



LISIANE ZANELLA

**ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA
NA FRAGMENTAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA
E MODELOS DE SIMULAÇÃO DA PAISAGEM
NA MICRORREGIÃO DA SERRA DA
MANTIQUEIRA DO ESTADO DE MINAS
GERAIS**

LAVRAS – MG

2011

LISIANE ZANELLA

**ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA NA FRAGMENTAÇÃO
DA MATA ATLÂNTICA E MODELOS DE SIMULAÇÃO DA
PAISAGEM NA MICRORREGIÃO DA SERRA DA MANTIQUEIRA DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Dr^a. Rosângela Alves Tristão Bórem
Orientadora

Dr^a. Helena Maria Ramos Alves
Coorientadora

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Zanella, Lisiane.

Análise da interferência antrópica na fragmentação da Mata Atlântica e modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais / Lisiane Zanella. – Lavras : UFLA, 2011.

116 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Rosângela Alves Tristão Borém.

Bibliografia.

1. Ecologia da paisagem. 2. Caracterização ambiental. 3. Floresta Atlântica. 4. Métricas da paisagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52642

LISIANE ZANELLA

**ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA NA FRAGMENTAÇÃO
DA MATA ATLÂNTICA E MODELOS DE SIMULAÇÃO DA
PAISAGEM NA MICRORREGIÃO DA SERRA DA MANTIQUEIRA DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2011

Dr. Flávio Meira Borém UFLA

Dr.^a. Gláucia Miranda Ramirez UFLA

Dr.^a. Rosângela Alves Tristão Bórem
Orientadora

Dr.^a. Helena Maria Ramos Alves
Coorientadora

LAVRAS – MG

2011

*A Deus,
À minha família,
Ao Victor Hugo,
Aos amigos verdadeiros...
... por fazerem a vida valer a pena!!!*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, criador e Senhor do universo, transcendente, onisciente, todo poderoso, que sempre existiu e é o sustentador de todas as coisas, por me permitir superar mais um desafio.

À natureza, exímia criação divina, ensejo dos biólogos, que nos permite aguçar a imaginação na tentativa de decifrar sua perfeição. Em especial, aos remanescentes de Mata Atlântica, inspiração deste trabalho, dos quais depende grande parte da biodiversidade tropical.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia/Setor de Ecologia, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À Prof^a. Dr^a. Rosângela Alves Tristão Borém, professora e orientadora, pela abertura de espírito revelada desde o primeiro encontro, pela disponibilidade demonstrada ao longo destes dois anos, e pelas críticas e sugestões relevantes feitas durante a orientação.

À Dr^a Helena Maria Ramos Alves, pesquisadora da EMBRAPA Café e coorientadora, cuja orientação e apoio muito contribuíram para a execução desta dissertação.

Ao Prof Dr. Flávio Meira Borém e à Prof Dr^a. Gláucia Miranda Ramirez, pelas valiosas sugestões e trabalho dedicado à avaliação do presente estudo.

Ao MAPA em conjunto com CNPq, pelo auxílio financeiro e bolsa concedida que possibilitou a realização deste trabalho. E ao Prof. Dr. Flávio Meira Borém, coordenador do projeto ao qual esta pesquisa faz parte, pela oportunidade.

Aos professores do Setor de Ecologia da UFLA, pelos valiosos ensinamentos e agradável convivência.

Ao Prof. PhD. Danilo Boscolo, professor e pesquisador em Ecologia da Paisagem da UNIFESP - Diadema, pelas respostas tranquilizadoras aos inúmeros emails repletos de dúvidas e aflição, pelas questões levantadas que me obrigaram a refletir mais aprofundadamente sobre determinados aspectos desta pesquisa.

Às pesquisadoras do Laboratório de GeoSolos da EPAMIG-URESM, Helena, Margarete e Tatiana e aos colegas Livinha, Katy, Laís, Júlia, Lili1, Lili2, Claudinho, Rafa, Vanessa e Juliana, pela convivência agradável e enriquecedora e pelos conhecimentos compartilhados.

À minha família, pelo amor incondicional. Ao Seu Ildo, grande mestre, por todos os puxões de orelha, conselhos sensatos, churrascos de domingo e piadas sem graça. À Dona Zaira, minha “mamuska” querida, exemplo de superação e perseverança, por todo o carinho, incentivo, e abraços aconchegantes. Às *hermanas* Aline e Bruna, verdadeiras amigas, por todas as palavras de entusiasmo, pelas risadas grátis e pela parceria.

À família Oliveira, pelo apoio e carinho recebidos, mesmo de longe.

Aos amigos que me resgataram de inúmeras enrascadas quando os softwares de SIG e sensoriamento remoto teimavam em me deixar na mão, Ludimila, Vanessa e Walbert: muito obrigada por todos os ‘*helps* gentem’.

Aos colegas de mestrado e doutorado em Ecologia, pela excelente relação pessoal que criamos e que espero que permaneça.

À Carolina Gusmão Souza, amiga e colega, pelo companheirismo pontual desde o início do curso, pela disponibilidade sempre manifestada, pela amizade construída, pelos surtos psicóticos enfrentados em parceria.

Aos meus grandes amigos conquistados em Lavras, amigos do nivelamento Beta, Dedé, Lucas, Vivi, Narex, e Fernandinho pelos churrascos, boas risadas e parceria. Aos amigos e vizinhos do predinho, Jessé, Willian, Luana, Thiago, Naty, e em especial às minhas grandes amigas e companheiras

Bel e Nayara, pela amizade verdadeira e fraternal, sempre me incentivando, me apoiando e pelos momentos maravilhosos que passamos juntas, rindo, chorando, cantando, cozinhando...

À inoxidável república 1/cada, meu segundo lar em Lavras, e a todos os seus integrantes, Caloradinha dicadinha, Hud, Kid Vinil e Fernando: muito obrigada por terem me acolhido em sua casa, liberando a cozinha, para que maravilhosos 'rangos' fossem elaborados nela. Obrigada também pelas inúmeras gargalhadas essenciais nos momentos menos felizes.

E ao guri que mais me deu apoio, que acredita no meu potencial, que é meu grande amigo e companheiro em todos os momentos, que me ensinou muito e me permitiu experimentar o amor verdadeiro: Victor Hugo.

Às '*caronations*' rumo à UFLA recebidas ao longo destes dois anos, que muito me pouparam as pernas, sendo que algumas ainda renderam papos e amizades descontraídas.

A todos aqueles que me ajudaram de forma direta ou indireta com ferramentas, ideias, possibilidades, apoio e amizade.

Ao povo mineiro que me recebeu de portas abertas e fez com que me sentisse em casa. E ao meu Rio Grande, minha querência, meu rincão, donde a saudade é mui grande.

RESUMO GERAL

A perda e fragmentação de habitats naturais constituem hoje as principais ameaças à conservação da biodiversidade. Regiões naturais anteriormente contínuas encontram-se segmentadas na forma de fragmentos pequenos e com baixa qualidade de habitat, pouco conectados e com alta resistência à dispersão de indivíduos. A Ecologia da Paisagem tem possibilitado analisar a configuração de diferentes tipos de paisagem, bem como criar cenários futuros de restauração destas regiões e, deste modo, contribuir na decisão de estratégias para sua conservação. Neste sentido, esta dissertação teve como objetivos realizar a caracterização ambiental, analisar a fragmentação da Mata Atlântica e criar modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais, com base nos princípios da Ecologia da Paisagem. Realizou-se primeiramente a caracterização ambiental da área de estudo por meio de Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto, buscando analisar e cruzar diferentes variáveis bióticas e abióticas que atuam na configuração da paisagem local. Posteriormente, foram utilizados parâmetros métricos da paisagem capazes de analisar a fragmentação da Mata Atlântica na área de estudo, que teve sua paisagem original modificada pelo processo histórico de exploração e supressão deste bioma para implantação de atividades agropecuárias. Por fim, foram elaborados modelos de simulação da paisagem, a partir da criação de cenários futuros que representam a restauração de condições ambientais possíveis sobre a matriz paisagística, com o intuito de verificar o comportamento das unidades de vegetação natural. A caracterização ambiental evidenciou a área de estudo, embora rica em recursos naturais, sofreu impactos antrópicos relevantes, que modificaram a estrutura da paisagem local, limitando a capacidade dos ecossistemas em desempenhar suas funções ecológicas. Observou-se, por meio da aplicação dos parâmetros da paisagem, que a vegetação natural na microrregião da Serra da Mantiqueira encontra-se bastante fragmentada, e que seus remanescentes encontram-se sob forte ameaça, em termos de integridade ecológicas. Os modelos de simulação da paisagem possibilitaram avaliar o comportamento dos remanescentes naturais, quanto à proximidade e conectividade entre os mesmos, assim como as análises espaciais realizadas facilitaram a compreensão da dinâmica futura da paisagem. Por meio dos cenários criados constatou-se que a manutenção das áreas de capoeira e a restauração de áreas destinadas à preservação permanente constituem duas ações de extrema relevância para a conservação dos remanescentes de vegetação natural e melhoria da integridade da paisagem local.

Palavras-chave: Métricas da paisagem. Ecologia da paisagem. Caracterização ambiental.

ABSTRACT

The loss and fragmentation of natural habitats are today the major threats to biodiversity conservation. Continuous natural regions in the past are segmented in small fragments with low quality habitat, low connectivity, and high resistance to dispersal of individuals. Through the Landscape Ecology it's possible to analyze the configuration of different types of landscapes and create future scenarios for restoration of these areas and thus, contribute to the decision strategies for their conservation. Therefore, this research aimed to characterize the environment, analyzing the fragmentation of the Atlantic Forest and develop simulation models of landscape in the microregion of Serra da Mantiqueira of the state of Minas Gerais, based on the Landscape Ecology principles. We conducted the first environmental characterization of the study area through the Geographic Information Systems (SIG) and Remote Sensing, trying to analyze different biotic and abiotic variables acting on the configuration of the local landscape. Subsequently, we used landscape metric parameters capable of analyzing the fragmentation of the Atlantic Forest in the study area, which had its original landscape modified by the historic process of exploitation and suppression of this ecosystem to implementation of agricultural activities. Finally, we have developed simulation models of landscape, from the creation of future scenarios that represent the possible restoration of environmental conditions on the landscape matrix, in order to verify the behavior of the natural vegetation units. The environmental characterization showed that the microregion of the Serra da Mantiqueira, although rich in natural resources, suffered relevant human impacts, that changed the structure of the local landscape, limiting the ability of ecosystems to perform their ecological functions. It was observed by applying the landscape parameters, the natural vegetation in the microregion of Serra da Mantiqueira is quite fragmented, and its remnants in relation to its integrity, are under severe threat. Through the simulation models of the landscape we evaluate the behavior of existing natural remnants in the study area, the proximity and connectivity between them, as well as spatial analysis performed allowed us to understand the future dynamic of the landscape. The scenarios created revealed that the maintenance of the secondary forest and restoration of areas of permanent preservation are two important actions for the conservation of remaining natural vegetation and improving the integrity of the local landscape.

Keywords: Landscape metrics. Landscape ecology. Environmental characterization.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução geral.....	12
2	REFERENCIAL TEORICO	16
2.1	Caracterização ambiental e geotecnologias	16
2.2	Ecologia da paisagem	17
2.2.1	Floresta Atlântica: fragmentação e perda de habitat	19
2.2.2	Aplicação de métricas no estudo de fragmentação da paisagem	21
2.3	Modelos de simulação da paisagem	22
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	23
	REFERENCIAS	25
	CAPITULO 2 Caracterização ambiental do município de Carmo de Minas – MG.....	29
1	INTRODUÇÃO	32
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1	Localização e caracterização da área de estudo	35
2.2	Levantamento e análise de dados	37
2.2.1	Processamento das imagens e digitalização dos dados vetoriais .	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1	Hidrografia	44
3.2	Estradas	46
3.3	Altimetria	49
3.4	Clinografia	54
3.5	Uso e ocupação da terra	58
3.6	Risco potencial à erosão	64
3.7	Áreas de preservação permanente	67
4	CONCLUSÃO	71
	REFERENCIAS	72
	CAPÍTULO 3 Análise da fragmentação da mata atlântica e modelos de simulação da paisagem no município de Carmo de Minas – MG.....	79
1	INTORDUÇÃO	82
2	MATERIAL E METODOS	84
2.1	Análise das métricas de paisagem	84
2.2	Importância dos pequenos fragmentos de vegetação natural .	87
2.3	Modelos de simulação da paisagem	88
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	90

3.1	Análise da fragmentação da paisagem.....	90
3.1.1	Classes de uso e ocupação da terra.....	90
3.1.2	Vegetação natural.....	94
3.2	Análise da fragmentação da paisagem com base nos modelos de simulação.....	102
4	CONCLUSÃO.....	111
	REFERENCIAS.....	112

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensa exploração dos recursos naturais tem resultado em profundas transformações na paisagem natural devido à ausência de medidas de planejamento que, por sua vez, visam integrar a sustentabilidade dos sistemas naturais, sociais e econômicos. A expansão dos sistemas agropecuários para suprir a demanda de alimentos, decorrente do crescimento populacional exacerbado, pode ser destacada como um dos processos antrópicos que mais contribuiu para alterar as paisagens naturais. Hoje, em quase todas as partes do mundo, regiões que eram anteriormente cobertas por sistemas naturais estão limitadas a pequenos remanescentes de vegetação natural.

A Mata Atlântica brasileira compreende uma região heterogênea que inclui uma ampla variedade de fisionomias e composições florestais. No passado constituiu uma das maiores florestas tropicais das Américas, ocupando cerca de 150 milhões de hectares distribuídos em 3.300 km ao longo da Costa Atlântica Brasileira (METZGER, 2009). Existe uma ampla discussão acerca da quantificação da área de Floresta Atlântica que ainda resta. De acordo com os dados da SOS Mata Atlântica (2008), a área remanescente estimada está entre 7 a 8% da área ocupada originalmente. Entretanto, um estudo mais recente realizado por Ribeiro et al. (2009) demonstra que restam aproximadamente 11,7% da vegetação original, que encontra-se distribuída, em sua maioria, em pequenos fragmentos florestais (<50 ha), o que evidencia a urgente necessidade de implementar ações de conservação e restauração para mitigar esta situação.

O estado de degradação ambiental deste bioma é preocupante, resultando em inúmeras consequências. Em regiões de relevo movimentado, principalmente, a substituição da vegetação natural para implantação de outras atividades pode acarretar, entre outros problemas, processos erosivos graves com perda de solo por lixiviação.

O Sul de Minas é responsável por 29 % da produção nacional e 56 % da produção mineira de café, sendo hoje identificado como a maior região produtora de café do Brasil. Historicamente, a implantação da cafeicultura no Sul de Minas é considerada recente e deu-se, preferencialmente, em áreas de mata natural. A microrregião da Serra da Mantiqueira é uma das principais regiões produtoras de café do estado e do país, sendo caracterizada pelo relevo montanhoso, e conhecida internacionalmente pela produção de cafés especiais. O município de Carmo de Minas, detentor de características físicas que representam a microrregião da Serra da Mantiqueira, tem na cafeicultura a base de sua economia, mas, esta atividade contribuiu para a supressão da Mata Atlântica e, conseqüentemente, para a degradação ambiental e alteração da estrutura da paisagem regional.

A análise e interpretação da estrutura da paisagem possibilitam a obtenção de um conjunto de conhecimentos essenciais para o planejamento ambiental de uma área ou região. Com o objetivo de propor alternativas para minimizar os problemas conseqüentes dos processos antrópicos, o planejamento aparece como uma alternativa eficaz, à medida que possibilita identificar os principais impactos negativos que afetam os ecossistemas do planeta, buscando, a partir de princípios do desenvolvimento sustentável, soluções compatíveis às esferas ecológica, social, cultural e econômica (SANTOS, 2004).

Para realizar o planejamento ambiental de uma área é imprescindível diagnosticar suas características físicas (relevo, solo, hidrografia, usos e ocupação da terra) e bióticas (flora e fauna), as quais refletirão a qualidade ambiental local, no tocante ao estado de conservação e/ou o nível de degradação daquele ambiente. Desta maneira, a Ecologia da Paisagem, que busca entender as modificações estruturais e, portanto, funcionais provocadas pelo homem torna possível conhecer e monitorar o uso da terra e dos recursos naturais,

apresentando alternativas para conciliar o manejo agrícola e a conservação ambiental.

Neste contexto, as geotecnologias, dentre elas os Sistemas de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto, baseados nos princípios da Ecologia da Paisagem, têm sido utilizadas para otimizar estudos ambientais, caracterizando-se como ferramentas eficazes para a descrição física e análise da estrutura da paisagem. A caracterização e o mapeamento de fragmentos de vegetação natural utilizando geotecnologias podem gerar informações valiosas para o entendimento da ocupação e utilização dos agroecossistemas e proporcionar diagnósticos rápidos e confiáveis, que auxiliam no gerenciamento e tomada de decisão, relativos à manutenção da integridade ecológica desses ambientes.

