

LIZIT ALENCAR DA COSTA

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO DE ÁREAS RURAIS UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

LIZIT ALENCAR DA COSTA

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO DE ÁREAS RURAIS UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

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

APROVADA: 13 de junho de 2001.

Prof. Carlos Antônio Álvares Soares
Ribeiro
(Conselheiro)

Prof. Elias Silva
(Conselheiro)

Prof. Carlos Pedro Boechat Soares

Prof. Mauro Antonio Homem Antunes

Prof. Vicente Paulo Soares
(Orientador)

À minha mãe, Maria Alencar da Costa (*in memoriam*), e ao meu sogro,
Manoel Silva Santos (*in memoriam*),
pelos ensinamentos e pelo exemplo de vida.
DEDICO.

À minha esposa, Marília.
Aos meus filhos, Náiro e Ítalo.
À minha irmã, Shirley.
À minha sogra, Cezarina.
Aos meus primos e sobrinhos.
e aos meus tios e cunhados.
OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela iluminação e proteção durante toda a minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em particular ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar o Curso de Doutorado na área de sensoriamento remoto.

À Fundação Universidade do Amazonas (FUA), especialmente ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), por possibilitar a realização deste aperfeiçoamento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

Ao professor Ricardo Seixas Brites, por me receber como orientado.

Ao professor Vicente Paulo Soares, por me aceitar como orientado, quando da saída do professor Ricardo Seixas Brites da UFV, e pela confiança, pelo incentivo, pelos conhecimentos transmitidos, pela orientação, pela cooperação e, sobretudo, pela amizade .

Aos professores conselheiros Elias Silva e Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro, pela amizade, pelo apoio, pela orientação, pela cooperação e pelo incentivo.

Aos professores Mauro e Carlos Boechat, membros da banca examinadora, pelas sugestões e pela disponibilidade em ajudar.

Ao professor José Carlos Ribeiro, pela disponibilidade e amizade.

Ao professor James Jackson Griffith, pelo estímulo constante e por ser, acima de tudo, um amigo.

A todos os especialistas, professores e entidades que colaboraram no desenvolvimento deste trabalho.

A Marcos Cicarini Hott e família, pela grande amizade que cultivamos durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos do Departamento de Engenharia Florestal, nas pessoas de Rita de Cássia Silva Alves - "Ritinha", secretária de pós-graduação; José Mauro Rocha de Oliveira e Francisco Luiz da Silva, da Biblioteca da SIF; e Francisco Chagas Rodrigues - "O Chiquinho", funcionário do DEF/UFV.

A todos os colegas de pós-graduação, nas pessoas de Ângelo Sartori, Marina, Thomaz, Eduardo, Ângelo, Aderbal, Paulo Arruda, Alan, Iraci, Augusto, Fernando, Betânea, Marcelo e Ricardo Ludke, pelo convívio e pelos exemplos de amizade.

À minha esposa Marília, pelo incentivo, pela dedicação, pela compreensão, pelo carinho e pela paciência, indispensáveis nos momentos difíceis.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Lizit Alencar da Costa, filho de João Farias Costa e Maria Alencar da Costa, nasceu em Coari, Amazonas, em 13 de janeiro de 1964. Concluiu o 2º grau na Unidade Estadual Educacional Benjamin Constant, em Manaus-AM.

Em fevereiro de 1983, iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Fundação Universidade do Amazonas (FUA) e, em fevereiro de 1985, iniciou a parte profissionalizante deste curso na Universidade Federal do Paraná (UFPR), via convênio FUA/UFPR, colando grau em fevereiro de 1988.

Em março de 1988, foi contratado pela Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), como Engenheiro Florestal, para exercer a função de fiscal na Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA).

Entre setembro de 1988 e maio de 1990, foi Diretor da Coordenadoria de Fiscalização e Controle Ambiental da citada secretaria.

Entre junho e novembro de 1990, foi Diretor da Coordenadoria de Parques e Reservas da SEDEMA.

Foi aprovado, em dezembro de 1990, em Concurso Público de Provas e Títulos, tornando-se professor permanente do Departamento de Ciências Florestais da Fundação Universidade do Amazonas (DCF).

Em agosto de 1993, concluiu o Mestrado em Recursos Naturais Renováveis pelo convênio FUA/INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), AM, na área de concentração em manejo florestal.

De 1993 a 1994, foi Diretor da Divisão de Estudos e Projetos Ambientais do Centro de Ciências Ambientais da Fundação Universidade do Amazonas (CCA).

De 1995 a 1996, foi chefe do Departamento de Ciências Florestais da Fundação Universidade do Amazonas (DCF).

Em agosto de 1997, iniciou o Curso de Doutorado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa -UFV, na área de sensoriamento remoto, submetendo-se à defesa de tese em 13 de junho de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Zoneamento	4
2.1.1. Princípios e definições.....	4
2.1.2. Unidade de planejamento.....	6
2.1.3. Mapeamento de biótopos.....	7
2.1.4. Aplicação de sistemas de informações geográficas em zoneamento	8
2.2. Legislação ambiental.....	11
2.3. Técnicas de aquisição do conhecimento	14
2.4. Critérios e objetivos múltiplos.....	15
2.4.1. Conceitos básicos.....	15
2.4.2. O método de análise hierárquica (MAH).....	18
2.4.3. Tomada de decisão sob critérios e objetivos múltiplos em SIG	20
2.4.4. Estudos relacionados a critérios múltiplos no zoneamento.....	22
2.5. Sistema de Informações Geográficas (SIG).....	23
2.5.1. Definição, função e componentes	23
2.5.2. Aplicações do SIG	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Materiais utilizados.....	28
3.2. Especialistas consultados.....	29
3.3. Proposta metodológica de zoneamento de áreas rurais	29
3.3.1. Definição dos objetivos.....	29
3.3.2. Tratamento dos objetivos.....	31
3.3.3. Processo de determinação das aptidões para os objetivos 1, 2, 3 e 4	31
3.3.3.1. Critérios utilizados.....	31
3.3.3.2. Base cartográfica.....	35

	Página
3.3.3.3. Geração dos mapas de critérios.....	37
3.3.3.4. Reescalonamento padronizado dos fatores.....	52
3.3.3.5. Determinação dos mapas de fatores padronizados.....	55
3.3.3.6. Pesos dos fatores padronizados.....	61
3.3.3.7. Aplicação do método de avaliação sob critérios múltiplos.....	64
3.3.4. Processo de determinação das aptidões para os objetivos 5 e 6 .	69
3.3.5. Determinação do zoneamento.....	69
3.3.6. Avaliação dos conflitos de uso	71
3.4. Aplicação da metodologia em um estudo piloto.....	73
3.4.1. Localização e característica da área piloto	73
3.4.2. Base cartográfica	75
3.4.3. Identificação das áreas de preservação permanente da área piloto	75
3.4.4. Determinação dos mapas de aptidão, de zoneamento e de conflitos de uso.....	76
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4.1. Mapas básicos.....	79
4.2. Análise dos resultados da aplicação da metodologia	83
4.2.1. Avaliação da aptidão	83
4.2.1.1. Avaliação da aptidão agrícola.....	83
4.2.1.2. Avaliação da aptidão pecuária.....	91
4.2.1.3. Avaliação da aptidão florestal.....	96
4.2.1.4. Avaliação da aptidão para a recreação e o turismo	100
4.2.1.6. Avaliação da aptidão para o objetivo recuperação	106
4.2.2. Avaliação do zoneamento	106
4.2.3. Avaliação dos conflitos de uso	108
4.3. Análise da metodologia proposta	116
5. CONCLUSÕES	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

RESUMO

COSTA, Lizit Alencar da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001.
Proposta de zoneamento de áreas rurais utilizando sistemas de informações geográficas. Orientador: Vicente Paulo Soares. Conselheiros: Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro e Elias Silva.

A falta de instrumentos metodológicos, que integre o conhecimento de especialistas através da identificação, padronização e ponderação de critérios sociais, econômicos e ecológicos, motivou a realização deste estudo. O presente trabalho se constitui numa proposta metodológica, baseada na combinação de critérios múltiplos, participação democrática de especialistas, uso do método de análise hierárquica (MAH), sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG) para determinar a aptidão da terra em relação a diferentes objetivos de uso, visando, proporcionar o zoneamento em bases racionais e a obtenção dos conflitos decorrentes da ocupação desordenada. Com esta metodologia, obtém-se a aptidão para os objetivos de uso agrícola, pecuário, florestal, de recreação e turismo, preservação permanente e recuperação de espaços rurais com as classes de aptidão denominadas de inapta, muito baixa, baixa, regular, boa e muito boa. Também, é possível efetuar o zoneamento, onde são alocados, de acordo com as potencialidades da área, os objetivos de uso mais adequados, servindo de base para a decisão de ocupação. Além disso, podem ser determinados os conflitos entre o uso potencial e atual da terra, possibilitando subsidiar a tomada de decisão visando o reordenamento da área analisada. Para avaliar a metodologia, foi utilizada como área piloto a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, que apresenta uma superfície de 5.057,4 hectares,

localizada no município de Viçosa, estado de Minas Gerais. A base de dados foi constituída de informações gerais sobre a microbacia (renda em forma de salário mínimo, paisagens cênicas, nível de bases trocáveis e de argila por classe de solo, largura média dos rios, valor da terra e presença de espécies florestais comerciais) e pelos mapas de solos, elevação, hidrografia, rede viária, declividade e uso e cobertura da terra. Para determinar a aptidão por objetivo de uso, propor um zoneamento e estudar os conflitos de ocupação, foram inseridos na metodologia diagramas com as diversas operações a serem realizadas no SIG IDRISI, possibilitando a geração de diversos mapas intermediários e os de aptidão, zoneamento proposto e conflitos. As áreas, com aptidões regular a muito boa representaram, respectivamente, para os objetivos de uso agrícola, pecuário, florestal e recreação e turismo 21,46%, 43,64%, 26,81% e 95,66% da microbacia. 29,14% da microbacia são áreas de preservação permanente, onde 53,40% deste percentual está sendo utilizado por outros usos. De acordo com o zoneamento proposto, 21,57% da microbacia está sendo utilizada indevidamente, devendo estas áreas serem remanejadas para usos mais adequados. A microbacia apresenta grande potencial para a recreação e turismo e deve ser melhor aproveitada para este fim. Caso persista o uso incorreto atual e não for realizado o reordenamento da microbacia o mais rápido possível, a tendência é que haja um aumento de áreas degradadas, gerando-se impactos ambientais negativos, afetando diretamente o agricultor. A metodologia proposta mostrou-se eficiente, podendo ser utilizada como um instrumento para o ordenamento de área rurais.

ABSTRACT

COSTA, Lizit Alencar da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2001. **Proposal for a rural area zoning based on multiple criteria through Geographic Information System (GIS)**. Adviser: Vicente Paulo Soares. Committee Members: Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro and Elias Silva.

The development of this study has been motivated by the lack of methodological tools combining the knowledge of experts through the identification, standardization and weighting of social, economic and ecologic criterias. It constitutes a methodological proposal, based on the use of multiple criteria, combined with a democratic participation of specialists, a hierarchic analysis method (MAH), remote sensing and the Geographic Information System (GIS), to determine land aptness to different uses, aiming to provide a rational zoning and to assess the conflicts arising out of a disordered occupation. This methodology determines land aptness for agricultural, cattle-raising, forestry, recreational, and touristic uses, providing permanent preservation and recovery of rural spaces, using the following aptness classification: not apt, very low, low, regular, good and very good. Zoning can also be implemented by allocating the most adequate use purposes, according to the area's potential, as a basis to decide occupation. Moreover, the potential versus real land use conflicts can also be determined, as a support to the decision-making process aiming to reorder the area analyzed. To evaluate the methodology, the Ribeirao Sao Bartolomeu watershed was used, covering an area of 5.057.4 hectares, in Viçosa-MG. Data consisted of general information on the watershed (minimum salary income, scenery landscape,

levels of exchangeable bases and clay by soil classes, mean width of rivers, land value and existence of commercial forest species) and the use of soil, elevation, hydrography, road network, slope, land use/cover maps. To determine use aptness, propose zoning and analyze the occupation-generated conflicts, diagrams were added to the methodology, displaying the various operations to be carried out by GIS IDRISI, allowing the making of several intermediary maps, as well as maps displaying land use aptness, the proposed zoning and the occupation-generated conflicts. The areas considered having a regular to very good use aptness, represented, for the purposes of agricultural, cattle-raising, forest and recreational and touristic uses, 21.46%, 43.54%, 26.81% and 95.66% of the watershed. Around 29.14% of the watershed is comprised of areas of permanent preservation, of which 53,40% is being used for other purposes. According to the proposed zoning, 21.57% of the watershed is being inadequately used; thus, these areas should be made available for more adequate uses. The watershed has a great potential for recreational and tourism and efforts should be made to be fully utilized for this purpose. In case the present inadequate use continues, without a prompt reordering of the watershed, the tendency is for an increase in degraded areas, with negative environmental impacts, directly affecting the farmers. The proposed methodology was found to be efficient and may be used as a tool for the ordering of rural areas.

1. INTRODUÇÃO

As áreas rurais são utilizadas para diversas atividades produtivas e, na maioria das vezes, não se tem o cuidado de considerar as suas potencialidades para decidir sobre a melhor forma de ocupação, a qual é influenciada pelos critérios de natureza econômica, social e ambiental.

Grande parte dos problemas de degradação ambiental no meio rural está relacionada com a ausência de planejamento da ocupação dos espaços, sem respeitar as suas características e potencialidades. A deterioração ambiental ocorre em consequência do impulso de empreendimentos econômicos que não consideram as modificações ambientais em seus custos (MANTOVANI, 1993). Em decorrência desses aspectos, tem sido evidenciada uma mudança de perspectiva no âmbito global da ocupação dos espaços, gerada pelo alerta causado por alguns fatores, como o avanço muito rápido da utilização e a apropriação dos espaços antes ocupados por recursos nativos, para o estabelecimento e o desenvolvimento de atividades econômicas variadas. Esta mudança representa a idéia de desenvolvimento sustentável, em que é aperfeiçoada a utilização racional dos recursos disponíveis em um espaço geográfico, considerando as suas potencialidades e sem exauri-los.

Nesse contexto, percebe-se que o meio rural recebe influências negativas, pois ocorrem, com freqüência, ações antrópicas intensas, gerando problemas ambientais graves e de difícil solução e provocando, assim, poluição e assoreamento de rios, aparecimento de erosões, extinção de algumas espécies de fauna e flora e destruição de ecossistemas frágeis. Além disso, a demanda atual pelos recursos naturais tem agravado os conflitos entre os diferentes usos do solo nos ecossistemas, fragmentando e reduzindo de forma crescente os ambientes naturais, por meio do efeito combinado de muitas decisões em pequenas escalas, com implicações significativas sobre a perda da diversidade biológica e alterações climáticas globais (SOFIATTI NETO, 1980; VITOUSEK, 1994).

Assim, o planejamento e o ordenamento dos espaços, incluindo os rurais, aparecem como uma forma de mitigar os impactos ambientais negativos decorrentes desses conflitos e do acesso inadequado aos recursos naturais, com a determinação das precauções que devem ser tomadas a fim de proteger áreas consideradas importantes para a manutenção dos bens e serviços que dão suporte à vida e utilizar outras para as diversas atividades humanas (DE GROOT, 1992). No meio rural, esse planejamento pode representar uma melhor ocupação para usos agrícola, pecuário, florestal, de recreação e turismo, preservação permanente e áreas a serem recuperadas.

Com a preocupação de disciplinar o uso da terra, várias metodologias são produzidas. No entanto, a maioria delas baseia-se no conceito de unidade de paisagem (TRICART, 1977; BERTRAND, 1981; TRICART e KIEWIETDEJONGE, 1992) e área-unidade (HARTSHORNE, 1978) e considera principalmente os critérios de natureza física e, ou, biótica, como: solos, vegetação, geologia, geomorfologia e hidrologia, em que é estratificado o ambiente em unidades ambientais homogêneas. Todavia, na maioria das vezes, a decisão da estratificação é tomada por um único especialista, em detrimento de uma decisão coletiva. Além disso, as estratégias de critérios múltiplos e as formas de escolha dos critérios, do método de hierarquia analítica e dos módulos de suporte à decisão, presentes em Sistema de Informações Geográficas (SIG), são usadas isoladamente, sem aproveitar o potencial da integração desses instrumentos, principalmente para estudos no meio rural.

Definir a ocupação baseando-se nas potencialidades (aptidão) para cada uso, bem como determinar o zoneamento e os conflitos, permite elaborar uma estratégia eficiente na ocupação dos espaços geográficos. Assim, o ordenamento eficiente das áreas rurais (qualquer espaço geográfico no meio rural, como uma bacia hidrográfica, uma região, uma área rural de município, uma comunidade rural, um assentamento rural ou outro espaço geográfico rural qualquer) requer conhecimento das suas potencialidades e dos conflitos de uso presentes. Esse conhecimento permite a tomada de decisão segura quanto às formas de uso desses espaços, evitando-se escolher áreas inaptas para determinadas atividades, reduzindo ao máximo os impactos ambientais negativos decorrentes da ocupação desordenada.

Nesse sentido, a combinação das técnicas de avaliação sob critérios múltiplos, a definição de critérios e pesos, as tecnologias de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas com a participação de especialistas no processo de decisão podem oferecer subsídios para maior eficiência na determinação da aptidão para diferentes usos, do zoneamento e dos conflitos de ocupação de áreas rurais.

Diante do exposto, desenvolveu-se este estudo com o objetivo geral de gerar e testar uma abordagem metodológica que possibilitasse a determinação de aptidão, zoneamento e conflitos de usos, utilizando-se as técnicas de obtenção e avaliação de critérios múltiplos, sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas, visando oferecer um instrumento para auxiliar no disciplinamento e no ordenamento de áreas rurais.

Os objetivos específicos foram:

- a) Aplicar uma metodologia proposta para a determinação da aptidão, do zoneamento e dos conflitos de uso de áreas rurais.
- b) Avaliar as aptidões agrícola, pecuária, florestal, de recreação e turismo, de preservação permanente e de recuperação da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu.
- c) Elaborar uma proposta de zoneamento para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu.
- d) Avaliar os conflitos de uso da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu.
- e) Analisar os aspectos mais importantes da metodologia proposta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Zoneamento

2.1.1. Princípios e definições

O zoneamento com caráter oficial apresenta características específicas, podendo ser considerado um instrumento legal, técnico e político, fundamentando-se no poder de polícia do setor público. Dessa forma, a regulação do uso da propriedade privada por governos locais, com base nesse conceito, é um instrumento fundamental no controle do uso da terra dentro de seus limites geográficos. Dessa maneira, esse poder pode ser definido como o direito do Estado de implementar ações que sejam necessárias para proteger, preservar e promover a saúde, a segurança e o bem-estar público, constituindo-se em um atributo indispensável numa sociedade governada por leis (MEIRELLES, 1961). Assim, o zoneamento pode funcionar como instrumento na regulação e no disciplinamento do uso da terra, permitindo ao setor público melhor desempenho de suas funções.

O conceito de zoneamento exige uma série de entendimentos prévios. Sua aplicação ou utilização em relação a um determinado espaço geográfico exige método, reflexão e estratégias próprias. Os princípios do zoneamento, quando aplicáveis a uma determinada área, requerem multidisciplinaridade plena, pelo fato de se pretender identificar as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos subespaços ou subáreas do território em estudo. Para que sejam estabelecidas as bases desse processo, dentro de uma dada conjuntura, é necessário realizar uma pesquisa que vise determinar a vocação de todos os subespaços que compõem um certo território e

efetuar o levantamento de suas potencialidades econômicas a partir de um enfoque ecodesenvolvimentista (AB'SABER, 1987).

CARNEIRO e COELHO (1987) conceituam zoneamento como um instrumento para ordenação do subespaço que emerge basicamente de um conjunto de interações e atitudes que, contrastando com a dinâmica dos processos naturais e sociais nele ocorrentes, vão permitir a obtenção de princípios e parâmetros relativos à sua utilização.

Assim, o objetivo principal do processo de zoneamento, numa primeira instância, é realizar divisões e classificações do espaço com base em fatores ecológicos, econômicos e sociais e, através do cruzamento dessas ordens de fatores, identificar diferentes zonas ou regiões, com sua problemática específica, que serão objetos de propostas e diretrizes. Um segundo objetivo do processo de zoneamento, que deverá ocorrer com uma escala de maior detalhamento, visa a organização do espaço no interior de cada unidade, com a indicação das áreas de preservação e das áreas liberadas para ocupação, obedecendo aos princípios de uma política ambiental voltada para assegurar a eficiência produtiva dos espaços e preservar os fluxos vivos da natureza. Assim, o modelo de zoneamento para a ordenação de um território depende de objetivos e dos tipos de indicadores e interações utilizados na análise (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 1986).

LANNA (1995), considerando a finalidade ambiental, afirma que zoneamento é um instrumento de ordenação territorial íntima e indissolavelmente ligado ao desenvolvimento da sociedade, que visa assegurar, a longo prazo, a equidade de acesso aos recursos ambientais (naturais, econômicos e socioculturais), os quais se configuram quando adequadamente aproveitados em oportunidades de desenvolvimento sustentável.

Considerando o zoneamento para unidades de conservação (UC), GRIFFITH (1989) e GRIFFITH et al. (1995) o definem como um instrumento utilizado para obter o ordenamento desse espaço geográfico que consiste na divisão da área de conservação em áreas geográficas setoriais, em que certas atividades de uso do solo são permitidas e outras não, de maneira que se compatibilizem as pressões de alteração física com a proteção ao meio ambiente. Continuando esta linha de pensamento sobre as UC, MILLER (1980) salienta que, para atingir os objetivos de manejo estabelecidos para uma UC, é necessário dividi-la em zonas de acordo com os seus recursos e o uso que deve ser dado a estes. Isto mostra que o zoneamento envolve aspectos de controle e manejo locais, além de normas e diretrizes, para especificar os tipos de usos e instalações permitidos e necessários dentro de cada zona. Esse procedimento

visa, em linhas gerais, otimizar a utilização dos recursos naturais e conservar a biodiversidade, dentro de um programa de planejamento ambiental.

Além dessas visões de zoneamento, a literatura cita outras. No entanto, de acordo com o objetivo a alcançar, define-se o tipo de zoneamento desejado, bem como as suas várias abordagens, o qual pode ser assim denominado: ecológico-econômico, ecológico, geoambiental, agroecológico, agrícola, de trânsito, rural, de unidades de conservação, histórico, cultural, etc. Além disso, um zoneamento pode ser pensado, em escala geográfica, em diferentes níveis: nacional, macrorregional, estadual, microrregional e municipal (AB`SABER, 1987).

Como principal instrumento de planejamento de uso da terra, o zoneamento vem otimizar o uso adequado de um espaço geográfico com a influência efetiva da comunidade. No passado, o zoneamento era definido com uma visão eminentemente técnica, e a influência da sociedade neste processo praticamente não existia. Hoje, a maioria dos planejadores é ciente de que a participação da sociedade no processo de tomada de decisão nas diferentes etapas de zoneamento é um fator primordial para democratizar o uso da terra, possibilitando aos diferentes atores sociais intimamente incorporados a um espaço geográfico contribuir na decisão de planificação deste. Neste sentido, o zoneamento como um instrumento de planejamento é de fundamental importância no ordenamento de um espaço. Assim, segundo a ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS-OEA (1969), algumas vantagens do zoneamento são: leva em conta os limites ecológicos, pontos frágeis e de valor biológico antes de discutir as possibilidades relativas dos outros usos; em casos de carência de informação ecológica detalhada, é possível evitar danos a valores naturais por usos prematuramente indicados; e apresenta caráter flexível, podendo-se alterar a nomenclatura e o manejo de determinadas zonas, uma vez que novas informações técnicas levam à conclusão sobre essa necessidade.

2.1.2. Unidade de planejamento

Para efetuar um zoneamento, é necessário definir a unidade de planejamento básica a ser trabalhada. NACIF e FERNANDES FILHO (1997) conceituam esta unidade como um espaço geográfico qualquer (geralmente apresentam diferentes denominações, dimensões e escala, como, por exemplo: País, Estado, Município, Bacia Hidrográfica, Comunidade Rural, Assentamento Rural, Setor Censitário, Unidade de Conservação, Propriedade Rural, ou qualquer outra unidade do espaço geográfico), que constitui a área a ser zoneada. Já HARTSHORNE (1978) afirma que ela é constituída de uma partição do espaço geográfico, definida pelo pesquisador em

função do objetivo de estudo e da escala de trabalho, e que apresenta características próprias. Esta unidade de planejamento é dividida em áreas menores por diferentes critérios, visando alcançar os objetivos do zoneamento, formando-se as denominadas zonas. O termo zona aqui utilizado, segundo FERREIRA (1975), representa uma região caracterizada por certas particularidades econômicas, sociais, de temperatura, vegetação e população.

Segundo SILVA (1996), é de grande importância que a nomenclatura usada para identificar cada zona indique com clareza o objetivo da área. Para isso, é importante que a equipe de planejamento use a imaginação quando da denominação das zonas, podendo-se afirmar que deve ser um dos objetivos do plano tornar o sistema de zonas o mais auto-explicativo possível, a fim de facilitar o entendimento não apenas da equipe técnica, mas também do público envolvido.

A escolha da unidade de planejamento depende do objetivo desejado. Esta escolha torna possível melhor definição dos atores sociais envolvidos e maior controle social sobre as variáveis físicas, culturais e socioeconômicas que devem ser consideradas no zoneamento e em sua implementação (LANNA, 1995).

A unidade de intervenção Bacia Hidrográfica, mesmo apresentando tendência de aceitação mundial, incorpora, além das vantagens, algumas desvantagens. Como vantagem, pode-se afirmar que a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico. Como desvantagens, pode-se afirmar que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político. Além disso, em certas situações, a delimitação completa de uma bacia hidrográfica poderá estabelecer uma unidade de intervenção demasiadamente grande para a negociação social. Nestes casos, alguns esquemas de subdivisão de grandes bacias deverão ser adotados, em conjunto com uma necessária articulação entre as partes (LANNA, 1995).

LANNA (1995) também salienta que todas as unidades físicas utilizadas como unidade de referência de planejamento apresentam pontos positivos e negativos. Neste contexto, compete ao planejador escolher a unidade física que atenda melhor os objetivos e as metas almejadas pelo seu planejamento.

2.1.3. Mapeamento de biótopos

O mapeamento de biótopos como instrumento de zoneamento ambiental é uma metodologia que vem sendo utilizada com muita freqüência.

Este mapeamento compreende o registro cartográfico de parcelas de uma paisagem sob um enfoque abrangente, integrando aspectos dos meios físico, biótico e antrópico na forma de um mosaico de tipologias (tipos de biótopos), que caracterizam uma superfície sob o ponto de vista ambiental como um todo. No mapeamento de biótopos é realizado o desmembramento de uma determinada superfície de estudos em unidades cartográficas menores (biótopos) de uso e estrutura ambiental semelhantes, descrevendo-se exaustivamente suas características. Enfim, o mapeamento de biótopos tem a sua base na identificação de zonas homogêneas com relação aos aspectos dos meios físico e biótico e dos usos antrópicos do solo, isto é, ele gera, a partir dessa integração, um novo plano de caracterização ambiental, que é o biótopo (BEDÊ et al., 1994).

Segundo BEDÊ et al. (1994), das numerosas metodologias aplicadas ao mapeamento de biótopos, destacam-se três categorias: **mapeamento seletivo**, que abrange somente biótopos considerados relevantes, passíveis de proteção ou potencialidades para obter este *status*. Isso pressupõe a existência de um esquema de avaliação através do qual a relevância de um tipo de biótopo possa ser previamente reconhecida; **mapeamento representativo**, em que são analisadas superfícies amostrais consideradas representativas de cada tipo de biótopo. Os resultados das análises são extrapolados para superfícies com estrutura semelhante. Processos de avaliação e decisão com relação à relevância são feitos em etapas posteriores aos levantamentos; e **mapeamento integral**, que não é limitado a superfícies amostrais selecionadas. Trata-se de um inventário das características ambientais dos biótopos de toda a superfície em estudo. Este procedimento é ideal para áreas não muito extensas.

A base metodológica do mapeamento de biótopos salientada por BEDÊ et al. (1994) pode ser resumida em três fases de trabalho, com seus respectivos pontos-chaves: **trabalhos preliminares**, no qual são realizadas a delimitação da área de estudos, a coletânea dos dados e as fundamentações preexistentes; **levantamentos**, que incluem mapeamentos das áreas de estudo, com delimitação dos tipos de biótopos existentes, escolha das superfícies amostrais e realização dos levantamentos; e **elaboração dos dados**, que inclui interpretação, avaliação dos dados, valoração dos tipos de biótopos, definição dos objetivos do planejamento e das medidas de intervenção e execução e controle da eficiência.

2.1.4. Aplicação de sistemas de informações geográficas em zoneamento

Diversas metodologias estão sendo desenvolvidas com vistas a estudar e ordenar os espaços geográficos, sendo encontradas na literatura várias abordagens

ou modelos metodológicos baseados nos princípios da teoria geral de sistemas, no modelo de divisão da paisagem física proposto por BERTRAND (1981) e na ecodinâmica definida por TRICART (1977). Estes princípios permitem realizar a análise integrada do ambiente por meio do uso de diferentes tipos de dados e dos instrumentos tecnológicos disponíveis no momento, como o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas. Neste sentido, várias metodologias foram desenvolvidas.

ROSA (1995) e MEIRELLES (1997) desenvolveram metodologias de zoneamento baseadas na análise integrada do ambiente através do uso de sistemas de informações geográficas. O primeiro utilizou apenas critérios de natureza física, enquanto o segundo, além destes, acrescentou critérios de natureza socioeconômica.

CREPANI et al. (1996) apresentam e discutem uma metodologia de zoneamento ecológico-econômico baseada nas técnicas de sensoriamento remoto, de paisagem e ecodinâmica, segundo TRICART (1977), TRICART (1982) e TRICART e KIEWIETDEJONGE (1992). Este modelo metodológico, conforme CREPANI et al. (1996), envolve o uso de imagens de satélites, mapas pedológicos, geológicos, de geomorfologia, de vegetação e de clima, bem como a geração de produtos intermediários, como cartas de vulnerabilidade à erosão e a integração dos dados do meio físico-biótico a dados socioeconômicos. Esta metodologia tem como proposta promover a integração de dados (das informações disponíveis), sobre as imagens de satélite, simultaneamente à sua interpretação, levando a melhores e mais completos resultados no sentido de entender o meio ambiente de maneira holística e integrada.

MIRANDA e BOGNOLA (1998) e EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA (1999) discutem a metodologia do zoneamento agroecológico do Estado de Tocantins, que se baseou na combinação de dados de rochas, relevo, solos, topografia, rede de drenagem, clima, dinâmica da paisagem, vegetação natural e uso da terra.

Algumas metodologias de zoneamento têm sido desenvolvidas para bacias hidrográficas, citando-se como exemplo: ALVES (1993), que utilizou e combinou dados de altitude, drenagem, fisiografia, uso do solo e solos; ROSA (1996), o qual combinou dados de solos, uso da terra e cobertura vegetal, declividade, relevo, perdas de solo, densidade de voçorocas, substrato rochoso e hipsometria; FIGUEIRÓ (1997), que combinou dados de solos, geologia, geomorfologia e uso do solo; e ROSA e FRANCO (1998), os quais combinaram dados de declividade, solos, uso da terra e cobertura vegetal.

BRASIL (1987) propôs uma metodologia para identificar e avaliar unidades ambientais para a Estação Ecológica de Piratininga, Minas Gerais. Esta metodologia

permite a análise integrada de ambiente utilizando os produtos e as técnicas de sensoriamento remoto. Como unidade de trabalho foi adotada a área homogênea e sua identificação, feita a partir do exame integrado de sete indicadores básicos: litologia, tipo de escoamento, forma de vertente, classe de declividade, solos, densidade de drenagem e cobertura vegetal. Às áreas homogêneas identificadas foi atribuído um conceito mais amplo e dinâmico, o de **Unidades Ambientais (UA)**, considerando suas semelhanças e diferenças, bem como suas relações causais. Assim, a unidade ambiental foi definida como toda área dotada de dinamismo próprio, resultante da interação dos fatores bióticos e abióticos, incluindo a ação antrópica no espaço e no tempo.

OGATA (1995) especifica uma metodologia para a realização de zoneamento costeiro, sendo estabelecidos parâmetros e diretrizes metodológicas para a sua efetivação. O roteiro metodológico foi dividido nas seguintes etapas seqüenciais:

- 1 - Definição de variáveis e levantamento das informações (em campo e em gabinete):
 - Estudos e levantamentos do meio físico: clima, geologia, geomorfologia, recursos hídricos, flora/fauna, capacidade de uso da terra, e outras variáveis.
 - Estudos e levantamentos do meio socioeconômico: população, estrutura fundiária, estrutura produtiva, saúde, educação, saneamento básico, planos e projetos existentes, e outras variáveis.
- 2 - Elaboração das sínteses parciais:
 - Diagnóstico ambiental do meio físico: limitações ao uso do território e potencialidades dos recursos naturais.
 - Diagnóstico do meio socioeconômico: uso atual do solo e dinâmica socioeconômica.
- 3 - Elaboração do diagnóstico final: diagnóstico socioambiental.
- 4 - Definição das unidades ambientais homogêneas, constituindo-se o zoneamento costeiro.
- 5 - Composição de cenários.
- 6 - Proposta de ordenamento territorial/ambiental (uso projetado).

Para assentamentos rurais, WEBER e HASENACK (1999) desenvolveram uma metodologia baseada em critérios múltiplos e SIG, que aborda o zoneamento de qualidade da terra de imóveis rurais com vistas a subsidiar projetos de parcelamento da terra.

Há diversas metodologias de obtenção de zoneamento que são aplicadas nas unidades de conservação, entre as quais podem ser citadas: a metodologia definida por MILLER (1980) para os parques nacionais, que também é aplicada aos outros tipos de unidades de conservação; a proposição metodológica que define o zoneamento em

áreas de proteção ambiental, definida por GRIFFITH et al. (1995); a proposta metodológica definida por SARTORI NETO (2000), com base na avaliação de critérios múltiplos, que foi aplicada no Parque Nacional Grande Sertão Veredas, em Minas Gerais; entre outras.

2.2. Legislação ambiental

A legislação ambiental brasileira, entre outras coisas, especifica quais as áreas que devem ser preservadas em um espaço geográfico. O Código Florestal foi o primeiro instrumento legal em que foi definido o termo área de preservação permanente. Ele estabelece, no seu primeiro artigo, que as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas como de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta lei estabelecem. Com o surgimento da Lei Federal 6.938, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, estas áreas de preservação passaram a ser chamadas de reservas ecológicas (PARANÁ, 1990).

Segundo PARANÁ (1990), com base nas leis 6.938 (promulgada em 31 de agosto de 1981), citada anteriormente, e 4.771 (Código Florestal, de 15 de setembro de 1965), alterada pela Lei 6.535, de 15 de junho de 1978, e na resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 008/84, foi instituída a Resolução 004, de 18 de setembro de 1985, para tratar das denominadas áreas de preservação permanente/reservas ecológicas. A citada resolução apresenta os seguintes artigos:

“Art. 1º - São consideradas Reservas Ecológicas as formações florísticas e as áreas de florestas de preservação permanente mencionadas no artigo 18 da Lei nº 6.938/81, bem como as estabelecidas pelo poder público de acordo com o que preceitua o Artigo 1º do Decreto nº 89.336/84.

Art. 2º - Para efeitos desta Resolução são estabelecidas as seguintes definições:

- a) **pouso de aves** - local onde as aves se alimentam, ou se reproduzem, ou pernoitam ou descansam;
- b) **aves de arribação** - qualquer espécie de ave que migre periodicamente;
- c) **leito maior sazonal** - calha alargada ou maior de um rio, ocupada nos períodos anuais de cheia;
- d) **olho d'água, nascente** - local onde se verifica o aparecimento de água por afloramento do lençol freático;

- e) **vereda** - nome dado no Brasil Central para caracterizar todo espaço brejoso ou encharcado que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água de rede de drenagem, onde há ocorrência de solos hidromórficos com renques de buritis e outras formas de vegetação típica;
- f) **cume ou topo** - parte mais alta do morro, monte, montanha ou serra;
- g) **morro ou monte**- elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre 50 (cinquenta) e 300 (trezentos) metros e encostas com declividade superior a 30% (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade; o termo "monte" se aplica de ordinário a elevações isoladas na paisagem;
- h) **serra** - vocábulo usado de maneira ampla para terrenos acidentados com fortes desníveis, freqüentemente aplicados a escarpas assimétricas possuindo uma vertente abrupta a outra menos inclinada;
- i) **montanha** - grande elevação do terreno, com cota em relação à base superior a 300 (trezentos) metros e freqüentemente formada por agrupamentos de morros;
- j) **base de morro, monte 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;
- k) **depressão** - forma de relevo que se apresenta em posição altimétrica mais baixa do que porções contíguas;
- l) **linha de cumeada** - interseção dos planos das vertentes, definindo uma linha simples ou ramificada, determinada pelos pontos mais altos a partir dos quais divergem os declives das vertentes; também conhecida como crista, linha de crista ou cumeada;
- m) **restinga** - acumulação arenosa litorânea, paralela à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzida por sedimentos transportados pelo mar, onde se encontram associações vegetais mistas características, comumente conhecidas como vegetação de restingas;
- n) **manguezal** - ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos sujeitos à ação das marés e localizados em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes às quais se associam comunidades vegetais características;
- o) **duna** - formação arenosa produzida pela ação dos ventos no todo, ou em parte, estabilizada ou fixada pela vegetação;
- p) **tabuleiro ou chapada** - formas topográficas que se assemelham a planaltos, com declividade média inferior a 10% (aproximadamente a 6...) e extensão superior a 10 (dez) hectares, terminadas de forma abrupta; a "chapada" se caracteriza por grandes superfícies a mais de 600 (seiscentos) metros de altitude;

q) borda de tabuleiro ou chapada- locais onde tais formações topográficas terminam por declive abrupto, com inclinação superior a 100% (cem por cento) ou 45° (quarenta e cinco) graus;

Art. 3º - São Reservas Ecológicas:

a) os pousos das aves de arribação protegidos por convênios, acordos ou tratados assinados pelo Brasil com outras nações;

b) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

I - ao longo dos rios ou de outro qualquer corpo d'água, em faixa marginal além do leito maior sazonal medida horizontalmente, cuja largura mínima será:

- de 30 (trinta) metros para rios com menos de 10 (dez) metros de largura;
- de 50 (cinquenta) metros para rios de 10 a 50 metros de largura;
- de 100 (cem) metros para rios de 50 a 200 metros de largura;
- de 200 (duzentos) metros para rios de 200 a 600 metros de largura;
- de 500 (quinhentos) metros para rios com largura maior que 600 metros.

II - ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será:

- de 30 (trinta) metros para os que estejam situados em áreas urbanas;
- de 100 (cem) metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- de 100 (cem) metros para as represas hidrelétricas.

III - nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água e veredas, seja qual for sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 (cinquenta) metros a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.

IV - no topo de morros, montes e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação em relação à base;

V - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (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 1000 (mil) metros; para a situação de Minas Gerais foi definido pelo Decreto 33.944, conforme MINAS GERAIS (1992), como áreas de preservação permanente as linhas de cumeada, 1/3 superior, em relação à sua base, nos seus montes, morros ou montanhas, fração essa que pode ser alterada para maior, mediante critérios técnicos do órgão competente, quando as condições ambientais assim o exigirem.

- VI - nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 100% (cem por cento) ou 45° (quarenta e cinco graus) na sua linha de maior declive;
- VII - nas restingas, em faixas mínimas de 300 (trezentos) metros a contar da linha de preamar máxima;
- VIII - nos manguezais, em toda a sua extensão;
- IX - nas dunas, como vegetação fixadora;
- X - nas bordas de tabuleiros ou chapadas, em faixa com largura mínima de 100 (cem) metros;
- XI - em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a sua vegetação;
- XII - nas áreas metropolitanas definidas em lei, quando a vegetação natural se encontra em clímax ou em estágios médios e avançados de regeneração;

Art. 4º - Nas montanhas ou serras, quando ocorrem dois ou mais morros cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a 500 (quinhentos) metros, a área total protegida pela Reserva Ecológica abrangerá o conjunto de morros em tal situação e será delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura, em relação à base do morro mais baixo do conjunto.”

2.3. Técnicas de aquisição do conhecimento

A aquisição do conhecimento é um processo complexo, principalmente no tratamento heurístico de fatos do especialista (HILLMAN, 1988). Este termo consiste em obter o conhecimento detalhado utilizado pelo especialista para solucionar problemas. As fontes de aquisição deste conhecimento podem ser um especialista humano, bibliografias, livros, documentos, sensores ou arquivos de computadores (SCHWABE e CARVALHO, 1987). Neste sentido, a consulta à literatura e a especialistas permite a obtenção do conhecimento, existindo diferentes métodos para esta aquisição.

A elicitação do conhecimento de especialistas pode ser realizada manualmente ou com apoio de computadores. A maioria das técnicas de elicitação manual tem sido adaptada, principalmente, da psicologia. Estes métodos de elicitação são classificados em diferentes direções e nomes (FIRLEJ e HELLENS, 1991). TURBAN (1995) classifica esses métodos de aquisição do conhecimento em manual, semi-automático e automático, sendo o manual o mais utilizado, por se basear em algum tipo de técnica de entrevista para obter o conhecimento de especialistas, de bibliografias e, ou, de outras fontes. Este mesmo autor afirma que a entrevista, a análise do processo de raciocínio e a observação são os três principais métodos manuais, sendo a primeira

a mais utilizada, em razão de ser facilmente compreendida, tendo-se em conta a importância em deixar o especialista o mais descontraído possível para se obter melhores informações.

A técnica de entrevista, segundo HILLMAN (1988), é uma atividade bipartite, ocorrendo a interação entre pessoas, em que o elicitante é o entrevistador e a fonte de conhecimento humano é o entrevistado, baseando-se em uma estratégia de perguntas e respostas. FIRLEJ e HELLENS (1991) consideram que a entrevista é uma técnica de interação verbal, com o intuito de suscitar e adquirir o conhecimento para o desenvolvimento de sistemas ou tarefas específicas.

Segundo TURBAN (1995), há dois tipos básicos de entrevistas: a estruturada e a desestruturada. A estruturada é conduzida formalmente, enquanto a desestruturada é conduzida informalmente, com intensa serem abordados na forma de roteiro.

Uma variante dessa informalização é a entrevista orientada, que, de acordo com FIRLEJ e HELLENS (1991), é um modelo de entrevista em que o inquiridor e o inquirido, conhecendo os objetivos e os propósitos da entrevista, conversam abertamente sobre o tema, observando sempre uma linha principal de idéias que é previamente estabelecida, em forma de perguntas e questões, de modo a direcionar a entrevista para o enfoque desejado. Este mesmo autor menciona que a busca de conhecimento na literatura também pode ser feita de maneira informal, com simples revisões bibliográficas dos itens desejados.

2.4. Critérios e objetivos múltiplos

2.4.1. Conceitos básicos

Para efetivar um zoneamento, normalmente são definidos critérios e hierarquia de decisão, além de existir a necessidade de tomada de decisão com base em objetivos conflitantes. Dessa maneira, as diferentes estratégias de avaliação sob critérios múltiplos e resolução de conflitos podem ser utilizadas como ferramentas de suporte para o zoneamento.

