678m. Seus principais acessos são pelas Rodovias Federais BR-040, que liga os municípios de Belo Horizonte e Rio de Janeiro, e BR-267, além da Rodovia Estadual MG-353. A Figura III.1 apresenta o mapa de localização da cidade de Juiz de Fora, inserido na região sudeste.



Figura III.1 – Localização do município de Juiz de Fora inserido na região Sudeste.

A Bacia do Córrego Humaitá de acordo com o Plano Diretor de desenvolvimento e urbano de Juiz de Fora (2004), faz parte da Região de Planejamento 11 – RP Benfica e Unidades de Planejamento 11D e 11E.

Segundo a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, a RP Benfica tem sofrido um processo de expansão bastante intenso nos últimos anos impulsionado pela implantação de novos empreendimentos na região e pelo esgotamento da capacidade da infraestrutura ao longo da área central do município.

A região abriga empresas de pequeno, médio e grande porte, mas observa-se o predomínio do uso residencial na região, com lotes de pequenas dimensões, ocupados por residências unifamiliares ou conjuntos habitacionais constituídos de unidades isoladas ou de prédios de 3 ou 4 pavimentos.

Em relação à vegetação, é importante destacar que o município de Juiz de Fora passou por profundas transformações ao longo do último século, sobretudo em função da ocupação humana e do uso da terra, o que faz com que a vegetação original seja hoje representada por pequenas manchas em restritas e isoladas áreas. A Figura III.2, caracteriza a localização da área em estudo com uma foto aérea da Bacia Córrego Humaitá.



Figura III.2 – Foto aérea da Bacia do Córrego Humaitá

III.2 – Diagnóstico Meio Físico

III.2.1 – Clima

O município de Juiz de Fora, está inserido na região Sudeste brasileira, que é caracterizado por uma diversidade climática. Segundo NIMER (1989), essa diversidade deve se à orografia da região, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação.

De acordo com a classificação de W. Köppen, o município apresenta clima mesotérmico com verões quentes e chuvosos, denominado de Cwb. Este clima pode também ser definido, genericamente, como Tropical de Altitude, por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, em vista do relevo local apresentar altitudes médias entre 700 e 900 m, o que contribui para a amenização das suas temperaturas.

O clima na cidade apresenta como característica principal a ocorrência de duas estações bem definidas: uma que vai de outubro a abril, registrando temperaturas mais elevadas e um maior volume de precipitações e a outra que corresponde ao inverno que vai de maio a setembro apresentando uma menor temperatura e menor presença de precipitações.

O índice pluviométrico médio anual da cidade de Juiz de Fora é de 1.5356 mm, sendo que o mês de janeiro possui maior índice, em torno de 298 mm e a média térmica anual oscila em torno de 19,2°C, observações realizadas pelos pesquisadores da estação climatológica durante três décadas demonstram que o índice pluviométrico máximo anual ocorre de novembro a março, dados importantes para análise de comportamento de uma bacia.

Segundo STAICO (1977) “o funcionamento hidrográfico da bacia é afetado por dois conjuntos de fatores: a estrutura física da bacia e o regime pluvial e climatológico”. A Figura III.3.1 apresenta um gráfico com registro das precipitações mensais em Juiz de Fora nos anos de 1974 a 2004.

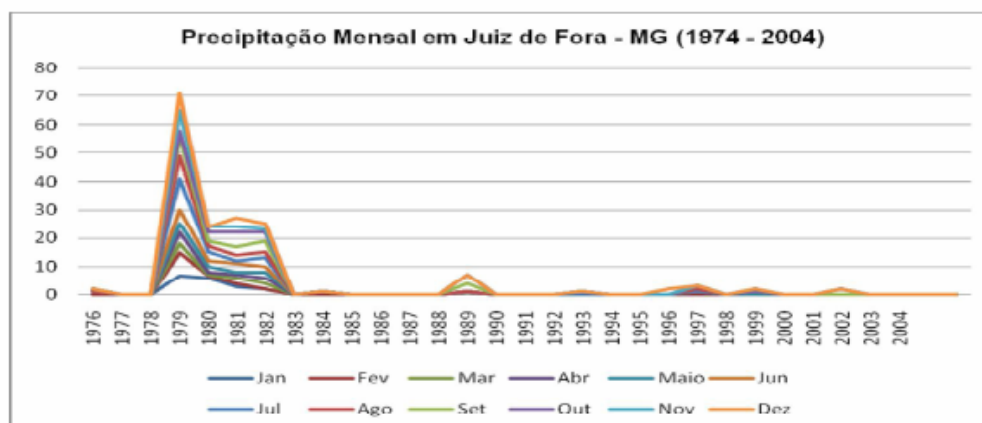


Figura III.3 - Gráfico da precipitação mensal em Juiz de Fora (1974-2004).

III.2.2 – Geomorfologia

O Município de Juiz de Fora está localizado na Unidade Serrana da Zona da Mata, pertencente à Região Mantiqueira Setentrional. Essa região distingue-se por ser montanhosa, com altitudes próximas a 1.000 m nos pontos mais elevados, 670 a 750 m no fundo do vale do rio Paraibuna e níveis médios em torno de 800 m.

O relevo local apresenta características bastante alteradas devido à intervenção antrópica, mas é fundamentalmente constituído por morros, com vales profundos de encostas íngremes, o que contribui para um elevado índice pluviométrico anual o que imprime ao município uma dinâmica superficial bastante intensa.

Ao longo do Rio Paraibuna, especificamente na área urbana do município de Juiz de Fora, de acordo com dados da Companhia de Saneamento Básico de Juiz de Fora – MG (CESAMA), são encontrados dois grandes compartimentos geomorfológicos que se individualizam, principalmente em função do substrato, ou seja, dos aspectos geológicos: ao norte, os terrenos ocupados pelo Gnaiss Piedade e ao sul, pelas rochas antigas do Complexo Juiz de Fora.

As áreas do Complexo Juiz de Fora possuem um relevo mais acidentado. Constituem relevos elevados topograficamente com aspecto serrano e amplitudes topográficas de até 200 m.

O Complexo Juiz de Fora é constituído por charnoquitos, granulitos, gnaisses bandados, gnaisses de composição granodiorítica, gnaisses cataclásticos, ortogonaisses, granitos diversos, milonitos e, por último, por rochas intrusivas Graníticas.

As rochas que constituem esse domínio são de idade arqueana e proterozóica e seus traços estruturais se caracterizam por serem espaçados e difusos, tendo as principais direções de falhamentos paralelos à direção geral de foliação NNE-SSW.

No domínio do Gnaiss Piedade, os Migmatitos nitidamente predominantes exibem um relevo altamente dissecado pelas ações pluviais e fluviais, com topos alongados e estreitos, além de rios com vales mais abertos.

III.2.3 – Geologia

Enquadrando-se na morfogênese do vale do Paraíba do Sul, a bacia do Rio Paraibuna é geologicamente formada por rochas cristalinas de idade muito antiga, como gnaisses e granitos, onde predomina rochas metamórficas de forte grau de metamorfismo.

