

MARCELO JORGE DE OLIVEIRA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA DELIMITAÇÃO
AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO
E EM LINHAS DE CUMEADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48p
2002

Oliveira, Marcelo Jorge, 1977-

Proposta metodológica para delimitação automática
de áreas de preservação permanente em topos de morro e
em linhas de cumeada / Marcelo Jorge Oliveira.

– Viçosa : UFV, 2002

53p. : il.

Orientador: Carlos Antonio A S. Ribeiro

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Viçosa

1. Áreas de preservação permanente. 2. Sistemas de
informação geográfica. 3. Modelo Digital de Elevação.
4. Recursos naturais – Conservação. 5. Bacias hidrográ-
ficas – Conservação. I. Universidade Federal de Viçosa. II.
Título.

CDO adapt. CDD. 634.990712

MARCELO JORGE DE OLIVEIRA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA DELIMITAÇÃO
AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE EM TOPOS DE MORRO
E EM LINHAS DE CUMEADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 27 de setembro de 2002.



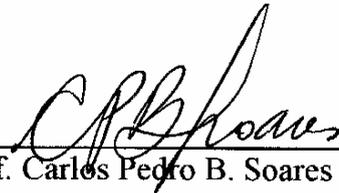
Prof. Vicente Paulo Soares
(Conselheiro)



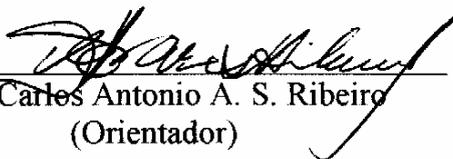
Prof. Francisco de Assis de C. Pinto
(Conselheiro)



Pesq. Marcelo de Ávila Chaves



Prof. Carlos Pedro B. Soares



Prof. Carlos Antonio A. S. Ribeiro
(Orientador)

DEDICATORIA

Dedico esta tese à minha esposa, *Leydimere Janny Cota Oliveira*; a meu filho, *Marcos Paulo Cota Oliveira (in memoriam)*; à minha mãe, *Raimunda Lopes Nogueira de Oliveira*; ao meu pai, *Antônio Pinto de Oliveira Filho (in memoriam)*; aos meus irmãos, *Antônio Raimundo de Oliveira* e *Carlos Antunes de Oliveira*; aos meus sobrinhos, *Rafael Lopes Oliveira* e *Renan Lopes Oliveira*; ao meu sogro, *Ledes Cota*; aos meus cunhados, *Ledes Cota Junior*, *Lediane Júlia Cota*, *Leandro Geraldo Linhares Cota* e *Ana Lúcia dos Santos*; e à minha “sogra-dastra”, *Rita da Consolação Linhares Cota*.

Especial, à Leydimere Janny Cota Oliveira.

“A realização de todo ser humano está alicerçada no núcleo familiar. Estas pessoas, em especial, Leydimere, me fizeram acreditar no meu potencial para a concretização desse trabalho, vencendo todas as dificuldades no decorrer do curso. Quando conheci Leydimere, estava em uma fase de busca de um novo sentido para a minha vida. Ela me mostrou como é bom amar e se sentir amado. Para o ser humano alcançar seu objetivo na vida, que é a busca do Ser Criador, é preciso estar alicerçado no maior dos sentidos, que é o amor, somente o amor. Leydimere para mim é o amor manifestado em duas formas: a material e a espiritual. Na forma material, me realiza como homem e marido. Na forma espiritual, me realiza como ser criado por Deus, que se une à sua mulher formando um só espírito. Leydimere te amei, te amo e sempre te amarei...”

Marcelo Jorge.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela natureza perfeita.

Ao professor Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro, pelo apoio, pela amizade e pela orientação.

Aos professores conselheiros, Vicente Paulo Soares e Francisco de Assis Carvalho Pinto, pelo auxílio, pela compreensão, pela motivação e pela amizade.

Ao amigo Márlon Crislei da Silva, pelo incentivo e pela ajuda na realização deste trabalho.

Ao professor José Carlos Ribeiro, por aguçar a minha motivação para alcançar o objetivo deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado.

Ao professor Adelson de Azevedo Moreira do CEFET-ES, pela liberação da base de dados, que foi de fundamental importância para validação da metodologia desenvolvida neste trabalho.

Ao Carlos Divino Luiz Guimarães, pela ajuda na geração do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente para a bacia do córrego do Paraíso.

Ao Programa de Tutoria da Pró-Reitoria de Ensino e ao Departamento de Física, pela bolsa concedida no primeiro período do curso. Em especial ao professor Per Christian Braathen (Coordenador do Programa de Tutoria).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa em três períodos do curso.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pelo acompanhamento durante o curso.

BIOGRAFIA

MARCELO JORGE DE OLIVEIRA, filho de Antônio Pinto de Oliveira Filho e Raimunda Lopes Nogueira de Oliveira, nasceu em 23 de abril de 1977, em São Miguel do Anta-MG.

Em 1992, iniciou o Curso Técnico em Magistério pela Escola Estadual Pedro Lessa (EEPL), São Miguel do Anta-MG.

Em dezembro de 1994, colou grau, obtendo o título de Professor de 1^a a 4^a série do Ensino Fundamental.

Em 1995, iniciou o Curso Engenharia de Agrimensura pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Em 12 de outubro de 2000, colou grau (Turma 500 Anos no Grau), obtendo o título de Engenheiro Agrimensor.

Em outubro de 2000, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa, atuando na linha de pesquisa sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Em 27 de setembro de 2002, defendeu a tese intitulada: “Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linhas de Cumeada”.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Representação dos Dados e das Informações Geográficas.....	4
2.2. Processo de Modelagem	5
2.3. Conceitos Relacionados ao Relevo	5
2.4. Modelos Digitais de Elevação (MDE)	6
2.4.1. Exatidão Cartográfica.....	8
2.4.2. Estrutura de Dados dos Modelos Digitais de Elevação.....	8
2.4.2.1. Estrutura Raster.....	8
2.4.2.2. Estrutura TIN	9
2.4.3. Aplicações do Modelo Digital de Elevação.....	10
2.5. Áreas de Preservação Permanente.....	10
2.5.1. Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e ao Longo das Linhas de Cumeada	12
2.6. Metodologia para Delimitação Manual de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e ao Longo das Linhas de Cumeada	13

	Página
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Base de Dados	14
3.2. Sistema de Informações Geográfica.....	16
3.3. Geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente	16
3.3.1. Refinamento de MDEHC.....	17
3.4. Metodologia para Delimitação das Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro com Base na Resolução nº 303, do Conama	18
3.5. Metodologia para Delimitação das Áreas de Preservação Permanente ao Longo das Linhas de Cumeada com Base na Resolução nº 303, do Conama.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
APÊNDICE A.....	49

RESUMO

OLIVEIRA, Marcelo Jorge de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2002. **Proposta metodológica para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada.** Orientador: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Conselheiros: Vicente Paulo Soares e Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

A Resolução nº 303, do CONAMA, que regulamenta a delimitação de Áreas de Preservação permanente adota, implicitamente, a bacia hidrográfica como referencial para a delimitação destas. O maior desafio do proprietário rural concerne à identificação das linhas de cumeada e das bases dos morros e montanhas, que requer mapas altimétricos e de hidrografia bastante detalhados para se delimitar o terço superior das encostas, além de profissionais com bastante experiência no manuseio dessas informações. Em regiões de relevo acidentado, a demarcação no campo das áreas de proteção nos Topos de Morro e ao longo dos divisores d'água é um processo bastante complexo, dificultando tanto a fiscalização quanto o cumprimento da legislação. Como alternativa aos métodos tradicionalmente utilizados – mapas, levantamentos de campo e uso dos restituídores – na delimitação dessas áreas de preservação permanente, apresenta-se uma nova metodologia, alicerçada na modelagem numérica do relevo e totalmente implementada em um sistema de informações geográficas. O processo

é todo automatizado e tem como vantagens a confiabilidade e a reprodutividade dos resultados, além da economia de tempo e mão-de-obra. Os resultados apontam para uma possível revisão da Legislação Ambiental, com sensível melhoria no que concerne à proteção dos mananciais e permitindo que se cumpram fielmente os dispositivos legais.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Marcelo Jorge de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, September 2002. **A methological proposal for the automatic demarcation of areas of permanent preservation in tops of hills and along the cumeada lines.** Adviser: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Committee members: Vicente Paulo Soares e Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

The act number 303 of the National Council for Environment sets the guidelines for the establishment of natural preserves on hill – tops and along ridgelines and relies, even though, on the foundations of watershed management. The major challenge posed by this law to the landowners concerns to the delineation of ridgelines and foothills so as to determine the upper third of hillsides, Which requires the use of detailed topographic and hydrography maps besides a highly qualified team. For hilly areas, the fieldwork for demarcating the areas to be preserved is usually very complex, jeopardizing both the implementation and surveillance tasks. This paper presents a GIS – based correct digital elevation models and has as principal advantages the consistency and reproducibility of the results, besides savings on both time and labor. The results presented in this paper bring new lights to the problem, printing out the need of reviewing the underlying legislation in this paper bring new lights to the problem, pointing out the need of reviewing legislation so as to make its effective implementation and observation possible.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o processo de colonização e consolidação do território brasileiro tem-se pautado na exploração predatória de seus recursos naturais. Vastas extensões de matas exuberantes foram simplesmente suprimidas ao longo dos séculos para dar espaço à agricultura, à pecuária e à mineração. Esse mesmo processo pode ser visto nos estádios iniciais do desenvolvimento econômico de vários países. O declínio da produtividade agrícola, aliado a uma visão miópica da abundância dos recursos naturais, força, continuamente, as comunidades a converterem mais e mais terras para a agricultura, deixando um rastro de terras degradadas. Deixa-se a cargo tão somente da natureza a tarefa de recuperar-se da agressão sofrida.

Dentre várias formas de agressão ao meio ambiente, hoje em dia são relativamente comuns a contaminação dos mananciais de água, a poluição atmosférica e a substituição indiscriminada da cobertura vegetal nativa, com a conseqüente redução dos habitats silvestres (SILVA, 1994; FERNANDES, 1997). Tudo isso se deve a uma visão imediatista do ser humano, satisfazendo, principalmente, seus anseios econômicos e minimizando a importância dos demais fatores. A partir da década de 60, praticamente todas as nações do mundo começaram a se preocupar com a mudança de comportamento do homem em relação ao meio ambiente, buscando conciliar interesses econômicos e

conservacionistas (SILVA, 1999). Criaram-se, então, as legislações ambientais, disciplinando as interferências antrópicas sobre o meio ambiente. Via de regra, as normas da legislação que dispõem sobre áreas de preservação ambiental permanente não são respeitadas, sejam essas relacionadas à declividade, aos Topos de Morro, às margens dos recursos hídricos ou em torno das nascentes dos mananciais. Nessas áreas não se pode fazer a retirada da cobertura vegetal original, permitindo assim que ela possa exercer em plenitude suas funções ambientais (MOREIRA, 1999).

A delimitação e a identificação de áreas de preservação ambiental permanente, ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água, não impõem grandes desafios nem ao proprietário rural nem à fiscalização, haja vista que as faixas de proteção são contínuas e facilmente delineáveis usando mapas convencionais. O mesmo já não ocorre com relação aos critérios estabelecidos com base na topografia. A delimitação das linhas de cumeada e da respectiva base do morro requer mapas altimétricos e de hidrografia bastante detalhados, além de profissionais com bastante experiência no manuseio dessas informações. Em regiões de relevo acidentado, a identificação no campo dessas áreas de proteção é um processo bastante complexo, dificultando, sobremaneira, tanto a fiscalização quanto a obediência à legislação.

A elaboração de uma metodologia adequada para delimitação de áreas de preservação ambiental permanente pode amenizar ou até mesmo solucionar os problemas levantados. MOREIRA (1999) propôs uma metodologia para a delimitação manual de áreas de preservação ambiental permanente baseada no uso de restituidores fotogramétricos convencionais. No estudo de caso desenvolvido pelo autor, verifica-se que a etapa mais complexa é a delimitação das áreas de preservação associadas aos Topos de Morro e ao longo das linhas de cumeada. A maior dificuldade na aplicação da metodologia desenvolvida é devida ao uso de restituidores fotogramétricos manuais, que torna o processo bastante moroso. MOREIRA (1999) sugere a utilização de restituidores digitais, de forma a agilizar e melhorar a precisão na delimitação de áreas de preservação ambiental permanente.

Os sistemas de informações geográficas atualmente dispõem de diversos recursos para uma modelagem numérica do relevo bastante precisa e detalhada. Estes modelos de representação do relevo podem ser utilizados na proposição de metodologias para delimitação automática de áreas de preservação ambiental permanente, com base nos critérios estabelecidos pela Resolução nº 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002. O desenvolvimento de uma metodologia para delimitação de áreas de preservação permanente, alicerçada nesses modelos, pode tornar o processo ágil, visto que não irá envolver procedimentos manuais, como ocorre no uso de restituídores.

1.1. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a validação de uma metodologia, alicerçada em modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes, para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada, de acordo com a Resolução nº 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Representação dos Dados e das Informações Geográficas

Os fenômenos no mundo real podem ser descritos em três modos distintos: temático, espacial e temporal. O modo espacial trata da variação geográfica; o modo temporal trata da variação em intervalos de tempo e o modo temático trata da variação das características do fenômeno. As propriedades quantitativas ou qualitativas de um evento podem ser tratadas em qualquer um destes aspectos: tema, lugar e tempo (DANGERMOND e HARNDEN, 1999).

A forma como as informações geográficas são armazenadas no banco de dados influencia o desenvolvimento dos métodos para solução dos problemas. Essa é uma operação complexa, uma vez que se devem incluir informações sobre posição, possíveis conexões topológicas e atributos dos objetos armazenados (BURROUGH, 1996). Os sistemas de informações geográficas armazenam e manipulam dados e informações espaciais, utilizando uma grande variedade de formatos. Há três modelos básicos para se descrever o espaço que nos cerca: o modelo de dados matricial, o modelo de dados vetorial e o modelo de dados TIN.