O forte desenvolvimento da ciência de decisão vem permitindo tratar os problemas de tomada de decisão de forma eficiente, desde os mais simples aos mais complexos. Os diferentes métodos e técnicas existentes permitem, ao tomador de decisão (TD), de acordo com o problema que se deseja solucionar, escolher a melhor forma de tratá-lo. No entanto, a ciência de decisão que aplica estes vários métodos tem os seus conceitos, e estes precisam ser bem entendidos (FATURETO, 1997).

Com base em ZELENY (1982), ROMERO e REHMAN (1989), FATURETO (1997), FATURETO e SANTOS (1997) e SANTOS e VALE (1998), serão discutidos e definidos os conceitos mais utilizados, quando se aplicam as técnicas de critérios múltiplos (multicritérios):

- 1 - **Otimização sob critérios múltiplos** - indica um processo que se preocupa com a classe geral de problemas que envolvem múltiplos atributos, objetivos e, ou, metas.
- 2 - **Critérios** - são todos os atributos, objetivos ou metas que forem considerados relevantes pelo tomador de decisão (TD) em uma dada situação de decisão e correspondem a um termo mais geral, sendo equivalentes a padrões que guiam o TD. É alguma base para uma decisão que pode ser medida e avaliada. Os critérios podem ser de dois tipos: **fatores**, que é um critério que aumenta ou diminui a aptidão de uma alternativa específica para a atividade em consideração, sendo frequentemente medido sobre uma escala contínua. São também conhecidos como variáveis de decisão, na literatura de programação matemática (FEIRING, 1986), e variáveis estruturais, na literatura de programação por metas (IGNIZIO, 1985); e **restrições**, que servem para limitar as alternativas sob consideração e apresentam duas abordagens: uma como metas, segundo IGNIZIO (1985), e outra como alvos, conforme ROSENTHAL (1985).
- 3 - **Atributos** - trata-se de valores do TD relacionados com a realidade objetiva, que em muitos casos podem ser expressos como uma função matemática das variáveis de decisão. Assim, atributos são objetos que descrevem a realidade objetiva, sendo compreendidos como características de categorias do mundo exterior. Podem ser identificados e medidos de forma relativamente independente das necessidades e dos desejos do TD, e os atributos subjetivos são medidos de forma menos precisa do que os objetivos. Exemplos de atributos incluem valor adicionado, nível de emprego, margem bruta, preço e produtividade.
- 4 - **Objetivo** - é a escolha de quais atributos serão otimizados. Um objetivo é estritamente identificado com as necessidades e os desejos do TD. Representa direções de melhora ou preferência ao longo de atributos individuais, ou conjuntos de atributos. Objetivos não são atributos, mas são derivados deles. Um atributo transforma-se em um objetivo quando é associado a um propósito, ou a uma direção de melhora. Embora um atributo possa ser medido de forma precisa, um objetivo envolve mudança no atributo e, por isso, pode ser mais difícil de se medir de forma satisfatória. Exemplos de objetivos são maximizar lucros, minimizar custos, minimizar riscos e minimizar danos ao ambiente.

- 5 - **Alvo** - corresponde a um nível aceitável de alcance para qualquer um dos atributos. Combinando um atributo e um alvo, tem-se uma **meta**. As metas são também completamente identificadas com as necessidades e os desejos do TD. São determinadas *a priori*, e valores ou níveis específicos para cada uma delas são definidos. Metas referem-se, de forma não-ambígua, a níveis particulares de alcance, que podem ser definidos tanto em termos de atributos como de objetivos. Em termos mais técnicos, pode-se dizer que o lado direito de uma inequação é um alvo aspirado pelo TD, que pode ou não ser atingido. Em termos de planejamento, por exemplo, a margem bruta obtida é um atributo, maximizar a margem bruta é um objetivo e atingir uma margem bruta de pelo menos um determinado valor-alvo é uma meta.
- 6 - Cabe fazer aqui outra distinção importante, referente a metas e restrições. Uma **restrição** é um critério que obrigatoriamente deve ser obedecido; caso contrário, tem-se uma solução inviável. Por outro lado, metas não precisam ser necessária e estritamente satisfeitas. Elas apenas indicam um nível ótimo de alcance, que pode ou não ser atingido, sem produzir soluções inviáveis.
- 7 - **Regra de decisão** - é o procedimento pelo qual critérios são selecionados e combinados para se chegar a uma particular avaliação. A regra de decisão pode envolver um simples critério ou vários critérios de avaliação, sendo estruturada no contexto de um objetivo específico.
- 8 - **Avaliação** - é o processo atual de aplicar a regra de decisão.

A decisão baseada em critérios múltiplos, segundo YOON e HWANG (1995), significa efetuar decisões de preferência, como, por exemplo, avaliação, priorização e seleção, sobre as alternativas disponíveis, que são caracterizadas por objetivos múltiplos e geralmente conflitantes.

EASTMAN et al. (1993) consideram que as decisões são tomadas para atender um objetivo específico (simples) ou múltiplos objetivos, com base em um critério específico ou em múltiplos critérios. No entanto, a maioria dos problemas reais necessita ser avaliada utilizando-se de critérios múltiplos, tanto para atender um objetivo específico como objetivos múltiplos. Entretanto, o que se encontra na maioria das vezes são situações de objetivos múltiplos que podem ser complementares ou conflitantes.

Para ZELENY (1982), a tomada de decisão é um processo dinâmico, sendo uma complexa busca por informações, cheia de desvios, enriquecida pela retroalimentação resultante da análise de todas as direções e das buscas possíveis, reunindo e descartando informações, alimentada por incertezas e conceitos indistintos e

conflitantes, alguns específicos, outros não. Este processo de decisão é uma sucessão de estágios de pré-decisão e pós-decisão, alternando-se dentro de uma determinada região.

FATURETO (1997) revela a existência de diversas técnicas utilizadas para solucionar problemas de otimização sob critérios múltiplos, na tentativa de se escolher, geralmente, uma dentre muitas soluções eficientes ou não dominadas. As principais são: Programação de Metas, Programação com Objetivos Múltiplos, Programação de Compromissos e Tomada de Decisão Interativa com Objetivos Múltiplos.

2.4.2. O método de análise hierárquica (MAH)

O método de análise hierárquica (MAH) possibilita a obtenção dos pesos dos critérios e foi desenvolvido por SAATY (1977). Este método apóia a tomada de decisão sob critérios múltiplos, na qual todos os fatores que interferem em um problema são dispostos em uma estrutura hierárquica. O método assume que, talvez, a tarefa mais criativa e difícil no problema de tomada de decisão consista em relacionar todos os fatores relevantes para a decisão considerada. No MAH, estes fatores, uma vez selecionados, são dispostos em uma estrutura hierárquica descendente, partindo de um critério geral em direção aos demais critérios, subcritérios e alternativas, em níveis sucessivos. A metodologia de análise hierárquica é útil para formular problemas incorporando conhecimentos e julgamentos, de forma que as questões envolvidas sejam claramente articuladas, avaliadas, debatidas e priorizadas. O MAH facilita a incorporação de considerações qualitativas e subjetivas dentro de fatores quantitativos para o processo de tomada de decisão. A questão central a ser considerada refere-se ao peso com que os fatores individuais dos níveis mais baixos da hierarquia influenciam o fator no nível mais elevado, ou seja, o objetivo geral. Os objetivos do problema ditam onde colocar a ênfase para a determinação desses pesos, e os elementos de cada nível da hierarquia são considerados independentes (FATURETO, 1997).

De acordo com BADIRU et al. (1993), uma descrição geral para a utilização do MAH consiste nas seguintes etapas:

- a) Desenvolver uma estrutura hierárquica para o problema de decisão.
- b) Determinar os pesos relativos de cada alternativa com relação às características e subcaracterísticas na hierarquia.
- c) Realizar julgamentos comparativos para estabelecer prioridades para os elementos da hierarquia, determinando a "nota" geral de prioridades para cada alternativa.
- d) Determinar os indicadores de consistência na realização de comparações paritárias de características e alternativas.

e) Tomar uma decisão final com base nos resultados obtidos.

Depois de construir a hierarquia, o TD deve realizar um procedimento de comparações subjetivas, a fim de determinar o peso de cada fator em cada nível de hierarquia. Comparações paritárias são realizadas em cada nível para determinar a importância relativa de cada fator naquele nível, com relação a cada fator no próximo nível superior na hierarquia. Para isso, é utilizada uma matriz de comparação pareada com o mesmo número de linhas e colunas, em que cada fator é comparado com os outros fatores (FATURETO, 1997).

Essas comparações consistem em julgamentos verbais com relação a critérios de importância, preferência ou prioridade, definidos de acordo com o problema, variando de igual a extremo (igual, moderadamente superior, fortemente superior, muito fortemente superior, extremamente superior). Estes julgamentos verbais correspondem a uma escala de julgamentos numéricos (1, 3, 5, 7 e 9) e a compromissos entre esses valores. Geralmente, diferentes conjuntos de números são usados para se estabelecer a escala de julgamentos para as alternativas sob diferentes critérios. A escala de avaliação dos critérios apresenta as características mostradas na Figura 1 (BADIRU et al., 1993).

De posse desta escala, a matriz de interação é preenchida, sendo obtidos os pesos de cada fator.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
E	MF	F	M	I	M	F	MF	E
Menos importante				Mais importante				

E = Extremamente
MF = Muito Fortemente
F = Fortemente
M = Moderadamente
I = Igualmente

Fonte : BADIRU et al. (1993).

Figura 1 - Escala de avaliação dos critérios.

2.4.3. Tomada de decisão sob critérios e objetivos múltiplos em SIG

No mundo real, as decisões são tomadas para atender um ou mais objetivos (objetivos múltiplos), com base em um ou mais critério (critérios múltiplos). Baseado nesta preocupação de tomada de decisão, mesmo com o desenvolvimento significativo da **Ciência da Decisão**, só recentemente os SIGs vêm incorporando ferramentas de auxílio à tomada de decisão. Neste sentido, o sistema IDRISI apresenta um módulo desenvolvido e específico para apoio à tomada de decisão. Este módulo apresenta um submódulo, denominado avaliação sob critérios múltiplos (MCE - Multi-Criteria Evaluation) para um objetivo, constituindo-se de três métodos: análise booleana simples, combinação linear ponderada (WLC - Weighted Linear Combination) e média ponderada ordenada (OWA - Ordered Weighted Averaging). Neste módulo estão presentes também os submódulos WEIGHT, para obtenção dos pesos, e MDCHOICE, aplicado para situações de objetivos múltiplos. O MDCHOICE é um procedimento de escolha multidimensional que produz um mapa de saída, indicando quais das séries de mapas de entrada apresentam mais baixo ou mais alto valor para cada pixel, podendo ser utilizado para tomada de decisão com objetivos múltiplos (EASTMAN, 1998; EASTMAN, 1999).

Para aplicar o método OWA do sistema IDRISI, segundo EASTMAN e JIANG (1996), EASTMAN (1998), EASTMAN (1999) e EASTMAN (1999a), são necessárias as seguintes etapas:

- a) **Identificação dos critérios (restrições e fatores) mais relevantes**- nesta fase são identificados os critérios mais relevantes a serem utilizados para propiciar o alcance do objetivo. Esta definição deve ser com base em experiência pessoal, de profissionais e dos atores ou tomadores de decisão da área em questão. A decisão de quais critérios utilizar deve ser tomada de maneira democrática e, algumas vezes, por meio de reuniões e votação.
- b) **Padronização dos fatores**- nesta etapa, um dos tipos de critérios, os fatores, tem que ser padronizado. A padronização representa o reescalamento de valores dos critérios para um intervalo numérico comum, ou seja, é essencialmente um processo de conversão de valores de critérios em uma escala-padrão. Esta padronização dos fatores é diferenciada para os métodos booleanos simples, WLC e WOA. No método booleano simples, a padronização significa reduzir todos os fatores a imagens booleanas com áreas aptas e não-aptas, essencialmente transformando-os em restrições. A redução de todos os critérios a imagens booleanas (assume valores 1 de aptidão e 0 de não-aptidão) permite facilmente agregá-los em uma solução final usando álgebra booleana básica. O procedimento de

padronização para o método WLC é mais complexo que para o método anteriormente citado (booleano). No WLC e no WOA, os fatores não são apenas reclassificados em 0 e 1, mas reescalados de acordo com alguma função para um intervalo particular comum. As restrições são mantidas como imagens booleanas (assumem valores 0 e 1), que atuam simplesmente como uma máscara no último passo de WLC, isto é, são critérios de restrição.

- c) **A definição dos pesos dos fatores** - esta etapa é necessária apenas para os métodos WLC e WOA. Após a identificação dos critérios mais relevantes e a padronização dos fatores, são definidos os pesos destes últimos. Para isso, é de grande aplicação a técnica que busca o consenso no processo de decisão, chamada de Processo Hierárquico Analítico (MAH), discutida no item 2.4.2. Nesta técnica, é utilizada uma escala de grau de importância contínua que servirá de base para os tomadores de decisão preencherem a matriz recíproca quadrada de comparação pareada. Esta matriz é representada pelos mesmos fatores nas linhas e colunas. Após a discussão entre os tomadores de decisão, é definido o grau de importância de um fator em relação aos outros fatores, sendo esta decisão inserida na matriz. Através do comando WEIGHT do IDRISI, são obtidos os pesos de cada fator e a consistência da comparação pareada. Além desses pesos de fatores, o WOA necessita de um segundo conjunto de pesos, denominados pesos de ordenação, que serão aplicados aos fatores. Estes pesos de ordenação controlam a maneira pela qual os fatores ponderados são agregados, pois, variando-se estes pesos, uma contínua agregação de operadores pode ser produzida.

Ainda segundo estes mesmos autores, o método OWA pode propiciar controle tanto sobre as posições da MCE (Avaliação sob critérios múltiplos) ao longo de um contínuo, quanto sobre o nível global de compensação, permitindo controlar o nível de risco que se deseja assumir na MCE e o grau com que os pesos dos fatores (pesos de compensação) irão influenciar o mapa final de aptidão. Além disso, o OWA oferece várias soluções possíveis, sendo interessante a sua exploração.

Neste método, o controle sobre o nível de risco e sobre a compensação é feito especificando-se um conjunto de pesos de ordenação para as diferentes posições de ordem hierárquica dos fatores em cada local (pixel). Os pesos de ordenação governam primeiramente o grau com o qual os pesos dos fatores influenciam o procedimento de agregação. Após a aplicação dos pesos dos fatores (em algum grau) aos fatores originais, os resultados são ordenados da aptidão mais baixa à mais elevada, em cada local. Ao fator com valor de menor aptidão é dado o primeiro peso de ordenação, ao fator com o segundo valor mais baixo, o segundo peso de ordenação, e assim por diante. Isto tem o efeito de ponderar fatores com base em sua ordem do

valor mínimo ao valor máximo para cada local. O deslocamento relativo em direção ao mínimo ou ao máximo dos pesos de ordenação controla o nível de risco e o próprio risco, enquanto o grau com o qual os pesos de ordenação estão uniformemente distribuídos ao longo de todas as posições controla o nível de compensação global, isto é, o grau com o qual os pesos dos fatores influenciam (EASTMAN, 1999).

2.4.4. Estudos relacionados a critérios múltiplos no zoneamento

Alguns estudos têm sido realizados para determinar zoneamentos por meio da aplicação de critérios múltiplos e sistema de informações geográficas.

EASTMAN et al. (1993) citam o estudo realizado para produzir um zoneamento visando regular a expansão das indústrias de carpetes nos limites das áreas agrícolas do vale de Kathmandu, no Nepal. Esta situação é típica de um problema de decisão multicritério/multiobjetivo.

EASTMAN (1998) relata outros estudos em que é dada ênfase à decisão de destinação de recursos, onde se busca:

- 1- Encontrar as melhores áreas para expansão residencial na cidade de Westboro-Massachusetts, EUA.
- 2- Encontrar as melhores áreas para expansão residencial e industrial, de forma a solucionar esses dois conflitos de uso, para a cidade de Westboro -Massachusetts, EUA.
- 3- Avaliar a probabilidade com que um sítio arqueológico pode ser encontrado em cada pixel de uma superfície representando o Canyon Pinon, localizado no sudoeste dos Estados Unidos.
- 4- Simular o aumento do nível do mar através do estabelecimento de decisões sobre os impactos modelados.

WEBER e HASENACK (1999) definiram uma metodologia baseada nos critérios múltiplos, usando as variáveis limite da área, capacidade de uso do solo, uso e cobertura do solo, distância da rede viária, distância das rodovias e declividade para determinar a aptidão para a finalidade agrícola, de uma área rural em processo de desapropriação para transformação em um assentamento, utilizando um sistema de informações geográficas.

SARTORI NETO (2000) definiu critérios específicos para determinar a aptidão para as finalidades de preservação e de uso público e recreação, sendo utilizados para a finalidade de preservação os critérios declividade, solos, vegetação, distância do centro do parque e proximidade dos rios, das voçorocas, do Ribeirão Mato Grande, do Rio Passagem do Mato e das maiores áreas contínuas de carrasco e, para a

finalidade de uso público e recreação, os critérios declividade, solos, vegetação, proximidades dos rios, do limite do parque e dos principais pontos de acesso do Parque Nacional Grande Sertão Veredas. Estes critérios subsidiaram a determinação das aptidões e do zoneamento do referido parque, através do uso das ferramentas de suporte à decisão de um SIG.

Estudos dessa natureza são auxiliados por ferramentas de SIG porque freqüentemente envolvem variedade de critérios que podem ser representados como planos de dados geográficos. A avaliação por critérios múltiplos é um método muito usado para avaliar e agregar muitos critérios, mas apenas recentemente seu potencial foi constatado (EASTMAN, 1999a).

2.5. Sistema de Informações Geográficas (SIG)

2.5.1. Definição, função e componentes

O uso de sistemas de informações geográficas (SIG) tem crescido enormemente, tornando-se comum em negócios, universidades, governos e em avaliação e monitoramento dos recursos naturais, apresentando aplicações as mais diversas. Conseqüentemente, diferentes definições e denominações têm sido dadas ao SIG.

Uma definição bem aceita de SIG é a de que ele compreende uma coleção organizada de "hardware", "software", "dados geográficos" e "pessoal", sendo projetado para eficientemente capturar, estocar, atualizar, manipular, analisar e visualizar todos os modos de informação geograficamente referenciada (ESRI, 1990).

Segundo MAGUIRE (1991), há pelo menos três grandes maneiras de se utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas.
- Como suporte para análise espacial de fenômenos.
- Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

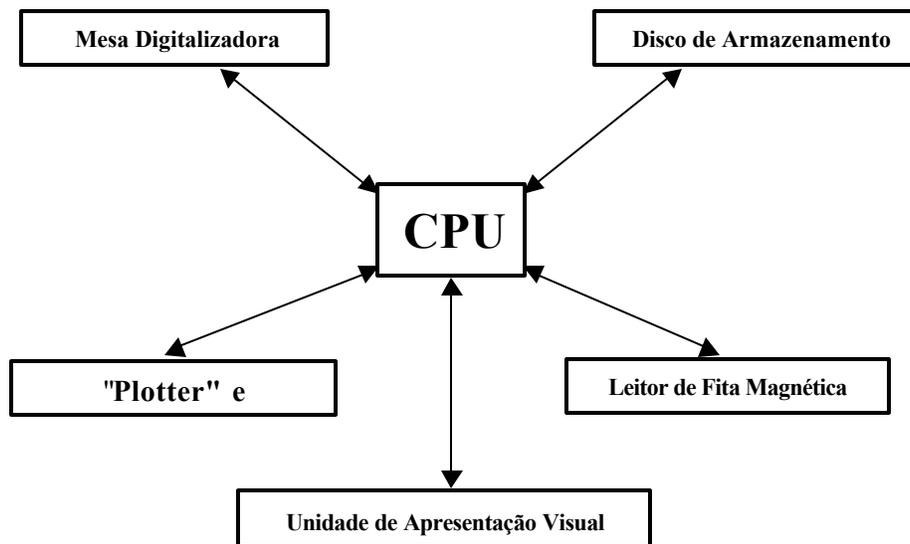
Além disso, BURROUGH (1986) e GOODCHILD e RHIND (1990) afirmam que a habilidade de um sistema de informações geográficas para a análise espacial de dados é freqüentemente vista como um elemento-chave na sua definição e tem sido utilizada como uma característica que distingue o SIG de sistemas cujo objetivo primário é a produção de mapas.

O SIG compreende três elementos básicos: "hardware", "software" e "dados" e "usuário".

O "hardware" normalmente apresenta os componentes apresentados na Figura 2, conforme especificação de CALIJURI (1995).

O "software" de um SIG, conforme EASTMAN (1998), normalmente apresenta os seguintes componentes:

- 1) Banco de Dados Espacial e de Atributos.
- 2) Sistema de Visualização Cartográfica.
- 3) Sistema de Digitalização de Mapas.
- 4) Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados.
- 5) Sistema de Análise Geográfica.
- 6) Sistema de Processamento de Imagens.
- 7) Sistema de Análise Estatística.
- 8) Sistema de Apoio à Decisão.



Fonte: CALIJURI (1995).

Figura 2 - Principais componentes do "hardware" de um SIG.

Por sua vez, ARONOFF (1989) considera que a estrutura básica de um SIG é constituída por quatro componentes principais:

- 1 - Entrada de dados: feita a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (raster), provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georreferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens *raster* (imagens de satélite).

- 2 - Gerenciamento de dados: este sistema é conhecido como SGBD - sistemas gerenciadores de banco de dados, ou DBMS - "data base management system". Quanto ao modelo de armazenamento e busca de informações, os SGBD são classificados em: seqüencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos.
- 3 - Manipulação e análise de dados: a análise de dados geográficos utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas tanto do tipo matricial quanto vetorial.
- 4 - Saída: inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela de computador, traçador gráfico, unidades de disco magnético, disquetes, entre outros.

Além disso, FOOTE e LYNCH (1999) salientam que o "software" do SIG requer recursos de:

- a) Entrada de dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, levantamentos de campo, e outras fontes.
- b) Armazenamento, recuperação e busca de dados.
- c) Transformação de dados, análise e modelagem, incluindo estatística espacial.
- d) Comunicação dos dados, por meio de mapas, relatórios e planos.

Ainda segundo FOOTE e LYNCH (1999), três considerações devem ser feitas com relação ao SIG:

- SIGs são relacionados a outras aplicações de banco de dados, mas com uma diferença importante: toda informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial. Outras bases de dados podem conter informação locacional (como endereços de rua ou códigos de endereçamento postal), porém uma base de dados de um SIG usa georreferências como o meio primário de armazenar e acessar a informação.
- O SIG integra tecnologia. Entretanto, enquanto outrastecnologias só poderiam ser usadas para analisar fotografias aéreas e imagens de satélite, para criar modelos estatísticos ou para traçar mapas, todas estas capacidades são oferecidas conjuntamente no SIG.
- O SIG, com seu conjunto de funções, deveria ser visto como um processo, em vez de simplesmente como "software" e "hardware". SIGs servem para tomada de decisão. A maneira com que os dados são inseridos, armazenados e analisados dentro de um SIG deve refletir o modo pelo qual a informação será usada para uma pesquisa específica ou tarefa de tomada de decisão. Ver o SIG como somente um "software" ou sistema de "hardware" é perder de vista o papel crucial que ele pode desempenhar em um processo amplo de tomada de decisão.

Hoje, os avanços tecnológicos, tanto de "hardware" como de "software", além do crescente interesse pela tecnologia, é que abrem caminhos e dão direção aos SIGs.

2.5.2. Aplicações do SIG

O SIG pode ser considerado uma ferramenta multidisciplinar que possui contribuições de muitas áreas. De forma geral, as tecnologias que mais contribuem, segundo FOOTE e LYNCH (1999), são:

1. **Cartografia** : contribui com técnicas de confecção de mapas.
2. **CAD** ("Computer Aided Drafting") e Computação Gráfica: contribui com "software", "hardware", técnicas para entrada de dados, exibição, visualização e representação em 2D e 3D, manipulação e representação de objetos gráficos.
3. **Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados** (SGBD ou DBMS): constitui os modelos de dados, estrutura de dados, segurança e processos de manipulação de grandes volumes de dados.
4. **Sensoriamento Remoto** : possui técnicas de aquisição e processamento de imagens, com facilidades para obtenção de dados sobre qualquer lugar do globo terrestre, seja através de sensores orbitais (satélites) ou sensores aerotransportados (fotográficos ou digitais).
5. **Inteligência Artificial**: tecnologia que usa o computador para simular a inteligência humana. O computador atua como um especialista nas funções de desenho, mapeamento, classificações e generalização de características de mapa. Assim, a inteligência artificial provê modelos e técnicas de sistemas de desenho e análise.
6. **Estatística**: provê modelos e métodos de análise dos dados, sejam gráficos ou não-gráficos. As técnicas de estatística são utilizadas para verificação da qualidade durante o pre-processamento, para resumir um arquivo como um relatório de gerência dos dados e para criar dados derivados durante análises.

Além de cobrir alguns dos itens já citados, a ciência da informática ainda contribui com técnicas de desenvolvimento de sistemas, evolução da tecnologia de "hardware" para suportar grandes cargas de processamentos de dados e com tecnologia de redes de computadores que permite a troca de informações entre equipamentos de forma local ou remota. Esta característica multidisciplinar do SIG permite a sua aplicação em diversas áreas do conhecimento humano. Os SIGs podem ser utilizados em instituições governamentais, empresas e em investigação, num vasto leque de aplicações.

Estas são algumas das aplicações do SIG como instrumento, de apoio à decisão obtidas na literatura. Com o desenvolvimento de várias ferramentas de modelagem e simulação, muitas outras aplicações poderão vir a ser implementadas em um futuro não muito distante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este item descreve os materiais e o processo metodológico utilizado para a determinação do zoneamento de áreas rurais. As principais etapas definidas foram as seguintes: (1) materiais utilizados; (2) especialistas consultados; (3) proposta metodológica de zoneamento de áreas rurais; e (4) aplicação da metodologia em um estudo piloto.

3.1. Materiais utilizados

Os materiais utilizados neste trabalho foram os seguintes:

- a) Bibliografia, obtida via revisão de literatura e informações de especialistas.
- b) Um microcomputador PC com periféricos (mesa digitalizadora e impressora).
- c) Sistema de Informações Geográficas IDRISI, versão 3.2.
- d) Cartalinks, para digitalização dos limites da bacia hidrográfica.
- e) Carta topográfica relativa à folha SF-23-X-B-V-3, correspondente à cidade de Viçosa, na escala 1:50.000, editada no ano de 1979 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a qual foi utilizada como base para digitalizar o limite da microbacia.
- f) No formato digital, os mapas de hidrografia, elevação, rede viária, uso e cobertura atual da terra e de solos.
- g) Como apoio: imagem TM do satélite Landsat-5, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, órbita 217 e ponto 74, quadrante sul, obtida em outubro de 1994; ortofotocartas na escala de 1:10.000, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG),

produzidas a partir de fotografias aéreas dos anos de 1985 e 1986; fotografias aéreas coloridas obtidas de um voo não-convencional, com câmara de pequeno formato Hasselblad 70 mm, tomadas de aviões CESSNA, na escala aproximada de 1:15.000, datadas de outubro de 1994.

3.2. Especialistas consultados

Para subsidiar o desenvolvimento da metodologia de zoneamento de áreas rurais e representar os diferentes segmentos sociais, foram consultados diversos especialistas, entre os quais: professores da Universidade Federal de Viçosa (UFV), dos Departamentos de Solos, Fitotecnia, Zootecnia, Engenharia Florestal e Economia Rural; professores da Universidade Federal do Amazonas (UA); e técnicos da EMATER-MG, do Instituto Mineiro de Pesquisa Agropecuária (IMA), do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), da EMBRATUR (Empresa Brasileira de Turismo), do IEF/MG (Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais), do Departamento de Economia Rural da UFV e do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

3.3. Proposta metodológica de zoneamento de áreas rurais

Esta proposta metodológica é baseada em revisão de literatura, conhecimento de especialistas, critérios múltiplos, sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas, aplicados na obtenção do zoneamento de áreas rurais.

3.3.1. Definição dos objetivos

Nesta metodologia são considerados seis objetivos de uso ou zonas principais. Quatro deles consideram as atividades principais desenvolvidas no meio rural, como a agrícola (objetivo 1), a pecuária (objetivo 2), a florestal (objetivo 3) e a recreação e turismo (objetivo 4). O quinto considera as áreas que devem ser preservadas por lei, denominadas áreas de preservação permanente (objetivo 5). O sexto considera as áreas que necessitam ser recuperadas, chamada de recuperação (objetivo 6).

Cada objetivo de uso considera seis classes de aptidões, definidas como: Inapta (0), Muito Baixa (1), Baixa (2), Regular (3), Boa (4) e Muito Boa (5).

O mapeamento dos objetivos agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo é definido em concordância com as técnicas de critérios múltiplos, consulta a especialistas e utilização das tecnologias de sensoriamento remoto e SIG.

Os mapas de critérios são subdivididos em restrições e fatores. As restrições apresentam as classes 1 para as áreas aptas e 0 para as não-aptas. Os fatores apresentam cinco classes de aptidões, definidas como: Muito Baixa (1), Baixa (2), Regular (3), Boa (4) e Muito Boa (5).

O mapeamento dos objetivos de preservação permanente e recuperação é definido, respectivamente, de acordo com a legislação ambiental e a necessidade de recuperação, não sendo utilizados critérios múltiplos.

As áreas destinadas ao objetivo de preservação permanente são aquelas consideradas aptas, de acordo com as normas ambientais vigentes. Neste sentido, como estas áreas apresentam as mesmas exigências de preservação, elas são inseridas na classe de aptidão muito boa (5) do objetivo preservação permanente. Assim, o mapa de aptidão para este objetivo apresenta apenas esta classe.

As áreas destinadas ao objetivo de recuperação representam aquelas que estão degradadas, necessitando de alguma intervenção. Partindo da decisão de que todas elas devem ser recuperadas, optou-se por inseri-las na classe de aptidão muito boa (5) do objetivo recuperação. Neste sentido, o mapa de aptidão para este objetivo apresenta apenas esta classe, e, após a recuperação, elas são alocadas para o uso mais adequado.

A fim de determinar o zoneamento final, são combinados os mapas de aptidões dos objetivos de uso. Todas as áreas com aptidões regular (3), boa (4) e muito boa (5) para os objetivos de uso agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo são definidas como adequadas, sendo alocadas para as zonas de uso específicas. Já as áreas com aptidões muito baixa (1) e baixa (2), por se aproximarem da inaptidão, não são alocadas como adequadas para um determinado objetivo, mas, quando analisadas em relação a um outro objetivo, podem estar inseridas nas classes adequadas desse objetivo. Em seguida, todas as áreas de preservação permanente e de recuperação são alocadas, obtendo-se desta maneira o mapa final de zoneamento com seis classes de sugestões, assim denominadas: Objetivo Agrícola (1), Objetivo Pecuário (2), Objetivo Florestal (3), Objetivo de Recreação e Turismo (4), Objetivo de Preservação Permanente (5) e Objetivo de Recuperação (6).

A Figura 3 mostra as etapas da metodologia, e a Figura 4 especifica as principais atividades realizadas para obter o zoneamento e os conflitos.

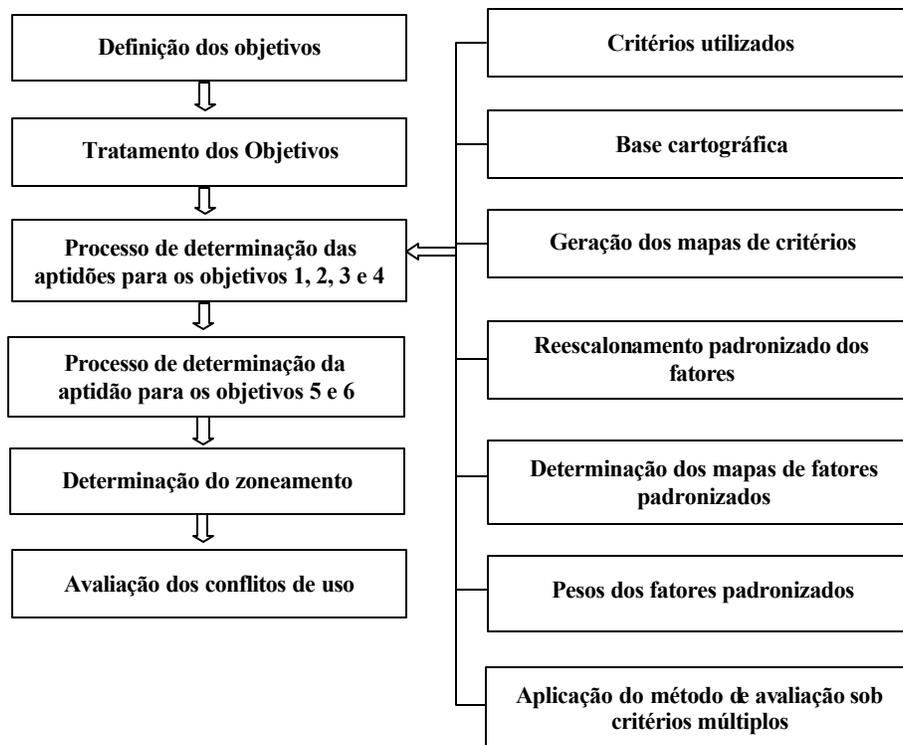


Figura 3 - Etapas da metodologia para o zoneamento de áreas rurais.

3.3.2. Tratamento dos objetivos

Nesta metodologia os objetivos são tratados de maneira diferente, cada um deles representando as principais formas de ocupação encontradas em nível rural. Os objetivos 1 (agrícola), 2 (pecuário), 3 (florestal) e 4 (recreação e turismo) são obtidos utilizando-se a abordagem de critérios múltiplos, e os objetivos 5 e 6 são determinados por reclassificações dos mapas booleanos (assumem valores 0 e 1), de preservação permanente e áreas a serem recuperadas (recuperação).

3.3.3. Processo de determinação das aptidões para os objetivos 1, 2, 3 e 4

3.3.3.1. Critérios utilizados

Os critérios definidos para determinar as aptidões dos objetivos 1 (agrícola), 2 (pecuário), 3 (florestal) e 4 (recreação e turismo) foram subdivididos em restrições e fatores. As restrições são critérios booleanos que cerceiam ou limitam a análise às regiões geográficas específicas, ou seja, diferenciam áreas ou alternativas que podem ser consideradas aptas para a atividade desejada ou alternativas que não são aptas para condição alguma. Os fatores são critérios que definem algum grau de aptidão

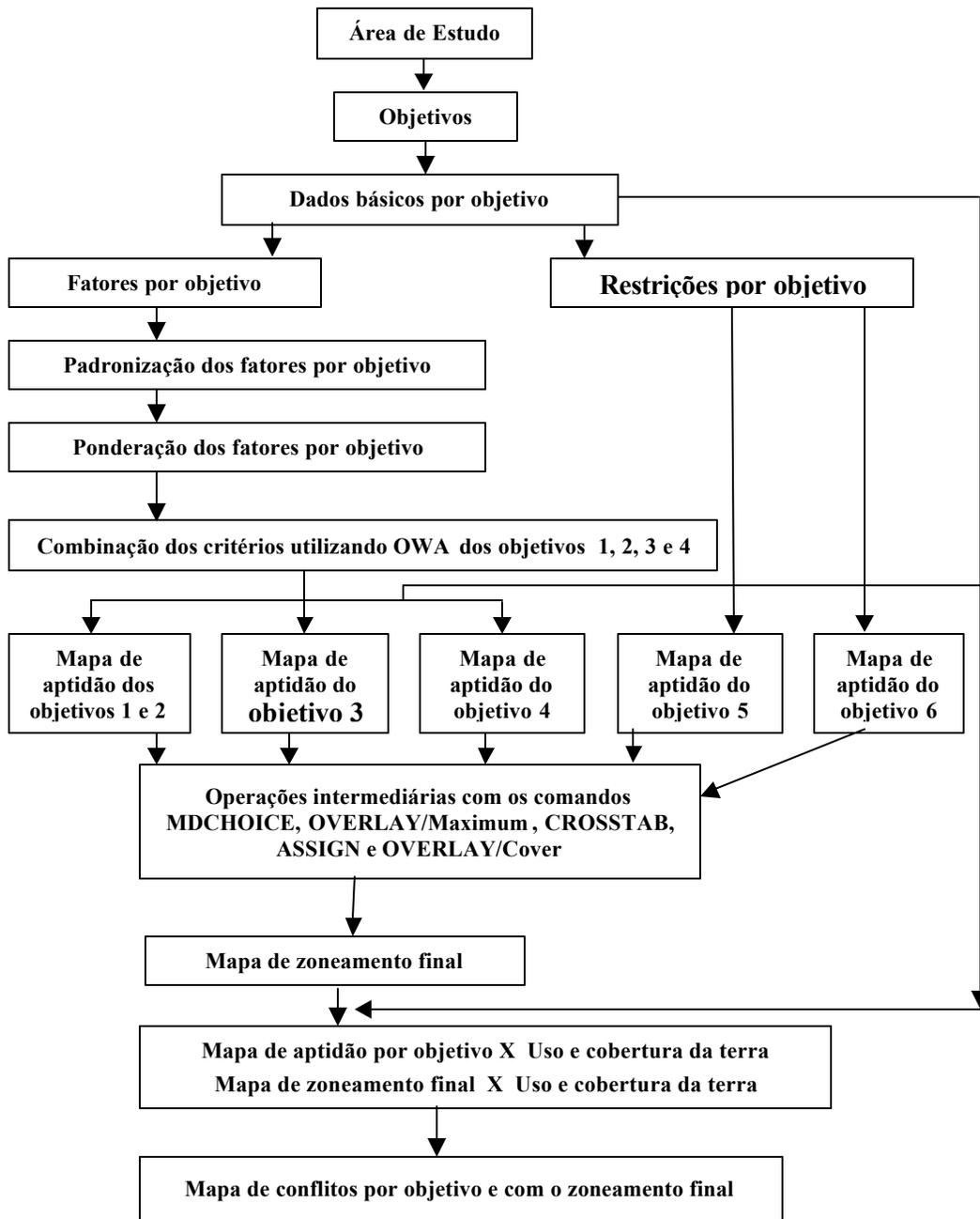


Figura 4 - Principais atividades realizadas para a obtenção do zoneamento e dos conflitos.

para todas as regiões geográficas. Eles definem áreas ou alternativas em termos de uma medida contínua de aptidão, realçando ou diminuindo a importância de uma alternativa em consideração, naquelas áreas fora das restrições impostas pelos critérios booleanos.

Na definição dos critérios foram seguidas as etapas:

- a) Definição dos objetivos de uso - inicialmente foram definidos os principais objetivos ou finalidades de uso e ocupação das terras em nível rural. Neste trabalho foram considerados os usos agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo.
- b) Consulta à literatura - de posse dos objetivos definidos, foi consultada a literatura, a fim de detectar trabalhos realizados e os critérios (restrições e fatores) utilizados para gerar a aptidão das formas de uso desses objetivos, além de possibilitar a identificação de outros critérios de ordem econômica, social e ecológica que poderiam ser utilizados para auxiliar na expressão da aptidão das formas de uso consideradas.
- c) Consulta a especialistas - foram consultados especialistas das áreas agrícola, pecuária, florestal e recreação e turismo para se obterem os critérios considerados mais importantes ou significativos que poderiam ser utilizados. Para isso, foram realizadas entrevistas informais, não-documentadas, seguindo o modelo de entrevista orientada. Foram enfocados os seguintes aspectos principais: 1 - atentar aos especialistas que eles poderiam propor qualquer critério, desde que estes fossem importantes (relevantes) para definir as aptidões; 2 - escolher critérios mais fáceis de ser obtidos; 3 - atentar para a possibilidade de espacializar os critérios, já que estes seriam transformados em mapas.
- d) Identificação dos critérios mais significativos por objetivo - a consulta à literatura e aos especialistas possibilitou a listagem de diversos critérios. Em seguida, estes critérios foram reunidos por objetivo, discutidos com os especialistas, selecionados os considerados mais importantes ou relevantes por objetivo e especificadas as justificativas das suas escolhas.

A seguir são apresentados os critérios (restrições e fatores) definidos para os objetivos 1, 2, 3 e 4, com suas respectivas justificativas. As restrições foram combinadas de acordo com os objetivos considerados. São três as restrições definidas:

- a) **Áreas a serem recuperadas (BREC)** - áreas comumente encontradas no meio rural que necessitam de algum tipo de recuperação e não são consideradas, num primeiro momento, para uso agrícola, pecuário e exploração direta dos recursos florestais.

- b) **Áreas de preservação permanente (BPP)** - áreas não consideradas para uso agrícola, pecuário e exploração direta dos recursos florestais, uma vez que, por lei, não podem ser utilizadas para estes fins.
- c) **Florestas (BF)** - está sendo considerada para delimitar a existência ou ausência de florestas, já que a análise é realizada em áreas que apresentam apenas florestas.

Os **fatores** definidos são os seguintes:

- a) **Suscetibilidade à erosão (FSUS)** - os diferentes níveis de declividade influenciam a suscetibilidade à erosão de uma área e, conseqüentemente, a sua aptidão. Este fator é analisado em termos dos valores de declividade e dificuldades de trabalhar a área, pois, quanto maior é a declividade, maior é a suscetibilidade à erosão e menor é a aptidão, tornando-se mais difícil a utilização da área.
- b) **Uso e cobertura da terra (FUSO)** - o tipo de uso e cobertura da terra também influencia esta aptidão, pois, quando se tem uma preocupação com o uso adequado, conhecer o nível de cobertura da área é fundamental para expressar a sua aptidão.
- c) **Distância da área à água (FDAG)** - esta distância influencia a facilidade ou não do acesso à área, de forma a possibilitar o uso desta para o consumo (humano e animais), a produção agrícola e pecuária e o escoamento da produção. Também, as áreas localizadas próximas à água são mais valorizadas e utilizadas para visitação.
- d) **Distância da área à rede viária (FDVI)** - esta distância exerce influência no acesso, no escoamento da produção e, conseqüentemente, na aptidão da área, sendo um fator que especifica uma preocupação de custo e comercialização, considerando-se os objetivos agrícola e pecuário.
- e) **Solos (FSOL)** - o solo é analisado por classe, considerando a sua fertilidade, mais especificamente a saturação de bases em porcentagem (V%) e a textura. De acordo com o valor de V%, a área pode apresentar maior ou menor aptidão para as atividades agrícolas, pecuária ou florestal, tendo-se com isso uma preocupação em respeitar o potencial de uso da área. Quanto mais férteis as classes de solo para a atividade agrícola, considerando a saturação de bases (V%), menor é a aptidão para a atividade florestal. Por questão de segurança, solos mais suscetíveis à erosão, com base na sua textura, recebem menores valores de aptidão para o objetivo de recreação e turismo.
- f) **Retorno Social (FRESO1, FRESO2 e FRESO3)** - está relacionado com o retorno social da área, em termos de renda média mensal baseada no salário mínimo (sm), de acordo com o seu objetivo de uso. Assim, quanto maior a renda gerada

por um tipo de uso, maior é a sua aptidão. O FRESO1, FRESO2 e FRESO3 representam o retorno social médio mensal para os objetivos de uso agrícola, pecuário e florestal, respectivamente.