SOARES (2005) apresenta, de acordo com o diagnóstico elaborado pela equipe técnica do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora (1996), o mapeamento geológico da bacia do Rio Paraibuna com as seguintes classes:

- Areias e Argilas;
- Anfíbolitos e Metabasitos;
- Charnockitos/Granulitos;
- Gnaisses intercalados com quartzo;
- Migmatitos intercalados com quartizito;
- Gnaisses bandados;
- Gnaisses com blastomilonitos

II.2.4 – Pedologia

A base geológica do município de Juiz de Fora é formada de rochas de idade bastante antiga (Arqueano). De acordo com STAICO (1977) as classes de solo predominantes na região da cidade de Juiz de Fora (MG) são o Latossolo vermelho – amarelo (LVa) responsáveis pelo desenvolvimento da floresta estacional semidecidual, que é a cobertura vegetal original da região, Latossolo Amarelo (LA), Argissolos vermelho amarelo, Cambissolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e Gleissolos. Nas porções de Várzeas, sujeitas a inundações, são encontrados solos aluviais e Gleis pouco húmicos. Geotecnicaamente citam-se os solos de alteração, de composição areno-

siltosa e argilo-arenosa, os quais se caracterizam por apresentar estruturas reliquias das rochas locais e elevada propensão a erodibilidade.

III.2.5 – Hidrografia

O Município de Juiz de Fora está inserido na bacia do Médio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul, e seu perímetro urbano é drenado por 156 sub-bacias de diversas dimensões.

Do ponto de vista morfológico, a bacia do Médio Paraibuna possui tributários com perfis longitudinais relativamente acentuados, que desembocam no rio principal com gradiente moderadamente baixo.

O rio Paraibuna possui declividade média bastante variada, sendo que no trecho urbano de Juiz de Fora é bastante moderada, da ordem de 1,0m/km.

III.3 – Uso e ocupação

Juiz de Fora cresceu como a maioria das cidades brasileiras, sem plano de conjunto que corrigisse os defeitos existentes, que evitasse a repetição de erros no futuro.

Em 1897, após a construção da rodovia União e Indústria, a população achegou-se aos poucos ao rio, invadindo a baixada e começando mesmo a transpô-lo para a outra margem. Hoje tanto a via férrea como o rio foram envolvidos pela cidade que se desenvolveu continuamente ao longo do vale do Rio Paraibuna. A Figura II.1 apresenta o mapa do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Paraibuna.

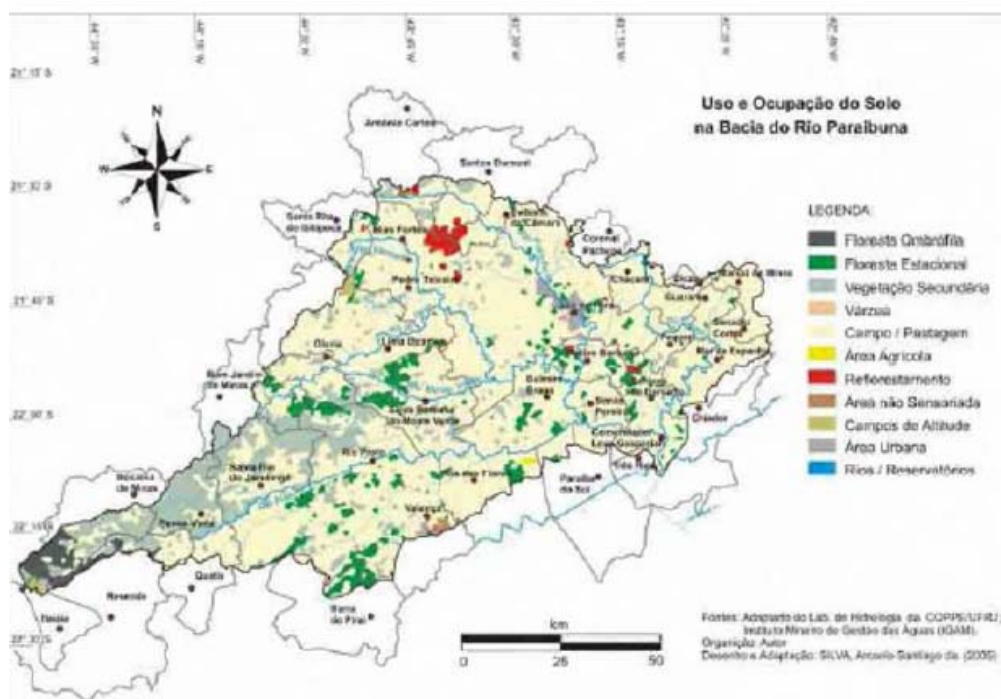


Figura III.4 - Uso e ocupação do solo na bacia do Rio Paraibuna (ORLANDO E LEAL, 2006).

O uso e ocupação do solo e o somatório de causas como: ocupação desordenada das suas margens, estrangulamento de seção por construção de pontes com vão insuficiente, desmatamento contínuo de florestas na bacia, acúmulo de lixo no leito, ocupação desordenada dos afluentes no trecho urbano, baixa declividade do leito são algumas causas para o aumento da vazão na bacia e conseqüentemente, para o aumento de pontos de inundação detectados ao longo do trecho do Córrego Humaitá.

III.4 – Meio Sócio-Econômico

O município de Juiz de Fora está localizado na Zona da Mata Mineira, na Bacia do rio Paraíba do Sul, possuindo uma área de 1.437,8 km², sendo aproximadamente 400 km² de área urbana. Sua população é estimada em mais de 526 mil habitantes, de acordo com o do IBGE (2009), onde aproximadamente 99,16% do total vivem na área urbana.

O município mantém seu destaque econômico no setor terciário, com destaque para os serviços ligados à área de educação, segundo CREMONESE (2007), contamos com um universo composto por treze instituições de ensino superior, sendo a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) a única instituição pública nesse nível.

Devido aos processos históricos e de localização geográfica, somada ao destaque do setor terciário na região, principalmente em relação ao comércio e aos serviços nas áreas de educação e saúde, Juiz de Fora continua na posição de cidade pólo da Zona da Mata Mineira, influenciando também as cidades fluminenses mais próximas à divisa estadual.

CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

IV.1 – Introdução

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na descrição sucinta dos fatores topográficos, geológicos, geomorfológicos e de ocupação do solo intervenientes na geração de escoamentos e na determinação de coeficientes definidores da forma, drenagem, declividade da bacia, entre outros.

IV.2 – Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá

A delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá (BHCH), foi executada com base nas Cartas Geográficas do IBGE de: (i) Matias Barbosa (Folha SF-23-X-D-V-3; MI-2681-3) e (ii) Juiz de Fora (Folha SF-23-X-D-IV-1; MI-2681/1) em escala de 1:50.000, foi feita identificação das curvas de nível de valores maiores e a interpretação da geometria, desse modo, foi possível estabelecer os divisores topográficos e assim fazer o traçado que caracteriza a BHCH.

A Figura IV.1 apresenta a Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá, obtida com base nas Cartas Geográficas do IBGE de: (i) Matias Barbosa (Folha SF-23-X-D-V-3; MI-2681-3) e (ii) Juiz de Fora (Folha SF-23-X-D-IV-1; MI-2681/1), com a identificação das seguintes informações:

- (i) área da bacia (24.827.466,22 m² ou 24,83 km²);
- (ii) perímetro bacia (26.650,49 m);
- (iii) hierarquia fluvial pelo método de STRAHLER (1952) - 4ª ordem;
- (IV) comprimento, cotas de montante (nascente, 850 m) e jusante (Rio Paraibuna, 675 m);
- (v) declividade média do canal principal igual a 1,79%; e
- (vi) comprimento unitário de cada curso d'água.