O presente trabalho faz parte de um projeto de pesquisa intitulado “*Protocolo de identidade, qualidade e rastreabilidade para embasamento da Indicação Geográfica dos Cafés da Mantiqueira*”, financiado pelo CNPq/MAPA, de grande importância porque visa estabelecer um protocolo para a identificação da qualidade do café produzido na microrregião da Mantiqueira, com resultados que poderão ter impactos socioeconômicos positivos. Este trabalho tem a finalidade de fornecer um embasamento para as etapas posteriores deste projeto inovador, por meio da caracterização ambiental da área de estudo, bem como da realização de análises ecológicas mais específicas.

O objetivo geral desta pesquisa foi realizar a caracterização ambiental, analisar a fragmentação da Mata Atlântica e criar modelos de simulação da paisagem do município de Carmo de Minas, selecionado como área experimental por sua representatividade da região como um todo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização ambiental e geotecnologias

No intuito de minimizar os impactos negativos decorrentes dos processos antrópicos, torna-se imprescindível o planejamento racional de qualquer atividade realizada pelo homem, bem como a utilização adequada dos recursos naturais. Para isto, é necessário conhecer o ambiente em que esta atividade está inserida ou a área que está sendo explorada.

A caracterização ambiental de uma região é a base para qualquer estudo ambiental, haja vista que o planejamento sustentado dos recursos naturais requer, inicialmente, o levantamento, a organização e a disponibilização de informações atualizadas sobre o ambiente (MACHADO et al., 2010). Para que se possa estruturar e viabilizar o planejamento dos recursos ambientais, tanto no nível local como regional, são necessárias informações referentes à dinâmica do uso e cobertura das terras (RESENDE, 2000), que deverão ser estudadas com base na Ecologia da Paisagem.

Neste sentido, geotecnologias têm sido utilizadas com o intuito de otimizar estudos ambientais, pois diversos trabalhos têm comprovado a eficácia do seu uso como ferramentas que viabilizam a descrição física de ambientes naturais (CARVALHO; MARCO JÚNIOR; FERREIRA, 2009; RIBEIRO et al., 2009), proporcionando diagnósticos rápidos e confiáveis, que auxiliam no gerenciamento e tomada de decisão relativas à manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas (BERNARDES et al., 2007).

Técnicas de geoprocessamento, especialmente os SIGs e o sensoriamento remoto, apresentam um enorme potencial para auxiliar a solução de problemas urbanos, rurais e ambientais (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 1995), principalmente quando aliados aos princípios da Ecologia da Paisagem,

constituindo instrumentos importantes que permitem relacionar quantitativamente diferentes tipos de informações geográficas, fornecendo resultados de fácil visualização e interpretação.

Ademais, as geotecnologias também possibilitam a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados. Desta maneira, combinando-se os sistemas de informação geográfica, de manipulação de banco de dados e o sensoriamento remoto ao desenvolvimento da análise geográfica, obtém-se um conjunto distinto de procedimentos analíticos, que auxiliam na análise e na atualização constante das informações disponíveis sobre diferentes paisagens (BURROUGH; MCDONNELL, 1998), otimizando, desta maneira, a análise da estrutura e dinâmica destas.

2.2 Ecologia da paisagem

Uma das primeiras definições para a Ecologia da Paisagem foi proposta por Forman e Godron (1986), que estabeleceram que a mesma consiste no estudo da estrutura, função e mudança de áreas heterogêneas compostas de ecossistemas interativos. Complementarmente, Wiens e Moss (2005) preconizam que a Ecologia da Paisagem é o estudo de como a estrutura da paisagem afeta (os processos que determinam) a abundância e distribuição de organismos. Neste contexto, as áreas naturais são estudadas como elementos inseridos numa grande matriz, em que se determina distribuição na paisagem, tamanho, forma, histórico de perturbação, tipo de vizinhança e grau de isolamento desses elementos.

Jensen (2009) sugere um conceito mais atual, de acordo com o qual Ecologia da Paisagem é o estudo da interação entre os padrões de paisagem e os processos ecológicos, especialmente sobre os fluxos d'água, energia, nutrientes e

biota, provendo uma abordagem hierárquica para interpretar estrutura ecológica, função, mudança e resiliência em múltiplas escalas de investigação.

Paisagem, como descrito por Forman (1995) e Hobbs (1997), é um mosaico composto por unidades distintas de ecossistemas ou ecótopos. Ainda conforme os referidos autores, uma matriz é composta por um grupo de ecossistemas dominantes, contendo manchas ou fragmentos de outros ecossistemas, arranjados em padrões variáveis, conectados entre si ou isolados, constituindo uma unidade da paisagem, sendo que as conexões entre os fragmentos são denominadas corredores ecológicos, pois funcionam como meio de passagem para a biota que ocupa os fragmentos. Cada unidade da paisagem possui estrutura, condições ambientais, funcionamento e percepções próprias e inerentes a sua área, disposição espacial e/ou forma. A estrutura da paisagem é de suma importância para a conservação de populações biológicas, pois dela depende a dinâmica de populações (METZGER, 1999; TURNER, 1989).

Metzger (2001) propõe uma conceituação mais abrangente que define a paisagem como um mosaico heterogêneo composto por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. Por sua vez, Forman (1995) distingue três unidades reconhecidas no mosaico que compreende a paisagem, a saber: as manchas, a matriz e os corredores. O autor destaca como propriedades fundamentais da paisagem: o arranjo espacial, ou estrutura desses elementos, suas funções, interações e as alterações sofridas ao longo do tempo. Assim, é importante conhecer essas interações em termos de proteção da diversidade biológica.

A análise e interpretação da estrutura da paisagem possibilitam a obtenção de um conjunto de conhecimentos essenciais para o planejamento de uma área ou região e, de acordo com Jensen (2009), a determinação do status e

das tendências no padrão da paisagem é crítico para o entendimento das condições gerais dos recursos ecológicos.

2.2.1 Floresta Atlântica: fragmentação e perda de habitat

A Floresta Atlântica Brasileira é uma região heterogênea vasta que compreende 1.481.946 km² de extensão, o que representa 17,4% do território nacional, e inclui uma ampla variedade de fisionomias e composições florestais distribuídas em 3.300 km ao longo da Costa Atlântica Brasileira (METZGER, 2009).

A Floresta Atlântica que é conhecida internacionalmente por abrigar um dos maiores índices de riqueza de espécies e taxas de endemismo do planeta sofreu e tem sofrido uma enorme perda florestal. A maior parte da Floresta Atlântica remanescente existe na forma de pequenos fragmentos (<100 ha) (RANTA et al., 1998) isolados e compostos por matas secundárias em estágios sucessionais de inicial a médio (METZGER, 2000; METZGER et al., 2009; VIANA; TABANEZ; BATISTA, 1997).

De acordo com Metzger et al. (2009), em uma análise global, como decorrência das atividades humanas intensas, a cobertura vegetal original encontra-se reduzida a fragmentos, principalmente em regiões com alta densidade populacional. A fragmentação da Floresta Atlântica pode ser entendida como o grau de ruptura de uma unidade da paisagem, inicialmente contínua (METZGER, 2004). Um dos processos que levou à fragmentação, em particular no sul de Minas Gerais, foi o desenvolvimento em larga escala de atividades agropecuárias, como a cafeicultura e a bovinocultura leiteira, resultando em fragmentos de diversos tamanhos, formas e distâncias entre eles.

Fahrig (2003) sugere que o termo fragmentação refere-se a mudanças na configuração do habitat em decorrência de subdivisões e isolamento deste,

enquanto a perda de habitat corresponde à quantidade de área remanescente. Diante desta proposição, é necessário considerar que diferentes organizações espaciais dos remanescentes de vegetação natural podem decorrer de padrões de remoção de habitat distintos. Quando ocorre somente a perda de habitat, o resultado traduz-se apenas em uma diminuição em sua área total. Quando ocorre um processo de fragmentação, o resultado é a subdivisão deste habitat em fragmentos ainda menores e isolados entre si. É comum que estes dois processos ocorram de forma concomitante nos ambientes naturais (BOSCOLO, 2008).

As unidades resultantes do processo de fragmentação tornam-se desconectadas do funcionamento biológico da paisagem, apresentando diferentes tamanhos e com implicações negativas para as populações de espécies que ali habitam (ALMEIDA; MORO, 2007). Este processo impõe uma série de efeitos deletérios às populações da fauna e flora, como subdivisão de populações, aumento da taxa de endogamia e consequente erosão genética, menor resistência a distúrbios e risco de extinção local (RIBEIRO et al., 2009).

Outras consequências da fragmentação florestal são as alterações do microclima dentro e ao redor do remanescente e o isolamento das populações vegetais. Polinização e dispersão são pontos críticos na fragmentação, pois eles afetam diretamente a reprodução e sucessão de plantas, e em espécies tropicais eles usualmente envolvem interações diretas com animais (SILVA; TABARELLI, 2000).

A conservação de remanescentes florestais e de outros tipos de vegetação nativa pode ser descrita como fundamental para proteger a fauna e a flora local. No entanto, esta conservação apresenta-se como um grande desafio, devido às inúmeras perturbações a que estes ambientes estão submetidos. E como consequências principais destas perturbações destacam-se a fragmentação e a perda de habitat.

Ademais, o mapeamento e a análise de fragmentos florestais são importantes, pois possibilitam a obtenção de diversas informações que, por sua vez, permitem a estruturação de possíveis planos de conservação como a restauração de áreas desflorestadas e a implantação de corredores ecológicos, que são essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, reduzindo os riscos de extinção local e favorecendo recolonizações (METZGER, 2004).

2.2.2 Aplicação de métricas no estudo de fragmentação da paisagem

Algumas métricas capazes de mensurar a estrutura da paisagem foram elaboradas, dando suporte aos estudos dos padrões espaciais e processos ecológicos (TISCHENDORF, 2001). Segundo Metzger (2004), estas métricas são agrupadas em dois grupos distintos: (i) métricas não espaciais ou de composição; e (ii) métricas espaciais ou de disposição, sendo que o primeiro grupo de métricas é utilizado para descrever o número de unidades e a proporção da área ocupada por elas, e o segundo grupo descreve os atributos das manchas e revelam informações relevantes à medição da fragmentação.

Sob esse aspecto McGarigal e Marks (1995) citam que as métricas da paisagem podem ser quantificadas tanto para manchas individuais quanto para classes de manchas, ou ainda para a paisagem como um todo. Rutledge (2003) deixa explícito que as métricas são ferramentas importantes e úteis para descrever e comparar padrões espaciais.

Neste sentido, o estudo dessas métricas fornece um valioso conhecimento da estrutura da paisagem que, tendo como base os preceitos da Ecologia da Paisagem, pode ser associado a informações de área de vida de espécies de flora e fauna, possibilitando, por exemplo, compreender como a fragmentação e a perda de habitat podem influenciá-las.

2.3 Modelos de simulação da paisagem

Os modelos de simulação são amplamente utilizados no meio científico. Através dessa técnica é possível descrever a evolução de processos que muitas vezes demandaria um longo período de tempo. Segundo Soares-Filho, Pennachin e Cerqueira (2002), a importância da simulação advém de sua capacidade de testar uma infinidade de opções e experiências, e acaba sendo vista como um instrumento de aquisição de conhecimento de sistemas dinâmicos.

Os modelos de simulação da paisagem têm sido utilizados para simular cenários futuros de degradação ou recuperação de áreas naturais, fornecendo informações valiosas para conduzir adequadamente a tomada de decisão. Assim, a criação de cenários definidos pela simulação espacial confere alta capacidade de elaborar inúmeras condições possíveis de restauração ambiental sobre a matriz paisagística, no intuito de mitigar os efeitos negativos decorrentes da fragmentação, por exemplo, o mais comum em estudos de Ecologia da Paisagem (GOMIDE; LINGNAU, 2009).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Devido principalmente à expansão agrícola, restam cerca de 12% da extensão original da Mata Atlântica no Brasil (METZGER, 2009). A sobrevivência de diversas espécies nesse bioma está intimamente relacionada à perda de habitat e a processos relativos à complexidade estrutural da paisagem. Neste sentido, a compreensão do efeito da fragmentação e da influência da configuração espacial das matas remanescentes na paisagem pode favorecer a conservação da biodiversidade não somente na Mata Atlântica, mas também em outros biomas, pois fornece informações sobre o padrão de distribuição, capacidade de dispersão e chances de persistência das espécies em longo prazo.

A aplicação de parâmetros métricos da paisagem pode auxiliar o entendimento sobre os diferentes padrões de conformação apresentados pelas paisagens naturais e modificadas pelo homem, e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas.

Aliada a isso, a elaboração de modelos de simulação da paisagem permite uma melhor compreensão e ganho de informação sobre o arranjo das tipologias da paisagem, por meio do desenvolvimento de cenários futuros, que podem atuar no sentido de direcionar a tomada de decisão por parte dos governantes para, por exemplo, a implantação de unidades de conservação.

Deste modo, buscou-se neste trabalho responder as seguintes questões: *(i)* qual o uso ou ocupação da terra mais afeta a vegetação natural? *(ii)* uma menor distância entre os fragmentos proporciona maior funcionalidade das estruturas de ligação dos fragmentos? *(iii)* a manutenção dos menores fragmentos diminui o efeito do isolamento sobre a paisagem? *(iv)* a restauração de áreas destinadas à preservação permanente e a manutenção de áreas em regeneração favorecem a integridade da paisagem?

Esta dissertação é composta por três capítulos. O primeiro capítulo apresenta um referencial teórico em relação ao tema da dissertação, o segundo capítulo descreve os aspectos físicos da paisagem em estudo, e o terceiro capítulo expõe a análise da fragmentação da Mata Atlântica e modelos de simulação da paisagem no município de Carmo de Minas – MG.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, PR, como subsídio ao seu plano de manejo. **Revista Terr@plural**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 115-122, jan./jul. 2007.

BERNARDES, T. et al. Avaliação da acurácia do mapeamento do uso da terra no complexo Serra Negra, Patrocínio, MG, por interpretação visual e classificação automática de imagens Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1219-1225.

BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 40, n. 3, p. 273-276, May 2008.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographic information systems**. Oxford: Oxford University, 1998. 333 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 1995. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

CARVALHO, F. M. V.; MARCO JÚNIOR, P. de; FERREIRA, L. G. The cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, July 2009.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 3. ed. Campinas: UNICAMP, 1999. 114 p.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 34, p. 487-515, Nov. 2003.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University, 1995. 632 p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: J. Wiley, 1986. 620 p.

GOMIDE, L. R.; LINGNAU, C. Simulação espacial de uma paisagem sob o efeito borda. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 441-455, abr./jun. 2009.

HOBBS, R. Future landscape and the future of landscape ecology. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 37, n. 1/2, p. 1-9, 1997.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 386 p.

MACHADO, M. L. et al. Mapeamento de áreas cafeeiras (*Coffea arábica* L.) da Zona da Mata Mineira usando sensoriamento remoto. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 113-122, jul./dez. 2010.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying lanscape structure. Portland: U.S. Forest Service General Technical Report, 1995. 351 p.

METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, June 2009.

_____. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.

_____. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JUNIOR, L. et al. (Ed.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2004. p. 423-453.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens. **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

_____. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, n. 4, p. 1147-1161, Aug. 2000.

METZGER, J. P. et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1166-1177, June 2009.

RANTA, P. et al. The fragmented atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 7, n. 3, p. 385-403, June 1998.

RESENDE, R. J. T. P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do Sul de Minas Gerais por meio do SPRING**. 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?: implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, June 2009.

RUTLEDGE, D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process. **Science Internal Series Archive**, Whangarei, v. 98, n. 1, p. 1-28, Mar. 2003.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. The species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of northeast Brasil. **Nature**, London, v. 404, n. 6773, p. 72-74, Mar. 2000.

SOARES-FILHO, B. S.; PENNACHIN, C.; CERQUEIRA, G. A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 154, n. 3, p. 217-235, Sept. 2002.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2000 a 2005**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sosmataatlantica.org.br>>. Acesso em: 2 jul. 2009.

TISCHENDORF, L. Can landscape indices predict ecological processes consistently? **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 16, n. 3, p. 235-254, Apr. 2001.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Srivastava, v. 20, p. 171-197, 1989.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J.; BATISTA, J. L. Dynamic and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: LAURANCE, W.; BIERREGAARD, R. J. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago, 1997. p. 351-365.

WIENS, J.; MOSS, M. **Studies in landscape ecology: issues and perspectives in landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2005. 390 p.