2.2. Processo de Modelagem

O uso do SIG pressupõe um trabalho anterior de modelagem da realidade a ser avaliada. Essa modelagem é o resultado da aplicação de mecanismos de abstração amplamente explorados na área de engenharia de software e projeto de bancos de dados (PIRES et al., 1996). O modelo deve considerar apenas os aspectos relevantes à aplicação, isto é, aqueles necessários e suficientes para satisfazerem os requisitos estabelecidos. O processo de modelagem é contínuo e executado em etapas, resultando no modelo físico de implementação. É importante observar que esse processo de transição do modelo lógico para o físico, além de envolver decisões quanto à relevância de dados para o modelo, implica a tarefa subjetiva de discretização do mundo real altamente complexo, no que diz respeito à identificação de suas entidades e relacionamentos conceituais, espaciais e temporais (PIRES et al., 1996). Um dado de entrada errôneo ou mal compartimentado no banco de dados gera uma cadeia de erros que modifica consideravelmente os produtos finais.

2.3. Conceitos Relacionados ao Relevô

- **Altitude:** a altitude de um ponto pode ser definida como a distância vertical desse ponto à superfície média dos mares denominada geóide (BRANDALIZE, 1998)

- **Curvas de nível:** as curvas de nível ou isolinhas são linhas curvas fechadas formadas a partir da interseção de vários planos horizontais com a superfície do terreno. Cada uma destas linhas, pertencendo a um mesmo plano horizontal, tem, evidentemente, todos os seus pontos situados na mesma altitude. Os planos horizontais de interseção são sempre paralelos e equidistantes e a distância entre um plano e outro denomina-se equidistância vertical (BRANDALIZE, 1998).

A seguir, de acordo com a Resolução nº 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002, são apresentadas as definições de alguns acidentes geográficos

relacionados à delimitação de áreas de preservação permanente ao longo das linhas de cumeada e dos topos de morro:

- **Morro:** elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

- **Montanha:** elevação do terreno com cota em relação à base superior a trezentos metros.

- **Base de morro ou montanha:** plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor.

- **Linha de cumeada:** linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas.

2.4. Modelos Digitais de Elevação (MDE)

Os modelos digitais de elevação consistem na representação digital de uma porção da superfície terrestre. A sua estrutura de dados enquadra-se em um dos dois tipos de modelo: grade retangular de pontos (RASTER) ou rede triangulada irregular (TIN). A escolha do tipo de representação a se utilizar na construção do modelo será condicionada, dentre outros fatores, pela própria morfologia do terreno e pelo fim a que se destina (SIMÃO et al., 2000). Os processos para geração dos MDE's são fundamentados na interpolação espacial de dados distribuídos ao longo da superfície terrestre, geralmente obtidos da digitalização de curvas de nível e de pontos cotados obtidos de mapas planialtimétricos.

Com o desenvolvimento de sofisticados e poderosos algoritmos, possibilitando um processamento rápido e eficiente de um grande volume de informações, a automatização tem substituído, com vantagens, os métodos tradicionalmente utilizados como mapas e levantamentos de campo na extração das características morfométricas do terreno. Estas vantagens incluem, dentre outras, a confiabilidade e a reprodutibilidade, economia de tempo e de mão-de-

obra, gerando resultados que, no contexto da informação digital, podem ser facilmente conectados a outras fontes de dados, compiladas para a região de estudo (SAUNDERS, 1999).

A maioria dos interpoladores disponíveis nos sistemas de informações geográficas, ponderação pelo inverso da distância (IDW), *spline*, *kriging* etc., foi desenvolvida, especificamente, para representação de variáveis que têm uma distribuição contínua como temperatura, concentração de nutrientes, umidade etc. Entretanto, o relevo, sendo composto por divisores de água e vertentes, apresenta linhas de descontinuidade da superfície. A utilização desses para representação do relevo introduz distorções – suavização e depressões espúrias – que limitam, sobremaneira, a utilização dos modelos digitais de elevação resultantes nos estudos de erosão, por descaracterizarem a rede de drenagem e, conseqüentemente, o escoamento superficial (HUTCHINSON, 1996).

Objetivando contornar problemas gerados por esses interpoladores, HUTCHINSON (1989) desenvolveu o ANUDEM - *Australian National University Digital Elevation Model* – que foi incorporado ao módulo TOPOGRID do SIG ARC/INFO, a partir da sua versão 7.0. O TOPOGRID foi concebido para apresentar, ao mesmo tempo, a eficiência computacional dos métodos de interpolação local e a continuidade da superfície proporcionada pelos interpoladores globais. O método utiliza uma técnica de interpolação baseada em diferenças finitas iterativas para gerar um grid a partir de pontos cotados e, ou, curvas de nível, possibilitando ainda a imposição de linhas de ruptura como divisores de água e rede de drenagem. O resultado gerado pelo TOPOGRID é um MDE dito hidrológicamente consistente – MDEHC – por haver uma coincidência acentuada entre a drenagem derivada numericamente e a hidrografia real (ESRI, 1997). O processo de geração de um modelo digital de elevação hidrológicamente consistente requer, além de dados apropriados de altimetria, que a malha hidrográfica esteja orientada na direção do escoamento. O desempenho do TOPOGRID é bastante satisfatório para regiões de hidrografia encaixada, o mesmo não ocorrendo em regiões de relevo relativamente plano, geralmente associadas ao padrão de drenagem anastomótico (ESRI, 1997). Isso

se deve mais à deficiência de dados de altimetria – equidistância entre curvas de nível – para adequadamente caracterizarem as imediações do leito do rio, do que propriamente às limitações do interpolador. A inexistência desses modelos digitais em larga escala tem restringido a grande maioria das análises espaciais à bidimensionalidade.

2.4.1. Exatidão Cartográfica

As medidas planimétricas extraídas de mapas impressos estão sujeitas ao erro gráfico de 0,2 mm, correspondente ao limite da acuidade visual humana (TIMBÓ, 2001). A menor dimensão no terreno que pode ser representada em um mapa é definida em função da escala e do erro gráfico. A multiplicação do erro gráfico pelo fator da escala define a menor dimensão do terreno que pode ser representada em um mapa, denominada exatidão cartográfica.

2.4.2. Estrutura de Dados dos Modelos Digitais de Elevação

2.4.2.1. Estrutura Raster

A grade retangular de células, denominada raster, é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces retangulares. Os vértices desses poliedros podem ser os próprios pontos amostrados, caso estes tenham sido adquiridos nas mesmas localizações xy que definem a grade desejada. É a estrutura mais comumente utilizada para representação digital do relevo, com cada célula contendo o valor médio da elevação, armazenado em uma matriz bidimensional. Qualquer representação de uma superfície é meramente uma amostra, um subconjunto, dos seus valores. De maneira geral, os MDE's baseados em estrutura raster são amplamente disponíveis e utilizados devido à sua simplicidade, facilidade de processamento e eficiência computacional (MARTZ e GARBRECHT, 1992). O modelo raster possui uma grande facilidade no armazenamento de dados, porém a uniformidade do tamanho dos pixels traz

certas limitações na representação do modelo digital de elevação, não permitindo que as características fisiográficas do relevo sejam levantadas com níveis de detalhes diferenciados. Nos modelos matriciais em que todas as células têm necessariamente o mesmo tamanho a correta representação de regiões com alta variabilidade do fenômeno estudado conduz geralmente à superamostragem das áreas com variações menos drásticas, aumentando sobremaneira o volume de dados armazenado. Como principais desvantagens dos MDE's baseados em estrutura raster, citam-se a redundância de dados em áreas de superfície uniforme, que eleva a demanda de armazenamento, e a dificuldade de adaptação desse modelo para representar relevos complexos sem que se promova uma redução no tamanho das células (BURROUGH, 1996).

2.4.2.2. Estrutura TIN

Um TIN consiste num modelo topológico de dados vetoriais, no qual pontos de coordenadas tridimensionais, x, y (localização geográfica) e z (elevação), são ligados por linhas formando triângulos de tamanho irregular, não sobrepostos. Os seus vértices podem não ter a mesma elevação, o que leva cada triângulo a possuir um determinado declive, dado pelo ângulo de inclinação da face do triângulo, e uma determinada exposição, dada pela normal a essa face. A informação de atributo é armazenada quer seja nos nós, quer nas faces do triângulo, com uma estrutura semelhante, no conceito, às estruturas topológicas que representam redes de polígonos (SIMÃO et al., 2000). Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem considerando as arestas dos triângulos permite que as informações morfológicas importantes como as discontinuidades, representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície. A forma simples e precisa de representar as mais diversas superfícies e o fato de ser mais rigoroso na generalização do relevo torna-o o mais indicado para representar superfícies

geomorfologicamente acidentadas. É um modelo de resolução variável: onde houver maior densidade de dados, o modelo possuirá maior nível de detalhes e vice-versa. Uma limitação da estrutura TIN é o tempo consumido na constituição inicial do modelo (SIMÃO et al., 2000).

2.4.3. Aplicações do Modelo Digital de Elevação

Segundo SIMÃO et al. (2000), as principais aplicações do modelo digital de elevação e sua grande importância dentro dos sistemas de informações geográficas são:

- elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio à análises geomorfológicas e de erodibilidade;
- apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis);
- armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- análises de cortes-aterro para projetos de estradas e barragens; e
- análise de variáveis geofísicas e geoquímicas.

A partir do modelo digital de elevação podem-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos altimétricos desejados e perspectivas tridimensionais.

2.5. Áreas de Preservação Permanente

Para assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, como bem de uso comum e essencial a uma qualidade de vida satisfatória, cabe ao poder público definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos por lei (MACHADO, 1992).

No Brasil, os dispositivos legais ligados à preservação ambiental surgiram de forma sistemática na década de 30. Foram implantadas medidas de conservação e preservação do patrimônio natural, criação de parques nacionais e declaração de áreas como florestas protetoras nas regiões Nordeste, Sul e

Sudeste; o estabelecimento de normas de proteção dos animais; promulgação dos Códigos Florestal, de Águas e de Minas (COELHO e BORGES, 1984).

A política do governo com a conservação e a preservação do meio ambiente se fortaleceu na década de 60. De um lado, isso ocorreu mediante a participação em convenções e reuniões internacionais e assinaturas de acordos e pactos entre países e, de outro, pela responsabilidade atribuída na Declaração de Soberania dos Recursos Naturais como país membro das Nações Unidas (COELHO e BORGES, 1984).

Como reflexo desse fortalecimento, em clara demonstração de preocupação com os recursos florestais no Brasil, surge o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 4.771, de 15 setembro de 1965, ainda vigente, apesar de ter sido alterado em alguns de seus artigos por legislações ordinárias (SILVA, 1996). Sendo assim, o Código Florestal Brasileiro, em seus artigos 2 e 3, define as áreas de preservação permanente como aquelas situadas em nove tipos de ambientes: ao longo dos cursos d'água; em nascentes; no topo de elevações; nas encostas com declividade superior a 45 graus; nas restingas; nas bordas dos tabuleiros e chapadas; em terrenos com altitude superior a 1.800 metros; nas áreas metropolitanas definidas em lei; e em áreas declaradas por ato do Poder Público (SILVA, 1996). As áreas de preservação permanente foram definidas, inicialmente, pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1982). Posteriormente, de acordo com a Lei nº 6.938 (BRASIL, 1996), essas áreas foram consideradas como reservas ecológicas.

Na década de 80, agravaram-se os problemas ambientais, tendo crescido a conscientização em nível mundial e nacional sobre as questões do meio ambiente (COELHO BORGES, 1984). No Brasil, a questão ambiental adquiriu nova dimensão, anteriormente concentrada na proteção dos recursos naturais da Região Amazônica, delimitação de parques nacionais e reservas biológicas e criação de novas reservas ecológicas. Este período é marcado pela elaboração de políticas específicas, pela reestruturação do sistema decisório da Política Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Como um fenômeno mais recente, surgiram os Códigos Florestais dos Estados, pelo fato de a Constituição Federal Brasileira de 1988 ter aberto a perspectiva de se legislar concorrentemente entre os três planos decisórios (SILVA, 1996). A Constituição Federal de 1988, pela primeira vez na história, erigiu à categoria de norma constitucional o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, atribuindo tanto ao Poder Público quanto à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo (SOUZA, 1997). O Código Florestal de Minas Gerais, instituído pela Lei nº 10.561, de 27 de dezembro de 1991, foi regulamentado pelo Decreto nº 33.944, de 18 de setembro de 1992, e tem por objetivo básico atender às exigências regionais quanto ao disciplinamento do uso do solo, tanto que em seu art. 7 estabeleceu os critérios para delimitação de áreas de preservação permanente. Vale ressaltar que essas áreas de preservação permanente foram criadas para proteger o meio ambiente na sua forma natural, delimitando as áreas impróprias para uso da terra, a fim de manter a cobertura vegetal original. A cobertura vegetal nessas áreas irá minimizar os efeitos erosivos, a lixiviação dos nutrientes no solo e o assoreamento, além de contribuir para a regularização da vazão dos cursos d'água, com benefícios evidentes para a sociedade e a fauna silvestre (SILVA, 1996).

2.5.1. Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e ao Longo das Linhas de Cumeada

Os critérios estabelecidos pela resolução nº 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002 para delimitação de áreas de preservação ambiental permanente designam as seguintes faixas de proteção, com base em recursos hídricos e relevo, conforme o artigo Art. 3:

- nos Topos de Morro e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;

- nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da

cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

- agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;
- identifica-se o menor morro ou montanha;
- traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e
- considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

2.6. Metodologia para Delimitação Manual de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e ao Longo das Linhas de Cumeada

MOREIRA (1999) desenvolveu uma metodologia para delimitação manual de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada, utilizando restituidores aerofotogramétricos manuais convencionais.

Procedimentos:

- Calibração do restituidor;
- Leitura da altitude na base do morro;
- Leitura da altitude na linha de cumeada;
- Verificação da elevação (intervalo entre 50 e 300 m);
- Identificação dos pontos correspondentes a 1/3 da variação da altitude;
- Conexão dos pontos, formando polígonos, delimitando dessa forma as áreas de preservação permanente; e
- Verificação da linha de maior declive (superior a 17°).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Base de Dados

A área de estudos selecionada foi a bacia do córrego do Paraíso, com área de 212 ha, localizada no município de Viçosa-MG. Como referência, citam-se as coordenadas geográficas de 20° 48' de latitude sul e 42° 53' de longitude oeste. A altitude na bacia varia entre 680 m e 850 m.