- g) **Distância da área ao centro consumidor (FDCC1, FDCC2, FDCC3 e FDCC4)** - está relacionado ao fato de que, quanto maior a distância da área ao centro consumidor, menor é sua aptidão para o uso definido, sendo considerado o centro consumidor mais próximo aquele com maior potencial. O FDCC1, FDCC2, FDCC3 e FDCC4 são a distância da área aos centros consumidores agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo, respectivamente.
- h) **Valor da terra (FVAT)** - o valor da terra tem influência direta nos custos e na pressão de uso da área. Dessa maneira, quanto maior o valor da terra, menor será a aptidão da área para as atividades agrícola, pecuária ou florestal.
- i) **Distância da área à hidrografia e rede viária (FDAV)** - é uma distância simples euclidiana, em que, quanto menor a distância, mais adequada é a área, pois facilita o escoamento da produção e diminui o custo. Esta situação é considerada em relação ao objetivo florestal.
- j) **Presença de indivíduos comerciais (FRESICO)** - representa a aptidão atual da área, considerando a tipologia florestal presente e o nível de indivíduos comerciais atuais. Dessa maneira, está sendo considerado que, quanto maior o nível de indivíduos comerciais e a tipologia vegetal mais desenvolvida, maior é a aptidão para a atividade florestal. Este fator mede a aptidão atual da área.
- k) **Declividade (FDEC)** - as áreas com menor declividade são mais apropriadas para localização de trilhas interpretativas, infra-estrutura para “camping” etc.
- l) **Paisagem cênica (FPAI)** - os tipos de paisagens que oferecem recursos cênicos mais expressivos são mais adequados para recreação e turismo. Quanto maior a atração, maior é a aptidão.

3.3.3.2. Base cartográfica

Esta fase consiste em preparar toda a base cartográfica necessária para a execução do zoneamento. Esta preparação, de acordo com a área de estudo, poderá obedecer às seguintes etapas:

- a) Disponibilização dos dados básicos necessários - nesta etapa é feito um levantamento sobre a disponibilidade dos dados básicos necessários, em seus vários formatos, incluindo o analógico (papel) e digital, ou extraídos de produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélites e fotografias aéreas).

- b) Preparação e reunião dos dados - nesta etapa, de acordo com a forma de disponibilização dos dados, estes são preparados e incorporados ao computador. Se os dados estiverem disponíveis em formato analógico, eles são transformados para o formato digital. A seqüência empregada para atingir este objetivo consiste na digitalização, edição dos dados e escolha do sistema de projeção a utilizar para todos os mapas. Os dados disponíveis em formato digital já se encontram em condições de serem reunidos. Se os dados forem extraídos de produtos de sensoriamento remoto, são utilizadas as técnicas tradicionais de interpretação visual e automática para a classificação das imagens, possibilitando a extração dos dados necessários. Após a preparação de todos os dados, eles são reunidos já em formato digital.
- c) Homogeneização ou padronização dos dados - após a reunião dos dados, eles são homogeneizados, já que podem estar em sistemas de projeções e formatos diferentes. Quando necessário, são convertidos para o formato *raster*.
- d) Disponibilização dos dados no SIG - após a homogeneização dos dados, eles estarão disponíveis para serem trabalhados pelo SIG.

O objetivo maior deste trabalho não é desenvolver metodologias para a obtenção dos mapas básicos. Parte-se da pressuposição de que estes mapas sejam disponibilizados em formato digital e de que foram obtidos por um método aceitável, apresentando boa precisão.

Os mapas básicos, neste trabalho, apresentam as seguintes características:

- a) Mapa de hidrografia (HIDROR) - é constituído das classes 1 (presença de rios) e 0 (ausência de rios).
- b) Mapa de classes de largura dos rios (HIDROGA) - é obtido a partir do HIDROR e de conhecimento ou informações disponíveis sobre as larguras dos rios. Este mapa é constituído de cinco classes de largura, de acordo com a legislação de áreas de preservação permanente. As classes são as seguintes: classe 1 - rios com largura inferior a 10 m; classe 2- rios com largura entre 10 e 50 m; classe 3- rios com largura entre 50 e 200 m; classe 4- rios com largura entre 200 e 600 m; classe 5- rios com largura superior a 600 m.
- c) Mapa de elevação ou altitude (ELEVA) - apresentado em classes contínuas de altitude.
- d) Mapa de declividade (DECLCON) - obtido a partir do mapa de elevação (ELEVA), expresso em porcentagem.
- e) Mapas de uso e cobertura atual da terra (USOCOB) e de solos (SOLOS) - quando não disponíveis, poderão ser obtidos via interpretação visual ou automática de imagens de satélites ou fotográficas.

- f) Mapa de rede viária (REVI) - obtido via digitalização de mapas em formato analógico ou a partir de imagens de sensoriamento remoto.

3.3.3.3. Geração dos mapas de critérios

Os mapas de critérios, subdivididos em restrições e fatores, são obtidos a partir dos mapas básicos.

Os mapas de restrições são obtidos de forma que, no final, se tenham imagens booleanas com opções de aptas e inaptas.

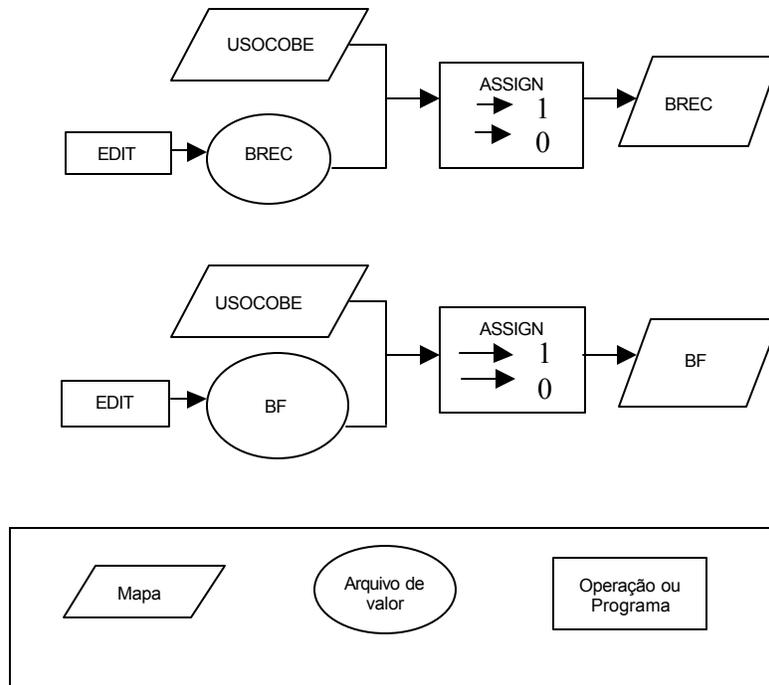
Os mapas booleanos de restrições obtidos são: mapa de áreas a serem recuperadas (BREC), mapa de florestas (BF) e mapa de preservação permanente (BPP).

A Figura 5 mostra como os mapas booleanos de áreas a serem recuperadas (BREC) e de florestas (BF) são obtidos.

A Figura 6 mostra o diagrama das operações realizadas para a obtenção do mapa de preservação permanente completo (BPP). No entanto, de acordo com a área de estudo, podem não ser encontradas todas as situações de exigências legais. Para obtenção deste mapa, são respeitadas as áreas de preservação permanente definidas por lei. É importante mencionar que, de acordo com a escala utilizada e a característica da área trabalhada, algumas dessas exigências não são mapeadas. As áreas de preservação que devem ser transformadas em reservas ecológicas, por lei, estão descritas no item 2.2 da Revisão de Literatura. Além destas, existem as unidades de conservação que também são protegidas, como: estação ecológica, reserva ecológica, parque nacional, parques, áreas de relevante interesse ecológico, reserva indígena, áreas de reservas e zonas da vida silvestre presentes nas áreas de proteção ambiental (APA) e florestas nacionais (FLONA).

Os mapas dos fatores são obtidos da seguinte maneira:

- a) Mapa de fator suscetibilidade à erosão (FSUS) - mapa gerado a partir do mapa básico de declividade (DECLCON). As suas classes são definidas com base na recomendação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), da seguinte forma: classe 1 (0 a 3%) - nula; classe 2 (3 a 8%) - ligeira; classe 3 (8 a 20%) - moderada; classe 4 (20 a 45%) - forte; classe 5 (superiores a 45%) - muito forte.
- b) Mapa de fator uso e cobertura da terra (FUSO) - este mapa de fator é o próprio mapa básico USOCBE.
- c) Mapa de fator distância da área à água (FDAG) - mapa de distância obtido a partir dos mapas de hidrografia (HIDROR) e uso e cobertura da terra (lagos, lagoas, fontes e reservatório), sendo um mapa de distância contínua aos rios e corpos d'água lênticos.

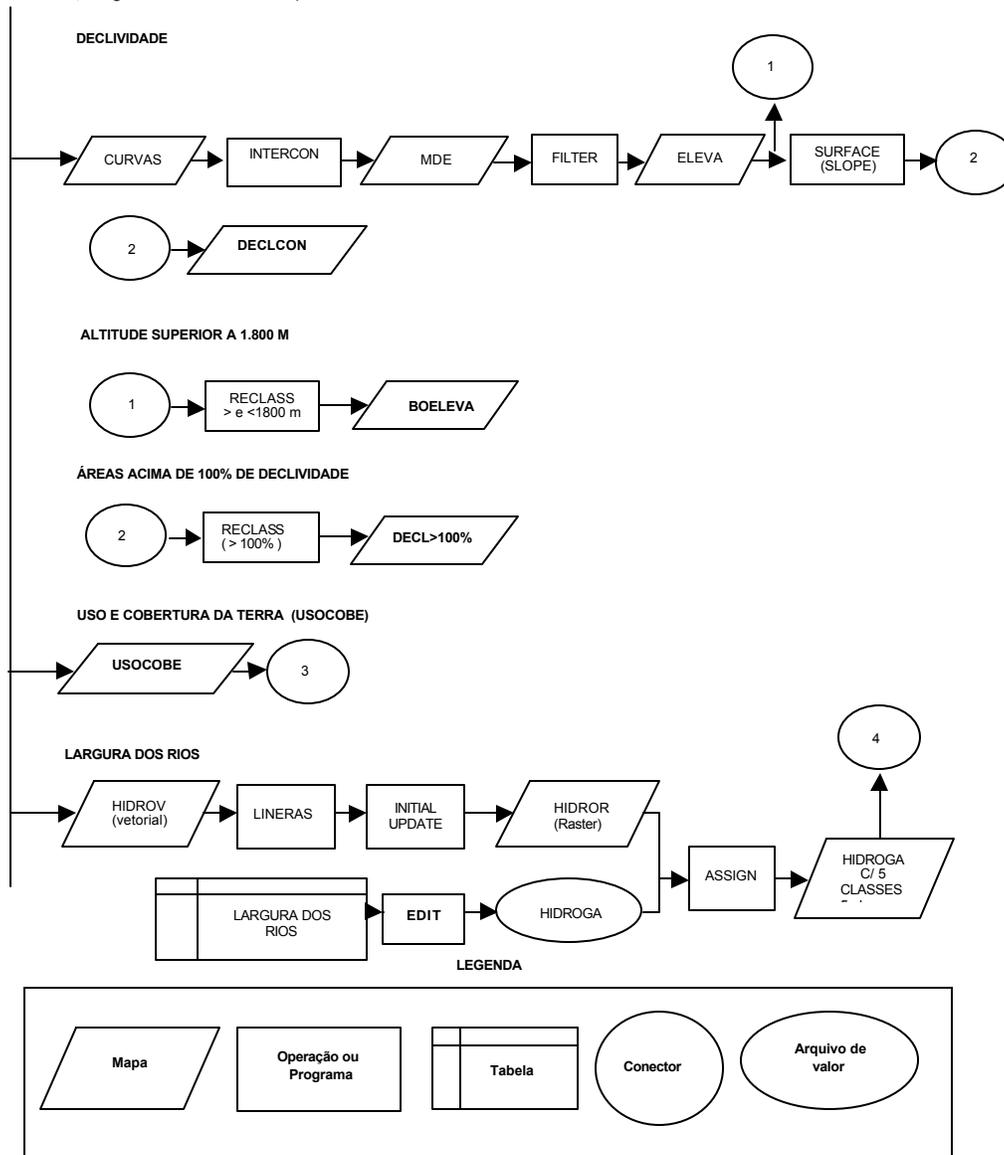


USOCOBE - mapa de uso e cobertura da terra com as suas classes de ocupação. **BREC**- mapa booleano de restrição de áreas a serem recuperadas, onde, para as áreas de restrição (áreas a serem recuperadas), são assinalados o valor zero e, para as áreas restantes, o valor um. **BF**- mapa booleano de restrição de florestas, onde, para as áreas de restrição (florestas), são assinalados o valor zero e, para as áreas restantes, o valor um.

Figura 5 - Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas booleanos de restrição, de áreas a serem recuperadas (BREC) e de florestas (BF).

- d) Mapa de fator distância da área à rede viária (FDVI)- mapa obtido a partir do mapa de rede viária (REVI).
- e) Mapa de fator solos (FSOL) - é o próprio mapa básico de solos (SOLOS), representado por classes de solo com saturação de bases (V%) e textura.
- f) Mapa de fator valor da terra (FVAT)- mapa obtido a partir do mapa básico de uso e cobertura da terra (USOCOBE) e de informações relativas às benfeitorias na área. Neste contexto, o mercado de negociação de terras, segundo DATATERRA (1999), considera, de acordo com o uso, as seguintes classes de valor da terra: 1- Alto - lavouras, áreas de reflorestamento, áreas de manejo florestal e presença de água; 2- Bom - pastagem plantada; 3- Regular- áreas de florestas com alguns indivíduos comerciais e vegetação ribeirinha; 4- Baixo- Pastagem natural; 5- Muito baixo - floresta secundária, cerrado, outras florestas sem valor econômico, áreas queimadas e solos expostos. Este mapa representa as diferentes classes de valorização da terra, de acordo com o tipo de uso e suas benfeitorias.

Mapa - Base
(Carta IBGE, Imagens de satélite e outros)



CURVAS - mapa de curvas de nível. **DECL>100%** - mapa com as áreas que apresentam declividade superior a 100%. **HIDROV**- mapa de hidrografia no formato vetorial. **TOPOCUMEADA**- mapa com os topos de morros e cumeadas. **BOELEVA** - mapa booleano com as áreas que apresentam elevação superior a 1.800 m. **BOLE10**- mapa booleano dos rios com largura de até 10 m. **BOLE50**- mapa booleano dos rios com largura de 10 a 50 m. **BOLE200**- mapa booleano dos rios com largura de 50 a 200 m. **BOLE600**- mapa booleano dos rios com largura de 200 a 600 m. **BOLE>600**- mapa booleano dos rios com largura superior a 600 m. **BOLEAC**- mapa booleano de áreas de conservação. **BOLECD**- mapa booleano de corpos d'água. **BOLEVP**- mapa booleano de vegetação protegida. **BOLENA**- mapa booleano das nascentes. **BOLEAP**- mapa booleano de áreas de pouso de aves. **BOLERH**- mapa booleano com as represas hidrelétricas. **BUF30**- mapa de "buffer" de 30 m dos rios com largura de até 10 m. **BUF50**- mapa de "buffer" de 50 m dos rios com largura de 10 a 50 m. **BUF100**- mapa de "buffer" de 100 m dos rios com largura de 50 a 200 m. **BUF200**- mapa de "buffer" de 200 m dos rios com largura de 200 a 600 m. **BUF500**- mapa de "buffer" de 500 m dos rios com largura superior a 600 m. **BUFCD**- mapa de "buffer" dos corpos d'água. **BUFNA**- mapa de "buffer" de 50 m das nascentes. **BPP**- mapa booleano de restrição de preservação permanente, onde, para as áreas de restrição (preservação permanente), são assinalados o valor zero e, para as áreas restantes, o valor um.

Figura 6 - Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar o mapa booleano de restrição de preservação permanente completo.

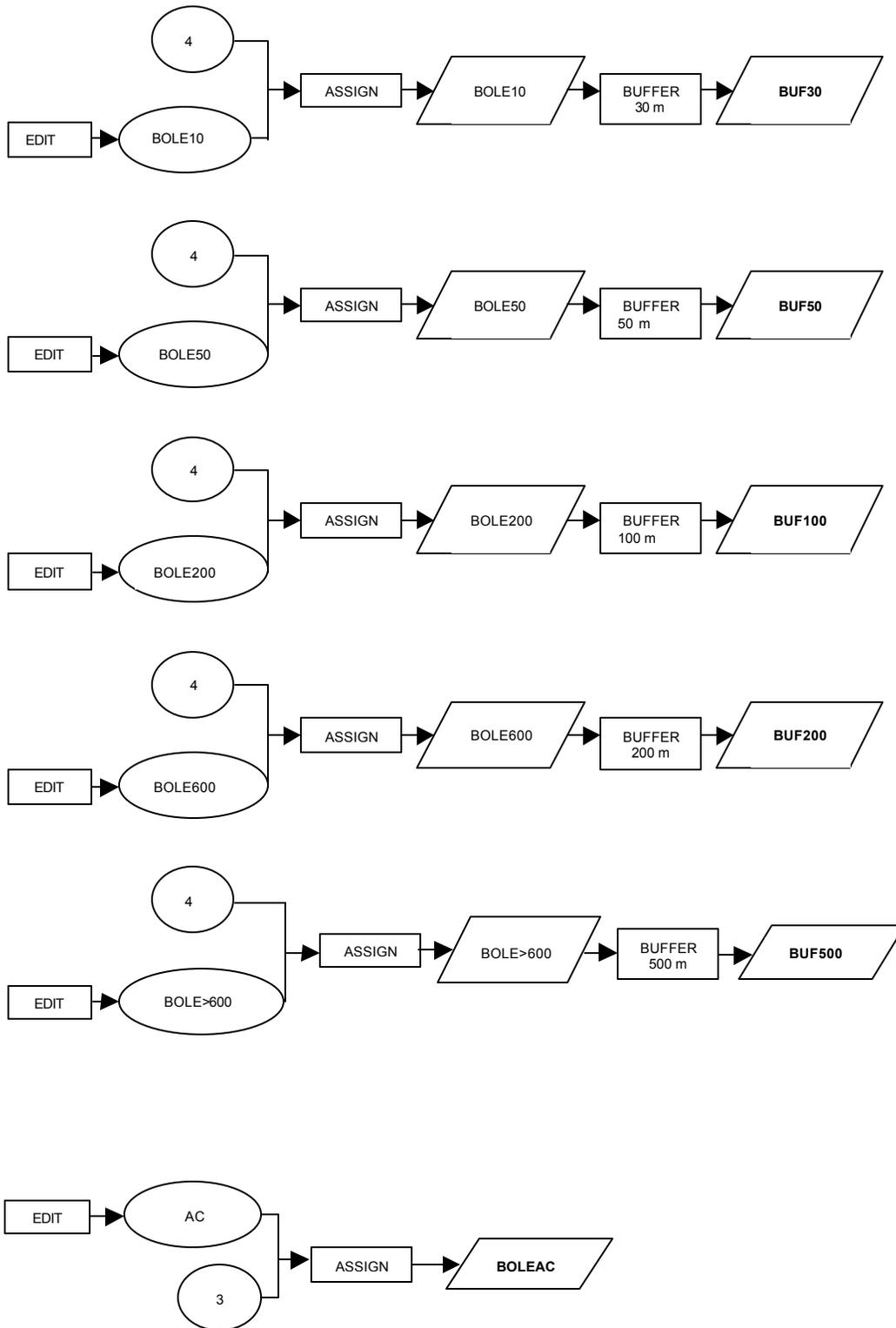
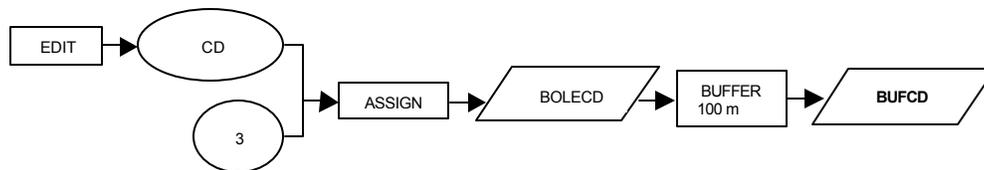
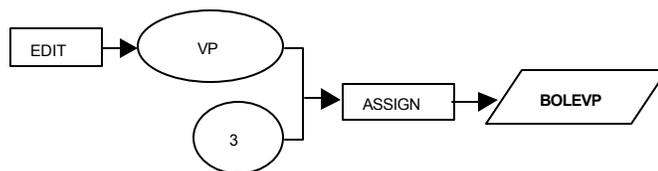


Figura 6, Cont.

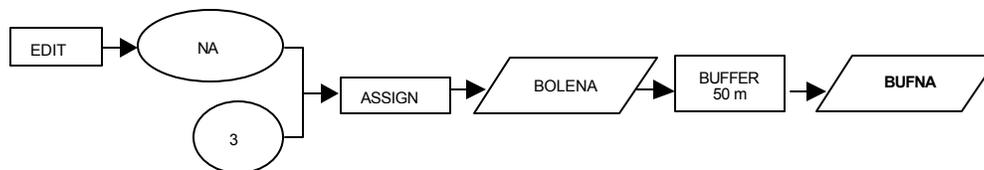
CORPOS D'ÁGUA (CD)



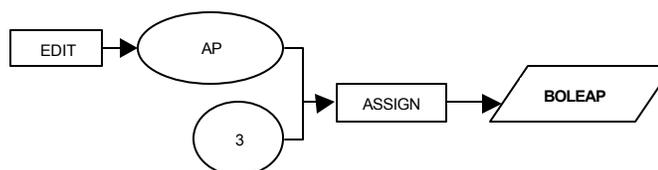
VEGETAÇÃO PROTEGIDA (VP)



NASCENTE (NA)



ÁREAS DE POUSO DE AVES (AP)



REPRESA HIDRELÉTRICA (RH)

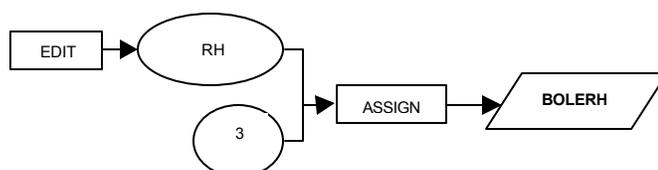


Figura 6, Cont.

AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO DOS TOPOS DE MORROS E AO REDOR DAS LINHAS DE CUMEADA SÃO OBTIDAS COM BASE EM COSTA et al. (1996). ABAIXO ENCONTRAM-SE ESPECIFICADAS AS ETAPAS PARA ESSA DETERMINAÇÃO. OUTRAS ESTRATÉGIAS PODEM SER UTILIZADAS, DESDE DE QUE SEJAM CONFIÁVEIS.

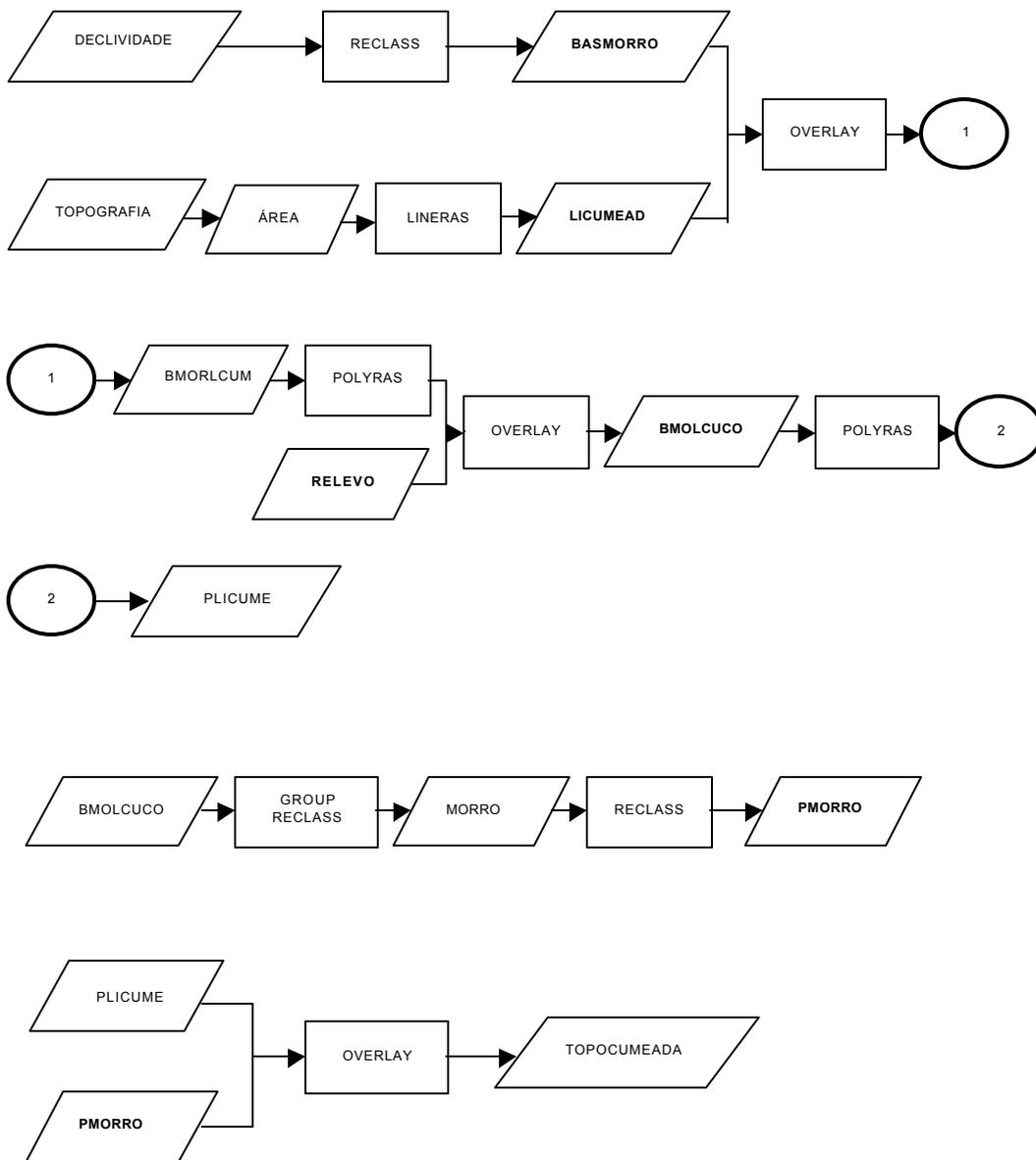


Figura 6, Cont.

PRESERVAÇÃO PERMANENTE FINAL (BPP)

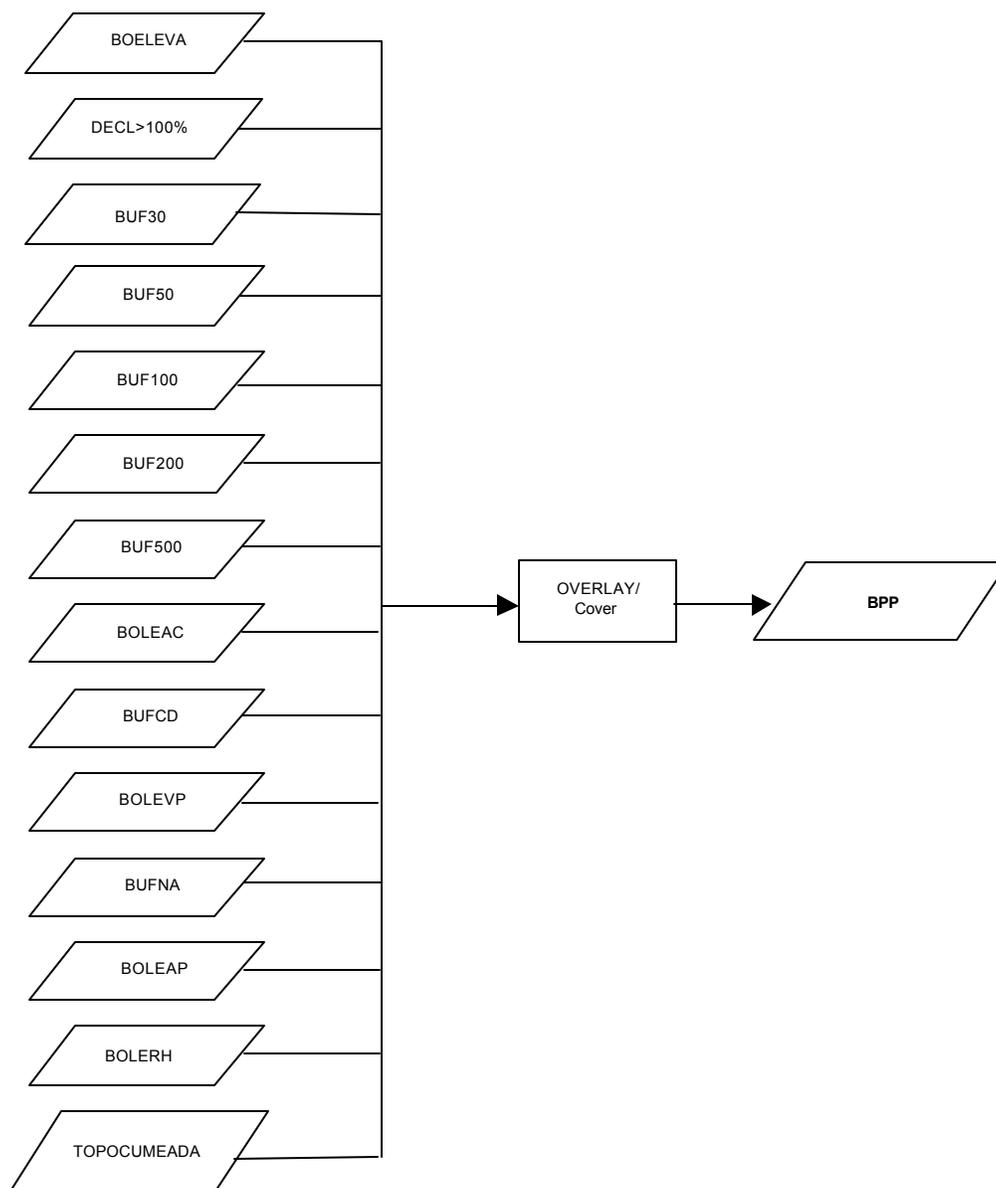


Figura 6, Cont.

- g) Mapas de fatores retorno social (FRESO1, FRESO2 e FRESO3)- mapas obtidos a partir do mapa básico de uso e cobertura atual da terra (USOCOBE) e de informações relativas à renda média mensal baseada no salário mínimo (sm), de acordo com os objetivos de uso. O FRESO1, FRESO2 e FRESO3 representam os mapas de retorno social médio mensal, para os objetivos de uso agrícola, pecuário e florestal, respectivamente.
- h) Mapas de fatores distância da área ao centro consumidor (FDCC1, FDCC2, FDCC3 e FDCC4) - mapas de custo, obtidos a partir dos mapas de rede viária (REVI) e uso e cobertura da terra (USOCOBE), o qual contém o centro consumidor. O FDCC1, FDCC2, FDCC3 e FDCC4 representam os mapas de distância da área aos centros consumidores agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo, respectivamente.
- i) Mapa de fator presença de indivíduos comerciais (FRESICO)- mapa obtido a partir do mapa de uso e cobertura da terra (USOCOBE), sendo representado em classes, mais especificamente a partir do conhecimento da tipologia florestal presente e de informações relativas ao nível de indivíduos comerciais atuais na área. Dessa maneira, considera-se que, quanto maior o nível de indivíduos comerciais e a tipologia vegetal mais desenvolvida, maior é a aptidão para a atividade florestal.
- j) Mapa de fator distância da área à hidrografia e rede viária (FDAV)- mapa obtido a partir dos mapas básicos de hidrografia (HIDROR) e de rede viária (REVI), sendo um mapa de distância simples.
- k) Mapa de fator declividade (FDEC) - mapa obtido a partir do mapa de declividade (DECLCON), sendo constituído das seguintes classes definidas pela SBCS: classe 1 (0 a 3%) - relevo plano; classe 2 (3 a 8%) - relevo suave ondulado; classe 3 (8 a 13%) - relevo moderado ondulado; classe 4 (13 a 20%) - relevo ondulado; classe 5 (20 a 45%) - relevo forte ondulado; classe 6 (45 a 100%) - relevo montanhoso; e classe 7 (maior que 100%) - relevo escarpado.
- l) Mapa de fator paisagem cênica (FPAl) - mapa obtido a partir dos mapas intermediários utilizados para obter o mapa de preservação permanente, do mapa HIDROGA (mapa de "buffer" das larguras dos rios), do mapa de uso e cobertura da terra (USOCOBE) e de visitas "in loco" (informações) na área em análise. As suas classes são representadas por: classe 5- paisagem com alta atração— composta de corpos d'água e vegetação, cachoeira, rios; classe 4 - paisagens com boa atração- áreas de pouso de aves, com vegetação rara ou endêmica e habitat de animais raros; classe 3- paisagens com média atração - áreas com floresta nativa

e campos naturais; classe 2 - paisagens com baixa atração- áreas com presença de atividades agropecuárias; classe 1 - paisagens com muito baixa atração - áreas com exploração florestal direta, queimadas e áreas degradadas. A definição dessas classes foi feita com base no trabalho de IMANAGA et al. (1994), que fizeram um levantamento das paisagens preferenciais dos brasileiros para recreação e turismo.

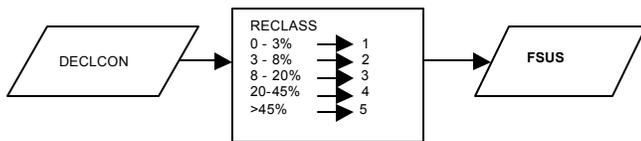
O Quadro 1 mostra, de forma resumida, os mapas básicos e de critérios para os objetivos 1, 2, 3 e 4, e a Figura 7 apresenta o diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas de fatores destes objetivos.

Quadro 1 - Mapas básicos e de critérios, por objetivo de uso

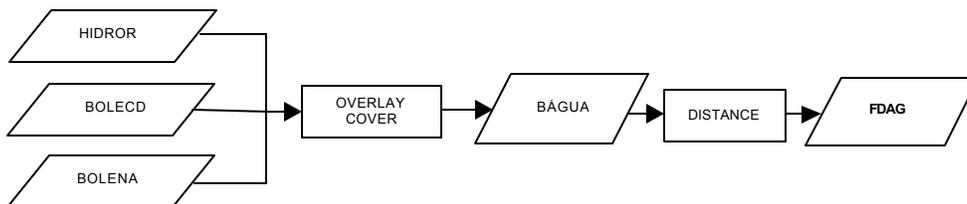
Dados	Objetivos			
	Agrícola	Pecuária	Florestal	Recreação e Turismo
Básicos	-REVI -ELEVA -HIDROR -HIDROGA -DECLCON -USOCOBE -SOLOS	-REVI -ELEVA -HIDROR -HIDROGA -DECLCON -USOCOBE -SOLOS	-REVI -DECLCON -HIDROR -HIDROGA -USOCOBE -SOLOS	-DECLCON -HIDROR -USOCOBE -REVI -SOLOS
Restrições	-BPP -BREC	-BPP -BREC	-BPP -BREC -BF	-BREC
Fatores	-FSUS -FDAG -FUSO -FSOL -FDVI -FRESO1 -FDCC1 -FVAT	-FSUS -FDAG -FUSO -FSOL -FDVI -FRESO2 -FDCC2 -FVAT	-FSUS -FDAV -FSOL -FRESO3 -FDCC3 -FVAT -FRESICO	-FDEC -FSOL -FPAI -FDCC4 -FDAG

OBJETIVO 1- AGRÍCOLA

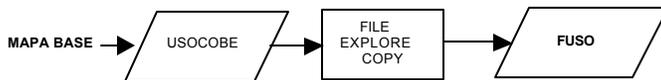
Fator Suscetibilidade à Erosão (FSUS)



Fator Distância da Área à Água (FDAG)



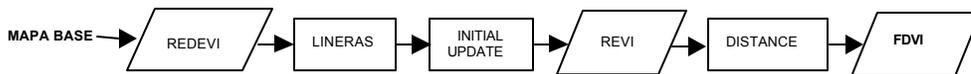
Fator Uso e Cobertura Atual da Terra (FUSO)



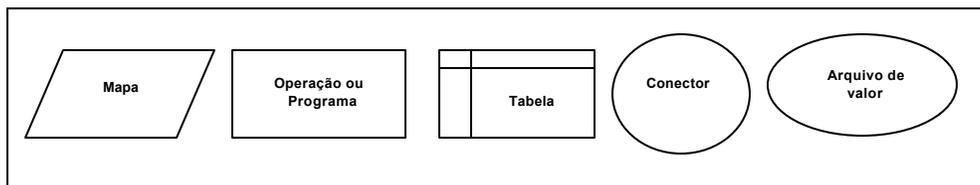
Fator Solos (Fsol)



Fator Distância da Área à Rede Viária (FDVI)

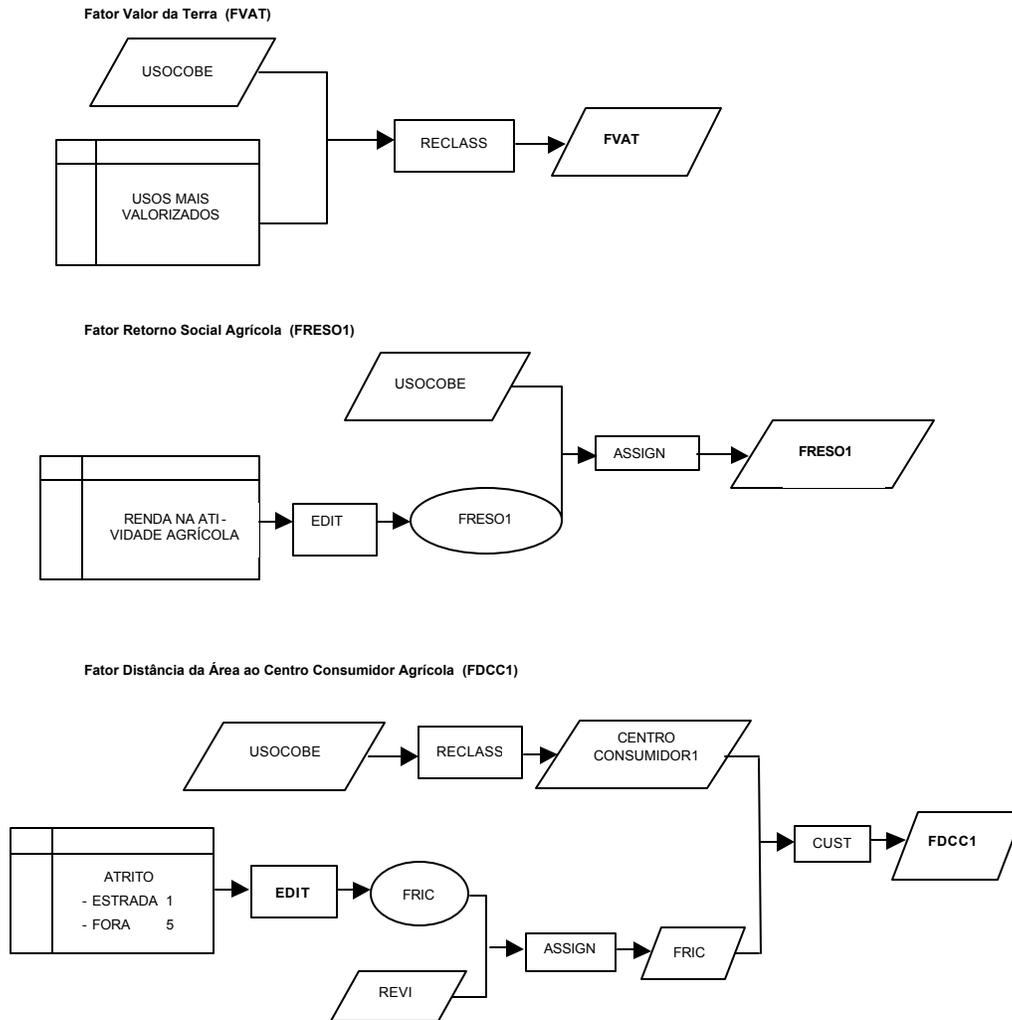


LEGENDA:



BÁGUA - mapa booleano de águas. **REDEVI** - mapa de rede viária no formato vetorial. **CENTRO CONSUMIDOR1**- mapa do centro consumidor agrícola. **CENTRO CONSUMIDOR2** - mapa do centro consumidor pecuário. **CENTRO CONSUMIDOR3**- mapa do centro consumidor florestal. **CENTRO CONSUMIDOR4** - mapa do centro consumidor de recreação e turismo. **FRIC**- mapa de fricção para as estradas. **BOLEAVI**-mapa booleano com as águas e a rede viária. **PAISAGEM** - mapa com as paisagens da área.

Figura 7 - Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas de fatores por objetivo.



OBJETIVO 2- PECUÁRIO

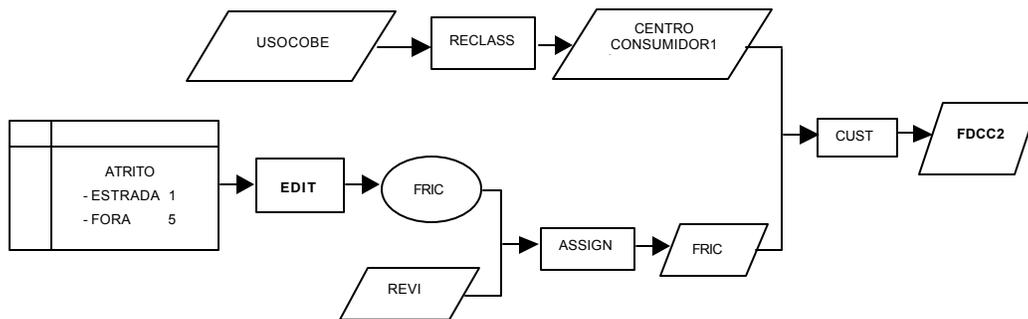
- Fator Suscetibilidade à Erosão (FSUS) → O mesmo do objetivo agrícola
- Fator Distância da Área à Água (FDAG) → O mesmo do objetivo agrícola
- Fator Solos (FSOL) → O mesmo do objetivo agrícola
- Fator Uso e Cobertura Atual da Terra (FUSO) → O mesmo do objetivo agrícola

Figura 7, Cont.