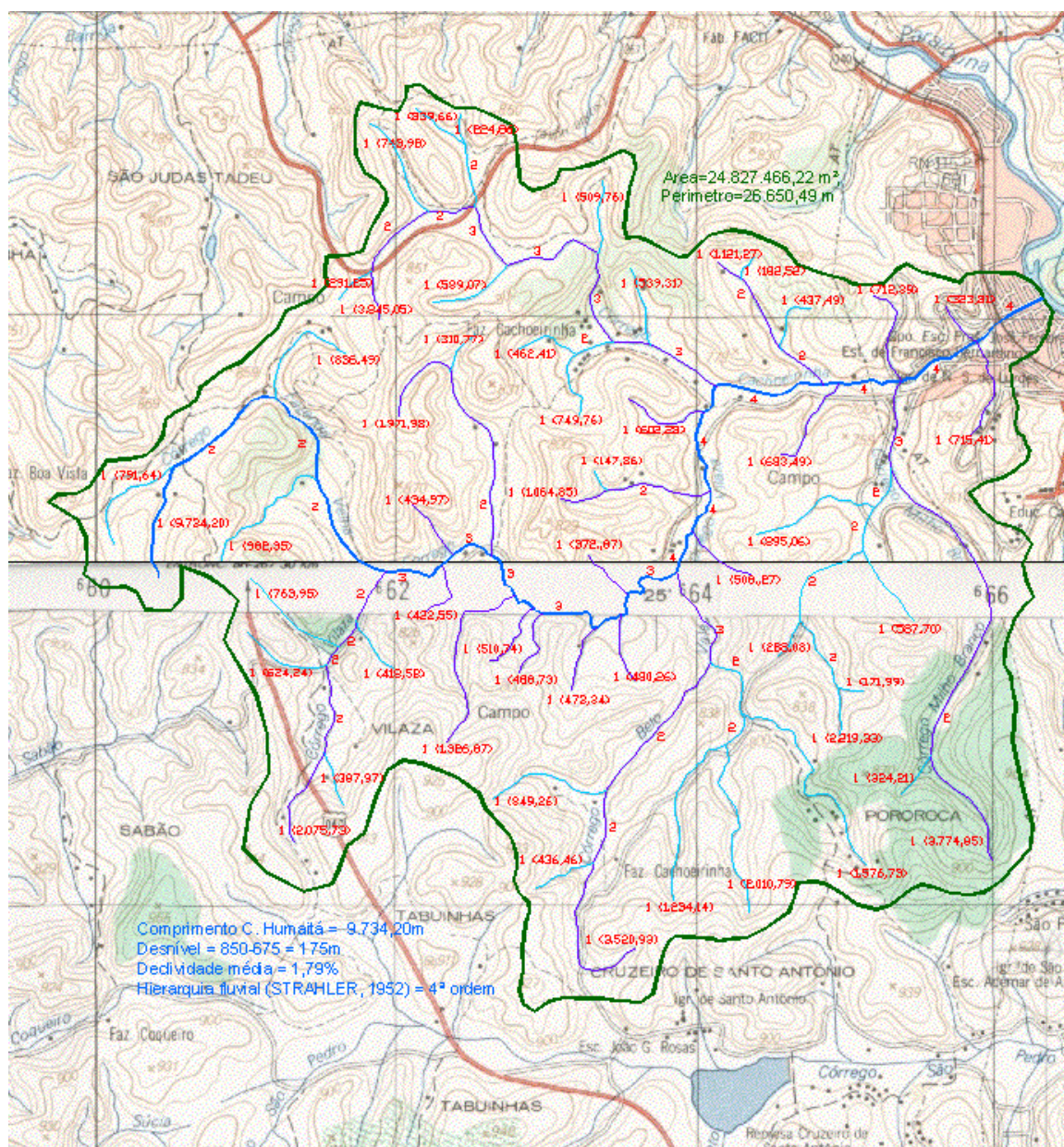


Figura IV.1 – Bacia Hidrográfica do Córrego de Humaitá, município de Juiz de Fora / MG.

IV.3 – Padrão de Drenagem

O conhecimento mais detalhado do sistema de drenagem é de grande importância para o estudo de uma bacia hidrográfica. De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980), os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência

litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

O padrão de drenagem que caracteriza a Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá (BHCH) pode ser definido genericamente como Dendrítico, seu desenvolvimento se assemelha à configuração de uma árvore. A Figura IV.2 revela que o arranjo espacial dos cursos fluviais da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá apresenta um padrão de drenagem Dendrítica.

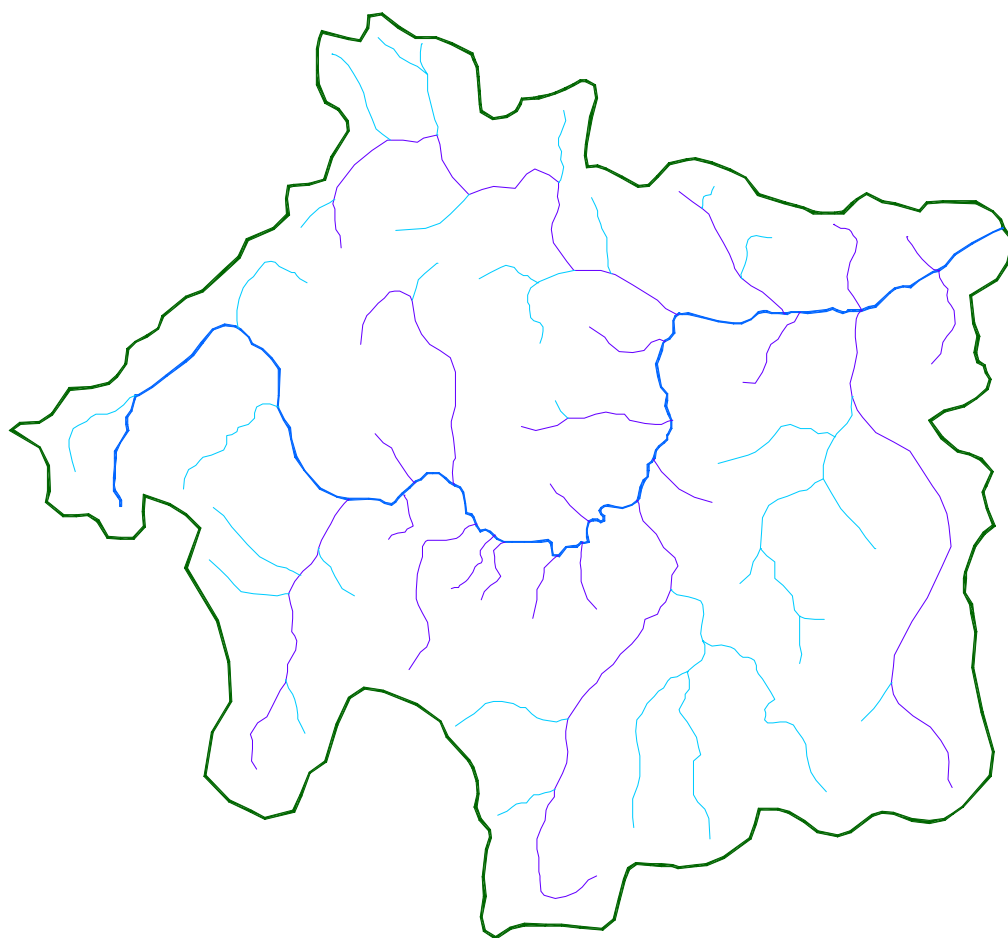


Figura IV.2 – Arranjo espacial da bacia apresenta padrão de drenagem dendrítica.