Essa área apresenta relevo ondulado a fortemente ondulado. De acordo com ALVES (1993), os solos encontrados na área em estudo são: Latossolo Vermelho-Amarelo, geralmente nas áreas dos topos remanescentes; Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, nos terraços; Podzólico Vermelho-Amarelo, nas áreas de perfis côncavos entre as elevações e os terraços ou entre os cursos d'água e as elevações; Podzólico Vermelho-Amarelo, com B bruno micáceo, nos bojós das ravinas; Latossolo Cambissólico, nas áreas em início de ravinamento e outras, pelo seu grau de erosão; Cambissolo, nas laterais das ravinas mais evoluídas e íngremes; e solos Hidromórficos e Aluviais, nos leitos dos cursos d'água.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, ou seja, clima tropical de altitude, com verões frescos e chuvosos (RODRIGUES, 1966). Seguindo-se a classificação climática de Gaussen e Bagnouls, Viçosa apresenta

índice mesotérmico 36 e está incluída na região bioclimática xeroquimênica, com modalidade 4d Mês (submesaxérica) (GALVÃO, 1967).

A base de dados utilizada nesse trabalho (curvas de nível com eqüidistância vertical de 10 m e rede hidrográfica) foi produzida por restituição manual de fotografias aéreas na escala de 1:10.000 e, posteriormente, convertidas para o formato digital por meio de digitalização em mesa, utilizando o software Carta Links (MOREIRA, 1999). A base de dados está representada na Figura 1.

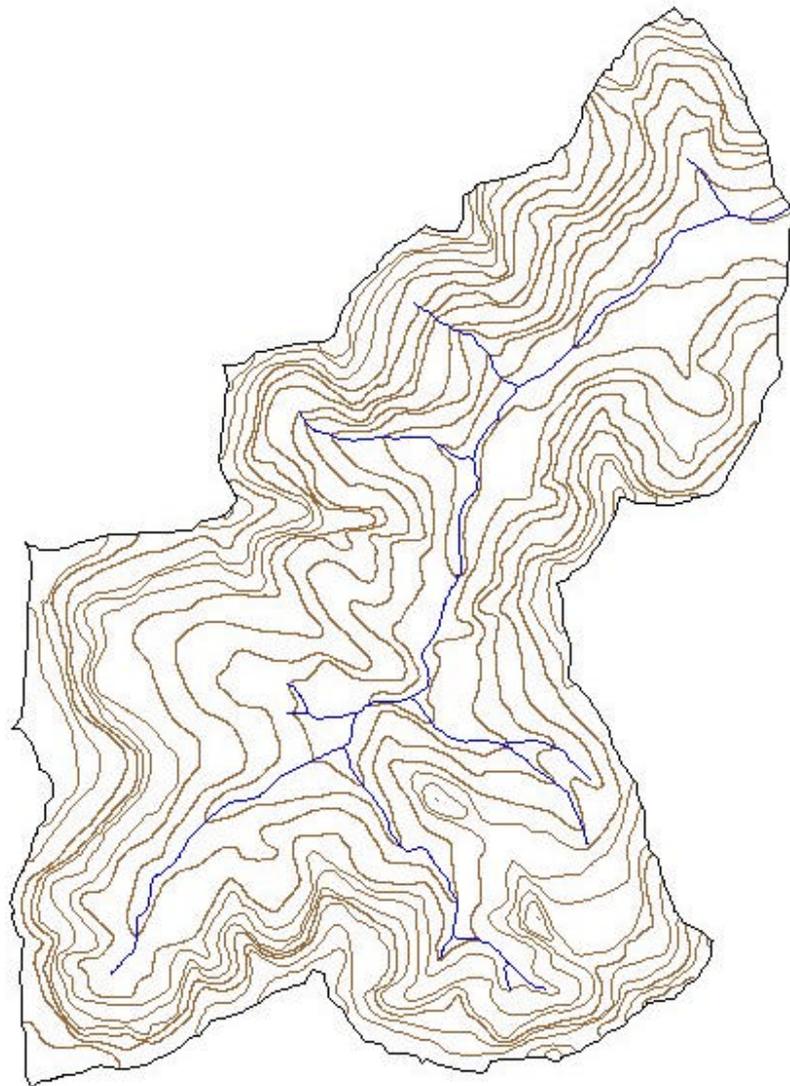


Figura 1 – Curvas de nível com eqüidistância vertical de 10 m e rede hidrográfica, obtidas por meio da restituição manual de fotografias aéreas na escala de 1:10.000 e, posteriormente, convertidas para o formato digital por meio de digitalização em mesa, utilizando o software Carta Links (MOREIRA, 1999).

3.2. Sistema de Informação Geográfica

Todos os procedimentos dessa metodologia foram implementados no ambiente de trabalho do sistema de informações geográficas Arc/INFO (versão 8.2). Sua seleção deveu-se, dentre outros condicionantes, ao fato de possuir funções específicas para a modelagem e o tratamento de bacias hidrográficas. Isso foi de fundamental importância para não sobrecarregar o usuário final com a execução de comandos e etapas intermediárias, direcionando-se a sua interação para as etapas realmente relevantes.

3.3. Geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente

As curvas de nível foram produzidas por restituição manual de fotografias aéreas na escala de 1:10.000, com um erro gráfico de 0,2 mm. Multiplicando-se o erro gráfico pelo fator de escala tem-se que a menor dimensão no terreno que pode ser representada em um mapa é de 2 m. Assim, o MDEHC foi gerado com células de 2 m de lado.

O MDEHC da bacia hidrográfica do córrego do Paraíso foi gerado utilizando o Módulo TOPOGRID do Arc/INFO. Esse módulo exige a orientação dos arcos da rede hidrográfica no sentido do escoamento e o ajuste da altimetria à hidrografia.

Na Figura 2 é apresentada a janela do módulo TOPOGRID. Os dados de entrada são:

CONTOUR: curvas de nível;

POINT: elevações do terreno;

STREAM: hidrografia orientada na direção do escoamento;

SINK: depressões topográficas conhecidas;

BOUNDARY: limite da região de interpolação; e

LAKE - contorno dos lagos.

No presente trabalho, foram utilizados como dados de entrada somente as curvas de nível e a hidrografia.

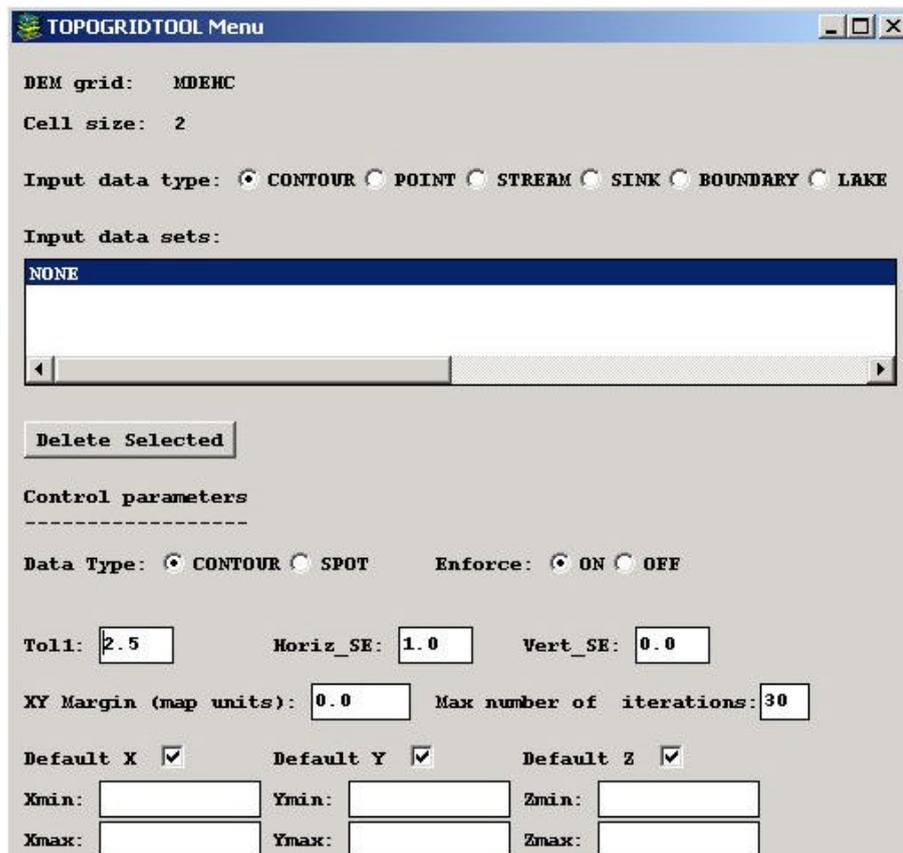


Figura 2 – Janela do módulo TOPOGRID do sistema de informações geográficas Arc/INFO (versão 8.2).

A estrutura de dados do modelo digital de elevação gerado pelo TOPOGRID é matricial.

3.3.1. Refinamento do MDEHC

Após a geração do MDEHC no TOPOGRID foi realizado um refinamento no modelo gerado, eliminando os sumidouros e criando uma calha ao longo da rede hidrográfica de modo a garantir a convergência do escoamento superficial até as bordas do modelo.

A presença de sumidouros revela a existência de pequenas imprecisões ou imperfeições nos dados, para o cálculo de uma bacia hidrográfica, sendo imprescindível eliminá-los, pois interrompe o trajeto do escoamento superficial.

Um sumidouro é uma célula com direção de drenagem indefinida - todas as células em seu redor são mais altas. No presente trabalho estas células foram preenchidas por meio do comando HLL do ARC/INFO, porque de outra forma as linhas de água não apresentariam continuidade, descaracterizando o escoamento superficial. Foi criada uma calha ao longo da rede hidrográfica, garantindo, dessa forma, que todo o escoamento superficial originário de qualquer ponto da bacia alcançasse a rede hidrográfica, seguindo por essa até a borda do modelo.

3.4. Metodologia para Delimitação das Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro com Base na Resolução nº 303, do CONAMA

A metodologia para delimitação das áreas de preservação permanente em topos de morro constituiu-se dos seguintes procedimentos:

- **Inversão da direção de escoamento do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente:** a direção de escoamento foi invertida por meio de uma reclassificação dos valores numéricos que representam a direção de escoamento (1 : 16, 2 : 32, 4 : 64, 8 : 128, 16 : 1, 32 : 2, 64 : 4, 128 : 8). Foram eliminadas as células da hidrografia com a finalidade de que as depressões localizadas sobre a mesma não fossem identificadas.

- **Identificação do topo do morro:** os topos de morro foram identificados como sendo as depressões, considerando a direção de escoamento invertida. As células que representam as linhas de cumeada foram excluídas com a finalidade de que as depressões localizadas sobre as mesmas não fossem identificadas como topos de morro.

- **Identificação da base do morro:** a base do morro foi identificada como sendo a área de contribuição drenada por uma depressão.

- **Determinação da altitude do topo do morro:** a altitude do topo do morro foi determinada por meio da identificação do maior valor de altitude das células do modelo digital de elevação que representam o morro.

- **Determinação da altitude da base do morro:** a altitude da base do morro foi determinada por meio da identificação do menor valor de altitude das células do modelo digital de elevação que representam o morro.

- **Determinação da altitude do topo do morro em relação à base do morro:** a altitude do topo do morro em relação à base do mesmo foi determinada pela diferença entre a altitude do topo e a altitude da base.

- **Identificação dos morros com altitude entre 50 m e 300 m e declividade majoritária da encosta maior que 30%:** foram selecionados os morros com altitude entre 50 m e 300 m.

- **Identificação dos morros declividade majoritária da encosta maior que 30%:** foram selecionados os morros com declividade majoritária na encosta superior a 30 % (aproximadamente 17°).

- **Delimitação das áreas de preservação permanente em Topos de Morro:** para cada célula do morro foi calculada a relação entre a sua altura e a altura do topo do morro em relação à base. Foram identificadas todas as células cuja relação foi igual ou superior a 2/3, o que correspondeu às áreas de preservação permanente em Topos de Morro.

3.5. Metodologia para Delimitação das Áreas de Preservação Permanente ao Longo das Linhas de Cumeada com Base na Resolução nº 303, do CONAMA

A metodologia para delimitação das áreas de preservação permanente ao longo das linhas de cumeada constituiu-se dos seguintes procedimentos:

- **Determinação da altitude das células da hidrografia:** foi feita por meio da alocação dos valores de altitude das células do modelo digital de elevação para as células da hidrografia rasterizada.

- **Determinação da direção de escoamento das células do modelo digital de elevação:** com base nos valores de altitude das células vizinhas foi calculada para cada célula do modelo digital de elevação a direção de maior declive. Cada célula pode direcionar o seu escoamento para uma das oito células vizinhas segundo a direção de maior declive. Cada célula recebeu um valor numérico para representar a sua direção de escoamento. Esse valor numérico é múltiplo de potência de 2 (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128).

A Figura 3 mostra os possíveis valores que uma célula pode receber para representar a sua direção de escoamento.