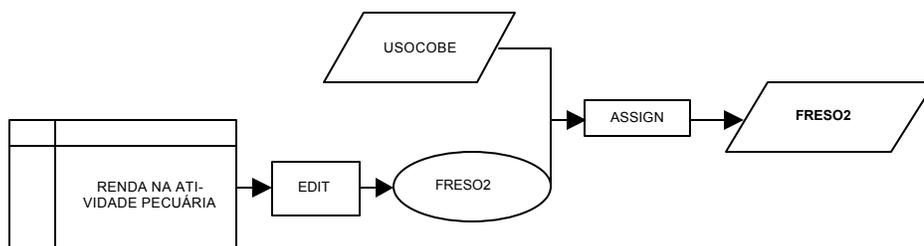
Fator Distância da Área à Rede Viária (FDVI) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Valor da Terra (FVAT) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Distância da Área ao Centro Consumidor Pecuário (FDCC2)



Fator Retorno Social Pecuário (FRESO2)



OBJETIVO 3- FLORESTAL

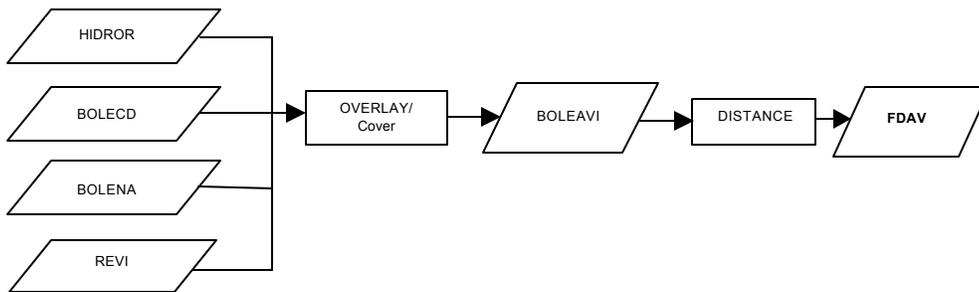
Fator Suscetibilidade à Erosão (FSUS) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Solos (FSOL) → O mesmo do objetivo agrícola

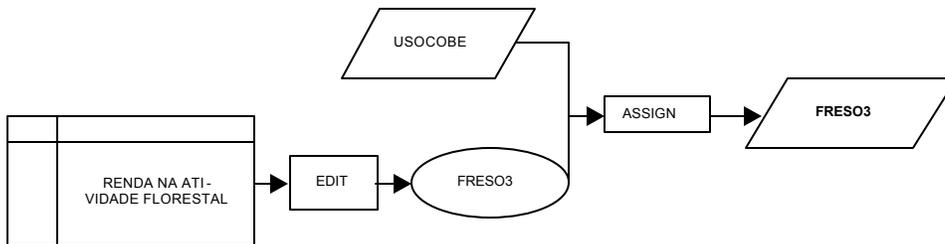
Fator Valor da Terra (FVAT) → O mesmo do objetivo agrícola

Figura 7, Cont.

Fator Distância da Área à Hidrografia ou Rede Viária (FDAV)



Fator Retorno Social Florestal (FRESO3)



Fator Distância da Área ao Centro Consumidor Florestal (FDCC3)

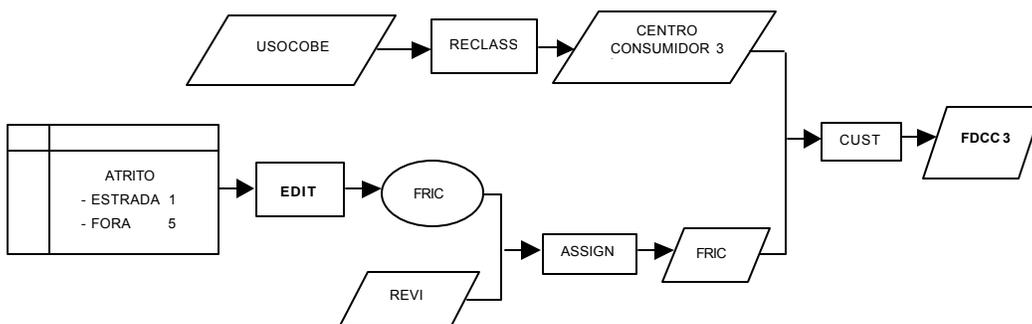
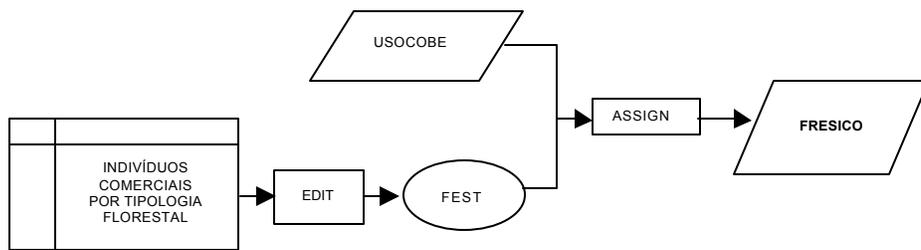


Figura 7, Cont.

Fator Presença de Indivíduos Comerciais (FRESICO)

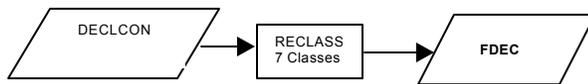


OBJETIVO 4- RECREAÇÃO E TURISMO

Fator Solos (FSOL) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Distância da Área à Água (FDAG) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Declividade (FDEC)



Fator Distância da Área ao Centro Consumidor de Recreação e Turismo (FDCC4)

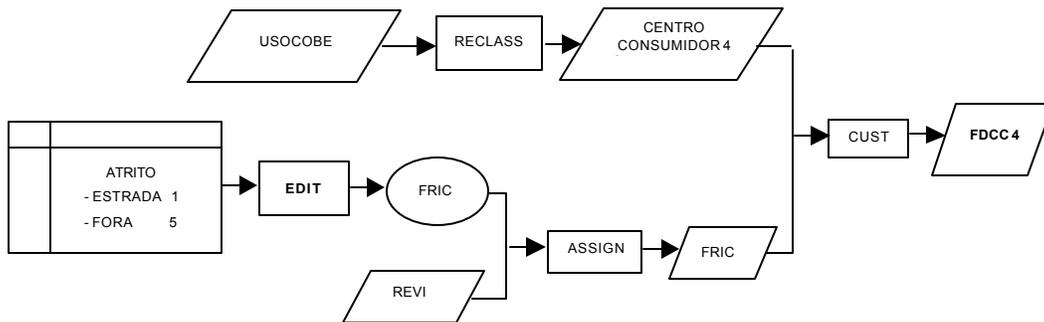


Figura 7, Cont.

Fator Paisagem Cênica (FPAI)

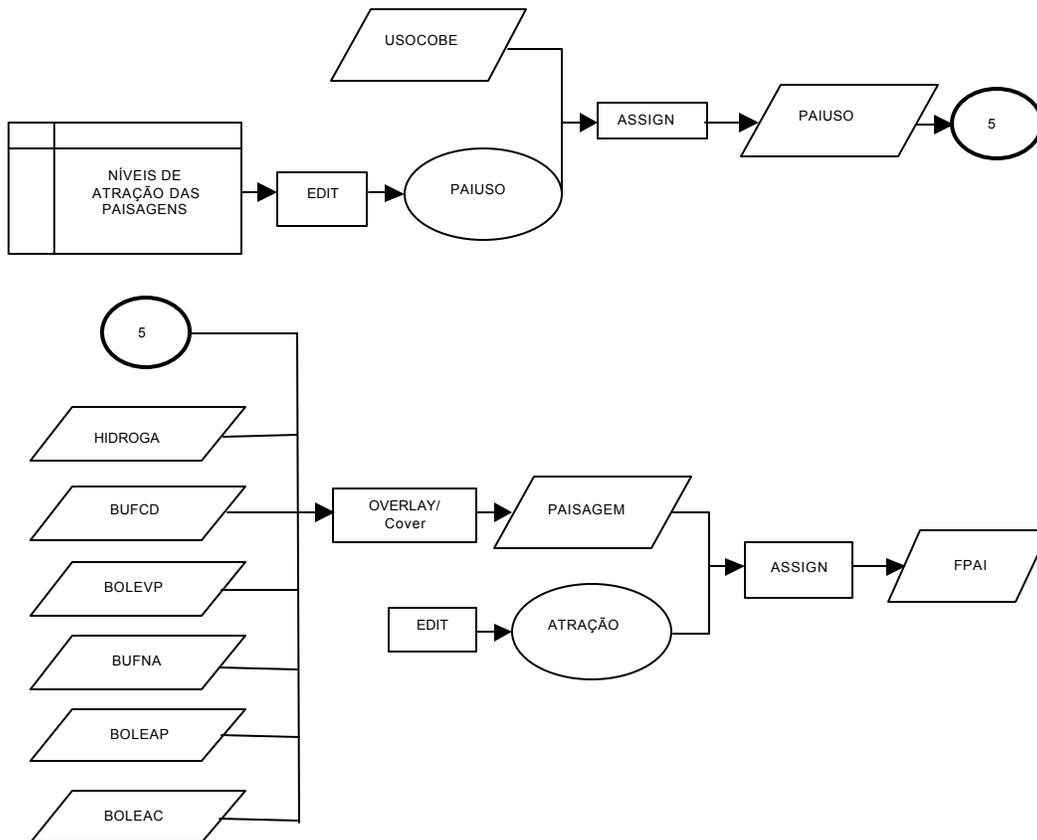


Figura 7, Cont.

3.3.3.4. Reescalonamento padronizado dos fatores

Considerando que os fatores estão em unidades de medidas diferentes- por exemplo, o fator SOLOS é apresentado em classes de solo e o FDCC1 em medida de distância -, eles necessitam ser reescalonados para um intervalo numérico comum, por meio de um processo de padronização.

Nesta proposta metodológica, a padronização é realizada para cada fator, considerando cinco classes de aptidões, assim definidas: classe 5- muito boa; classe 4 - boa; classe 3 - regular; classe 2 - baixa e; classe 1 - muito baixa. As classes de padronização utilizadas estão resumidas no Quadro 2.

Estes intervalos de padronização utilizados foram definidos com base na consulta à literatura e em especialistas. No primeiro momento, foram analisados a influência e o comportamento de cada um dos fatores na aptidão, considerando as cinco classes de aptidão, obtendo-se o fator padronizado para estas classes. Em seguida, foram consultados outros especialistas, para então serem confirmados ou alterados os intervalos de padronização propostos por fator. Os fatores padronizados, com suas justificativas, são apresentados a seguir:

- a) Fator padronizado suscetibilidade à erosão (PSUS)- para efeito de padronização, os intervalos de reescalonamento para este fator são definidos considerando que, quanto maior a declividade, maior é a suscetibilidade à erosão e pior é a aptidão das áreas para as atividades agrícola, pecuária e florestal.
- b) Fatores padronizados uso (PUSO1 e PUSO2) - os seus intervalos de reescalonamento para a padronização são definidos considerando que, à medida que a cobertura da terra aumenta, a aptidão do uso agrícola e pecuário diminui, do ponto de vista de dificuldade de implementar estas atividades. O PUSO1 e PUSO2 representam os fatores padronizados uso agrícola e pecuário, respectivamente.
- c) Fator padronizado distância da área à água para agricultura e pecuária (PDAGA) - seus intervalos de reescalonamento para a padronização são definidos com base em uma preocupação de custo, pois, quanto menor a distância da área à água, melhores aptidões terão estas atividades, por facilitar a irrigação, o consumo da água e o escoamento da produção por rios.
- d) Fator padronizado distância da área à água para recreação e turismo (PDAGR)- seus intervalos de reescalonamento para a padronização são definidos com base em uma preocupação com o valor da paisagem e das larguras de "buffers" de preservação permanente ao longo dos rios, pois, quanto menor a distância da área à

água, maior a atração de turistas e, conseqüentemente, maior a aptidão para esta atividade.

Quadro 2 - Mapas de fatores, dos fatores padronizados, por objetivo, e os reescalamentos padronizados

Objetivos	Fatores	Fatores padronizados	Classes de aptidão				
			5-muito boa	4-boa	3-regular	2-baixa	1-muito baixa
1- agrícola	-FSUS	-PSUS	0 – 3%	3 - 8%	8 – 20%	20 - 45%	> 45%
	-FDAG	-PDAGA	0-100 m	100-200 m	200-400 m	400-800 m	> 800 m
	-FUSO	-PUSO1	A	B	C	D	E
	-FSOL	-PSOL1	>60%	40-60%	20-40%	10-20%	<10%
	-FDVI	-PDVI	0-300 m	300-500 m	500-700 m	700-1500 m	>1500 m
	-FRESO1	-PRESO1	>3sal.	1.1-3sal.	1- 1sal.	0.3- 1sal.	0- 0.3sal.
	-FDCC1	-PDCC1	0-30 km	30-150	150-200	200-600	>600
	-FVAT	-PVAT	A	B	C	D	E
2- pecuário	-FSUS	-PSUS	0-3%	3-8%	8-20%	20-45%	>45%
	-FDAG	-PDAGA	0-100 m	100-200	200-400	400-800	>800
	-FUSO	-PUSO2	A	B	C	D	E
	-FSOL	-PSOL2	>40%	20-40%	10-20%	5-10%	<5%
	-FDVI	-PDVI	0-300 m	300-500	500-700	700-1500	>1500
	-FRESO2	-PRESO2	>3sal.	1.1-3sal.	1- 1sal.	0.3- 1sal.	0- 0.3sal.
	-FDCC2	-PDCC2	0-50 km	50-200	200-400	400-600	>600
	-FVAT	-PVAT	A	B	C	D	E
3- florestal	-FSUS	-PSUS	0 - 3%	3 - 8%	8 – 20%	20 - 45%	>45%
	-FDAV	-PDAV	0-100 m	100-200	200-300	300-500	>500
	-FSOL	-PSOL3	<10%	10-20%	20-40%	40-60%	>60%
	-FRESO3	-PRESO3	>4sal.	2- 4sal.	1- 2sal.	0.5- 1sal.	0- 0.5sal.
	-FDCC3	-PDCC3	0-100 km	100-200	200-400	400-600	>600
	-FVAT	-PVAT	A	B	C	D	E
4- recreação e turismo	-FDEC	-PDEC	0-3%	3-8%	8-13%	13-45%	>45%
	-FSOL	-PSOL4	A	B	C	D	E
	-FPAI	-PPAI	A	B	C	D	E
	-FDCC4	-PDCC4	0-50 km	50-100	100-200	200-500	>500
	-FDAG	-PDAGR	100-200 m	200-300	300-500	500-1500	>1500

CLASSES DO PUSO1: A - lavoura ; B - pastagem, queimadas, campo aberto ou natural, capoeira baixa; C - reflorestamento; D - floresta secundária; E - floresta primária, afloramento rochoso, áreas a serem recuperadas, corpos d'água e agrovila. **CLASSES DO PUSO2** A - pastagem natural ou plantada; B - capoeira baixa, queimadas; C - lavoura; D - capoeira desenvolvida e florestas secundárias; E - reflorestamento, florestas primárias, afloramento rochoso, agrovila, áreas a serem recuperadas e outros usos. **CLASSES DO PVAT:** A - floresta secundária, cerrado e outras florestas sem valor comercial; B - pastagem natural; C - áreas de florestas com alguns indivíduos comerciais; D - pastagem plantada; E - lavoura, áreas de reflorestamento, áreas de manejo florestal. **CLASSES DO PRESICO:** A - floresta ombrófila ou estacional semidecidual com bom número de indivíduos comerciais, floresta plantada, floresta com presença de espécies extrativistas; B - floresta ombrófila ou estacional semidecidual com reduzido número de indivíduos comerciais de grande porte; C - floresta secundária com alguma presença de indivíduos comerciais de médio porte; D - floresta secundária com pouca presença de indivíduos comerciais de pequeno porte; E - floresta sem presença de indivíduos comerciais. **CLASSES DO PPAI:** A - paisagens com alta atração; B - paisagens com boa atração; C - paisagens com média atração; D - paisagens com baixa atração; E - paisagens com muito baixa atração. **CLASSES DO PSOL4:** A - muito argilosa; B - argilosa; C - média; D - siltosa; E - arenosa.

- e) Fator padronizado distância da área à rede viária (PDVI) - a definição dos intervalos de reescalonamento para a padronização deste fator é baseada no nível de dificuldade de acesso à área e escoamento de produção, ocorrendo uma preocupação com o custo, pois, quanto menor a distância à rede viária (estrada), melhor é a aptidão da área.
- f) Fatores padronizados solos (PSOL1, PSOL2, PSOL3 e PSOL4) - os intervalos de reescalonamento dos fatores padronizados PSOL1 (agrícola), PSOL2 (pecuário) e PSOL3 (florestal) são definidos com base no valor da saturação de bases em porcentagem (V%), que mede a fertilidade da área, e o do PSOL4 (recreação e turismo) é baseado na textura de cada classe de solo. Esses intervalos são definidos considerando-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, que sugere a utilização dos solos de acordo com a sua maior ou menor fertilidade, possibilitando melhor uso das suas potencialidades. Neste sentido, há uma relação inversa quando comparado o solo para as atividades agrícola e florestal, pois as melhores classes de fertilidade para a atividade agrícola são as menos adequadas para a atividade florestal, havendo preocupação em termos de otimização de uso. Dessa maneira, quanto pior for o solo, maior é a sua aptidão para a atividade florestal. Além disso, segundo este sistema, a medição da suscetibilidade à erosão também pode se basear na textura do solo. Conseqüentemente, quanto maior a suscetibilidade, mais restrita é a área para a visitação pública, resultando numa maior ou menor aptidão para a atividade de recreação e turismo. Assim, os solos mais suscetíveis à erosão, considerando a textura, recebem menores valores de aptidão para essa atividade.
- g) Fator padronizado valor da terra (PVAT) - a definição dos seus intervalos de reescalonamento para a padronização é baseada em uma preocupação com o custo, pois o aumento do valor da terra (definido de acordo com o uso atual e as benfeitorias, conforme as cinco classes de valor da terra anteriormente definidas) diminui a aptidão para os diversos usos.
- h) Fatores padronizados retorno social (PRESO1, PRESO2 e PRESO3) - a definição dos seus intervalos de reescalonamento para a padronização é baseada na renda média mensal, considerando o salário mínimo. Estes fatores mostram uma preocupação social, pois o aumento da renda média resulta no aumento da aptidão. O PRESO1, PRESO2 e PRESO3 representam os fatores padronizados agrícola, pecuário e florestal, respectivamente.

- i) Fatores padronizados distância da área ao centro consumidor (PDCC1, PDCC2, PDCC3 e PDCC4) - a definição dos intervalos de reescalonamento dos fatores padronizados PDCC1 (distância do centro consumidor agrícola), PDCC2 (distância do centro consumidor pecuário) e PDCC3 (distância do centro consumidor florestal) é baseada na distância máxima do centro consumidor para que haja aptidão. Neste sentido, o aumento desta distância diminui a aptidão para o objetivo de uso considerado. Já para o PDCC4 (distância do centro consumidor de recreação e turismo) estes intervalos são definidos com base na maior ou menor distância do centro consumidor, de acordo com o nível de custo para visitar a área e o tempo disponível para lazer de um dia. Aqui, o aumento da distância diminui a aptidão para esta atividade. Assim, estes fatores representam uma preocupação de custo.
- j) Fator padronizado presença de indivíduos comerciais (PRESICO)- a definição dos seus intervalos de reescalonamento para a padronização é baseada no nível de desenvolvimento da tipologia florestal e no nível de indivíduos comerciais presentes.
- k) Fator padronizado distância da área à hidrografia ou rede viária (PDAV)- a definição dos intervalos de reescalonamento deste fator é baseada no nível de dificuldade de acesso à área e escoamento da produção, pois, quanto menor a distância da hidrografia e rede viária, melhor é a aptidão da área.
- l) Fator padronizado declividade (PDEC)- a definição dos seus intervalos de reescalonamento é baseada na maior ou menor dificuldade para localizar possíveis usos intensivos, representados por trilhas interpretativas, infra-estrutura para camping etc. Quanto menor a declividade, considerando a segurança, mais apropriada é a área e maior é a aptidão para recreação e turismo.
- m) Fator padronizado paisagem cênica (PPAI) - a definição dos seus intervalos de reescalonamento tem como base o valor cênico da área, sendo considerado o número de pessoas atraídas pela paisagem. Assim, quanto maior é a atração, mais apta é a paisagem para a atividade de recreação e turismo.

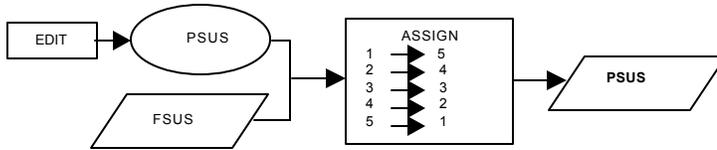
Quando os fatores são padronizados utilizando-se esses intervalos, eles passam a se chamar fatores padronizados.

3.3.3.5. Determinação dos mapas de fatores padronizados

A partir dos intervalos de padronização definidos para cada fator, segundo o Quadro 2, são gerados os mapas de fatores padronizados por meio das operações realizadas no SIG, conforme a Figura 8.

OBJETIVO 1- AGRÍCOLA

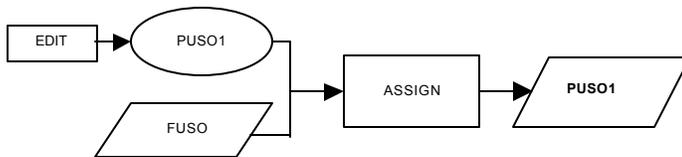
Fator Padronizado Suscetibilidade à Erosão (PSUS)



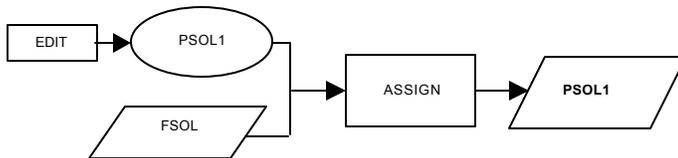
Fator Padronizado Distância da Área à Água Para a Agricultura e Pecuária (PDAGA)



Fator Padronizado Uso Agrícola (PUSO1)



Fator Padronizado Solos (PSOL1)



LEGENDA:

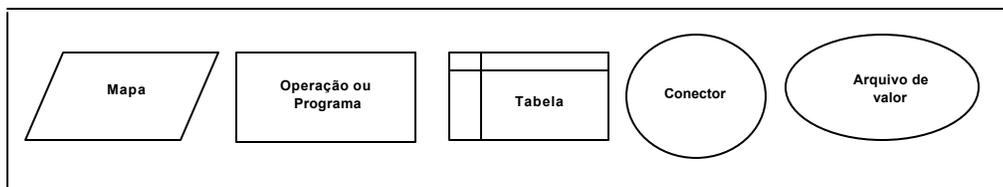
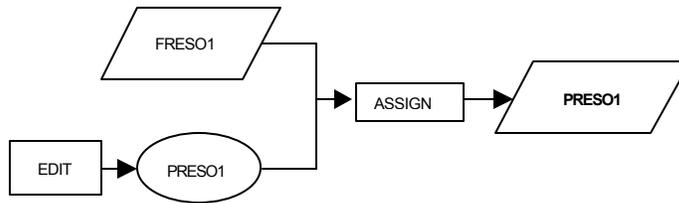


Figura 8 - Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas de fatores padronizados.

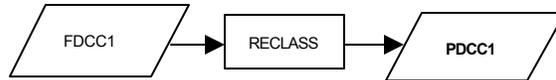
Fator Padronizado Distância da Área à Rede Viária (PDVI)



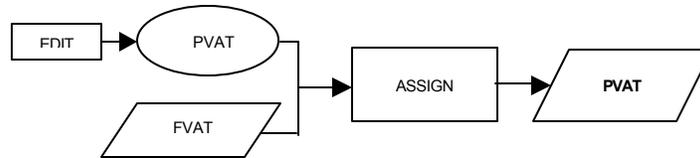
Fator Padronizado Retorno Social Agrícola (PRESO1)



Fator Padronizado Distância da Área ao Centro Consumidor Agrícola (PDCC1)



Fator Padronizado Valor da Terra (PVAT)



OBJETIVO 2- PECUÁRIO

Fator Padronizado Suscetibilidade à Erosão (FSUS) —> O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Distância da Área à Água (PDAGA) Para a Agricultura e Pecuária —> O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Distância da Área à Rede Viária (FDVI) —> O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Valor da Terra (FVAT) —> O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Solos (PSOL2)

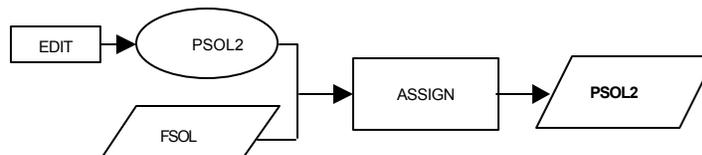
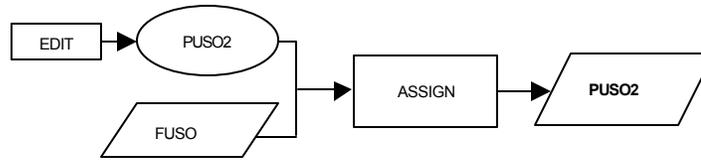


Figura 8, Cont.

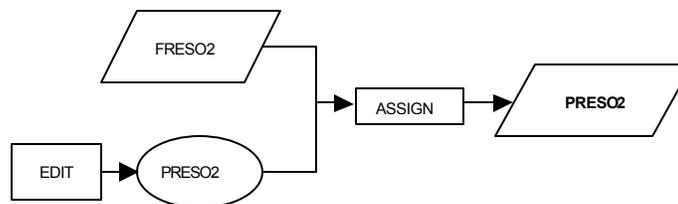
Fator Padronizado Uso Pecuário (PUSO2)



Fator Padronizado Distância da Área ao Centro Consumidor Pecuário (PDCC2)



Fator Padronizado Retorno Social Pecuário (PRESO2)

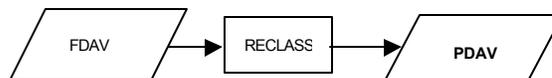


OBJETIVO 3- FLORESTAL

Fator Padronizado Suscetibilidade à Erosão (FSUS) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Valor da Terra (FVAT) → O mesmo do objetivo agrícola

Fator Padronizado Distância da Área à Hidrografia e Rede Viária (PDAV)



Fator Padronizado Solos (PSOL3)

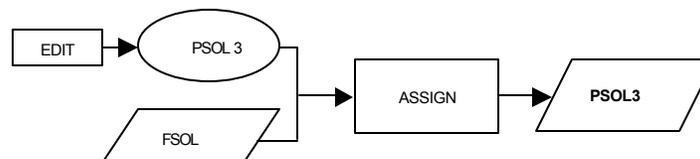
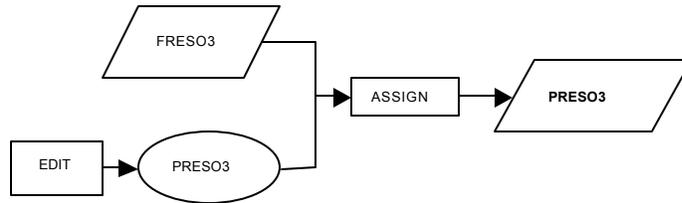


Figura 8, Cont.

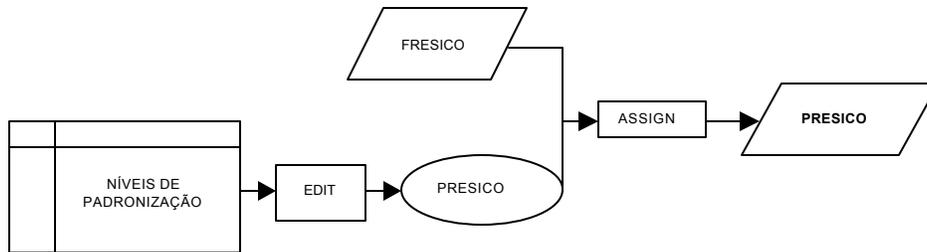
Fator Padronizado Retorno Social Florestal (PRESO3)



Fator Padronizado Distância da Área ao Centro Consumidor Florestal (PDCC3)



Fator Padronizado Presença de Individuos Comerciais (PRESICO)



OBJETIVO 4 - RECREAÇÃO E TURISMO

Fator Padronizado Declividade (PDEC)

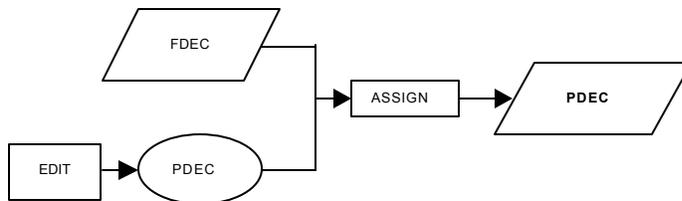
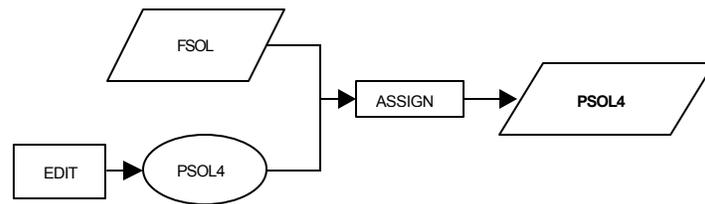
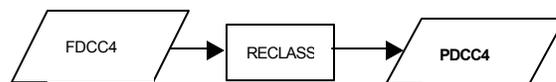


Figura 8, Cont.

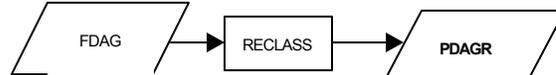
Fator Padronizado Solos (PSOL4)



Fator Padronizado Distância da Área ao Centro Consumidor de Recreação e Turismo (PDCC4)



Fator Padronizado Distância da Área à Água Para a Recreação e Turismo (PDAGR)



Fator Padronizado Paisagem Cênica (PPAI)



Figura 8, Cont.

3.3.3.6. Pesos dos fatores padronizados

Os pesos dos fatores padronizados e as restrições por objetivos são definidos no Quadro 3. Estes pesos são um dos dados de entrada necessários para gerar os mapas de aptidão via média ponderada ordenada (OWA). Recomenda-se a utilização desses pesos pelo fato de eles terem sido obtidos através da discussão com vários especialistas. Outros pesos podem ser utilizados, desde que sejam obtidos por outros grupos de especialistas e de forma democrática, evitando a decisão individual de um único especialista. Estes pesos foram definidos com base no método de análise hierárquica (MAH), discutido no item 2.4.2. As restrições foram definidas com base na opinião de especialistas e representam os critérios que devem ser cumpridos obrigatoriamente.

Quadro 3 - Peso dos fatores padronizados e restrição dos objetivos 1, 2, 3 e 4

Objetivos	Fatores Padronizados	Pesos	Restrições
1 - Agrícola Taxa de Consistência = 0,02	-PSUS -PDAGA -PUSO1 -PSOL1 -PDVI -PRESO1 -PDCC1 -PVAT	0,27 0,10 0,04 0,16 0,10 0,21 0,05 0,07	-BREC -BPP
2 - Pecuária Taxa de Consistência = 0,02	-PSUS -PDAGA -PUSO2 -PSOL2 -PDVI -PRESO2 -PDCC2 -PVAT	0,27 0,10 0,04 0,16 0,10 0,21 0,05 0,07	-BREC -BPP
3 - Florestal Taxa de Consistência = 0,07	-PSUS -PDAV -PSOL3 -PRESO3 -PDCC3 -PVAT -PRESICO	0,30 0,03 0,05 0,27 0,07 0,11 0,17	-BREC -BPP -BF

4 - Recreação-turismo	-PDEC	0,15	-BREC
	-PSOL4	0,36	
	-PPAI	0,25	
Taxa de Consistência = 0,03	-PDCC4	0,08	
	-PDAGR	0,16	

A matriz de comparação que relaciona o grau de importância de um fator ponderado em relação a outro, para cada objetivo, foi preenchida democraticamente, com a participação e opinião dos especialistas, visando a obtenção de um consenso. Os Quadros 4, 5, 6 e 7 mostram a importância relativa definida pelos especialistas, por meio da comparação dois a dois dos fatores padronizados, conforme escala de valor de importância definida na Figura 2. Estas matrizes foram preenchidas considerando os objetivos agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo.

Quadro 4 - Matriz de comparação pareada entre os fatores padronizados com os valores de importância definidos pelos especialistas para o objetivo de uso agrícola

	PSUS	PDAG A	PUSO 1	PSOL 1	PDVI	PRESO 1	PDCC 1	PVAT
PSUS	1							
PDAGA	1/3	1						
PUSO1	1/5	1/3	1					
PSOL1	1/2	2	3	1				
PDVI	1/2	1	2	1/2	1			
PRESO1	1/2	2	5	2	3	1		
PDCC1	1/4	1/2	2	1/3	1/2	1/4	1	
PVAT	1/4	1/2	2	1/3	1/2	1/2	2	1

Quadro 5 - Matriz de comparação pareada entre os fatores padronizados com os valores de importância definidos pelos especialistas para o objetivo de uso pecuário

	PSUS	PDAG A	PUSO 2	PSOL 2	PDVI	PRESO 2	PDCC 2	PVAT
--	-------------	---------------	---------------	---------------	-------------	----------------	---------------	-------------

PSUS	1						
PDAGA	1/3	1					
PUSO2	1/5	1/3	1				
PSOL2	1/2	2	3	1			
PDVI	1/2	1	2	1/2	1		
PRESO2	1/2	2	5	2	3	1	
PDCC2	1/4	1/2	2	1/3	1/2	1/4	1
PVAT	1/4	1/2	2	1/3	1/2	1/2	2 1

Quadro 6 - Matriz de comparação pareada entre os fatores padronizados com os valores de importância definidos pelos especialistas para o objetivo de uso florestal

	PSUS	PDAV	PSOL3	PRESO3	PDCC3	PVAT	PRESICO
PSUS	1						
PDAV	1/5	1					
PSOL3	1/5	3	1				
PRESO3	1/2	9	5	1			
PDCC3	1/5	4	2	1/3	1		
PVAT	1/2	5	3	1/4	3	1	
PRESICO	1/3	7	3	1/3	4	3	1

Quadro 7 - Matriz de comparação pareada entre os fatores padronizados com os valores de importância definidos pelos especialistas para o objetivo de uso de recreação e turismo

	PDEC	PSOL4	PPAI	PDCC4	PDAGR
PDEC	1				
PSOL4	2	1			
PPAI	2	1/2	1		
PDCC4	1/2	1/3	1/3	1	
PDAGR	1	1/3	1/2	3	1

Posteriormente, utilizando-se o módulo WEIGHT do SIG IDRISI, foram obtidos os pesos de cada fator padronizado e o índice de consistência da comparação pareada para os objetivos 1, 2, 3 e 4. Segundo SAATY (1977), esta consistência indica a probabilidade de os pesos terem sido calculados aleatoriamente, e um valor superior a 0,10 indica que a matriz precisa ser reavaliada. Neste sentido, quando a consistência assumia valores superiores a 0,10, modificava-se o grau de importância da matriz, até se atingir uma consistência adequada. A Figura 9 mostra os dados utilizados para efetuar a ponderação. Os pesos obtidos são então utilizados para a determinação da aptidão para os diferentes objetivos, conforme o método de avaliação sob critérios múltiplos da média ponderada ordenada (OWA).

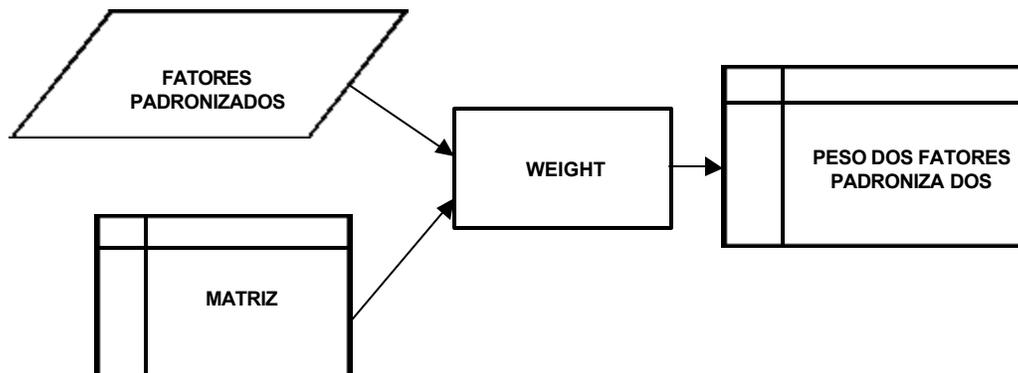


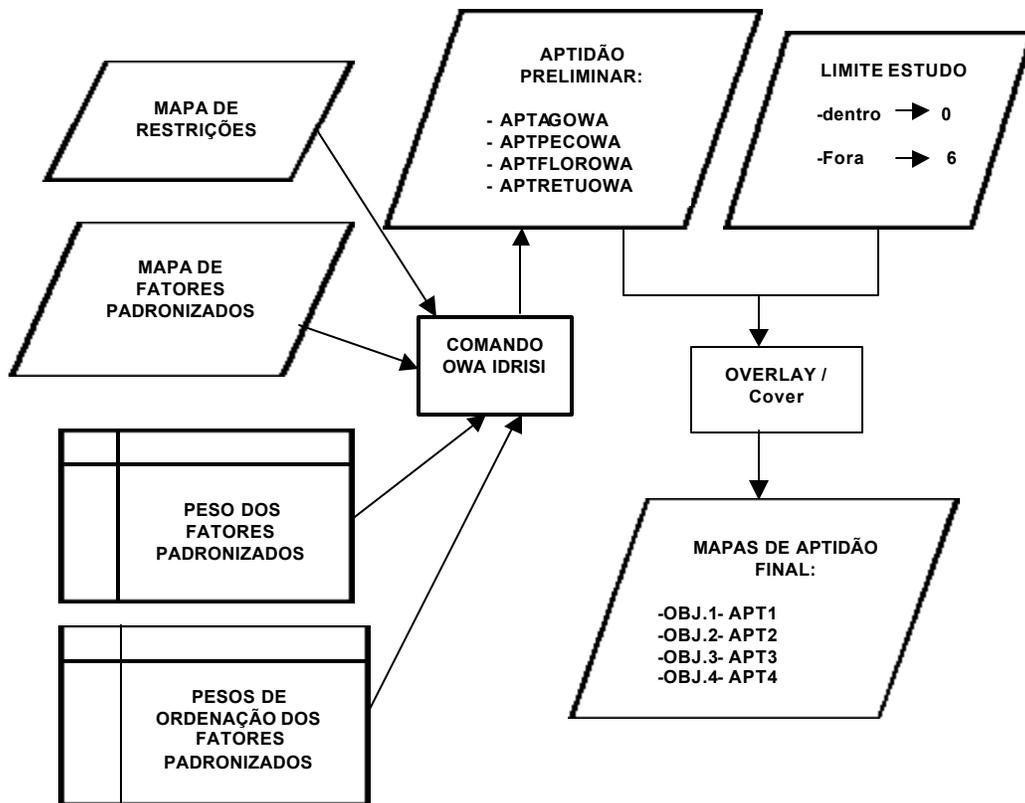
Figura 9 - Diagrama mostrando um esquema de como os dados necessários são utilizados para a determinação dos pesos dos fatores padronizados.

3.3.3.7. Aplicação do método de avaliação sob critérios múltiplos

Na determinação da aptidão foi utilizado o método de combinação de critérios múltiplos denominado média ponderada ordenada (OWA). Esta estratégia de decisão, apresentada no item 2.3.3. da Revisão de Literatura, permite controlar o risco que se deseja assumir na avaliação sob critérios múltiplos e o grau com que os pesos dos fatores padronizados (pesos de compensação) influenciam o mapa de aptidão. Nesta técnica, além dos pesos dos fatores padronizados, são introduzidos os pesos de ordenação, que consideram a ordem em que os fatores são ordenados. Os fatores padronizados são hierarquizados numa ordem que vai de uma menor aptidão para uma maior aptidão, sendo definidos os pesos de acordo com o nível de aversão a risco e compensação desejada. Os pesos de ordenação governam, primeiramente, o

grau com o qual os pesos dos fatores terão influência no procedimento de agregação. Após a aplicação dos pesos dos fatores aos fatores originais, os resultados são ordenados da aptidão mais baixa para a mais alta, em cada local (pixel). Ao fator com o valor de menor aptidão é dado o primeiro peso de ordenação, ao fator com o segundo valor mais baixo, o segundo peso de ordenação, e assim por diante. Isto tem o efeito de ponderar fatores com base em sua ordem do valor mínimo ao valor máximo para cada local (pixel). Dessa forma, o OWA oferece uma variedade de cenários ou soluções possíveis que o tomador ou o grupo de decisão pode obter.

Os tomadores de decisão geram uma solução, considerando um nível de risco e uma compensação desejada, por meio do submódulo MCE/OWA do IDRISI, de forma a obter o mapa de aptidão para os objetivos em análise. A Figura 10 mostra os dados inseridos para a execução do OWA e geração dos mapas de aptidão por objetivo. Os dados necessários são os mapas de restrições, de fatores padronizados, com seus respectivos pesos listados por objetivo no Quadro 3, e os pesos de ordenação. A solução gerada tem, para cada pixel, um valor numérico de 1 a 5, que identifica as cinco classes de aptidão. O valor 6 identifica as áreas fora da área de estudo e o valor zero (0) representa a classe sem aptidão. As restrições booleanas são utilizadas apenas para retirar as áreas sem aptidão, resultando no mapa de aptidão.



APTAGOWA- mapa de aptidão preliminar para o objetivo de uso agrícola. **APTPECOWA**- mapa de aptidão preliminar para o objetivo de uso pecuário. **APTFLOROWA**- mapa de aptidão preliminar para o objetivo de uso florestal. **APTRETUOWA**- mapa de aptidão preliminar para o objetivo de uso de recreação e turismo. Estes mapas incluem a classe zero ("áreas inaptas"), que representa as restrições, e os diferentes níveis de aptidões, que vão da classe 1 à 5. **LIMITE ESTUDO**- mapa de limite da área de estudo. Os mapas seguintes **APT1**, **APT2**, **APT3** e **APT4** representam, respectivamente, a aptidão final para os objetivos de uso agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo, sendo incluída a classe 6 ("fora da área de estudo").

Figura 10 - Entrada de dados para obtenção dos mapas de aptidão.

Todo o processo utilizado para a obtenção dos mapas de aptidão para os objetivos 1, 2, 3 e 4 é apresentado nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

- b) Realizar a padronização, via SIG, utilizando os níveis de reescalonamento gerados ou outros que sejam gerados por outros grupos de especialistas.
- c) Obter os mapas de fatores padronizados.
- d) Obter a ponderação dos fatores padronizados através do comando WEIGHT ou outro processo.
- e) Definir os pesos de ordenação de acordo com o cenário desejado.
- f) Aplicar o método de média ponderada ordenada (OWA) para um cenário desejado.
- g) Obter o mapa de aptidão para o cenário desejado por objetivo (1, 2, 3 e 4).