CAPITULO 2

Caracterização ambiental do município de Carmo de Minas - MG

RESUMO

As modificações provocadas pelo homem nos sistemas naturais têm resultado em inúmeras consequências negativas, como a perda e fragmentação de habitats naturais, que ameaçam gravemente a conservação da biodiversidade. As geotecnologias, em especial os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e o Sensoriamento Remoto, têm possibilitado analisar a estrutura física de diferentes tipos de paisagens, possibilitando conhecer suas características, e contribuindo na decisão de estratégias para sua conservação. Neste sentido, este trabalho teve como objetivos realizar a caracterização ambiental da microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais e criar um banco de dados geográficos em ambiente SIG para agregar os dados secundários e levantamentos realizados na área. Realizou-se primeiramente a caracterização da estrutura fisiográfica da área de estudo por meio de geotecnologias, buscando analisar e cruzar diferentes variáveis bióticas e abióticas que atuam na configuração da paisagem local. Os resultados obtidos evidenciaram que a microrregião da Serra da Mantiqueira é rica em recursos naturais, apresentando alta densidade de drenagem, amplitude altimétrica elevada e feições geomorfológicas bastante diversas. No entanto, os impactos antrópicos relevantes sofridos ao longo do tempo modificaram a estrutura da paisagem local, limitando a capacidade dos ecossistemas em desempenhar suas funções ecológicas. A pastagem constituiu a atividade antrópica de maior impacto ambiental negativo, em função do manejo inadequado de algumas áreas destinadas à pecuária. A modificação nos usos e ocupação da terra, de caráter tradicionalmente produtivo para sistemas agroflorestais, embasados no desenvolvimento sustentável, que constituem atividades menos agressivas às áreas naturais, representaram uma alternativa para a compatibilização da produção agrícola e da conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos locais.

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica. SPOTMaps. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The changes caused by human action in natural systems have resulted in several negative consequences such as loss and fragmentation of natural habitats. Through the geotechnologies, especially Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing, it's possible to analyze the physical structure of different types of landscapes, allowing to know their characteristics, what contributes to the decision strategies for their conservation. Thus, this study aimed to characterize the environment of the microregion of Serra da Mantiqueira in the state of Minas Gerais and create a geographic database in GIS environment to aggregate secondary data and surveys conducted in the area. We conducted the first characterization of the physiographic structure of the study area through the geotechnologies, to analyze different biotic and abiotic variables that acts on the local landscape configuration. The results showed that the microregion of Serra da Mantiqueira, is rich in natural resources, with high drainage density, high amplitude of height, and very different geomorphological features. However, the negative human impacts over time changed the structure of the local landscape, limiting the ability of ecosystems to perform their ecological functions. The pasture was the human activity of greater negative environmental impact due to improper management of some areas. The change in the uses and land occupation, from a character traditionally productive to agroforestry systems, based on sustainable development, represents an alternative to reconcile agricultural production and biodiversity and local water resources conservation.

Keywords: Geographic Information System. SPOTMaps. Remote Sensing.

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação dos habitats naturais é definida por Metzger (1999) como um processo de ruptura da continuidade espacial de áreas naturais e representa uma séria ameaça à manutenção da diversidade biológica. A transformação dessas áreas contínuas origina uma paisagem constituída por remanescentes de vegetação natural subdivididos em fragmentos que variam em tamanho, forma, graus de isolamento, conectividade e tipos de entorno (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991).

Inúmeras são as consequências geradas pelo processo de fragmentação de habitats, conforme asseguram Tabarelli e Gascon (2005). Dentre as principais consequências decorrentes, destacam-se: (i) alterações nos processos ecológicos; (ii) diminuição da complexidade ecológica dos ecossistemas; (iii) dificuldade de dispersão de animais, pólen, sementes e propágulos; (iv) redução da diversidade biológica; (v) isolamento de populações; (vi) redução da escala de recursos disponíveis; (vii) aumento e intensificação do efeito de borda; entre outros graves problemas ecológicos (NOSS, 1987; TURNER, 1989).

É pertinente observar que as florestas tropicais brasileiras são consideradas os ecossistemas mais ricos do planeta (TURNER; COLLET, 1996), abrigando dois dos 34 *hotspots* da biodiversidade mundial, o Cerrado e a Mata Atlântica (MITTERMEIER et al., 2005). No entanto, esses ecossistemas encontram-se ameaçados pela fragmentação de habitats, o que compromete a manutenção da biodiversidade a eles associada (TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999).

Neste sentido, para Santos (2004), o planejamento ambiental caracteriza-se como uma importante ferramenta para a criação de alternativas que busquem a adequada utilização dos recursos naturais dos ecossistemas, pois sua

fundamentação está baseada nas dinâmicas de interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Também possui o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos decorrentes da sociedade atual, as atividades e os interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos elementos que o constituem.

Para a reestruturação das paisagens atualmente fragmentadas é recomendada a utilização de práticas de manejo e gestão devidamente planejadas, com o objetivo de garantir a conservação da biodiversidade e das respectivas funções ecológicas associadas a estas paisagens, aliando a sustentabilidade dos sistemas econômicos e sociais. Para isso, torna-se necessário inventariar e melhor compreender o dinamismo dos sistemas que compõem o meio que se pretende planejar, por meio de um diagnóstico baseado na sua caracterização ambiental (SANTOS, 2004). O conhecimento dos elementos, características físicas e dinâmica de ocupação, associados à microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais, paisagem foco deste estudo, constituem informações importantes a serem analisadas no diagnóstico e caracterização desta paisagem.

O município de Carmo de Minas, detentor de características físicas que representam a microrregião da Serra da Mantiqueira, é caracterizado pela ocorrência de formações fitofisionômicas da Mata Atlântica (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). No entanto, estes ecossistemas naturais sofreram uma redução em larga escala em função do extrativismo vegetal e, posteriormente, do desenvolvimento agropecuário regional (SILVA, 2005). A prática desse conjunto de atividades, ao longo do tempo, foi fundamental para o desenvolvimento econômico deste município, porém, em contrapartida, ocasionou grandes modificações na sua paisagem original.

Neste contexto, este capítulo da pesquisa teve como objetivos: (i) realizar uma caracterização fisiográfica do município de Carmo de Minas-MG, a

partir da geração de planos de informação do meio físico (solo, relevo, declividade, altitude, exposição das vertentes) e dos usos e ocupação da terra, e cruzamento destas informações para a elaboração de mapas temáticos, com o intuito de gerar subsídios ao processo de restauração ambiental de áreas modificadas pelo homem para implantação de atividades agropecuárias, visto que estas constituem a base econômica do município de Carmo de Minas; e (ii) criar um banco de dados geográficos em ambiente SIG para agregar os dados secundários, levantamentos realizados na área e análises desenvolvidas nesta pesquisa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende o município de Carmo de Minas (Figura 1) localizado na Zona Fisiográfica Sul do estado de Minas Gerais, fazendo parte da microrregião 198, conhecida como Planalto Mineiro, pertencente à Bacia do Rio Grande. Limita-se com os municípios de Olímpio Noronha, Jesuânia, Conceição do Rio Verde, Soledade de Minas, São Lourenço, São Sebastião do Rio Verde, Dom Viçoso e Cristina (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008).

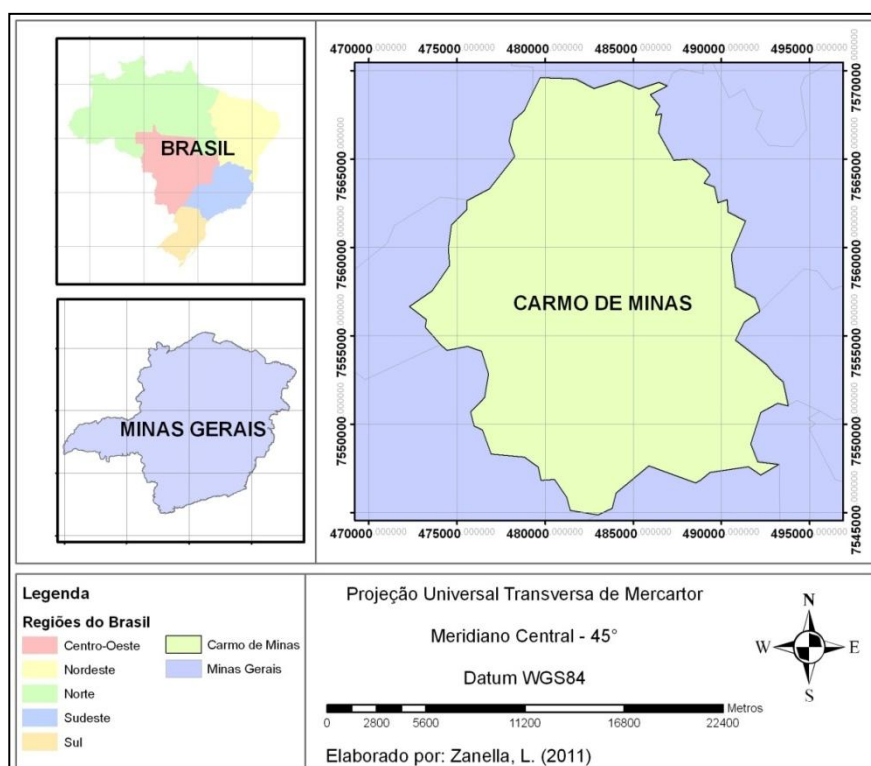


Figura 1 Localização do município de Carmo de Minas – MG

O município possui uma extensão territorial de 32.332 ha e a altitude do ponto central da cidade está estimada em 960 metros (mín. 864 m; máx. 1634 m). A temperatura média anual é de 19,1°C e o índice pluviométrico médio anual é de 1.568 mm (IBGE, 2009a). Sua posição é determinada pelas coordenadas geográficas 22°07'21" de latitude sul e 45°07'45" de longitude oeste (IBGE, 2009a). Quanto à hidrografia, o município está inserido na bacia hidrográfica do Rio Verde, a qual pertence à bacia hidrográfica do Rio Grande (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM, 2002), tendo como principal curso d'água o Ribeirão do Carmo do Rio Verde (IBGE, 2009a).

O município possui uma população de 13.657 habitantes, sendo 61,62% provenientes da área urbana e 38,38% da área rural, e a base de sua economia é constituída, basicamente, por serviços, agricultura e pecuária (IBGE, 2009b). Um grande percentual da área municipal é destinado ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, destacando-se a cafeicultura de montanha, o que acarreta a supressão da vegetação natural em locais com altitude elevada para implantação da cultura.

Martins (2000) classifica o clima da área de estudo de acordo com o sistema de Köppen, como Cwb, subtropical de altitude com temperatura média anual entre 17 e 20°C, apresentando verões muito brandos e úmidos e invernos secos, com um período de estiagem de 5 a 6 meses (abril a setembro). Machado-Filho et al. (1983) descrevem a ocorrência de Cambissolos Álicos nas áreas mais elevadas, e Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos nas áreas mais baixas no município.

Na Serra da Mantiqueira, região onde Carmo de Minas está localizada, ocorre o predomínio de floresta ombrófila densa alto-montana, de floresta ombrófila mista alto-montana, afloramentos rochosos e campos de altitude (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), fitofisionomias do bioma Mata Atlântica. A transição dessas fitofisionomias é verificada ao longo de toda a

serra, cujo relevo acidentado promove grande variação ambiental com fisionomias vegetais peculiares nas maiores altitudes. Segundo Scolforo et al. (2006), a floresta estacional semidecidual montana é a fitofisionomia predominante, sendo encontradas ainda floresta ombrófila alto montana e montana, além de campos limpo e sujo.

2.2 Levantamento e análise de dados

Para que fosse possível atingir os objetivos propostos nesta unidade foram realizadas diferentes ações. A primeira etapa do trabalho consistiu em um levantamento de campo para reconhecimento da área em estudo. Posteriormente, realizou-se o levantamento de informações secundárias sobre o meio físico e biótico (relevo, clima, vegetação, entre outros) da região, sendo utilizados mapas disponíveis do meio físico e cartas planialtimétricas do IBGE (1973).

As informações secundárias obtidas foram analisadas para verificar se apresentavam projeção condizente com a projeção utilizada neste estudo. As informações que não estavam condizentes tiveram sua projeção transformada e, posteriormente, foram compatibilizadas nos SIGs SPRING – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas, em sua versão 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) e ArcGis® 9.3.1 (ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE - ESRI, 2007).

Em seguida, foi realizada a aquisição da imagem do satélite SPOT5, sensor HCR, com 2,5m de resolução espacial, abrangendo o município de Carmo de Minas – MG, constituindo um mosaico digital fusionado de imagens datadas de 2007 (Figura 2). A imagem foi adquirida com pré-processamentos radiométrico e geométrico padrão (SPOTMaps), ortorretificada, e possibilitou a avaliação da paisagem regional e o mapeamento do uso e ocupação da terra.

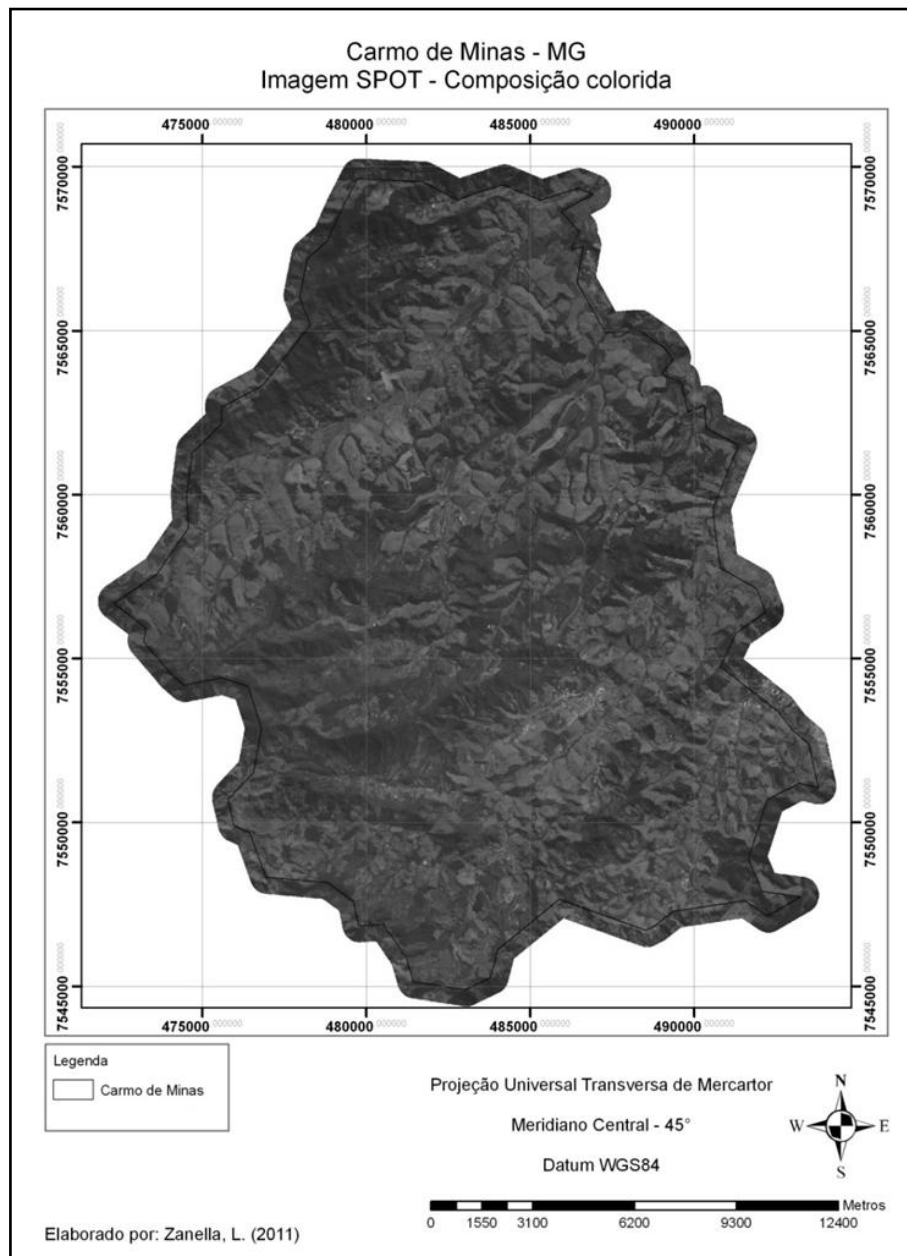


Figura 2 Imagem SPOTMaps do município de Carmo de Minas – MG, 2007

2.2.1 Processamento das imagens e digitalização dos dados vetoriais

O processamento digital das imagens, vetorização das cartas temáticas e interpretação visual foram realizados no SPRING 5.1.5 e no ArcGis 9.3.1.

Para interpretação visual foi utilizado o mosaico fusionado SPOTMaps em cores naturais, sendo criada no SPRING, uma categoria do modelo “imagem” para a cena da imagem utilizada e outra categoria do modelo “temático”, denominada “uso da terra”, com as diferentes classes de uso, onde foram vetorizados os planos de informação sobre imagem.

Com o intuito de acelerar o tempo de geração de cartas de uso, bem como padronizar os procedimentos de interpretação, foi utilizado um conjunto avançado de ferramentas para processamento de imagens. Desse modo, realizou-se o processo de interpretação visual da imagem de satélite por observação simultânea dos elementos de reconhecimento como tonalidade e cor, textura, forma, tamanho, padrão, sombra e associação de evidências, conforme descrição de Marchetti e Garcia (1996).