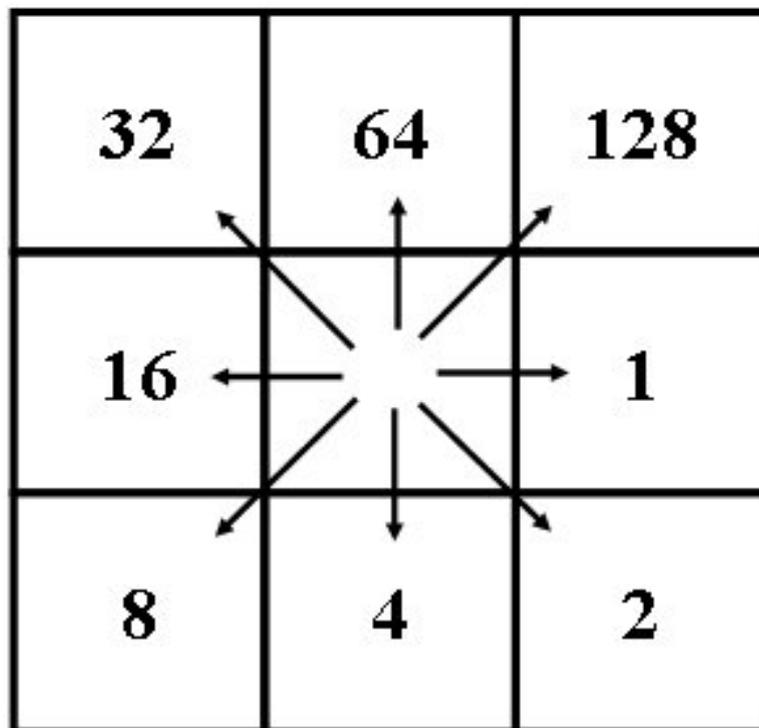


Figura 3 – Cada célula recebe um dos oito possíveis valores para representar a direção de escoamento. A água escoar para uma de suas células vizinhas, segundo a direção de maior declive.

- **Identificação da respectiva bacia de contribuição para cada célula da hidrografia:** cada célula de uma área de contribuição recebeu o valor de altitude da célula do segmento da hidrografia correspondente a esta área de contribuição. A alocação dos valores foi feita considerando a célula do rio que drena a célula da área de contribuição. Esta alocação foi feita com a finalidade de se utilizar a hidrografia como referência de nível.

- **Identificação das sub-bacias:** cada sub-bacia foi identificada como sendo a área de contribuição de cada segmento da hidrografia.

- **Identificação das células da borda das sub-bacias:** a borda de cada sub-bacia foi isolada, de modo que na vizinhança entre uma sub-bacia e outra as bordas identificadas fossem distintas.

- **Determinação das altitudes das células da borda das sub-bacias:** a determinação da altitude das células da bordas das sub-bacias foi feita por meio da alocação dos valores de altitude das células do modelo digital de elevação para as células das bordas.

- **Inversão da direção de escoamento:** a direção de escoamento foi invertida por meio de uma reclassificação dos valores numéricos que representam a direção de escoamento (1 : 16, 2 : 32, 4 : 64, 8 : 128, 16 : 1, 32 : 2, 64 : 4, 128 : 8), sendo as células da hidrografia eliminadas. A direção de escoamento foi invertida com a finalidade de que as linhas de cumeada constituíssem a rede de drenagem.

- **Identificação da respectiva bacia de contribuição para cada célula da borda:** com a direção de escoamento invertida a borda se comportou como uma rede de drenagem. Cada célula de uma área de contribuição recebeu o valor de altitude da célula da borda correspondente a esta área de contribuição. A alocação dos valores foi feita considerando a célula da borda que drena a célula da área de contribuição. Esta alocação foi feita com a finalidade de comparar a altitude das células do modelo digital de elevação com a altitude das células da borda.

- **Delimitação do terço superior da bacia hidrográfica:** para determinar a altitude das células das sub-bacias e das células de suas bordas em relação à hidrografia (referência de nível) foi feito o cálculo da altitude de suas células em relação às células da hidrografia. Para cada célula da bacia de contribuição foi calculada a relação entre a sua altura e a altura do topo em relação à base. Foram identificadas todas as células cuja relação foi igual ou superior a $2/3$, o que correspondeu ao terço superior da bacia hidrográfica.

- **Delimitação das áreas de preservação permanente ao longo das linhas de cumeada:** de acordo com a legislação, o terço superior da bacia não é todo constituído de área de preservação permanente, somente ao longo das linhas de cumeada com altitude mínima de 50 m encontram-se estas áreas. Para cada célula da bacia de contribuição foi calculada a relação entre a sua altura e a altura do topo em relação à base (foram consideradas somente as elevações superiores a 50 m). Foram identificadas todas as células cuja relação foi igual ou superior a $2/3$, o que correspondeu às áreas de preservação permanente ao longo das linhas cumeada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo digital de elevação hidrologicamente consistente da bacia do córrego do Paraíso representou com fidelidade as características do relevo. A rede de drenagem derivada numericamente por meio do modelo coincidiu exatamente com a hidrografia mapeada.

O resultado da geração do modelo digital de elevação hidrologicamente apresenta-se na Figura 4.

A Figura 5 mostra que a rede de drenagem derivada numericamente por meio do modelo coincidiu exatamente com a hidrografia mapeada. Um escoamento gerado pelo modelo percorre exatamente o mesmo trajeto que um escoamento natural até a foz da bacia hidrográfica.

A Figura 6 mostra que o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente da bacia do córrego do Paraíso representou com fidelidade as características do relevo. A distribuição dos valores de altitude nas células do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente reproduziu com fidelidade os formatos das curvas de nível.

Foram identificados 78 cumes na bacia de estudo. Observa-se, na Figura 7, que a maioria desses morros situa-se nas proximidades da rede hidrográfica.

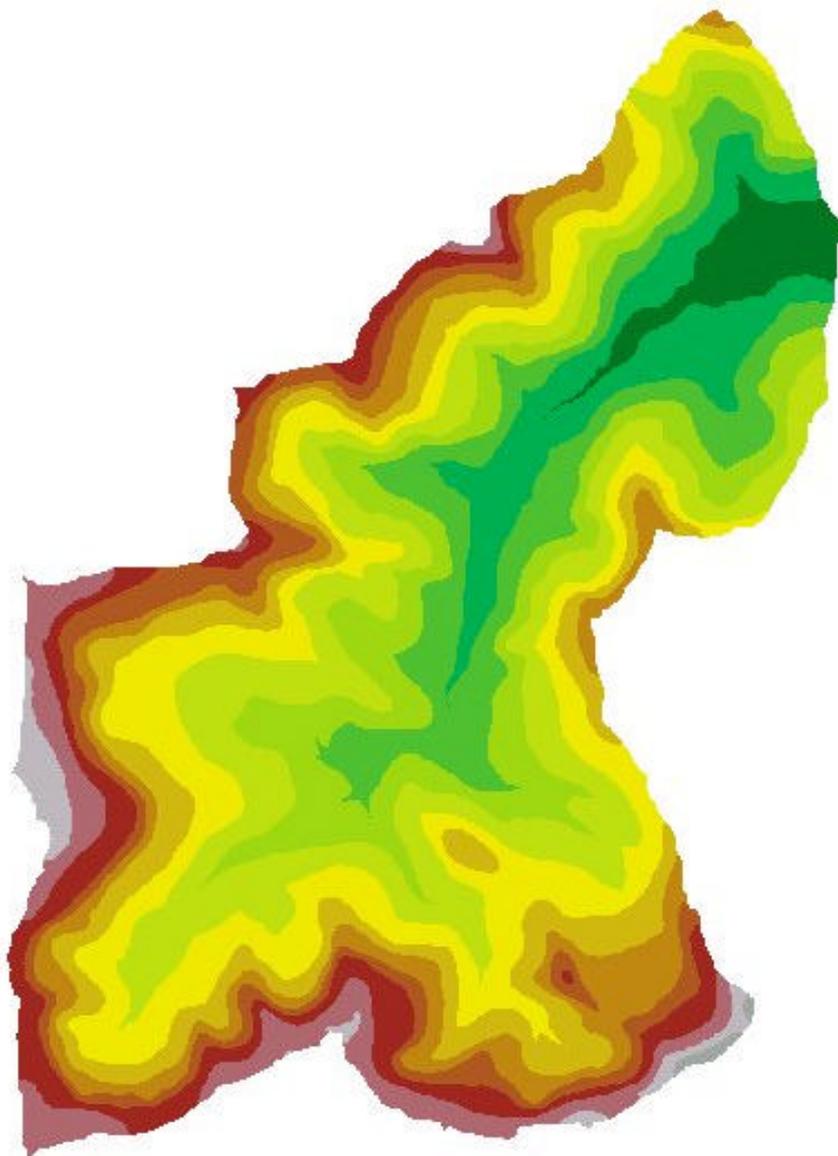


Figura 4 – Modelo digital de elevação hidrológicamente consistente da bacia do córrego do Paraíso, gerado a partir da interpolação de curvas de nível com a imposição da rede hidrografia.

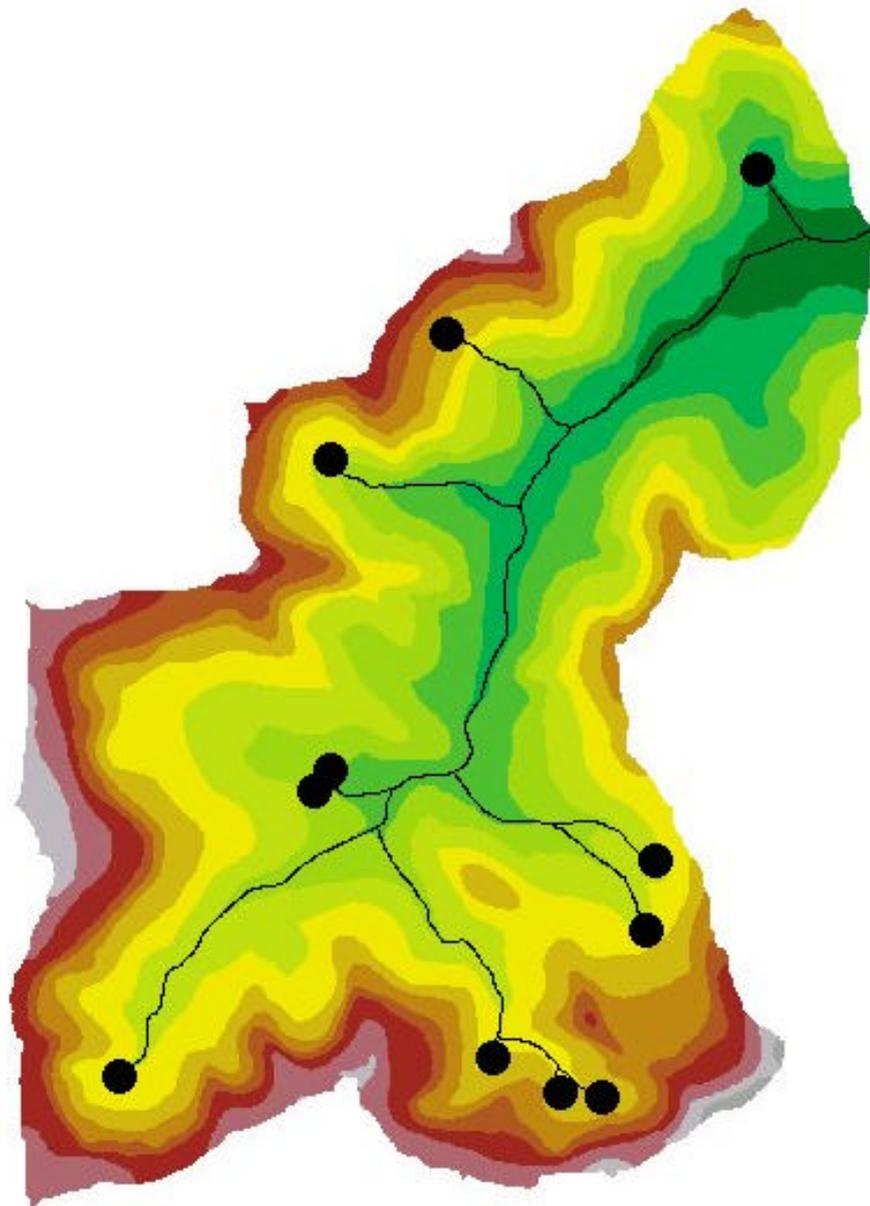


Figura 5 – A rede hidrográfica derivada numericamente por meio do MDEHC se sobrepôs perfeitamente à rede hidrografia mapeada.

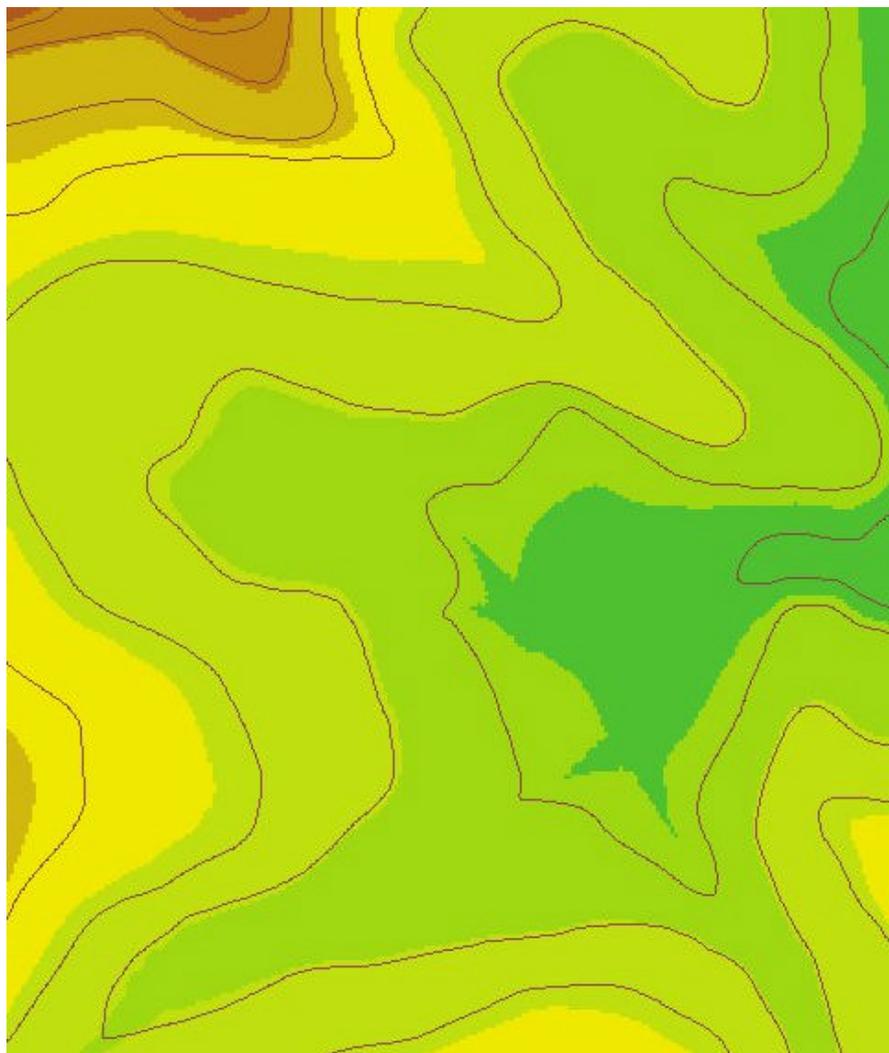


Figura 6 – O modelo digital de elevação hidrológicamente consistente da bacia do córrego do Paraíso representou com fidelidade as características do relevo. As formas do relevo foram preservadas no processo de interpolação das curvas de nível para o modelo de dados raster.

