

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTROS DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

**USO DA LEGENDA CORINE NA PARA ESTIMAR AS
ALTERAÇÕES NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM UMA
MICROBACIA DE DRENAGEM URBANA ATRAVÉS DO
MÉTODO RACIONAL E HIDROGRAMA UNITÁRIO DE
SNYDER**

ALEXANDRE AUGUSTO MOREIRA LAJO

*Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e
Recursos Hídricos.*

Orientador: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

CAMPO GRANDE (MS), MAIO DE 2003

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho do Departamento de Hidráulica e Transportes da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

AGRADECIMENTOS

O êxito na realização de um trabalho depende em muito do esforço de quem propõe fazê-lo e, não menos, da disposição de receber contribuições. Foram inúmeros os subsídios recebidos para a realização deste estudo e de várias formas.

Agradeço a Deus por me ter dado a vida e, a meus pais, pelo amor, carinho, apoio e exemplo que moldaram o meu ser.

Agradeço a todos que ajudaram na minha formação profissional e do meu ser.

A minha gratidão:

aos meus mestres, que demonstraram muita competência e dedicação no desempenho de suas funções;

aos meus colegas pela boa convivência e pela amizade que tivemos, dos quais mais recebi do que doei, pois foram eles que ajudaram a manter a minha esperança em um mundo melhor;

aos servidores amigos do Departamento de Hidráulica e Transportes, que não pouparam esforços para a realização deste trabalho;

ao Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide pela iniciativa de ter criado este mestrado;

ao meu orientador, Antonio Conceição Paranhos Filho, pela sua dedicação e contribuição na realização deste trabalho;

aos Profs. Drs. Kennedy Francis Roche, Jorge Luis Stephen, Giancarlo Lastoria, Msc. Manoel da Costa Rondon e Mauro Polizer, aos estagiários Roberto Macedo Gamarra, Fernanda de Sá Rocha, Keila Tivirolli, Thais Gisele Torres, Karina Ocampo Righi, Camila da Silva Monteiro, Natália Hoffmann Ramos e aos técnicos José Luiz Gonçalves, Maria Aparecida Seixas e Agrimal pela colaboração;

à arquiteta Ângela Lage Manta;

ao doutorando Alfredo Marcelo Grigio (UFRN);

à minha noiva Christina, meus pais, Iolanda e Ismael e sobrinho José Augusto, pela paciência e tolerância que foram essenciais para a realização deste estudo.

Esforçar-se na busca do conhecimento é de grande valor para tornar o homem um virtuoso.

A defesa de sua aplicação para propiciar à humanidade uma melhor sensação de bem estar, o aproxima de Deus.

(autor desconhecido)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	i
AGRADECIMENTOS	ii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. JUSTIFICATIVA	4
4. ÁREA DE ESTUDO.....	5
4.1. Características urbanas do local	7
4.2. Interesse da área de estudo	8
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
5.1. SIG (Sistema de Informações Geográficas)	10
5.2. Efeitos da urbanização em uma bacia hidrográfica	10
5.2.1. Urbanização e meio-ambiente	10
5.2.2. Impactos da urbanização no balanço hídrico	13
5.2.3. Alterações no regime de escoamento superficial	13
5.3 Métodos de obtenção de vazão	14
5.3.1. Métodos indiretos de determinação de vazão	15
5.3.1.1. O método racional	15
5.3.1.2. Hidrograma unitário sintético de Snyder	18
5.4 A necessidade da carta de cobertura do solo	21
6. MATERIAIS E MÉTODOS	23
6.1. Definição da escala	23
6.2. Legenda de cobertura adotada	23
6.3. Coleta de dados	24
6.4. Geração da carta-base	27
6.4.1. Base cartográfica adotada	27
6.4.2. Demarcação dos divisores de água da bacia	27
6.4.3. Georreferenciamento e correção geométrica da carta base	28

6.4.4. Tratamento das imagens e correção geométrica das fotos aéreas georreferenciamento e correção geométrica da carta base	28
6.5. Obtenção da carta de cobertura do solo a partir das fotos aéreas do geomorena	31
6.5.1. Escolha do programa SIG para a elaboração da carta de cobertura	31
6.5.2. Criação dos <i>layers</i> para elaboração da carta de cobertura	32
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7.1. Classes de cobertura obtidas na área de estudo	35
7.2. Carta de cobertura	46
7.3. Aplicação do método racional	47
7.3.1. Aplicação do método racional com base na carta de 1999.....	47
7.3.1. Aplicação do método racional com base na carta de 1983.....	49
7.4. Aplicação do hidrograma unitário de Snyder	50
7.4.1. Aplicação do hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura de 1999	50
7.4.2. Aplicação do hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura de 1999	53
7.5. composição percentual da cobertura do solo da carta de 1999	58
7.5.1. Superfícies artificiais	58
7.5.2. Vegetação arbustiva	59
7.5.3. Áreas de reserva natural	59
7.5.4. Áreas com solo exposto	60
7.5.5. Relação entre vias de tráfego na bacia	60
7.5.6. Superfícies impermeabilizadas na bacia	61
7.6. Outros fatores que provocam alterações no regime de escoamento superficial no local de estudo	62
7.7. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental	63
8. CONCLUSÃO	65
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Localização da microbacia do córrego Cabaça	6
Figura 2 : Nascente do córrego Cabaça	7
Figura 3 : Parte da reserva biológica do Campus da UFMS	7
Figura 4 : Posição da bacia do córrego Cabaça em relação às regiões urbanas de Campo Grande	8
Figura 5 : Exemplo de fonte pontual de lançamento de dejetos localizada no córrego Cabaça.....	11
Figura 6 : Área aterrada na margem do córrego Cabaça.....	12
Figura 7 : Características do balanço hídrico numa bacia urbana	13
Figura 8 : Comparação entre dois hidrogramas hipotéticos.....	14
Figura 9 : Hidrograma unitário do CUHP “ <i>Colorado Urban Hydrograph Procedure</i> ”.....	18
Figura 10 : Esquema teórico para a construção de uma nomenclatura de tipos de cobertura dos solos.	24
Figura 11 : Etapas envolvidas na geração da carta de cobertura	26
Figura 12 : Articulação das cartas da SEMUR na escala 1:10.000	27
Figura 13 : Mosaico das cartas da SEMUR na escala de 1:10.000	28
Figura 14 : Mosaico com as imagens do Geomorena	29
Figura 15 : Exemplo das informações contidas em arquivo TAB do Geomorena	30
Figura 16 : Exemplo de um arquivo TFW do Geomorena.....	30
Figura 17 : Janela do programa <i>Geo-TiffExamine</i> [®] , que cria os arquivos GEOTIFF dos pares TIFF/TFW	31
Figura 18 : Comparação entre a vetorialização de um trecho curvo.....	32
Figura 19 : Janela do <i>MaPublisher</i> [®] 4.0 na qual são pedidos os parâmetros de mapa.....	32
Figura 20 : Janela do <i>MaPublisher</i> [®] , com as informações da projeção.....	33
Figura 21 : Janela do <i>MaPublisher</i> [®] , com as informações do arquivo TFW.....	34
Figura 22 : Janela do programa <i>Macromedia Freehand</i> [®] 9 (Macromedia, 1999) mostrando os <i>layers</i> cujos números correspondem às classes numéricas do CORINE	34
Figura 23 : Classe 1.1.1.1. , área edificada urbana	36
Figura 24 : Classe 1.1.1.2.1., grande estacionamento com superfície impermeabilizada.....	36
Figura 25 : Classe 1.1.1.2.2., área de solo exposto destinada à função de estacionamento.....	37
Figura 26 : Classe 1.1.2.1.1., área urbana destinada à habitação ocupada por vegetação.....	37
Figura 27 : Classe 1.1.2.1.1., área sem cobertura vegetal.....	38
Figura 28 : Classe (1.2.5) <i>Campus</i> da UFMS.....	39

Figura 29 : Classe 1.2.2.1.1. de via rodoviária com pavimento impermeabilizado	40
Figura 30 : Classe 1.2.2.1.2. , rua sem pavimento impermeável	40
Figura 31 : Exemplo da classe 1.2.2.2., que caracteriza ferrovia.....	41
Figura 32 : Exemplo da classe 1.4.1.1. vegetação arbustiva.....	42
Figura 33 : Classe 1.4.1.3.1., área gramada	43
Figura 34 : Classe 1.4.2.1. praça.....	43
Figura 35 : Classe 1.4.2.2., quadra de esporte	44
Figura 36 : Classe 1.4.1.2., área de reserva natural.....	45
Figura 37 : Cartas de cobertura da microbacia do córrego Cabaça de 1999 e 1983.....	46
Figura 38 : Valores de (k) para a microbacia do córrego Cabaça em 1999.	48
Figura 39 : Valores de (k) para a microbacia do córrego Cabaça em 1983	49
Figura 40 : Valores de I_a para a microbacia do córrego Cabaça em 1999	51
Figura 41 : Hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura de 1999.....	53
Figura 42 : Valores de I_a para a microbacia do córrego Cabaça em 1983	55
Figura 43 : Hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura de 1983.....	57
Figura 44 : Comparação dos hidrogramas unitários de 1999 e 1983.....	58
Figura 45 : Percentual das áreas das classes CORINE de nível 3	59
Figura 46 : Percentagem da vegetação densa.....	60
Figura 47 : Percentagem ocupada por área de reserva natural.....	60
Figura 48 : Percentagem de áreas com solo exposto.....	60
Figura 49 : Percentuais do perímetro dos três tipos de via de tráfego	63
Figura 50 : Proporção entre superfícies impermeabilizadas e não impermeabilizadas na bacia do córrego Cabaça em 1983 e 1999	61
Figura 51 : Exemplo de uma grelha de proteção de bueiros.....	62
Figura 52 : Exemplo de construção irregular.....	62
Figura 53 : Entulhos bloqueiam o curso normal do córrego Cabaça.....	63
Figura 54 : Posição da microbacia do córrego Cabaça em relação às regiões urbanas.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Valores do coeficiente k	17
Tabela 2 : Valores do coeficiente de "run off" C.	19
Tabela 3 : Valores da porcentagem da impermeabilização I_a	20
Tabela 4 : classes de cobertura dos solos do Projeto CORINE	25
Tabela 5 : Lista dos principais exemplares de vegetação encontrados na microbacia do córrego Cabaça	42
Tabela 6 : Características da microbacia do córrego Cabaça retiradas da carta de 1999.....	45
Tabela 7 : Características da microbacia do córrego Cabaça retiradas da carta de 1983.....	47
Tabela 8 : Valores de I_a para as áreas consideradas mal drenadas de 1999.....	52
Tabela 9 : Valores de I_a para as áreas consideradas mal drenadas de 1983.....	58
Tabela 10 : Comparação dos resultados obtidos pela aplicação método racional.....	66
Tabela 11 : Comparação dos resultados obtidos do hidrograma unitário de Snyder.....	66

RESUMO

Ao se analisar a cobertura do solo de uma bacia hidrográfica, há a necessidade da utilização de uma legenda de cobertura que permita registrar os tipos de coberturas existentes com o maior nível de detalhamento, de modo que esta carta possa ser utilizada para os mais variados fins sem que haja necessidade de fazer alterações na legenda, seja de fácil compreensão e possa ser atualizável. A legenda de cobertura do solos do projeto CORINE “*Coordination of Information on the Environment*” foi desenvolvida pela Comunidade Européia no início da década de 80 e vem ganhando popularidade pela sua facilidade de uso e de adaptação para qualquer necessidade. Já foi aplicada em áreas rurais e naturais no Brasil e mesmo em Mato Grosso do Sul. Neste trabalho foi utilizada para uma área urbana, no caso a microbacia do córrego Cabaça, que se localiza na região leste do município de Campo Grande e apresenta uma de 3,5 km. Com o uso de fotografias aéreas de pequeno formato tiradas em 1999 e inspeções “*In loco*”, foram obtidas 18 classes de cobertura para esta microbacia. Com ênfase ambiental, foi feita aplicação das cartas de coberturas de 1999 e 1983, para a determinação de coeficientes utilizados em métodos de estimativa de vazões, com a finalidade de avaliar os impactos da urbanização no regime de escoamento superficial de uma bacia urbana, os dois métodos adotados foram o método racional e o hidrograma unitário de Snyder. A legenda mostrou-se adequada, mostrando que, utilizando cartas de cobertura do local na escala 1:10.000, foi possível determinar os coeficientes, calcular as vazões e traçar os hidrogramas para a demonstração das alterações ocorridas no escoamento superficial da microbacia do córrego Cabaça entre os anos de 1983 e 1999.

PALAVRAS-CHAVE: cobertura do solo; CORINE ; SIG; microbacia urbana; córrego Cabaça.

ABSTRACT

In order to analyze the soil cover of an hydrographic basin, there is need for the utilization of a legend which permits the registration of the types of existing soil cover with the highest level of detail, so that such a map can be utilized for various purposes, dispensing with the necessity of altering the legend, as well as being easily interpreted and readily updated. The soil cover CORINE "*Coordination of Information on the Environment*" was developed by the European community in the beginning of the 1980's, and is becoming popular due to its facility of use and adaptability for whatever necessity; it has been used for rural and natural areas in Brazil, including Mato Grosso do Sul. The present study involved the application of this legend to an urban area, namely the micro-basin of the Cabaça stream, in its integrity, which is localized in the eastern region of Campo Grande city, and has an area of 3.5 km². Making use of small format aerial photographs taken in 1999 and "*in loco*" inspections, 18 soil cover classes were obtained for this micro-basin. With emphasis on environmental studies, the 1999 soil cover chart, together with a chart of the same area utilizing the same legend, was compared with aerial photographs from 1983, to determine the coefficients utilized in flow estimations, with the finality of evaluating the urbanization impacts in the drainage basin; the two adopted methods were the rational, and the hydrogram of Snyder. The legend demonstrated itself to be appropriate, showing that, by utilizing local soil cover charts at the 1:10.000 scale, it was possible to determine coefficients, to calculate flows and to plot hydrograms in order to demonstrate the alterations which have occurred in the drainage micro-basin of the Cabaça stream between 1983 and 1999.

Key words: land cover, CORINE, GIS; urban micro basin, Cabaça stream

1. INTRODUÇÃO

Com pouco mais de um século de ocupação, Campo Grande, como quase todas as cidades brasileiras que tiveram uma taxa de crescimento alta, acabou sendo vítima da falta de planejamento e fiscalização na ocupação das suas áreas, resultando em um crescimento desordenado.

Pode-se observar que os loteamentos criam uma série de problemas ambientais, os quais, muitas vezes, tornam-se inviáveis de serem solucionados, devido à complexidade da situação ou por não compensar financeiramente. As conseqüências ambientais da ocupação são problemas dos mais variados tipos, como contaminação dos cursos d'água e do lençol freático, aumento exagerado na superfície impermeabilizada, construções em espaços das áreas de várzeas e alterações no ciclo hidrológico entre outros.

Segundo PLANURB (Instituto de Planejamento Urbano de Campo Grande, 1998), o município conta com dez sub-bacias, dentre elas a bacia do córrego Bandeira, que é drenada pelos córregos Bandeira, Portinho Pache e o Cabaça, sendo este último o córrego de interesse deste estudo. Todas as dez sub-bacias já demonstram os efeitos das alterações antrópicas na maior parte das suas áreas, em algumas mais e em outras menos, de acordo com o tempo e forma de ocupação.

De acordo com Lopes (2000), qualquer uso do solo interfere diretamente no ciclo hidrológico, não importando o grau de utilização ou de dependência direta da água. Estas alterações modificam a dinâmica de uma bacia e até mesmo a sua morfologia, principalmente no que diz respeito às bacias urbanas, que possuem a tendência de apresentarem uma grande parte de suas áreas impermeabilizadas.

Para este trabalho foi utilizada a legenda CORINE “*Coordination of Information on the Environment*” (Heymann *et alii*, 1994), que foi criada pela Comunidade Européia na década de 80, permitindo um nível de detalhamento de acordo com a necessidade de aplicação, além de ser atualizável periodicamente e de fácil compreensão.

As análises da cobertura do solo de uma bacia são de grande utilidade para justificar alterações no ciclo hidrológico e, conseqüentemente, no escoamento superficial. As respostas,

para tais alterações, possuem uma estreita ligação com a cobertura da bacia, sendo que muitos dos coeficientes de escoamento utilizados nos métodos de drenagem urbanas são valores numéricos atribuídos ao tipo de cobertura da área em estudo.

Pela sua influência no ciclo hidrológico, o tipo de cobertura é um dos fatores utilizados em muitos dos métodos de estimativa de escoamento superficial, sendo que quando os padrões de cobertura são modificados, acabam por refletir nos resultados destes métodos de estimativa de escoamento.

A ausência de dados de vazão e até mesmo de precipitação é comum na maioria das bacias urbanas de modo que para calcular seus escoamentos superficiais seja possível através de métodos de estimativas que independem de históricos de vazões, como o Método Racional e o Hidrograma Unitário de Snyder.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- Registrar a atual situação da cobertura do solo do local, de modo que sirva como parâmetro para estudos futuros (já que a região poderá passar por um processo de canalização, além de servir para outros projetos em áreas urbanas).
- Análise dos impactos da urbanização em seu regime de escoamento superficial, utilizando, para isso o método racional (Tucci, 1995) e o hidrograma unitário sintético de Snyder (Fendrich, 1984).
- Fazer uma análise comparativa da cobertura do solo na microbacia do córrego Cabaça, entre os anos de 1983 e 1999.
- Utilizar a carta de cobertura para estimar o coeficiente de escoamento superficial C .
- Comparar resultados obtidos pelo Método Racional e Hidrograma Unitário de Snyder para a Microbacia do córrego Cabaça.

3. JUSTIFICATIVA

Ao se analisar bacias urbanas pequenas um dos problemas mais freqüentes encontrado é o das inundações causadas em sua maioria das vezes pela ocupação sem critério de suas áreas e pelo excesso de superfícies impermeabilizadas, problema que por vez poderia ser evitado se houvesse conhecimento das características hidrológicas dos locais a serem ocupados.

Embora o córrego Cabaça apresente uma lâmina d'água pequena durante a maior parte do tempo, sua vazão pode-se elevar significativamente durante um período de chuvas fortes, chegando até mesmo inundar áreas que encontram-se construídas com residências e pavimentações asfálticas, trazendo incômodos e prejuízos econômicos para moradores e administradores públicos.

Para que se conseguissem áreas maiores para construções muitos trechos das áreas de várzeas foram aterrados, deixando o canal do córrego mais estreito e aprofundado, sendo que com as precipitações mais intensa estes aterros são erodidos e acabam por solapar causando rachaduras nas construções que se encontram nas proximidades.

Através de uma carta de cobertura detalhada é possível verificar a ocupação do local e até mesmo avaliar o escoamento superficial através de métodos que levem em consideração o tipo de cobertura da área.

Considerando-se existam fotografias aéreas do local datadas de 1983 e 1999 tem-se argumento suficiente para verificar as mudanças ocorridas na cobertura do local de estudo e suas conseqüências no escoamento superficial, sobretudo se vem ocorrendo aumento de vazão e diminuição do tempo de concentração dois fatores que são agravantes para os problemas de inundações urbanas.

Espera-se que com os dados deste trabalho seja possível servir como orientação para uma ocupação mais racional do local e se mostre como um método que possa ser adotado para estimativa de escoamento superficial de bacias com características semelhantes.

4. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do córrego Cabaça localiza-se no Município de Campo Grande-MS, com a maior parte na região urbana do Bandeira e a outra parte na do Anhanduizinho, apresenta uma superfície de cerca de 3,5 km² (Figura 1), sendo uma das microbacias que compõem a sub-bacia do Bandeira.

A área escolhida situa-se no planalto da borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, sobre a região conhecida por Planalto de Maracaju-Campo Grande (RADAMBRASIL, 1982). No que diz respeito à geologia, segundo PLANURB (1991) a maior parte da área está situada sobre os basaltos da Formação Serra Geral, apresenta também algumas porções em áreas de aluviões recentes.

Em relação à pedologia, os solos predominantes são os latossolos vermelho escuro, tanto de textura média quanto de textura argilosa, além do latossolo roxo. Acompanhando as áreas que margeiam os cursos d'água, encontram-se solos aluviais e hidromórficos, sendo estes, em geral, argilosos e mal drenados, normalmente saturados (PLANURB, 1991).

Foi observado que o córrego Cabaça teve sua nascente drenada e canalizada. A nascente está na Vila Carlota, próxima à rua Spipe Calarge (Figura 2). Este curso d'água tem aproximadamente 2.500 metros de comprimento e tem como foz o Lago do Amor, sendo que aproximadamente 800 metros de extensão estão canalizados.

Pitaluga (2002), menciona que o Lago do Amor, destino final das águas do Cabaça, foi criado em 1968, no início da implantação do *Campus* da antiga UEMT (Universidade Estadual de Mato Grosso), atualmente UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), servindo como um dos cartões postais de Campo Grande, embora apresente um alto índice de degradação e suas águas não tem uma qualidade boa.

A vegetação nativa das margens do córrego já foi quase toda suprimida, havendo remanescentes nos trechos próximos a sua nascente e foz. No *Campus* da UFMS existe uma RPPN (reserva particular de patrimônio natural), que em parte se encontra-se na área da microbacia do córrego Cabaça (Figura 3).