IV.4 – Dados da Bacia

Os dados da bacia, apresentando a área, perímetro e comprimento do córrego Humaitá foi obtido com base nas cartas nas Cartas Geográficas do IBGE de: (i) Matias Barbosa (Folha SF-23-X-D-V-3; MI-2681-3) e (ii) Juiz de Fora (Folha SF-23-X-D-IV-1), em escala de 1:50.000.

A área de drenagem ou área de contribuição corresponde a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa entre seus divisores topográficos. A área de uma bacia hidrográfica é o elemento básico para o cálculo de outras várias características físicas.

O perímetro por definição, é a soma de todos os lados de uma figura plana, e nesse caso corresponde ao comprimento dos limites estabelecidos pelos seus divisores de água. A Figura IV.3 apresenta a área e perímetro da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

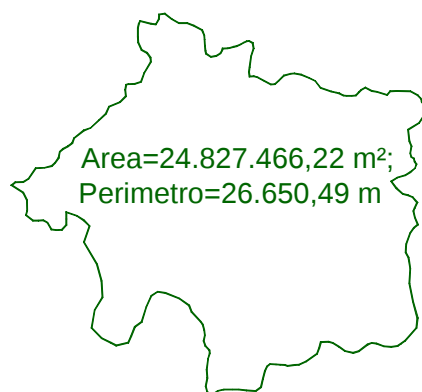


Figura IV.3 – Dados da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

O comprimento do Rio Principal de uma bacia, é definido como a distância que se estende ao longo do curso d'água, desde a desembocadura (fz) até sua nascente. No caso da BHCH a Figura IV.1 apresenta o comprimento do córrego Humaitá desde a nascente até o Rio Paraibuna, cujas medidas indicam valores de: 9.734,20 m de comprimento entre a nascente (cota 850 m em relação ao nível do mar) e lâmina d'água do Rio Paraibuna (cota 675 m).

IV.5 – Hierarquia Fluvial

Definir a hierarquia da rede fluvial, segundo CHRISTOFOLETTI (1980), consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Ainda segundo o autor, isso é realizado em função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas.

Os sistemas e critérios mais usados para o ordenamento de canais de bacias hidrográficas são os de HORTON (1945) e o de STRAHLER (1952).

No modelo de STRAHLER, proposto em 1952 e mais utilizado até hoje, os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem nenhum tributário, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem são formados por dois canais de primeira ordem e somente recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem são aqueles formados pela confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores, e assim sucessivamente.

A Figura IV.4 apresenta como foi determinada a hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá utilizando o método de STRAHLER (1952). A aplicação do método revelou que o córrego é de quarta ordem.

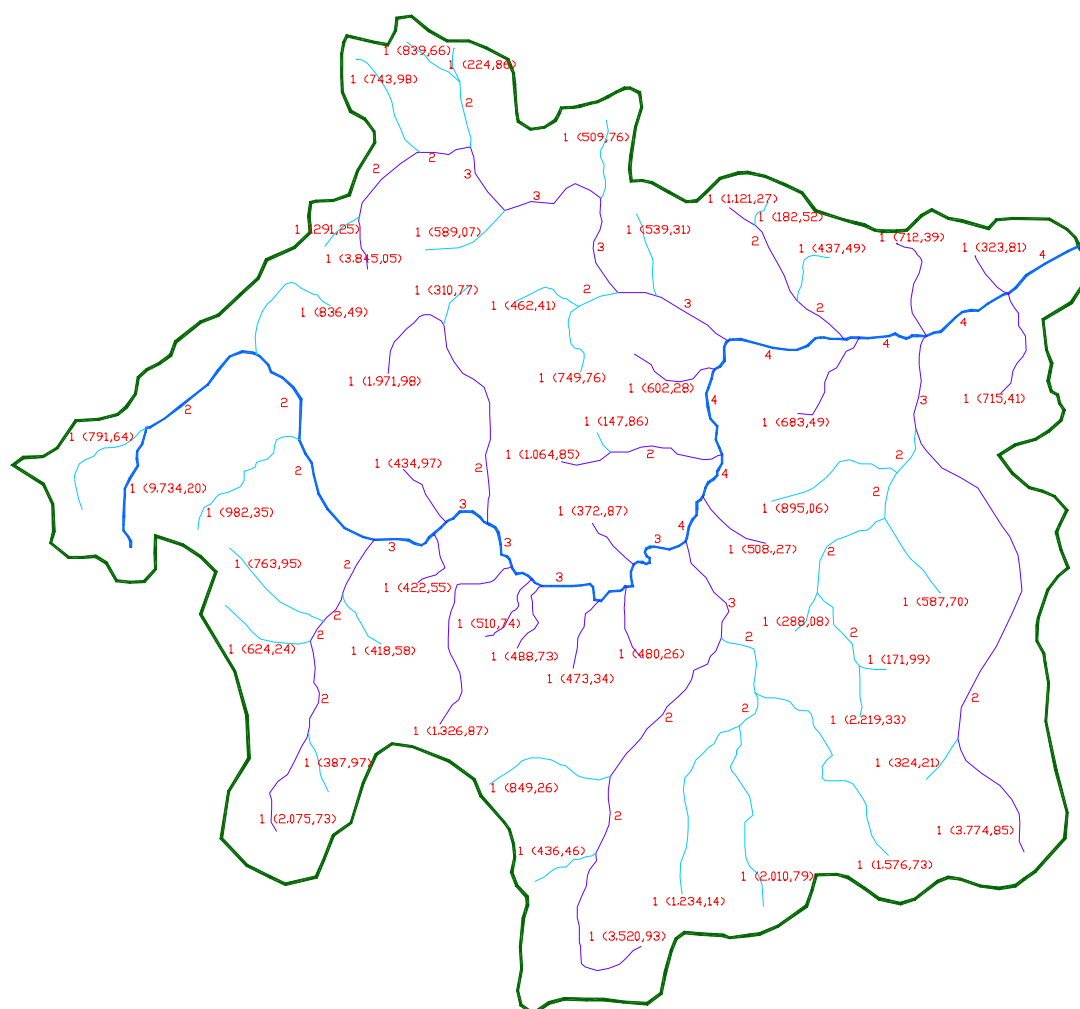


Figura IV.4 – Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá obtida pelo Método de STRAHLER (1952) - 4ª ordem.

IV.6 – Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem da bacia, quanto mais eficiente o sistema de drenagem da bacia, mais rapidamente a água do escoamento superficial originada da chuva chegará a saída da bacia.

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com GARCEZ & ALVAREZ (1998), se existir um número bastante grande de cursos de água numa bacia, relativamente a sua área, o deflúvio atinge rapidamente os rios, e, assim sendo, haverá provavelmente picos de enchentes altos e deflúvios de estiagem baixos.

A densidade de drenagem depende do clima e das características físicas da bacia hidrográfica. O clima atua tanto diretamente, através do regime e da vazão dos cursos d'água, como indiretamente, com influência sobre a vegetação.