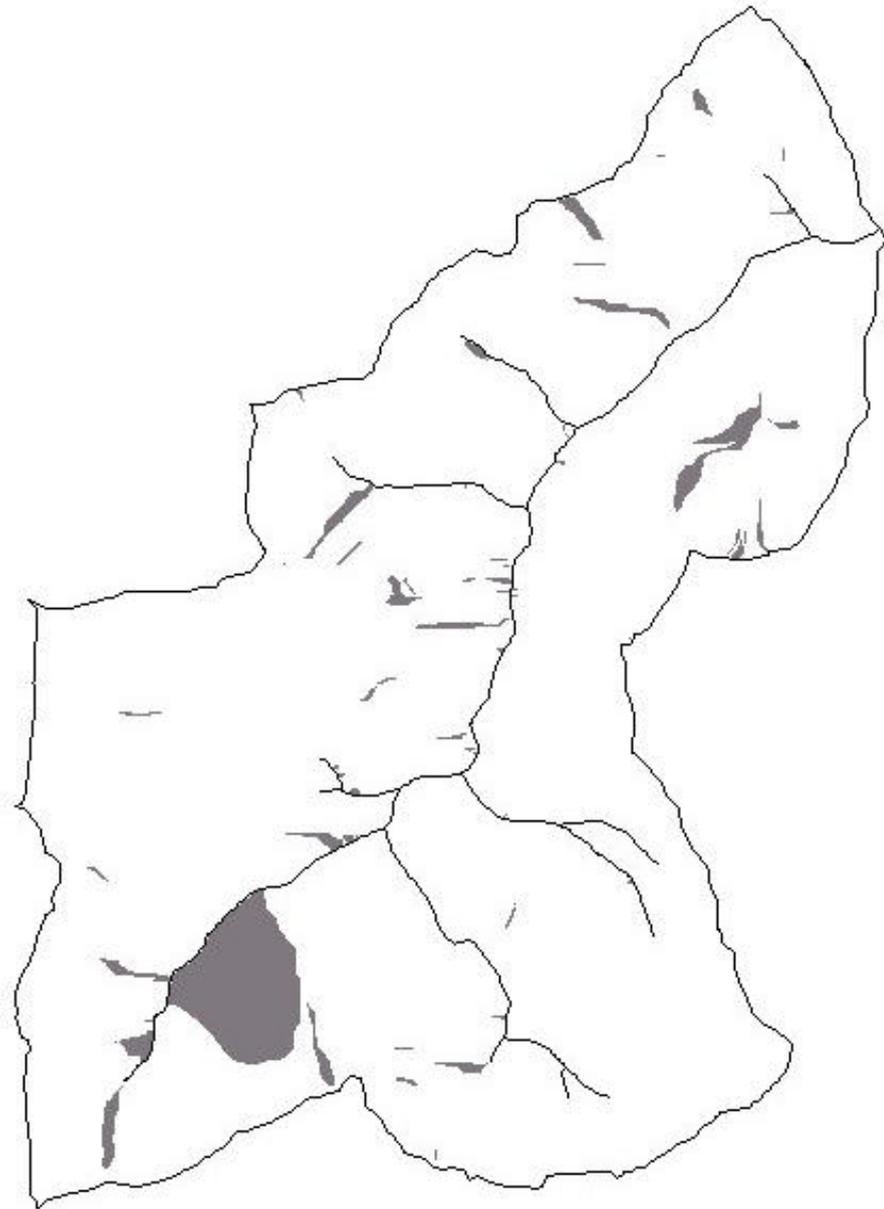


Figura 7 – Localização dos morros dentro da bacia hidrográfica.

Na Figura 8 apresentam-se os oito morros que atendem ao primeiro critério: exigir que uma elevação tenha pelo menos 50 m de altura e menos de 300 m, para ser considerada morro e, assim, ser objeto de análise no processo de delimitação de áreas de preservação ambiental.

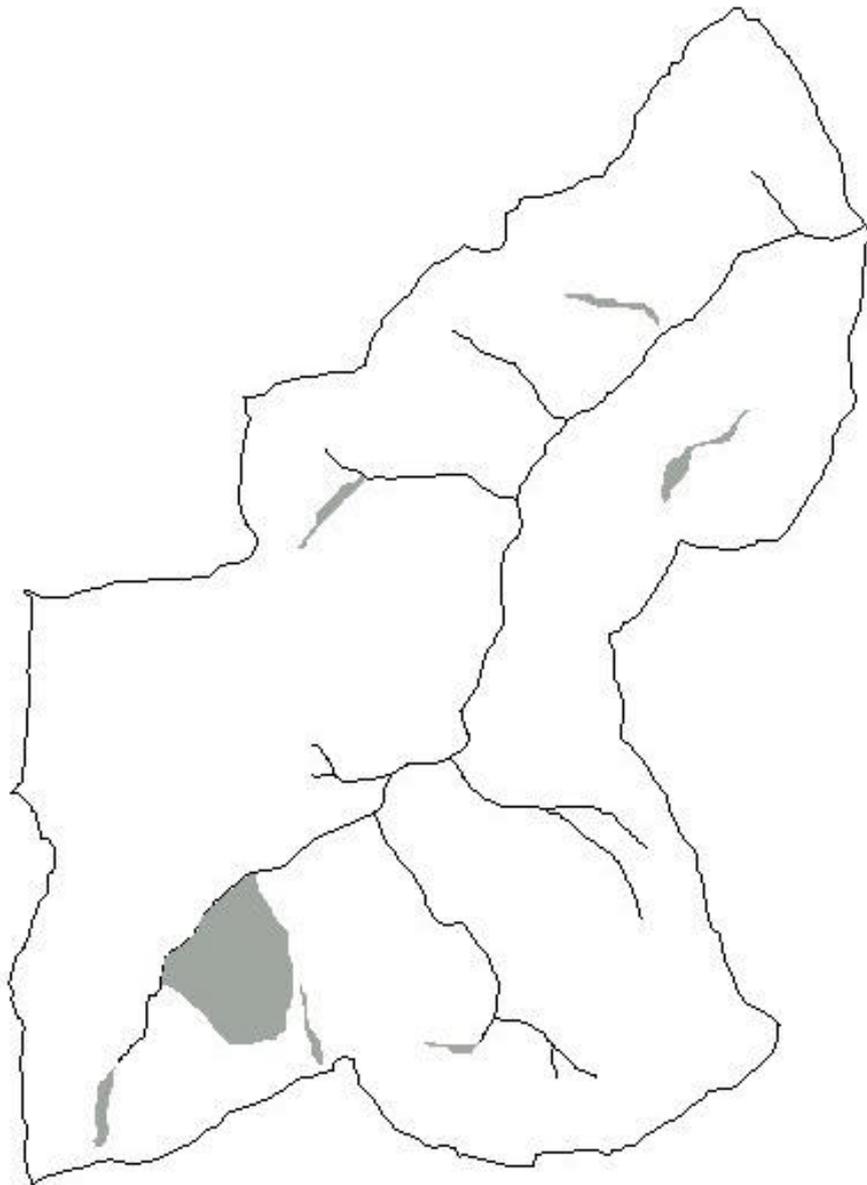


Figura 8 – Morros com pelo menos 50 m de altura.

A Figura 9 mostra apenas os cinco morros que, além de terem altura maior ou igual a 50 m, atendem também à segunda exigência que caracteriza um morro: possuir declividade majoritária da encosta acima de 30% (aproximadamente 17°).

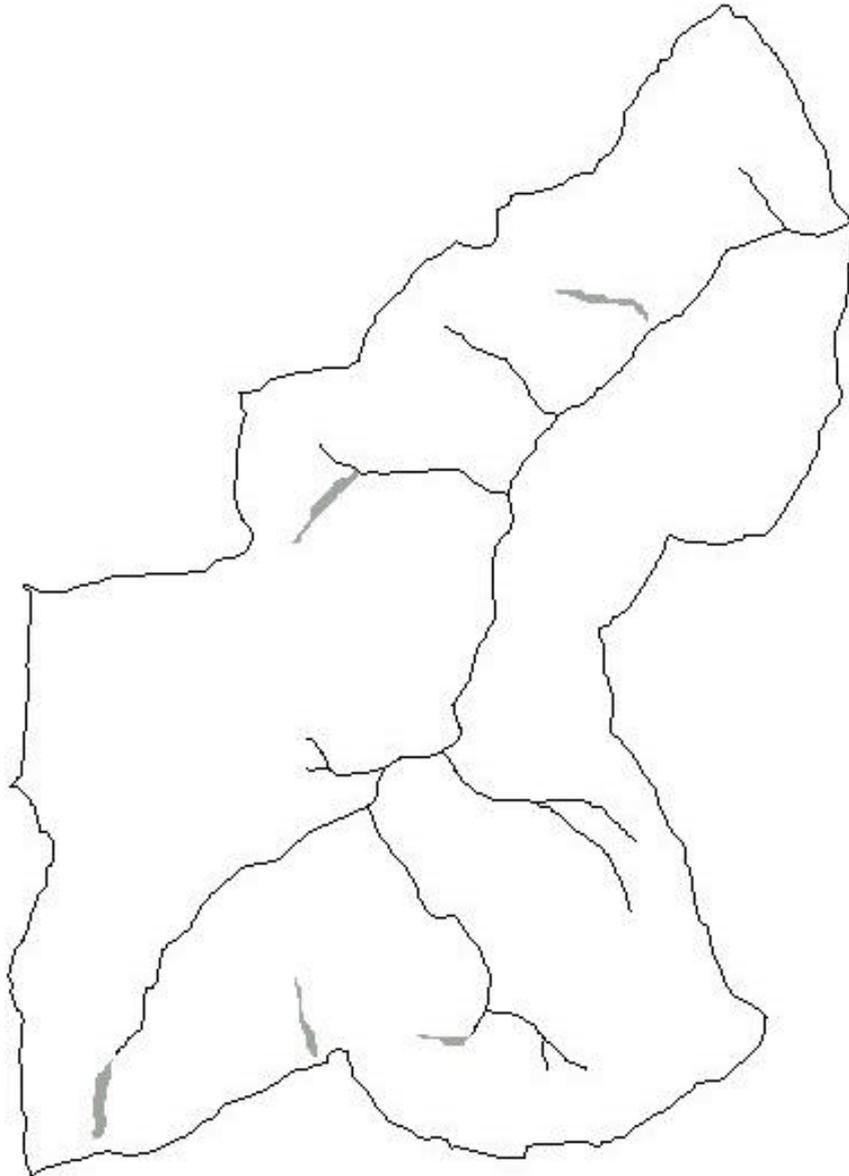


Figura 9 – Morros com pelo menos 50 m de altura e declividade majoritária acima de 30%.

Na Figura 10 apresentam-se as áreas de preservação permanente em topos de morro na bacia do Córrego do Paraíso. A soma das áreas do terço superior desses cinco morros totaliza 2.840 m², representando 0,13% da área total da bacia.

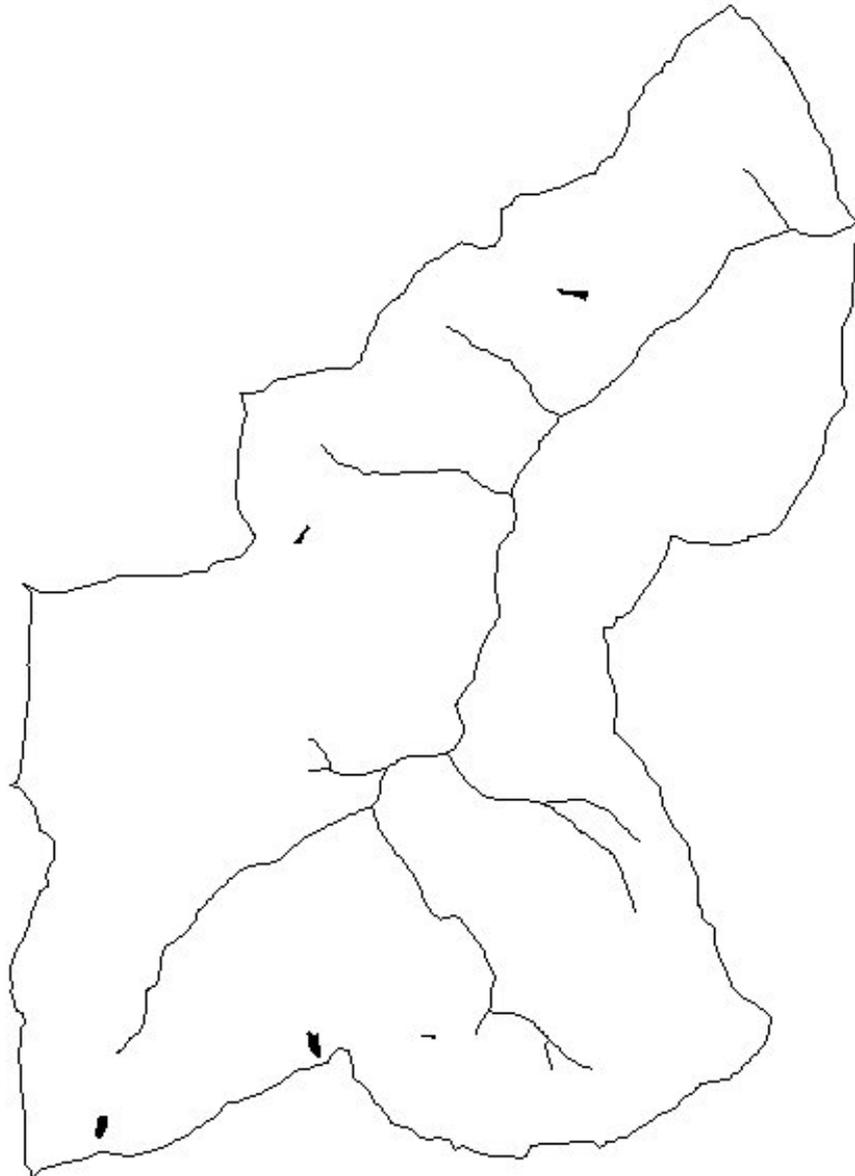


Figura 10 – Identificação das áreas de preservação permanente em Topos de Morro.