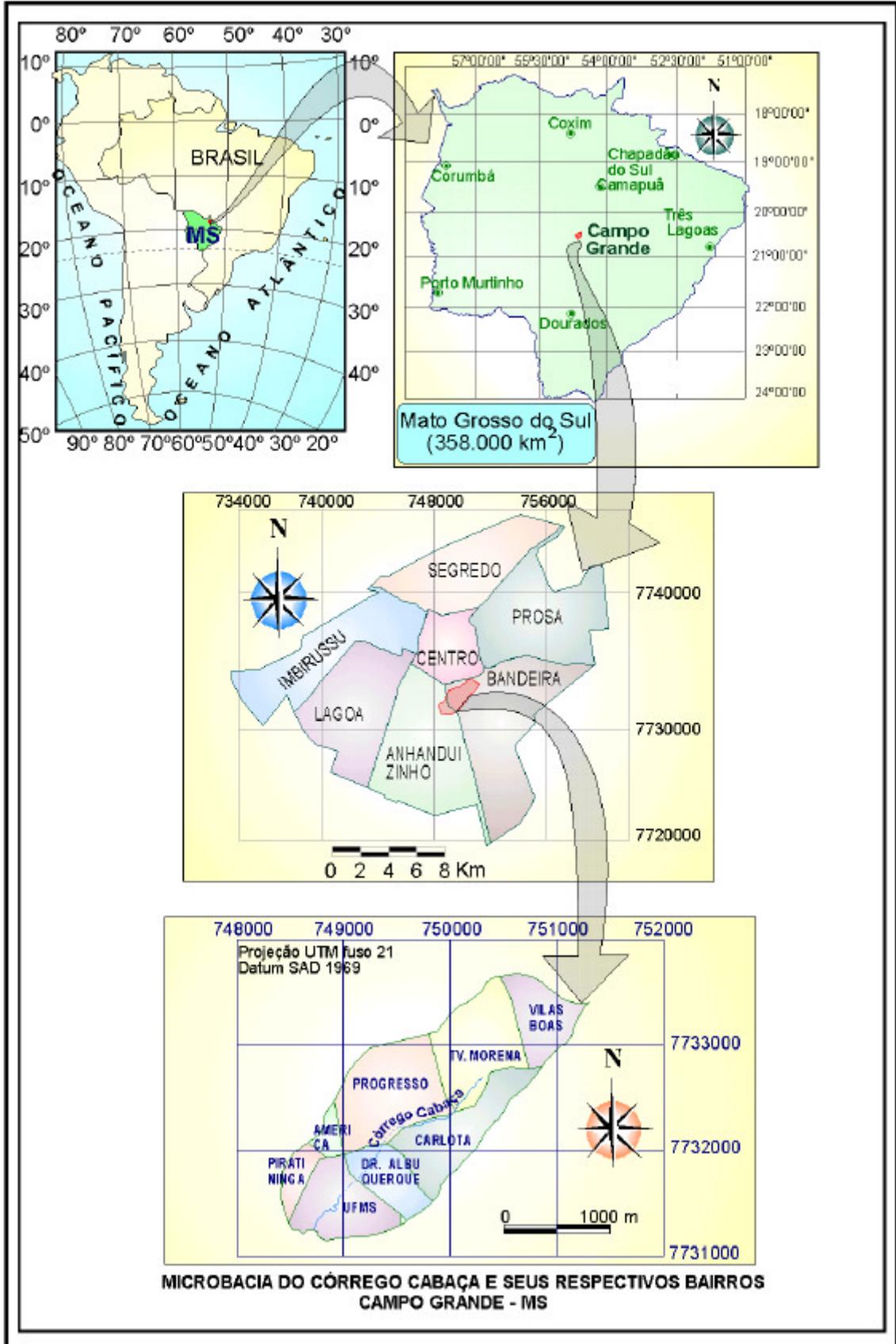


Figura 1: Localização da microbacia do córrego Cabaça.



Figura 2: Nascente do córrego Cabaça canalizada (junho, 2002).



Figura 3: Parte da RPPN do *Campus* da UFMS situada na área da microbacia do córrego Cabaça (junho, 2002).

4.1. Características urbanas do local

Segundo Campo Grande (1999), o Município apresenta uma área total de 8.118,4 km², com uma área urbana de cerca de 350 km², que é composta de sete regiões urbanas e dez microbacias hidrográficas.

Segundo PLANURB (1998), a ocupação da área do Cabaça começou em 1950 com os loteamentos do bairro jardim Paulista na parte norte da bacia, na região urbana do Bandeira. Já a ocupação da região urbana do Anhanduizinho, teve seu início na década de 60.

As partes mais densamente ocupadas da área de estudo encontram-se na porção norte, fronteira com a região urbana do Centro (Figura 4), apresentando empreendimentos de médio e grande porte, sendo uma parte da cidade importante, no que diz respeito ao comércio e serviços.

Embora a parte da bacia do Cabaça pertencente à região do Anhanduizinho não apresente uma densidade demográfica alta, como a das regiões centrais, encontra-se descaracterizada em termos ambientais. Salvo a reserva da UFMS, inexistem outras áreas de proteção ambiental.

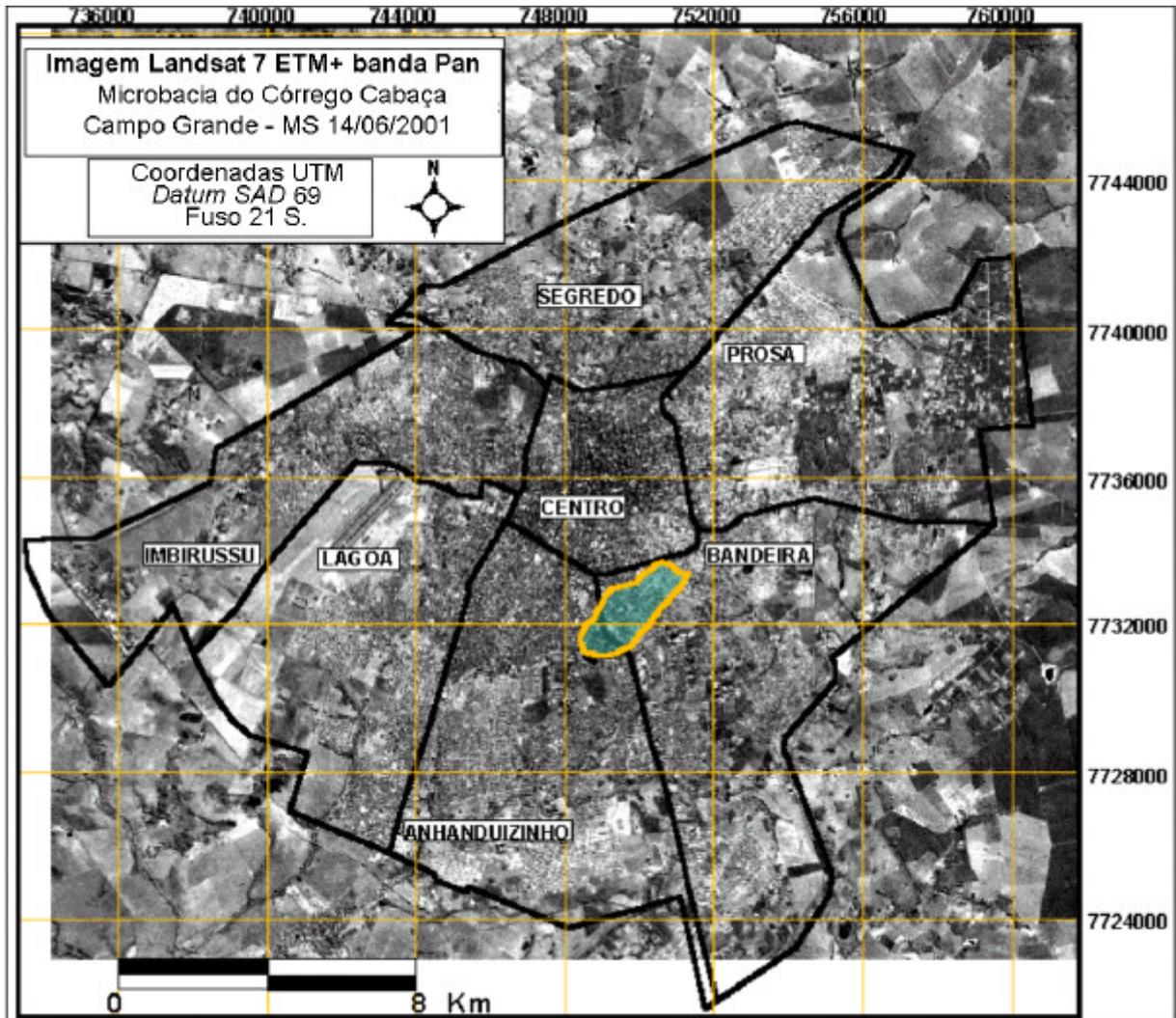


Figura 4: Posição da bacia do córrego Cabaça, em azul, em relação às regiões urbanas de Campo Grande, sobre uma imagem Landsat 7 ETM+ (Engesat, 2001), banda Pan.

4.2. Interesse da área de estudo

Embora existam alguns trabalhos científicos sobre o local, esta microbacia urbana carece de estudos mais detalhados para criar uma série histórica que sirva de base para estudos futuros em meio ambiente e recursos hídricos.

Pitaluga (2002) cita que nos dias de hoje a bacia encontra-se em processo de deterioração, apresentando um alto grau de devastação das matas ciliares e o lançamento de dejetos sem nenhum tratamento nos cursos d'água; que ameaça a fauna e a flora, além de diminuir a qualidade de vida dos moradores destas áreas.

A situação na microbacia do córrego Cabaça já vem demonstrando as conseqüências de uma ocupação desorganizada. Segundo PLANURB (1998), em algumas partes já existem problemas de inundações em vários pontos; bocas-de-lobo assoreadas; sem contar os despejos de esgotos e a presença de entulhos em várias partes do seu curso.

Por isso, torna-se necessário um estudo na região, que analise o seu regime de drenagem superficial, trazendo respostas às alterações causadas no seu escoamento superficial como, em decorrência do número cada vez maior de áreas urbanizadas.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. SIG (Sistema de Informações Geográficas)

Segundo Paranhos Filho (inédito), os SIGs juntamente com a cartografia digital e a geração de dados digitais por sensoriamento remoto, são os três componentes do geoprocessamento que é descrito como sendo o conjunto de técnicas de processamento e análise de dados espaciais.

Do inglês *GIS (Geographic Information System)*, Câmara & Medeiros (1998), definem os SIGs como todos os sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos, embora Aronof (1989) defina como um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados.

Afirma Intera Tydac (1992), que pelo fato de sua grande adaptabilidade, tem-se utilizado estes sistemas nas mais variadas formas de aplicações, entre elas são citadas a análise ambiental, o planejamento de uso da terra, entre outros. Este é um dos motivos que torna o SIG a ferramenta de uso ideal para a caracterização e gerenciamento do meio físico.

5.2. Efeitos da urbanização em uma bacia hidrográfica

5.2.1. Urbanização e meio-ambiente

Segundo Motta (1981), as alterações causadas pelo processo de urbanização de um local podem vir a mudar a topografia, regime de escoamento, alterações no ciclo hidrológico, a cobertura vegetal e outras mudanças que ocorrem não só na urbanização de uma área natural, mas também na urbanização de uma área rural.

A urbanização mal planejada deixa como marca a deterioração dos cursos d'água, devido à lavagem das superfícies impermeabilizadas, ao transporte de materiais sólidos, ao lançamento de esgotos domiciliares (Figura 5) e outros mais. Em áreas urbanizadas muitas das construções fazem uso de fossas sépticas, sendo que, em alguns casos, estas são construídas com pouco ou nenhum critério técnico, além de que é comum o lançamento dos efluentes do esgoto doméstico direto no sumidouro.



Figura 5: Exemplo de fonte pontual de lançamento de dejetos localizada no córrego Cabaça, no caso esgoto doméstico (junho, 2002).

Tucci (1995) afirma que a qualidade da água pluvial no escoamento superficial não é melhor que a de um efluente de tratamento secundário e que a quantidade de materiais suspensos na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto *in natura*.

Segundo Tucci (1995), o aumento da produção de sedimentos por uma bacia hidrográfica é significativo durante o desenvolvimento urbano, principalmente devido às construções, retirada de vegetação de terrenos para novos loteamentos, construções de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. A falta de alguns cuidados e manutenção também pode levar ao aumento da produção de sedimentos, como a falta de limpeza de terrenos e vias públicas e a falta de varrição frequente destas vias.

Ainda de acordo com Tucci (1995), alterações significativas podem ocorrer em um canal de drenagem, tanto na sua morfologia, pois os sedimentos transportados e depositados formam bancos, quanto na qualidade da água deste canal, devido ao transporte deste sedimento que pode estar associado a substâncias poluidoras.

A necessidade cada vez maior de áreas para ocupação urbana faz com que modificações antrópicas bruscas sejam feitas. Problemas como a retirada de matas ciliares, aceleração dos processos erosivos (Figura 6), construção nas áreas de várzea ou até mesmo dentro do leito do curso d'água são algumas das conseqüências de um processo de urbanização sem o devido planejamento.

Outra alteração brusca no processo de urbanização ocorre na geomorfologia do local, pois muitas vezes a topografia não é favorável à ocupação, mas a crescente necessidade por

espaços habitáveis leva o homem a modificar estes locais, alterando toda a sua morfologia. Como resultado tem-se uma paisagem completamente modificada e uma mudança brusca na dinâmica de escoamento na bacia.

Segundo Motta (1981), a cobertura vegetal está relacionada aos seguintes aspectos ambientais:

- contribui para a retenção e estabilização dos solos;
- previne contra a erosão do solo, pois tem efeito amortecedor da chuva e favorece a infiltração da água, proporcionando menor escoamento superficial;
- integra o ciclo hidrológico, através do processo de transpiração;
- às margens de cursos d'água, produz sombra que mantém a água na temperatura adequada às diversas espécies de peixes e de outros organismos aquáticos;
- influi no clima local, pois interfere na incidência do sol, velocidade dos ventos e precipitação de águas pluviais;
- através da fotossíntese, fornece oxigênio ao meio;
- é fonte de matéria-prima;
- está intimamente relacionada com a paisagem, oferecendo aspecto visual agradável;
- constitui ambiente natural para diversas espécies animais;
- pode ser considerada como um meio dispersor e absorvente de poluentes atmosféricos, ou como barreira à propagação de ruídos.



Figura 6: Área aterrada na margem do córrego Cabaça, que acaba por sofrer solapamento nos períodos de chuvas fortes (junho, 2002).

5.2.2. Impactos da urbanização no balanço hídrico

Tendo como referência o regime hidrológico, o aumento das superfícies impermeabilizadas não só aumentam o escoamento superficial, como também diminuem o volume de água infiltrado no solo, o que pode resultar na diminuição do nível do lençol freático (Vem, 1990 *apud* Tucci, 1995. Figura 7).

Tucci (1997) menciona que outras mudanças são sentidas no ciclo, como aumento da evaporação e da temperatura local, devido ao aumento da absorção da radiação solar por parte da superfície, aumentando a emissão de radiação térmica de volta para o ambiente. Já a evapotranspiração sofre uma diminuição, pois as superfícies urbanas não retêm água como a cobertura vegetal.

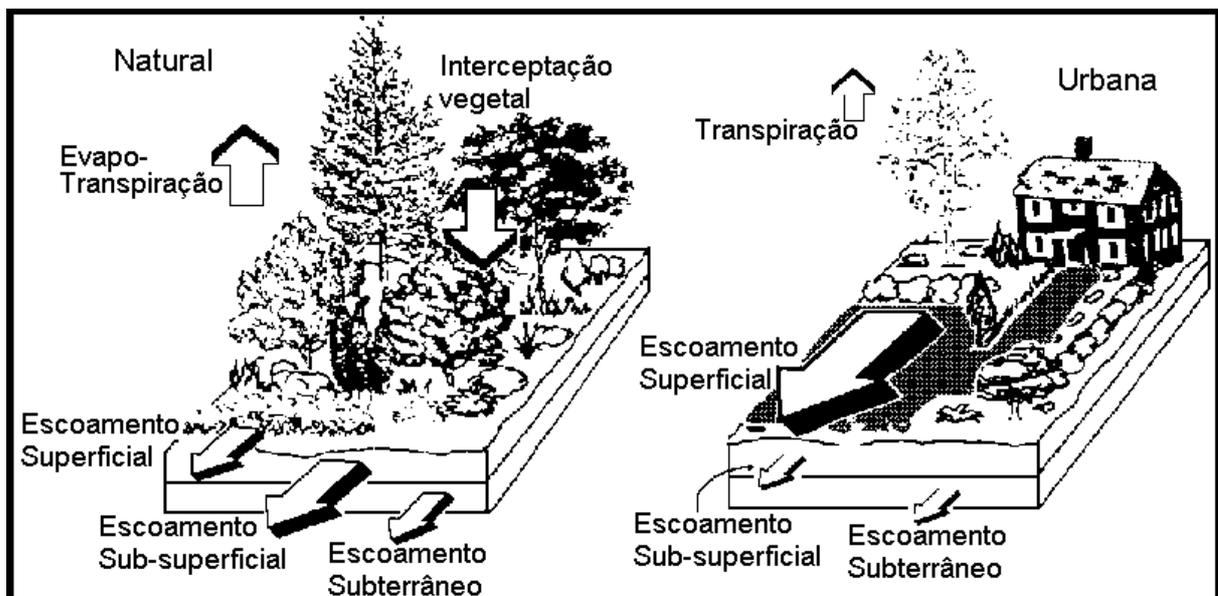


Figura 7: Características do balanço hídrico numa bacia urbana (Tucci, 1995).

5.2.3. Alterações no regime de escoamento superficial

De acordo com Berger *et alii* (1966), o escoamento superficial varia com o volume de água, precipitação, tipo de superfície, temperatura e outros fatores climáticos. A forma de uso e ocupação nas bacias de drenagem também afetam fortemente o regime de escoamento. Alterações nos regimes de escoamento nos cursos d'água são indicadores de mudanças na dinâmica das bacias sendo conseqüências da forma de uso e ocupação do solo.

Um fator que provoca alterações significativas no regime de escoamento dos cursos d'água de uma bacia é o acréscimo do volume de água escoado superficialmente (Figura 8). À medida em que aumentam as superfícies impermeabilizadas, são reduzidas as perdas por infiltração o que aumenta o volume do escoamento superficial, podendo resultar em inundações.

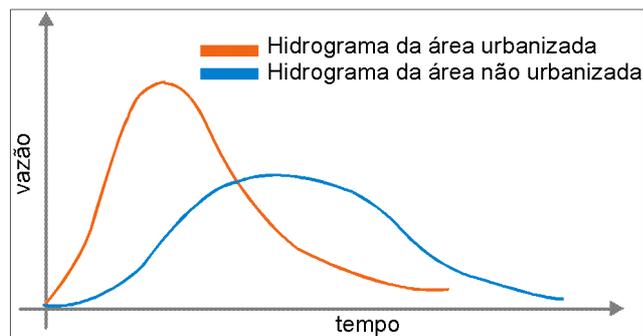


Figura 8: Comparação entre dois hidrogramas hipotéticos, proposto por Tucci (1995).

Segundo Tucci (1997), além da inundações e alterações provocadas pela urbanização, outros impactos tão importantes quanto a parte quantitativa das enchentes, são aqueles devido ao aumento da produção de sedimentos, à degradação da qualidade da água drenada pelos esgotos pluviais e a contaminação dos aquíferos.

Muitas obras alteram com rapidez ainda maior tanto a morfologia quanto o regime de escoamento. Uma das causas seria o processo de canalização dos cursos d'água, utilizado para o controle de inundações. Porém, esta medida resolve o problema somente localmente, já que a mesma quantidade de água será lançada a jusante, mudando apenas o local de inundações. Além disso, a canalização aumenta a velocidade do escoamento.

5.3. Métodos de obtenção de vazão

Para se conhecer o comportamento do escoamento superficial de uma bacia, é necessário possuir os dados de vazão do local. Estes dados raramente existem no Brasil, principalmente ao se tratar de cursos d'água de pequeno porte e localizados em área urbana.

Segundo Fendrich (1984), muitos métodos de prevenção de enchentes dependem de uma série histórica de vazão observada, tratam-se de métodos estatísticos, comuns para bacias naturais, que segundo o autor não podem ser aplicados para bacias urbanas, não somente pela escassez de dados de vazão como pela sua heterogeneidade estatística, recomendando nestes casos como este o uso de métodos indiretos.

5.3.1. Métodos indiretos de determinação de vazão

Métodos indiretos são aqueles que transformam dados de precipitação em vazão. No caso de Fendrich (1984), os métodos mais simples transformam chuva crítica em vazão de projeto, enquanto para Tucci (1995) outros parâmetros também utilizados são a taxa de áreas impermeáveis e a eficiência do escoamento superficial.

A estrutura básica desses modelos é composta por: algoritmo de perdas por depressão e impermeabilização, perda por infiltração, escoamento superficial de toda a bacia e escoamento livre em canais. De acordo com Tucci (1995), as principais simplificações desses modelos são as seguintes:

- as características em cada sub-bacia são uniformes;
- não consideram a distribuição espacial das características de impermeabilização numa sub-bacia do modelo;
- não consideram o escoamento em condutos, mas a propagação geral da sub-bacia;
- a separação do escoamento é realizada por índices, de acordo com o tipo de ocupação urbana existente.

5.3.1.1. O método racional

Recomendado para bacias pequenas, o método racional é um dos métodos indiretos de estimativa de vazão mais utilizados. Segundo Bidone & Tucci (1995), o tamanho máximo recomendado seria para uma área com menos de 2 km², Porto (1995) recomenda para áreas com menos de 3 km², enquanto Fendrich (1984) recomenda área máxima de 5 km².