Segundo VILLELA & MATTOS (1995), embora existam poucas informações sobre a densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5km/km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas. BELTRAME (1994) apresenta uma tabela com valores de densidade de drenagem, a Tabela IV.1 apresenta a classificação dos valores de densidade de drenagem.

Tabela IV.1 – Classificação dos valores de densidade de drenagem.

Valores de Dd (km/km ²)	Qualificação da Dd
Menor que 0,50	Baixa
De 0,50 a 2,00	Mediana
De 2,01 a 3,50	Alta
Maior que 3,50	Muito alta

O procedimento para identificação dos padrões e densidade de drenagem, foi realizado a partir de uma base em escala 1:50.000 contendo poucas informações planimétricas. O cálculo da densidade de drenagem é determinado pela Equação IV.1:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (\text{Equação IV.1})$$

Onde:

L_t = comprimento total dos canais (56.595,3 m ou 56,59 km); e

A = área da bacia hidrográfica (24,83 km²).

Assim a densidade de drenagem (Dd) é igual a 2,28 km/km². Este valor de densidade de drenagem qualifica a bacia como de drenagem alta ($2,01 < Dd < 3,5$).

IV.7 – Coeficiente de Manutenção

Esse índice apresenta-se muito importante para a caracterização do sistema de drenagem, tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária (em m²) para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente. CHRISTOFOLETI (1980) e GRANELL-PÉREZ (2001) explicam que o Coeficiente de Manutenção é o inverso da densidade de drenagem. Indica assim a área necessária (em km², ha etc) para manter ativo um km de canal fluvial. Determina-se o coeficiente de manutenção com auxílio da Equação IV.2.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (\text{Equação IV.2})$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem (2,28 km/km²)

Assim o Coeficiente de Manutenção (Cm) é igual a 0,44 km²/km. Ou seja, é necessária uma área de 0,44 km² para manter ativo um quilômetro (km) de canal fluvial.

IV.8 – Índice de Circularidade

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), existem vários índices utilizados para determinar a forma da bacia, sempre a correlacionando com figuras geométricas.

O Índice de Circularidade (I_c) pode ser definido como a relação entre a área da bacia e área do círculo de um mesmo perímetro. GRANELL - PEREZ (2001) exemplifica definindo que o índice de circularidade é a relação existente entre a área da bacia e a área de um círculo cuja circunferência mediria a mesma dimensão que o perímetro da bacia. E informa o quanto é circular ou alongada uma bacia hidrográfica. O cálculo do índice de circularidade é realizado com a aplicação da Equação IV.3.

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad \text{(Equação IV.3)}$$

Onde:

A = área da bacia (24.827.466,22 m² ou 24,83 km²); e

A_c = área do círculo, medida nas mesmas unidades da área da bacia.

A Figura IV.5 apresenta os cálculos para determinação do índice de Circularidade. Conforme demonstra a Figura IV.5, o perímetro da bacia ($P=26.650,49$ m) se igual à circunferência do círculo ($C=P=26.650,49$ m). Para um círculo com esta circunferência tem-se um raio é de 4.241,547. A área deste círculo (A_c) tem 56.519.516,78 m².

Resolvendo a Equação IV.3, o Índice de Circularidade (I_c) é igual a aproximadamente 0,44 (Figura IV.5).

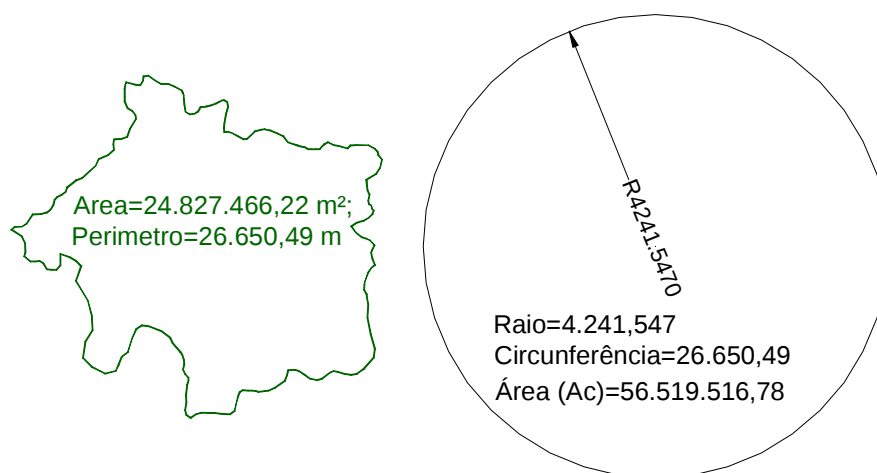


Figura IV.5 – Determinação do índice de circularidade (I_c) da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

IV.9 – Relação de Bifurcação

A Relação de Bifurcação foi definida por HORTON (1945) como sendo a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior. Tomando-se como base o sistema de hierarquização fluvial proposto por STRAHLER (1952), verifica-se que o resultado nunca poderá ser inferior a 2.

A relação de bifurcação (R_b) é determinada pela Equação IV.4.

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (\text{Equação IV.4})$$

Onde:

N_u = número de segmentos de determinada ordem; e

N_{u+1} = número de segmentos da ordem imediatamente superior.

A Tabela IV.2 apresenta as quantidades de cada segmento e os respectivos cálculos da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá.

Tabela IV.2 – Determinação da Relação de Bifurcação (Rb).

BHCH	Qtd. Segmentos				Relação de Bifurcação		
	ordem 1	ordem 2	ordem 3	ordem 4	1 - 2	2 - 3	3 - 4
Córrego Humaitá	52	12	4	1	4,33	3	4

Segundo STRAHLER (1982), o estudo de numerosos sistemas fluviais confirma o princípio de que uma região de clima, litologia e estado de desenvolvimento uniforme, a relação de bifurcação tende a permanecer constante de uma ordem para a seguinte. Os valores desta relação que oscilam entre 3 e 5 são característicos dos sistemas fluviais. Os valores de relação de bifurcação obtidos para a bacia do córrego Humaitá se apresentaram próximos, o que sugere se tratar de uma bacia equilibrada.

IV.10 – Declividade Média

A declividade média é um parâmetro morfométrico muito importante no diagnóstico físico e na gestão dos recursos hídricos. A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Obtendo a declividade média de uma bacia hidrográfica pode-se avaliar se a área de estudo é mais ou menos vulnerável a erosão promovida pelo escoamento hídrico superficial.

A declividade Média (H) é calculada com auxílio da Equação IV.5.

$$H = \frac{\sum L_{cn} \times \Delta h}{A} \times 100 \quad (\text{Equação IV.5})$$

Onde:

$\sum L_{cn}$ = comprimento de todas as curvas de nível (km);

Δh = equidistância das curvas de nível (20 m ou 0,02 km); e

A = área da bacia (24.827.466,22 m² ou 24,83 km²).

No presente trabalho não foi calculado a declividade média para a Bacia do Córrego Humaitá, mas optou-se por demonstrar a fórmula. Para a realização do cálculo deve-se medir o comprimento das curvas de nível a cada 20 m e depois somá-las para obter o comprimento de todas as curvas de nível.