Com base nos critérios de interpretação visual, o uso atual foi mapeado de acordo com classes: *Vegetação natural* - formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos córregos; *Café* - lavouras diferentes estádios de desenvolvimento; *Outras culturas* - áreas com culturas anuais em diversos estádios de desenvolvimento, áreas em preparo para plantio e com culturas em fase de germinação ou com corte raso; *Outros usos* - benfeitorias rurais e seu entorno e áreas urbanas; *Pastagem* – campos naturais e pastagens formadas; *Reflorestamento* – áreas com plantio de eucalipto; *Capoeira* – áreas de vegetação natural em estágios iniciais de regeneração; e *Corpos d'água* - rios, córregos, lagoas e represas.

Para verificação do mapeamento realizado foram feitas campanhas de campo, sendo amostrados 50 pontos para cada classe de uso da terra, utilizando-

se para isso um receptor GPSMAP Garmin 76CSx e um receptor GPS de precisão, modelo hiper GGD *receiver* Topcon, que possibilitou o desenvolvimento dos índices de acerto da interpretação visual derivada das imagens. A acurácia foi avaliada pelo índice Kappa e as matrizes de confusão calculadas por tabulação cruzada entre os planos de informação matriciais de uso da terra derivados das referidas imagens e dados amostrados em campo, segundo metodologia descrita por Moreira e Shimabukuro (2004), e os resultados revelaram exatidão total de 92 % (Kappa = 0,9248), valor definido como excelente por Cohen (1960) e Moreira (2001).

Para a elaboração da carta clinográfica e geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) foram utilizados dados de elevação da missão SRTM da NASA, (com resolução de 90m, quadrantes: sf-23-v-d e sf-23-y-b, na escala 1:250.000) de acordo com metodologia de Valeriano e Abdon (2007), a fim de modelar e mostrar o terreno numa forma tridimensional, a partir da utilização de grades retangulares.

Os dados da missão SRTM com resolução espacial original de 90 m, foram importados no ArcGis, e passaram por um pré-tratamento de dados. As principais modificações realizadas foram o recorte, a interpolação da resolução espacial para 30 m e a modificação dos dados originais do SRTM para geração de um Modelo Digital do Terreno - MDT com as características desejáveis e sua transformação nos produtos de interesse.

Inicialmente a cena foi recortada nas coordenadas correspondentes à área de estudo e submetida a um procedimento automático para eliminação de falhas (picos e vórtices) inerentes ao dado original (funções *majority* e *boundary* do software ArcGis 9.3.1). Estes dados foram então submetidos ao processo de interpolação no ArcGis para geração de uma nova grade regular com resolução espacial de 30 m. Esta grade, por sua vez, foi transformada e fatiada proporcionando planos de informação temáticos contendo as cotas altimétricas.

Para obtenção da carta altimétrica foram usadas classes fatiadas entre as altitudes 856 e 1645 m, intercaladas em cotas de 100 em 100 metros, sendo que a primeira e a última classes com valores abaixo de 900 m e acima de 1600 m.

Para a obtenção da carta clinográfica, utilizou-se a função *slope* do ArcGis, e depois realizou-se o fatiamento das grades de acordo com os critérios de declividade propostos por Ramalho-Filho e Beek (1995). As classes de relevo foram divididas em: *plano*: 0-3 % de declividade; *suave ondulado*: 3-8 %; *moderado ondulado*: 8-13 %; *ondulado*: 13-20 % ; *forte ondulado*: 20-45 %; *montanhoso*: 45 – 100 %; *escarpado*: > 100 %.

A hidrografia e a malha viária foram obtidas a partir da vetorização de informações contidas nas cartas planialtimétricas digitais do IBGE (1973), com escala 1:50.000, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 Cartas Planialtimétricas do IBGE (1973)

Cartas Planialtimétricas do IBGE (1973)	
Identificador	Nome
SF23VDVI4	Conceição do Rio Verde
SF23YBIII1	Cristina
SF23YBIII2	São Lourenço

Fonte: IBGE (1973)

A partir da quantificação da rede hidrográfica e da malha viária foi possível estimar as densidades de drenagem total ($DDt = \Sigma h/A$) e de estradas total ($DEt = \Sigma e/A$) da área de estudo, calculando-se o comprimento total dos cursos d'água/estradas presentes em Carmo de Minas. A densidade de drenagem expressa o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem e foi estimada segundo adaptações de Chistofolletti (1980) e Lock (2008) pela razão entre o comprimento total (m) dos cursos d'água e a área total (ha) do município. A densidade de drenagem é dividida nas seguintes classes de riqueza de drenagem: densidade de drenagem pobre (menor de 7,5 m/ha), densidade mediana (maior

de 7,5m/ha e menor de 15m/ha) e densidade rica (maior de 15m/ha) (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DNAEE, 1980).

Para avaliar os riscos de processos erosivos na área de estudo foram compilados dados obtidos por meio da declividade e dos usos da terra, obtendo-se quatro classes distintas associadas à vulnerabilidade natural à erosão, em função da cobertura e da declividade do solo, de acordo com as informações disponíveis no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995), como consta na Tabela 2.

Tabela 2 Definição das classes de risco potencial à erosão

Classes	Descrição
Risco mínimo	Áreas ocupadas com vegetação natural. Nesta classe de risco não foi considerada a declividade dos solos, porque a cobertura vegetação natural representa a forma de uso natural do solo, que evoluiu em conjunto, e que, portanto, apresenta a condição de proteção máxima do recurso natural do solo.
Risco menor	Áreas ocupadas com uso antrópico, localizadas em áreas onde a declividade é de 0 e 20% que, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995); constituem áreas com baixa susceptibilidade à erosão em locais planos e alta susceptibilidade nas áreas com relevo ondulado, com declividade próxima a 20%. Entretanto, são áreas onde a erosão pode ser prevenida, desde que utilizadas práticas intensivas para o seu controle.
Risco intermediário	Áreas ocupadas com uso antrópico, em relevo forte ondulado, onde a declividade varia entre 20 e 45% e apresentam susceptibilidade à erosão muito alta. Nestas áreas o uso agrícola é considerado muito restrito, devido ao controle à erosão ser dispendioso e até antieconômico, na maioria dos casos. É indicada nestas áreas a implantação de culturas permanentes como a citricultura, a silvicultura, a cafeicultura, etc.
Risco maior	Áreas ocupadas com uso antrópico, com declividade igual ou superior a 45%, relevo montanhoso a escarpado, susceptibilidade à erosão extremamente alta, onde o uso agrícola não é recomendado, sob pena de serem totalmente erodidas. Estas áreas devem ser destinadas à preservação permanente, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. Entretanto, o artigo 10 do CFB vigente (BRASIL, 1965) tolera a extração de toros em áreas com declividade entre 45 e 100%.

Fonte: Adaptado de Missio et al. (2004)

A hidrografia vetorizada serviu como base para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) correspondentes a esta categoria de área de preservação, de acordo com a legislação ambiental vigente, o Código Florestal Brasileiro (CFB) instituído pela lei nº. 4.771/65, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965). Estas áreas foram demarcadas em função da largura média dos cursos d'água em uma faixa marginal que varia entre 30 a 500 m e no entorno de nascentes num diâmetro de 50 m.

Assim, foram criados os *buffers* correspondentes à hidrografia do município de Carmo de Minas, sendo que o Rio Verde contabilizou 50 m de área marginal destinada à preservação permanente em função de sua largura média totalizar 25 m, e os demais cursos d'água contabilizaram 30 m por apresentarem respectivas larguras menores de 10 m.

Ademais, o cruzamento da carta de APPs com a carta de uso e ocupação da terra permitiu identificar o grau de conservação destas áreas, segundo o que está previsto em lei. Para tanto, foram criadas duas classes: (i) APPs conservadas, as quais se referem às áreas destinadas à preservação e que se encontram condizentes com a legislação; e (ii) APPs não conservadas, que se referem a áreas de uso conflitante, ocupadas por usos antrópicos. Por fim, todas as geoinformações geradas foram inseridas em um Banco de Dados Geográfico (BDG), constituindo a base cartográfica do processo de mapeamento e interpretação de dados do município de Carmo de Minas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Hidrografia

O município de Carmo de Minas está inserido na bacia hidrográfica do Rio Verde, a qual pertence à bacia hidrográfica do Rio Grande (IGAM, 2002). De acordo com IGAM (2002), a bacia situa-se na mesorregião Sul-sudoeste e possui clima úmido, apresentando de um a dois meses secos por ano e disponibilidade hídrica entre 10 e 20 l/s/km².

Verificou-se que Carmo de Minas é rico em nascentes e cursos d'água possivelmente devido ao seu relevo movimentado, característico da Serra da Mantiqueira. A rede hidrográfica (Figura 3) do município foi avaliada em 740,66 km de extensão, formada principalmente por cursos d'água com até 10 m de largura e contendo um segmento do Rio Verde, que possui largura média superior a 20 m, dentro de seus limites, na direção noroeste e que corresponde ao curso d'água principal.

A partir da mensuração da extensão dos cursos d'água, contabilizou-se a densidade de drenagem, estimada em 22,97 m/ha, sendo considerada rica de acordo com a classificação da DNAEE (1980). Este dado é importante, pois indica que o volume de água a ser drenado é compatível com a extensão dos cursos d'água, diminuindo-se a vulnerabilidade de inundações.

A rica densidade de drenagem está intimamente relacionada com a presença de corredores de mata ciliar, os quais atuam como unidades que conectam estruturalmente a paisagem. A presença de corredores ripários está prevista no CFB (BRASIL, 1965), que estabelece que sejam destinadas à preservação permanente, que correspondem às áreas marginais aos cursos d'água, variando em extensão, de acordo com a largura média apresentada pelos corpos hídricos.

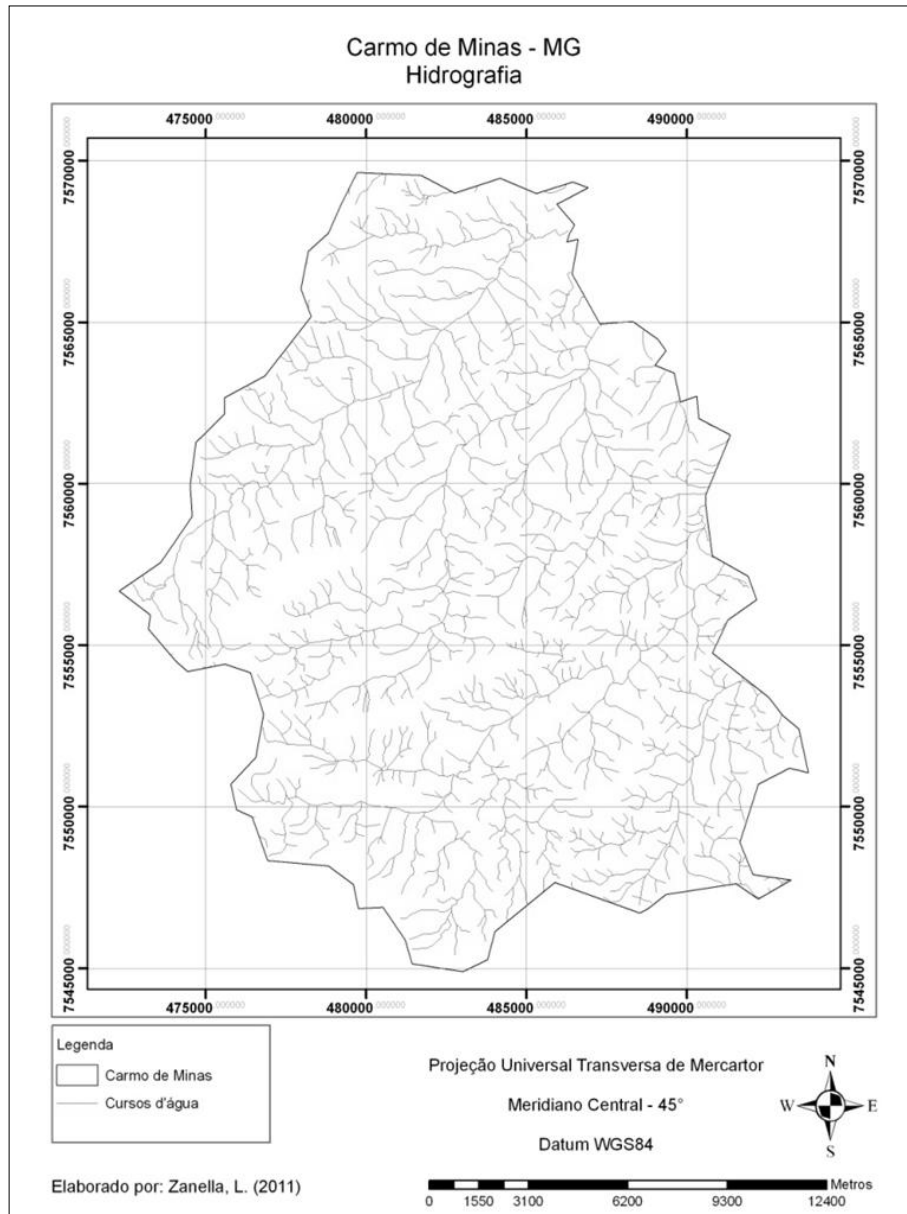


Figura 3 Carta de hidrografia do município de Carmo de Minas – MG, 2010

A conservação das matas ciliares em função da rede hidrográfica de uma paisagem constitui uma estrutura de conectividade entre manchas de habitats naturais isolados em uma matriz produtiva (BEIER; NOSS, 1998; DAMSCHEM et al., 2006; METZGER, 1999, 2001; SOULÉ; GILPIN, 1991). Corroborando com esta ideia, Metzger (1999) evidenciou que corredores ripários entre uma matriz produtiva podem facilitar fluxos biológicos e evitar a extinção de espécies em habitats fragmentados.

No entanto, entende-se que a efetividade dos corredores como estruturas de conectividade esteja relacionada à complexidade da rede hidrográfica, ou seja, uma área com densidade de drenagem rica e bem distribuída tem grande potencial para funcionar estruturalmente como unidade conectora. Sob esta perspectiva, Henein e Merriam (1990) afirmam que uma complexa rede de corredores naturais ou uma paisagem com alta densidade e ampla distribuição de corredores é fundamental para o deslocamento e a sobrevivência da fauna.

3.2 Estradas

Foram quantificadas as estradas contidas no município de Carmo de Minas, totalizando 397,21 km (Figura 4). A malha viária consistiu em rodovias pavimentadas e estradas de terra, incluindo acessos às propriedades rurais. A densidade de estradas foi calculada em 12,28 m/ha, valor considerado alto quando comparado à média obtida em trabalhos anteriores realizados em regiões distintas (DALLA-NORA, 2010; MISSIO et al., 2004; TONIAL et al., 2005). Possivelmente, este fato esteja relacionado ao padrão de desenvolvimento econômico da área de estudo, baseado no setor agrícola, especialmente na cafeicultura e bovinocultura leiteira, atividades que demandam elevada acessibilidade.

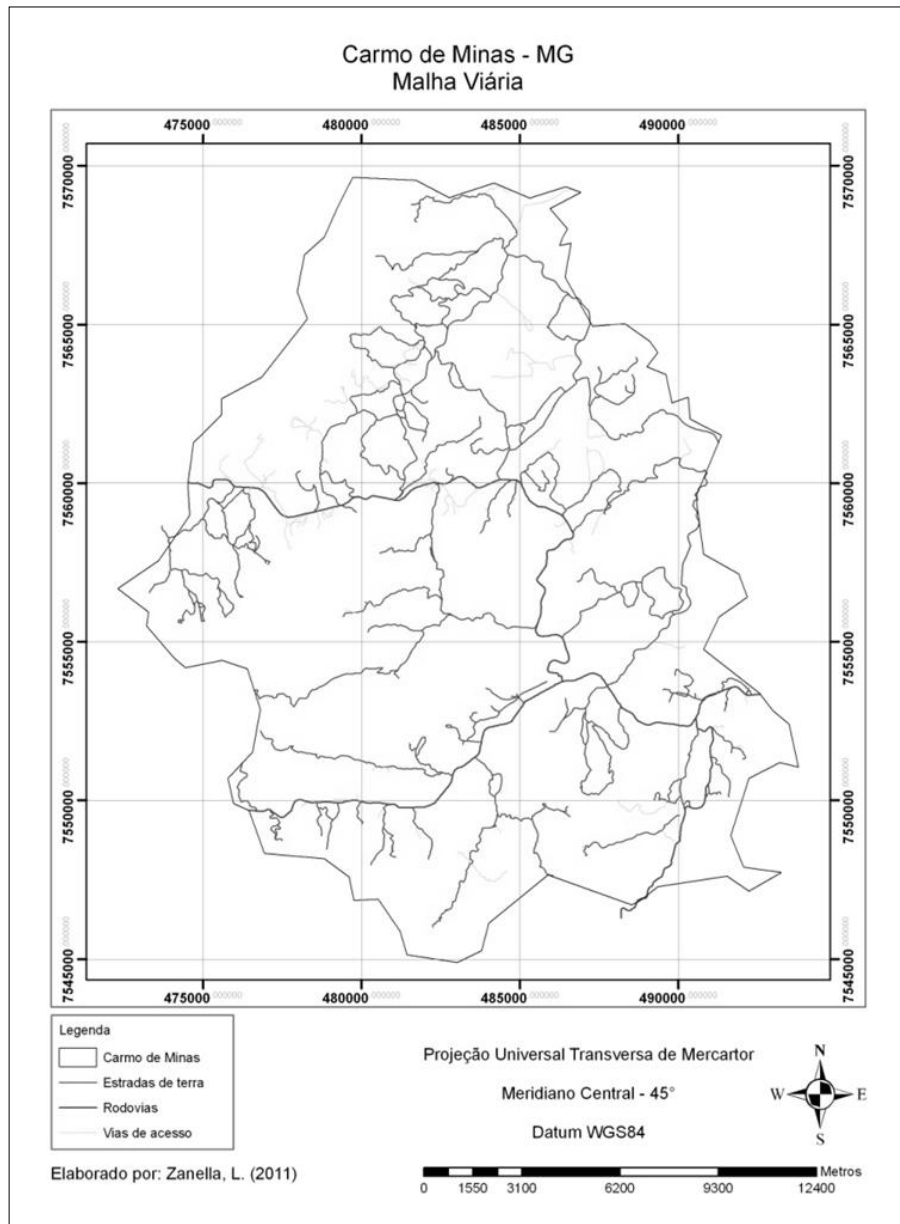


Figura 4 Carta da malha viária do município de Carmo de Minas – MG, 2010

Missio et al. (2004) afirmam que a densidade de estradas pode ser considerada positiva quando elevada, pois representa maior acessibilidade e transporte para as comunidades humanas rurais. No entanto, este aspecto é considerado negativo do ponto de vista da conservação da biodiversidade e da sustentabilidade ambiental, pois aumenta a probabilidade de atropelamento de fauna, favorece o acesso às áreas naturais, facilitando a coleta de plantas e animais e a entrada de impurezas e poluentes, bem como o processo de erosão no leito das estradas, principalmente naquelas localizadas em terrenos íngremes.