De acordo com Bidone & Tucci (1995) os princípios básicos desta metodologia são:

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- adota um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A equação resultante é a seguinte:

$$Q = 0,278.C.I.A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão de pico em m³/s;

C = Coeficiente de escoamento, segundo Fendrich (1984), definido como a relação entre a vazão de pico por unidade de área e a intensidade média de chuva I_m ;

I = Intensidade da precipitação em mm/h;

A = área em km²

De acordo com Bidone & Tucci (1995), para a determinação da intensidade do escoamento (I) é necessário ter em mãos o tempo de concentração (tc), já que o tempo de duração da precipitação máxima é igualado com o tempo de concentração (tc), para ser aplicado na seguinte equação:

$$I = \frac{k.Tr^m}{(t + t_0)^n} \quad (2)$$

Onde:

I = intensidade de precipitação máxima média (mm/h);

t = tempo de duração da chuva (min);

Tr = tempo de recorrência (anos);

K, t_0, m, n = são parâmetros a serem determinados, que variam de acordo com o local a ser estudado, sendo estes obtidos de uma série histórica de precipitação.

Segundo Fendrich (1984), existem fórmulas para o cálculo da intensidade de chuva para alguns municípios. Para o Município de Campo Grande – MS, a equação foi obtida por Manoel Afonso Costa Rondon em 1984 e apresentada por Fendrich (1984) (Equação 3):

$$I = \frac{43019.Tr^{0,55}}{(t + 62).1,405.Tr^{0,053}0,053} \quad (3)$$

$2 \leq T \leq 100(\text{anos})$ e $5 \leq t \leq 120(\text{min})$

Adota-se para o tempo de duração da chuva t o mesmo valor do tempo de concentração tc , fazendo-se $t = tc$. O tempo de concentração é o tempo de chegada da água ao ponto de estudo tendo vindo do ponto mais distante dentro da bacia.

Em se tratando de bacias urbanas de pequenas dimensões, que apresentam variações nas suas coberturas, Bidone & Tucci (1995) recomendam a seguinte fórmula:

$$v_i = k.S_i^{0,5} \quad (4)$$

Onde:

v_i = velocidade das superfícies (em m/s);

S_i = declividade do trecho (em %);

L_i = comprimento do talvegue (em m);

k = Coeficiente obtido de acordo com a cobertura da terra (Tabela 1).

Segundo Bidone & Tucci (1995), na Tabela 1, existem elementos de áreas rurais e urbanas, os quais separando a bacia de acordo com as características da cobertura, condutos, trechos pavimentados e superfícies rurais, chega-se a fórmula para o cálculo do tempo de concentração que é descrita a seguir:

$$tc = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{v_i} \quad (5)$$

O período de retorno Tr é o inverso da probabilidade de ocorrência de um determinado ciclo hidrológico para um intervalo de tempo, segundo Tucci (1995) ao se projetar uma obra com uma vazão para período de retorno Tr anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido à população. Trata-se portando de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade.

Tabela 1: Valores do coeficiente k (SCS “Soil Conservation Service”, Bidone & Tucci, 1995).

Uso da terra e regime de escoamento	k
Floresta com muita folhagem no solo	0,076
Área com pouco cultivo; terraceamento	0,152
Pasto ou grama baixa	0,213
Áreas cultivadas	0,274
Solo quase nu sem cultivo	0,305
Caminhos de escoamento em grama, pasto	0,457
Superfície pavimentada; pequenas voçoroca de nascente	0,61

Para a determinação do coeficiente C , devem-se ser levadas em consideração as seguintes características (Tucci, 1995):

- solo;
- cobertura;
- tipo de ocupação;
- tempo de retorno;
- intensidade da precipitação.

Pelo fato das superfícies não serem homogêneas, Fendrich (1984) recomenda que não se utilize um único valor retirado da tabela adotada a ser utilizado para toda a bacia, sendo

recomendado calcular uma média ponderada dos valores de C e das áreas, encontrando assim um valor de C que possa ser utilizado para a bacia inteira.

De acordo com Paiva (2001), o coeficiente C , conhecido como coeficiente de deflúvio ou *runoff*, exprime a relação entre o volume total precipitado e o volume total escoado superficialmente.

Tucci (1993) recomenda a majoração de valores de C (Tabela 2) para períodos de retorno maiores que 10 anos e que sejam utilizados dados das tabelas elaboradas pela ASCE (*American Society of Civil Engineers*) adaptadas do trabalho elaborado pelo Corpo de Engenheiros das forças armadas dos Estados Unidos da América, sendo comumente utilizados para períodos de retorno entre 5 e 10 anos.

5.3.1.2. Hidrograma unitário sintético de Snyder

Segundo Fendrich (1984), Snyder foi o primeiro hidrólogo a estabelecer um conjunto de equações que relacionasse a geometria física da bacia com as propriedades do hidrograma unitário resultante (Figura 9), de modo que, com ausência de dados de vazão e chuva, fosse possível estimar em um hidrograma a realidade do local.

De acordo com Fendrich (1984) este método foi criado com dados obtidos para a região dos Apalaches (E.U.A.) e mostrou que, se fossem modificadas algumas constantes, as equações de Snyder poderiam ser empregadas à outras regiões.

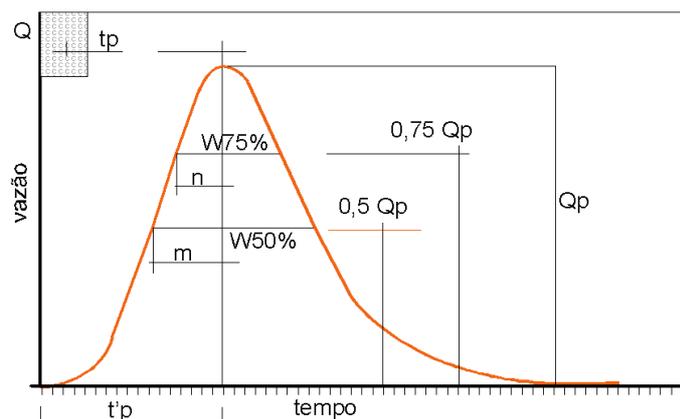


Figura 9: Hidrograma unitário do CUHP “*Colorado Urban Hydrograph Procedure*” (Porto, 1995).

De acordo com a Figura 9 :

t_p = Tempo de retardamento da bacia (h);

tp' = Tempo de início da chuva ao pico tp (h);

$W50\%$ = Largura do hidrograma a 50% do pico (h);

$W75\%$ = Largura do hidrograma a 75% do pico (h);

m = 0,35% de $W50\%$;

n = 0,45 de $W75\%$.

Tabela 2: Valores de coeficiente de *run off* C (Paiva, 2001).

Características da superfície	C
Área Comercial	
Central	0,70 a 0,95
Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
Residências Isoladas	0,30 a 0,50
Unidades Múltiplas (Separadas)	0,40 a 0,60
Unidades Múltiplas (Conjugadas)	0,60 a 0,75
Subúrbio	0,25 a 0,40
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
Indústrias Leves	0,50 a 0,80
Indústrias Pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Ruas	
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Blocos	0,70 a 0,85
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
Forte declividade (> 7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (Solos argilosos)	
Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
Forte declividade (> 7%)	0,25 a 0,30

Segundo Fendrich (1984), Snyder propôs a seguinte equação para tp :

$$tp = 0,75.Ct.(L.L_a)^{0,3} \quad (6)$$

L = Comprimento do talvegue da bacia, desde as nascentes até a seção de controle (km).

L_a = Comprimento que vai desde o centro de gravidade da bacia até a seção de controle (km).

C_t = Coeficiente que está relacionado com a porcentagem de impermeabilização da bacia.

Onde:

$$C_t = \frac{7,81}{(I_a)^{0,78}} \quad (7)$$

A equação (7) deve ser utilizada quando:

$I_a \geq 30\%$, onde I_a é a porcentagem de impermeabilização da bacia (Tabela 3).

Tabela 3: Valores da porcentagem de impermeabilização I_a , (Fendrich, 1984).

Área	I_a (%)
Comercial, aeroporto e estacionamento	95 - 100
Residencial densa	45 - 95
Residencial normal	35 - 45
Residencial com grandes lotes	20 - 40
Parques, jardins, cinturões verdes	0 - 10

A vazão máxima Q_p é determinada pela equação (8):

$$Q_p = \frac{2,76.C_p.A}{t_p} \quad (8)$$

Onde:

$$C_p = 0,89.(C_t)^{0,46} \quad (9)$$

Para a determinação do tempo de duração da precipitação unitária que provoca t_d , em horas é igual a:

$$t_d = \frac{t_p}{5,5} \quad (10)$$

Caso o tempo da precipitação efetiva ultrapassar t_p , o valor do tempo de retardamento será (em h):

$$t'_p = t_p + \frac{\Delta t_p}{4} \quad (11)$$

Para definir o traçado do hidrograma unitário sintético:

$$t' = \frac{21t_p}{22} + 0,75t_d \quad (12)$$

$$W_{50\%} = 1,89 \frac{A}{Q_p} \quad W_{75\%} = 0,98 \frac{A}{Q_p} \quad \left| \text{(13 e 14)} \right.$$

Cálculo do valor corrigido de C_t e da declividade S_e :

$$S_e = \frac{h}{0,8.L} \quad \text{se } S_e > 0,025 \text{ m/m} \Rightarrow C_t = 0,48.C_{t0}.S_e^{-0,2} \quad \text{(15 e 16)}$$

Caso $S_e > 0,025$ m/m, utiliza-se a Equação (17):

$$C_t = 0,48.C_{t0}.S_e^{-0,2} \quad \text{(17)}$$

Cálculo do tempo de retardamento t_d em (em h):

$$t_p = 0,75.C_t.(L.Lcg)^{0,3} \quad \text{(18)}$$

Cálculo da vazão máxima Q_p (em m³/s):

$$Q_p = \frac{(2,76.C_p.A)}{t_p} \quad \text{(19)}$$

Vazão máxima específica q_p (em m³/s):

$$q_p = \frac{Q_p}{A} \quad \text{(20)}$$

Tempo de duração da chuva unitária t_p (em h):

$$t_d = \frac{t_p}{5,5} \quad \text{(21)}$$

Tempo de início da chuva t_p ao pico t_p (em h).

$$t_p = \frac{(21.t_p)}{22} + 0,75.t_d \quad \text{(22)}$$

5.4 A necessidade da carta de cobertura do solo

Segundo Grechi (1998), a cartografia geoambiental deve fornecer documentos voltados ao planejamento, proteção e recuperação territorial e, dependendo do objetivo do trabalho, ser executada em escalas diversas. De acordo com Lopes (2000), o uso do solo apresenta uma estreita ligação com o urbanismo e possibilita a realização de uma caracterização física que demonstre as alterações da área pelos efeitos antrópicos. Assim, a utilização da carta de uso e

ocupação torna-se imprescindível, ainda mais se tratando no caso de uma região urbana com os mais diversos tipos de ocupações.

Dentre os padrões de cobertura a serem mapeados, estarão presentes as áreas com cobertura vegetal, os corpos aquosos, as superfícies impermeabilizadas que irão fornecer os dados necessários para a aplicação do método de estimativa de vazão, além de outros dados que sirvam para caracterizar a região.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Definição da escala

De acordo com Francés *et alii* (1990), deve-se observar as escalas dos mapas elaborados, de modo que para estudos de cunho regional, a escala mais adequada é de 1:50.000 ou menor. Já quando se tratar de gestão de espaços naturais e ocupação urbana ou atividades mais específicas, as escalas devem ser mais detalhadas, maiores que 1:50.000.

A escala de trabalho escolhida é 1:10.000, enquanto que a de apresentação é de 1:30.000, de modo que a carta final possa ser impressa no formato A3, facilitando assim a sua publicação, manipulação e distribuição. Nestas escalas é possível observar com clareza os detalhes e as menores áreas mapeáveis, sem perda de informação e sem sobrecarregar a carta.

6.2. Legenda de cobertura adotada

A carta de cobertura deve conter um nível de detalhamento que forneça as informações necessárias ao trabalho apontadas na página 22, como áreas impermeabilizadas, corpos d'água, densidade urbana e outras mais. Assim foi escolhida a legenda do projeto CORINE “*Coordination of Information on the Environment*” (Heymann *et alii*, 1994).

A legenda de cobertura do projeto CORINE foi criada e vem sendo utilizada pela Comunidade Européia desde os anos 80. É baseada nos tipos de cobertura existentes na superfície terrestre, num modelo bem simples (Figura 10), já tendo sido utilizada com sucesso no Brasil e até mesmo em Mato Grosso do Sul, por Paranhos Filho (2000), Carrijo *et alii*. (2001), Carrijo *et alii* (2002), Polizer (2002) e Manta (2003).

Segundo Paranhos Filho (2000), a nomenclatura CORINE (Tabela 4) compreende três níveis, embora possa ser adequada até um quarto nível ou mais:

1. o primeiro, com cinco itens, indica as categorias maiores de cobertura dos solos do planeta (resumidas em um maior ou menor grau).
2. o segundo com 15 itens é para o uso em escalas 1:500.000 e 1:1.000.000.

3. o terceiro com 44 itens é usado em escala 1:100.000.
4. o quarto ou até mesmo um quinto nível podem ser adicionados, para alguns, ou para todos os itens, seguindo os seguintes pré-requisitos:
 - os itens adicionais devem incluir todos os tipos de cobertura do solo cobertos pelo item de nível três ou nível quatro (sendo usados códigos de quatro e cinco caracteres para estes níveis respectivamente).
 - os novos itens criados não podem se relacionar com mais de um item nível três. O mapeamento da cobertura do solo do tipo CORINE (que é nível três), deve ser finalizado antes de iniciar o mapeamento de nível quatro.

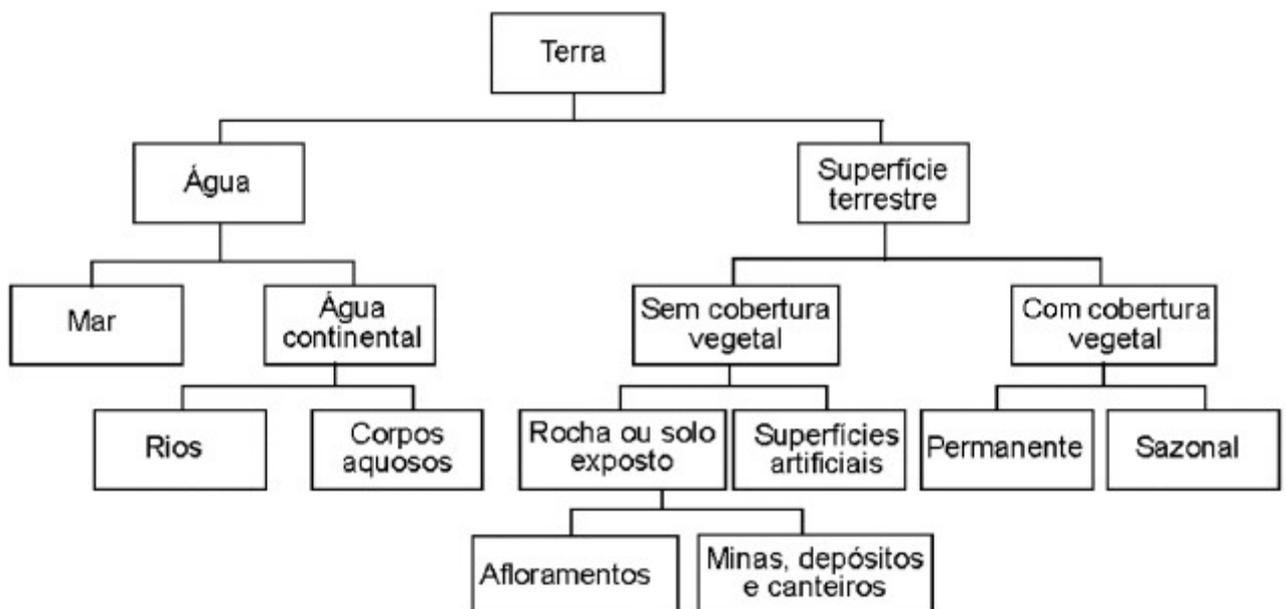


Figura 10: Esquema teórico para a construção de uma nomenclatura de tipos de cobertura dos solos (Heymann *et alii*, 1984 *apud* Paranhos Filho, 2000).

6.3. Coleta de dados

Dentre as principais etapas do trabalho, esquematizadas na Figura 11, a primeira tarefa realizada compreendeu visitas *in loco* com a finalidade de fotografar e realizar os levantamentos na área. Mesmo durante as fases posteriores do trabalho, as visitas continuaram a ser realizadas com a finalidade de esclarecer dúvidas. A outra etapa foi o levantamento das bases cartográficas e imagens disponíveis, além das referências bibliográficas.

Tabela 4: Classes de cobertura dos solos do Projeto CORINE
(Heymann *et alii*, 1994; Paranhos Filho 2000).

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1. Superfícies Artificiais	1.1. Padrão Urbano 1.2. Áreas Industriais, comerciais e de transporte 1.3. Mina, depósito de lixo e local de construção 1.4. Áreas vegetais, não agrícolas, artificiais	1.1.1. Padrão Urbano Contínuo 1.1.2. Padrão Urbano Descontínuo 1.2.1. Unidades industriais ou comerciais 1.2.2. Rodovias, ferrovias e terrenos associados 1.2.3. Áreas portuárias 1.2.4. Aeroportos 1.3.1. Local de extração mineral 1.3.2. Áreas de descarga e depósitos de lixo 1.3.3. Locais em construção 1.4.1. Áreas verdes urbanas 1.4.2. Áreas de lazer e esporte
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada 2.2. Culturas permanentes 2.3. Pastos 2.4. Áreas agrícolas heterogêneas	2.1.1. Terra arada não irrigada 2.1.2. Terra permanentemente irrigada 2.1.3. Campos de arroz 2.2.1. Vinhas 2.2.2. Pomares e árvores frutíferas 2.2.3. Oliveiras 2.3.1. Pastagens 2.4.1. Culturas anuais associadas com culturas permanentes 2.4.2. Padrões de cultivo complexos 2.4.3. Terra ocupada principalmente por agricultura, com áreas significativas de vegetação natural 2.4.4. Área agro-florestais
3. Florestas e áreas seminaturais	3.1. Florestas 3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada 3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.1.1. Floresta Latifoliada 3.1.2. Floresta de Coníferas 3.1.3. Floresta Mista 3.2.1. Pradaria Natural 3.2.2. <i>moors</i> e <i>heathland</i> 3.2.3. Vegetação esclerófito 3.2.4. Área com vegetação arbustiva em evolução 3.3.1. Praias, dunas e planícies arenosas 3.3.2. Rocha Nua 3.3.3. Área de vegetação esparsa 3.3.4. Área Queimada 3.3.5. Geleiras e neves perenes
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais 4.2. Zonas úmidas costeiras	4.1.1. Pântanos internos 4.1.2. Turfeira 4.2.1. Pântanos salgados 4.2.2. Salinas 4.2.3. Planície Intramaré
5. Corpos Aquosos	5.1. Águas continentais 5.2. Águas marinhas	5.1.1. Cursos de água 5.1.2. Corpos de água 5.2.1. Lagoas Costeiras 5.2.2. Estuários 5.2.3. Mares e oceanos

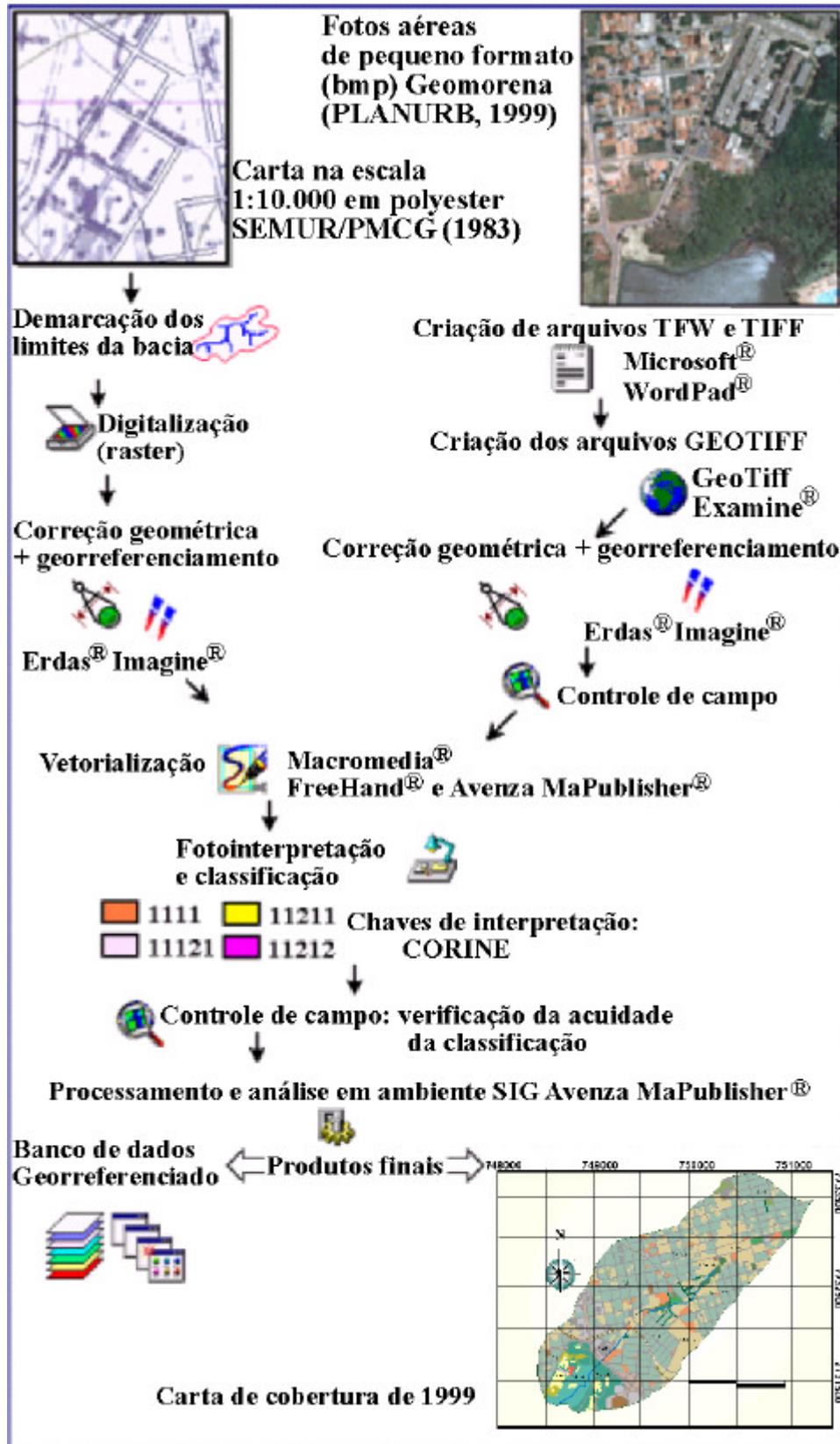


Figura 11: Etapas envolvidas na geração da carta de cobertura.