A determinação das áreas de preservação permanente em linhas de cumeada iniciou-se com a identificação dos divisores de água para todos os segmentos da hidrografia, conforme mostra a Figura 11.

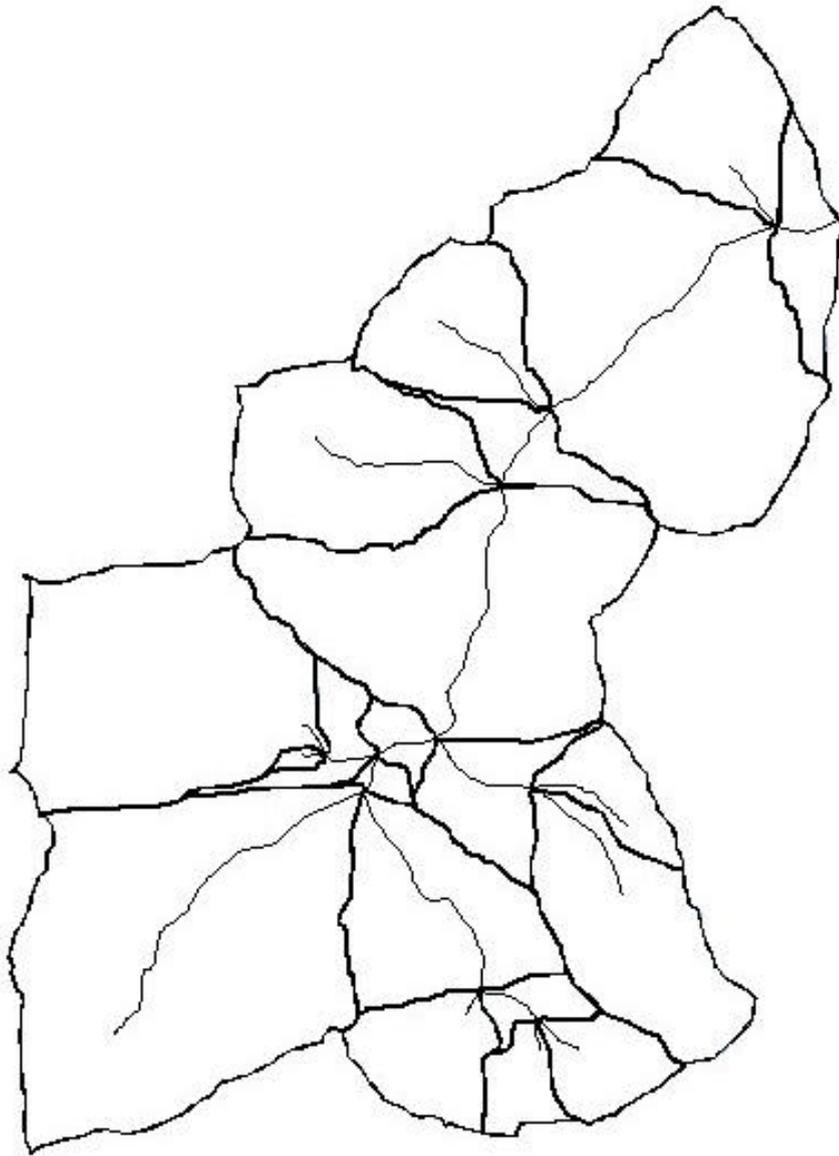


Figura 11 – Divisores de água das sub-bacias do Córrego Paraíso.

O próximo passo foi a determinação, para cada célula de uma sub-bacia, da latitude da célula da hidrografia que lhe é mais próxima. O resultado desse processo é apresentado na Figura 12. Pode-se observar, principalmente próximo às cabeceiras, que o padrão de assinalamento assemelha-se ao do escoamento superficial. Percebe-se também uma nítida caracterização dos divisores de água como consequência desse assinalamento de altitudes das células da hidrografia às células da respectiva área de contribuição.

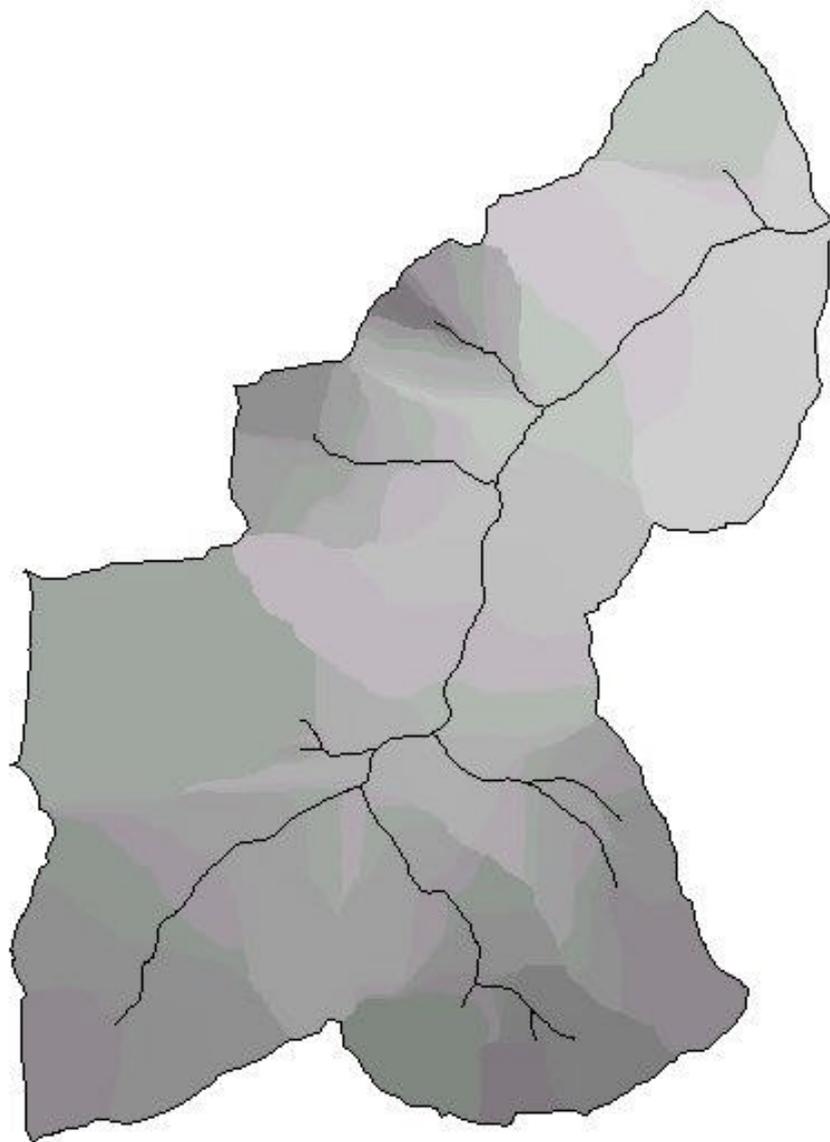


Figura 12 – Assinalamento de altitudes baseada na altitude da célula mais próxima da hidrografia.

Analogamente, o assinalamento de altitudes tomando-se por base a altitude da célula mais próxima manteve uma estreita coerência com o padrão de escoamento superficial, como se pode verificar na Figura 13. Nota-se, no entanto, que algumas áreas desse segundo tipo de assinalamento não receberam valor algum. Estas áreas aparecem como vazios e, por não possuírem valor, essas regiões estarão, aparentemente, fora do processo de identificação das áreas de preservação permanente em linhas de cumeada.

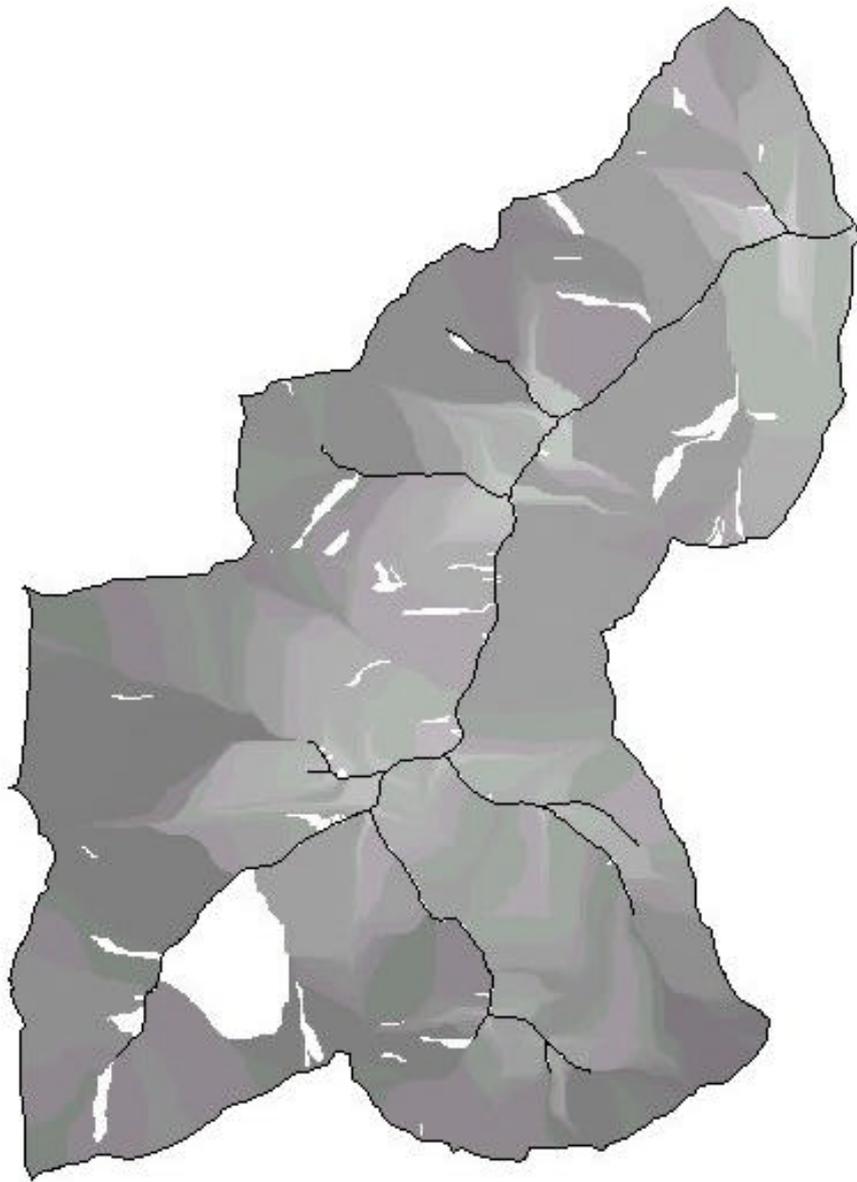


Figura 13 – Assinalamento de altitudes com base na altitude da célula da borda mais próxima.

Comparando-se essa figura com a Figura 7, percebe-se que estes vazios coincidem perfeitamente com os morros identificados no interior da bacia hidrográfica. Isto tem a seguinte explicação: o escoamento superficial que se origina de células à montante dessas áreas irá contorná-las, prosseguindo até que o trajeto atinja um curso d'água. Por outro lado, o escoamento iniciado em qualquer célula pertencente a um morro convergirá necessariamente para uma célula da sua borda e, uma vez que se atinja esse ponto, o escoamento prosseguirá normalmente até que atinja o curso d'água que drena essa área.

A Figura 14 apresenta as áreas localizadas no terço superior da bacia, destacando-se as linhas de cumeada e a respectiva malha hidrográfica.

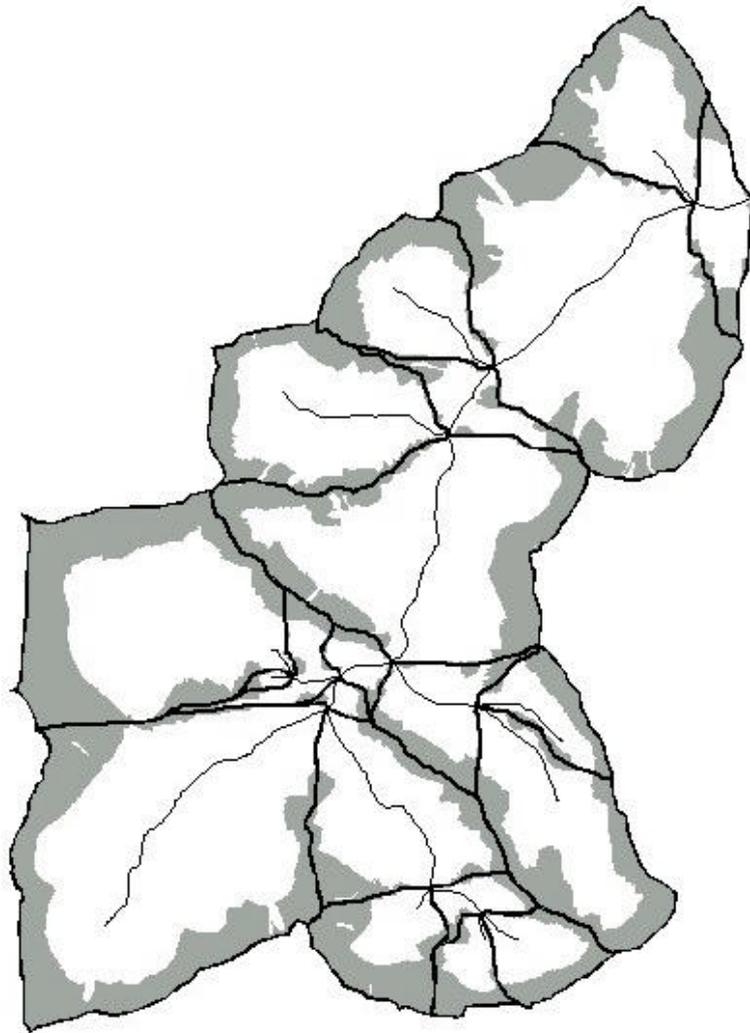


Figura 14 – Áreas de preservação permanente em linhas de cumeada, considerando-se todo o terço superior de cada sub-bacia.