Efeitos das estradas na biodiversidade estão relacionados com a mortalidade dos animais durante a construção de uma rodovia, a mortalidade por colisão com veículos, a modificação no comportamento animal, o aumento nos usos e a ocupação humana das áreas circundantes, a fragmentação do habitat e a introdução de espécies exóticas (COFFIN, 2007; TROMBULAK; FRISSELL, 2000).

A malha viária também pode estar relacionada com a perda e fragmentação direta e indireta de habitats naturais e, conseqüentemente, com a sua degradação. As estradas afetam de forma direta os ambientes naturais, ocasionando a redução da sua área total devido à conversão da cobertura original em superfícies artificiais para implantação e/ou ampliação da infraestrutura viária (MISSIO et al., 2004). Ademais, inúmeras ações decorrentes da presença deste tipo de estrutura de ligação podem afetar indiretamente os ecossistemas naturais como, por exemplo, a poluição do ar e da água proveniente dos veículos que transitam nas estradas e presença de luz artificial pela retirada da vegetação original (DALLA-NORA, 2010), reduzindo a capacidade do ecossistema de sustentar sua biodiversidade original.

3.3 Altimetria

A superfície de Carmo de Minas foi classificada em nove diferentes cotas altimétricas, agrupadas de 100 em 100 m e apresentou variação altimétrica de alta amplitude (789 m), conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 Distribuição das cotas altimétricas em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Cotas altimétricas (m)	Área (ha)	Área (%)
<900	4563,80	14,15
900-1.000	15355,80	47,62
1.000-1.100	6237,50	19,34
1.100-1.200	3275,50	10,16
1.200-1.300	2021,12	6,27
1.300-1.400	578,50	1,79
1.400-1.500	159,80	0,50
1.500-1.600	46,80	0,15
>1.600	5,80	0,02
Total	32244,62	100,00

A maior porcentagem da área de estudo, aproximadamente 80%, encontra-se em altitudes menores que 1.100 m, estando associadas ao fundo de vales e canais de drenagem, enquanto as altitudes mais elevadas correspondem aos divisores de água e feições geomorfológicas pronunciadas típicas da região da Mantiqueira e representam a menor parte da área de estudo.

A cota altimétrica 900 a 1.000 m responde por praticamente 50% do território municipal, como pode ser observado no Gráfico 1. Esta categoria de altitude distribui-se sobre praticamente todas as áreas compreendidas pelo limite municipal. No entanto, isto não significa que o relevo é composto por áreas exclusivamente planas. Pode-se observar na Figura 6 uma grande diversidade de unidades geomorfológicas com feições e formas de relevo variadas (côncavas e

convexas), distribuição das linhas de drenagem, talwegues, vertentes e os principais divisores de água.

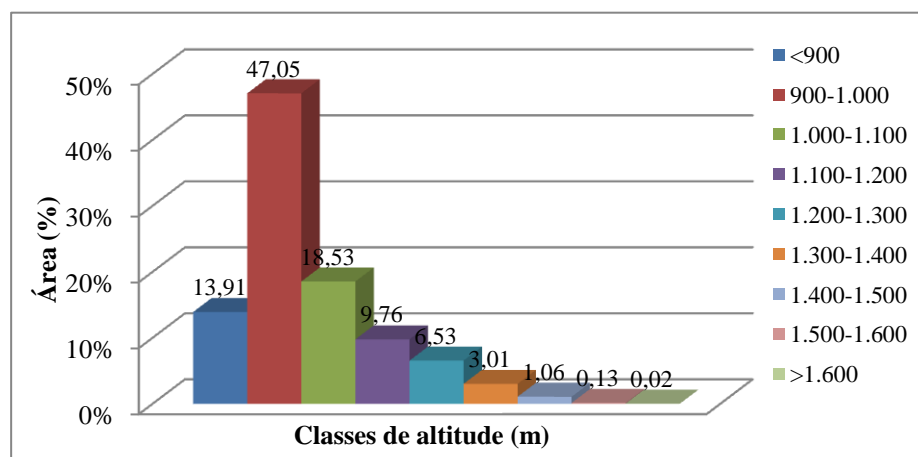


Gráfico 1 Distribuição percentual das cotas altimétricas para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

A variação de altitude associa-se com a precipitação, evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio (TEODORO et al., 2007). Deste modo, grandes variações de altitude acarretam diferenças significativas na temperatura média, que, por sua vez, causa variações na evapotranspiração, conforme explicitam os referidos autores.

Embora a magnitude de variação seja ampla, a distribuição espacial das feições geomorfológicas extremas está associada a regiões específicas e às altitudes mais elevadas, situadas principalmente em três pontos distintos, como é possível observar na carta altimétrica do município de Carmo de Minas (Figura 5).

A variável altitude assim como a variável hidrografia estão intimamente relacionadas à manutenção dos remanescentes de vegetação natural existentes na área de estudo. A impossibilidade de implantação de atividades agrícolas em

determinadas áreas, impostas pelas dificuldades de mecanização e manejo sob risco destas terras serem totalmente erodidas, representam o fator mais importante para a manutenção de áreas cobertas com formações vegetais naturais pouco alteradas.

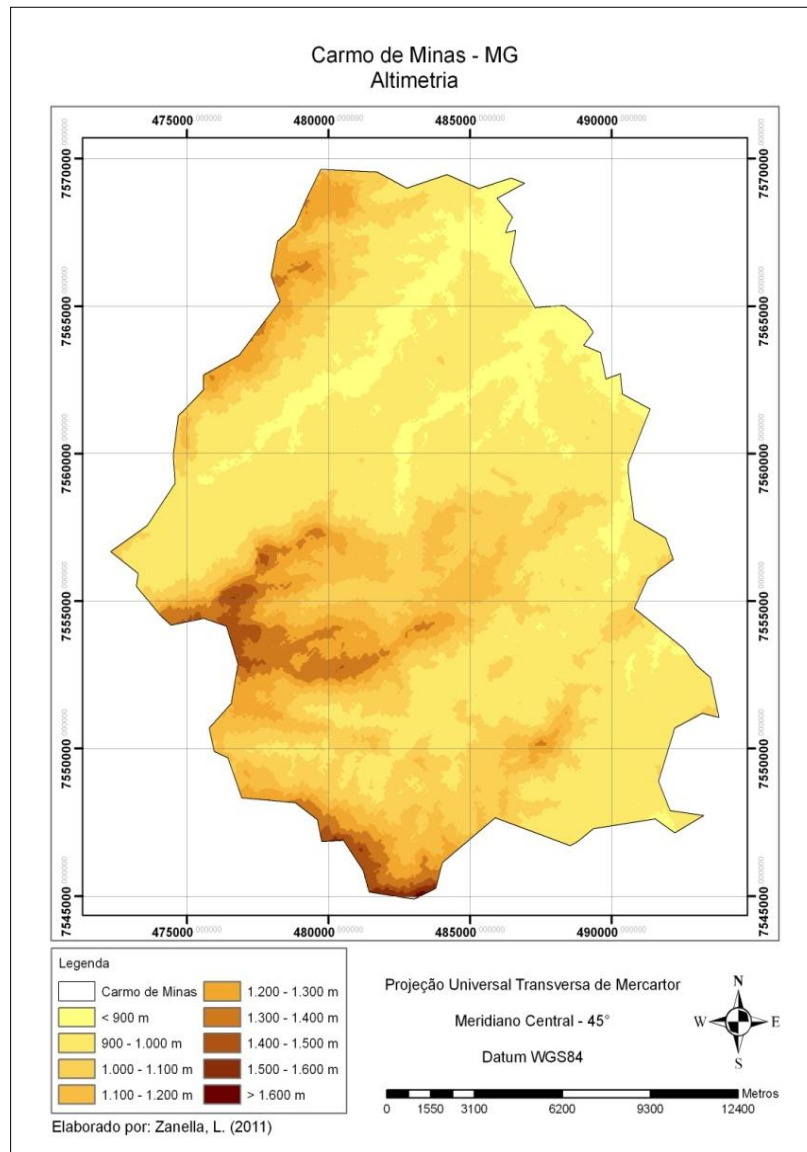


Figura 5 Carta altimétrica do município de Carmo de Minas – MG, 2010

A comparação entre a distribuição da área municipal em cotas altimétricas e a distribuição da área de vegetação natural remanescente nestas mesmas cotas permite verificar que há maior quantidade percentual de vegetação natural nas altitudes mais elevadas. É possível observar a distribuição da vegetação natural de acordo com as cotas altimétricas na Figura 6.

A Tabela 4 contém os valores das áreas cobertas com vegetação natural associadas às cotas altimétricas correspondentes. Os valores percentuais ocupado por essas áreas em cada classe de altitude foram calculados com base na área total da vegetação natural. Também são apresentados os valores da área total e percentual do município de Carmo de Minas para uma melhor comparação entre a área total e a área ocupada com vegetação natural em cada classe altimétrica. Percebe-se um aumento de área nas cotas de maiores altitudes quando comparados os valores da vegetação natural aos valores da área municipal. Este aumento corrobora a afirmação anterior, de que os remanescentes de vegetação natural estejam diretamente relacionados às altitudes mais elevadas, devido à maior dificuldade de exploração e implantação de culturas nestas áreas.

Tabela 4 Distribuição da vegetação natural por cotas altimétricas em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Cotas altimétricas (m)	Área municipal (ha)	Área municipal (%)	Vegetação Natural (ha)	Vegetação Natural (%)
<900	4563,80	13,91	472	10,34
900-1.000	15355,80	47,05	3400,8	22,15
1.000-1.100	6237,50	18,53	1674,2	26,84
1.100-1.200	3275,50	9,76	1259	38,44
1.200-1.300	2021,12	6,53	1047,26	51,82
1.300-1.400	578,50	3,01	538,4	93,07
1.400-1.500	159,80	1,06	133,4	83,48
1.500-1.600	46,80	0,13	19,5	41,67
>1.600	5,80	0,02	0,7	12,07
Total	32244,62	100	8545,26	

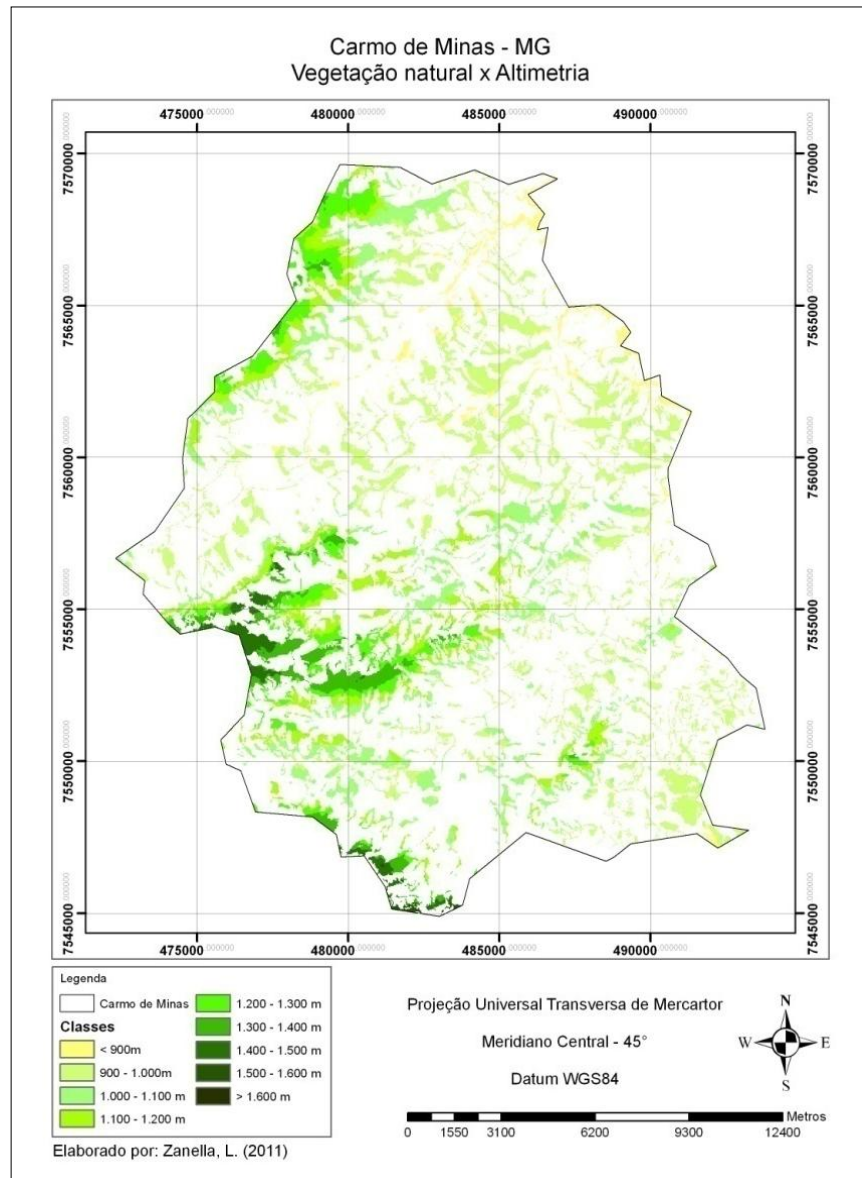


Figura 6 Distribuição da vegetação natural nas cotas altimétricas do município de Carmo de Minas – MG, 2010

As cotas de altitude acima de 1.100 m que apresentaram um valor percentual maior em termos de vegetação natural, quando comparada à área total

municipal. A maior parte destas cotas teve seus valores percentuais praticamente duplicados em relação ao correspondente percentual municipal. Os altos valores associados às cotas altimétricas abaixo de 1.100 m foram mantidos em função da relação existente entre estas cotas e a área municipal total que as constituem.

É importante relacionar o perfil altimétrico à localização dos remanescentes de Mata Atlântica, pois este pode determinar variações nos diferentes tipos e composição de solos encontrados em áreas nestas condições, pois áreas mais inclinadas estão sujeitas a uma erosão laminar mais pronunciada, o que pode favorecer o rejuvenescimento dos solos de baixa encosta, podendo ser considerada também uma variável ambiental capaz de influenciar a distribuição de espécies vegetais (LI; ZHU; GOLD, 2005) e, conseqüentemente, a distribuição de espécies animais correlacionadas.

3.4 Clinografia

A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. Deste modo, foi elaborada a carta clinográfica (Figura 7) da área de estudo, que ilustra a distribuição espacial das classes de declividade presentes no município de Carmo de Minas, expressas percentualmente.

A distribuição espacial da declividade de uma determinada área constitui uma importante ferramenta, capaz de orientar atividades ligadas à conservação do solo mediante a utilização racional do terreno. As informações contidas nesta carta são fundamentais para a elaboração de uma política de manejo e conservação do solo em nível local, direcionando a tomada de decisão quanto à conservação e melhoria da capacidade produtiva deste.