6.4. Geração da carta-base

6.4.1. Base cartográfica adotada

Para a elaboração da carta base na escala 1:10.000 foram utilizadas as cartas do acervo da SEMUR (Secretaria Municipal de Controle Urbanístico) da PMCG (Prefeitura Municipal de Campo Grande). Segundo a SEMUR (1984) estas cartas foram elaboradas com base no levantamento aerofotogramétrico realizado pela Empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamento, com sede em Curitiba, no Paraná. As cartas são de 1983 com reambulação em 1984, sendo possível encontrá-las as escalas 1:10.000 e 1:2.000.

Segundo SEMUR (1984), as cartas na escala 1:10.000 compõem um conjunto composto de doze folhas, apresentam uma articulação conforme mostra a Figura 12, possuem sistema de coordenadas UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator), projeção cilíndrica conforme, *datum SAD 69*, esferóide *New International 1967*, fuso 21, tiveram controle de solo e apresentam curvas de nível a cada cinco metros.

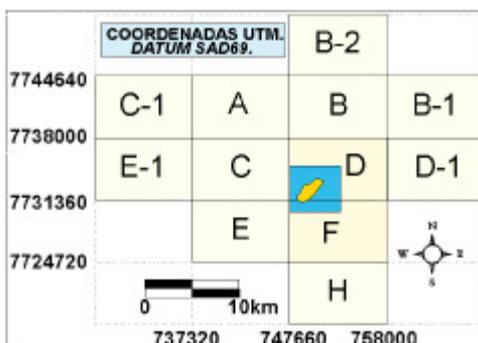


Figura 12: Articulação das cartas da SEMUR na escala 1:10.000, que cobrem a área da bacia do córrego Cabaça (SEMUR, 1984).

6.4.2. Demarcação dos divisores de água da bacia

A primeira etapa realizada foi a montagem de um mosaico das folhas com as cartas na escala 1:10.000 que cobrem toda a área da microbacia. Para isso foram utilizadas as folhas C, D, E e F, mostradas na Figura 12.

Em seguida foram localizados e demarcados os divisores de água da microbacia. Utilizando-se as curvas de nível, traçando-se os limites da bacia sempre na direção perpendicular a uma reta tangente às convexidades das curvas de nível.

Com isso foi possível verificar que toda a região de estudo está localizada em duas cartas, como mostra a Figura 13.

6.4.3. Georreferenciamento e correção geométrica da carta base

A vetorialização dos dados do mosaico para a criação da carta-base envolveu primeiramente a sua escanização, numa resolução de 100 dpi (*dots per inch*), 8 bits formato TIFF (*tagged image file format*), de modo a garantir uma boa impressão. Assim a imagem mostrou-se nítida suficientemente, apresentando um tamanho que não dificultou a sua manipulação.

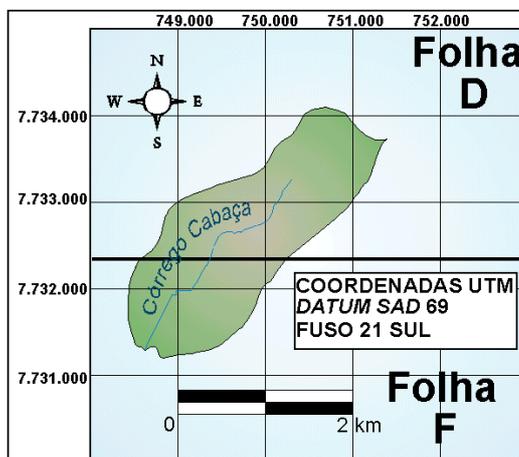


Figura 13: Mosaico das cartas da SEMUR na escala de 1:10.000, de 1983, coordenadas UTM, *datum* SAD 69, no qual se localiza a microbacia do córrego Cabaça.

Para o seu georreferenciamento, foram demarcados 25 pontos de controle distribuídos homogeneamente, utilizando-se o programa Erdas[®] Imagine[®] (Erdas, 1997). O erro resultante do georreferenciamento foi de 19,8 centímetros, dentro do aceitável para a escala de trabalho.

6.4.4. Tratamento das imagens e correção geométrica das fotos aéreas

Para identificação das coberturas das áreas foram utilizadas as imagens do Geomorena (PLANURB, 2001) das regiões urbanas do Anhanduizinho, Centro e Bandeira. Trata-se de um conjunto de imagens obtidas de fotografias aéreas de pequeno formato, realizadas em

novembro de 1999, que estão disponíveis como arquivos BMP (*bitmap*) com resolução espacial de 1 metro.

Além destas imagens, também foi utilizada uma imagem Landsat 7 ETM+ banda Pan (Engesat, 2001). As informações foram complementadas com visitas e fotos *in loco*.

No CD do Geomorena, as fotos encontram-se recortadas de modo que seus limites coincidam com a grade de coordenadas UTM da carta da SEMUR 1:10.000. Cada foto recebeu uma denominação de quatro dígitos, os dois primeiros dígitos significam o valor das coordenadas UTM do canto esquerdo da grade, na direção X, enquanto que os dois segundos dígitos significam o valor das coordenadas UTM no canto inferior da grade, na direção Y.

Como exemplo, a foto número 4931, tem seu canto esquerdo na coordenada 749.000 na direção X e 7.731.000 na coordenada Y

A etapa seguinte foi a criação de um mosaico da área de estudo com as fotos do Geomorena, como mostra a Figura 14. Cada foto do Geomorena possui a resolução de tela de 1000 por 1000 *pixels* e uma resolução espacial de 1,0m.

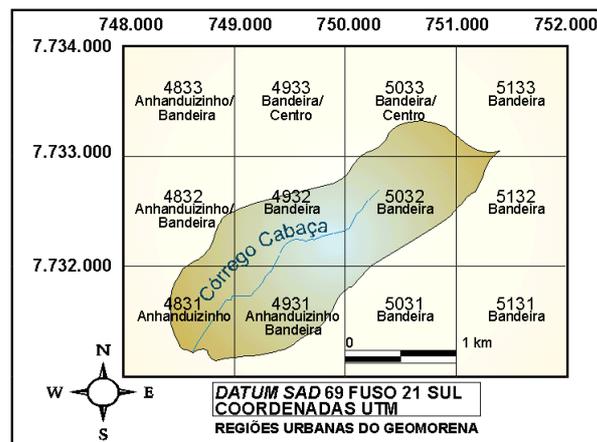


Figura 14: Mosaico com as imagens do Geomorena, da área correspondente a microbacia do córrego Cabaça. Na grade é mostrado o número das fotos e o nome das regiões, respectivamente.

Pelo fato das fotos do Geomorena estarem no formato BMP, foi preciso converter cada uma das fotos para o formato TIFF, para que fosse possível o seu georreferenciamento, sendo que esta conversão não causa nenhum tipo de perda de informação.

Uma vez salvas no formato TIFF, houve a necessidade da criação dos arquivos GEOTIFF das fotos, sendo criados os arquivos TFW (*tiff world*) de cada uma das fotos, isso permite que seja atribuído um sistema de coordenadas de terreno às imagens.

Para a criação dos arquivos TFW foi utilizado o programa *WordPad*[®] do *MS-Windows*[®] (Microsoft, 1998), cada imagem BMP do Geomorena vem acompanhada de um arquivo TAB,

que traz informações daquela imagem como coordenadas dos cantos e tamanho da imagem em *pixels* (ver Figura 15).

Uma vez conhecidos o tamanho do *pixel* e as coordenadas do canto superior esquerdo de cada uma das fotos, tornou-se possível a criação dos respectivos arquivos GEOTIFF (TIFF + TFW).

O arquivo TFW é um arquivo ASCII (*American Standart Code for Information Interchange*) de seis linhas, nas quais, as duas primeiras trazem o tamanho da imagem na direção X, a terceira e a quarta linhas trazem o tamanho da imagem na direção Y enquanto as últimas linhas trazem as coordenadas do canto superior esquerdo da imagem, como ilustra a Figura 16, uma vez criado este arquivo basta salvá-lo como TFW.

```
!table
!version 300
!charset WindowsLatin1
!Generated by MapImagery Version 6.044 (Jan 23 2000) http://www.gid.com.au
!MapImagerySuperSamplingFactor: 1.000000

Definition Table
File "qd4931.BMP"
Type "RASTER"
(749000.000000,7732000.000000) (0.000000,0.000000) Label "Top Left",
(750000.000000,7731000.000000) (1000.000000,1000.000000) Label "Bottom Right",
(750000.000000,7732000.000000) (1000.000000,0.000000) Label "Top Right"
CoordSys Earth Projection 8, 92, "m", -57, 0, 0.9996, 500000, 10000000
Units "m"
```

Figura 15: Exemplo das informações contidas em arquivo TAB do Geomorena, no caso da imagem Qd4931.

```
1
0
0
-1
749000.000000
7732000.000000
```

Figura 16: Exemplo de um arquivo TFW do Geomorena, no caso ainda a Qd4931.

Para auxiliar na criação dos arquivos TFW para a obtenção do GEOTIFF, utilizou-se o programa Geo-TiffExamine[®] (Mentor, 1999), que cria automaticamente o par TFW e TIFF e escreve o respectivo “TAG” no arquivo TIFF (Figura 17).

Uma vez realizado o processo de georreferenciamento dos *layers*, a próxima etapa foi a importação da imagem digital da carta em um *layer* criado para esta finalidade, sendo demarcado em um outro *layer* os contornos da bacia.

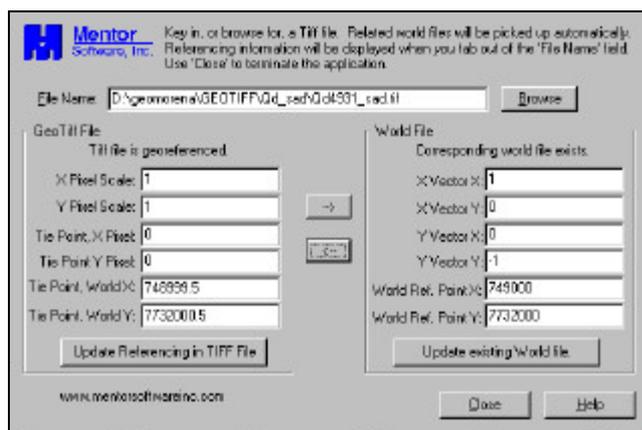


Figura 17: Janela do programa *Geo-TiffExamine*[®] (Mentor, 1999), que associa pares TIFF/TFW (GEOTIFF) de cada uma das fotos. A ilustração mostra conversão para a foto Qd4931.

Depois de criados os arquivos GEOTIFF de cada foto, em um total de doze, foi possível fazer o georreferenciamento e a correção geométrica das fotos, tendo sido utilizado para isso o programa *Erdas Imagine*[®] (Erdas, 1997), tendo como produto final imagens fotos georreferenciadas no formato IMG.

Embora os limites das fotos do Geomorena coincidisse com a grade UTM da carta da SEMUR de 1983, na escala de 1:10.000, estas fotos apresentaram uma distorção significativa em relação à carta, de até 20 metros. Talvez isto tenha ocorrido porque o Geomorena foi elaborado com fotografias aéreas de pequeno formato, enquanto que a carta foi elaborada com ortofotos convencionais e controle de solo, de modo que se utilizou a carta como base cartográfica enquanto as fotos foram utilizadas somente para identificar os tipos de cobertura.

6.5. Obtenção da carta de cobertura do solo a partir das fotos aéreas do Geomorena

6.5.1. Escolha do programa SIG para a elaboração da carta de cobertura

Para a criação da carta de cobertura, foi escolhido o programa *Avenza*[®] *MaPublisher*[®] 4.0 (Avenza, 2001), juntamente com o *Macromedia*[®] *Freehand*[®] 9 (Macromedia, 2000). O *MaPublisher*[®] 4.0 funciona em conjunto com o *Freehand*[®], dando a este último as potencialidades de um programa de ambiente SIG, georreferenciando *layers*, reconhecendo arquivos com extensões de SIG, chegando a criar bancos de dados georreferenciados. Em contrapartida o *Freehand*[®] dispõem de uma série de ferramentas de edição para acabamento

das cartas, permitindo uma qualidade gráfica que poucos programas SIG apresentam.

Isto pelo fato de não haver nestes SIGs ferramentas que criassem linhas curvas, a vetorialização seria feita somente com traços retilíneos (digitalização à *spaghetti*), dando uma aparência chanfrada e segmentada, onde deveria ser um trecho curvo, contribuindo assim até mesmo para perda de informações na criação do banco de dados SIG (Figura 18).

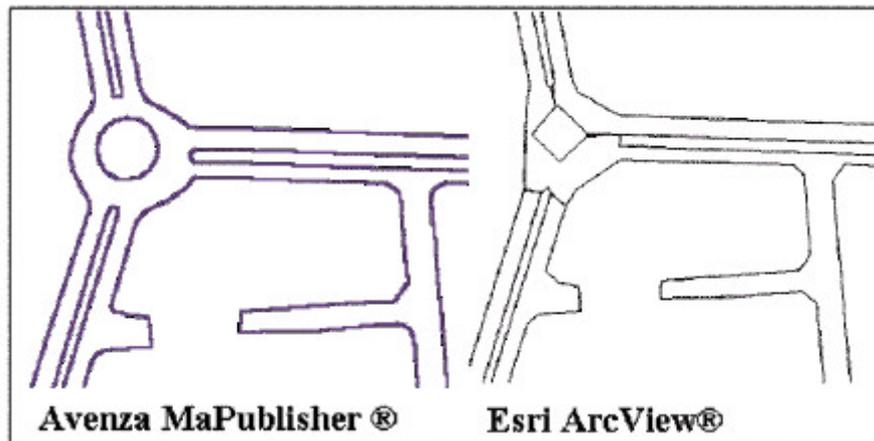


Figura 18: Comparação entre a vetorialização de um trecho curvo, realizado no Arc View® (Esri,1998) (à direita) e pelo MaPublisher® (Avenza, 2001) (à esquerda).

5.5.2. Criação dos *Layers* para elaboração da carta de cobertura

Para a utilização do *MaPublisher*® (Avenza, 2001) foi necessário, em primeiro lugar, georreferenciar o *layer* para que o programa execute as operações como um SIG; o primeiro passo foi a introdução dos dados da carta base, no caso a carta do levantamento aerofotogramétrico de 1983, etapa na qual o programa pede informações como as coordenadas de um dos cantos da figura, como mostra a Figura 19, estas informações foram obtidas no *Erdas*® *Imagine*® (Erdas, 1997). Já na etapa seguinte é necessário fazer a correção e colocar as informações sobre a projeção (Figura 20).

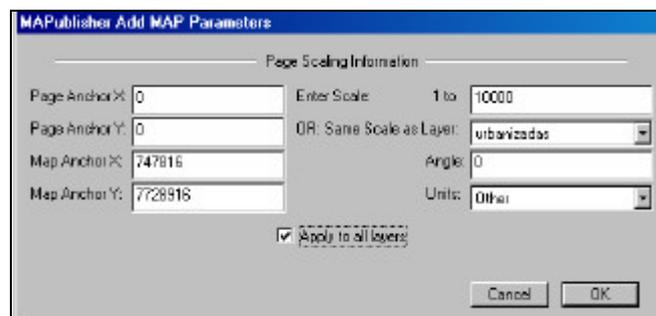


Figura 19: Janela do *MaPublisher*® 4.0 (2001), na qual são pedidos os parâmetros de mapa.

Uma vez realizado o processo de georreferenciamento dos *layers*, a próxima etapa é a importação da imagem digital da carta em um *layer* criado para esta finalidade, sendo demarcado em um outro *layer* os contornos da bacia. Em seguida foram traçados os vetores para cada *layer* específico. A menor dimensão mapeável adotada foi a largura da rua, no caso 1 mm, o que equivale à 10 metros no terreno na escala de 1:10.000.

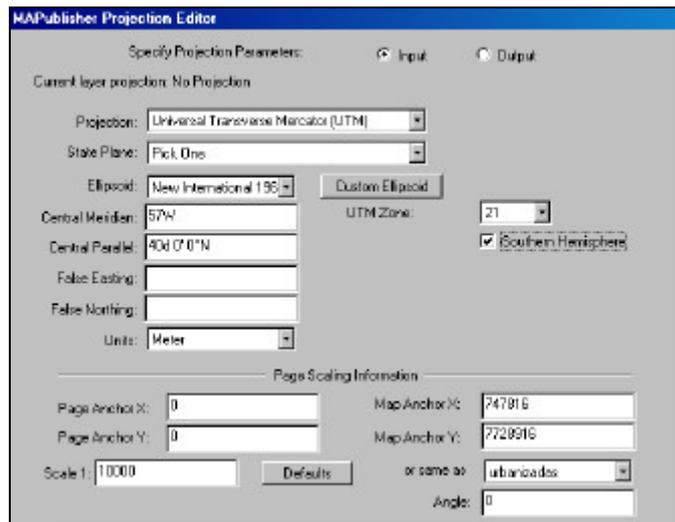


Figura 20: Janela do *MaPublisher*[®] (Avenza, 2001), com as informações da projeção cartográfica.

Em seguida registra-se a imagem, importando seu arquivo TFW (Figura 21), estando assim preparada a base para a carta de cobertura. Foram criados 19 diferentes *layers*, um para cada tipo de cobertura (Figura 22). Analisou-se cada um dos tipos de cobertura, utilizando-se a legenda CORINE em nível de 3, dependendo da necessidade de detalhamento.

Embora muitas vezes se apresentem associados cobertura e uso do solo são dois critérios tratados de forma diferentes neste trabalho, pois cobertura é considerado como o “revestimento” que se encontra sobre a superfície, enquanto que uso é tratado como sendo a finalidade na qual esta área encontra-se destinada, a legenda do CORINE atende plenamente esta finalidade.

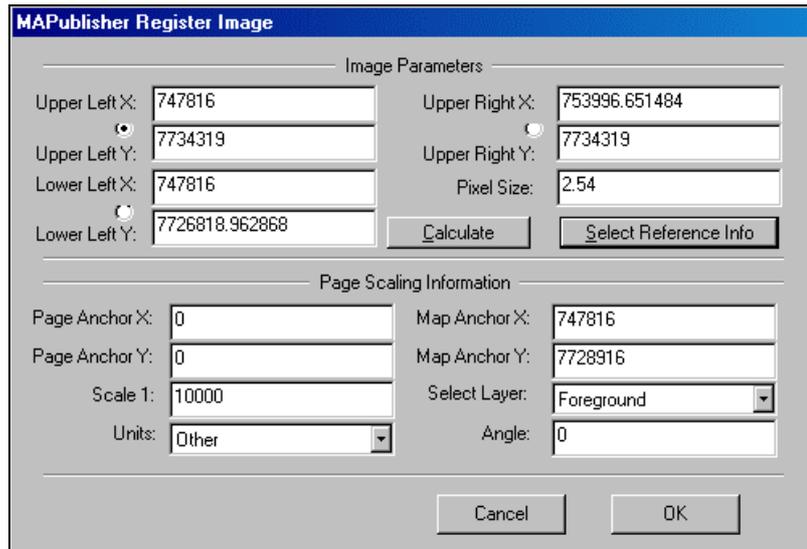


Figura 21: Janela do *MaPublisher*® (Avenza, 2001), com as informações do arquivo TFW.

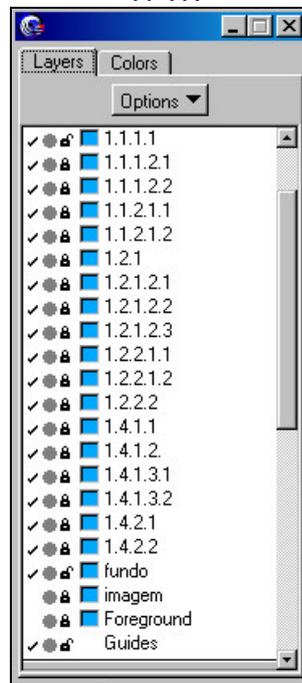


Figura 22: Janela do programa *Macromedia Freehand*® 9 (Macromedia, 1999) mostrando os *layers* cujos nomes correspondem às classes numéricas do CORINE, utilizados na elaboração da carta de cobertura.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Classes de cobertura obtidas na área de estudo

Pelo fato de tratar-se de uma área essencialmente urbana, com exceção da RPPN da UFMS que é de classe 3, todos os padrões de cobertura encontrados foram da classe 1, que diz respeito às superfícies artificiais.