Na Figura 15, atendo-se aos dispositivos legais, eliminam-se os trechos da linha de cumeada que possuem altura inferior ou igual a 50 m. Percebem-se, em ambos os casos, descontinuidades nas áreas designadas como proteção ambiental. Isso se deve às características do relevo naqueles trechos; especificamente, morros cujas bases situam-se total ou mesmo parcialmente dentro do terço superior da encosta.

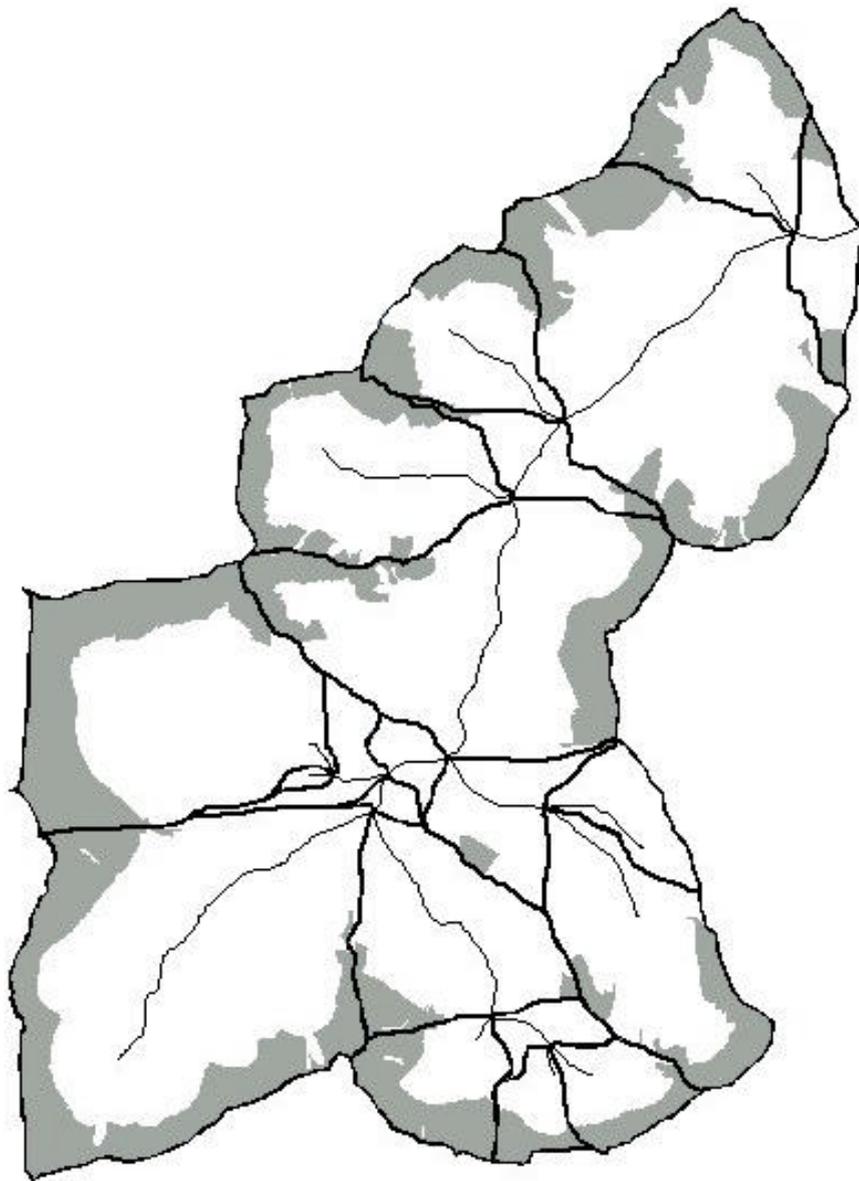


Figura 15 – Áreas de preservação permanente em linhas de cumeada: considerando-se somente o terço superior dos trechos da linha de cumeada com altura igual ou superior a 50 m.

O terço superior das encostas da bacia do Córrego do Paraíso, tal como se apresenta na Figura 14, ocupa uma área de 75 ha, ou seja, aproximadamente 35% da área da bacia. Atendo-se à legislação, a área efetivamente a ser protegida ao longo das linhas de cumeada, conforme mostra a Figura 15, é de 54,7ha, representando cerca de 26% da superfície dessa bacia.

As áreas de preservação permanente em Topos de Morro representaram uma pequena fração da área da bacia em relação às áreas em linhas de cumeada. Este fato ocorreu devido à bacia não apresentar acidentes geográficos que caracterizassem morros bem definidos, sendo a bacia do córrego do Paraíso composta essencialmente de formas topográficas que caracterizassem linhas de cumeada.

A Figura 16 mostra a união dos dois tipos de áreas de preservação permanente: ao longo dos divisores de água e no terço superior dos morros. As cinco áreas de preservação permanente em topos de morro que, como esperado, completam algumas pequenas lacunas das áreas de preservação permanente de cumeada.

Ocorreram diferenças na delimitação das áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada em função da metodologia utilizada. A área delimitada automaticamente correspondeu a 55 ha (26% da superfície da bacia) e a área delimitada manualmente correspondeu a 45,8 ha (22% da superfície da bacia).

Para a bacia estudada a área de preservação permanente obtida pelo processo automático foi cerca de 20% maior que a área definida pelo processo manual. Analisando a Figura 17, percebe-se, nos resultados do processo manual, quando comparados aos do processo automático, a omissão de algumas áreas (ao longo das linhas de cumeada) e a inclusão de um pequeno trecho próximo à cabeceira do penúltimo tributário.

No processo manual as áreas de preservação permanente apresentaram-se mais contínuas e com contornos mais suaves que aqueles produzidos pelo processo automático. Isso é uma consequência da natureza humana que tende a compensar, instintivamente, a omissão de pequenas áreas, cujo mapeamento



Figura 16 – As áreas de preservação permanente ao longo de linhas de cumeada (em cinza) e em Topos de Morro (em preto, indicado pelas setas).

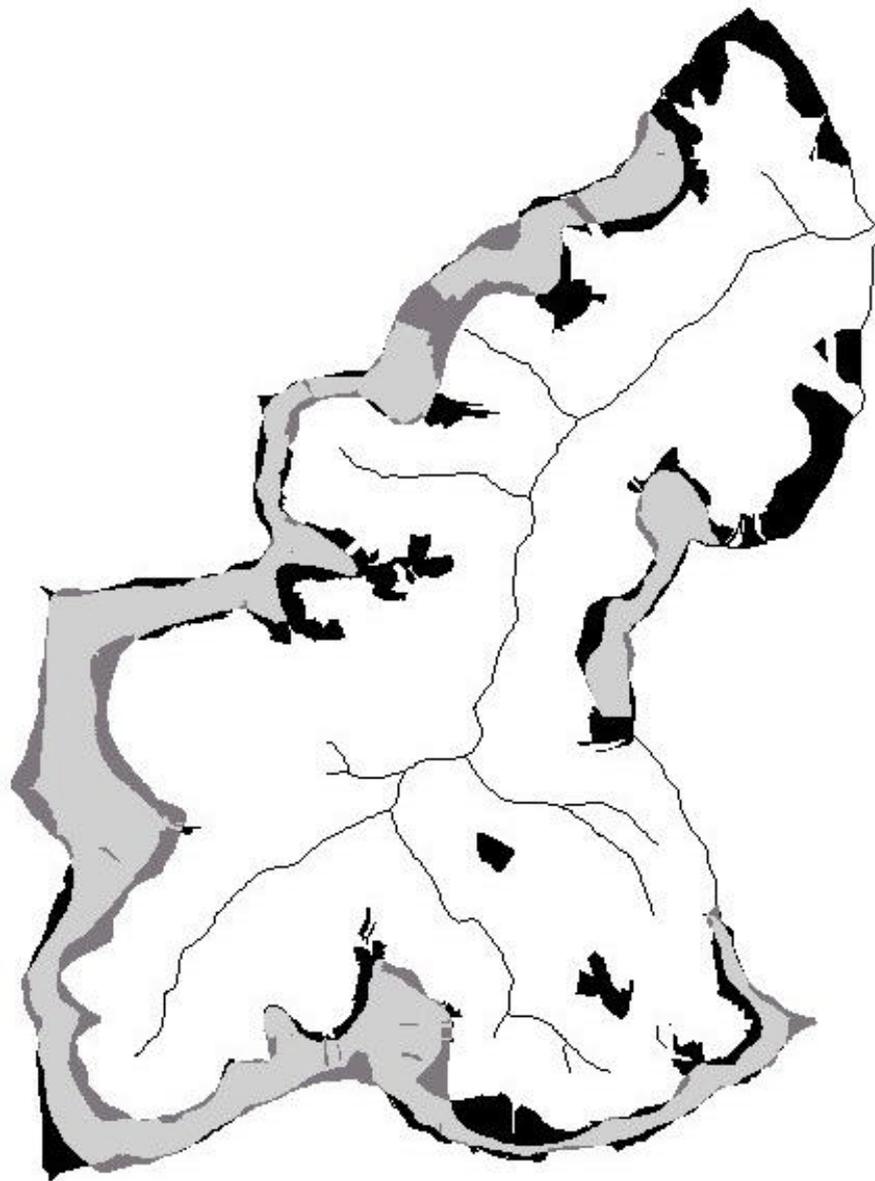


Figura 17 – Mapa com as áreas de preservação permanente (APP). As APP obtidas pelo processo automático estão representadas na cor preta, as APP obtidas pelo processo manual estão representadas na cor cinza escuro. A sobreposição das APP obtidas pelos processos automático e manual estão representadas na cor cinza claro.

tornaria a tarefa de delimitação extremamente morosa, com a inclusão de outras que deveriam estar excluídas das áreas de preservação ambiental. Pode-se proceder a um refinamento das áreas delimitadas pelo processo automático, preenchendo certas lacunas e eliminando fragmentos extremamente pequenos. Isso certamente proporciona maior uniformidade aos limites das áreas de preservação ambiental. Entretanto, esse processo de compensação de áreas carece de fundamentação legal, haja vista que a Resolução nº 303, do CONAMA, não estabelece limite inferior para que um fragmento seja desconsiderado como área de preservação permanente. Portanto, não foi efetuada uma suavização dos resultados obtidos pelo processo automático.

Na Figura 17 estão as áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada delimitadas pelos processos automático e manual.

Para ser atendida plenamente a Resolução nº 303, do CONAMA, os proprietários rurais deverão efetuar a demarcação das áreas de preservação permanente relativas aos topos de morro e ao longo das linhas de cumeada. O processo manual requer o uso de levantamentos aerofotogramétricos ou então levantamentos topográficos bastante detalhados, para produzir mapas de rede hidrográfica e mapas altimétricos com equidistância vertical mínima de 15 m entre as curvas de nível. O processo de delimitação seja por restituição analógica seja por meio de mapas, é bastante complexo e requer técnicos com bastante experiência para se obter resultados confiáveis.

Um ponto crítico na delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada é que o processo requer, necessariamente, que a demarcação seja feita para toda a bacia hidrográfica. É nesse aspecto que a legislação é falha ao não explicitar a bacia hidrográfica como unidade de referência territorial e técnica para a condução desse processo. Senão vejamos: o proprietário rural, cuja propriedade situar-se em uma dada encosta, mas não abranger nem a linha de cumeada tampouco a base do respectivo morro, estará impossibilitado de saber qual parte de suas terras deverá ser delimitada como áreas de preservação permanente. Por outro lado será injusto exigir do proprietário que se faça o levantamento detalhado de áreas que não lhe

pertencem. O nível de detalhes que se requer dos mapas altimétricos só é encontrado atualmente em cadastramentos urbanos.

Uma possível solução para esse problema pode estar na organização dos comitês de bacias hidrográficas, que poderão coordenar todo o processo de delimitação das áreas e preservação permanente. Os custos poderão ser proporcionalmente diluídos entre os proprietários rurais nos limites da bacia analisada.

A metodologia apresentada nesse trabalho possibilita a completa automatização de processo de delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada, utilizando recursos disponíveis na maioria dos sistemas de informações geográficas comerciais. Necessita, como fonte de dados, de um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente, que pode ser gerado a partir de dados de altimetria e da rede hidrográfica. A subjetividade na delimitação dessas áreas é eliminada, uma vez que os resultados independem do operador. A qualidade dos resultados depende somente da qualidade da base de dados. A redução de tempo para a obtenção dos resultados é outro fator que deve ser considerado.

A comparação visual entre os resultados desse trabalho com aqueles produzidos por restituição analógica de fotografias aéreas aponta para uma coincidência consideravelmente alta entre os dois métodos. Isso permite concluir sobre a viabilidade de se utilizar esse procedimento alicerçado na tecnologia dos sistemas de informações geográficas, como alternativa ao processo manual. A metodologia aqui apresentada certamente será de grande auxílio aos órgãos de fiscalização ambiental, possibilitando a identificação de áreas de conflito de uso da terra utilizando-se imagens orbitais de alta resolução.

A utilização dos critérios para delimitação das áreas de preservação ambiental permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada, na forma estabelecida pela legislação, depara-se com problemas ecológicos, operacionais e econômicos.

a) **Problemas ecológicos:** algumas áreas identificadas são descontínuas, formando pequenos fragmentos florestais (Figura 18), que podem não constituir um ecossistema equilibrado.