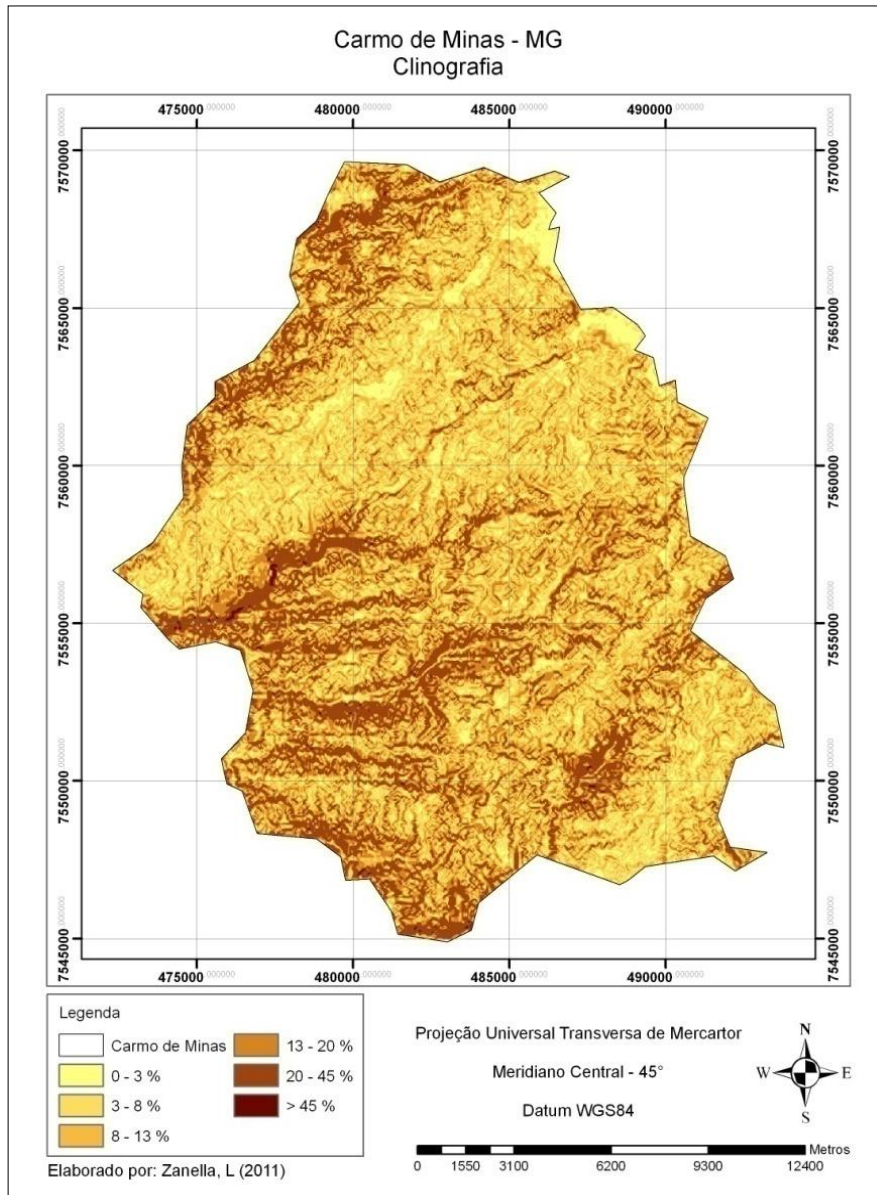


Figura 7 Carta clinográfica do município de Carmo de Minas – MG, 2010

Destaca-se que a declividade do terreno controla, em boa parte, a velocidade do escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo de

concentração e a magnitude dos picos de enchentes (DALLA-NORA, 2010). A esta variável também se pode vincular, em parte, a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade à erosão dos solos, que dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial.

O desenvolvimento econômico baseado quase totalmente em atividades agrícolas no município, possivelmente, pode estar associado à variável geomorfológica declividade juntamente com a altitude. Isto se deve ao fato de o terreno ser constituído por grandes áreas com relevo suave ondulado, moderado ondulado e ondulado (cerca de 80 %), o que permite a implantação e desenvolvimento de atividades agropecuárias, constituídas por pastagem, culturas anuais, principalmente milho e cana-de-açúcar e em escala bem menos expressiva, áreas destinadas ao plantio de eucalipto, enquanto as declividades mais acentuadas estão relacionadas à cafeicultura, bastante desenvolvida na região, todas contribuindo para a formação de monoculturas e uma alta relação entre produção e área de cultivo.

Para melhor evidenciar os resultados obtidos elaborou-se a Tabela 5. A análise dos dados nela apresentados mostra um relevo bastante irregular, variando de plano a montanhoso, apresentando algumas áreas (62,13 %) que, do ponto de vista da declividade e conservação do solo, podem ser utilizadas para a agricultura, desde que sejam adotadas práticas simples de controle à erosão. As demais áreas (37,87 %) apresentam susceptibilidade à erosão forte a severa, tendo o seu uso agrícola muito restrito, e na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995).

No caso da cafeicultura que está associada às declividades mais elevadas foi observado, em campo, que grande parte das lavouras cafeeiras da área de estudo encontra-se bem estruturada do ponto de vista da conservação do solo. Em contraste com as áreas ocupadas com café, as pastagens apresentam-se mal

manejadas em sua maioria e, mesmo ocupando as declividades menores, os solos relacionados com esse uso do solo encontram-se, em geral, bastante degradados.

Tabela 5 Distribuição das classes clinográficas em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Classes de declividade	Classificação do relevo	Área (ha)	Área (%)
0 – 3 %	Plano	2986,97	9,26
3 – 8 %	Suave Ondulado	8743,99	27,12
8 – 13 %	Moderado ondulado	8304,01	25,75
13 – 20 %	Ondulado	7027,99	21,80
20 – 45 %	Forte Ondulado	5132,60	15,92
45 – 100 %	Montanhoso	49,06	0,15
> 100 %	Escarpado	0,00	0,00
Total	-	32244,62	100,00

Conforme visualizado, a classe de relevo montanhoso representa menos de 0,20 % da área de estudo e corresponde a áreas que deveriam ser destinadas à preservação permanente. Entretanto, a legislação brasileira considera como área de preservação permanente apenas as áreas com declividade superior a 100 % (relevo escarpado) e na área de estudos não foram encontradas áreas com relevo escarpado.

Ademais, deve-se levar em consideração que o modelo digital de elevação que serviu de base para a elaboração da carta de declividade (SRTM) foi obtido remotamente mediante sensor orbital em uma resolução espacial inicial de 3 arco segundo (aproximadamente 90 metros), o que pode ter subestimado as feições geomorfológicas mais delicadas reduzindo a capacidade de registrar áreas com declividades superiores a 100%, resultando em dados não tão precisos para áreas de estudo consideradas pequenas.

3.5 Uso e ocupação da terra

A partir da interpretação da imagem de satélite foi possível classificar a área em oito classes de uso da terra para o ano de 2010: vegetação natural, café, pastagem, outras culturas, outros usos, reflorestamento, capoeira e corpos d'água. A partir do mapeamento dos usos e ocupação da terra (Figura 8) buscou-se avaliar a compatibilidade do uso resultante do padrão de desenvolvimento econômico local aos objetivos conservacionistas e de sustentabilidade atrelados à manutenção de remanescentes de Mata Atlântica presentes na área de estudo. Para tanto, a Tabela 6 apresenta os valores referentes a área em hectares e porcentagem para cada classe de uso e ocupação da terra mapeada.

Tabela 6 Distribuição das classes de uso e ocupação da terra em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Usos e ocupação da terra		
Classes	Área (ha)	Área (%)
Café	4802,99	14,90
Capoeira	2046,47	6,35
Cursos d'água	73,21	0,23
Outras culturas	1829,06	5,67
Outros usos	807,50	2,50
Pastagem	14060,01	43,60
Reflorestamento	79,92	0,25
Vegetação natural	8545,26	26,50
Total	32244,42	100,00

É possível visualizar na Figura 8 que os remanescentes de vegetação natural encontram-se dispersos em uma matriz de atividades agropecuárias, constituída por principalmente pastagem. Outras atividades agrícolas que também constituem a paisagem são: café, culturas anuais e, em menor quantidade, áreas destinadas a reflorestamento para extração de madeira, composta basicamente por plantio de eucalipto.

Foi possível observar que a classe de uso e ocupação da terra predominante foi a pastagem, ocupando aproximadamente 45% da área total. Infere-se que as pastagens, quando bem cuidadas, proporcionam o recobrimento da superfície do solo durante todo o ano, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, quando comparado com culturas agrícolas que deixam o solo exposto durante o preparo do mesmo para o plantio. Entretanto, por meio das observações de campo foi possível observar áreas mal manejadas e altamente compactadas, apresentando solo descoberto e sem proteção contra a ação erosiva das chuvas e dos ventos, o que diminui significativamente a infiltração e afeta diretamente a vazão das nascentes.

Outra classe de uso antrópico que obteve destaque foi o café, responsável por cerca de 15 % da paisagem. As lavouras cafeeiras contribuem fortemente para o desenvolvimento econômico do município de Carmo de Minas e, segundo as observações de campo, encontram-se em sua maioria bem conservadas, de acordo com as recomendações para controle e conservação do solo. Em comparação com as áreas ocupadas com pastagem, o impacto ambiental negativo da cafeicultura, principalmente na conservação do solo, pode ser considerado moderado a baixo.

Somando-se as áreas de pastagem e café a outros usos decorrentes da ação humana como outras culturas, outros usos e reflorestamento, o percentual da paisagem modificada pelo homem totaliza quase 70 % da paisagem, restando pouco mais de 30% para as classes de vegetação natural e capoeira.

A vegetação natural presente na área de estudo é composta por fitofisionomias do bioma Mata Atlântica, entre as quais a floresta estacional semidecidual montana é a mais abundante, seguida em menor escala pelas florestas ombrófilas alto montana e montana, além de campos limpo e sujo (SCOLFORO et al., 2006). Na Figura 8 verifica-se que estas áreas encontram-se extremamente fragmentadas, restando poucos remanescentes de vegetação

natural. Além disso, a intensa relação existente entre a localização de grande parte da vegetação natural com as altitudes mais elevadas sugere que parte da biodiversidade local associada a baixas elevações tenha sido perdida ou mantida em quantidades muito baixas.

A classe capoeira, constituída por formações naturais em fases iniciais de sucessão ecológica, aparece como grande aliada da classe vegetação natural, pois futuramente, se for mantida, poderá ser incorporada a esta, proporcionando um aumento expressivo (aproximadamente 6,35 %) em sua área de ocupação atual, quando considerada a paisagem como um todo. Conseqüentemente, a proximidade e conectividade entre os fragmentos de vegetação natural seriam ampliadas.

A classe outros usos, apesar de pouco representativa na área de estudo, necessita atenção, pois, corresponde à classe de maior impacto negativo, uma vez que esta engloba as áreas urbanas ou áreas que possuem benfeitorias. As terras compreendidas por esta classe estão, na maioria das vezes, cobertas por material sólido como concreto ou asfalto, o que impede diversas relações físicas e biológicas entre solo e atmosfera, como a absorção da água da chuva, por exemplo. Além disso, a produção de resíduos e a conversão de áreas com vegetação natural em loteamentos constituem outros dois graves problemas decorrentes da presença de áreas urbanizadas (NUNES; SANTANA-NETO, 2002).

As áreas ocupadas com a classe cursos d'água estão associadas principalmente aos espelhos d'água referentes a corpos hídricos de água corrente e ao represamento de água, geralmente, em pequenas lagoas naturais e artificiais, destinadas à criação de peixes ou à dessedentação de animais. Esta classe ocupou uma parte praticamente inexpressiva da paisagem (0,23 %) devido à grande maioria dos cursos d'água existentes na área de estudo apresentarem

largura média inferior a 10 m, com exceção do Rio Verde, que possui largura média igual a 25 m.

Um dado importante observado na área de estudo, e que cabe ser mencionado, é a proximidade geográfica existente entre as classes vegetação natural e café, devido, possivelmente, à relação da cultura com a altitude e desta variável com os remanescentes de vegetação natural.

No intuito de melhor evidenciar a proximidade entre estas classes de uso foi elaborada a carta de vegetação natural e cafeicultura, a qual pode ser visualizada na Figura 9.

De acordo com Avelino et al. (2005) e Barbosa et al. (2010), existe uma forte evidência de que as variáveis altitude e latitude influenciem diretamente a qualidade da bebida do café. O estudo realizado por Barbosa et al. (2010) legitimou oscilações na pontuação de cafés em um concurso de qualidade deste produto, as quais variaram com a altitude, em função da latitude. Os resultados obtidos pela autora mostraram que quanto maior a altitude, maiores as notas das bebidas e quanto maior a latitude, menor a exigência de altitudes elevadas para as melhores notas.

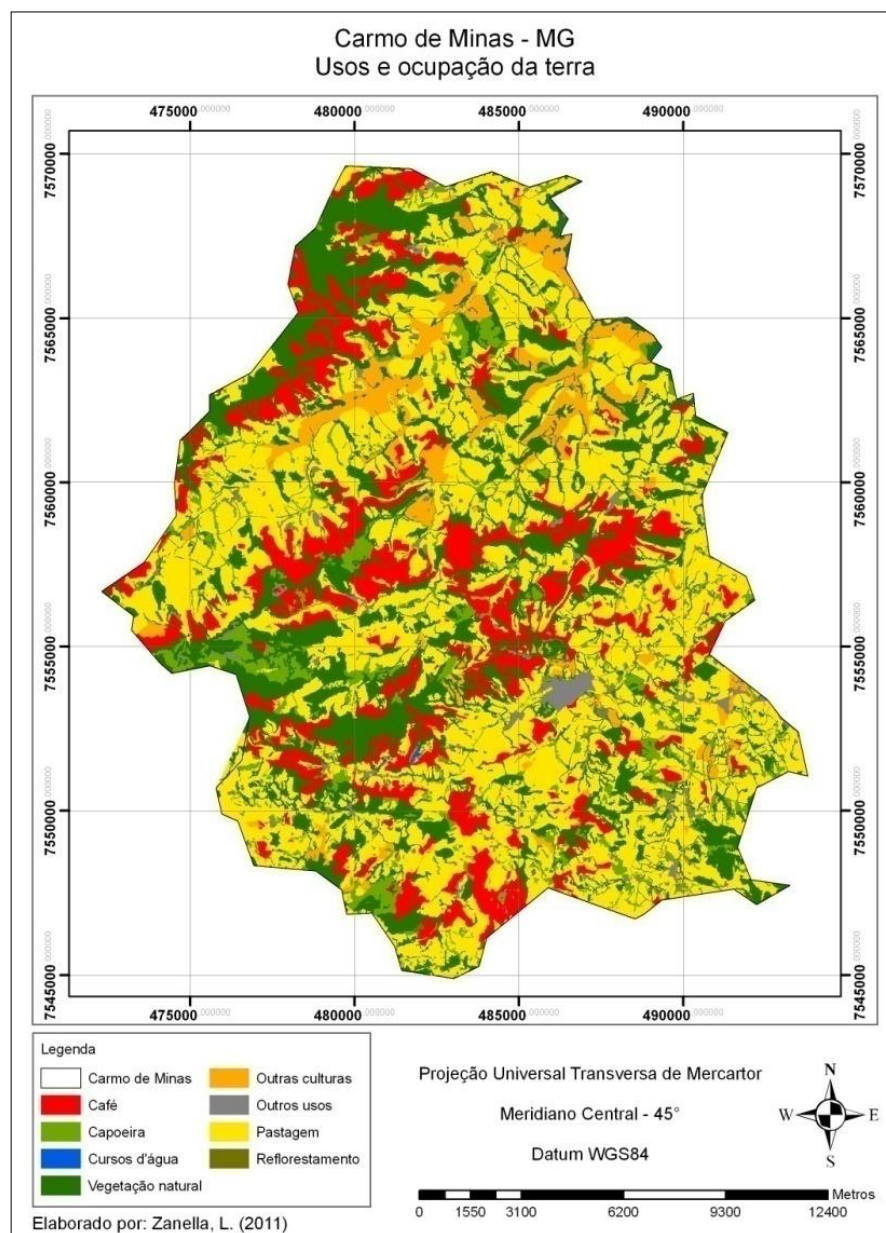


Figura 8 Carta de usos e ocupação da terra do município de Carmo de Minas – MG, 2010