Nesta capítulo são apresentados os valores da percentagem impermeabilizada I_a e o coeficiente de escoamento superficial “*run off*” C para cada tipo de cobertura diferente da carta.

As divisões feitas nas diferentes classes de coberturas do solo levando em conta aspectos hidrológicos e de uso.

Classe 1.1.1. Padrão Urbano Contínuo

A maior parte da superfície é coberta por estruturas de rede de transportes. Edificações, rodovias e áreas de superfície artificial cobrem mais de 80% do total da superfície. A vegetação não linear e o solo nú representam a exceção.

Classe 1.1.1.1. Área edificada urbana

Diz respeito às áreas ocupadas em sua maior parte (mais de 80%) por edificações, tendo boa parte de sua área ocupadas por superfícies impermeabilizadas (telhados, calçamentos, etc.), como mostra a Figura 23. Inclui-se edificações de uso residencial, desde simples residências unifamiliares, até os condomínios, estabelecimentos comerciais de pequeno e médio porte e prestadoras de serviços entre outras.

Os valores de I_a e C estimados para esta classe foram 80% e 0,40 respectivamente.



Figura 23: Classe 1.1.1.1. , área edificada urbana.

Classe 1.1.1.2.1. Estacionamento com superfície impermeabilizada

De acordo com a Figura 24, representa o estacionamento cuja superfície, em sua maior parte (acima de 80%), é revestida por pavimentação asfáltica ou por calçamentos de concreto.

Devido ao alto grau de impermeabilização desta classe foi estimado 100% para I_a e de 0,82 para C .



Figura 24: Classe 1.1.1.2.1., grande estacionamento com superfície impermeabilizada.

Classe 1.1.1.2.2. Estacionamento sem superfície impermeabilizada

Representam os estacionamentos cujas superfícies, em sua maior parte (acima de 80%), são revestidas por coberturas não impermeabilizadas, como terra batida (ver Figura 25), ou grama, estas superfícies na realidade não são completamente permeáveis, havendo um certo grau de impermeabilização, embora muito reduzido para considerarmos do ponto de vista de drenagem como superfície impermeabilizada.

Pelas características deste tipo de cobertura não ser impermeabilizada, mas apresentar-se bastante compactada, estimou-se 60% para I_a e 0,30 para C .

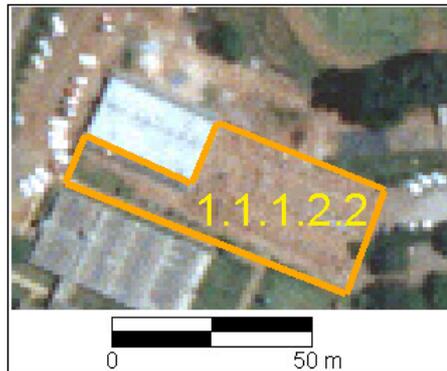


Figura 25: Classe 1.1.1.2.2., área de solo exposto destinada à função de estacionamento.

Classe 1.1.2.1.1. Terreno baldio com vegetação

Como ilustra a Figura 26, são os terrenos cuja superfície esteja em sua maior parte ocupada por algum tipo de vegetação, não se tratando de áreas de cultivo nem de reservas, mas áreas urbanas, ocupadas por matagais, geralmente como consequência da falta de limpeza.

Foi classificada como terreno baldio a área cuja finalidade seria a de ser edificada e por motivos variados encontra-se desocupada. Tratam-se de terrenos que anteriormente eram parte de pastos, de chácaras, que foram desmembrados e transformados em loteamentos para construção, estando aí a origem da vegetação de alguns terrenos.

O fato deste tipo de classe reter parte do escoamento superficial estimou-se 10% para I_a e 0,27 para C .



Figura 26: Classe 1.1.2.1.1., área urbana destinada à habitação ocupada por vegetação “matagal”.

Classe 1.1.2.1.2. Terreno baldio sem vegetação

Houve um interesse em separar os terrenos baldios que apresentavam cobertura vegetal dos que não apresentavam, (Figura 27), pois os terrenos com solo exposto são áreas que merecem ser demarcadas, uma vez que ficam susceptíveis a problemas ambientais, entre eles a erosão e o transporte de sedimento, tanto hídrico quanto eólico.

Nos estudos de qualidade de água os sedimentos transportados pela água vêm representar um aumento na quantidade de sólidos encontrados na análise de água, além de causar assoreamento em alguns trechos dos cursos d'água.

Estimou-se 20% para I_a e 0,30 para C.



Figura 27: Classe 1.1.2.1.2., área sem cobertura vegetal.

Classe 1.2.1. Grande galpão de finalidade comercial e/ou industrial

Representa a cobertura dos grandes galpões encontrados na região. Foi separada da classe 1.1.1.1 por se tratar de uma superfície contínua, na maioria das vezes revestidas com chapas metálicas ou de fibrocimento, tendo sido estimados 100% como valor de I_a e 0,85 para

Diz respeito a grandes depósitos, supermercados, garagens de empresas transportadoras, oficinas, entre outros. No caso do local escolhido há indústrias, uma vez que não existe polo industrial na área.

Classe 1.2.5. *Campus* universitário

Foi criada uma classe de nível três exclusiva para *Campus* universitário, pelo fato de

não ser uma área de uso comercial, residencial nem industrial e por representar uma parcela de tamanho significativo na área mapeada, sendo que geralmente ocupam áreas significativas em outras áreas urbanas também. Esta classe representa a parcela ocupada por edificações dentro do *Campus* da UFMS, demarcando os blocos das salas de aulas, corredores cobertos, hospital, prédios administrativos entre outros. Trata-se em sua maior parte, de estruturas com coberturas de lajes de concreto ou telhas de fibrocimento (Figura 28).de modo que foi possível estimar .100% para I_a e 0,85 para C .

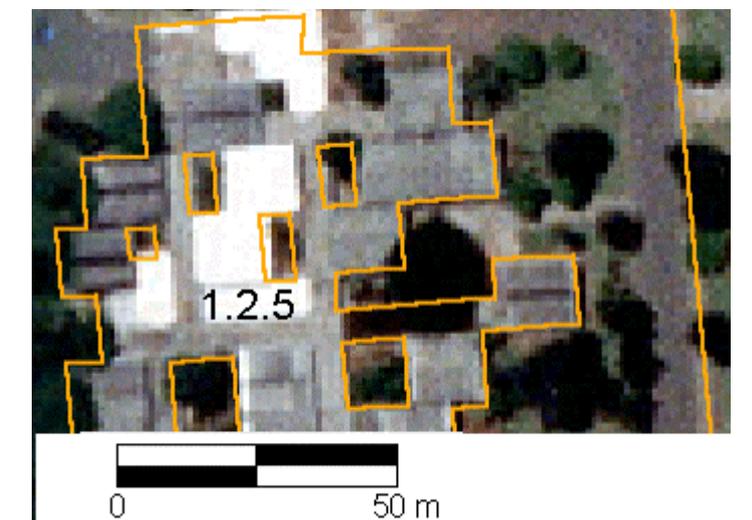


Figura 28: Classes do quarto nível ,no caso (1.2.5), área edificada do *Campus* universitário.

Classe 1.2.2.1.1. Rodovia e rua com pavimento impermeabilizado

Houve a preocupação em subdividir a classe CORINE 1.2.2.1. que representa rodovias e ruas, em duas classe de nível cinco, que apresentam comportamentos muito diferentes no que diz respeito à drenagem pluvial.

A classe 1.2.2.1.1. caracteriza as vias de tráfego rodoviário pavimentadas (Figura 29), ou seja, revestidas com concreto betuminoso usinado à quente, este tipo de revestimento é altamente impermeável, o que resulta em um acréscimo significativo na taxa de escoamento superficial e um decréscimo na infiltração de água no solo. Além de que, esta classe contribui de forma significativa para os problemas de poluição difusa.

Sendo uma classe impermeabilizada, estimou-se $I_a = 100\%$ e $C = 0,82$.



Figura 29: Classe 1.2.2.1.1. de via rodoviária com pavimento impermeabilizado, de predominância absoluta no sistema viário da área mapeada (junho, 2002).

1.2.2.1.2. Estrada e rua sem pavimento impermeabilizado

Esta classe caracteriza a via rodoviária de revestimento que não é impermeabilizado (Figura 30), embora seja de terra batida ou cascalhada, apresenta um certo grau de impermeabilização, mesmo assim é ainda muito permeável quando comparada ao revestimento de concreto betuminoso.

Em relação à drenagem, este tipo de via apresenta certos tipos de problemas, pois, como todo solo exposto, fica mais susceptível a erosão e pode contribuir com o aumento da produção de sedimento em um curso d'água.

Pelo fato deste tipo de via possuir parte significativa de suas superfícies invadida por vegetação, estimou-se $I_a = 45\%$ e $C = 0,40$.



Figura 30: Classe 1.2.2.1.2. , rua sem pavimento impermeável (junho, 2002).

1.2.2.2. Ferrovia

Nesta classe estão as ferrovias, onde inclui-se não somente os trilhos, dormentes e britas, mas a faixa de domínio *non edificandi* de propriedade da empresa ferroviária.

No que diz respeito ao comportamento hidrológico, estas áreas apresentam-se

permeáveis, justamente pelo fato da proibição de construções nestes locais, visto que são locais de segurança para as ferrovias.

Pela Figura 31 nota-se a semelhança de cobertura com a Classe 1.2.2.1.2., sendo por isso estimado 45% para I_a e 0,40 para C .



Figura 31: Exemplo da classe 1.2.2.2., que caracteriza ferrovia, na qual pode-se ver a área de domínio sem pavimento impermeável (junho, 2002).

Classe 1.4.1 Área verde urbana

Segundo Heymann *et alii* (1994), diz respeito às áreas com vegetação dentro da trama urbana, incluindo cemitérios com vegetação, parques e jardins (respeitando-se o limite mínimo para digitalização).

Esta categoria cobre uma grande variedade de superfícies, parques públicos, áreas verdes privadas, cemitérios com vegetação e outros.

No caso deste trabalho, a classe 1.4.1. foi dividida em 3 classes do nível quatro: (1.4.1.2) vegetação densa e; (1.4.1.3) área gramada que são descritas a seguir.

1.4.1.1. Vegetação densa

Representa a vegetação de porte arbóreo que cobre parte da bacia (Figura 32), não se confundindo com os terrenos baldios. Tanto de vegetação primária quanto secundária, incluindo a vegetação de porte arbóreo que margeia o córrego.

Como se trata de uma classe que apresenta alta capacidade de retenção do escoamento superficial, estimou-se 10% para I_a e 0,17 para C .

Nesta classe inclui-se vegetação de cerrado e árvores introduzidas no local. A Tabela

5, mostra alguns dos exemplares encontrados.



Figura 32: Exemplo da classe 1.4.1.1. vegetação arbustiva localizada na nascente do córrego Cabaça (junho, 2002).

Tabela 5: Lista dos principais exemplares de vegetação encontrados na microbacia do córrego Cabaça.

	Espécies	Nome vulgar
1	<i>Acrocomia aculeata</i>	macaúva, macaúba, macauveira, coco-de-espinho, macaíba, bocaiúva
2	<i>Bixa orellana</i>	urucum
3	<i>Caesalpinia peltroforoides</i>	sibipiruna
4	<i>Campomanesia guazumaefolia</i>	sete-capotes, sete-copas, capoteira, sete-cascas
5	<i>Cecropia pachystachya</i>	embaúba, imbaúba, árvore-da-preguiça
6	<i>Rícinus communis</i>	mamoneira, canudeira
7	<i>Mauritia flexuosa</i>	buriti, coqueiro-buriti, carandá-guaçu
8	<i>Psidium guajava</i>	goiabeira, goiaba, goiabeira-branca, goiabeira-vermelha, goiaba-pera, araçá-goiaba
9	<i>Vitex montevidensis</i>	tarumã, azeitona-do-mato, tarumã-azeitona, tarumã-preta
10	<i>Mangifera indica</i>	mangueira
11	<i>Melinis sp</i>	capim-gordura
12	<i>Musa sp</i>	bananeira

Classe 1.4.1.3. Área gramada

Outra classe de nível quatro, é representada pelas áreas cujas superfícies apresentam-se com mais da 80% da área revestida por grama (Figura 33), no caso superfícies encontradas em áreas particulares, como residências, empresas, encontradas em vias públicas, no caso, canteiros, “ilhas” e rotatórias de vias rodoviárias e outros, dos gramados de canteiros de rodovias.

Para esta classe estimou-se de $I_a = 10\%$ e $C = 0,17$.



Figura 33: Área gramada (classe 1.4.2.3).

Classe 1.4.2. Área de lazer e esporte

Heymann *et alii*, 1994 descreve esta classe como sendo áreas de *camping*, campos desportivos, parques, campos de *golf*, hipódromos, ruínas (arqueológicas ou não) e demais áreas de lazer dentro da trama urbana. Neste trabalho, esta classe CORINE de nível 3, foi dividida em duas classes de nível quatro, sendo elas:

Classe 1.4.2.1. Praça e parque

Representa as áreas de lazer e valoração urbanística, como praças, parques e jardins públicos (Figura 34), tendo sido considerado também o critério que envolve impermeabilização da superfície.

Pelas visitas *in loco* verificou-se que tratam-se de superfícies gramadas com algumas árvores de grande porte (*Eucalyptus sp*), estimando-se assim um valor de $I_a = 10\%$ e $C = 0,20$.



Figura 34: Classe 1.4.2.1. praça, denominada localmente como “Praça do Preto Velho”.

Classe 1.4.2.2. Quadra de esporte

Representa as áreas destinadas à prática desportiva (Figura 35), no caso deste trabalho inclui tanto as áreas permeáveis como as impermeabilizadas. Considerando o fato da grande maioria destas áreas ser permeável e as impermeáveis serem de pequenas dimensões, esta classe não foi subdividida e foi considerada totalmente como permeável.

Embora este tipo de cobertura não tenha um revestimento impermeável, encontra-se compactado, por isso foi estimado $I_a = 60\%$ e $C = 0,20$.

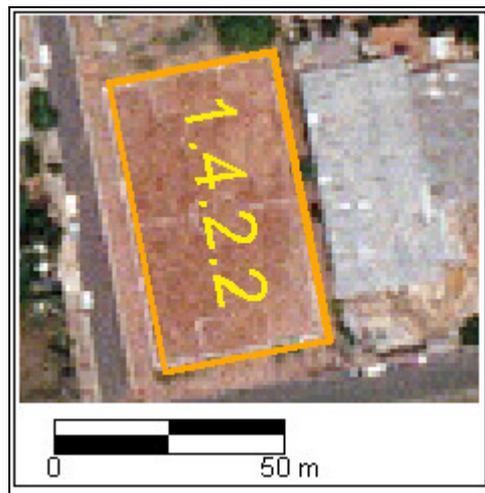


Figura 35: Classe 1.4.2.2., quadra de esporte.

Classe 1.4.1.2 Reserva Natural

Tratam-se das áreas de proteção ambiental e, no caso da região estudada a única área encontrada com esta finalidade é da UFMS (Figura 36), sendo que somente parte desta reserva esta na microbacia do córrego Cabaça.

A reserva do *Campus* é uma área natural, servindo de abrigo para animais, entre eles uma população de capivaras (*Hydrochoeris hydrochacris*), teius (*Tupinanbis teguixim*) e outros mais.

No que diz respeito às suas características hidrológicas, são semelhantes as da classe 1.4.1.1. com $I_a = 10\%$ e $C = 0,17$, mas pelo fato de se tratar de uma reserva natural, foi separada da classe para vegetação densa.



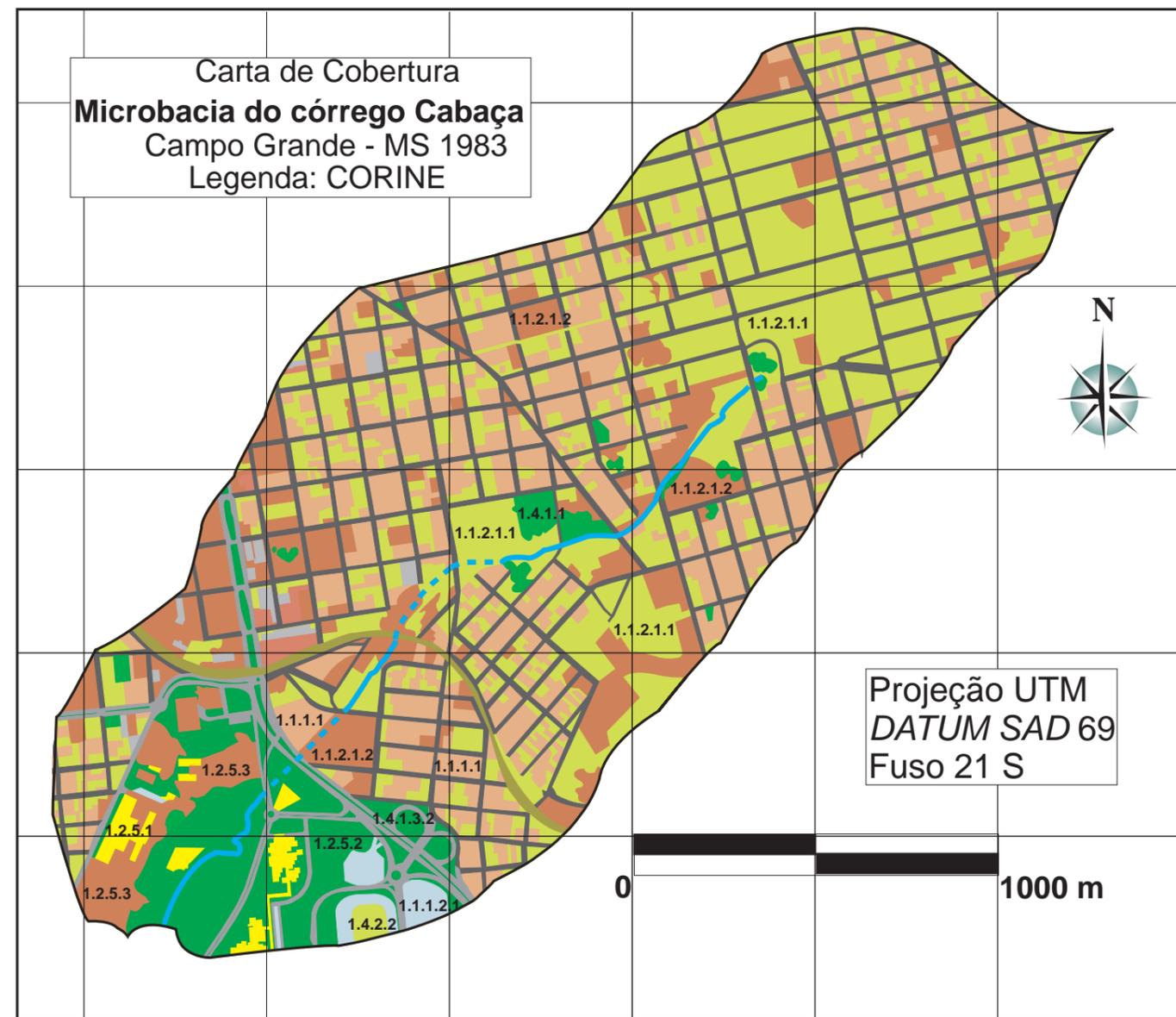
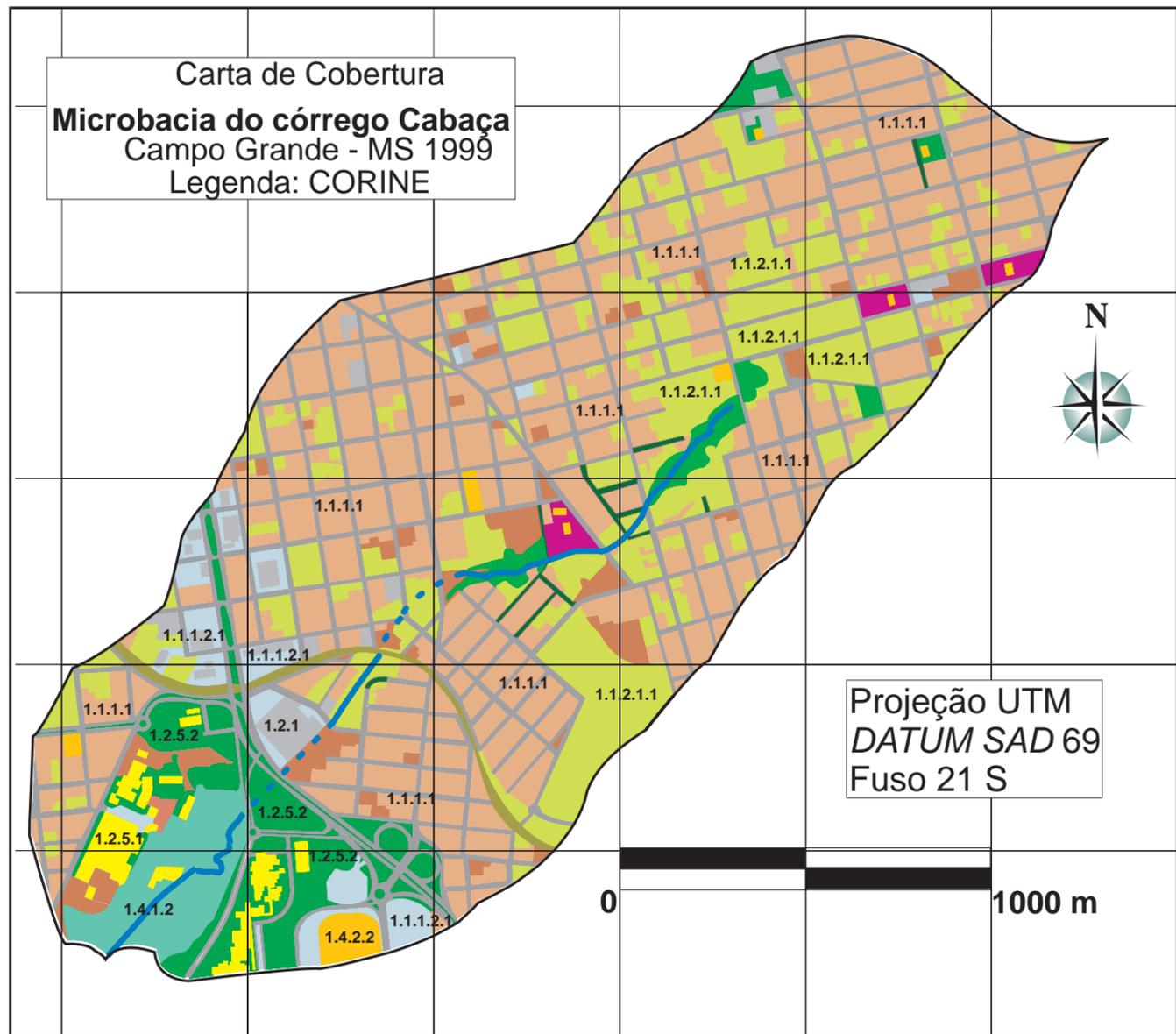
Figura 36: Classe 1.4.1.2., áreas de reservas naturais, parte da reserva na qual o córrego Cabaça atravessa (junho, 2002).