IV.11 – Coeficiente de Rugosidade

O coeficiente de rugosidade (RN), cuja determinação é realizada através da Equação IV.6, é um parâmetro que coloca em relação, a disponibilidade do escoamento hídrico superficial, expresso em densidade de drenagem ($Dd=2,28 \text{ km/km}^2$), com seu potencial erosivo, expresso pela declividade média.

$$RN = Dd \times H \quad (\text{Equação IV.6})$$

Devido à relação direta do coeficiente de rugosidade com a declividade média, não foi possível calcular este índice morfométrico da BHCH.

CAPÍTULO V - ASPECTOS HIDRODINÂMICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

V.1 – Intensidade Pluviométrica

A intensidade a ser considerada é a máxima média observada num certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado. O intervalo de tempo correspondente à situação crítica será igual ao tempo de concentração da bacia.

As equações de intensidade estão em função da duração, frequência indicando a fonte, a localização do posto e período de coleta dos dados.

Equação Geral da Intensidade Pluviométrica:

$$i_m = \frac{K.T^a}{(t+b)^c} \quad (\text{Equação V.1})$$

Em que:

i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

T = tempo de recorrência, em anos;

t = duração da precipitação, min; e

K, a, b, c = coeficientes empíricos relacionados ao local analisado.

Para o cálculo da intensidade pluviométrica da Bacia do Córrego Humaitá utilizou-se os coeficientes empíricos obtidos do modelo Plúvio 2.1. Apresenta-se a seguir a Equação V.2 com os dados para o cálculo da intensidade média pluviométrica na cidade de Juiz de Fora/MG.

$$i_m = \frac{3000.T^{0,173}}{(t + 23,965)^{0,960}} \quad (\text{Juiz de Fora/MG}). \quad (\text{Equação V.2})$$

A Figura V.1 apresenta as coordenadas de localização da estação climatológica de Juiz de Fora/MG (GPRH, Plúvio 2.1).

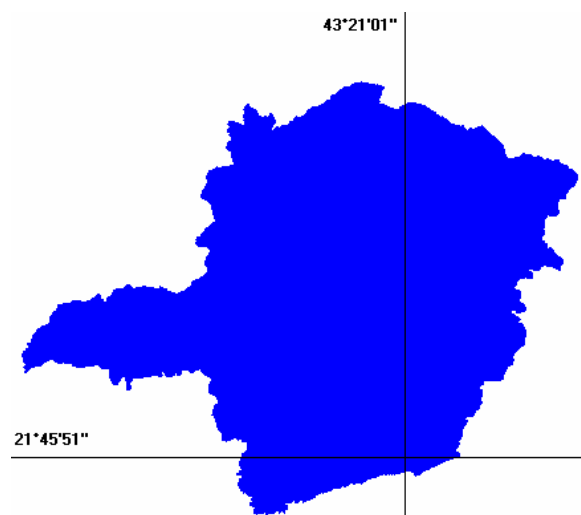


Figura V.1- Coordenada de localização da estação climatológica de Juiz de Fora/MG (GPRH, Plúvio 2.1).

V.2 – Tempo de Concentração

Para se obter o tempo de concentração de uma determinada bacia existem fórmulas empíricas e ábacos que fornecem o valor do tempo de concentração em função das características físicas da bacia, as características físicas frequentemente utilizadas são: o comprimento e a declividade do curso principal.

Para o cálculo do tempo de concentração da Bacia do Córrego Humaitá utilizou-se a fórmula de KIRPICH Modificada devido à bacia apresentar área de drenagem superior a 100 ha, apresentada pela equação V.3.

$$tc = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação V.3})$$

Em que:

Tc= tempo de concentração (162,18 min)

L= 9,766 km

H= Desnível (850-675=175 m)

A intensidade pluviométrica foi determinada para os tempos de retornos de 15, 25, 50 e 100 anos, conforme apresentado na Tabela V.1.

Tabela V.1 – Intensidades pluviométricas para os tempos de concentração de 15, 25, 50 e 100 anos.

Tempo de Recorrência T (anos)	Intensidade Pluviométrica i (mm/h)
15	31,73
25	34,67
50	39,08
100	44,06

V.3 – Estimativa da Vazão de Pico Máxima no ponto de encontro entre o Córrego Humaitá e o Rio Paraibuna

V.3.1 – Método Racional para Determinação da Vazão

Existem alguns métodos de estimativa utilizados para determinar a vazão máxima de uma bacia, o método racional, permite a determinação da vazão máxima de escoamento superficial para pequenas bacias, com área menor que 50 ha, apresentada na equação V.4.

$$Q = c.i.A \quad (\text{Equação V .4})$$

Em que:

Q = pico de vazão em m³/s;

c = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = intensidade média da precipitação sobre toda área drenada, de duração igual ao tempo de concentração, em m/s;

A = área drenada em m².

No entanto, para a estimativa do cálculo da vazão da Bacia do Córrego Humaitá foi utilizado o Método Racional Modificado, por se tratar de uma bacia com área superior a 50 ha, serão aplicados os mesmos procedimentos do Método Racional, acrescentando-se o fator de correção determinado em função da área da bacia, conforme apresentado na equação V.5.

$$f = A^{-0,10} \quad (\text{Equação V.5})$$

Onde:

f = fator de correção;

A = área em ha.

A estimativa da vazão pelo Método Racional Modificado é apresentada na equação V.6.

$$Q = c.i.A.f \quad (\text{Equação V.6})$$

Em que:

f = fator de correção = 0,457

O coeficiente de escoamento superficial “c”, utilizado no Método Racional, não traduz simplesmente o resultado da ação do terreno sobre a precipitação, da qual resulta a descarga superficial, mas é definido como a relação entre a vazão de enchente de certa frequência e a intensidade média da precipitação de igual frequência (ou tempo de retorno). Uma mesma bacia pode apresentar diversas áreas e cada uma apresentar um coeficiente de deflúvio diferente. O coeficiente de escoamento superficial “c” pode ser estimado pela interpretação de imagens aéreas (essa estimativa é considerada difícil de precisar) e a partir dos valores indicados por WILKEN (1978). A Figura V.2 apresenta a vista aérea da BHCH.