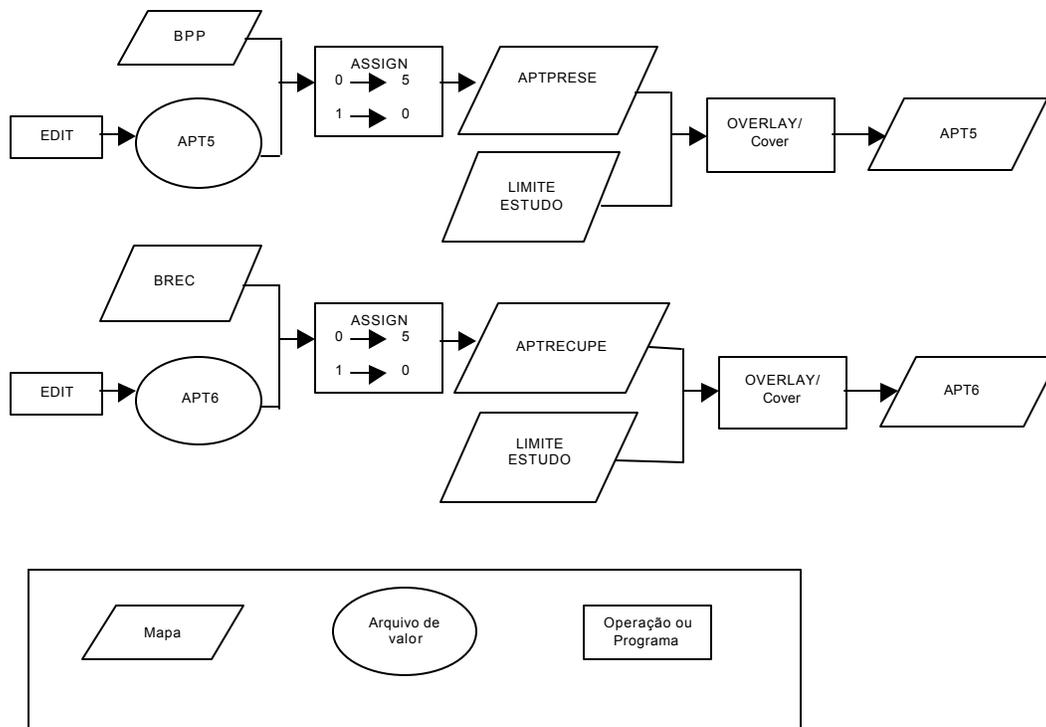
3.3.4. Processo de determinação das aptidões para os objetivos 5 e 6

A determinação dos mapas de aptidão para os objetivos 5 (preservação permanente) e 6 (recuperação) não é baseada em critérios múltiplos e sim em operações específicas em SIG.

De posse dos mapas booleanos de áreas a serem recuperadas (BREC) e de preservação permanente (BPP) que assumem valores 0 e 1, obtidos, respectivamente, conforme as Figuras 6 e 7, realiza-se a reclassificação deles para os novos valores: 0 e 5. Dessa forma, são produzidos os mapas de aptidão para os objetivos 5 (APT5) e 6 (APT6). A Figura 15 mostra o diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas de aptidão para estes objetivos.

3.3.5. Determinação do zoneamento

Após a obtenção dos mapas de aptidão finais para os objetivos 1 (APT1), 2 (APT2), 3 (APT3) e 4 (APT4), é utilizado o comando MDCHOICE para produzir um mapa que indica, a partir do conjunto de imagens de entrada destes objetivos, onde são alocados os valores de aptidão máxima encontrados em cada pixel. Acompanhando os mapas de entrada, é necessário inserir: o valor mínimo alocado para cada pixel por imagem, que neste caso é zero, já que este representa o menor valor de pixel encontrado em todas as imagens de entrada; o peso a ser dado a cada imagem; a opção para selecionar os pixels com os valores máximos ou mínimos; o valor máximo alocado para os pixels das imagens de entrada, que neste caso é 5; o número de nível



BPP - mapa booleano de restrição de preservação permanente, onde, para as áreas de restrição (preservação permanente), é assinalado o valor zero e, para as áreas restantes, o valor um. **APTPRESE** - mapa de preservação permanente, onde, para as áreas de preservação permanente, é assinalado o valor cinco e, para as áreas restantes, o valor zero. **APT5** - mapa de aptidão para o objetivo de uso de preservação permanente com as classes de zero a seis, assim definidas: 0 - inapta, 5 - máxima aptidão e 6 - fora da área de estudo. **BREC** - mapa booleano de restrição de áreas a serem recuperadas, onde, para as áreas de restrição (áreas a serem recuperadas), é assinalado o valor zero e, para as áreas restantes, o valor um. **APTRECUPE** - mapa de recuperação, onde, para as áreas a serem recuperadas, é assinalado o valor cinco e, para as áreas restantes, o valor zero. **APT6** - mapa de aptidão para o objetivo de uso de recuperação com as classes de zero a seis, assim definidas: 0 - inapta, 5 - máxima aptidão e 6 - fora da área de estudo.

Figura 15 -Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar os mapas de aptidão para os objetivos 5 e 6.

de saída, que indica a quantidade de arquivos de saída a ser produzida, assumindo um valor máximo de até quatro imagens. A primeira contém valores máximos ou mínimos de cada pixel. A segunda contém os valores mais próximos dos valores máximos ou mínimos, e assim por diante, até a obtenção da quarta imagem. Neste trabalho, está sendo considerada uma única imagem de saída, sendo por este motivo especificado o valor 1. Dessa maneira, cada classe do mapa de saída representa as partes dos mapas de entrada que apresentam valores máximos quando comparados com os outros.

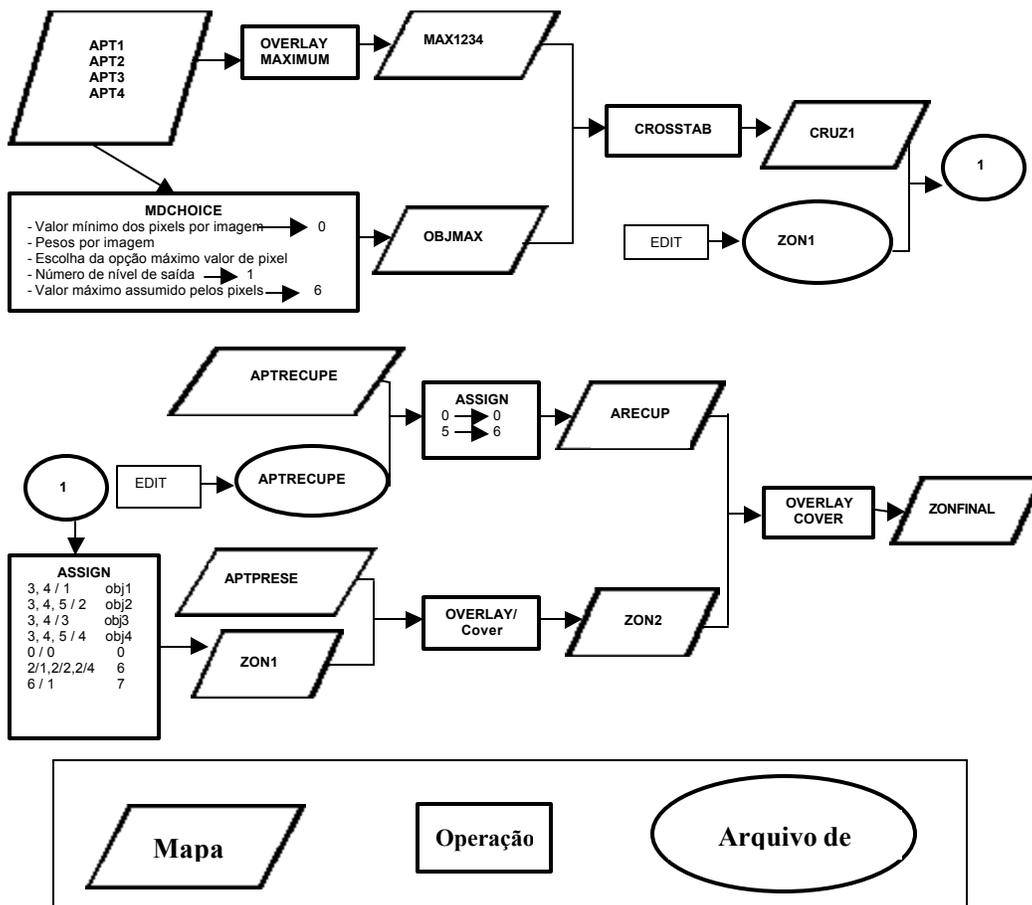
De posse dos mapas APT1, APT2, APT3 e APT4, estes são sobrepostos, através do comando OVERLAY/Maximum, obtendo-se um mapa com os valores máximos de cada pixel. Com os mapas obtidos, através dos comandos MDCHOICE e

OVERLAYMaximum, eles são cruzados via comando CROSSTAB, gerando um mapa de cruzamento, que, posteriormente, é reclassificado utilizando o comando ASSIGN, assinalando para os cruzamentos que apresentam valores de pixels de 3 a 5 (aptidão regular a muito boa) os objetivos 1, 2, 3 e 4, e aqueles com valores de 1 ou 2 (apresentam aptidão baixa ou muito baixa, necessitando passar por recuperação) são assinalados para o objetivo 6 (Recuperação), gerando-se um mapa intermediário de zoneamento, o ZON1. Em seguida, é realizado o OVERLAY/Cover entre o ZON1 e o APTPRESE (mapa onde é alocado 5 para preservação permanente e 0 para o restante), gerando-se o segundo mapa de zoneamento intermediário, o ZON2. O APTRECUPE (mapa em que o valor 5 representa as áreas a serem recuperadas e o valor 0 as outras áreas) é reclassificado, através do comando ASSIGN, onde 0 é assinalado 0 e 5 é assinalado 6 (representa o objetivo 6 do zoneamento final denominado recuperação, onde são alocadas todas as áreas a serem recuperadas), sendo gerado o mapa ARECUP. Em seguida, é realizado outro OVERLAY/Cover entre o ARECUP e o ZON2, resultando no mapa de zoneamento final, o ZONFINAL, com as suas seis classes de objetivo de uso. A Figura 16 mostra as operações realizadas para se chegar ao zoneamento final.

3.3.6. Avaliação dos conflitos de uso

É realizada a comparação entre o mapa de uso e cobertura atual da terra, os mapas de aptidão dos seis objetivos e o mapa de zoneamento final, para determinar os conflitos existentes e os usos inadequados. As comparações são analisadas com base em quatro classes de ocupação, denominadas uso correto, áreas subutilizadas, uso incorreto e outros usos. O uso correto representa as áreas com aptidões regular (classe 3) a muito boa (classe 5), ocupadas pelo objetivo de uso em análise. As áreas subutilizadas são aquelas que apresentam aptidão regular a muito boa, mas que são ocupadas, atualmente, por outros objetivos de uso, e não o que está sendo analisado. O uso incorreto compreende as áreas que apresentam aptidão baixa (classe 2), muito baixa (classe 1) e completamente sem aptidão e, mesmo assim, estão sendo ocupadas pelo objetivo de uso em análise. Os outros usos compreendem as outras formas de ocupação presentes na área. Estas classes são analisadas individualmente e comparadas entre si.

Outras possibilidades de comparações podem ser realizadas, dependendo do tipo de área rural em estudo. No caso de comunidade rural ou assentamento, o cruzamento do mapa de aptidão da área para um determinado objetivo de uso com o mapa de alocação das propriedades ou lotes possibilita conhecer a aptidão de cada



MAX1234- mapa dos valores máximos assumidos por pixel, resultante da comparação dos mapas APT1, APT2, APT3 e APT4. **OBJMAX**- mapa dos objetivos de uso que apresentam valores máximos por pixel. **CRUZ1**- mapa de cruzamento. **ZON1**- primeiro mapa intermediário de zoneamento. **ZON2**- segundo mapa intermediário de zoneamento. **ZONFINAL**- mapa de zoneamento final com as seis classes de objetivo de uso.

Figura 16 -Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar o mapa de zoneamento final.

um desses lotes para este objetivo, sua aptidão média e, com essas informações, decidir sobre uma nova distribuição dos lotes ou não. Se o cruzamento for entre o mapa de zoneamento e o de alocação das propriedades, podem-se verificar os conflitos e também decidir sobre uma nova distribuição dos lotes ou não.

3.4. Aplicação da metodologia em um estudo piloto

Para aplicar esta metodologia, foi utilizada uma área piloto, mais especificamente a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, localizada no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Esta área foi escolhida por já existir disponível, em formato digital, a maior parte dos dados básicos necessários exigidos pela metodologia.

3.4.1. Localização e característica da área piloto

A área de estudo piloto compreende a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, inserida no município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, delimitada entre as coordenadas 20°43'S, 42°50'O e 20°51'S, 42°56'O, sendo formada pelos córregos Santa Catarina, Engenho, Paraíso, Posse, Palmital e Araújo (ARRUDA, 1997; VILELA, 1998). A referida microbacia ocupa uma área de 5.057,40 ha, excluindo-se a área urbana, o que corresponde a 18,48% da superfície do município de Viçosa. A Figura 17 mostra a localização da área da microbacia.

Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é Cwb, isto é, clima tropical de altitude, mesotérmico, caracterizado por verões brandos e chuvosos, com precipitação média anual de 1.200 mm. As temperaturas médias mensais são sempre superiores a 17 °C e inferiores a 24 °C, e a temperatura média anual é de 20,9 °C. O período mais frio corresponde aos meses de maio, junho, julho e agosto, sendo considerados estes dois últimos os meses mais secos do ano (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 1971).

A altimetria é variada: na porção sul da microbacia são encontrados espigões com níveis altimétricos variando entre 800 e 970 metros, aproximadamente, enquanto na porção ocupada pela sede municipal são verificados espigões médios, variando entre 600 e 800 metros (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA, 1982).

Em relação à fisiografia, predominam colinas alinhadas em forma de espigões, bastante seccionadas pela rede de drenagem. Os topos são aplainados ou abaulados e funcionam como divisores de água para as pequenas bacias de drenagem. As vertentes desenvolvem-se segundo uma linha côncava-convexa-topo, com a presença de ravinas. A região caracteriza-se por uma topografia fortemente

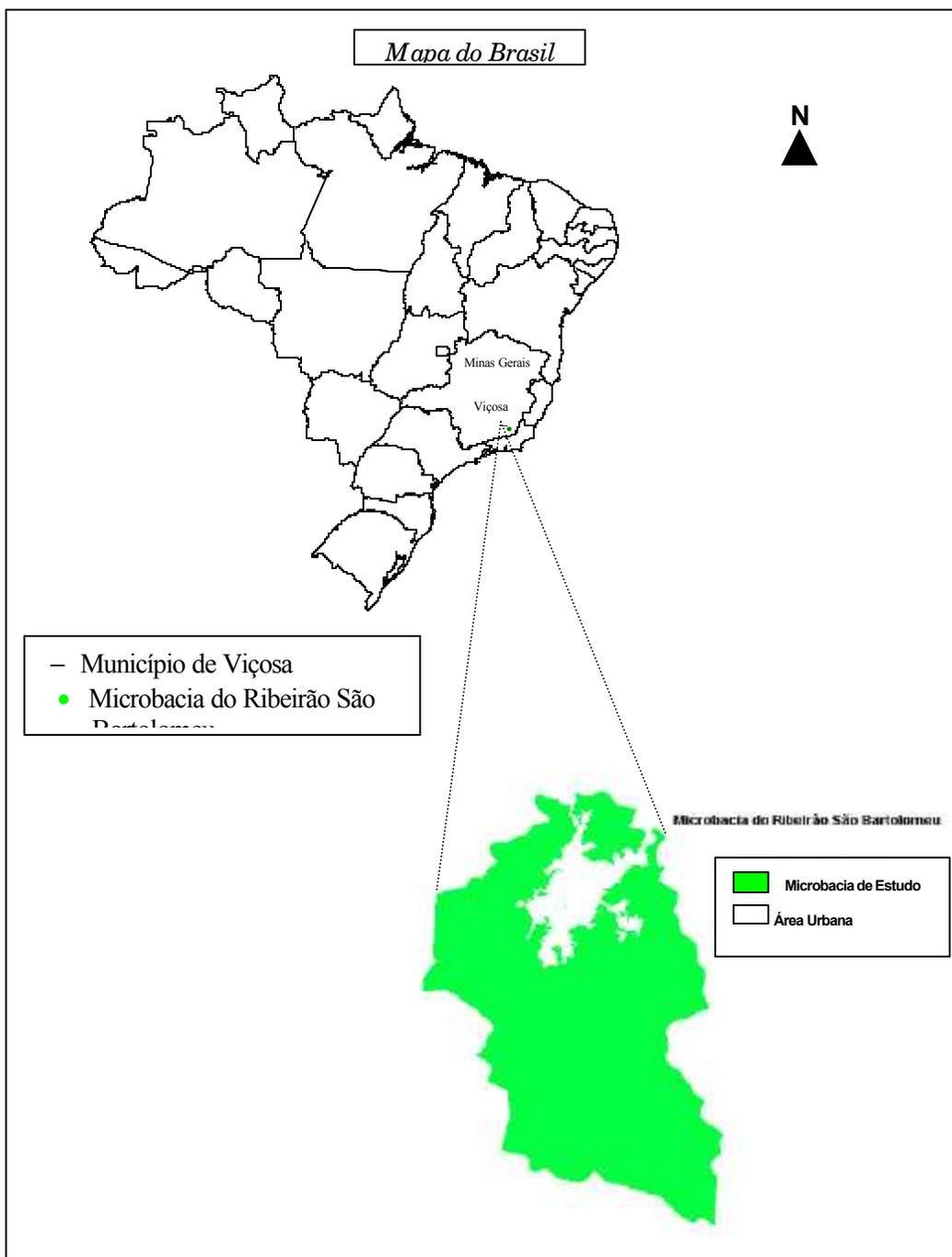


Figura 17 - Localização da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

acidentada, apresentando porções reduzidas de área plana. Consta, ainda, de vales cujos fundos correspondem ao leito maior, periodicamente inundável, seguido de terraços assimétricos, onde é mais freqüente a prática de agricultura e habitações. As vertentes desenvolvem-se seguindo uma linha côncava-convexa-topo e parte íngreme, com escassos remanescentes florestais nativos, caracterizada por minifúndios com mão-de-obra essencialmente familiar, onde se praticam a agricultura e a pecuária de subsistência (REZENDE, 1971).

De acordo com IGA (1982), a região é formada por rochas que constituem o Embasamento Granito-Gnaiss Indiviso, e sob essas rochas do Complexo Cristalino encontram-se uma cobertura terciária pouco espessa e aluviões quaternários. Em termos pedológicos, na região que engloba a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, há predominância de Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos, Podzólicos Vermelho-Amarelo Câmbicos e cambissolos latossólicos (REZENDE, 1971; COSTA, 1973; REZENDE e REZENDE, 1983; SCHAEFER et al., 1990). Esta microbacia apresenta três classes de solos: Cambissolo Latossólico, Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico e Latossolo Vermelho-Amarelo. Segundo FERNANDES (1996) e QUINTEIRO (1997), nesta região, o Cambissolo Latossólico apresenta a saturação de bases trocáveis (V%) de 3,20% e textura argilosa, no Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico a V% é de 56,60% e a textura é média argilosa, e no Latossolo Vermelho-Amarelo a V% é de 12,80 e a textura é muito argilosa.

A cobertura vegetal nativa da microbacia, bem como de todo o município de Viçosa, pertence ao Domínio da Floresta Atlântica, com presença de mata higrófila (fácies perenifólia e subperenifólia) e mata mesófila (fácies caducifólia e subcaducifólia) (RIZZINI, 1963).

3.4.2. Base cartográfica

Os mapas básicos utilizados neste trabalho foram: elevação (ELEVA), hidrografia (HIDROR), hidrografia1 (HIDROGA), rede viária (REVI), declividade contínua (DECLCON), uso e cobertura da terra (USOCOB) e solos (SOLOS). A informação relativa ao limite da microbacia foi extraída da carta topográfica do IBGE de 1979, escala 1/50.000, do município de Viçosa.

3.4.3. Identificação das áreas de preservação permanente da área piloto

Na área de estudo, foram encontrados os seguintes tipos de áreas de preservação permanente, definidas pela legislação ambiental vigente, de acordo com PARANÁ (1990) e MINAS GERAIS (1992):

- a) Ao longo dos rios ou de qualquer outro corpo d'água, em faixa marginal, com largura mínima de proteção de 30 (trinta) metros para rios com menos de 10 (dez) metros de largura.
- b) Nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água, com uma faixa mínima de 50 (cinquenta) metros de proteção a partir de sua margem, de forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.
- c) No topo de morros, montes e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação em relação à base.
- d) Nas linhas de cumeada, 1/3 superior em relação à sua base, nos seus montes, morros ou montanhas, fração esta que pode ser alterada para maior, mediante critérios técnicos do órgão competente, quando as condições ambientais assim o exigirem.
- e) Nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 100% (cem por cento) ou 45° (quarenta e cinco graus) na sua linha de maior declive.

O mapa de preservação permanente foi obtido conforme a Figura 18, considerando-se os tipos de áreas de preservação permanente encontradas na área piloto.

3.4.4. Determinação dos mapas de aptidão, de zoneamento e de conflitos de uso

Os mapas de aptidão, de zoneamento e de conflitos de uso da microbacia piloto foram obtidos conforme a metodologia proposta, delineada nos itens 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5 e 3.2.6, aplicada para as áreas rurais. Devido à especificidade da área de estudo, não houve necessidade de seguir todos os passos definidos pela metodologia.

Nesse sentido, foram gerados os mapas de aptidão para todos os objetivos de uso. Na geração dos mapas dos objetivos agrícola (objetivo 1), pecuário (objetivo 2), florestal (objetivo 3) e de recreação e turismo (objetivo 4), decidiu-se pela opção de risco médio e compensação plena na aplicação do método OWA, pois esta situação permite assumir um risco constante para todos os fatores, de forma a controlar a influência dos seus pesos no mapa final de aptidão.

Na determinação do zoneamento foram seguidas as etapas especificadas no item 3.2.5. Na aplicação do comando MDCHOICE foram considerados os seguintes pesos para os objetivos: objetivo 1 – agrícola - 0,40; objetivo 2 – pecuário - 0,30; objetivo 3 – florestal - 0,20; e objetivo 4 - recreação e turismo - 0,10. Estes pesos foram definidos levando-se em conta as atividades predominantes na região e a necessidade de otimizar o uso da terra na área de estudo. Considerando as áreas agrícolas, devido às características topográficas da região, as áreas mais adequadas para esta

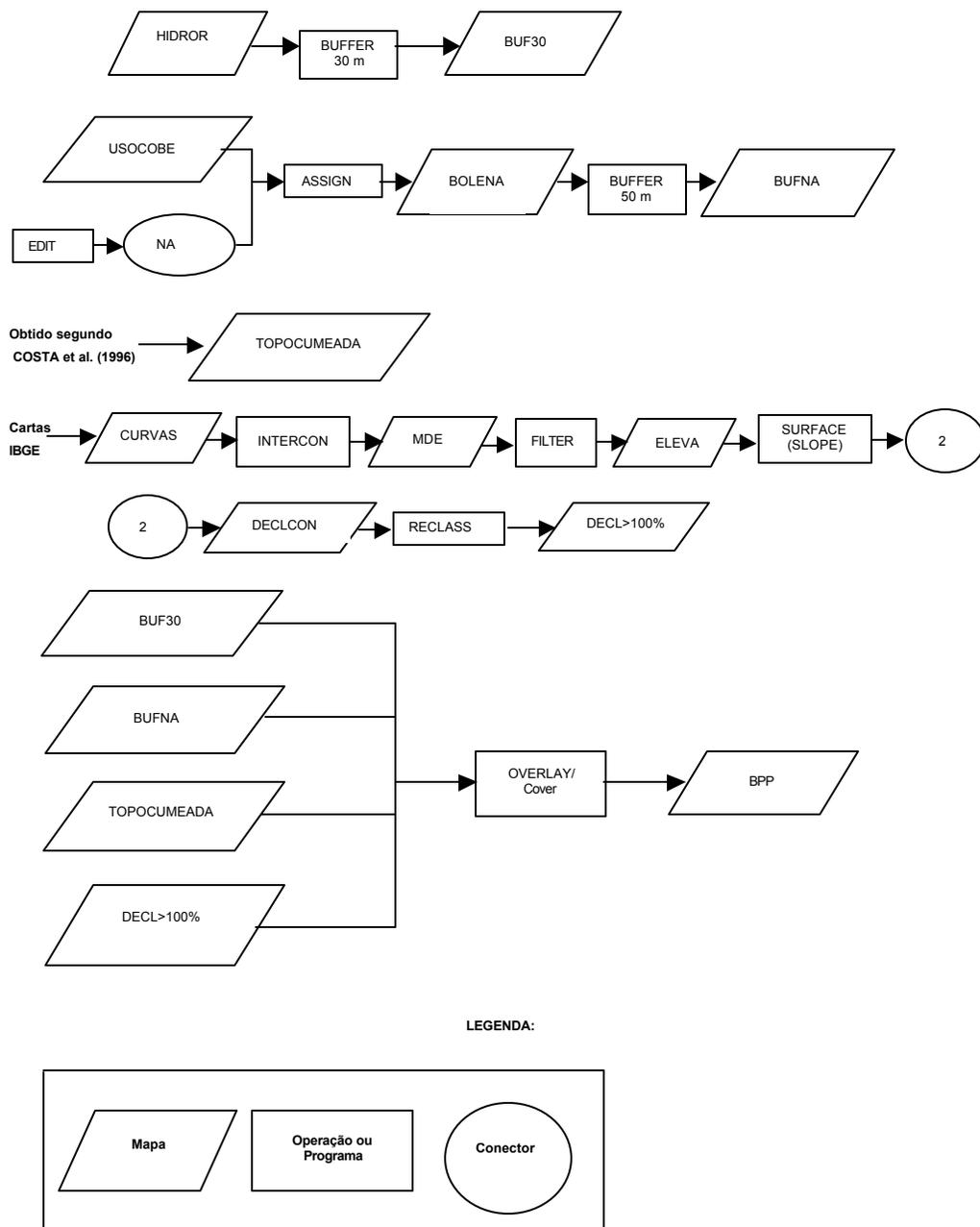


Figura 18 - Diagrama das operações realizadas no SIG para gerar o mapa de preservação permanente (BPP) da área piloto.

atividade são de extensão reduzida, exigindo-se a otimização nessa ocupação. A atividade pecuária ocupa grande porcentagem das áreas na região, apresentando importância econômica significativa. A atividade florestal é pequena, devido ao fato de não ocorrer um trabalho de fomento florestal para a área, enquanto a atividade de recreação e turismo é praticamente nula. Estas características da área foram consideradas na definição dos pesos dos objetivos de uso especificados anteriormente.

Além desses, também foram obtidos os mapas de conflitos, através da sobreposição do uso e ocupação da terra com a aptidão de cada objetivo e o zoneamento. No processo de obtenção dos mapas de conflitos, foi realizada uma tabulação cruzada, através do comando CROSSTAB do IDRISI, para então determinar as áreas, de acordo com as classes de conflito.

Estes mapas foram analisados individualmente, de modo que mostrasse os resultados alcançados e a proposta de zoneamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapas básicos

Os mapas básicos estruturados para este trabalho, conforme as Figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24, foram os seguintes: ELEVA (altimetria), HIDROGA (hidrografia), REVI (rede viária), DECLCON (declividade contínua), USOCOBE (uso e cobertura atual da terra), e SOLOS (classes de solo com o V%, que representa as bases trocáveis, além da textura) e USOCOBE (uso e cobertura da terra). Observando o mapa de altimetria, nota-se uma variação altimétrica na área de estudo entre 600 e 970 m.

Os mapas de hidrografia e rede viária mostram que a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu apresenta boa densidade nas redes de drenagem e viária. O mapa de declividade contínua mostra o quanto esta área apresenta terrenos ondulados.

O mapa de solos mostra as classes de solos, ocorrendo a predominância do Cambissolo Latossólico e Latossolo Vermelho-Amarelo e pouca presença da classe Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico. Segundo FERNANDES (1996) e QUINTEIRO (1997), nesta região, o Cambissolo Latossólico apresenta a saturação de bases trocáveis (V%) de 3,20% e textura argilosa, no Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico a V% é de 56,60% e a textura é média argilosa e no Latossolo Vermelho-Amarelo a V% é de 12,80 e a textura é muito argilosa.

O mapa de uso e cobertura da terra é de 1994, gerado conforme VILELA (1998). Este mapa foi utilizado na análise, em virtude de a microbacia não ter sofrido mudanças significativas no seu processo de ocupação no decorrer dos últimos anos. A Figura 24 mostra que a microbacia é ocupada, principalmente, pela atividade pecuária, representando 45,83% (2.317,70 ha) do total, seguida dos usos floresta nativa, com 32,04% (1.620,50 ha), e agricultura (outras lavouras + café), com 11,23% (567,90 ha).

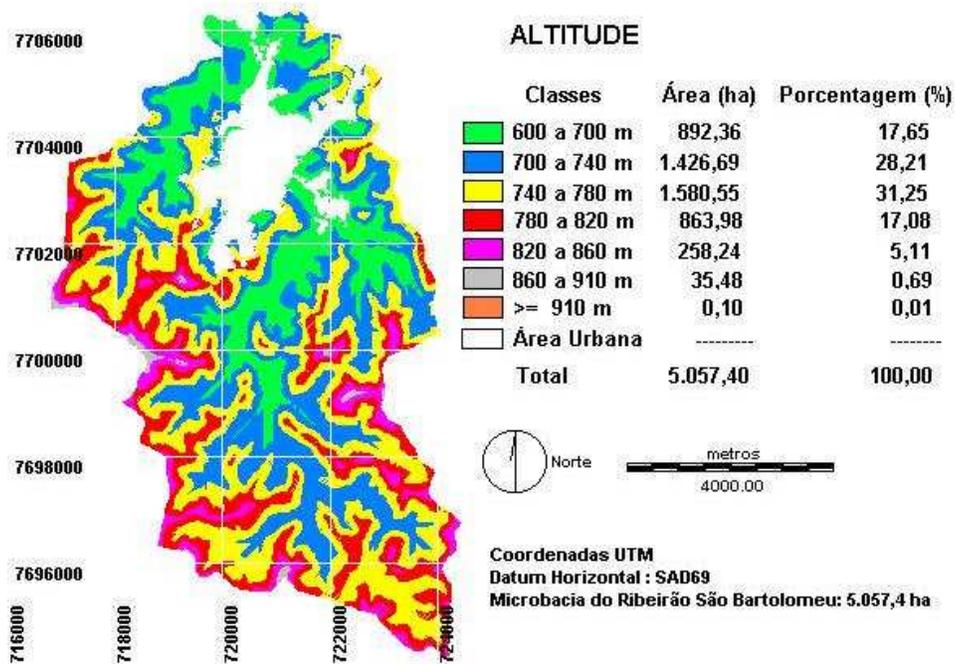


Figura 19 -Mapa de altitude (ELEVA) da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

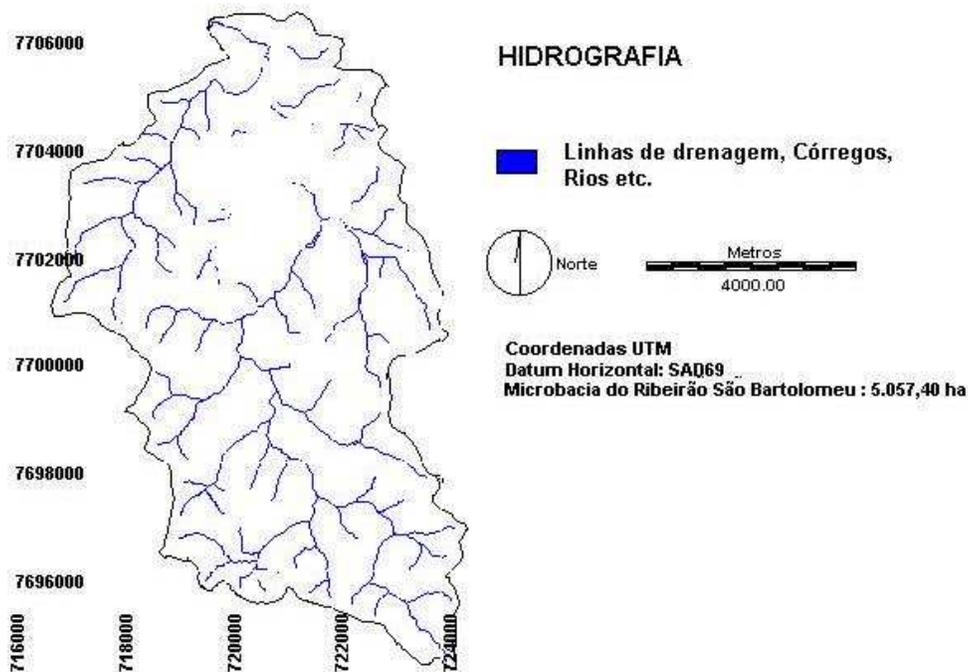


Figura 20 -Mapa de hidrografia (HIDROGA) da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

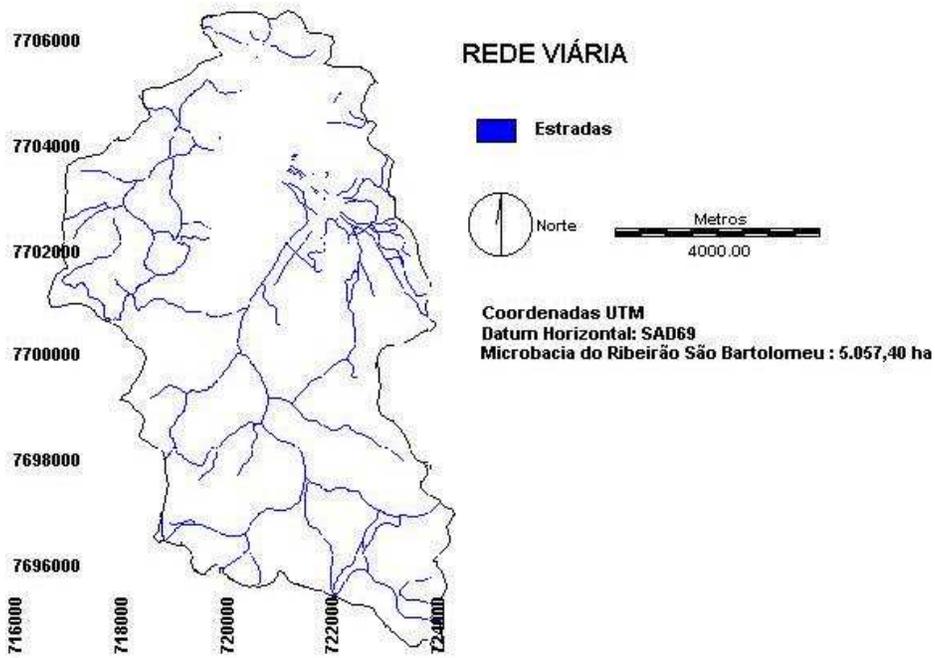


Figura 21 - Mapa de rede viária da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa - MG.

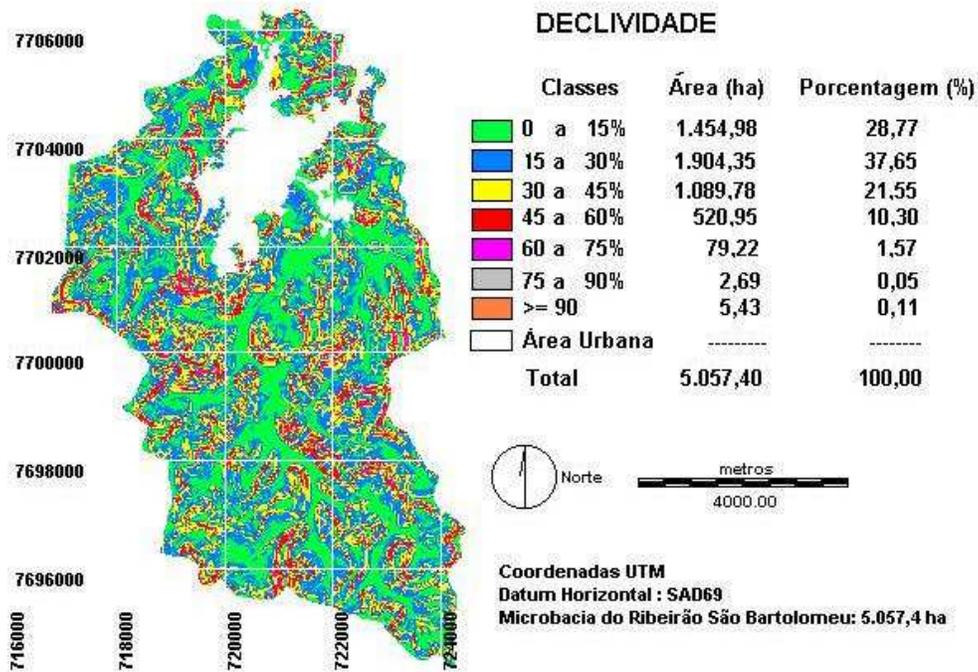


Figura 22 - Mapa de declividade contínua da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa - MG.

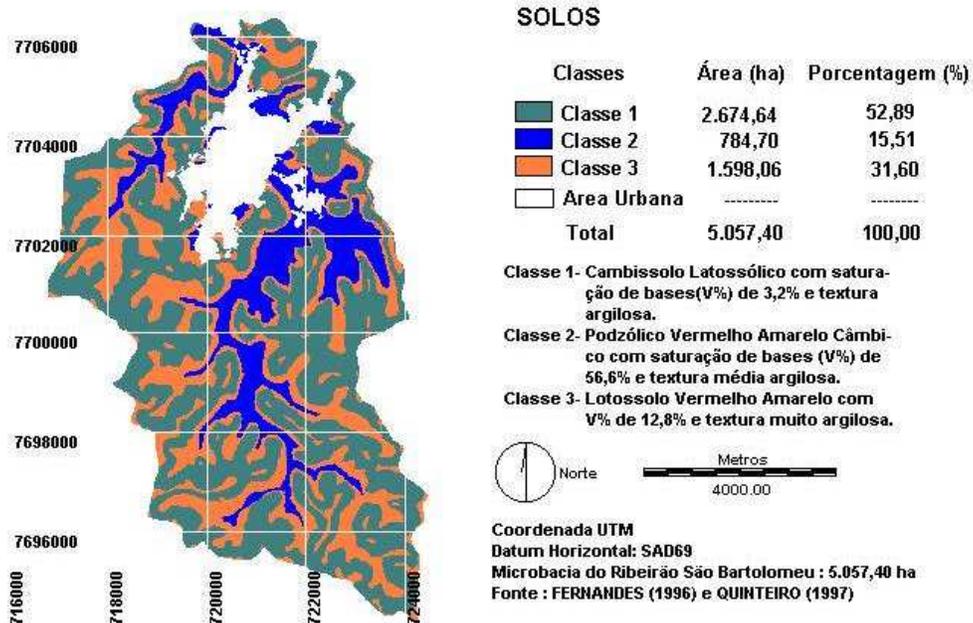


Figura 23 -Mapa de classes de solos da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

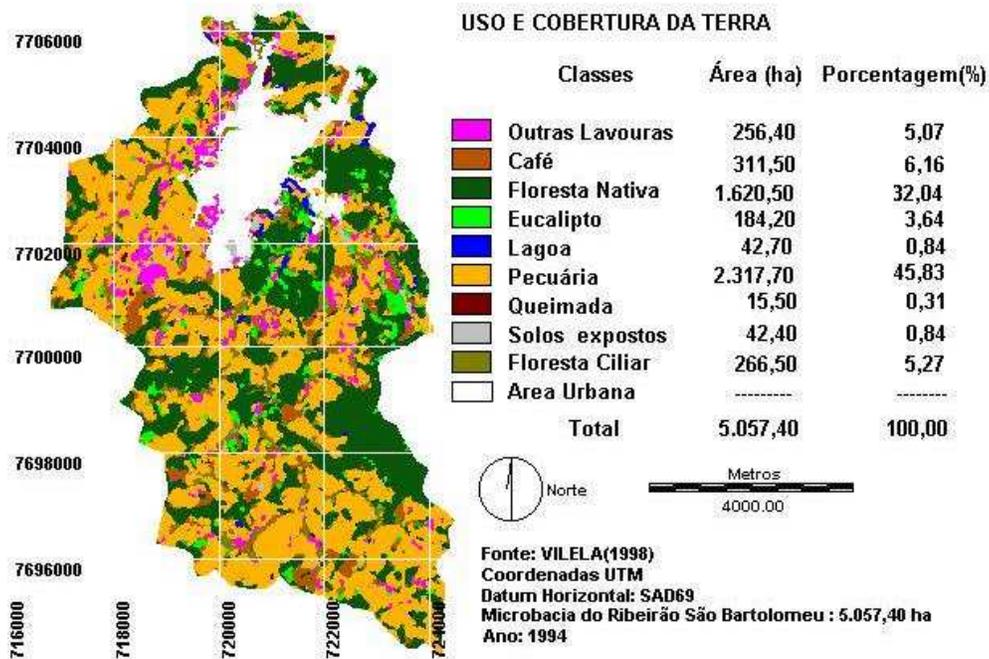


Figura 24 - Mapa de uso e cobertura da terra de 1994 da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

4.2. Análise dos resultados da aplicação da metodologia

A aplicação desta metodologia na microbacia do Ribeirão São Bartolomeu permitiu obter e analisar a aptidão por objetivo, propor um zoneamento para uso e determinar os conflitos de uso. Assim, os resultados foram analisados considerando a aptidão para os objetivos agrícola, pecuário, florestal, recreação e turismo, preservação permanente e recuperação, o zoneamento e os conflitos entre o uso e cobertura atual da terra, a aptidão dos seis objetivos considerados e o zoneamento proposto.

Nos mapas gerados aparece uma mancha branca, que representa uma parte da área urbana da cidade de Viçosa, não sendo considerada para efeito de análise, em virtude de a metodologia ser aplicada apenas para áreas tipicamente rurais.

4.2.1. Avaliação da aptidão

A análise das aptidões agrícola, pecuária, florestal, de recreação e turismo, de preservação permanente e de recuperação foi realizada individualmente, considerando os diversos fatores padronizados definidos para este fim. Neste estudo, o centro consumidor considerado foi a área urbana da cidade de Viçosa, representado nos mapas da microbacia por uma mancha branca.

4.2.1.1. Avaliação da aptidão agrícola

Para determinação da aptidão agrícola final da microbacia em estudo, foram utilizados os fatores padronizados distância da área à rede viária (PDVI), distância da área à água para a agricultura e pecuária (PDAGA), distância da área ao centro consumidor agrícola (PDCC1), uso e cobertura da terra (PUSO1), valor da terra (PVAT), retorno social agrícola (PRESO1), solos (PSOL1) e suscetibilidade à erosão (PSUS).

A Figura 25 mostra o PDVI (fator padronizado distância da área à rede viária), com as suas classes de aptidão. Considerando a rede viária, a aptidão agrícola para a microbacia em estudo apresentou predominância nas classes 5 e 4, representando as classes de aptidão muito boa e boa, respectivamente. Excluindo a rede viária, estas classes corresponderam, respectivamente, a 72,32% (3.476,38 ha) e 20,97% (1.008,15 ha) e, conjuntamente, representaram 93,29% (4.484,53 ha) da microbacia. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 99,34% (4.775,10 ha). A classe de aptidão muito baixa não foi encontrada. Isto ocorreu devido à boa distribuição da rede viária na área de estudo, conforme Figura 21. A distribuição da rede viária mostrou-se altamente apta para o objetivo agrícola, devido à predominância das classes de aptidão muito boa (5), boa (4) e regular (3).