7.2. Carta de cobertura

A carta de cobertura do solo da microbacia do córrego Cabaça, mostra a situação em novembro de 1999 (Figura 37), com a área ocupada na sua totalidade por superfícies artificiais. Todos os pontos da bacia foram mapeados e classificados em classes CORINE (Heymann *et alii*, 1984), de níveis 3 a 5 onde também estimou os coeficientes C e I_a de cada classe (ver Tabela 6). Para uma comparação, foi utilizada a carta de cobertura do mesmo local de 1983, proposta por Manta (2003), da qual obteve-se a Tabela 7.

Tabela 6: Características da microbacia do córrego Cabaça, obtidas da carta de cobertura de 1999.

Classe	C	I_a (%)	Área	% do total	C x %	A (imp.) (m ²)
1.1.1.1	0,4	80	1.365.493,48	38,87%	0,15547	1092394,78
1.1.1.2.1	0,82	100	111.925,44	3,19%	0,026124	111925,44
1.1.1.2.2	0,3	60	4.118,82	0,12%	0,000352	2471,29
1.1.2.1.1	0,27	10	685.226,63	19,50%	0,052662	68522,66
1.1.2.1.2	0,3	20	130.168,49	3,71%	0,011115	26033,70
1.2.1	0,85	100	67.529,30	1,92%	0,016338	67529,30
1.2.5.1	0,85	100	58.068,96	1,65%	0,014049	58068,96
1.2.2.1.1	0,82	100	624.671,11	17,78%	0,145801	624671,11
1.2.2.1.2	0,4	45	15.021,24	0,43%	0,00171	6759,56
1.2.2.2	0,4	45	21.943,87	0,62%	0,002498	9874,74
1.4.1.1	0,17	10	40.260,04	1,15%	0,001948	4026,00
1.4.1.2	0,15	10	115.697,71	3,29%	0,00494	11569,77
1.4.1.3	0,17	10	213.635,62	6,08%	0,010338	21363,56
1.4.2.1	0,2	10	29.706,35	0,85%	0,001691	2970,64
1.4.2.2	0,2	60	29.744,31	0,85%	0,001693	17846,59
			3.513.211,37	100,00%	0,45	2108181,51



- | | | |
|--|---|---|
|  1.1.1.1 Área edificada urbana |  1.2.2.2 Ferrovia |  Trechos do córrego à céu aberto |
|  1.1.1.2.1 Estacionamento com superfície impermeabilizada |  1.4.1.2 Reserva vegetal |  Trechos do córrego canalizado |
|  1.1.1.2.2 Estacionamento sem superfície impermeabilizada |  1.4.1.3 Gramados | |
|  1.1.2.1.1 Terrenos baldio com vegetação |  1.2.1 Unidade comercial ou industrial | |
|  1.1.2.1.2 Terrenos baldio sem vegetação |  1.2.5 Área edificada localizada no Campus universitário | |
|  1.2.2.1.1 Rodovia e rua com pavimento impermeabilizado |  1.4.1.1 Vegetação densa | |
|  1.2.2.1.2 Rodovia e rua sem pavimento impermeabilizado |  1.4.2.1 Praça e/ou parque | |
| |  1.4.2.2 Quadra de esporte | |

Figura 37: Comparação entre a carta de cobertura da microbacia do córrego Cabaça em 1983 e 1999.

Tabela 7 : Características da microbacia do córrego Cabaça retiradas da carta de 1983

Classe	C	la	Área	%	C x %	A (imp.) (m ²)
1.1.1.1	0,4	80	752.082,77	21,54%	0,086179	601666,216
1.1.1.2.1	0,82	100	24.262,27	0,70%	0,005699	24262,27
1.1.1.2.2	0,3	60	15.715,00	0,45%	0,001351	9429
1.1.2.1.1	0,27	10	1.089.534,10	31,21%	0,084272	108953,41
1.1.2.1.2	0,3	20	522.197,08	14,96%	0,044878	104439,416
1.2.1.	0,85	100	17.863,98	0,51%	0,00435	17863,98
1.2.5.1	0,85	100	47.381,73	1,36%	0,011537	47381,73
1.2.2.1.1	0,82	100	109.747,57	3,14%	0,02578	109747,57
1.2.2.1.2	0,4	45	543.765,47	15,58%	0,062309	244694,4615
1.2.2.2	0,4	45	22.375,11	0,64%	0,002564	10068,7995
1.4.1.1	0,17	10	54.559,08	1,56%	0,002657	5455,908
1.4.1.2	0,15	10	0	0,00%	0	0
1.4.1.3.1	0,17	10	291292,91	8,34%	0,014186	29129,291
1.4.2.1	0,2	10	0	0,00%	0	0
1.4.2.2	0,2	60	0	0,00%	0	0
			3.490.777,07	100,00%	0,35	1313092,05

7.3. Aplicação do método racional

7.3.1. Aplicação do método racional com base na carta de 1999

O comprimento total do talvegue L é igual a 3.469 metros. Este foi dividido em dois trechos $L_1 = 2.943$ m (Figura 38) e $L_2 = 526$ m de acordo com as coberturas da área (k) com base na Tabela 1 (Biddone & Tucci, 1995), os valores de k adotados foram de $k_2 = 0,457$ e $k_1 = 0,610$. As cotas altimétricas dos extremos do trecho L_1 são de 540 até 620 m., enquanto para L_2 são de 530 e 540 m., pelo tamanho da bacia foi adotado um período de retorno (T) de 10 anos.

Cálculo das declividades (S) em (%):

$$S_1 = \frac{\Delta h}{L_1} \Rightarrow \frac{80}{2943} \cdot (100) = 2,7\% \text{ e } S_2 = \frac{\Delta h}{L_2} \Rightarrow \frac{10}{526} \cdot (100) = 1,7\%$$

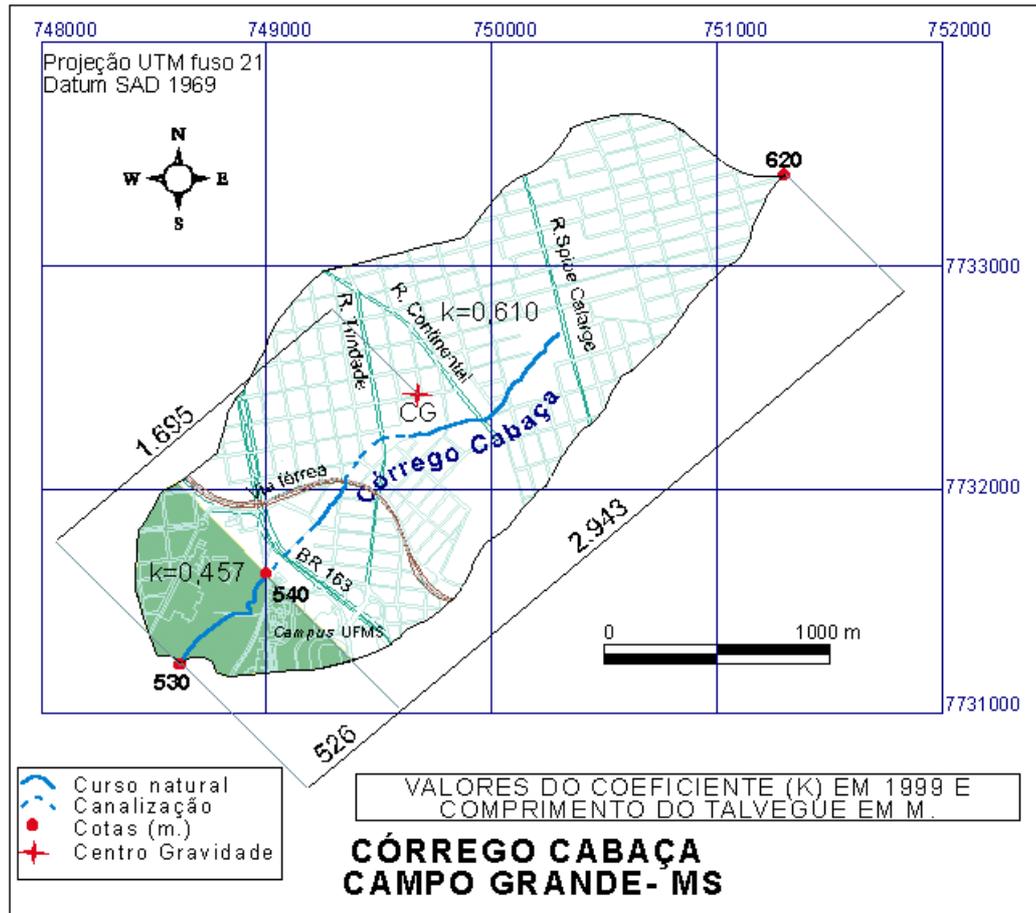


Figura 38: Valores de (k) para a microbasia do córrego Cabaça em 1999.

Aplicando-se a Equação (4), tem-se a velocidade de escoamento (v) em (m/s):

$$v_1 = k.S^{0,5} \Rightarrow 0,610.2,7^{0,5} = 0,96 \text{ m/s e } v_2 = 0,457.1,90^{0,5} \text{ m/s}$$

Pela Equação (5), obtém-se o tempo de concentração (t_c) em (s):

$$t_c = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{v_i} \Rightarrow \frac{2943}{1,002} + \frac{526}{0,63} = 3772 = 62,87 \text{ min}$$

Cálculo da intensidade (I) em (mm/h), utilizando a Equação (3):

$$I = \frac{43019.T^{0,55}}{(t + 62)^{1,405.10^{0,033}}} \Rightarrow \frac{43019.10^{0,55}}{(62,87 + 62)^{1,405.10^{0,033}}} = 71,75 \text{ mm/h}$$

O valor obtido da vazão máxima (Q) em (m³/s), o valor do coeficiente (C) foi tirado da Tabela 2 (Paiva, 2001), através da Equação (1) temos:

$$Q = 0,278.C.I.A \Rightarrow 0,278.0,45.71,75.3,51 = 31,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.3.2. Aplicando o método racional com base na carta de 1983

O comprimento total do talvegue foi dividido em quatro trechos $L_1 = 630$ m., $L_2 = 950$ m., $L_3 = 1363$ m., $L_4 = 526$ m. (Figura 39), seguindo a mesma metodologia aplicada para a carta de 1999, os valores de k adotados foram de k_2 e $k_4 = 0,457$ e k_1 e $k_3 = 0,610$. As cotas altimétricas para L_1 foram de 615 até 620 m., de L_2 são de 580 e 615 m., de L_3 são de 540 e 580 m e para L_4 é de 530 a 540 m, devido ao tamanho da bacia foi adotado um período de retorno (T) de 10 anos.

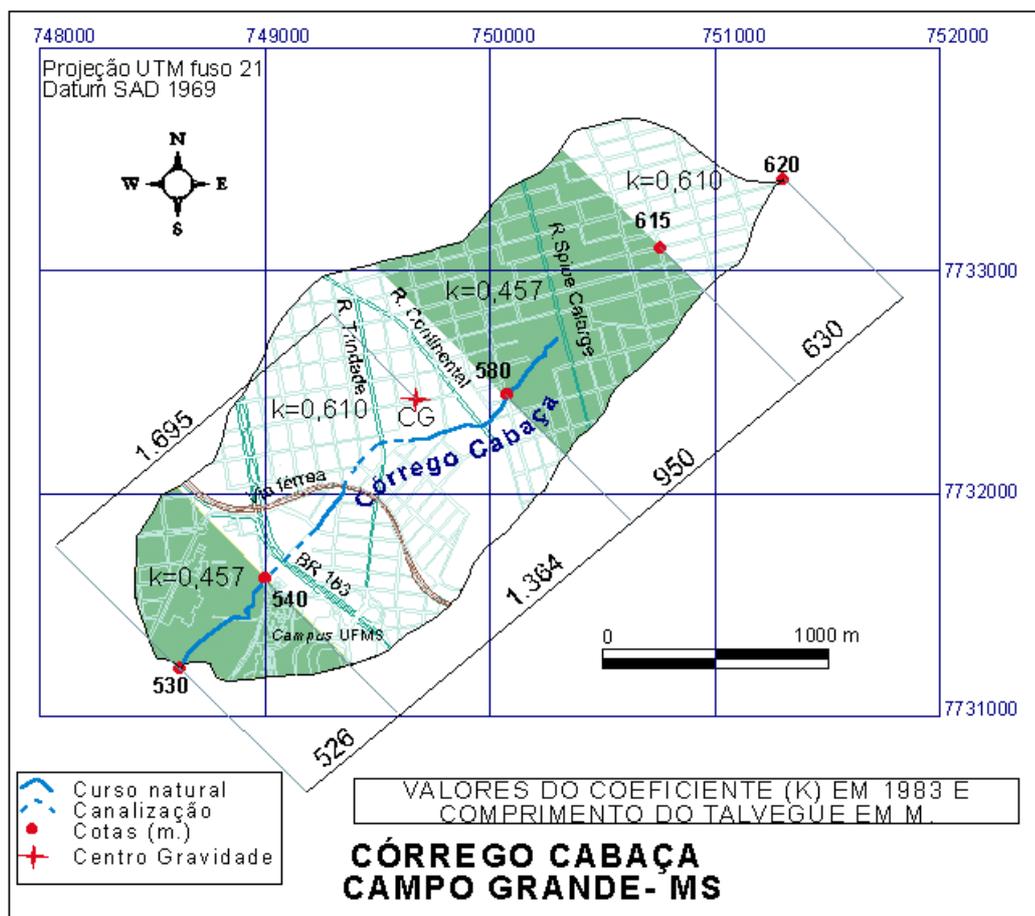


Figura 39: Valores de (k) para a microbacia do córrego Cabaça em 1983.

Cálculo das declividades (S) em (%):

$$S_1 = \frac{(\Delta h)}{L_1} \Rightarrow \frac{5}{630} \cdot (100) = 0,8\% \text{ e } S_2 = \frac{35}{950} \cdot (100) = 3,7\%$$

$$S_3 = \frac{40}{1363} \cdot (100) = 2,93\% \text{ e } S_4 = \frac{10}{526} \cdot (100) = 1,9\%$$

Aplicando a Equação (4), tem-se a velocidade de escoamento (v) em (m/s):

$$v_1 = k.S^{0,5} \Rightarrow 0,610.0,8 = 0,456 \text{ m/s e } v_2 = 0,457.3,7^{0,5} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 0,610.2,93^{0,5} = 1,044 \text{ m/s e } v_4 = 0,610.1,90^{0,5} = 0,63 \text{ m/s}$$

Pela Equação (5), obtém-se o tempo de concentração (t_c) em (s):

$$t_c = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{v_i} \Rightarrow \frac{630}{0,546} + \frac{950}{0,88} + \frac{1363}{1,044} + \frac{526}{0,63} = 4373,87 = 72,9 \text{ min}$$

Cálculo da intensidade (I) em (mm/h), utilizando a Equação (3):

$$I = \frac{43019.T^{0,55}}{(t + 62)^{1,405.10^{0,033}}} = \frac{43019.10^{0,55}}{(72,9 + 62)^{1,405.10^{0,033}}} = 63,45 \text{ mm/h}$$

Através do valor de (C) retirado da Tabela 7 obtém-se a vazão máxima (Q) em (m³/s), através da Equação (1):

$$Q = 0,278.C.i.A \Rightarrow 0,278.0,35.63,45.3,49 = 21,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.4. Aplicação do hidrograma sintético de Snyder

7.4.1. Aplicação do hidrograma sintético de Snyder para a carta de 1999

Com base nos dados da Tabela 6, utiliza-se os valores de I_a para as classes de cobertura CORINE da bacia (Figura 40).

Cálculo do valor da relação entre áreas impermeabilizadas e área total da bacia:

$$I_a = \frac{\text{área}_{\text{imper.}}}{\text{área}_{\text{total}}} = \frac{2108181,51}{3513467,00} = 60\% \quad \text{se } I_a > 30\%$$

Como $I_a > 30\%$, usa-se a Equação (7):

$$C_{t0} = \frac{7,81}{(I_a)^{0,78}} = \frac{7,81}{(60)^{0,78}} = 0,32$$

Para calcular o valor de C_p usa-se a Equação (9):

$$C_p = 0,89.(C_{t0})^{0,46} = 0,89.(0,32)^{0,46} = 0,53$$

Valor corrigido do coeficiente C_t :

Segundo Fendrich (1994), para aplicar a metodologia do CUHP (*Colorado Urban Hydrograph Procedure*) são desprezadas as áreas que possuem um valor de I_a muito baixo,

acrescenta mais 10% para as áreas consideradas mal drenadas (A_m) e desconta-se 10% das áreas totalmente drenadas (A_{td}) (Tabela 8).

$$I_a = \frac{(A_m + A_{td})}{A_{total}} = \frac{2061726,57}{3513211,35} = 59\%$$

Repetindo a Equação (9):

$$C_t = \frac{7,81}{(I_a)^{0,78}} = \frac{7,81}{(59)^{0,78}} = 0,32$$

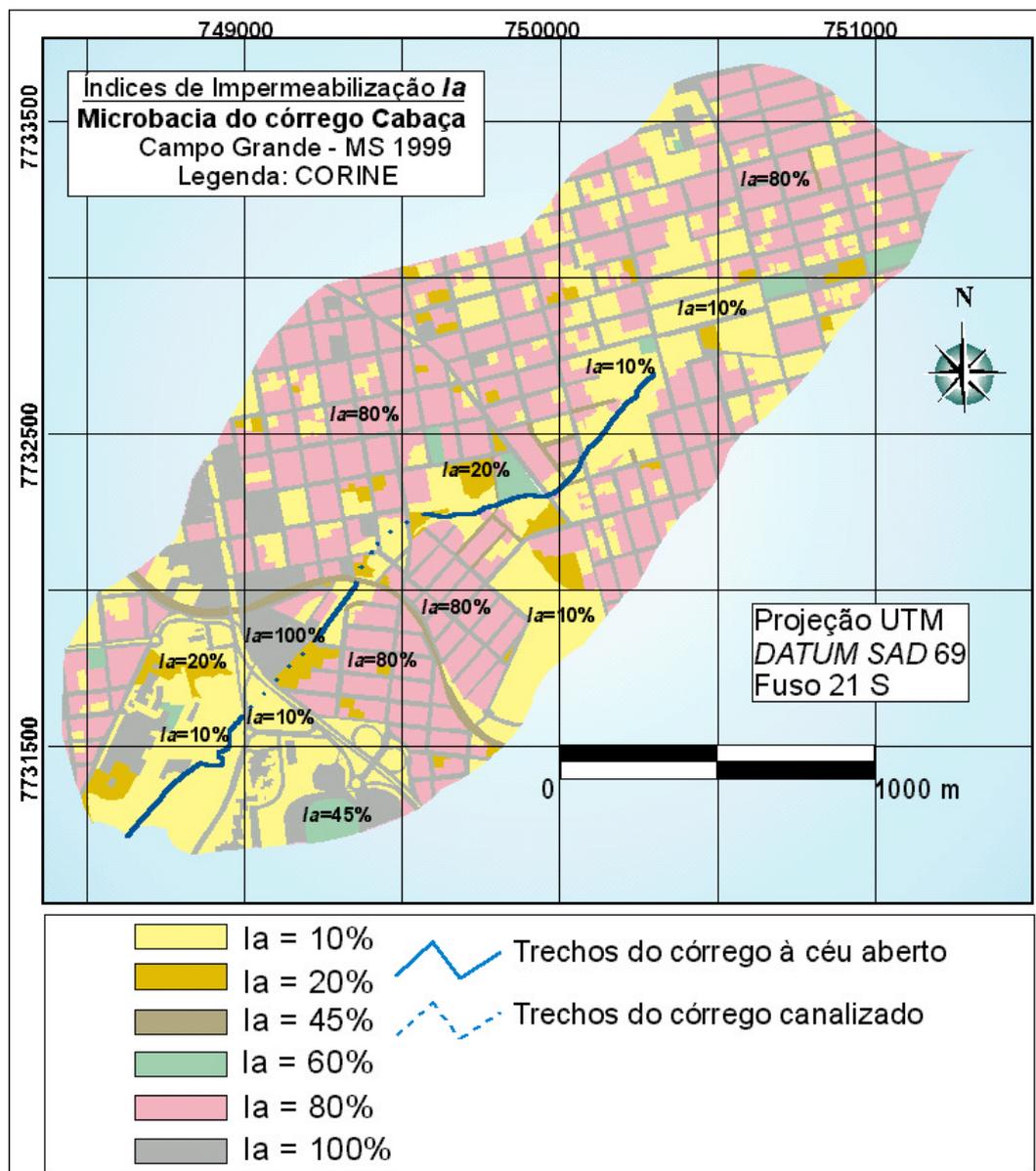


Figura 40: Valores de I_a (índice de impermeabilização) para a microbacia do córrego Cabaça em 1999.