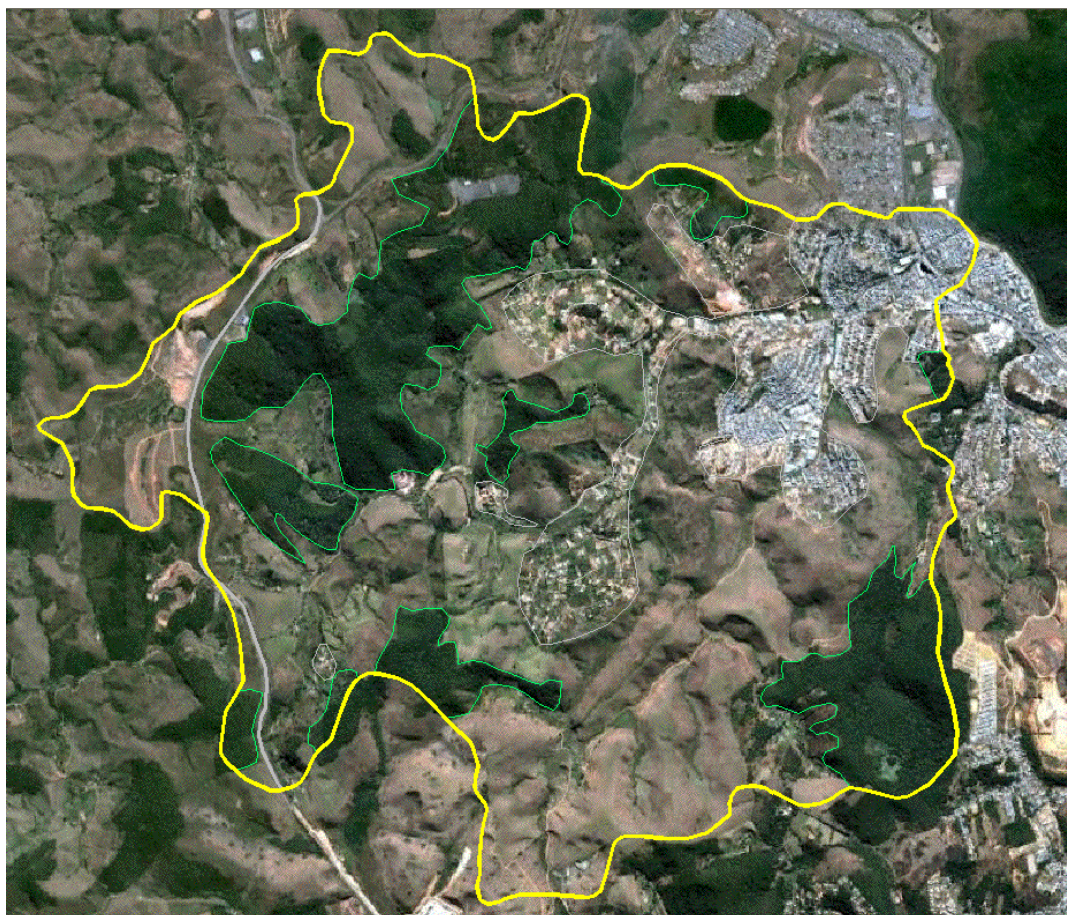


Figura V.2 – Imagem aérea da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá BHCH.

Para o cálculo da Bacia do Córrego Humaitá a determinação do “c” foi realizada através de um coeficiente de escoamento superficial ponderado, considerando a partir de imagens aéreas que a bacia de estudo é composta por quatro sub-áreas: (i) Edificação muito densa; (ii) Edificação com poucas superfícies livres; (iii) Solo parcialmente exposto e (iv) Fragmentos de mata . Para determinar o Coeficiente de escoamento superficial ponderado, multiplicou-se o coeficiente de escoamento superficial utilizando os valores indicados por WILKEN (1978) para cada área, somou as quatro sub-áreas e dividiu-se pela área total da bacia. A Figura V.3 a imagem com a divisão das quatro sub-áreas consideradas para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial ponderado.

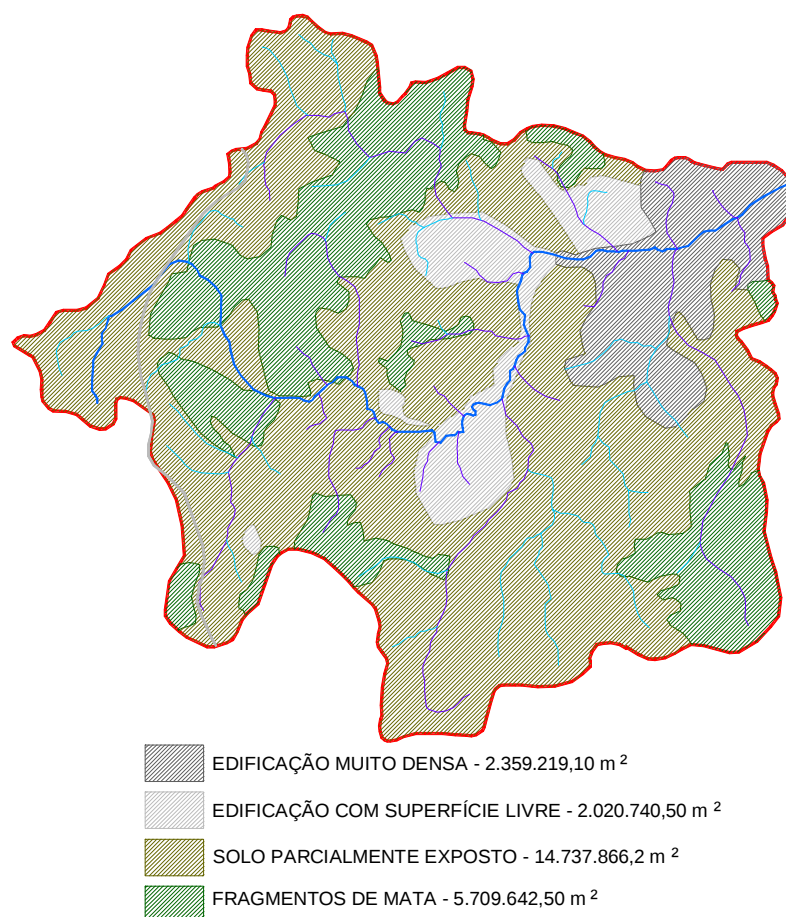


Figura V.3 – Mapa de Ocupação do Solo da BHCH.

A Tabela V.2 e a Figura V.4 apresentam os valores para cada área e seus respectivos percentuais para o cálculo do valor do coeficiente de escoamento superficial ponderado.

Tabela V.2 - Percentual da ocupação do solo na bacia do Córrego Humaitá e determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial Ponderado.

Tipo da superfície	Área (m ²)	%	"c"
Edificação muito densa	2.359.219,06	9,50%	0,95
Edificação com superfície livre	2.020.740,48	8,14%	0,75
Solo parcialmente exposto	14.737.864,17	59,36%	0,5
Fragmentos de mata	5.709.642,51	23,00%	0,22
Coeficiente de escoamento superficial ponderado "c_p"			0,50

Uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá

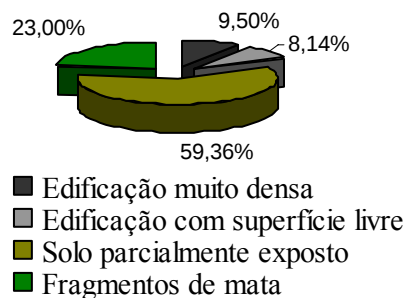


Figura V.4 – Percentual de ocupação do solo na BHCH.

A partir da divisão das quatro sub-áreas da bacia , foi possível identificar que a ocupação do solo na bacia do Córrego Humaitá apresenta um percentual maior de solo parcialmente exposto em toda sua extensão.

A vazão estimada para a Bacia do Córrego Humaitá foi estimada pelo método Racional Modificado em diferentes tempos de concentração conforme apresentada na Tabela V.3.

Tabela V.3 – Vazões para os diversos tempos de concentrações.

Tempo de Recorrência T (anos)	Vazão de Pico (Máximo) Q (m³/s)
15	50,08
25	54,70
50	61,67
100	69,53

Observa-se que a diferença entre as vazões do método racional e modificado é de aproximadamente 50%. Assim, a vazão de pico (máxima) obtida pelo método racional, para o tempo de retorno de recorrência T de 50 anos, ou seja, sem considerar o fator de correção ($f=0,457$), fornece um valor de 135 m³/s. Este aspecto reflete a forte sensibilidade da expressão do método racional modificado frente ao uso do fator de correção “f”. Numa análise mais rigorosa, objetivando a verificação da vazão, pode ser interessante utilizar outros métodos, como por exemplo, o Hidrograma Unitário Triangular, ou até mesmo medir a vazão diretamente em campo.