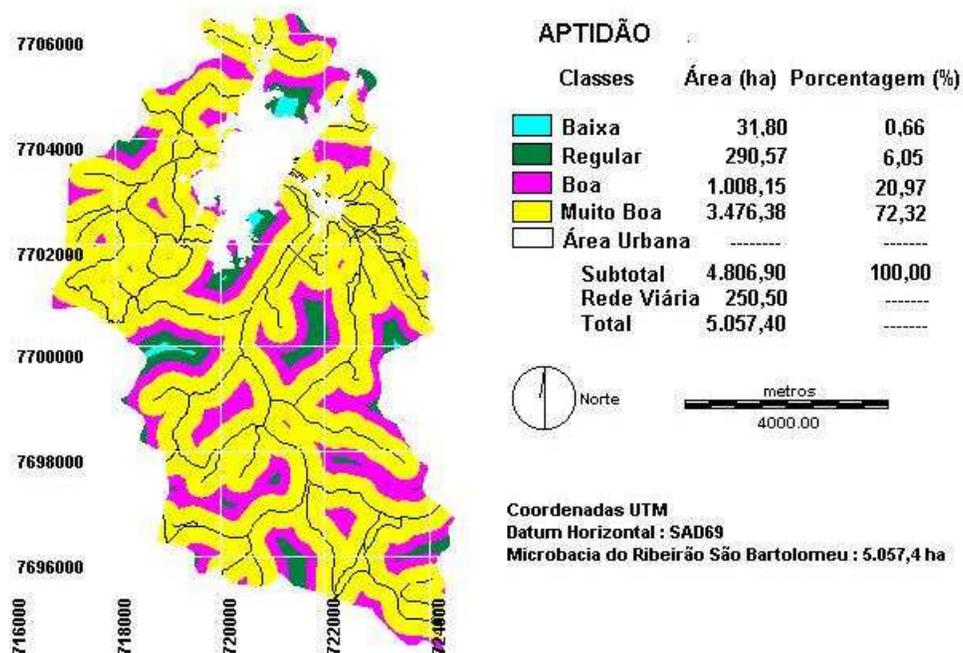


Figura 25 - Mapa do fator padronizado distância da área à rede viária (PDVI), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 26 mostra o PDAGA (fator padronizado distância da área à água para a agricultura e pecuária), com as suas classes de aptidão. Considerando a distância da água, a aptidão agrícola apresentou predominância nas classes 5 e 4, representando as classes de aptidão muito boa e boa, respectivamente. Excluindo a rede hidrográfica e outros corpos d'água, estas classes corresponderam, respectivamente, a 34,54% (1.650,00 ha) e 31,94% (1.526,00ha) da microbacia e, conjuntamente, representaram 66,48% (3.176,00 ha) desta. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 97,63% (4.664,40 ha). A classe de aptidão baixa representou 2,37% (113,30 ha) da área. Isto ocorreu devido à boa distribuição da rede hidrográfica, mostrando-se altamente apta para o objetivo agrícola, devido à predominância das classes de aptidão 5, 4 e 3. A classe de aptidão muito baixa não foi encontrada.

A Figura 27 mostra o PDCC1 (fator padronizado distância da área ao centro consumidor agrícola), com as suas classes de aptidão. Considerando a distância do centro consumidor agrícola, a aptidão agrícola apresentou predominância na classe 5, representando a situação muito boa. Apenas esta classe foi detectada e correspondeu a 100% (5.057,40 ha) da microbacia. Isto ocorreu devido ao fato de a distância de qualquer ponto da microbacia ao centro consumidor não ter sido superior a 30 km, pois este valor representa o limite máximo da classe 5. Esta situação confirma a alta aptidão para o objetivo agrícola, quando considerada a distância do centro consumidor.

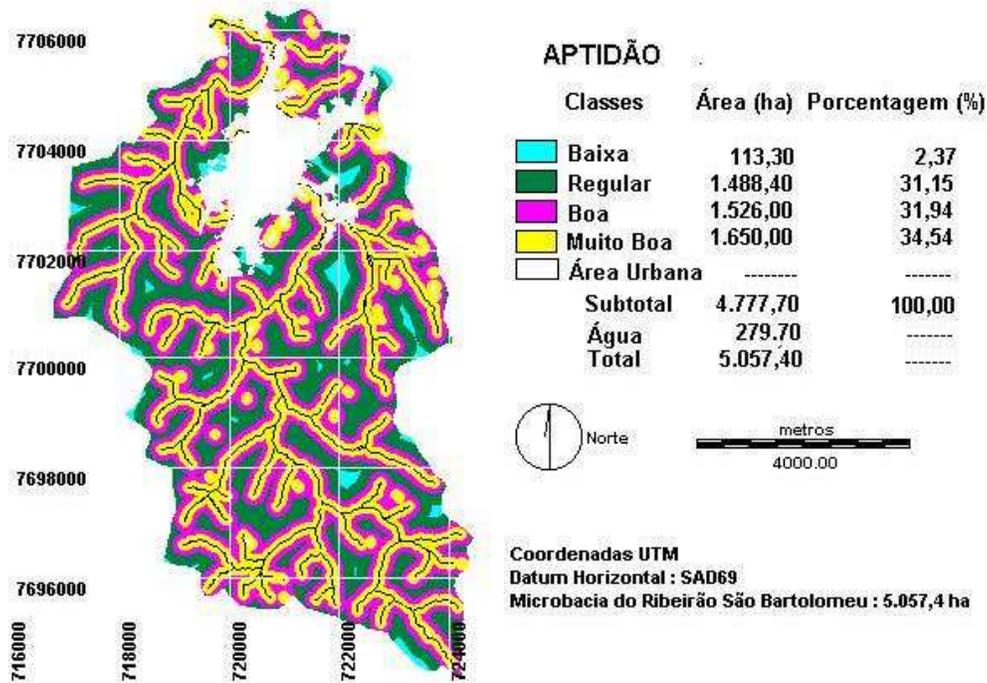


Figura 26 - Mapa do fator padronizado distância da área à água para a agricultura e pecuária (PDAGA), com suas classes de aptidão, da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

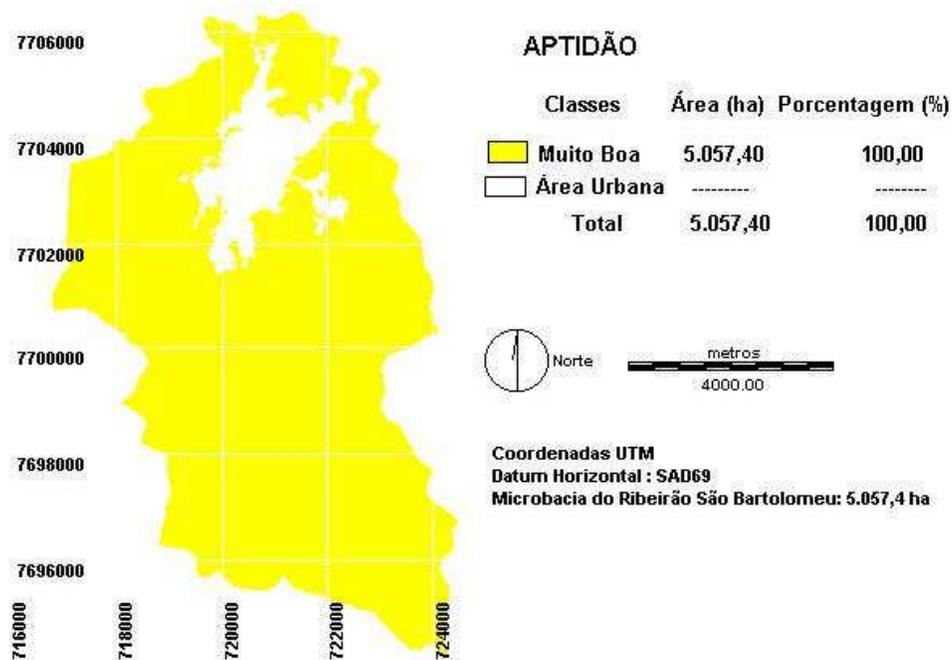


Figura 27 - Mapa do fator padronizado distância da área ao centro consumidor agrícola (PDCC1), com suas classes de aptidão, da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 28 mostra o PUSO1 (fator padronizado uso e cobertura da terra), com as suas classes de aptidão. Considerando o uso e a cobertura da terra, a aptidão agrícola apresentou predominância nas classes 4 e 2, representando as classes de aptidão boa e baixa, respectivamente. As classes 5, com 11,23% (567,90 ha), e 4, com 46,14% (2.333,20 ha), corresponderam, conjuntamente, a 57,37% (2.901,10 ha) da microbacia. As porcentagens das classes 5 e 4 foram influenciadas, respectivamente, pela presença de lavouras e de pastagens. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 61,01% (3.085,30 ha). As classes de aptidão baixa e muito baixa corresponderam, conjuntamente, a 38,99% (1.972,10 ha). Isto ocorreu devido à existência de uma boa presença de floresta secundária, cuja aptidão para o objetivo agrícola foi definida como baixa a muito baixa.

Para esta situação, foram consideradas as dificuldades de implantar lavouras de acordo com o uso e a cobertura na área. Neste sentido, considerando este fator, 38,99% da área da microbacia não deve ser utilizada para a atividade agrícola, por representar as áreas ocupadas com classes de aptidão baixa e muito baixa.

A Figura 29 mostra o PVAT (fator padronizado valor da terra), com as suas classes de aptidão. Considerando o valor da terra, a aptidão agrícola apresentou predominância nas classes 2 e 3, representando as classes de aptidão baixa e regular, respectivamente. As classes 4, com porcentagem zero de presença, e 5, com 1,15% (58,00 ha), corresponderam, conjuntamente, a 1,15% (58,00 ha) da microbacia. Como na área em estudo não havia pastagem natural, correspondente à classe de aptidão 4, esta apresentou a porcentagem zero. Já a classe 5 foi representada pelas áreas de queimada e solos expostos. As porcentagens das classes 5 e 4 foram influenciadas, respectivamente, pela presença de áreas de queimadas, solos expostos e ausência da pastagem natural. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 38,46% (1.945,00 ha), devido à presença de florestas secundárias com alguns indivíduos comerciais e vegetação ribeirinha. As classes de aptidão baixa e muito baixa corresponderam, conjuntamente, a 61,54% (3.112,40 ha) da microbacia. A predominância das classes de aptidão baixa e muito baixa foi influenciada pela grande presença de pastagem plantada, além de lavouras, reflorestamentos e corpos d'água. Para esta situação, considerou-se o valor da terra na área piloto. Neste sentido, considerando este fator, 61,54% da microbacia não deve ser utilizada para o objetivo agrícola, por representar as áreas ocupadas com as classes de aptidão baixa e muito baixa.

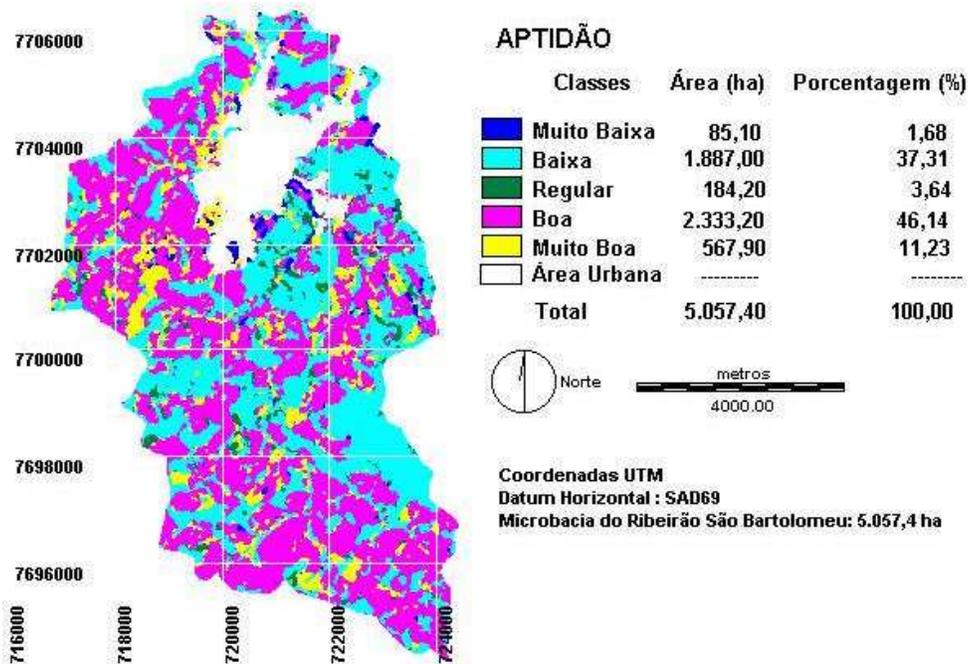


Figura 28 - Mapa do fator padronizado uso e cobertura atual da terra agrícola (PUSO1), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

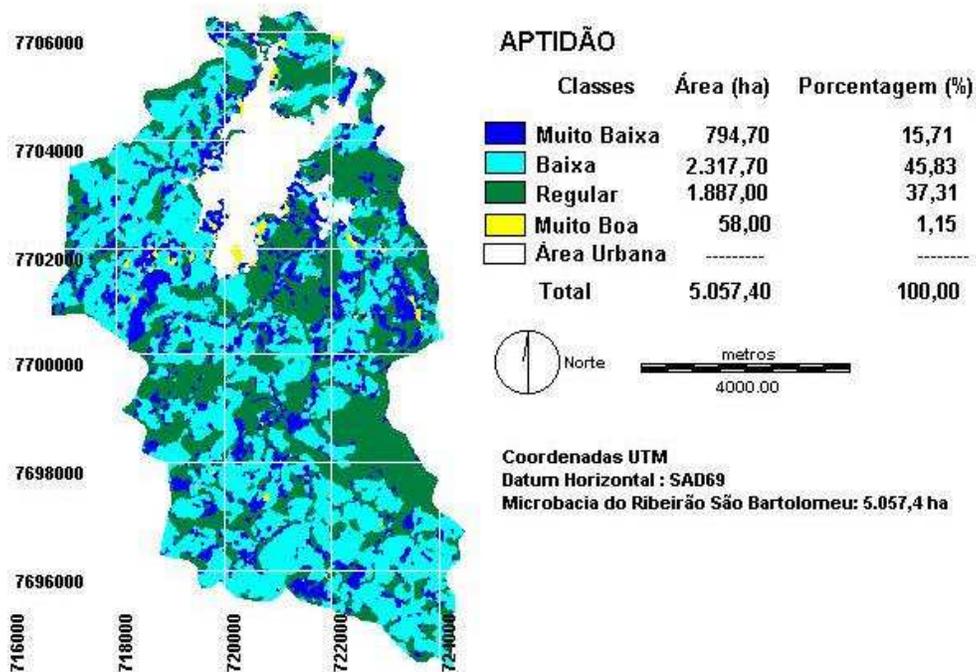


Figura 29 - Mapa do fator padronizado valor da terra (PVAT), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 30 mostra o PRESO1 (fator padronizado retorno social agrícola), com as suas cinco classes de aptidão. Levando-se em conta o retorno social do objetivo agrícola baseado na renda salarial, a aptidão agrícola, excluindo as áreas com uso atual não-agrícola, apresentou predominância na classe 3, já que a renda deste objetivo de uso na área em estudo corresponde em média a um salário mínimo, representando a situação regular. Apenas esta classe foi detectada, e correspondeu a 100% (567,80 ha) da área atual utilizada para este objetivo de uso, resultando em uma aptidão regular para o fator retorno social.

A Figura 31 mostra o PSOL1 (fator padronizado solos), com as suas classes de aptidão. Levando-se em conta a saturação de bases (%V), que mede a fertilidade por classe de solo, a aptidão agrícola apresentou predominância nas classes 1 e 2, representando as classes de aptidão muito baixa e baixa, respectivamente. As principais classes de solo encontradas apresentaram o valor de %V inferior a 20%. Dessa maneira, ocorreu a predominância das classes de aptidão 1, com 52,88% (2.674,60 ha), e 2, com 31,60% (1.598,10 ha). Conjuntamente, estas classes corresponderam a 84,48% (4.272,70 ha) da microbacia. As classes de solo que apresentaram valores de %V superiores a 40% foram inseridas na classe de aptidão 4 (boa), que corresponde a 15,52% da microbacia. Neste sentido, considerando este fator, 84,48% da microbacia não deve ser utilizada para o objetivo agrícola, por representar as áreas ocupadas com as classes de aptidão baixa e muito baixa.

A Figura 32 mostra o PSUS (fator padronizado suscetibilidade à erosão), com as suas classes de aptidão. Este fator corresponde a suscetibilidade à erosão com base nas declividades. As classes de aptidão agrícola que predominaram, de acordo com este fator, foi a 2, com 43,97% (2.223,90 ha), e a 3, com 28,30% (1.431,00 ha) da microbacia. Isto ocorreu devido ao fato de a área ser bastante acidentada, com predomínio das declividades inseridas nestas duas classes. As classes 5, com 11,49% (580,90 ha), e 4, com 4,22% (213,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 15,71% (794,50 ha), demonstrando que áreas com baixa declividade, presentes na área em estudo, são relativamente pequenas. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 44,01% (2.225,50 ha). As classes de aptidão baixa, com 43,97% (2.223,90 ha), e muito baixa, com 12,02% (608,00 ha), corresponderam, conjuntamente, a 55,99% (2.831,90 ha) da área. Neste sentido, considerando este fator, 55,99% da área da microbacia não deve ser utilizada para o objetivo agrícola, por representar as áreas ocupadas com as classes de aptidão baixa e muito baixa.

A determinação da aptidão agrícola final (APT1) para a microbacia baseou-se na combinação dos oito fatores discutidos anteriormente, como PDVI, PDAGA, PDCC1, PUSO1, PVAT, PRESO1, PSOL1 e PSUS, mais as restrições BPP (Preservação Permanente) e BREC (áreas a serem recuperadas) e os pesos dos fatores e de ordenação.

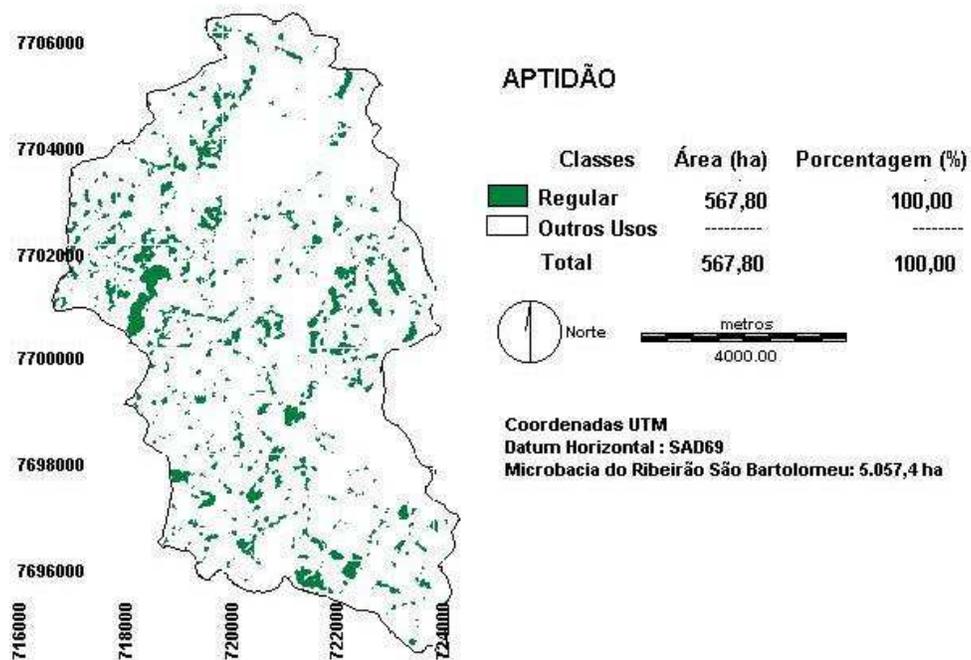


Figura 30 - Mapa do fator padronizado retorno social agrícola (PRESO1), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

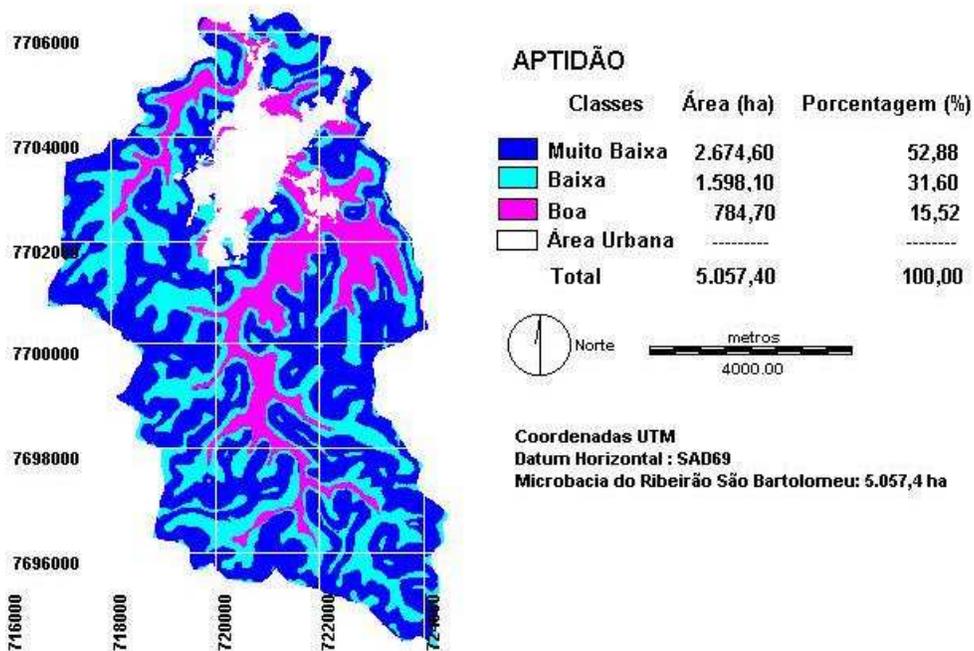


Figura 31 -Mapa do fator padronizado solos para o objetivo agrícola (PSOL1), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

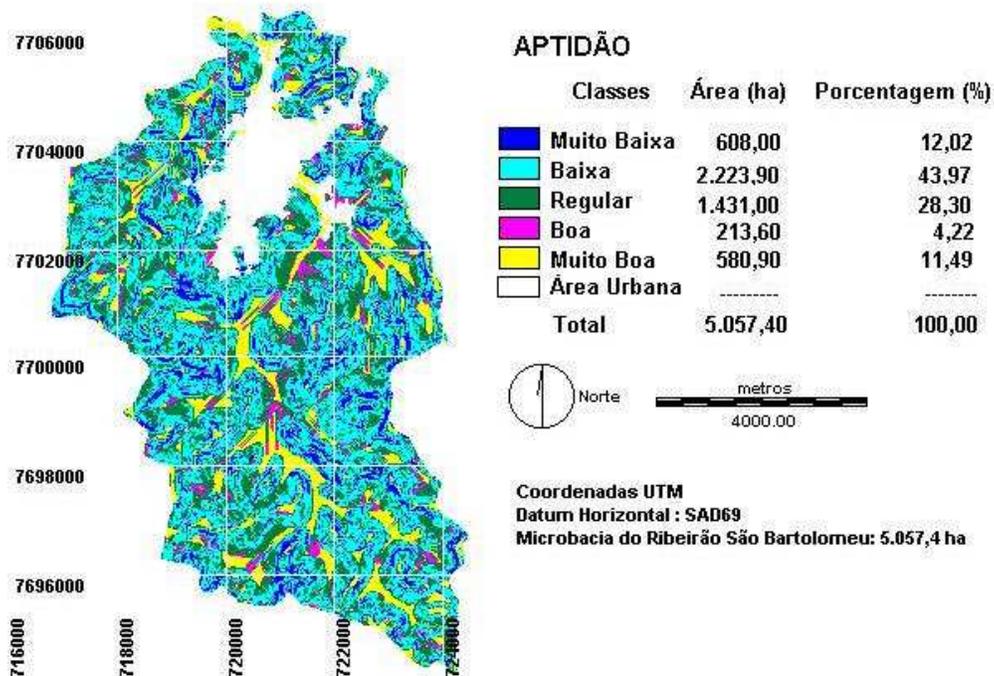


Figura 32 -Mapa do fator padronizado suscetibilidade à erosão (PSUS), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 33 mostra o APT1 (aptidão agrícola final), que representa o objetivo 1 (agrícola), com as suas classes de aptidão. As classes de aptidão agrícola final que predominaram foram a 2, com 48,06% (2.430,60 ha), e a 3, com 19,17% (969,60 ha) da microbacia. As porcentagens das classes 2 e 3 foram bastante influenciadas pelos fatores suscetibilidade à erosão (PSUS com peso de 0,27 em um total de 1) e retorno social agrícola (PRESO1 com peso de 0,21 em um total de 1), em virtude dos pesos destinados a estes fatores. Não foram obtidas áreas com aptidão agrícola muito boa, principalmente em razão de os fatores suscetibilidade à erosão (PSUS), retorno social agrícola (PRESO1) e solos (PSOL1) não terem apresentado porcentagens significativas nesta classe de aptidão. A área da microbacia é bastante acidentada, com predominância de solos com baixa fertilidade, e o retorno social é regular. Esta situação resultou na inexistência de áreas com aptidão muito boa para o objetivo agrícola. Também houve baixa porcentagem na classe de aptidão 4 (boa), com 2,29% (115,70 ha). Somando-se à classe 3 (regular), com 19,17% (969,60 ha), esta porcentagem aumentou para 21,46% (1.085,30 ha). As classes de aptidão baixa, com 48,06% (2.430,60 ha), e muito baixa, com 0,19% (9,70 ha), corresponderam, conjuntamente, a 48,25% (2.440,30 ha) da área. A presença significativa de áreas sem

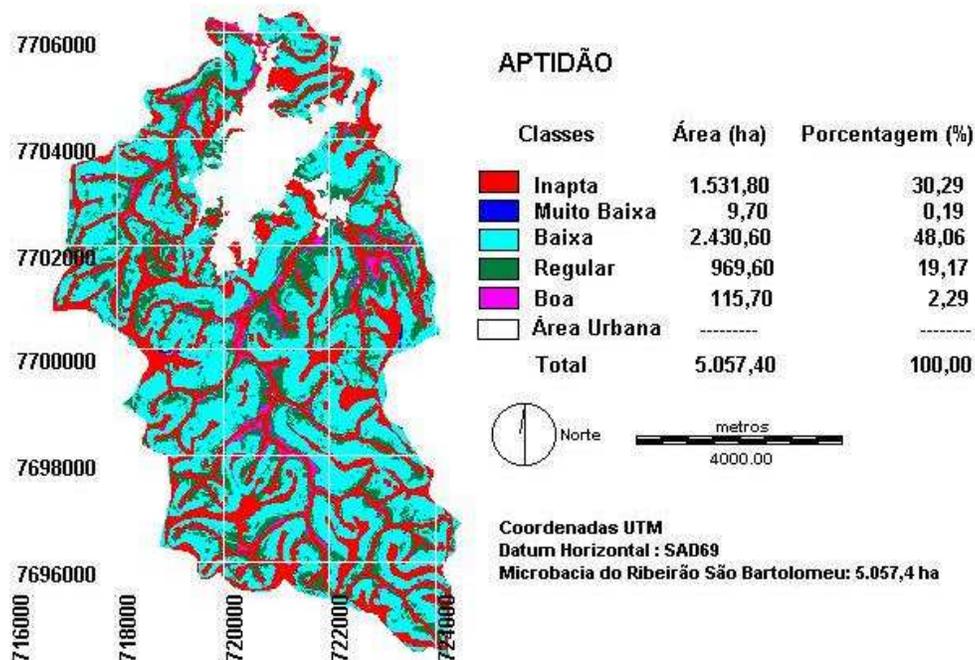


Figura 33 -Mapa de classes de aptidão para o objetivo agrícola (APT1), após a combinação média ponderada ordenada (OWA) dos critérios, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa -MG.

aptidão, com 30,29% (1531,80 ha), ocorreu em virtude da existência das restrições áreas de preservação permanente e áreas a serem recuperadas. Neste sentido, somando-se as porcentagens das classes 1 e 2 e sem aptidão, encontra-se um valor de 78,54% (3.972,10 ha). Este valor representa a porcentagem da área da microbacia que deve ser evitada para o objetivo agrícola.

4.2.1.2. Avaliação da aptidão pecuária

Para a determinação da aptidão pecuária final da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, foram utilizados os fatores padronizados distância da área à rede viária (PDVI), distância da área à água para a agricultura e pecuária (PDAGA), distância da área ao centro consumidor pecuário (PDCC2), uso e cobertura da terra pecuária (PUSO2), valor da terra (PVAT), retorno social pecuário (PRESO2), solos (PSOL2) e suscetibilidade à erosão (PSUS).

Os fatores PDVI, PDAGA, PVAT e PSUS são os mesmos do objetivo agrícola.

Os limites máximos da classe de aptidão 5 (muito boa) do fator distância ao centro consumidor dos objetivos agrícola, pecuário, florestal e de recreação e turismo são de 30, 50, 100 e 50 km, respectivamente. O centro consumidor mais próximo da área de estudo é a área urbana da cidade de Viçosa, sendo este utilizado como centro consumidor principal para esses objetivos. Como o centro consumidor é o mesmo, então as distâncias de centro consumidor PDCC1, PDCC2, PDCC3 e PDCC4 foram iguais. Neste sentido, o fator PDCC2 apresentou as mesmas características e o mesmo comportamento do PDCC1, encontrado na Figura 27. Esta situação confirma a muito boa aptidão para o objetivo pecuário, quando considerada a distância do centro consumidor.

A Figura 34 mostra o PUSO2 (fator padronizado uso e cobertura da terra pecuária), com as suas classes de aptidão. Considerando o uso e a cobertura da terra, a aptidão pecuária para a microbacia apresentou predominância nas classes 5 e 2, representando as classes de aptidão muito boa e baixa, respectivamente. As classes 5, com 45,83% (2.317,70 ha), e 4, com 0,31% (15,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 46,14% (2.333,30 ha) da microbacia. As porcentagens das classes 5 e 4 foram influenciadas, respectivamente, pela presença de pastagens e áreas a serem recuperadas. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 57,37% (2.901,10 ha). As classes de aptidão baixa, com 37,31% (1.887,00 ha), e muito baixa, com 5,32% (269,30 ha), corresponderam, conjuntamente, a 42,63% (2.156,30 ha) da área. Isto ocorreu devido à existência de boa presença de floresta secundária, cuja aptidão para o objetivo pecuário foi definida como baixa a muito baixa. Para esta situação, consideraram-se as dificuldades de implantar a atividade pecuária de acordo com o uso e cobertura da área. Neste sentido, considerando este fator, 42,63% da microbacia não deve ser utilizada para o objetivo pecuário, por representar a ocupação com as classes de aptidão baixa e muito baixa.

A Figura 35 mostra o PRESO2 (fator padronizado retorno social pecuário), com as suas classes de aptidão. Considerando o retorno social do objetivo pecuário baseado na renda salarial, a aptidão pecuária para a microbacia em estudo, excluindo as áreas com uso atual não-pecuário, apresentou predominância na classe 4, já que a renda desta atividade na área em estudo corresponde, em média, a 1,5 salário mínimo, representando a situação boa. Apenas esta classe foi detectada, e correspondeu a 100% (2.107,80 ha) da área atual utilizada para a atividade pecuária. Esta situação confirma uma aptidão boa para o objetivo pecuário, quando considerado o retorno social desta atividade.

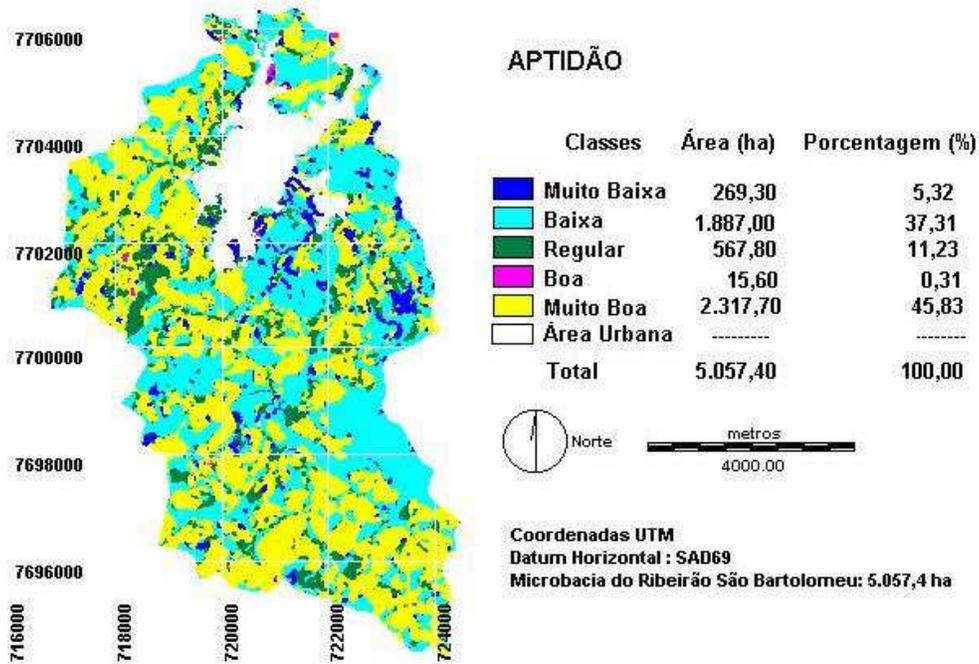


Figura 34 - Mapa do fator padronizado uso e cobertura atual da terra pecuário (PUSO2), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

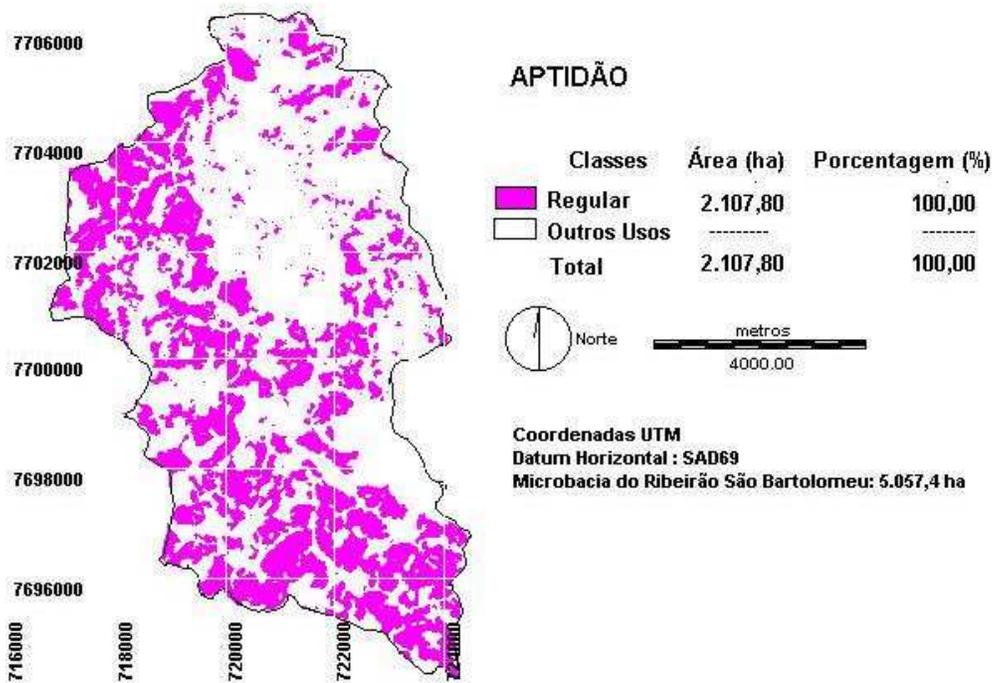


Figura 35 - Mapa do fator padronizado retorno social pecuário (PRESO2), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 36 mostra o PSOL2 (fator padronizado solos) com as suas classes de aptidão. Levando-se em conta a saturação de bases (%V), que mede a fertilidade por classe de solo, a aptidão pecuária para a microbacia em estudo apresentou predominância nas classes 1 e 3, representando as classes de aptidão muito baixa e regular, respectivamente. As principais classes de solo encontradas na área de estudo apresentaram o valor de %V inferior a 20%. Dessa maneira, ocorreu a predominância das classes de aptidão 1, com 52,88% (2.674,60 ha), e 3, com 31,60% (1.598,10 ha). As classes de solo que apresentaram valores de %V superiores a 40% foram inseridas na classe de aptidão 5 (muito boa), que corresponde a 15,52% da área da bacia. Somando-se a classe 5 com a 3, obteve-se porcentagem de 47,12% (2.382,80 ha). Neste sentido, considerando este fator, 52,88% da área da bacia não deve ser utilizada para o objetivo pecuário, por representar as áreas com aptidão baixa.

A determinação da aptidão pecuária final (APT2), para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, baseou-se na combinação dos oito fatores discutidos anteriormente, como (PDVI), (PDAGA), (PDCC2), (PUSO2), (PVAT), (PRESO2), (PSOL2) e (PSUS), mais as restrições BPP (Preservação Permanente) e BREC (áreas a serem recuperadas) e os pesos dos fatores e de ordenação.

A Figura 37 mostra o APT2 (aptidão pecuária final), que representa o objetivo 2 (pecuário), com as suas classes de aptidão. As classes de aptidão pecuária final que predominaram foram a 3, com 34,74% (1.757,00 ha), e a 2, com 25,85% (1.307,40 ha) da microbacia. As porcentagens das classes 3 e 2 foram bastante influenciadas pelos fatores suscetibilidade à erosão (PSUS com peso de 0,27 em um total de 1) e solos (PSOL2 com peso de 0,16 em um total de 1), em virtude dos pesos destinados a estes fatores. As classes 5, com 0,47% (23,60 ha), e 4, com 8,43% (426,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 8,90% (450,20 ha) da microbacia.

Somando-se à classe 3 (regular), com 34,74% (1.757,00 ha), esta porcentagem aumentou significativamente, passando para 43,64% (2.207,20 ha). As classes de aptidão baixa, com 25,85% (1.307,40 ha), e muito baixa, com 0,22% (11,00 ha), corresponderam, conjuntamente, a 26,07% (1.318,40 ha) da área. A presença significativa de áreas sem aptidão, com 30,29% (1.531,80 ha), ocorreu em virtude da existência das restrições áreas de preservação permanente e áreas a serem recuperadas. Neste sentido, somando-se as porcentagens das classes 1 e 2 e sem aptidão, encontra-se um valor de 56,36% (2.850,20 ha), o qual representa a porcentagem da área da microbacia de estudo que deve ser evitada para o objetivo pecuário.

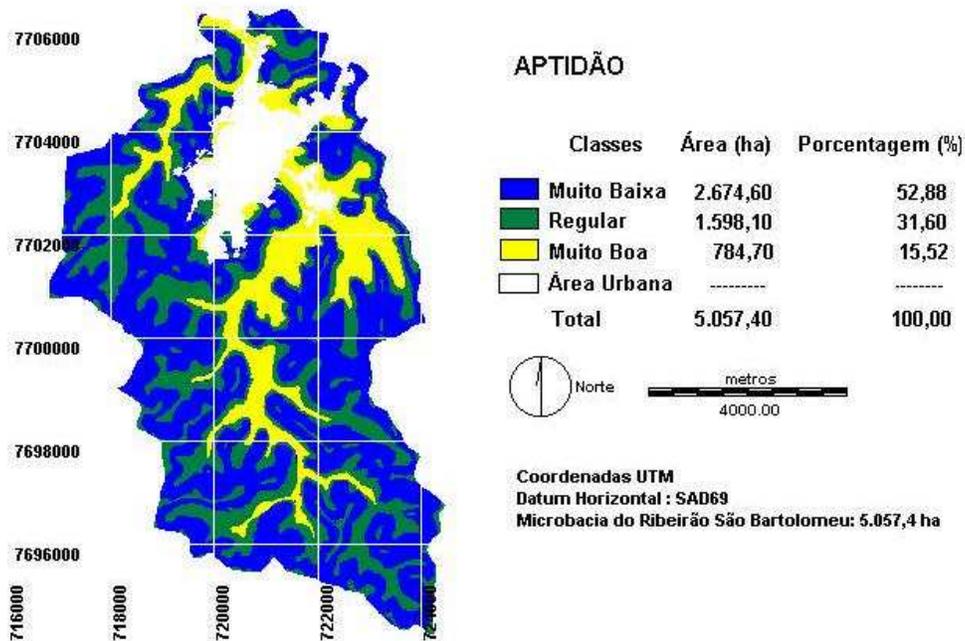


Figura 36 -Mapa do fator padronizado solos para o objetivo pecuário (PSOL2), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

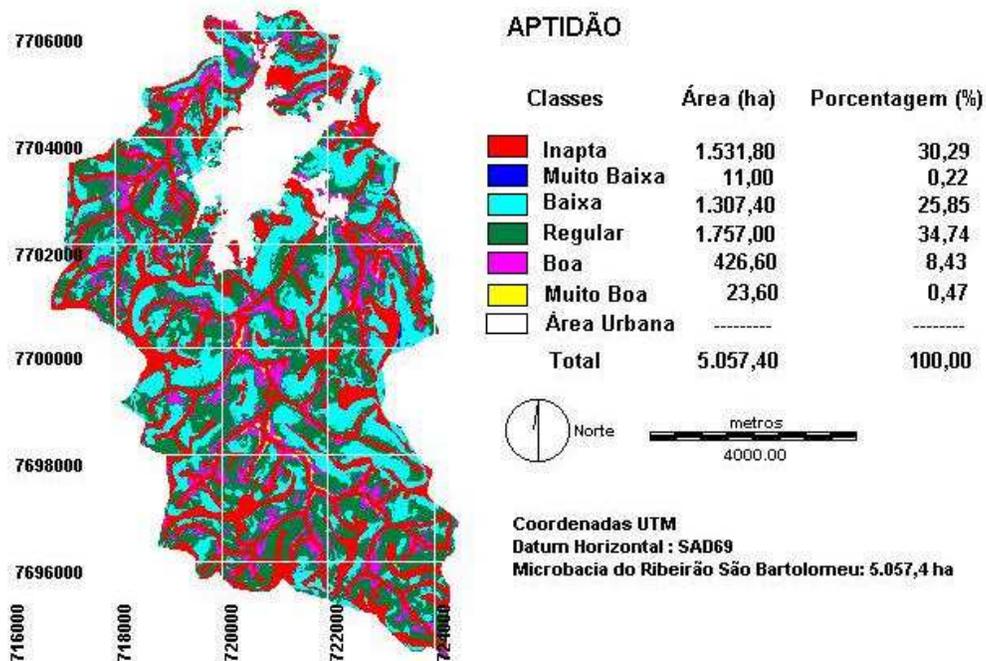


Figura 37 - Mapa de classes de aptidão para o objetivo pecuário (APT2), após a combinação média ponderada ordenada (OWA) dos critérios, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

4.2.1.3. Avaliação da aptidão florestal

Na determinação da aptidão florestal final da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu foram utilizados os fatores padronizados distância da área à hidrografia ou rede viária (PDAV), distância da área ao centro consumidor florestal (PDCC3), valor da terra (PVAT), retorno social florestal (PRESO3), solos (PSOL3), suscetibilidade à erosão (PSUS) e presença de indivíduos comerciais (PRESICO).

Os fatores PVAT e PSUS são os mesmos dos objetivos agrícola e pecuário, e o PDCC3 apresenta o mesmo comportamento do PDCC1, PDCC2 e o PDCC4, já que o único centro consumidor considerado é a área urbana da cidade de Viçosa. Por este motivo, estas distâncias são iguais, não necessitando rediscuti-las.