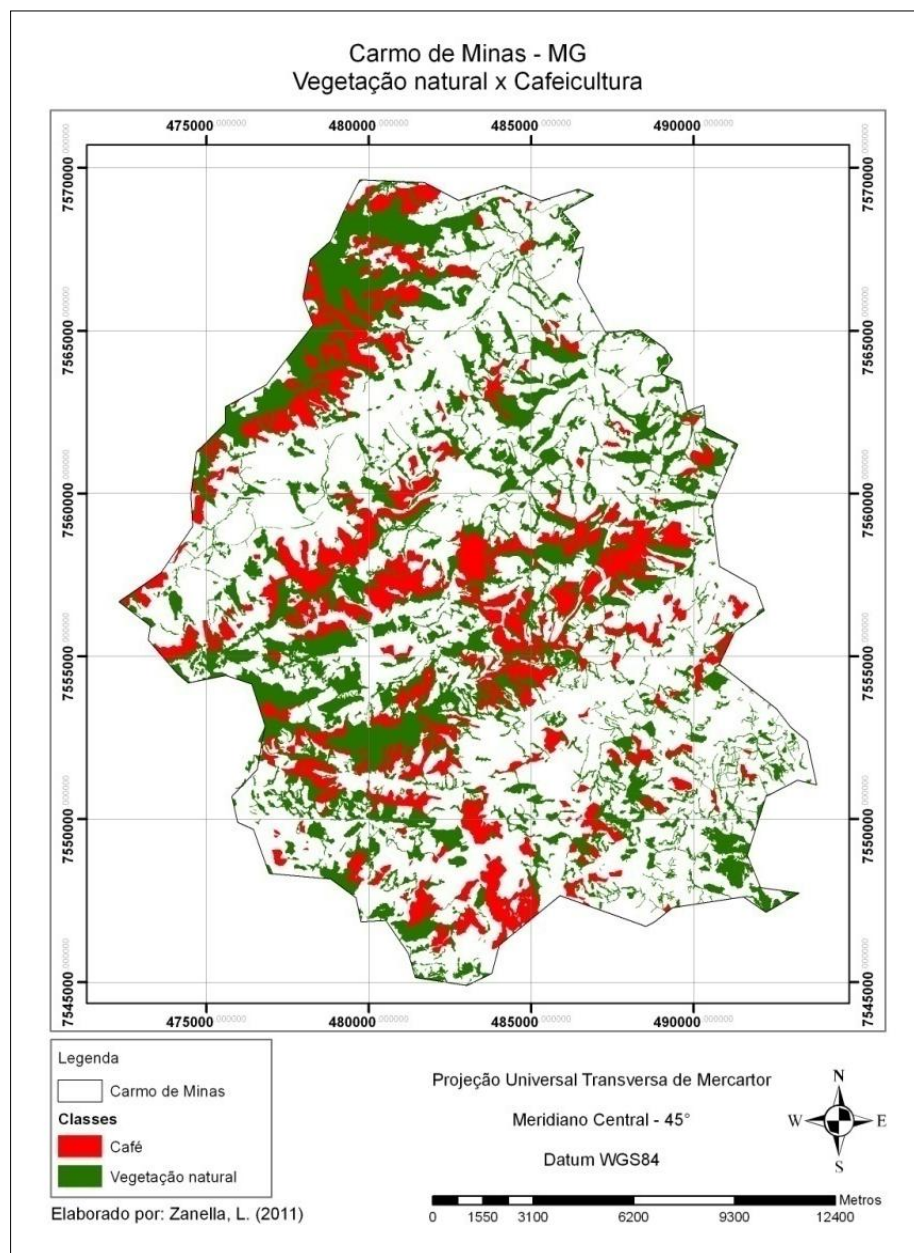


Figura 9 Carta de vegetação natural e cafeicultura do município de Carmo de Minas – MG, 2010

3.6 Risco potencial à erosão

A carta de risco potencial à erosão (Figura 10) para o município de Carmo de Minas foi gerada buscando avaliar a susceptibilidade à erosão do recurso natural solo com base na presença e distribuição espacial das áreas de vegetação natural e nas classes de declividade apresentadas na área de estudo.

O diagnóstico das áreas que apresentam riscos à erosão constitui uma importante ferramenta que pode ser utilizada como um indicador da qualidade ambiental local associada à perda e/ou ganho de áreas naturais em locais onde a utilização de áreas com atividades relacionadas ao setor agropecuário seriam inviáveis ou mesmo viáveis, desde que atendidas as necessidades de manejo conservacionista.

De forma geral, é possível observar na Tabela 7 que as áreas de risco menor à erosão dominam a paisagem em estudo, respondendo por pouco mais de 60 % da área total. A classe de risco mínimo aparece em segundo lugar, ocupando a porcentagem correspondente à classe de uso e ocupação da terra vegetação natural (26,50 %). Entende-se que a vegetação nativa, independente da declividade do solo, é a condição que garante a maior estabilidade e a menor perda de solo por erosão e representa a condição de proteção máxima ao recurso natural solo (MISSIO et al., 2004).

Tabela 7 Distribuição das classes de risco potencial à erosão em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Usos e ocupação da terra		
Classes	Área (ha)	Área (%)
Risco mínimo	8545,26	26,50
Risco menor	20270,24	62,86
Risco intermediário	3405,62	10,56
Risco maior	23,50	0,07
Total	32244,62	100,00

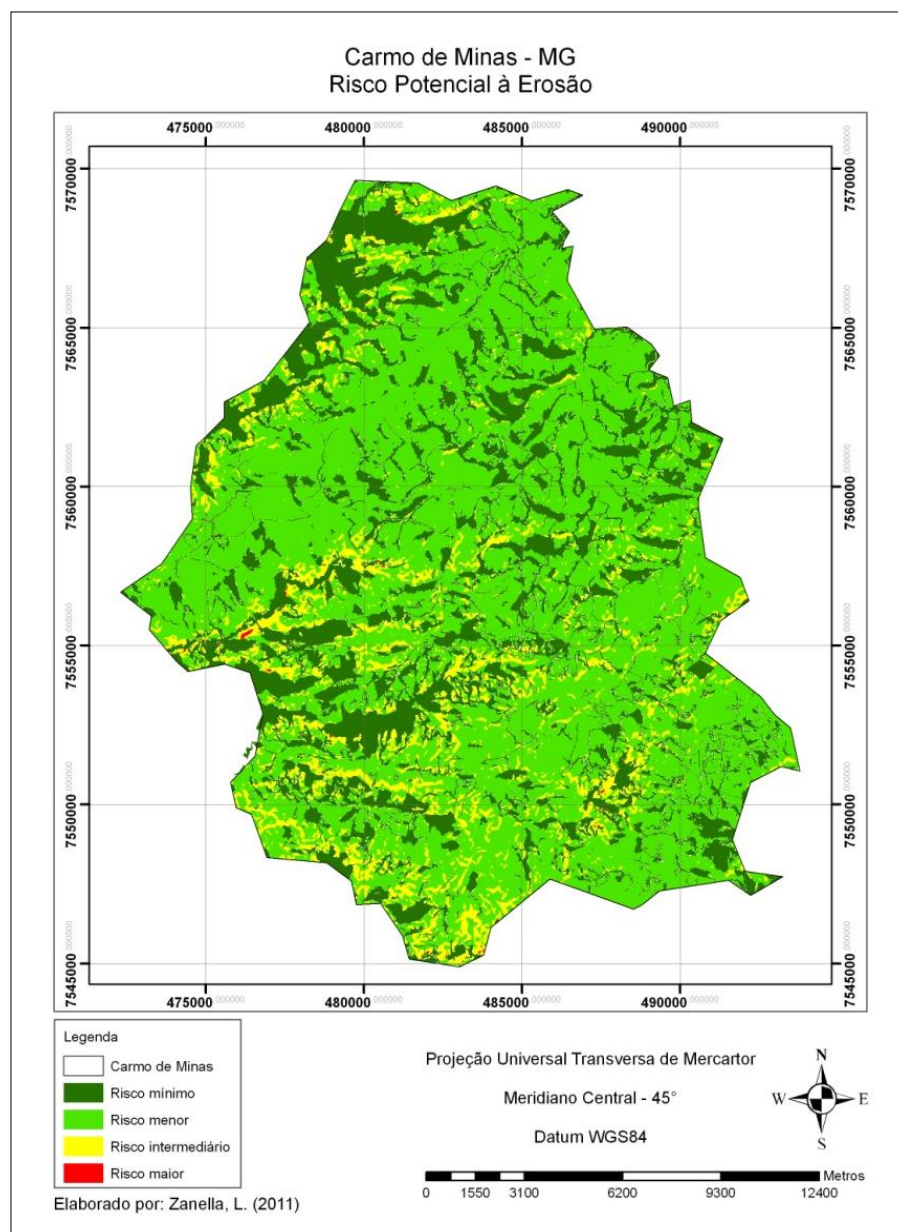


Figura 10 Carta de risco potencial à erosão do município de Carmo de Minas – MG, 2010

É importante salientar que a classe de risco menor compreende áreas em que a susceptibilidade à erosão é considerada nula, em locais planos, a susceptibilidade moderada, em áreas com relevo ondulado, onde a declividade varia entre 13 e 20 %, segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995). Em locais que possuem declividade próxima de 20 %, recomenda-se que sejam tomadas medidas preventivas de controle à erosão, uma vez que estas constituem áreas manejadas com maior frequência, devido à ocupação com monoculturas.

O resultado obtido para risco potencial à erosão pode ser considerado positivo, pois evidencia que menos de 11 % da paisagem apresenta risco intermediário, o que facilita, de certo modo, o manejo adequado destas áreas por tratar-se de uma área pequena em relação à paisagem como um todo. Já a classe de risco maior ocupou uma parte pequena da área de estudo (0,07 %), não necessitando de grande esforço para controlar o risco extremo à erosão. No entanto, as áreas pertencentes à classe de risco maior, mesmo ocupando uma pequena parcela da paisagem, deveriam ser destinadas à preservação permanente.

Associando-se as classes de risco potencial à erosão aos sistemas agropecuários desenvolvidos no município de Carmo de Minas, é possível inferir que as lavouras cafeeiras estão, provavelmente, relacionadas à classe de risco intermediário em função desta atividade agrícola ocupar, em geral, declividades elevadas, quando em regiões montanhosas. Mesmo ocupando uma classe de risco potencial à erosão considerado médio e de acordo com o que foi observado em campo, essas lavouras, possivelmente, asseguram a conservação do solo, pois na maioria dos casos, são seguidas as recomendações que garantem o correto manejo para controle da erosão.

No entanto, as pastagens mal manejadas observadas na área de estudos, apesar de localizadas em sua maioria na classe de risco menor, provavelmente,

são responsáveis por um impacto ambiental negativo com maior gravidade do que as lavouras cafeeiras. Portanto, recomenda-se que sejam utilizadas práticas adequadas de controle à erosão, com o intuito de recuperar os solos associados às pastagens mal manejadas do município de Carmo de Minas.

3.7 Áreas de preservação permanente

A carta de Áreas de Preservação Permanente do município de Carmo de Minas (Figura 11) foi elaborada considerando somente as áreas marginais aos corpos hídricos, pois as áreas com declividade superior a 100 % não foram detectadas na área de estudo. Em relação aos topos de morro, por ainda haver conflito quanto à sua definição no meio científico, optou-se por não utilizar esta categoria de APP na presente pesquisa.

As APPs correspondentes aos corpos d'água totalizaram 6.513,30 ha, valor que representa cerca de 20 % da paisagem. Por se tratarem de áreas frágeis, de acordo o CFB (BRASIL, 1965), as APPs têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. É importante salientar que nestas áreas os recursos naturais não podem ser explorados.

Partindo desta prerrogativa, as cartas de APPs e de usos e ocupação da terra foram cruzadas no intuito de verificar o atual estado de conservação das APPs. A carta resultante deste cruzamento (Figura 12) revelou que metade das áreas que deveriam ser preservadas está, de fato, coberta com vegetação natural.

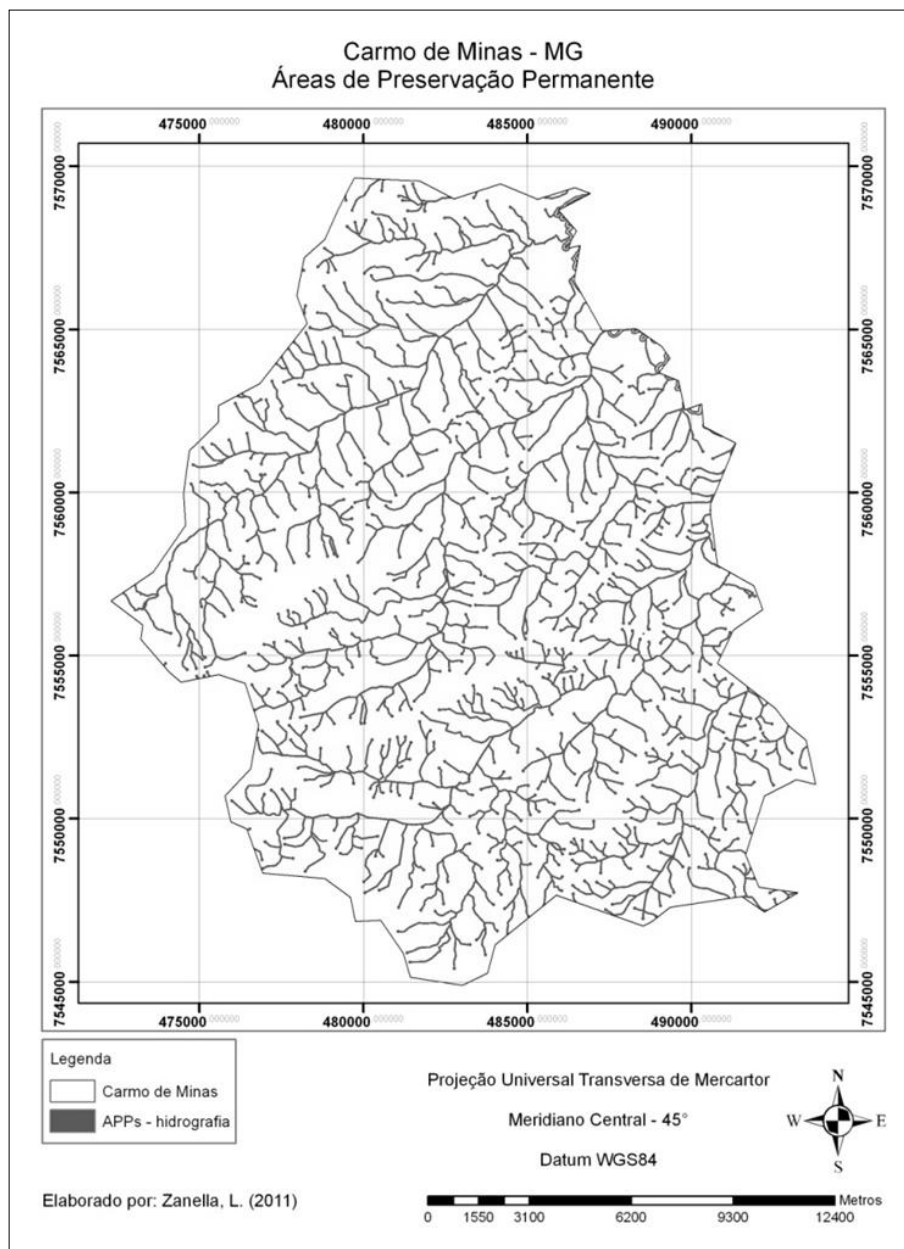


Figura 11 Carta de áreas de preservação permanente do município de Carmo de Minas – MG, 2010

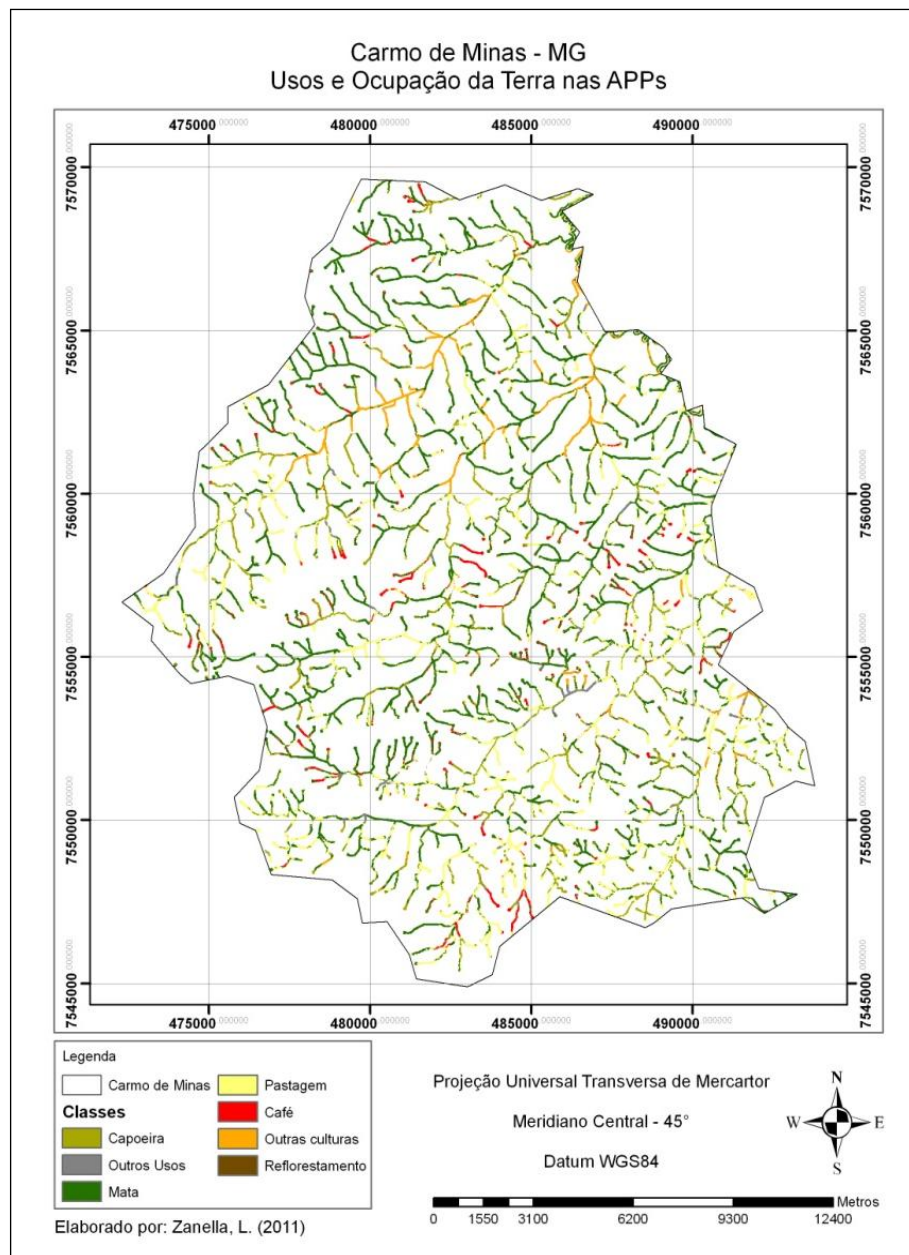


Figura 12 Carta de usos e ocupação da terra nas áreas de preservação permanente do município de Carmo de Minas – MG, 2010

A outra metade da área que não está condizente com a legislação federal, ou seja, que não está coberta com vegetação natural, encontra-se distribuída nas demais classes de usos e ocupação da terra (Tabela 8), excetuando-se a classe cursos d'água, por esta classe corresponder ao elemento de análise do qual as APPs foram obtidas.