Outro ponto muito importante a ser considerado é o coeficiente de escoamento superficial, pois o mesmo é diretamente proporcional à intensidade e à área da bacia. Com o atual uso ocupação da bacia, ocorrem registros de trechos do córrego Humaitá nos quais em períodos de chuvas intensas há transbordamento do canal, principalmente nas inflexões abruptas e nas passagens sob ruas através de obras de arte correntes (OAC) ou bueiros. Projetando-se uma condição futura de uso ocupação da bacia do córrego Humaitá predominantemente com edificações, ruas e calçadas pavimentadas (zona de edificação muito densa), ter-se-á um aumento suficiente para comprometer a capacidade hidráulica dos bueiros existentes. A Figura V.5 apresenta as obras de arte corrente responsáveis pela travessia do córrego Humaitá sob a Avenida JK, a Ferrovia da MRS LOGÍSTICA S.A. e a Avenida Brasil. A Figura V.6 apresenta alguns trechos do canal principal.



Figura V.5 – Obras de arte corrente do córrego Humaitá responsáveis pela travessia sob: (a) e (b) Avenida JF; (c) e (d) Ferrovia da MRS; (e) e (f) Avenida Brasil.



Figura V.6 – Seções do canal do córrego Humaitá trechos: (a) e (b) montante e jusante da entrada do Condomínio Fazenda Ecológicas; (c) e (d) perímetro urbano com edificações densas - ocorre transbordamento no período de chuvas intensas; (e) e (f) montante e jusante da OAC sob a Avenida JK; (g) jusante da OAC sob Ferrovia da RS e (h) montante da OAC sob a Avenida Brasil – capacidade hidráulica insuficiente (registro de transbordamentos).

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

VI.1 - Conclusão

A Tabela VI.1 sumariza os resultados obtidos na caracterização fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá BHCH. Observa-se que a área da bacia é significativa, sendo que a densidade de drenagem é alta. A proximidade dos valores da relação de bifurcação revela que a bacia é equilibrada. Conforme esperado para a topografia da região, tem-se um padrão de drenagem dendrítico. O córrego Humaitá de quarta ordem apresenta comprimento elevado, com desnível de 175 m. O índice de circularidade revela que não é muito circular e tão pouco alongada. As bacias mais circulares apresentam maiores risco de provocarem enchentes súbitas e naquelas alongadas, o mesmo fenômeno pluviométrico gera um escoamento melhor distribuído temporalmente no canal principal, o que diminui o risco de enchentes.

Tabela VI.1 – Características Fisiográficas da Bacia do Córrego Humaitá (BHCH).

Características Fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá BHCH	
Área de drenagem (km ²)	24,83
Perímetro (km)	26,65
Comprimento do rio principal (km)	9,73
Altitude máxima do rio principal (m)	850
Altitude mínima do rio principal, encontro com rio Paraibuna (m)	675
Declividade média (%)	1,79
Comprimento total dos cursos d'água (km)	56,6
Padrão de drenagem	Dendrítico
Ordem da Bacia (Strahler)	4
Densidade de drenagem (km/km ²)	2,28
Coeficiente de manutenção (km ² /km)	0,44
Índice de Circularidade	0,44
Relação de Bifurcação	[3 ; 4,33]

Observou-se através das áreas determinadas pela foto aérea que a ocupação do uso do solo da BHCH apresenta forte ação antrópica caracterizada pelas regiões de solos expostos (60%) e edificações (18%) e pouco fragmentos de mata (22%). Como a vazão do córrego é intimamente relacionada à ocupação do uso do solo e devido à

presença de um percentual significativo de áreas de solo exposto, tanto nos topos de morros, quanto nas margens dos cursos d'água, é possível pensar num plano de manejo para melhorar as condições hidrológicas, que envolvem desde plantio de vegetação até uma revisão no plano diretor de ocupação das áreas remanescentes, pois essa medida poderá reduzir os pontos de inundação detectados com o presente estudo.

VI.2 – Recomendações para Futuros Trabalhos

Sugerem-se complementar o estudo com os índices de morfometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá BHCH e verificar a vazão de pico (máxima) da bacia através de um método mais sofisticado, como por exemplo, Hidrograma Unitário HU. Outra informação interessante seria dividir a bacia em sub-bacias e estudá-las individualmente, tanto em relação às suas características morfométricas, quanto às hidrodinâmicas. Além disso, a coleta de informações sobre os pontos de enchente, das seções do canal em seus diversos trechos e das obras de arte correntes responsáveis pela travessia do córrego sobre as vias públicas e ferrovia torna-se interessante para aqueles que desejarem comparar as vazões máximas com a capacidade hidráulica de cada OAC, bem como, das seções críticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, Ângela da Veiga. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas – modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL, Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de recursos Hídricos, regulamenta o Inciso XIX do art 21 da lei n. 8001, de 13 de março de 1990.

BRASIL, Lei n. 9984 de 17 de julho de 2000. Dispõem sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2a. edição. São Paulo, Edgard Blucher, 1980.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br>>. Acesso em 24 de abr de 2011.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc América Bulletin, v.3, n.56, 1945.

COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/juiz_de_fora.php> . Acesso 24 mar de 201

GRANELL-PÉREZ , Maria Del Carmem. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas**. Ijuí/RS: UNIJUI, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Carta Geográfica da Região Sudeste do Brasil, Folhas de (i) Matias Barbosa (Folha SF-23-

X-D-V-3; MI-2681-3) e (ii) Juiz de Fora (Folha SF-23-X-D-IV-1; MI-2681/1) em escala de 1:50.000 1977.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1989. 422p.

ORLANDO, Paulo Henrique Kingma.; LEAL, Antônio Cezar. Produção do Espaço e Gestão Hídrica na Bacia do Rio Paraibuna (MG-RJ): uma análise crítica. Tese (doutorado), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 295 f, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA (PJF). **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Funalfa, 2004.

_____, CESAMA, 1985, **Plano Diretor de Abastecimento de Água da AUJF**. Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente, Juiz de Fora, MG, Brasil.

PINTO, Antonio Carlos Barreto. **Modelo Unidimensional para Simulação de Cheias em Rios e Áreas Urbanas**. 324 p. D.Sc., COPPE/UFRJ ,Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2007.

STAICO, Jorge. **A Bacia do Rio Paraibuna em Juiz de Fora**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de fora (MG), 1977.

STRAHLER, Arthur N. **Geografia Física**. Barcelona: Ediciones Omega, 1982.

_____. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography, Geological Society of America Bulletin v. 63, p. 1117-1142 .1953.

SILVA, D. D., VALVERDE, A. E. L., PRUSKI, F. F., GONÇALVES, R. A. B., 1999, —Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade, duração e

frequência da precipitação para o Estado de São Paulo. Revista Engenharia na Agricultura, v. 7, n. 2, pp. 70 -87.

SOARES, Dênis de Moura. **Geoprocessamento como ferramenta de análise do risco ao carreamento de sólidos para o rio Paraibuna em Juiz de Fora – MG.** Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abr. 2005. p. 2375 - 2382.

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