Tabela 8: Valores de I_a para as áreas consideradas mal drenadas e as consideradas totalmente drenadas da carta de 1999.

Mal drenadas	Área	Totalmente drenadas	Área
1.1.1.2.2	4118,80	1.1.1.1	1365493,50
1.2.5	58069,00	1.1.1.2.1	111925,40
1.2.2.1.2	15021,20	1.2.1	67529,30
1.2.2.2	21943,90	1.2.2.1.1	624671,10
	99152,90		2169619,30

Novamente pela Equação (9):

$$C_p = 0,89.(C_{t0})^{0,46} = 0,89.(0,32)^{0,46} = 0,53$$

Segundo Fendrich (1984), deve-se corrigir o valor de C_t em função da declividade da bacia correspondente a 80% do talvegue principal (L):

- cota marcada a $0,8L = 615$ m;
- cota na seção de estudo $h = 530$ m;
- desnível ? $h = 85$ m;
- talvegue principal (L) = 3693 m.

Cálculo da declividade:

$$S_e = \frac{\Delta h}{0,8.L} = \frac{85}{(0,8.3693)} = 0,028 \text{ m/m}$$

Como $S_e > 0,025$ m/m, aplica-se a Equação (17) no cálculo de C_t (valor corrigido):

$$C_t = 0,48.C_{t0}.S_e^{-0,2} = 0,48.0,32.0,028^{-0,2} = 0,314$$

Para o cálculo do valor corrigido de C_p , pela metodologia demonstrada por Fendrich (1984), utiliza-se os mesmos valores da Tabela 8, só que agora adiciona-se 10% para as áreas totalmente drenadas e desconta-se 10% das áreas mal drenadas.

$$I_a = \frac{(A_m + A_{td})}{A_{total}} = \frac{2475818,84}{3513211,35} = 71\%$$

Pela Equação (9):

$$C_p = 0,89.(C_{t0})^{0,46} = 0,89.(0,71)^{0,46} = 0,76$$

(valor corrigido)

Para a definição do traçado do hidrograma unitário sintético de Snyder da carta de cobertura do solo de 1999 (Figura 41), utiliza-se os seguintes dados:

- $C_t = 0,314$;
- $C_p = 0,76$;

- $A = 3,8 \text{ km}^2$;
- $L_{cg} = 1.695 \text{ km}$.

Calculando o tempo de retardamento t_p pela Equação (18):

$$t_p = 0,75 \cdot C_t \cdot (L \cdot L_{cg})^{0,3} = 0,75 \cdot 0,314 \cdot (1,695 \cdot 3,694)^{0,3} = 0,41 = 24,6 \text{ min}$$

Pela Equação (19), a vazão máxima Q_p será:

$$Q_p = \frac{(2,76 \cdot C_p \cdot A)}{t_p} = \frac{2,76 \cdot 0,76 \cdot 3,51}{0,41} = 17,96 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando-se da Equação (20), calcula-se a vazão máxima q_p :

$$q_p = \frac{Q_p}{A} = \frac{17,96}{3,51} = 5,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo do tempo de duração t_d através da Equação (21):

$$t_d \frac{t_p}{5,5} = \frac{24,6}{5,5} = 4,5 \text{ min (arredonda-se para 5 min)}$$

Tempo do início da chuva ao pico t_p utilizando-se da Equação (22):

$$t_p = \frac{(21 \cdot t_p)}{22} + 0,75 \cdot t_d = \frac{21 \cdot 0,41}{22} + 0,75 \cdot 0,0833 = 0,4538 = 27,2 \text{ min}$$

Calculo de $W_{50\%}$ e $W_{75\%}$ usando as Equações (13) e (14):

$$W_{50\%} = 1,89 \cdot \frac{A}{Q_d} = 1,89 \cdot \frac{3,51}{17,96} = 0,37 = 22,2 \text{ min}$$

$$W_{75\%} = 0,98 \cdot \frac{A}{Q_p} = 0,98 \cdot \frac{3,51}{17,96} = 0,19 = 11,5 \text{ min}$$

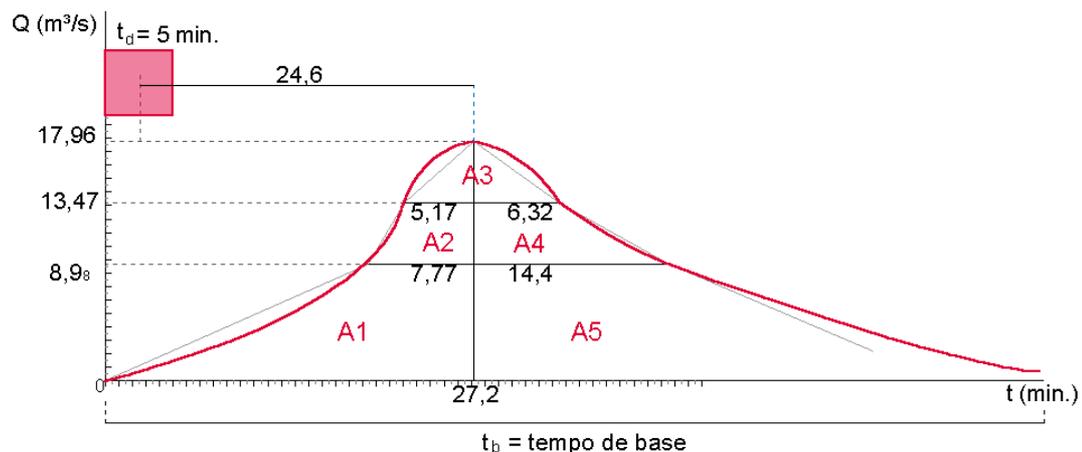


Figura 41: Hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura da microbacia do córrego Cabaça de 1999.

Cálculo do tempo de escoamento de base t_b com base na Figura 41:

Volume total escoado $V_t = A_t$ (km²) x 1cm, em (m³), sendo que V_t é igual ao valor numérico da área do hidrograma unitário.

Cálculo da área do hidrograma unitário:

$$A_t = \sum_{i=1}^5 A_i = 34800,00 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{[(27,2 + 7,77)60]8,9}{2} = 9336,99 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{[(5,17 + 7,77)60](13,35 - 8,9)}{2} = 1727,49 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{[(5,17 + 6,32)60](17,8 - 13,35)}{2} = 1333 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{[(6,32 + 14,4)60](13,35 - 8,9)}{2} = 2766,12 \text{ m}^2$$

$$\sum_{i=1}^4 A_i = 15164,515 \Rightarrow A_t = \sum_{i=1}^4 A_i + A_5 \Rightarrow 34800 = 15164,515 + A_5$$

$$34800 = 15164,515 + \frac{[(B + 14,4)60]8,9}{2} \therefore B = 59,14 \text{ min}$$

$$t_b = 27,2 + 59,14 = 86,34 \text{ min}$$

7.4.2 Aplicação do hidrograma sintético de Snyder para a carta de 1983.

Com base nos dados da Tabela 7, utiliza-se os valores de I_a para as classes de cobertura CORINE da bacia (Figura 42)

Cálculo do valor da relação entre áreas impermeabilizadas e área total da bacia:

$$I_a = \frac{\text{área_imperm.}}{\text{área_total}} = \frac{1313092,052}{3490777,07} = 38\%$$

Como $I_a > 30\%$, usa-se a Equação (7).

$$C_{t0} = \frac{7,81}{(I_a)^{0,78}} = \frac{7,81}{(38)^{0,78}} = 0,46$$

Para calcular o valor de C_p usa-se a Equação (9):

$$C_p = 0,89 \cdot (C_{t0})^{0,46} = 0,89 \cdot (0,46)^{0,46} = 0,63$$

Valor corrigido do coeficiente C_t :

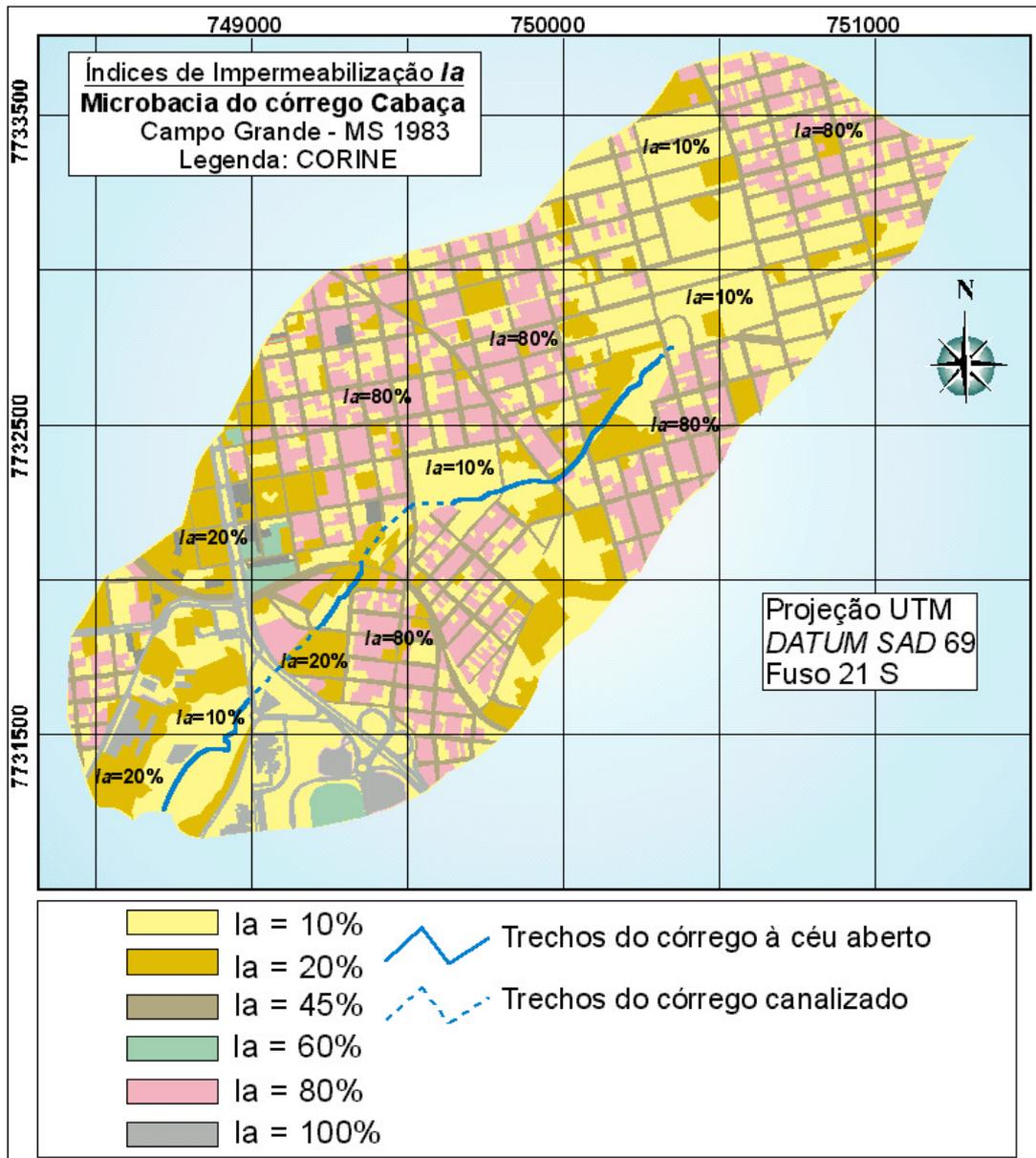


Figura 42: Valores de I_a (índice de impermeabilização) para a microbacia do córrego Cabaça em 1983.

Segundo a mesma metodologia de Fendrich (1994) são desprezadas as áreas que possuem um valor de I_a muito baixo, acrescenta-se mais 10% para as áreas consideradas mal drenadas (A_m) e desconta-se 10% das áreas totalmente drenadas (A_{td}) (Tabela 9).

Tabela 9: Valores de la para as áreas consideradas mal drenadas e as consideradas totalmente drenadas da carta de 1983.

Mal drenadas	Área	Totalmente drenadas	Área
1.1.1.2.2*	15715	1.1.1.1	752082,77
1.2.5*	47381,73	1.1.1.2.1	24262,27
1.2.2.1.2*	543765,47	1.2.1	17863,98
1.2.2.2*	22375,11	1.2.2.1.1	109747,57
	<u>629246,31</u>		<u>903956,59</u>

$$I_a = \frac{(A_m + A_{td})}{A_{total}} = \frac{(1533202,9)}{3490777,07} = 44\%$$

Repetindo a Equação (9):

$$C_t = \frac{7,81}{(I_a)^{0,78}} = \frac{7,81}{(44)^{0,78}} = 0,41$$

Seguindo a Equação (9):

$$C_p = 0,89.(C_{t0})^{0,46} = 0,89.(0,41)^{0,46} = 0,59$$

Como $S_e > 0,025$ m/m, aplica-se a Equação (17) no cálculo de C_t (valor corrigido):

$$C_t = 0,48.C_{t0}.S_e^{-0,2} = 0,48.0,46.0,028^{-0,2} = 0,45$$

Para o cálculo do valor corrigido de C_p , pela metodologia demonstrada por Fendrich (1984), utiliza-se os mesmos valores da Tabela 8, só que agora adiciona-se 10% para as áreas totalmente drenadas e descontado 10% das áreas mal drenadas.

$$I_a = \frac{(A_m + A_{td})}{A_{total}} = \frac{(1560665,828)}{3490777,07} = 45\%$$

Pela Equação (9):

$$C_p = 0,89.(C_{t0})^{0,46} = 0,89.(0,45)^{0,46} = 0,62$$

(valor corrigido)

Cálculo do tempo de retardamento t_d através da Equação (18):

$$t_p = 0,75.C_t.(L.L_{cg})^{0,3} = 0,75.0,45.(1,695.3,694)^{0,3} = 0,59 = 35,1 \text{ min}$$

Cálculo da vazão máxima Q_p (m³/s) pela Equação (19):

$$Q_p = \frac{(2,76.C_p.A)}{t_p} = \frac{2,76.0,62.3,48}{0,59} = 10,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando-se da Equação (20), calcula-se a vazão máxima q_p :

$$q_p = \frac{Q_p}{A} = \frac{10,3}{3,48} = 2,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo do tempo de duração t_d através da Equação (21):

$$t_d = \frac{t_p}{5,5} = \frac{35,13}{5,5} = 6,4 \text{ min (arredonda-se para 6 min)}$$

Tempo do início da chuva ao pico t_p utilizando-se da Equação (22):

$$t_p = \frac{(21 \cdot t_p)}{22} + 0,75 \cdot t_d = \frac{21 \cdot 0,58}{22} + 0,75 \cdot 0,1 = 37,7 \text{ min}$$

Cálculo de $W_{50\%}$ e $W_{75\%}$ usando as Equações (13) e (14):

$$W_{50\%} = 1,89 \cdot \frac{A}{Q_p} = 1,89 \cdot \frac{3,48}{10,3} = 0,64 = 38 \text{ min}$$

$$W_{75\%} = 0,98 \cdot \frac{A}{Q_p} = 0,98 \cdot \frac{3,48}{10,3} = 0,33 = 20 \text{ min}$$

Com base nos resultados obtidos, foi traçado o hidrograma unitário de Snyder com base nos dados da carta de cobertura de 1983 (Figura 43).

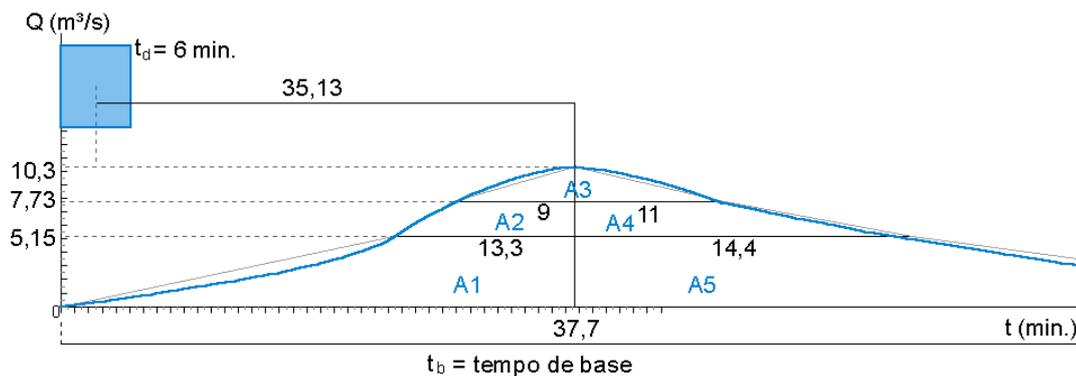


Figura 43: Hidrograma unitário de Snyder para a carta de cobertura da microbacia do córrego Cabaça de 1983.

Cálculo do tempo de escoamento de base t_b com base na Figura 43:

Volume total escoado $V_t = A_t \text{ (km}^2\text{)} \times 1 \text{ cm}$, em m^3 , sendo que V_t é igual ao valor numérico da área do hidrograma unitário.

Cálculo da área do hidrograma unitário :

$$A_t = \sum_{i=1}^5 A_i = 34800,00 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{(B + b)h}{2} = \frac{[(37,7 + 13,3) \cdot 6]}{2} = 7879,5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{(B + b)h}{2} = \frac{[(9 + 13,3) \cdot 60] \cdot (7,73 - 5,15)}{2} = 1726,02 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{bh}{2} = \frac{[(9 + 11) \cdot 60] \cdot (10,3 - 7,73)}{2} = 1542,13 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{(B + b)h}{2} = \frac{[(11 + 14,4) \cdot 60] \cdot (7,73 - 5,15)}{2} = 1965,96 \text{ m}^2$$

$$\sum_{i=1}^4 A_i = 13113,48 \Rightarrow A_t = \sum_{i=1}^4 A_i + A_5 \Rightarrow 34800 = 13113,48 + A_5$$

$$34800 = 13113,48 = \frac{[(B + 14,4) \cdot 60] \cdot 5,15}{2} \therefore B = 126 \text{ min}$$

$$t_b = 37,7 + 126 = 163,7 \text{ min}$$

Com os resultados obtidos através dos hidrogramas unitários de Snyder, aplicados para 1983 e 1999, foi possível fazer uma comparação dos dois hidrogramas obtidos (Figura 44), mostrando as alterações resultantes no regime de escoamento superficial, em decorrência da mudança dos tipos de cobertura, nota-se o aumento das vazões de pico e diminuição do tempo de escoamento de base entre 1983 e 1999.

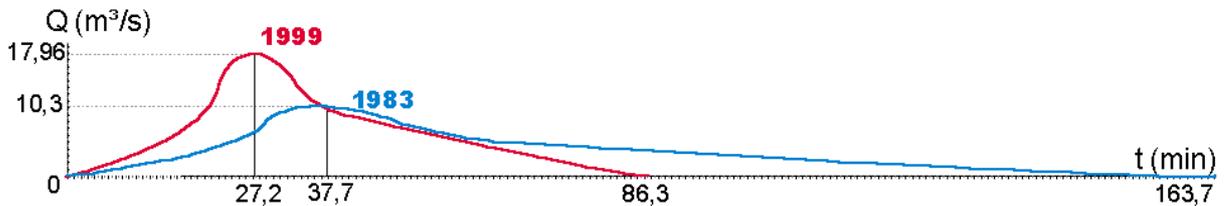


Figura 44: Comparação dos hidrogramas unitários da microbacia do córrego Cabaça de 1999 e 1983.

7.5. Composição percentual da cobertura do solo da carta de 1999

7.5.1. Superfícies artificiais

Pelo fato de tratar-se de uma bacia de drenagem urbana, toda a sua cobertura se enquadrou na classe 1 do CORINE, que caracteriza as superfícies artificiais. A Figura 45, mostra as percentagens de áreas dentro de uma classificação do CORINE nível 3, que mostra claramente que a maior parte da superfície (52%) da área de estudo, encontra-se na classe 1.1.1.1., padrão urbano contínuo.

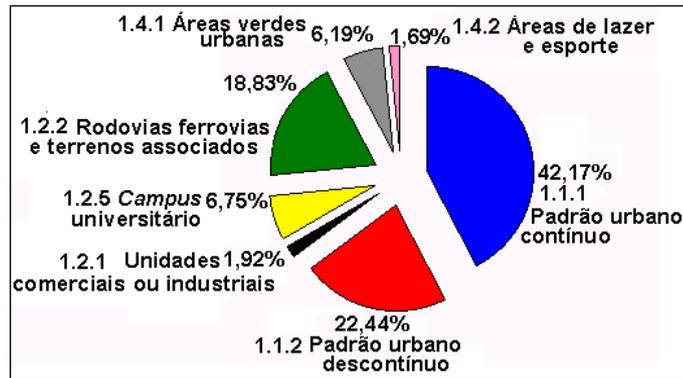


Figura 45: Percentual das áreas das classes CORINE de nível 3 encontrado na microbacia do córrego Cabaça.