Figura 18 – Algumas áreas identificadas são descontínuas, formando pequenos fragmentos florestais.

b) **Problemas operacionais:** as áreas identificadas têm uma forma geométrica muito irregular (Figura 19), dificultando o seu controle e monitoramento no campo. Isto ocorre devido ao fato de que para cada ponto da linha de cumeada corresponde um ponto no rio (referência de nível) sobre a linha que define o trajeto de escoamento superficial.

c) **Problemas econômicos:** ocorre a superposição de áreas satisfazendo critérios distintos (Figura 20), limitando drasticamente a utilização de áreas férteis com elevado potencial para uso agrícola. A delimitação do terço superior da bacia hidrográfica para dois perfis com a mesma variação altimétrica e com declividades diferentes, resulta em faixas de proteção distintas.

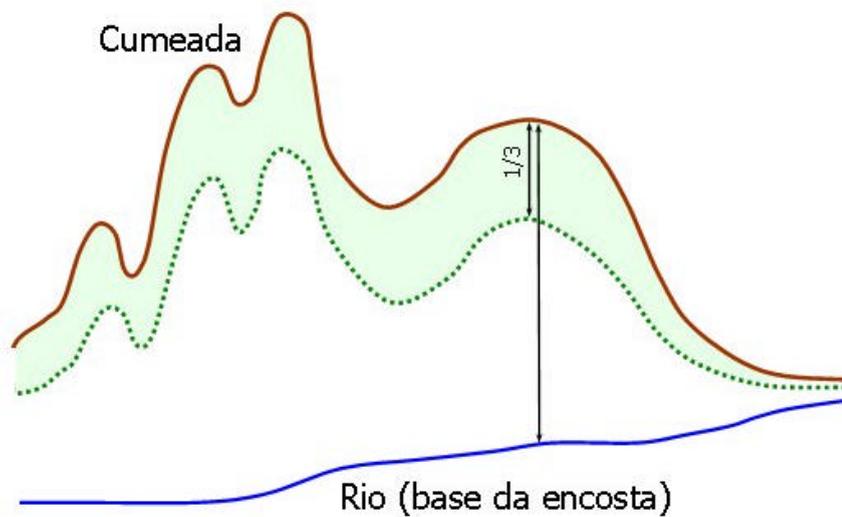


Figura 19 – As áreas identificadas têm uma forma geométrica muito irregular, dificultando o seu controle e monitoramento no campo.

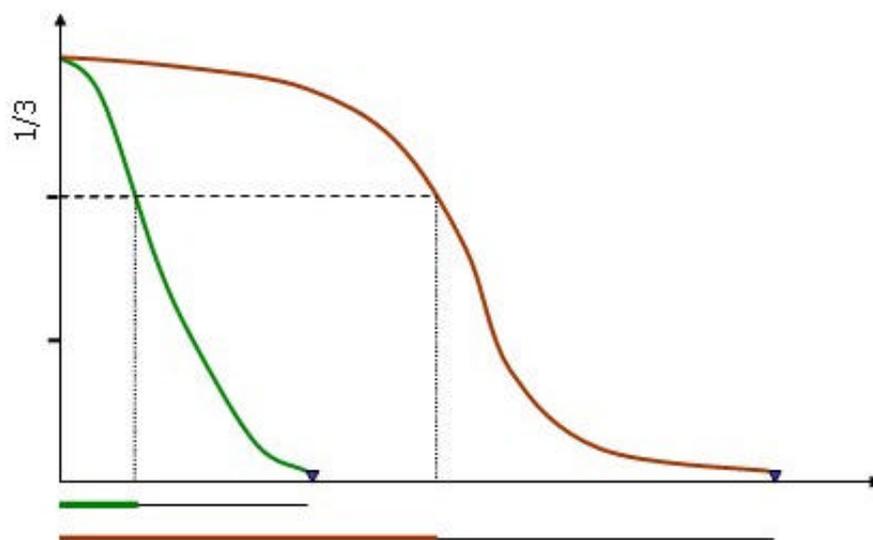


Figura 20 – Problemas econômicos: quando o terço superior da bacia hidrográfica é delimitado ocorre diferenças significativas nas áreas de preservação permanente, dependendo da declividade do terreno.

A legislação define as áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada, segundo critérios relativos a acidentes geográficos, não considerando o conceito de proteção da bacia hidrográfica. Verifica-se que a delimitação da área de preservação permanente depende do lado da linha de cumeada em que se toma o curso d'água como referência de nível. Para cada sub-bacia, os valores de altitude ao longo das linhas de cumeada em relação ao curso d'água terão valores distintos, de modo que o terço superior da bacia pode ser delimitado de duas formas diferentes (Figura 21).

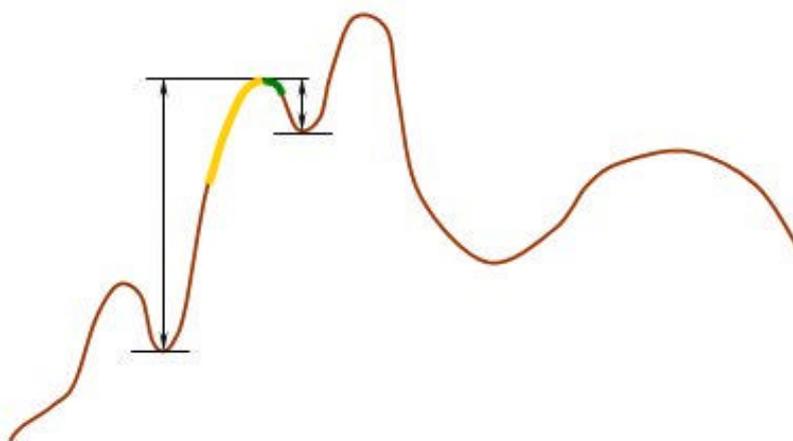


Figura 21 – A delimitação da área de preservação permanente depende do lado da linha de cumeada em que se toma o curso d'água como referência de nível.

Os critérios para delimitação das áreas de preservação devem ser revistos, considerando as linhas de cumeada e os topos de morro não como formas peculiares do relevo, mas sim como formas que definem a geomorfologia no contexto de bacia hidrográfica.

A Resolução nº 303, do CONAMA, reforça a preocupação do governo com as questões ambientais. Infelizmente, o texto legal no que concerne aos critérios estabelecidos para a delimitação de área de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada é de uma total inteligibilidade. O texto ocupa-se em demasia com detalhes metodológicos para delimitação

dessas áreas, esquecendo do objetivo máximo da legislação que é a preservação do que ainda nos resta de nossas matas de topo. A elaboração do dispositivo legal mais adequado à regulamentação de procedimentos cartográficos deveria ter-se preocupado com a não-fragmentação dessas áreas de proteção, integrando-as em um grande corredor ecológico, oportunidade que passou despercebida aos legisladores. Bastaria para tanto, à semelhança do que se faz com as áreas de preservação ao longo dos corpos d'água, instituir igualmente faixa de proteção ao longo dos divisores de água, com largura variando em função da área da bacia e do bioma em questão. Esse seria um procedimento simples, fácil de ser entendido e, sobretudo, de ser efetivamente implementado e monitorado. Na forma em que se encontra, esse texto continuará apenas no legislativo, pouco contribuindo para o estabelecimento das matas de topo.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como finalidade o desenvolvimento de uma metodologia alicerçada em um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente para delimitação automática das áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada. A tecnologia dos sistemas de informações geográficas foi utilizada como ambiente para a implementação dessa metodologia. Para validar a metodologia foram comparados os resultados do processo automático com aqueles produzidos manualmente

Em face do exposto, as principais conclusões foram, conforme a Resolução nº 303, do CONAMA, de 20 de março de 2002:

- 54,7 ha (26% da superfície da bacia) foi delimitada como sendo de área de preservação permanente em linhas de cumeada.

- 2.840 m² (0,13% da superfície da bacia) foi delimitada como sendo de área de preservação permanente em topos de morro.

As áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada totalizaram 55 ha (26% da superfície da bacia).

Para a bacia estudada, a área de preservação permanente obtida pelo processo automático foi cerca de 20% maior que a área definida pelo processo manual.

A metodologia apresentada nesse trabalho possibilitou a completa automatização do processo de delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morro e ao longo das linhas de cumeada, utilizando recursos disponíveis na maioria dos sistemas de informações geográficas comerciais. Necessitou, como fonte de dados, de um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente, que foi gerado a partir de dados de altimetria e da rede hidrográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L.M. **Sistemas de informações geográficas como instrumentos para o planejamento de uso da terra, em bacias hidrográficas**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 112p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- BALL, G.L. **Ecosystem modeling with GIS**. Environmental Management, 1994. p.345-349.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasil. Secretaria da Agricultura. Instituto Estadual de Florestas. **Código Florestal: proteção a Fauna, Código de pesca, Jurisprudência, Legislação Florestal**. Belo Horizonte, 1982. p.9-19.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. VENTURA, V.J.; RAMBELLI, A.M. **Legislação Federal sobre meio ambiente**. 2. ed. Taubaté, SP: Vana, 1996. p.93-102.
- BRANDALIZE, M.C.B. **Topografia**. Paraná: PUC, 1998.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1994.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for earth resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1996.
- COELHO, M.C.N., BORGES, O. R. Política ambiental no contexto da legislação e das políticas nacionais de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 1, 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1984. v.1, 344p.
- DANGERMOND, J.; HARNDEN, E. **Map Data Standardization. Environmental Systems: Principles and applications**. (2 vols.), London: Logman, 1990.
- ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, Inc. **ArcInfo version 7.0.4**. On-line documentation. Redlands, Ca, 1997.
- FERNANDES, E.N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 122p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- GALVÃO, M.V. Regiões bioclimáticas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.29, n.1, p.3-36, 1967.

- HUTCHINSON, M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, 1996. p.211-232.
- MACHADO, P.L. **Direito ambiental brasileiro**. 4.ed. São Paulo: Malheiros, 1992. 606p.
- MARTZ, L.W.; GARBRECHT, J. Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. **Computers and Geosciences**, p.747-761, 1992.
- MOREIRA, A.A. **Identificação de conflito no uso da terra em uma micro-bacia hidrográfica**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PIRES, F.; MEDEIROS, C.B.; SANTOS, R.F. **Um ambiente computacional de apoio à concepção de aplicações geográficas**. GIS BRASIL, 1996.
- RODRIGUES, D.M.S. Condições climáticas de Minas Gerais. **Boletim Mineiro de Geografia**, v.12, n.1, p.3-36, 1966.
- SAUNDERS, W. **Preparation of DEMs for use in environmental modeling analysis**. In: ESRI User Conference, 1999, San Diego, CA. Proceedings: CD-ROM. 1999.
- SILVA, E. Código Florestal Brasileiro : função e áreas de preservação permanente. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4, 1996, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: 1996. 48p .
- SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. Viçosa, MG, 1994. 309 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SILVA, E. **Técnicas de avaliação de impactos ambientais**. Viçosa-MG: Centro de Produções Técnicas, 1999. 64p.
- SIMÃO, A.J.V.; CARVALHO, M.M.R. **Aplicação de modelos digitais de terreno ao estudo físico do território**. Faculdade de Ciências Tecnológicas da Universidade de Coimbra, 2000.
- SOUZA, M.E. Política ambiental; o papel do município. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1, 1997, Viçosa, MG: **Anais...** Viçosa: CMCN/DEF/UFV, 1997. p.55-59.
- TIMBÓ, M.A. **Elementos de cartografia**. Curso de Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

APÊNDICE A

RESOLUÇÃO Nº 303, DE 20 DE MARÇO DE 2002.

(Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente)

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto nas Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e o seu Regimento Interno, e considerando a função sócio-ambiental da propriedade prevista nos arts. 5º, inciso XXIII, 170, inciso VI, 182, § 2º, 186, inciso II e 225 da Constituição e os princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador;

Considerando a necessidade de regulamentar o art. 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente;

Considerando as responsabilidades assumidas pelo Brasil por força da Convenção da Biodiversidade, de 1992, da Convenção Ramsar, de 1971 e da Convenção de Washington, de 1940, bem como os compromissos derivados da Declaração do Rio de Janeiro, de 1992;

Considerando que as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações, resolve:

Art. 1º – Constitui objeto da presente Resolução o estabelecimento de parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente.

Art. 2º – Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente;

II - nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea;

III - vereda: espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (*Mauritia flexuosa*) e outras formas de vegetação típica;

IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade;

V - montanha: elevação do terreno com cota em relação à base superior a trezentos metros;

VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

VIII - restinga: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorrem mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivos e arbóreo, este último mais interiorizado;

IX - manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina;

X - duna: unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômodo ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no

litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação;

XI - tabuleiro ou chapada: paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus e superfície superior a dez hectares, terminada de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies a mais de seiscentos metros de altitude;

XII - escarpa: rampa de terrenos com inclinação igual ou superior a quarenta e cinco graus, que delimitam relevos de tabuleiros, chapadas e planalto, estando limitada no topo pela ruptura positiva de declividade (linha de escarpa) e no sopé por ruptura negativa de declividade, englobando os depósitos de colúvio que localizam-se próximo ao sopé da escarpa;

XIII - área urbana consolidada: aquela que atende aos seguintes critérios:

a) definição legal pelo poder público;

b) existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana:

1. malha viária com canalização de águas pluviais;
 2. rede de abastecimento de água;
 3. rede de esgoto;
 4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
 5. recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 6. tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- c) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

Art. 3^o – Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;

d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;

e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - nos Topos de Morro e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

IX - nas restingas:

a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;

b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;

X - em manguezal, em toda a sua extensão;

XI - em duna;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre. Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

Art. 4º – O CONAMA estabelecerá, em Resolução específica, parâmetros das Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso de seu entorno.

Art. 5º – Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogando-se a Resolução CONAMA 004, de 18 de setembro de 1985.

JOSÉ CARLOS CARVALHO – Presidente do Conselho.

Publicada no Diário Oficial da União, 13/05/2002.