A Figura 38 mostra o PDAV (fator padronizado distância da área à hidrografia ou rede viária), com as suas classes de aptidão. Considerando a distância à água ou à rede viária, a aptidão florestal para a bacia em estudo apresentou predominância nas classes 5 e 4, representando as classes de aptidão muito boa e boa, respectivamente. Excluindo as áreas ocupadas por água ou rede viária, estas classes corresponderam, respectivamente, a 46,57% (2.115,90 ha) e 31,03% (1.410,20 ha) da microbacia e, conjuntamente, representaram 77,60% (3.526,10 ha) desta. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem aumentou para 95,03% (4.318,00 ha). As classes de aptidão baixa, com 4,93% (224,00 ha), e muito baixa, com 0,04% (1,90 ha), corresponderam, conjuntamente, a 4,97% (225,90 ha). Isto ocorreu devido à boa distribuição da água e da rede viária na área em estudo, conforme as Figuras 20 e 21. Esta distribuição mostrou-se altamente apta para o objetivo florestal, devido à predominância das classes de aptidão 5, 4 e 3.

A Figura 39 mostra o PSOL3 (fator padronizado solos), com as suas classes de aptidão. Levando-se em conta a saturação de bases (%V), que mede a fertilidade por classe de solo, a aptidão florestal para a bacia em estudo apresentou predominância nas classes 5 e 4, representando as classes de aptidão muito boa e boa, respectivamente. As principais classes de solo encontradas na área em estudo apresentaram o valor de %V inferior a 20%. Desta maneira, ocorreu a predominância das classes de aptidão 5, com 52,88% (2.674,60 ha), e 4, com 31,60% (1.598,10 ha). As classes de solo que apresentaram valores de %V superiores a 40% foram inseridas na classe de aptidão 2 (baixa), que corresponde a 15,52% (784,70 ha) da microbacia. Somando a classe 5 com a 4, obteve-se uma porcentagem de 84,48% (4.272,70 ha). Neste sentido, considerando este fator, 15,52% da área de estudo não deve ser utilizada para o objetivo florestal, por representar áreas ocupadas com aptidão baixa.

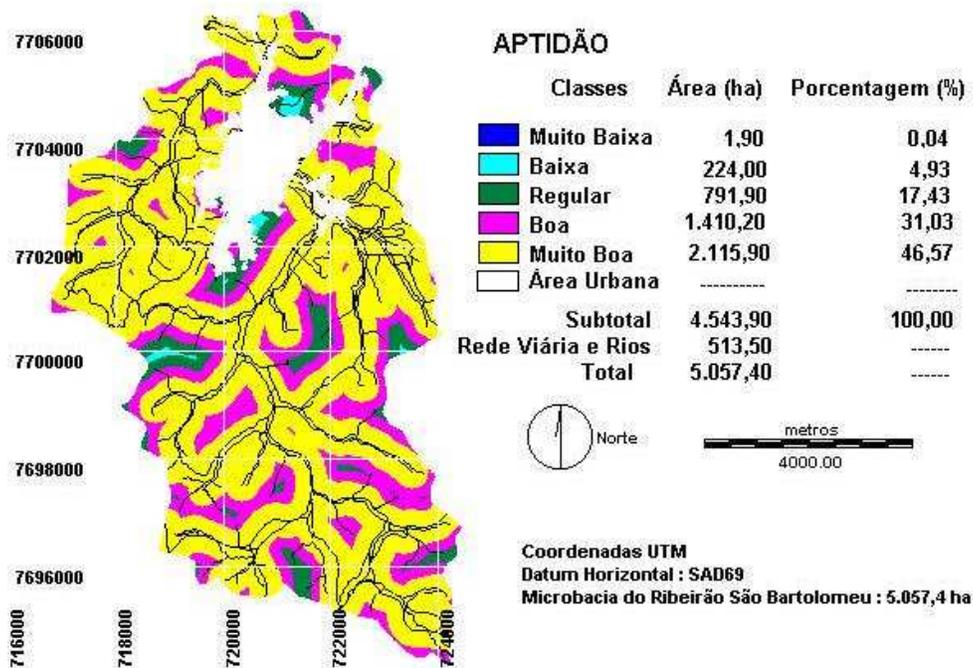


Figura 38 - Mapa do fator padronizado distância da área à hidrografia ou rede viária (PDAV) para o objetivo florestal, com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

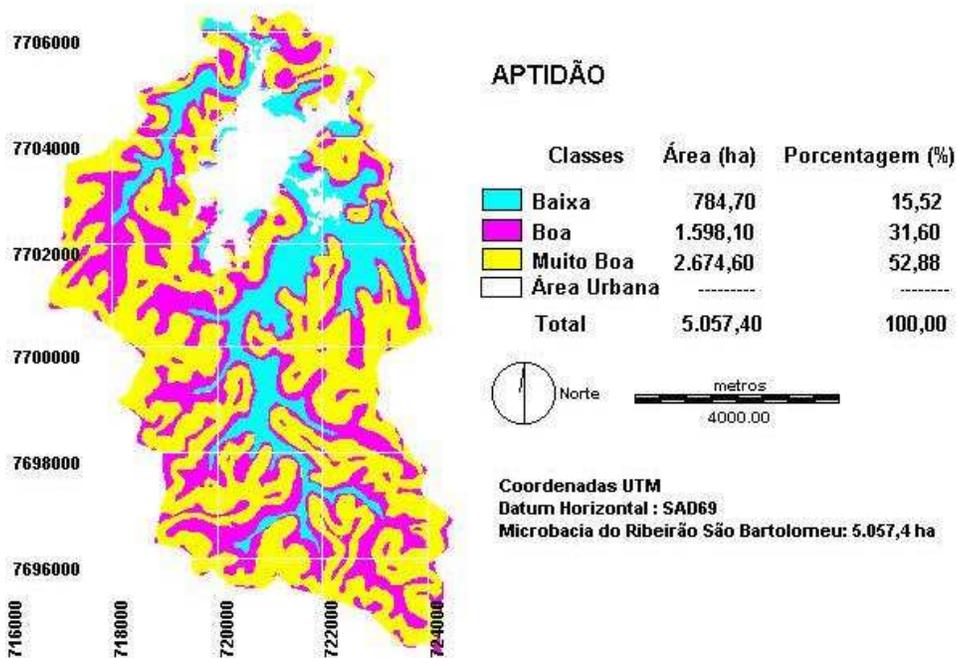


Figura 39 - Mapa do fator padronizado solos (PSOL3) para o objetivo florestal, com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A Figura 40 mostra o PRESO3 (fator padronizado retorno social florestal), com as suas classes de aptidão. Considerando o retorno social do objetivo florestal baseado na renda salarial, a aptidão florestal para a microbacia, excluindo as áreas com uso atual não-florestal, apresentou predominância na classe 3, já que a renda desta atividade na área em estudo corresponde, em média, a 1,5 salário mínimo, representando a situação regular. Apenas esta classe foi detectada, e correspondeu a 100% (2.071,20 ha) da área atual coberta por florestas. Esta situação confirma uma aptidão regular para o objetivo florestal, quando considerado o retorno social desta atividade.

A Figura 41 mostra o PRESICO (fator padronizado presença de indivíduos comerciais), com as suas classes de aptidão. Considerando a presença de indivíduos comerciais nas áreas com alguma cobertura florestal, a aptidão florestal para estas áreas apresentou predominância nas classes 5 e 3, representando as classes de aptidão muito boa e regular, respectivamente. As classes 5, com 8,89% (184,20 ha), e 3, com 91,11% (1.887,00 ha), corresponderam, conjuntamente, a 100% (2.333,30 ha) da área com cobertura florestal. As porcentagens das classes 5 e 3 foram influenciadas, respectivamente, pela presença de alguns pequenos reflorestamentos e floresta secundária com alguma presença de indivíduos comerciais de médio porte. Esta parte da microbacia, com a presença de cobertura florestal, mostra-se apta para o objetivo florestal devido à presença de fragmentos florestais (floresta secundária) com alguns indivíduos comerciais de médio porte e pequenos reflorestamentos com eucaliptos. No entanto, há a necessidade de que estes fragmentos sejam manejados, para aproveitá-los economicamente.

A determinação da aptidão florestal final (APT3) para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu baseou-se na combinação dos sete fatores discutidos anteriormente, como (PDAV), (PDCC3), (PVAT), (PRESO3), (PSOL3), (PSUS) e (PRESICO), mais as restrições BPP (Preservação Permanente), BREC (áreas a serem recuperadas) e BF (áreas com cobertura florestal) e os pesos dos fatores e de ordenação. A Figura 42 mostra o APT3 (aptidão florestal final), que representa o objetivo 3 (florestal), com as suas classes de aptidão. As classes de aptidão florestal final que predominaram foram a 3, com 24,62% (1.245,00 ha), e a 4, com 2,19% (110,60 ha) da área da microbacia. As porcentagens das classes 3 e 4 foram bastante influenciadas pelos fatores suscetibilidade à erosão (PSUS com peso de 0,30 em um total de 1), retorno social florestal (PRESO3 com peso de 0,27 em um total de 1) e presença de indivíduos comerciais (PRESICO com peso de 0,17 em um total de 1), em virtude dos pesos destinados a estes fatores. As classes 3 e 4 corresponderam, conjuntamente, a 26,81% (1.355,60 ha) da microbacia. Apenas 0,03% (1,70 ha) da

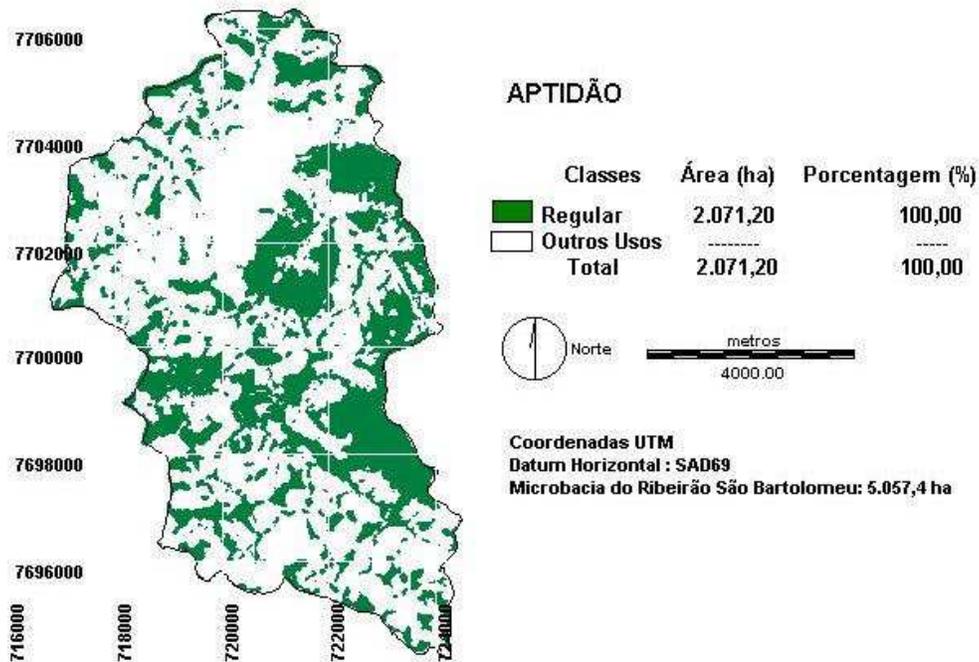


Figura 40 - Mapa do fator padronizado retorno social para o objetivo florestal (PRESO3), com suas classes de aptidão, da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

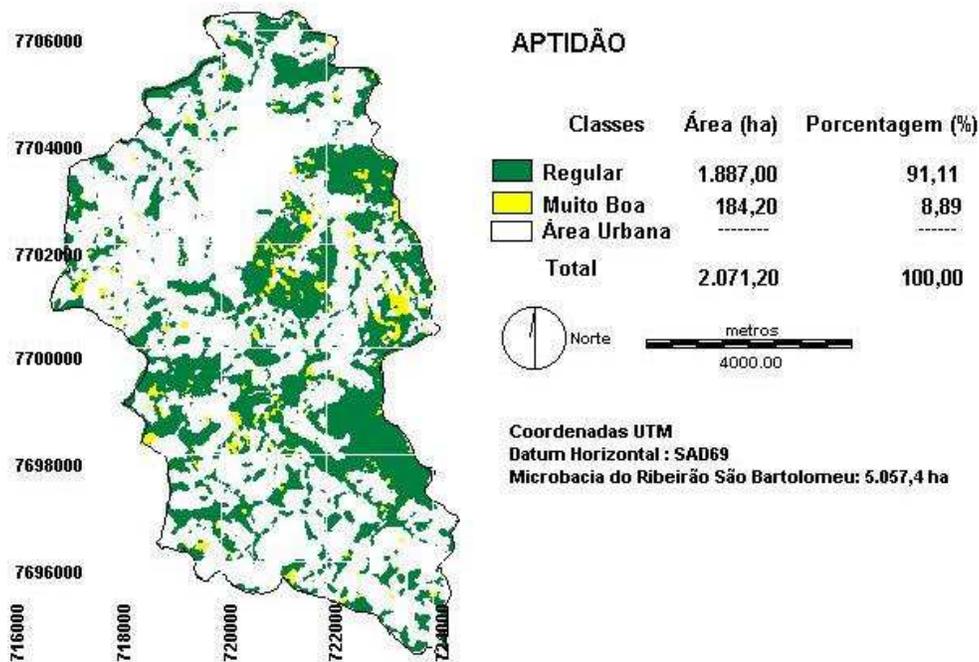


Figura 41 - Mapa do fator padronizado presença de indivíduos comerciais para objetivo florestal (PRESICO), com suas classes de aptidão, da microbasia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

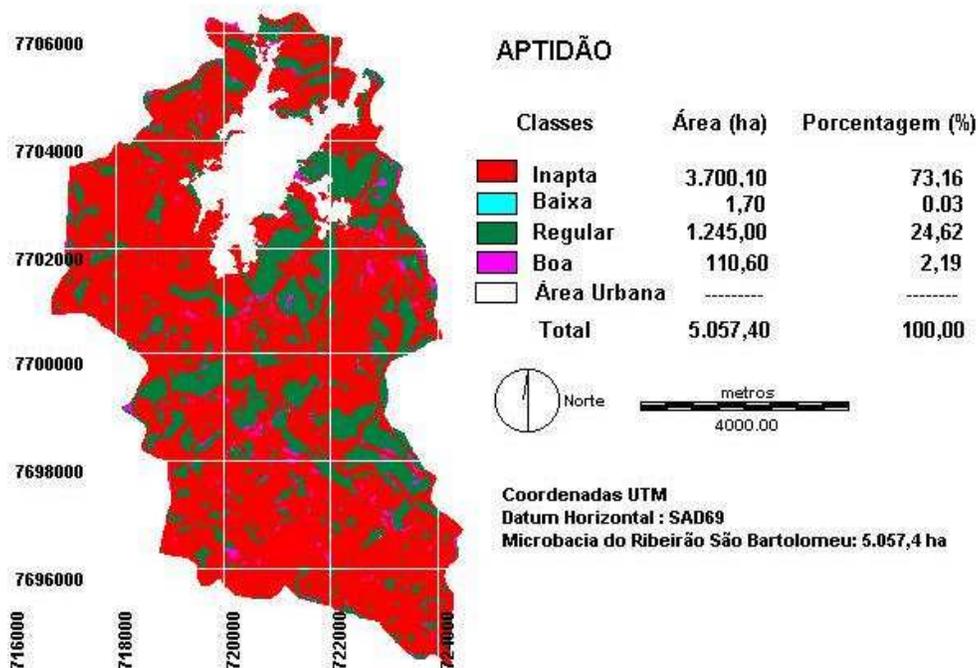


Figura 42 - Mapa de classes de aptidão para o objetivo florestal (APT3), após a combinação média ponderada ordenada (OWA) dos critérios, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

microbacia apresentou aptidão baixa. No entanto, considerando apenas as classes que apresentaram alguma aptidão florestal (classes 4, 3 e 2, que perfazem um total de 1.357,30 ha), observa-se que 99,88% dessas áreas estão nas classes boa e regular e que apenas 0,12% está na classe de aptidão baixa. Isto demonstra o potencial do uso dessas áreas para a atividade florestal. Já considerando a bacia como um todo, a presença significativa de áreas sem aptidão, com 73,16% (3.700,10 ha), ocorreu em virtude da existência das restrições áreas de preservação permanente, áreas a serem recuperadas e os outros usos, devendo estas áreas ser evitadas para o objetivo florestal. No entanto, dependendo do interesse, as áreas a serem recuperadas e os outros usos poderiam também ser alocadas para este objetivo.

4.2.1.4. Avaliação da aptidão para a recreação e o turismo

Para a determinação da aptidão final para recreação e turismo da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, foram utilizados os fatores padronizados distância da área à água para recreação e turismo (PDAGR), declividade (PDEC), distância da área ao centro consumidor de recreação e turismo (PDCC4), solos (PSOL4) e paisagem cênica (PPAI).

O PDCC4 apresenta o mesmo comportamento do PDCC1, PDCC2 e PDCC3, já que o único centro consumidor considerado é a área urbana da cidade de Viçosa. Por este motivo, estas distâncias são iguais.

A Figura 43 mostra o PDEC (fator padronizado declividade), com as suas classes de aptidão. Este fator corresponde à declividade da área. As classes de aptidão para a recreação e turismo que predominaram, de acordo com este fator, foram a baixa, com 63,41% (3.206,90 ha), e a muito baixa, com 12,02% (608,00 ha) da microbacia, representando, conjuntamente, 75,43% (3.814,90 ha) da área. Isto ocorreu devido ao fato de a microbacia ser bastante acidentada, com predomínio das declividades inseridas nestas duas classes. As classes 5, com 11,49% (580,90 ha), e 4, com 4,22% (213,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 15,71% (794,50 ha) da microbacia. Isto demonstra que áreas com baixa declividade (planas) presentes na área de estudo são relativamente pequenas. Somando-se à classe 3 (regular), com 8,86% (448,00 ha), esta porcentagem aumentou para 24,57% (1.242,50 ha). Neste sentido, considerando este fator, 75,43% das áreas da microbacia não devem ser utilizadas para este objetivo, por representarem as áreas ocupadas com as classes de aptidão baixa e muito baixa.

A Figura 44 mostra o PSOL4 (fator padronizado solos), com as suas classes de aptidão. Considerando os teores (distribuídos nas classes de aptidão 5-muito argilosa, 4-argilosa, 3-média, 2-siltosa e 1-arenosa) de argila presentes nas classes de solo, a aptidão da microbacia para recreação e turismo apresentou predominância nas classes 4 e 5, representando as classes de aptidão boa e ótima, respectivamente. As principais classes de solo encontradas na área em estudo apresentaram os teores muito argiloso e argiloso. Dessa maneira, ocorreu a predominância das classes de aptidão 4, com 52,88% (2.674,60 ha), e 5, com 31,60% (1.598,10 ha), representando, conjuntamente, 84,48% (4.272,70 ha) da microbacia. Somando-se à classe 3, com 15,52% (784,70 ha), chega-se a 100% da microbacia. Isto ocorre em razão de os solos da região serem predominantemente argilosos. Neste sentido, considerando este fator, 100% da área da bacia pode ser utilizada para recreação e turismo.

A Figura 45 mostra o PDAGR (fator padronizado distância da área à água para recreação e turismo), com as suas classes de aptidão. Considerando os "buffers" de rios e corpos d'água, a aptidão da microbacia para recreação e turismo apresentou predominância nas classes 5 (ótima) e 4 (boa). Excluindo os "buffers" de rios e corpos d'água da microbacia, estas classes corresponderam, respectivamente, a 48,78% (1.526 ha) e 35,28% (1.103,40 ha) da microbacia e, conjuntamente, representaram, 84,06% (2.629,40 ha) desta. Somando-se à classe 3 (regular), esta porcentagem

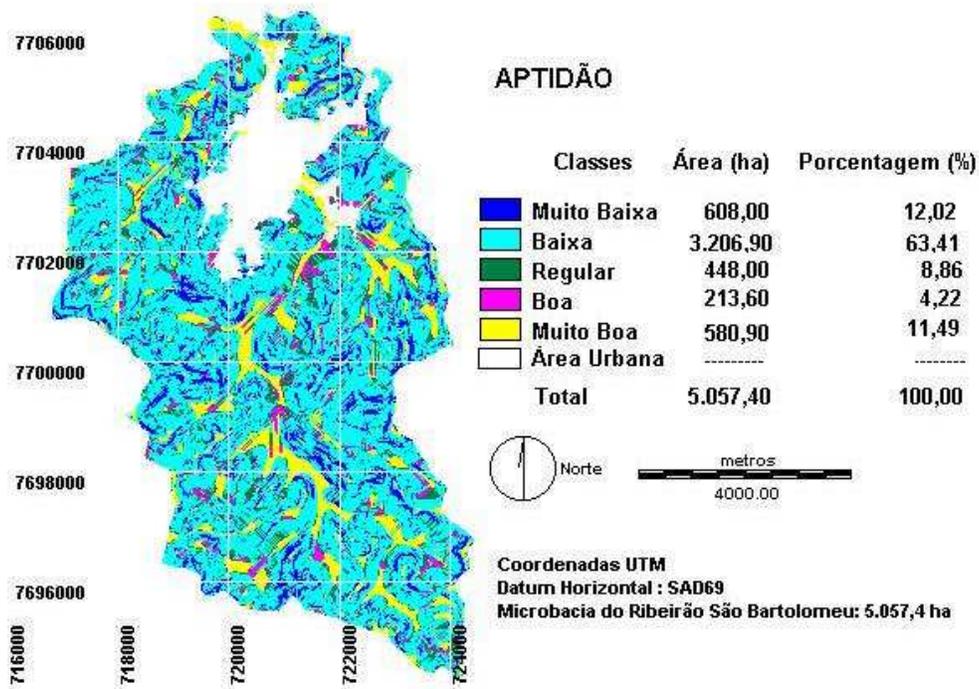


Figura 43 - Mapa do fator padronizado declividade para o objetivo de recreação e turismo (PDEC), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

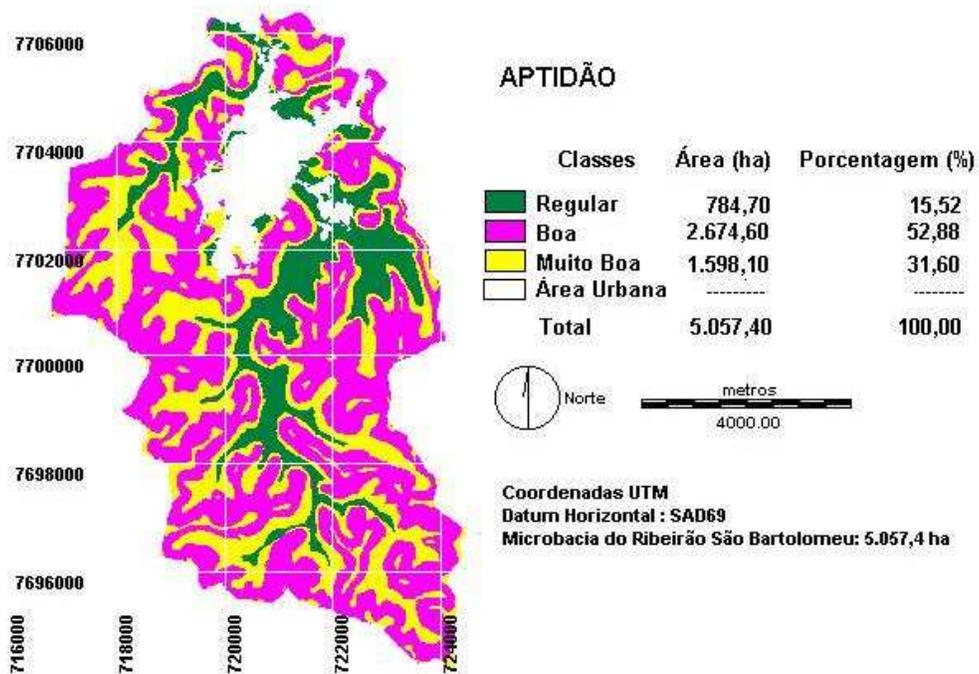


Figura 44 - Mapa do fator padronizado solos para o objetivo de recreação e turismo (PSOL4), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

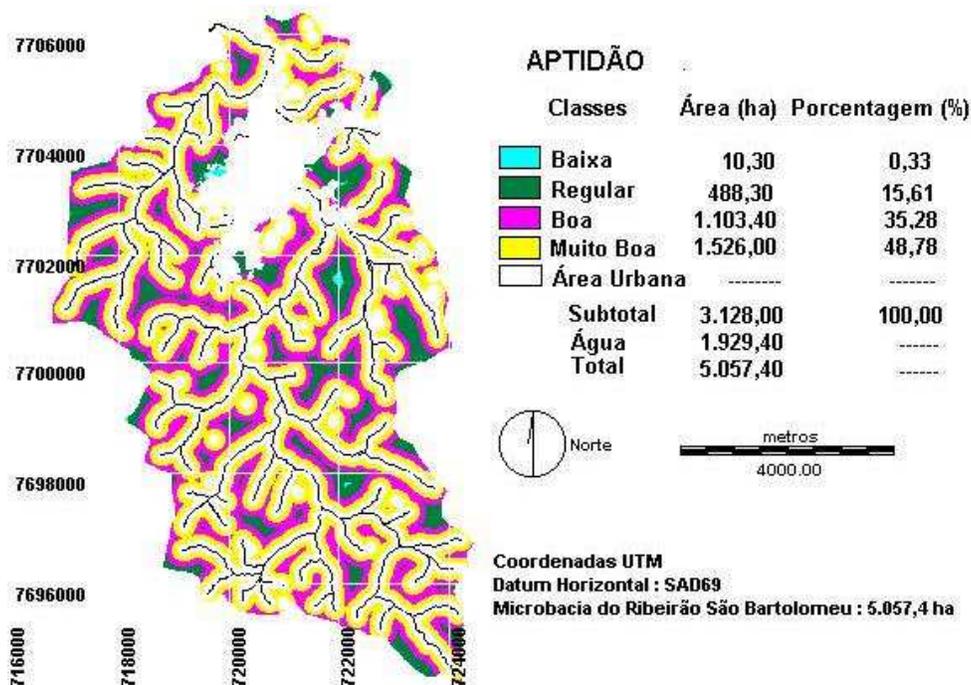


Figura 45 - Mapa do fator padronizado distância da área à água para o objetivo de recreação e turismo (PDAGR), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

aumentou para 99,67% (3.117,70 ha). A classe de aptidão muito baixa representou 0,33% (10,30 ha) da área. Isto ocorreu devido à boa distribuição dos "buffers" de rios e corpos d'água na área em estudo. Esta distribuição mostra-se altamente apta para o objetivo de recreação e turismo, em virtude da predominância das classes de aptidão 5, 4 e 3.

Na Figura 46 é mostrado o PPAI (fator padronizado paisagem cênica), com as suas classes de aptidão. Levando-se em conta a paisagem cênica, a aptidão da microbacia em estudo para o objetivo de recreação e turismo apresentou predominância nas classes 2 (baixa) e 3 (regular). As classes 5, com 16,31% (824,70 ha), e 3, com 31,40% (1.588,20 ha), corresponderam, conjuntamente, a 47,71% (824,70 ha) da microbacia em estudo. As porcentagens das classes 5 e 3 foram influenciadas pela presença de áreas significativas para preservação permanente e cobertura florestal secundária, respectivamente. As classes de aptidão baixa, com 48,28% (2.441,90 ha), e muito baixa, com 4,01% (202,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 52,29% (2.644,50 ha) da área. Isto ocorreu em razão da presença acentuada das atividades agrícola e pecuária e das áreas com queimadas, solos expostos e pequenos reflorestamentos em menor número. Neste sentido, considerando este fator, 52,29%

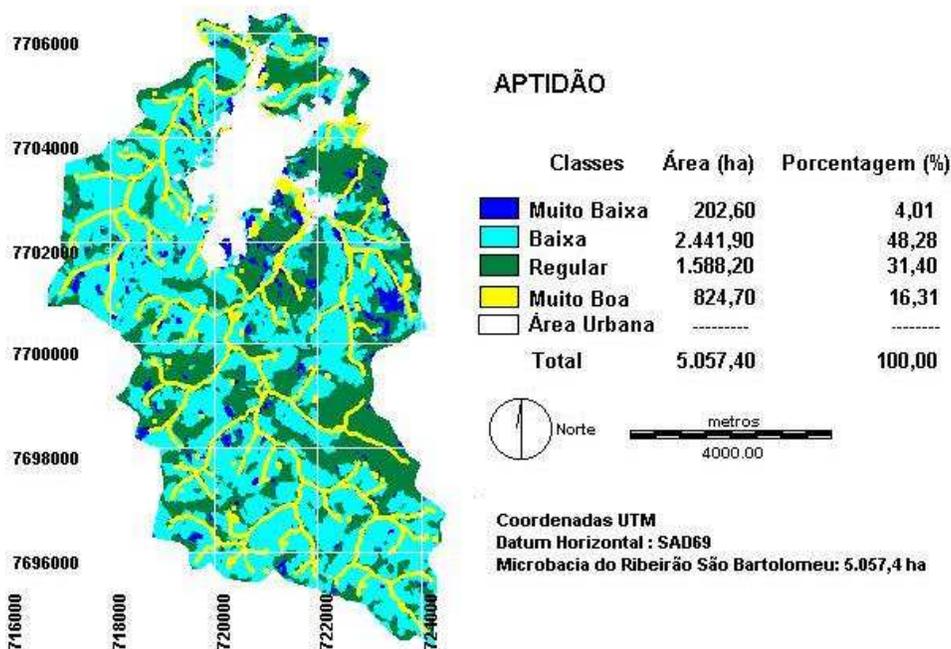


Figura 46 - Mapa do fator padronizado paisagem cênica para o objetivo de recreação e turismo (PPAI), com suas classes de aptidão, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa -MG.

da área da microbacia não deve ser intensivamente utilizada para o objetivo de recreação e turismo, por representar as áreas ocupadas com as classes de aptidão baixa e muito baixa. No entanto, em alguns casos, podem ser utilizados moderadamente para este objetivo.

A determinação da aptidão para recreação e turismo final (APT4), para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, baseou-se na combinação dos cinco fatores discutidos anteriormente, como PDAGR, PDEC, PDCC4, PSOL4 e PPAI, mais a restrição BREC (áreas a serem recuperadas) e os pesos dos fatores e de ordenação.

A Figura 47 mostra o APT4 (aptidão para a recreação e turismo final), que representa o objetivo 4 (recreação e turismo), com as suas classes de aptidão. As classes de aptidão final de recreação e turismo que predominaram foram a 3, com 59,27% (2.997,30 ha), e a 4, com 35,96% (1.818,60 ha) da microbacia. As porcentagens das classes 3 e 4 foram bastante influenciadas pelos fatores solos (PSOL4 com peso de 0,36 em um total de 1) e paisagem cênica (PPAI com peso de 0,25 em um total de 1), em virtude dos pesos destinados a estes fatores. As classes 5, com 0,43% (21,90 ha), e 4, com 35,96% (1.818,60 ha), corresponderam, conjuntamente, a 36,39% (1.840,50 ha) da microbacia. Somando-se à classe 3 (regular), com 59,27%

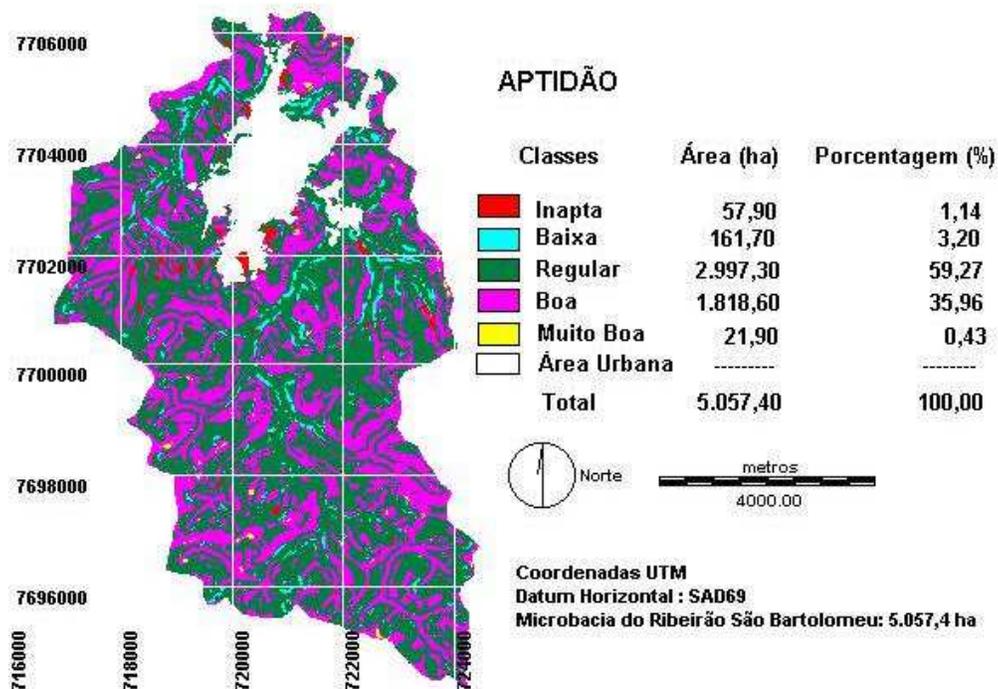


Figura 47 - Mapa de classes de aptidão para o objetivo de recreação e turismo (APT4), após a combinação média ponderada ordenada (OWA) dos critérios, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

(2.997,30 ha), esta porcentagem aumentou significativamente, passando para 95,66% (4.837,80 ha). Apenas 3,20% (161,70 ha) da área em estudo apresentou aptidão baixa (classe 2). A presença não-significativa de áreas sem aptidão, com 1,14% (57,90 ha), ocorreu em virtude da pequena presença da restrição áreas a serem recuperadas. Neste sentido, somando as porcentagens das classes 2 e sem aptidão, encontra-se um valor de 4,34% (219,60 ha). Este valor representa a porcentagem da área da bacia em estudo que deve, num primeiro momento, ser evitada para recreação e turismo.

4.2.1.5. Avaliação da aptidão para preservação permanente

Toda área de preservação permanente definida por lei e localizada no mapa de restrição BPP (Booleano de preservação permanente) foi renomeada para a classe 5 (muito boa), gerando-se o mapa APT5. A Figura 48 mostra o valor em hectares e a distribuição dessas áreas na área em estudo. A área da microbacia destinada à preservação permanente foi de 1.473,90 ha, representando 29,14% desta.

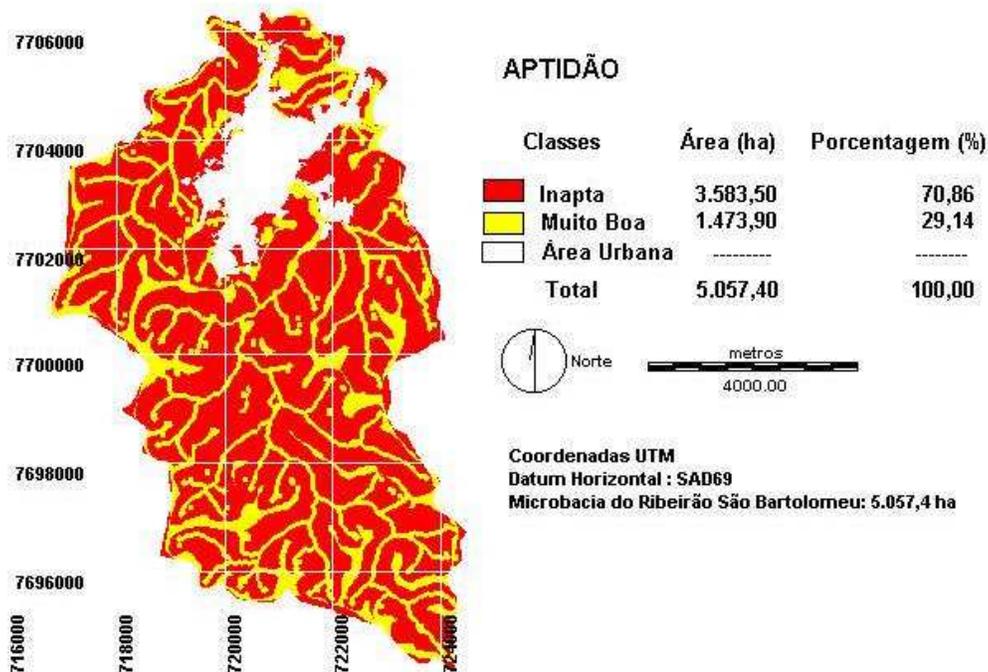


Figura 48 - Mapa de classes de aptidão para o objetivo de preservação permanente (APT5), da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

4.2.1.6. Avaliação da aptidão para o objetivo recuperação

Toda área a ser recuperada e localizada no mapa de restrição BREC (Booleano de áreas a serem recuperadas) foi renomeada para a classe 5 (ótima), gerando-se o mapa APT6. A Figura 49 mostra o valor em hectares e a distribuição dessas áreas na área em estudo. A área da microbacia com as áreas a serem recuperadas foi de 57,90 ha, representando 1,14% desta.

4.2.2. Avaliação do zoneamento

O zoneamento, por ser um instrumento do planejamento e gestão ambiental, deve ter como objetivo a busca do ideal, para garantir a utilização adequada, com base nas potencialidades e fragilidades de um espaço geográfico. Muitas vezes, para implementar um zoneamento é necessária uma intensa negociação, em virtude das questões políticas, sociais, econômicas e ecológicas. Neste sentido, a proposta de zoneamento apresentada para a microbacia do Ribeirão de São Bartolomeu refere-se a uma recomendação de ocupação, com base na preocupação social, econômica e ecológica e nas potencialidades da área.

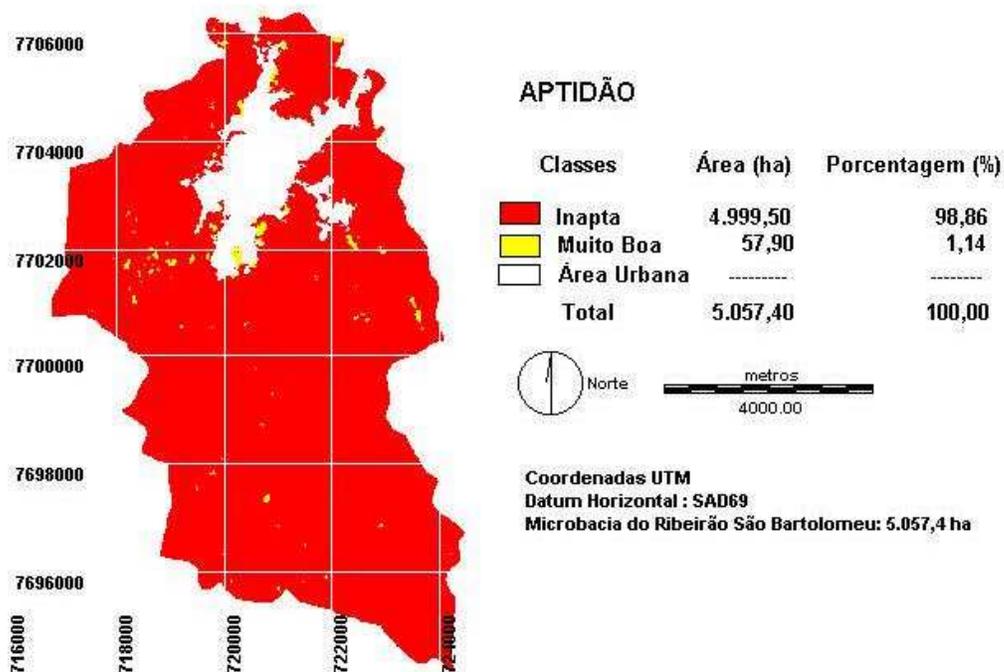


Figura 49 - Mapa de classes de aptidão para o objetivo recuperação (APT6), da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa -MG.

Considerando os principais usos das áreas rurais, a microbacia em estudo foi dividida em seis classes de objetivos de uso (agrícola, pecuário, florestal, de recreação e turismo, de preservação permanente e de recuperação), resultando no seu zoneamento final.

A Figura 50 mostra as áreas, em hectares, propostas para serem ocupadas por cada classe de objetivo, com sua distribuição espacial.

A classe de objetivo agrícola compreende uma área de 539,60 ha, correspondendo a 10,67% da microbacia, concentrando-se nas áreas de terraços próximos aos corpos d'água, devendo ser destinada à atividade agrícola.

A classe de objetivo pecuário compreende uma área de 1.503,90 ha (29,74% do total da microbacia), devendo ser destinada à atividade pecuária.

A classe de objetivo florestal compreende uma área de 455,50 ha, correspondendo a 9,01% do total da microbacia, devendo ser destinada à atividade florestal.

A classe de objetivo de recreação e turismo compreende uma área de 1.022,90 ha (20,22% do total da microbacia), devendo ser destinada à atividade de recreação e turismo.

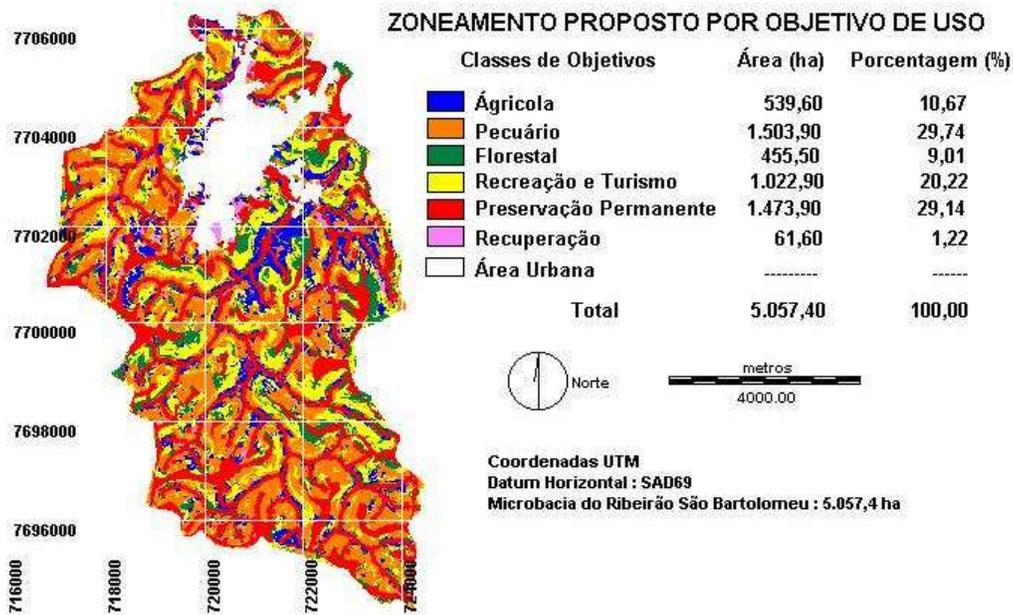


Figura 50 - Mapa da proposta de zoneamento para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

A classe de objetivo de preservação permanente compreende uma área de 1.473,90 ha, correspondendo a 29,14% do total da microbacia, e deve permanecer intocada, de acordo com a legislação ambiental vigente, sendo permitido o seu uso com algumas restrições para a atividade de recreação e turismo.

A classe de objetivo de recuperação compreende uma área de 61,60 ha, correspondendo a 1,22% do total da microbacia. Esta área encontra-se em algum estágio de degradação e deve ser destinada à recuperação ou a um uso mais adequado, respeitando-se as suas limitações.