7.5.2. Vegetação densa

Como se trata de uma microbacia, a percentagem de vegetação de porte arbóreo é mínima (1%) (Figura 46). A vegetação deste porte mapeada não foi separada em primária (vegetação nativa) e secundária E que não se trata de terrenos baldios com vegetação ou reservas naturais. Através da carta de cobertura se mostra a despreocupação com as áreas verdes no processo de ocupação. A maior parte das áreas verdes, classificadas através das fotos aéreas, são na realidade terrenos baldios com vegetação e é possível notar que boa parte do percurso do córrego Cabaça encontra-se sem vegetação ciliar.

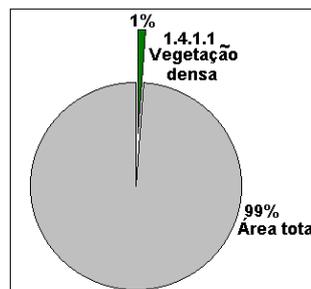


Figura 46: Percentagem da vegetação densa na microbacia do córrego Cabaça.

7.5.3. Áreas de reserva natural

A área mapeada de reserva vegetal é uma parcela da RPPN do *Campus* da UFMS, que se encontra sobre um dos divisores de água do córrego Cabaça, de modo que o item descrito como área de reserva vegetal não diz respeito à área da reserva do *Campus* em sua totalidade.

O valor percentual obtido da área de reserva da microbacia do córrego Cabaça representa 3 vezes o item vegetação de porte arbóreo em todo o interior da bacia(Figura 47).

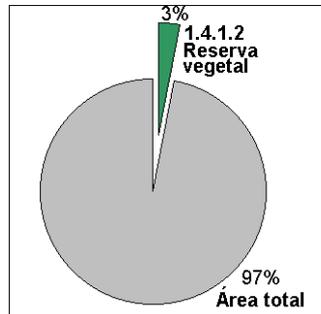


Figura 47: Percentagem ocupada por área de reserva vegetal na carta de cobertura da microbacia do córrego Cabaça.

7.5.4. Áreas com solos expostos

A quantificação da área com solos expostos na microbacia do córrego Cabaça (Figura 48), torna-se fundamental para estudos de qualidade ambiental, pois os solos descobertos são fonte de sedimentos para o curso.d'água.

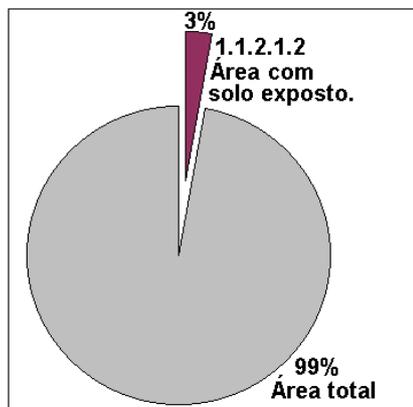


Figura 48: Percentagem de áreas com solo exposto na microbacia do córrego Cabaça.

7.5.5. Relação entre vias de tráfego na bacia

Este estudo mostrou que dentre as vias de tráfego, a que apresentou a maior malha foi a de vias rodoviárias pavimentadas (95%), (Figura 49), que superou as não pavimentadas e ferrovias juntas (27% e 3%, respectivamente).

A importância em representar separadamente os três tipos de vias não é unicamente da engenharia de tráfego, ou de estudos sociais, mas também parte importante do estudo hidrológico, em especial, tratando-se de drenagem urbana.

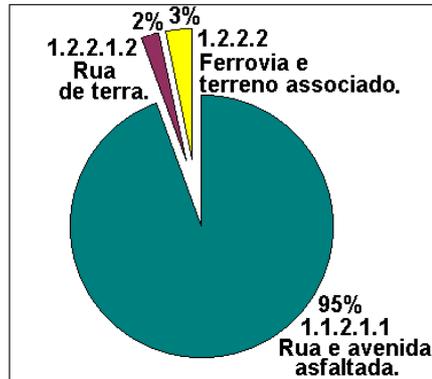


Figura 49: Percentuais do perímetro dos três tipos de via de tráfego mapeados na microbacia do córrego Cabaça.

7.5.6. Superfícies impermeabilizadas na bacia

Como mostra a Tabela 5, a diversidade de classes que apresentavam superfícies não impermeabilizadas foi consideravelmente maior do que as de superfícies impermeabilizadas, embora o valor das áreas impermeabilizadas representa a maior área da bacia (Figura 50), o que é característico de uma bacia urbana. A comparação feita na Figura 50 mostra o aumento das superfícies impermeabilizadas de 1983 a 1999.

Alguns dos itens como a classe 1.1.1.1., áreas edificadas com mais de 80% das superfícies impermeabilizadas.

Do ponto de vista hidrológico e ambiental, a preocupação com este tipo de classe está intimamente ligada à poluição difusa, além das alterações no ciclo hidrológico, sendo refletidas no estudo do curso d'água local, no caso, o córrego Cabaça, podendo revelar alguns dos fatores responsáveis pela qualidade deste curso d'água.

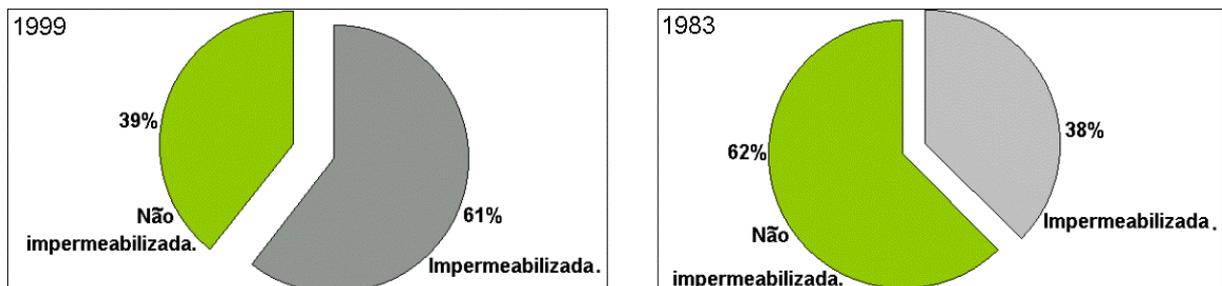


Figura 50: Proporção entre superfícies impermeabilizadas e não impermeabilizadas na bacia do córrego Cabaça em 1983 e 1999.

7.6. Outros fatores que provocam alterações no regime de escoamento superficial no local de estudo

Outras obras também podem vir a causar modificações no regime de escoamento de um curso d'água, como construções que avançam em direção ao leito destes cursos, pilares que estão apoiados no leito e grelhas de proteção para entrada de bueiros (Figuras 51 e 52). Estes pilares, além de obstruir parte da seção transversal de um curso d'água, podem vir a reter resíduos sólidos, como galhos de árvores, sacolas de plásticos entre outros (Figura 53), ocasionando assim transbordamentos, nos períodos de chuvas intensas, fato que a grelha também pode ocasionar por falta de manutenção adequada.



Figura 51: Exemplo de uma grelha de proteção de bueiros, que retém materiais sólidos, contribuindo para inundações (junho, 2002).



Figura 52: Exemplo de construção irregular, o pilar está apoiado no leito do córrego, retendo entulhos (junho, 2002).



Figura 53: Entulhos bloqueiam o curso normal do córrego Cabaça, causando represamento (junho, 2002).

7.7. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental

Segundo Grigio (2002), uma microbacia quando utilizada como unidade natural de paisagem, demonstra ser a unidade mais conveniente de definição espacial, dentro da qual é possível fazer um estudo detalhado das interações entre o uso e ocupação da terra e os recursos hídricos.

A vantagem de se utilizar à bacia hidrográfica como unidade fisiográfica, ao contrário de unidades administrativas como regiões urbanas ou bairros, está no fato de se obter características hidrológicas homogêneas de uma região, como a montante e a jusante dos mesmos cursos d'água e os mesmos divisores de água.

De acordo com Lopes (2000), a facilidade do uso de bacias hidrográficas está no fato de que as mudanças que ocorrem em uma bacia podem ser sentidas por todos os ocupantes desta, o que nem sempre poderia acontecer quando são adotadas unidades administrativas como unidades fisiográficas, pois nem sempre os limites da bacia coincidem com os limites da unidade administrativa (Figura 54).

Prochnow (1990) defende a adoção de uma bacia hidrográfica como unidade de planejamento, por se constituir como uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração, como da funcionalidade de seus elementos e também porque não há região nenhuma, por menor que seja, que não faça parte de uma bacia.

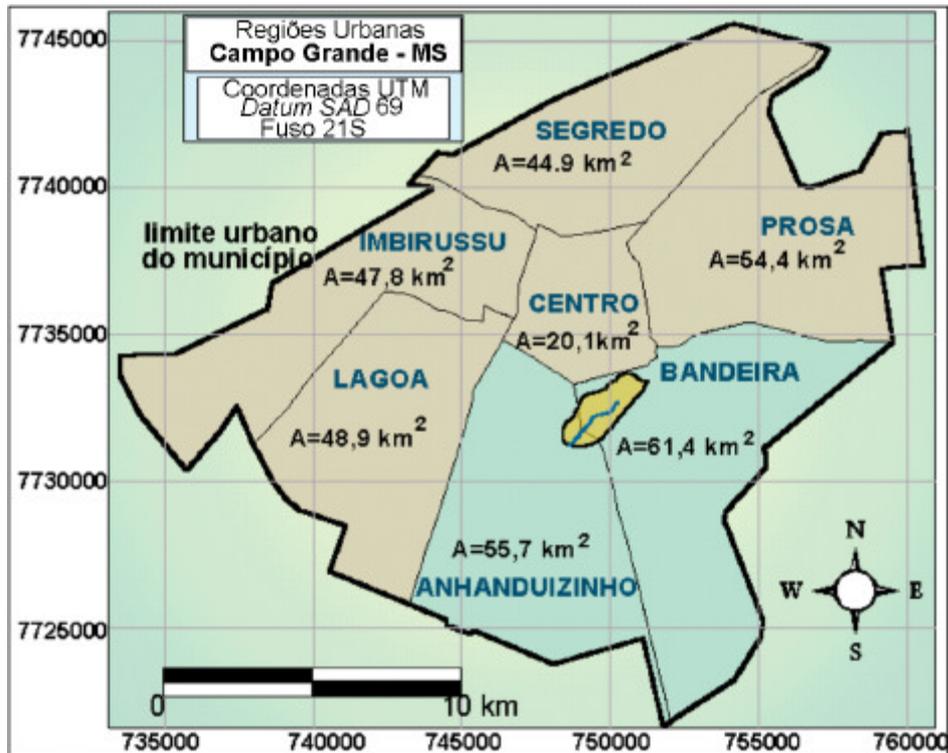


Figura 54: Posição da microbacia do córrego Cabaça, em amarelo, em relação às regiões urbanas do Centro, Bandeira e Anhanduizinho.

8. CONCLUSÃO

Quando a urbanização é executada sem critérios resulta em alterações que nem sempre são refletidas de forma positiva ao ambiente, mostrando a necessidade do conhecimento detalhado da bacia antes da tomada de decisão para a implantação de qualquer empreendimento que venha provocar mudança em sua cobertura.

Com base na carta de cobertura do solo, pode-se afirmar que:

- a legenda CORINE mostrou-se adequada para uma carta de cobertura urbana, pelo fato de possibilitar detalhamento em vários níveis. Dando assim flexibilidade para a elaboração da carta de cobertura;

- esta legenda apresentou a grande vantagem de ser padronizada, sendo de fácil aplicação e atualizável. Isso possibilita que a carta utilizando esta legenda possa ser interpretada por diferentes pesquisadores, mesmo de outros países, dispensando em muitos casos a necessidade de tradução, já que as representações são numéricas.

- apesar das fotografias aéreas utilizadas serem de pequeno formato e apresentarem distorção, devido a sua resolução espacial de 1,00 metro, tornou-as muito úteis para a classificação cobertura do local;

- a carta de cobertura mostrou valores pequenos para as áreas verdes, sendo 1% para vegetação densa e 3% para reserva vegetal, embora existam outras áreas cobertas com vegetação, com os terrenos baldios, estes não foram tratados como áreas verdes, pois se encontram vegetados não por motivos de preocupação ambiental, mas sim por descaso de seus proprietários;

No que diz respeito ao escoamento superficial pode-se afirmar:

- a legenda CORINE possibilitou um nível de detalhamento que permitiu o uso da carta de cobertura na escala de 1:10.000, dispensando assim o uso de cartas de cobertura na escala de 1:2.000 para aplicação dos dois métodos utilizados no trabalho;

- a microbacia do córrego Cabaça apresenta um percentual grande de sua área impermeabilizada, em 1999 era de 61%, podendo ainda ser maior nos dias de hoje.

Com base na Tabela 10, pode-se afirmar em relação ao método racional que:

- o método racional fornece resultados superdimensionados.

Tabela 10: Comparação dos resultados obtidos pela aplicação do método racional para as cartas de cobertura do córrego cabaça de 1983 e 1999.

	1999	1983
Tempo de concentração t_c (min)	62,87	72,9
Vazão de pico Q (m ³ /s)	31,4	21,55
Intensidade I (mm/h)	71,75	63,45
$run\ off\ C$	0,45	0,35

- a vazão de pico Q_p em 1999, aumentou em 45,7% em relação a 1983;
- o coeficiente de escoamento superficial $run\ off\ C$, aumentou 28,57% no mesmo período;
- o tempo de concentração t_c diminuiu 15,6%,
- o valor da intensidade da chuva I aumentou 13,08% entre 1983 e 1999.

No período entre 1983 e 1999 os hidrogramas unitários de Snyder se comportaram como o hidrograma hipotético que caracteriza os impactos da urbanização no escoamento superficial.

Os hidrogramas de Snyder aplicados para as cartas de cobertura de 1983 e 1999, demonstraram as seguintes alterações, como mostra a Tabela 11:

Tabela 11: Comparação dos resultados obtidos pela aplicação do hidrograma unitário de Snyder para as cartas de cobertura do córrego cabaça de 1983 e 1999.

	1999	1983
Tempo de escoamento de pico t_p (min)	27,2	37,7
Tempo de escoamento de base t_b (min)	86,3	163,7
Vazão de pico Q (m ³ /s)	17,96	10,3
Impermeabilização (%)	71	38

- a vazão de pico Q_p teve um aumento de 73,86% entre 1983 e 1999;
- o coeficiente de impermeabilização I_a aumentou 86,34% no mesmo período;
- o tempo para alcançar a vazão de pico t_p diminuiu 27,85% de 1983 a 1999;
- o tempo de escoamento de base t_b diminuiu 47,06%.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOBE SYSTEMS Inc. **Photoshop version 5.0.** Adobe Systems. Inc. USA. 1998.
- ARONOF, STAN. **Geographic Information Systems. A Management Perspective.** WDL Publications. Canada, 1989, 238 p.
- AVENZA SYSTEMS Inc. **MaPublisher version 4.0.** Avenza Systems. Inc.. USA. 2000-2001.
- AVENZA SYSTEMS Inc. **MaPublisher version 4.0. for Macromedia FreeHand user guide, for Windows and Macintosh** Avenza Systems. Inc. 2000-2001. Colorado USA.
- BERGER, A. R. & IAMS, W. J. **Geoindicators: Tools For Assessing Rapid Environmental Changes.** Rotterdam, 1966, 190 p.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para Projetos Ambientais.* INPE. 2^a Ed. 1998. Disponível em: <http://www.inpe.br/dpi/cursos/gisbrasil/index.html>. Último acesso em 2002.
- COMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITITIES (1993). **CORINE Land Cover Guide Technic**, Directorate-General – Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Office for Official Publications of teh European, ISBN: 92-826-2579-6, Catalogue NO: 15 CD-NA-12585-FR-C, 1993.
- ERDAS INC. **Erdas Field Guide.** Erdas Inc. Atlanta – Georgia. Fourth edition 1997 (b) 656 p.
- ESRI INC. **Arc View version 3.1.** Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 1998.
- FENDRICH, R. **Tópicos de Hidrologia e Hidráulica em Obras Hidráulicas de Combate à Erosão Urbana.** cap.4 In: **Drenagem Urbana.** Curitiba, Instituto de Saneamento Ambiental, Universidade Católica do Paraná, 1984. p.113 – 175.
- FRANCÉS, E.; DIAZ de TERÁN, J. R. & CENDRERO, A. **La Aplicacion de la Cartografia Geoambiental al Diagnostico de Unidades Territoriales: Estabelecimento de**

- Diretrizes de Ordenacion.** In: ROMARIZ, C. Livro de Homenagem a Carlos Romariz. 1990. p.377-402.
- GRECCHI, R. C. **Zoneamento Geoambiental da Região de Piracicaba, com auxílio de Geoprocessamento.** Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1998, 132 p.
- GRIGIO, A. M. **Uso da Metodologia Corine para Confecção de Mapas de Uso e Ocupação do Solo, a Partir de Fotografias Aéreas: O Caso da Microbacia Córrego do simião – Piraquara – PR., Natal, 2002.**
- HEYMANN Y., STEENMANS C., CROISILLE G. & BOSSARD M. **CORINE Land Cover Project – Technical Guide.** European Comission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protections, ECSC-EEC-EAEC, Brussels-Luxembourg, 1994. 139 p.
- INTERA TYDAC, **Introduction to data structure using SPANS OS/2 SPANS Version 5.** OTTAWA, INTERA TYDAC. 1992, 140p.
- LAJO, A. A. M.; FERREIRA, L. M.; SILVA, O. J. **Monitoramento e Avaliação da Qualidade da Água do Córrego Cabaça, Campo Grande-MS, Através do IQA-NSF, BMWP’ e BMWP MODIFICADO.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande, 2002.
- LOPES, P. M. **Estudos dos Atributos do Meio Físico Como Base Para o Zoneamento Geoambiental Das Bacias dos Rio Passa Cinco e Rio da Cabeça: Escala 1:50.000.** Dissertação de mestrado – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2000.
- MACROMEDIA In. **FreeHand version 9.** Macromedia Inc. San Francisco – California. February 2000.
- MANTA, A. M. L. **Avaliação Multitemporal da Cobertura do Solo na Microbacia do Córrego Cabaça.** Monografia (Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Recurso Hídricos) – Departamento de Hidráulica e Transportes, UFMS. 2003, 60 p.
- MENTOR SOFTWARE Inc. **GeotiffExamine release 1.01 5.0.** Mentor Software. Inc. 2000-1999. USA.
- MICROSOFT CORP. **Microsoft Windows 98.** Sistema operacional versão 4.10.2222 A. 1998.
- MOTTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental.** 1ª ed. Fortaleza, Editora UFC. 1981. 242 p.

- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre : ABRH, 2001 .
- PARANHOS FILHO, A. C. **Análise geo-ambiental multitemporal: O estudo de caso da região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS – Brasil)**. Curitiba. Tese de doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geologia - UFPR. 2000. 229 p.
- PARANHOS FILHO, A. C. **Fundamentos, Aplicações e Tendências dos Sistemas Geográficos de Informação (SCI) e do Sensoriamento Remoto**. Campo Grande. Apostila para curso de extensão universitária. Ministrado sob coordenação do Prof. Manoel Afonso da Costa Rondon. Promovido pelo Departamento de Hidráulica e Transportes – CCET – UFMS, realizado no mês de junho de 2001. Campo Grande, MS. 98 p.
- PITALUGA, G.M. **Limnologia e Avaliação da Qualidade da Água no Reservatório “Lago do Amor” (Campo Grande, MS)**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – UFMS. *In prep.*
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Carta de Drenagem de Campo Grande – MS**. Campo Grande, PMCG. 1998. p.
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Carta Geotécnica de Campo Grande – MS**. Campo Grande, PMCG. 1991. 22 p.
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Geomorena 2000**. Região do Bandeira e Anhanduizinho Campo Grande, PMCG. 2000.
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Região Urbana do Anhanduizinho Características do Espaço Regional e Potencialidades de Desenvolvimento: Documento Base para o local Carta Geotécnica de Campo Grande – MS**. Campo Grande, PMCG. 2001.
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Região Urbana do Bandeira Características do Espaço Regional e Potencialidades de Desenvolvimento: Documento Base para o local**. – MS. Campo Grande, PMCG. 2001.
- PLANURB – INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E MEIO

- AMBIENTE. **Carta Geotécnica de Campo Grande – MS**. Campo Grande, PMCG. 2001.
- POLIZER M. **Avaliação Multitemporal da Cobertura do Solo na Bacia do Ribeirão do Salobra – MS**. Campo Grande. Dissertação de mestrado. Curso de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais – UFMS. 2002. 61 p.
- PORTO, R. L. **Escoamento Superficial Direto**. cap.4 In: **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p.107 – 166.
- PROCHNOW, M.C.R. **Análise Ambiental da Sub-Bacia do Rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo**. Rio Claro. Tese de doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. 1990.
- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Folha SF 21 Campo Grande: **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Levantamento de Recursos Naturais**, 28. Rio de Janeiro, 1982. 416p. il. 5 mapas.
- SEMUR – SECRETARIA MUNICIPAL DE CONTROLE URBANÍSTICO. **Levantamento Aerofotogramétrico do Município de Campo Grande**. Cartas C, D, E e F. Escala 1:10.000. PMCG. Carta. 1984.
- TUCCI, C.E.M. **Inundações urbanas**. cap.1 In: **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p.15 – 36.
- TUCCI, C.E.M.; BIDONE, F. **Microdrenagem**. cap.3 In: **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p.77 – 106.
- TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. cap.7 In: **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p.277 – 348.