Esta proposta de zoneamento destina-se aos planejadores da microbacia em estudo, com o objetivo de auxiliá-los na tomada de decisão de ocupação desse espaço. No entanto, ela não pode ser considerada definitiva, já que representa uma primeira proposta, funcionando como base para uma análise mais profunda e auxílio aos planejadores na tomada de decisão.

4.2.3. Avaliação dos conflitos de uso

Os conflitos de uso foram obtidos pela comparação entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão dos objetivos agrícola, pecuário, florestal, recreação e turismo, preservação permanente, recuperação e zoneamento final.

Estas comparações foram analisadas levando-se em conta uso correto, áreas subutilizadas, uso incorreto e outros usos. O uso correto foi definido como as áreas que apresentam aptidão regular (classe 3) a muito boa (classe 5) e que estejam sendo ocupadas atualmente pelo objetivo de uso em análise. As áreas subutilizadas são aquelas que apresentam aptidão de regular a muito boa, mas que são ocupadas atualmente por outros objetivos de uso e não o que está sendo analisado. O uso incorreto compreende as áreas que apresentam aptidão baixa (classe 2), muito baixa (classe 1) e completamente sem aptidão e, mesmo assim, estão sendo ocupadas atualmente para o objetivo em análise. Os outros usos compreendem as outras formas de ocupação presentes na área.

Na Figura 51 são mostrados os conflitos de uso atual com a aptidão agrícola da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu. No caso da microbacia em estudo, 6,93% (350,50 ha) da sua área está sendo utilizada corretamente e 14,53% (735,10 ha) é subutilizada. Esta situação poderia ser melhorada se as áreas que estão subutilizadas fossem ocupadas para a finalidade agrícola, passando-se de 6,93% (corretamente utilizada) para 21,46% (corretamente utilizada + subutilizada = 6,93% + 14,53%) da microbacia. Considerando as áreas adequadas (350,20 + 735,10 = 1.085,30 ha), que compreendem a soma do uso correto e subutilizado, observa-se a predominância de áreas subutilizadas, com 67,73% (735,10 ha) quando comparadas com a de uso correto, com 32,27% (350,20 ha). Por sua vez, o uso incorreto compreende 4,30% (217,70 ha) da microbacia, dos quais 81,67% (177,80 ha) são ocupados por áreas completamente sem aptidão para o objetivo agrícola e 18,33% (39,90 ha) por áreas com baixa aptidão (classe 2). As classes de aptidão 1 e 2 são áreas consideradas praticamente sem aptidão. Por este motivo, estas áreas devem ser evitadas para o objetivo em análise, devendo ser inseridas na classe de uso incorreto.

A Figura 52 mostra os conflitos de uso atual com a aptidão pecuária da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu. No caso da microbacia em estudo, 33,84% (1.711,40 ha) da sua área está sendo utilizada corretamente e 9,80% (495,80 ha) é subutilizada. Esta situação poderia ser melhorada se as áreas que estão subutilizadas fossem ocupadas para a finalidade pecuária, passando-se de 33,84% (corretamente utilizada) para 43,64% (corretamente utilizada + subutilizada = 33,84% + 9,80%) da microbacia. Considerando as áreas adequadas (1.711,40 + 495,80 = 2.207,20 ha), que compreendem a soma do uso correto e subutilizado, observa-se a predominância de áreas de uso correto, com 77,54% (1711,40 ha), quando comparadas com as subutilizadas, com 22,46% (495,80 ha). Por sua vez, o uso incorreto compreende 11,99% (606,30 ha) da microbacia, dos quais 88,97% (539,40 ha) são ocupados por áreas completamente sem aptidão para o objetivo pecuário, 0,05% (0,30 ha) por áreas

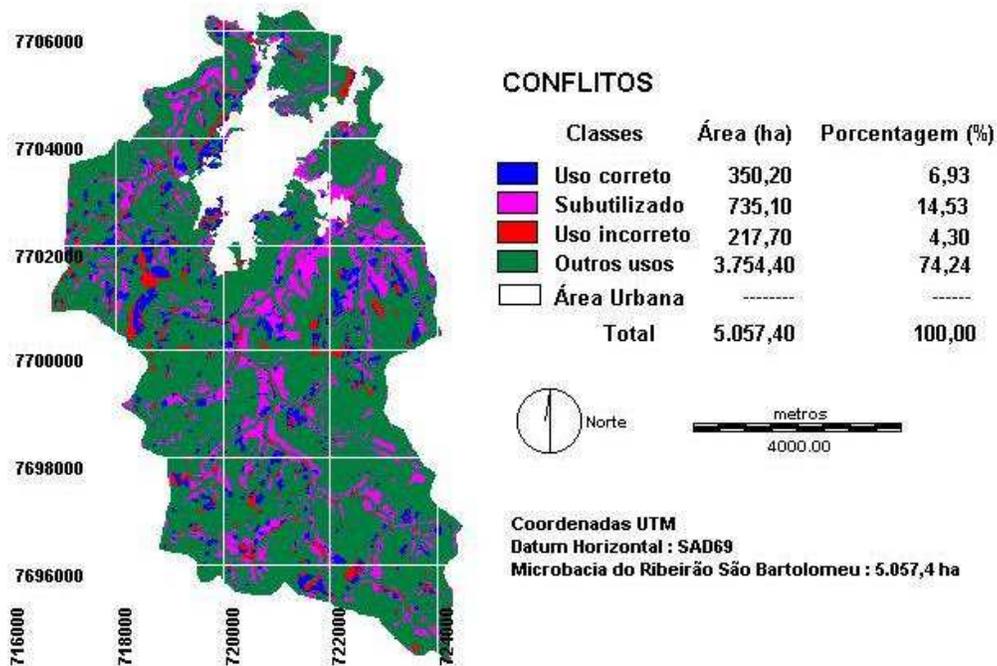


Figura 51 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo agrícola, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

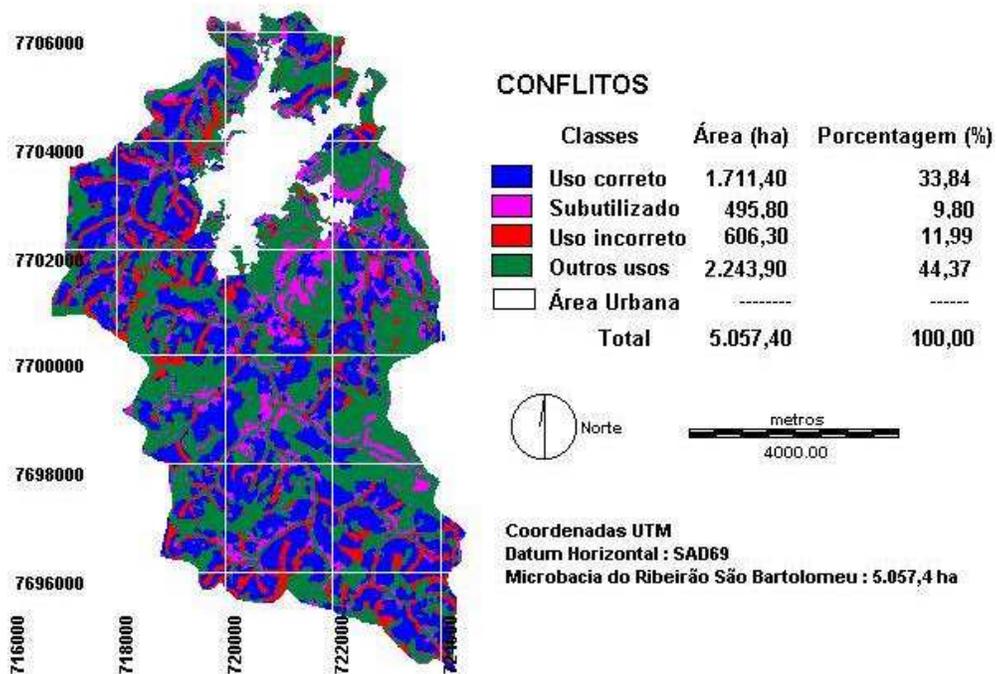


Figura 52 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo pecuário, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

com baixa aptidão (classe 2) e 10,98% (66,60 ha) por áreas com muito baixa aptidão (classe 1). As classes de aptidão 1 e 2 são áreas consideradas praticamente sem aptidão. Por este motivo, estas áreas devem ser evitadas para o objetivo em análise, devendo ser inseridas na classe de uso incorreto.

A Figura 53 mostra os conflitos de uso atual com a aptidão florestal da microbacia do Ribeirão de São Bartolomeu. No caso da microbacia em estudo, 26,80% (1.355,60 ha) da sua área está sendo utilizada corretamente, não apresentando subutilização. Estas áreas apresentam cobertura florestal e poderiam ser melhoradas via manejo florestal. Por sua vez, o uso incorreto compreende 14,15% (715,70 ha) da microbacia, das quais 99,76% (714,00 ha) são ocupados por áreas completamente sem aptidão para o objetivo florestal e 0,24% (1,70 ha) por áreas com baixa aptidão (classe 2). As classes de aptidão 1 e 2 são áreas consideradas praticamente sem aptidão para o objetivo florestal, por apresentarem maior aptidão para os outros objetivos de uso. Por este motivo, estas áreas devem ser evitadas para o objetivo em análise, devendo ser inseridas na classe de uso incorreto.

Na Figura 54, são mostrados os conflitos de uso atual com a aptidão para a recreação e turismo da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu. No caso da microbacia em estudo, 95,66% (4.837,80 ha) da sua área pode ser utilizada corretamente e não apresenta subutilização. Estas áreas apresentam diversas formas de ocupação, que poderiam ser mais bem estruturadas para possibilitar melhor eficiência para a recreação e o turismo. Por sua vez, o uso incorreto compreende 4,34% (219,60 ha) da microbacia, dos quais 26,37% (57,90 ha) são ocupados por áreas completamente sem aptidão para o objetivo de recreação e turismo e 73,63% (161,70 ha) por áreas com baixa aptidão (classe 2). As classes de aptidão 1 e 2 são áreas consideradas praticamente sem aptidão para o objetivo de recreação e turismo, por apresentarem maior aptidão para os outros objetivos de uso. Por este motivo, estas áreas devem ser evitadas para o objetivo em análise, devendo ser inseridas na classe de uso incorreto.

A Figura 55 mostra os conflitos de uso atual com a aptidão de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu. No caso da microbacia em estudo, 13,58% (686,80 ha) da sua área está sendo utilizada corretamente e 15,56% (787,10 ha) é subutilizada. Esta situação poderia ser melhorada se as áreas que estão subutilizadas fossem ocupadas para a finalidade de preservação permanente, passando-se de 13,58% (corretamente utilizada) para 29,14% (corretamente utilizada + subutilizada = 13,58% + 15,56%) da microbacia. Considerando as áreas adequadas (686,80 + 787,10 = 1.473,90 ha), que compreendem a soma do uso correto e subutilizado, observa-se a predominância de áreas subutilizadas, com 53,40% (787,10 ha), quando comparadas com a de uso correto, com 46,60% (686,80 ha). Por sua vez, o

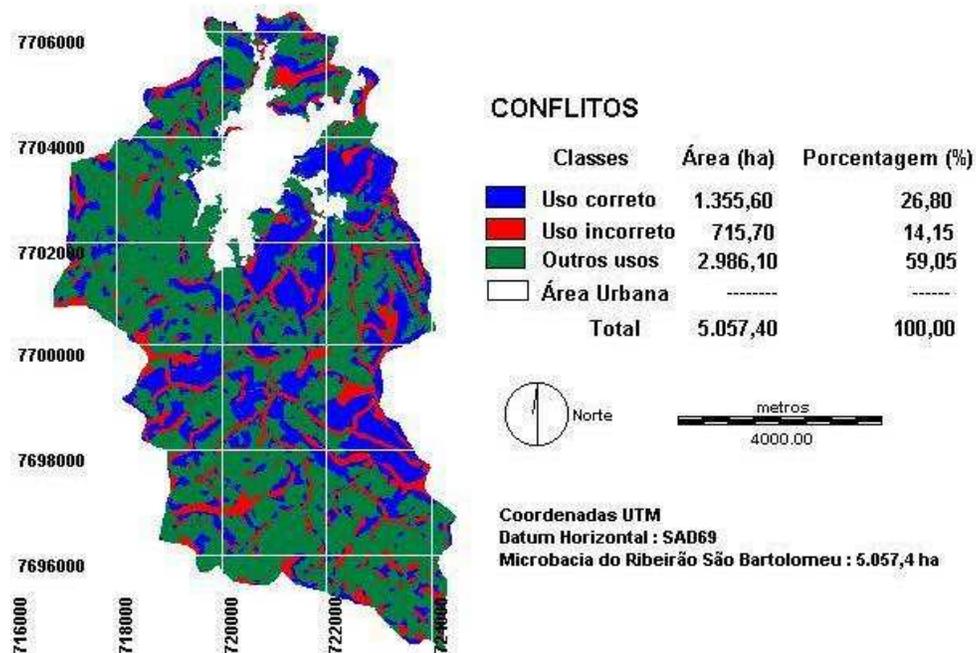


Figura 53 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo florestal, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

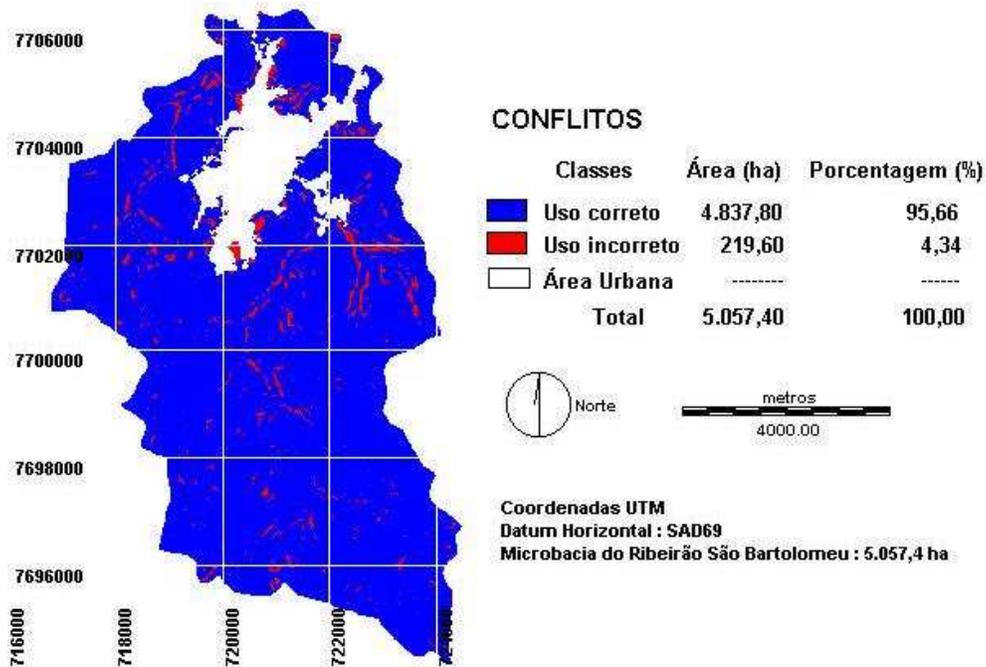


Figura 54 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo de recreação e turismo, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

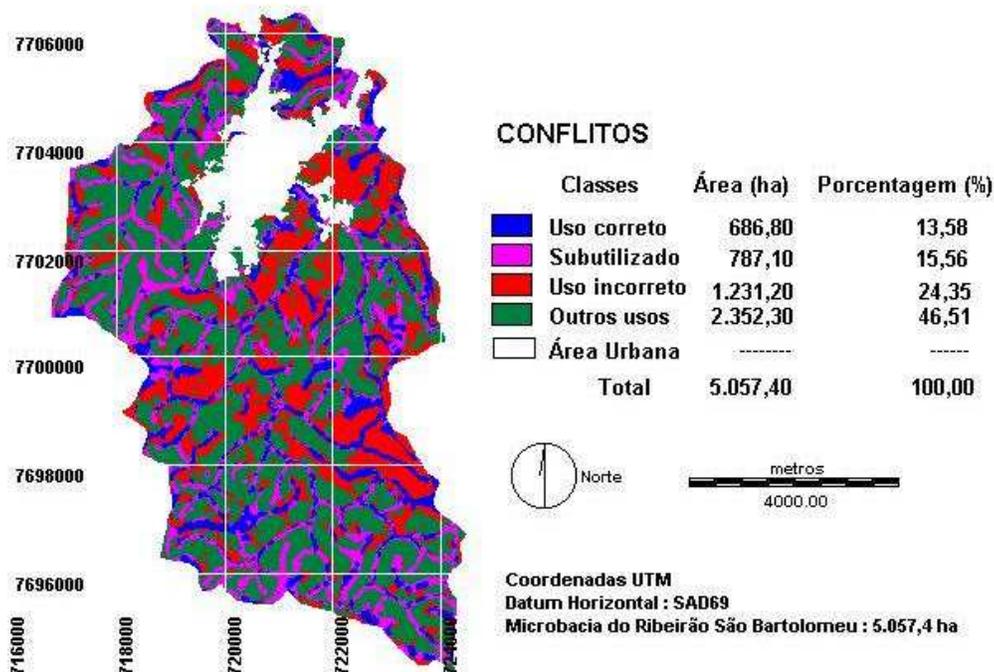


Figura 55 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo de preservação permanente, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

uso incorreto compreende 24,35% (1.231,20 ha) da microbacia, dos quais 100% (1.231,20 ha) são ocupados por áreas completamente sem aptidão para o objetivo de preservação permanente.

Na Figura 56 são mostrados os conflitos de uso atual com a aptidão do objetivo recuperação para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu. Para esta microbacia, 1,14% (57,90 ha) da sua área está sendo utilizada corretamente e não apresenta subutilização. Esta porcentagem representa as áreas a serem recuperadas e que, após a sua recuperação, serão destinadas a um uso mais adequado, de acordo com as suas potencialidades.

O Quadro 8 e a Figura 57 mostram os conflitos de uso atual com o zoneamento final proposto. As maiores destinações de usos na microbacia em estudo foram para os objetivos pecuário, com 29,74% (1.503,90 ha), preservação permanente, com 29,14% (1.473,90 ha), recreação e turismo, com 20,22% (1.022,90 ha), e agrícola, com 10,67% (539,60 ha). De acordo com o zoneamento proposto, 78,43% (3.966,80 ha) da microbacia está sendo usada corretamente e 21,57% (1.090,60 ha) vem sendo ocupada por usos inadequados.

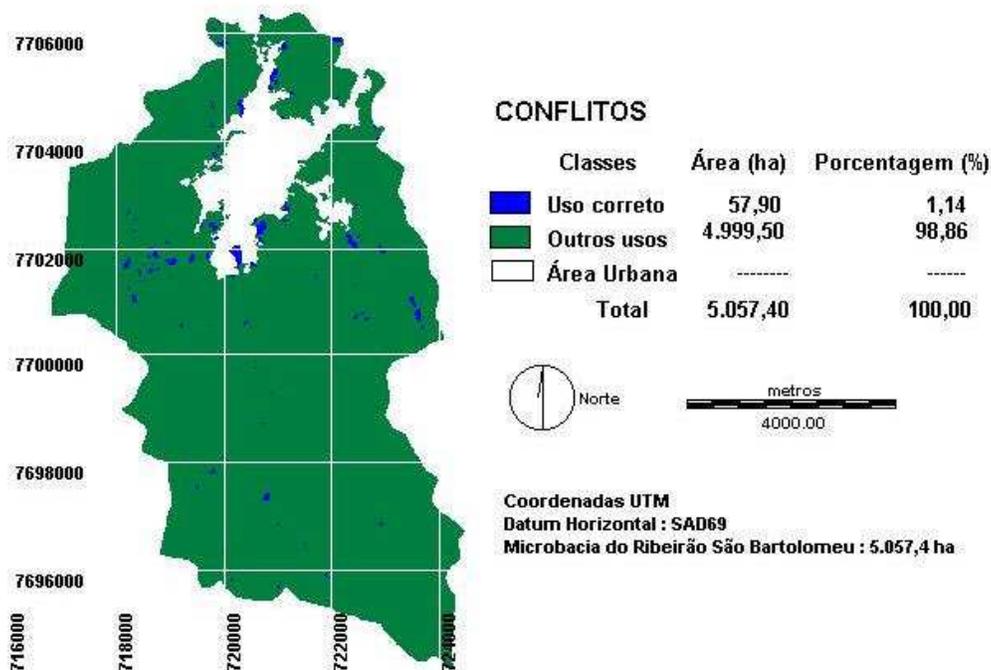


Figura 56 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a aptidão para o objetivo de recuperação, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

Quadro 8 - Distribuição dos conflitos entre o uso atual da terra e a proposta de zoneamento final da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG

Objetivos	U s o s							
	Uso proposto		Uso correto		Outros usos		Uso atual	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1 - Agrícola	539,60	10,67	289,90	5,73	249,70	4,94	567,90	11,23
2 - Pecuário	1.503,90	29,74	1.442,00	28,51	61,90	1,23	2.317,70	45,83
3 - Florestal	455,50	9,01	455,50	9,01	0,00	0,00	2.071,20	40,95
4 - Recreação e Turismo	1.022,90	20,22	1.022,90	20,22	0,00	0,00	0,00	0,00
5 - Preservação Permanente	1.473,90	29,14	698,60	13,81	775,30	15,33	42,40	0,84
6 - Recuperação	61,60	1,22	57,90	1,15	3,70	0,07	57,90	1,15
Total	5.057,40	100,00	3.966,80	78,43	1.090,60	21,57	5.057,40	100,00

Comparando o uso atual com o uso proposto pelo zoneamento, observa-se que haveria diminuição das áreas destinadas ao objetivo de uso agrícola, pois o uso atual, que representa 11,23% da microbacia, passaria para 10,67%. Isto ocorreria porque a maior parte desta microbacia é considerada sem aptidão para este objetivo de uso.

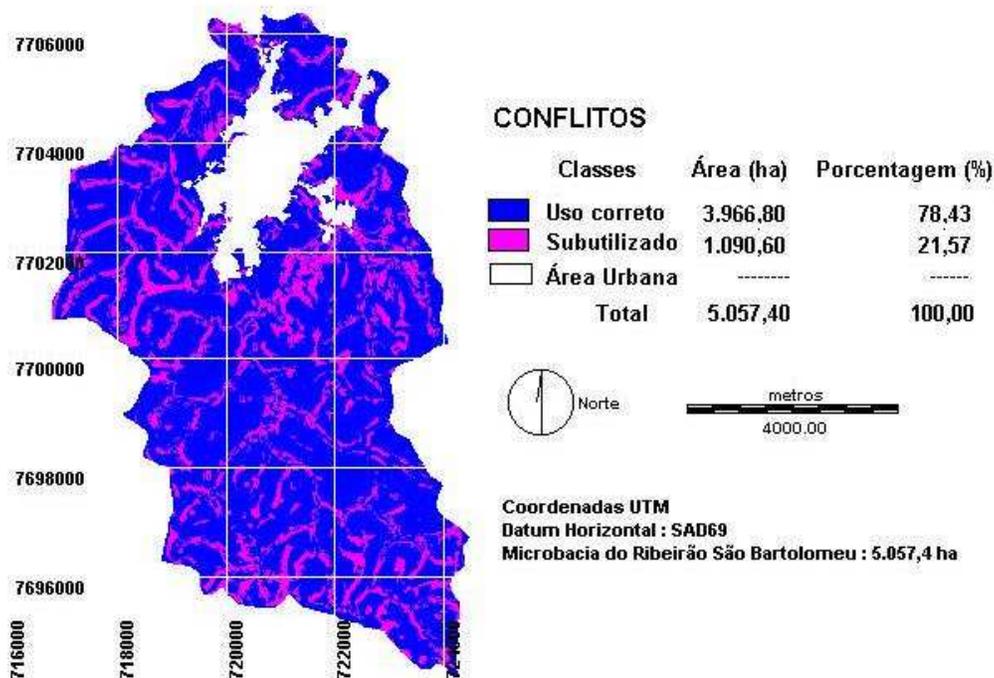


Figura 57 - Mapa de conflitos entre o uso e cobertura atual da terra e a proposta de zoneamento para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.

Para os objetivos de uso pecuário e florestal, a diminuição dessas áreas seria acentuada. O primeiro passaria de 45,83% da microbacia para 29,74%, e o segundo, de 40,95% para 9,01%. Isto ocorreria porque a maior parte dessas áreas deveria ser de preservação permanente e, ou, destinada a outros usos mais adequados. No entanto, vêm sendo utilizadas para estes dois objetivos de uso.

A microbacia não vem sendo utilizada para o objetivo de uso de recreação e turismo ecológico. Neste sentido, considerando-se as suas potencialidades naturais, está sendo proposto que 20,22% desta seja destinada a este objetivo de uso. Se for considerado o turismo rural como um todo, as áreas destinadas às atividades agrícola, pecuária e florestal poderiam também ser utilizadas para recreação e turismo.

Para o objetivo de uso de preservação permanente, propõe-se um aumento significativo, passando de 0,84% para 29,14% da microbacia. Esta porcentagem representa as áreas que devem ser preservadas por lei, não devendo ser diminuída. Estas áreas podem ser utilizadas, com algumas restrições, para recreação e turismo ecológico.

Considerando a área proposta de ocupação para cada objetivo, em relação ao seu uso correto, foi observado que 53,72% (289,90 ha), 95,88% (1442,00 ha), 100%

(455,50 ha), 100% (1.022,90 ha), 47,40% (698,60 ha) e 93,99% (57,90 ha) das áreas destinadas aos objetivos agrícola, pecuário, florestal, recreação e turismo, preservação permanente e recuperação, respectivamente, estão sendo usadas corretamente. Esta situação mostra que as áreas destinadas aos objetivos agrícola e de preservação permanente que estão sendo ocupadas por outros usos (de forma inadequada) são significativas, devendo ser remanejadas para o objetivo de uso correto. As áreas destinadas ao objetivo de preservação permanente estão sendo ocupadas indevidamente pelas atividades agrícola, de reflorestamento com eucalipto e pecuária, que representam, respectivamente, 22,95% (177,90 ha) 7,48% (58 ha) e 69,57% (539,40 ha) do total das áreas com outros usos indevidos. Neste sentido, 92,52% (717,30 ha) das áreas de uso indevido são usadas para as finalidades agrícola e pecuária, devendo estas ser alocadas para preservação permanente.

4.3. Análise da metodologia proposta

Além dos resultados obtidos da aplicação da proposta metodológica de zoneamento de áreas rurais para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, alguns aspectos referentes a esta metodologia merecem ser analisados.

A denominação dos seis objetivos de uso (agrícola, pecuário, florestal, recreação e turismo, preservação permanente e recuperação) mostrou-se eficiente, por representar as formas de uso normalmente encontradas em áreas rurais.

A utilização de critérios com preocupações sociais, econômicas e ambientais permitiu inserir na metodologia essas questões, buscando trabalhar as potencialidades de uso das áreas rurais, visando o seu desenvolvimento sustentável.

A utilização de entrevistas informais e pesquisa bibliográfica para a definição dos diferentes critérios permitiu uma escolha democrática dos principais critérios incorporados na metodologia, baseando-se na experiência dos especialistas e em publicações existentes. Isto possibilitou uma escolha coletiva dos critérios, em vez de ser considerada a decisão de um único especialista.

A determinação da aptidão baseada em classes (muito baixa, baixa, regular, boa, muito boa e sem aptidão), para os diferentes objetivos, permitiu detectar com maior clareza os níveis diferenciados de aptidão.

Com as entrevistas informais junto com os especialistas, a pesquisa bibliográfica e a decisão democrática, foi possível resgatar o conhecimento científico disponível e decidir coletivamente quais os intervalos de padronização para cada um dos fatores que seriam incorporados à metodologia, considerando cada classe de aptidão. Dessa maneira, a escala de padronização foi construída coletivamente, o que é altamente desejável, pois induz a uma maior possibilidade de acerto.

O envolvimento de diversos especialistas, em diferentes etapas, representou um nível de interatividade e participação acentuada, permitindo desenvolver a base que possibilitou a construção da metodologia.

O uso da estratégia de critérios múltiplos e da média ponderada ordenada (OWA), com a possibilidade de desenvolver cenários, permitiu e facilitou a determinação da aptidão para os diferentes objetivos de uso, possibilitando a incorporação dos vários critérios decididos coletivamente.

O uso do método de análise hierárquica (MAH) permitiu a participação democrática de diversos especialistas no processo de ponderação (definição dos pesos) para os fatores padronizados, os quais foram utilizados na determinação da aptidão de cada objetivo de uso proposto na metodologia.

O uso do Sistema de Informação Geográfica IDRISI permitiu combinar diversos comandos, principalmente os de suporte à decisão, possibilitando determinar a aptidão para os diversos objetivos, o zoneamento e os conflitos de uso.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, em termos da proposta metodológica, chegou-se às seguintes conclusões:

- Foi possível a avaliação da aptidão para os objetivos de uso agrícola, pecuário, florestal, de recreação e turismo, de preservação permanente e de recuperação, bem como a geração de uma proposta de zoneamento e a realização de análises dos conflitos de uso de uma área rural.
- Houve a incorporação do conhecimento de especialistas na definição, na ponderação (definição de pesos) e na padronização dos critérios, gerando-se um instrumento que insere a participação democrática nas decisões.
- Inseriu-se o método de análise hierárquica (MAH) para a definição dos valores de importância dos critérios de cada objetivo de uso, resolvendo os conflitos de posição diferenciada por meio da tomada de decisão democrática e com flexibilidade.
- Foi possível a incorporação da estratégia de avaliação de critérios múltiplos média ponderada ordenada (OWA) e de outros instrumentos de suporte à decisão, facilitando a determinação da aptidão para os diferentes objetivos de uso, a geração do zoneamento e a análise dos conflitos de uso.

As conclusões, considerando-se os resultados alcançados para a área da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, foram as seguintes:

- Os objetivos de uso agrícola, pecuário e florestal, considerando as classes de aptidão regular a muito boa, representam, respectivamente, 21,46, 43,64 e 26,81% da área total da microbacia.

- A microbacia apresentou grande potencial para a atividade de recreação e turismo, em virtude de 95,66% da área apresentar aptidão regular a muito boa.
- Devem ser utilizados 29,14% da área da microbacia para preservação permanente.
- A área da microbacia que necessita de recuperação representa apenas 1,14%.
- De acordo com o zoneamento proposto, 21,57% da microbacia está sendo utilizada indevidamente, devendo estas áreas ser remanejadas para usos mais adequados.
- Os conflitos entre as áreas que devem ser destinadas à preservação permanente e outros usos são significativos, ultrapassando 50% das áreas que devem ser preservadas por lei.
- A microbacia apresenta tendência de aumento das áreas que necessitarão passar por alguma forma de recuperação, em virtude da existência de vários conflitos de uso, principalmente para as atividades agrícola, pecuária e áreas de preservação permanente.

Em termos finais, conclui-se pela necessidade de levar em consideração as seguintes recomendações para a microbacia do Ribeirão São Bartolomeu:

- Reunir o conhecimento científico já disponível sobre a microbacia, disperso em diversas instituições, principalmente em vários departamentos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), objetivando centralizar as informações disponíveis, criando assim uma base de dados a ser compartilhada e atualizada constantemente.
- Organizar os agricultores, em associação, para coordenarem e dirigirem as ações a serem implementadas na microbacia.
- Elaborar e propor, democraticamente, um Plano Diretor para a microbacia, sob a coordenação da associação dos agricultores da área em questão, com a participação de instituições e dos vários segmentos sociais envolvidos na área.
- Conscientizar os agricultores da importância de ocupar os espaços, considerando as potencialidades e fragilidades da microbacia, para que não haja consequências indesejáveis futuras.
- Testar esta metodologia em diferentes partes do País, abrangendo outras bacias hidrográficas, comunidades e assentamentos rurais.
- Testar a incorporação de mais critérios com preocupações sociais, econômicas e ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. **Zoneamento ecológico da Amazônia: questões de escala e método**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: CEPAL/IPEA. 1987. (mimeografado).
- ALVES, L.M. **Sistemas de informação geográfica como instrumentos para o planejamento de uso da terra, em bacias hidrográficas**. 1993. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Ottawa, Ontario, Canadá. 1989. 294 p. (WDL Publication)
- ARRUDA, P.R.R. **Uma contribuição ao estudo ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa, Minas Gerais**. 1997. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BADIRU, A.B.; PULAT, P.S.; KANG, M. DDM: Decision Support System For Hierarchical Dynamic Decision Making. **Decision Support Systems**, v.10, p1-18, 1993.
- BEDÊ, C.; et al. **Manual para mapeamento de biotópos no Brasil base para um planejamento ambiental eficiente**. Belo Horizonte, Brandt Meio Ambiente, 1994. 99p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Instituto de Geografia-USP, 1981. np. (Caderno de ciências da terra, 13)
- BRASIL. Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - Secretaria Especial de Meio Ambiente. **Ensaio metodológico de identificação de unidades ambientais: a estação ecológica de Pirapitinga-MG**. Por Luiz Guimarães de Azevedo. Brasília, SEMA/Embrapa-CPAC. 1987. 58p.

- BURROUGH, P.A. Data Structures For The Thematic Maps. **Geoprocessing**. 1986. p.1-37.
- CALIJURI, M.L. **Sistema de Informações Geográficas II**. Viçosa: UFV. Impr. Universitária, 1995. 40p.
- CARNEIRO, C.G.; COELHO, G.B. Método operativo para o planejamento e gestão ambiental. In: **WORKSHOP para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental**. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social-IPARDES/SEMA, Curitiba, 1987. (CD-Room)
- COSTA, L.M. **Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais, na região de Viçosa, e sua interpretação no uso agrícola**. 1973. 55f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COSTA, T.C. e C. da.; SOUZA, M.G. de.; BRITES, R.S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, n.1, 1996. p.129-135.
- CREPANI, E.; et al. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p.1-10.
- DATATERRA. **Evolução recente do preço da terra no Brasil e os impactos do Programa da Cédula da Terra**. [1999]. Disponível em: <<http://www.dataterra.org.br/Documentos/bastiaan.html>>.
- DE GROOT, R.S. **Functions of nature**. Netherlands: Wolters-Noordhoff, 1992. 315p.
- EASTMAN, J.R. **Guide to GIS and image processing**. Worcester, EUA: Clark University, 1999. v.1, 193p.
- EASTMAN, J.R. **Guide to GIS and image processing**. Worcester, EUA: Clark University, vol.2, 1999a. v.1, 169p.
- EASTMAN, J.R. **Manual do usuário - introdução a exercícios tutoriais**. Tradução Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS-Centro de Recursos IDRISI, 1998. 235p.
- EASTMAN, J.R.; et al. GIS And Decision Making. **Explorations In Geographic Information System Technology**. v.4, GENEVA-UNITAR. 1993.
- EASTMAN, J.R.; JIANG, H. Fuzzy measures in multi-criteria evaluation, In: Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, 2, 1996, Fort Collins. **Proceedings...** Fort Collins: Colorado, 1996. p. 527-534.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. **Zoneamento agroecológico do Estado de Tocantins**. Campinas [1999]. Disponível em: <<http://www.nma.embrapa.br/projetos/tocant/metodo.html>>.

- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE-ESRI. **Understanding GIS-The Arc/Info Method-PC version**. 1990. 407p.
- FATURETO, C.R.C. **Otimização sob critérios múltiplos: metodologias e uma aplicação para o planejamento agrícola**. 1997. 145f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FATURETO, C.R.C.; SANTOS, H.N. Otimização na agricultura: uma abordagem sob critérios múltiplos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA RURAL, 30, 1997, Natal. **Anais...** Natal: 1997, p.695-709.
- FEIRING, B.R. **Linear programming: an introduction to quantitative applications in the social sciences**. LONDON, Sage Publications. Vol. 60. 1986.
- FERNANDES, M.M. **Caracterização de solos e uso atual empregando aerofotos não-convencionais nas sub-bacias Marengo, Palmital e Silibar - Rio Turvo Sujo, MG**. 1996. 98f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FERREIRA, A.B. de H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. 1499p.
- FIGUEIRÓ, A.S. **Aplicação do zoneamento ambiental no estudo da paisagem: Uma proposta metodológica**. 1997. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FIRLEJ, M.; HELLENS, D. **Knowledge elicitation, a practical handbook**. New York: Prentice Hall, 1991. 188p.
- FOOTE, K.E.; LYNCH, M. **Information systems as an integrating technology: context, concepts and definitions**. The Geographer's Craft Project. Geography Department of the University of Texas. 1999. 12p.
- GOODCHILD, M.F.; RHIND, D. W. The US National Center of Geographic Information and Analysis: some comparisons with the regional Research Laboratories. In: **The Association for Geographic Information Yearbook**. London: 1990. p.32-226.
- GRIFFITH, J.J. Zoneamento: uma análise crítica. **Revista CETESB de Tecnologia**, São Paulo, v.3, n.1, p.20-25. 1989.
- GRIFFITH, J.J.; JUCKSCH, I.; DIAS, L.E. **Roteiro metodológico para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. Viçosa, MG,; UFV; IBAMA/Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995. 37p. (Projeto BRA/90/010, Documento Final).
- HARTSHORNE, R. **Propósitos e natureza da geografia**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1978. 100p.
- HILLMAN, D. Bridging acquisition and representations. **AI Expert**, San Francisco, v.3, n.1, 1988. p. 407-414.

- IGNIZIO, J.P. Introduction to linear goal programming. **Quantitative Applications in the Social Sciences**. LONDON, Sage Publications. v. 56. 1985.
- IMANAGA, M.; et al. Forest exploitation and Brazilians' attitudes toward forest. **Bulletin of the Faculty of Agriculture of Kagoshima University**, w.03044119, 1994. p.47-49. (Original in Japanese and summary in English and Portuguese).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Agropecuária, Superintendência de Recursos Naturais. **Termos de referência para uma proposta de zoneamento ecológico-econômico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1986.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS-IGA. **Mapa do município de Viçosa**. S.I.: 1982. 1p.
- LANNA, A.E.L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995. 171p. (Coleção meio ambiente)
- MAGUIRE, D.J. An Overview and definition of GIS. In: **Geographical Information Systems: principles and applications**. London: Longman, 1991. v.1., p.9-20.
- MANTOVANI, W. **Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape-SP**. 1993. 126f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MEIRELLES, H.L. **Direito de construir**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1961. 468p.
- MEIRELLES, M.S.P. **Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento - uma proposta metodológica para elaboração de zoneamento**. 1997. 191f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MILLER, K. **Planificación de parques nacionales para el ecodesarrollo en latinoamerica**. Barcelona: FEPMA, 1980. 500p.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 33.944, de 18 de setembro de 1992. Regulamenta a Lei nº 10.561, de 27 de dezembro de 1991, que dispõe sobre a política florestal no Estado de Minas Gerais. MINAS GERAIS. **Lei Florestal de Minas Gerais; Regulamentação da Lei Florestal de Minas Gerais; Decreto nº 33.944 de 18 de setembro de 1992**. Belo Horizonte, MG: Instituto Estadual de Floresta, 1992. p.19-34.
- MIRANDA, E.E. de.; BOGNOLA, I.A. **Nota sobre o andamento do zoneamento agroecológico do Estado do Tocantins**. Parecer técnico. Campinas: EMBRAPA-NMA, 1998. 3p.
- NACIF, P.G.S.; FERNANDES FILHO, E.I. **Unidades físicas para o planejamento do uso da terra: classes, conceitos e características**. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 1997. 42p. (Monografia).
- OGATA, M.G. **Macrozoneamento costeiro: aspectos metodológicos**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995. 27p.

- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS-OEA. **SEMINÁRIO PARA PROFESSORES DE MANEJO DE ÁREAS SILVESTRES**. Iguazú. Escola Superior de Bosques de la Universidad Nacional de La Plata. 1969. 111p.
- PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E DO MEIO AMBIENTE. COORDENADORIA DE ESTUDOS E DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Coletânea de legislação ambiental federal e estadual**. Curitiba: Imprensa Oficial. 1990. 536p.
- QUINTEIRO, F.Q.L. **Levantamento do uso da terra e caracterização de ambiente da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo com a utilização de aerofotos não-convencionais**. 1997. 98f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- REZENDE, M.; REZENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, v.9, n.105, p.3-35, 1983.
- REZENDE, S.B. **Estudo da crono - toposequência em Viçosa – Minas Gerais**. 1971. 71f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RIZZINI, C.T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-fitosociológica) do Brasil. **Revista Brasileira Geográfica**, v.25, n.1, p.3-64, 1963.
- ROMERO, C.; REHMAN, T. **Multiple criteria analysis for agricultural decisions**. (Developments in Agricultural Economics, 5). New York: Elsevier, 1989. 257p.
- ROSA, R. Metodologia para zoneamento de bacias hidrográficas utilizando produtos de sensoriamento remoto e integrados por sistema de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: 1996. (CD-Room)
- ROSA, R. **O uso de SIGs para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. 1995. 153f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ROSA, R.; FRANCO, J.B.S. Zoneamento agrícola do município de Campina Verde-MG, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Anais...** Santos: 1998. (CD-Room)
- ROSENTHAL, R.E. Concepts, theory and techniques: principles of multiobjective optimization. **Decision Science Press**, v.16, n.2, p.133-152. 1985.
- SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarquical structures. **J. Math. Psychology**, n.15, p.234-281, 1977.
- SANTOS, H.N.; VALE, S.M.L.R. do. Módulo 6 - Uso da informática na administração rural. **Curso de Especialização por Tutoria a Distância - ABEAS**. Brasília: ABEAS. 1998. 76p.

- SARTORI NETO, A. **Subsídios para elaboração do plano de manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas por meio de um sistema de informações geográficas**. 2000. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SCHAEFER, C.E.; et al. Levantamento de solos da bacia do Córrego São Bartolomeu. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 2, 1990, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 1990. p.225.
- SCHWABE, D.; CARVALHO, R.L. de. **Engenharia de conhecimento e sistemas especialistas**. Rio de Janeiro: Editora Kapelusz-EBAL, 1987.
- SILVA, L.L. da. **Ecologia: manejo de áreas silvestres**. Santa Maria: MMA-FNMA-FATEC, 1996. 352p.
- SOFIATTI NETO, A. Algumas considerações sobre o relacionamento das sociedades com a natureza. **Boletim FBCN**, n.16, p.50-69, 1980.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977. 91p.
- TRICART, J. **Paisagem e ecologia**. Inter-faces escritos e documentos. São José do Rio Preto. IBILCE-UNESP, n.76. 1982. 55p.
- TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management** Essex, UK: Longman Scientific & Technical. 1992. (não paginado)
- TURBAN, E. **Decision support and expert systems: management support systems**. New York: Macmillan, 1995. 833p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA-UFV. **Diagnóstico econômico da Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1971. 312p.
- VILELA, M.F. **Uso de diferentes métodos de retificação geométrica e classificação digital de uma imagem TM/Landsat 5**. 1998. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- VITOUSEK, P.M. Beyond global warming: ecology and global change. **Ecology**, v.75, n.7, p.1861-1876, 1994.
- WEBER, E.J.; HASENACK, H. O uso do geoprocessamento no suporte a projetos de assentamentos rurais: Uma proposta metodológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 10, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1999.
- YOON, K.P.; HWANG, C. Multiple attribute decision making: an introduction. **SAGE University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences**. Thousand Oaks, CA, 1995. 75p.
- ZELNY, M. **Multiple criteria decision making**. New York: McGraw-Hill, 1982. 563p.