Tabela 8 Distribuição das classes de uso e ocupação da terra nas APPs em hectares e porcentagem para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Classes de usos/ocupação da Terra	Área ocupada nas APPs (ha)	Área ocupada nas APPs (%)
Café	314,50	4,83
Capoeira	662,17	10,17
Outras culturas	352,55	5,41
Outros Usos	167,67	2,57
Pastagem	1775,30	26,50
Reflorestamento	20,32	0,31
Vegetação Natural	3220,79	49,45
Área total de APP	6513,30	100,00

A classe pastagem obteve destaque como classe de uso antrópico mais abundante (26,50 %), provavelmente em função da alta incidência apresentada no mapeamento de usos e ocupação da terra, seguida da classe outras culturas que ocupou 5,41 % das áreas que deveriam estar protegidas. Este dado é importante, pois revela que estas duas classes de uso são responsáveis por cerca de 63 % da ocupação irregular das APPs. Esta ocupação irregular deveria ser convertida em vegetação natural, de acordo com o que roga o CFB (BRASIL, 1965), pois se revelam como um alerta a respeito dos riscos a que estão submetidos os recursos hídricos presentes na área de estudo, em função da incompatibilidade de áreas vinculadas a conservação e proteção destes recursos.

A classe café foi responsável por menos de 10% da ocupação não condizente com a legislação federal, mas apesar de ocupar uma área menor é

imprescindível que estas áreas retornem à sua condição original, sendo reflorestadas.

A área ocupada pela classe capoeira constituiu um dado positivo, no tocante à conservação ambiental, pois se estas áreas forem mantidas, futuramente 10,17 % das APPs serão incorporados à classe condizente com o CFB, ampliando as áreas cobertas com vegetação natural para cerca de 60 % da área total destinada à preservação permanente. Também as classes outros usos e reflorestamento aparecem de forma menos expressiva, ocupando respectivamente 2,57 e 0,31 % das APPs.

O uso atual atribuído às APPs gera graves problemas ambientais, apresentando indícios de degradação, como a ocorrência de erosão e a compactação do solo, além de prejudicar as nascentes e leitos de cursos d'água. Estas áreas devem ser urgentemente reflorestadas para que possam voltar a cumprir sua função ecológica de preservar corpos hídricos, na manutenção da paisagem, conservar a estabilidade e fertilidade do solo, proteger a biodiversidade e assegurar o bem estar das populações humanas (BRASIL, 1965).

4 CONCLUSÃO

Carmo de Minas-MG caracteriza-se como um município rico em recursos naturais, apresentando alta densidade de drenagem, amplitude altimétrica elevada e feições geomorfológicas bastante diversas.

A ocupação desordenada da paisagem evidencia características físicas desfavoráveis, resultantes de alterações antrópicas que interferem nas características ambientais locais.

É evidente a necessidade de reestruturação de alguns pontos específicos da área de estudo, principalmente, áreas marginais aos corpos hídricos que se destinam à preservação permanente e encontram-se incompatíveis com o CFB, e àquelas que apresentam alta susceptibilidade a processos erosivos.

A pastagem constituiu a atividade antrópica de maior impacto ambiental negativo, em função do manejo inadequado de algumas áreas destinadas à pecuária.

A atual configuração dos remanescentes de vegetação natural evidencia um isolamento entre os fragmentos associado a processos antrópicos impactantes, em especial a pastagem, que ameaçam diretamente a integridade biológica da área de estudo.

A modificação nos usos e ocupação da terra, de caráter tradicionalmente produtivo para sistemas agroflorestais, embasados no desenvolvimento sustentável, que constituem atividades menos agressivas às áreas naturais, representaram uma alternativa para a compatibilização da produção agrícola e da conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos locais.

A funcionalidade das áreas naturais e a manutenção das funções ecológicas a elas atreladas estão, de certo modo, comprometidas, em um futuro próximo, caso mantenham-se as tendências atuais de desenvolvimento econômico produtivo.

REFERÊNCIAS

AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Aug. 2005.

BARBOSA, J. N. et al. spatial distribution of coffees from Minas Gerais state. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 111-119, jul./dez. 2010.

BEIER, P.; NOSS, R. F. Do habitat corridors provide connectivity? **Conservation Biology**, Essex, v. 12, n. 6, p. 1241-1252, 1998.

BRASIL. **Decreto lei nº 4.771/65**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Brasília, 1965. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=legislacao.index&tipo=1>>. Acesso em: 20 set. 2009.

CÂMARA, G. et al. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

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

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: a review of the ecological affects of roads. **Journal of Transport Geography**, London, v. 15, n. 5, p. 396-406, Sept. 2007.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, Durham, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

DALLA-NORA, E. L. **Caracterização e diagnóstico ambiental das zonas de amortecimento de áreas naturais legalmente protegidas**: estudo de caso: estação ecológica de São Carlos e estação ecológica de Itirapina. 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

DAMSCHEN, E. I. et al. Corridors increase plant species richness at large scales. **Science**, New York, v. 313, n. 5803, p. 1284-1286, Nov. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Bacia experimental rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos: EESC-USP, 1980. 114 p.

ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE. **ArcGis, the complete geographical information system**. Redlands, 2007. 368 p.

HENEIN, K.; MERRIAM, G. The elements of connectivity where corridor quality is variable. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 4, n. 2/3, p. 157-170, July 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Rio de Janeiro, 2009a. Disponível em: <<ftp://geofp.ibge.gov.br/MME2007/MG/CARMO%20DE%20MINAS.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

_____. **Conceição do Rio Verde, SF23VDVI4; Cristina, SF23YBIII1; São Lourenço, SF23YBIII2**. Rio de Janeiro, 1973. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. **Divisão territorial do Brasil**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/Organizacao/Divisao_Territorial/2008/DTB_2008.zip>. Acesso em: 10 jul. 2009.

_____. **Estimativa populacional**. Rio de Janeiro, 2009b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/POP2009_DOU.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2009.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Relatório monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio Grande em 2002**. Belo Horizonte, 2002. 124 p.

LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. **Digital terrain modeling: principles and methodology**. Davis: CRC, 2005. 323 p.

LOCK, C. A. **Interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2008. 103 p.

MACHADO-FILHO, L. et al. **Geologia**. Rio de Janeiro: MEE/SG, 1983. 66 p.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1996. 197 p.

MARTINS, C. S. Caracterização física e fitogeográfica de Minas Gerais. In: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (Ed.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2000. p. 35-43.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.

_____. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

MISSIO, E. et al. Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental da paisagem do município de Frederico Westphalen, RS. In: SANTOS, J. E. et al. (Org.). **Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção**. São Carlos: RIMA, 2004. v. 1, p. 383-404.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots revisited:** earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. London: Conservation International, 2005. 391 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 250 p.

MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR. In: _____. **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 79-101.

NOSS, R. F. Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. **Conservation Biology**, Essex, v. 1, n. 2, p. 159-163, Aug. 1987.

NUNES, J. O. R.; SANTANA-NETO, J. L. A produção do espaço urbano e o destino dos resíduos sólidos. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 24, p. 60-73, 2002.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Essex, v. 5, n. 1, p. 18-32, Mar. 1991.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Procedimento do inventário florestal-reflorestamentos. In: SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. (Ed.). **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2006. p. 75-76.

SILVA, B. S. G. A experiência do SIG e sensoriamento remoto na construção de um gerenciamento participativo na Serra da Mantiqueira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 5587-5594.

SOULÉ, M. E.; GILPIN, M. E. The theory of wildlife corridor capability. In: SAUDERS, D. A.; HOBBS, R. J. (Ed.). **Nature conservation 2: the role of corridors**. Chipping Norton: Surrey Beatty, 1991. p. 3-8.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lesson fragmentation research: improving management and police guidelines for biodiversity conservation. **Conservation Biology**, Essex, v. 19, n. 3, p. 734-739, 2005.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. A. Effects on habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 91, n. 2/3, p. 119-127, 1999.

TEODORO, V. I. T. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 1, n. 20, p. 137-157, 2007.

TONIAL, T. M. et al. Diagnóstico ambiental de unidades da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1984 a 1999. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, v. 57, n. 3, p. 213-225, 2005.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, Essex, v. 14, n. 1, p. 18-30, 2000.

TURNER, I. M.; COLLET, R. T. The conservation value of small, isolated fragments of lowland rain forest. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 11, n. 8, p. 330-336, Aug. 1996.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 20, p. 171-197, Nov. 1989.

VALERIANO, M. M.; ABDON, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 1, p. 63-71, abr. 2007.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

CAPÍTULO 3

Análise da fragmentação da mata atlântica e modelos de simulação da paisagem no município de Carmo de Minas – MG

RESUMO

A ação antrópica intensificada em décadas recentes têm modificado drasticamente os ambientes naturais. A perda e fragmentação de habitats naturais constituem, hoje, as principais ameaças à conservação da biodiversidade. Regiões naturais anteriormente contínuas encontram-se segmentadas na forma de fragmentos pequenos e com baixa qualidade de habitat, pouco conectados e com alta resistência à dispersão de indivíduos. A Ecologia da Paisagem tem possibilitado analisar a configuração de diferentes tipos de paisagens, bem como criar cenários futuros de restauração destas regiões e, deste modo, contribuir na decisão de estratégias para sua conservação. Neste sentido, este capítulo teve como objetivos analisar a fragmentação da Mata Atlântica e criar modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais, com base nos princípios da Ecologia da Paisagem. Foram utilizados parâmetros métricos da paisagem capazes de analisar a fragmentação da Mata Atlântica na área de estudo, que teve sua paisagem original modificada pelo processo histórico de exploração e supressão deste bioma para implantação de atividades agropecuárias. Foram elaborados modelos de simulação da paisagem, a partir da criação de cenários futuros que representam a restauração de condições ambientais possíveis sobre a matriz paisagística, com o intuito de verificar o comportamento das unidades de vegetação natural. Observou-se, por meio da aplicação dos parâmetros da paisagem, que a vegetação natural na microrregião da Serra da Mantiqueira encontra-se bastante fragmentada, e que seus remanescentes, em relação à sua integridade, encontram-se sob forte ameaça. Os modelos de simulação da paisagem possibilitaram avaliar o comportamento dos remanescentes naturais existentes na área de estudo, quanto à proximidade e conectividade entre os mesmos, assim como as análises espaciais realizadas facilitaram a compreensão da dinâmica futura da paisagem. Por meio dos cenários criados constatou-se que a manutenção das áreas de capoeira e a restauração de áreas destinadas à preservação permanente constituem duas ações de extrema relevância para a conservação dos remanescentes de vegetação natural e melhoria da integridade da paisagem local.

Palavras-chave: Métricas da paisagem. Ecologia da Paisagem. Modelos de simulação.

ABSTRACT

The anthropic intensified action in recent decades have dramatically changed the natural environments. The loss and fragmentation of natural habitats are today the major threats to biodiversity conservation. Continuous natural regions in the past are segmented in small fragments with low quality habitat, low connectivity and high resistance to dispersal of individuals. Through the Landscape Ecology is possible to analyze the configuration of different types of landscapes and create future scenarios for restoration of these areas and thus contribute to the decision strategies for their conservation. Thus, this study aimed to analyze the fragmentation of the Atlantic Forest and develop simulation models of the landscape at the microregion of Serra da Mantiqueira in the state of Minas Gerais, based on the Landscape Ecology principles. We used landscape metric parameters capable of analyzing the fragmentation of the Atlantic Forest in the study area, which had its original landscape modified by the historic process of exploitation and suppression of this ecosystem to implementation of agricultural activities. Simulation landscape models were constructed from the creation of future scenarios that represent the possible restoration of environmental conditions on the landscape matrix, in order to verify the behavior of the natural vegetation units. We observed the natural vegetation in the microregion of Serra da Mantiqueira is quite fragmented by applying the parameters of landscape, and its remnants in relation to its integrity, are under severe threat. Through the simulation models of the landscape we evaluated the behavior of existing natural remnants in the study area, the proximity and connectivity between them, as well as spatial analysis performed allowed us to understand the future dynamic of the landscape. The scenarios created revealed that the maintenance of the secondary forest and restoration of areas of permanent preservation are two important actions for the conservation of remaining natural vegetation and improving the integrity of the local landscape.

Keywords: Landscape metrics. Landscape Ecology. Simulation models.

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica que originalmente recobria uma vasta extensão do território brasileiro encontra-se hoje altamente fragmentada, constituindo paisagens com pouca diversidade de habitat, com fragmentos isolados e de dimensões bastante reduzidas.

A interrupção de uma área de vegetação natural por barreiras antrópicas ou naturais resulta na formação de fragmentos florestais, que podem ser entendidos como unidades da paisagem nas quais houve uma diminuição significativa do fluxo de animais, pólen e/ou sementes, em relação à área original (VIANA, 1990), decorrente do processo de fragmentação.

Além de modificar a estrutura da paisagem, a fragmentação pode também interferir na estrutura e nos processos das comunidades naturais presentes na paisagem (SAUNDERS; HOBBS; MERGULES, 1991). As alterações nas comunidades vegetais e animais de paisagens fragmentadas podem ser de natureza abiótica (microclimática), biótica direta (distribuição e abundância de espécies) ou biótica indireta (alterações nas interações entre organismos), sendo originadas pelas condições diferenciadas do meio circundante (matriz produtiva) destas comunidades (MURCIA, 1995).

A manutenção de fragmentos de vegetação natural em paisagens fragmentadas é essencial para que ocorram os processos de sucessão ecológica e de restauração dessas paisagens. Esses remanescentes constituem fontes de propágulos, que promovem o restabelecimento dos fluxos de organismos, sementes, grãos de pólen entre os fragmentos existentes na paisagem e, também, o restabelecimento das áreas a serem restauradas (KAGEYAMA et al., 2003; METZGER, 2003). Os remanescentes naturais podem ainda contribuir para o processo de restauração de áreas degradadas, por constituírem núcleos potenciais

de funcionalidade e estocasticidade que favorecem a recolonização local (REIS; TRÊS, 2007).

O conhecimento ecológico sobre a estrutura e configuração das unidades de uma paisagem constitui importante subsídio para a adequada gestão dos recursos naturais, sendo obtido a partir da aplicação de parâmetros métricos. Índices ou métricas da paisagem consistem em um conjunto de ferramentas estatísticas utilizadas para quantificar a composição e a configuração espacial das paisagens, avaliar e comparar diferentes paisagens, identificar diferenças e determinar relações entre os processos funcionais e os padrões (TURNER; GARDNER, 1990), possibilitando diagnosticar os problemas atuais, estimar influências futuras e apontar as mudanças necessárias para manter o equilíbrio natural.

Considerando a importância dos fragmentos de vegetação natural em paisagens fragmentadas, buscou-se, especificamente com este estudo, (i) avaliar a fragmentação florestal da área de estudos, a partir de métricas e princípios da Ecologia da Paisagem, mensurando parâmetros como: área, perímetro e forma dos fragmentos; (ii) aplicar o índice de conectividade e de isolamento dos fragmentos avaliando a estrutura da paisagem e a importância dos menores fragmentos à conectividade da paisagem; (iii) elaborar modelos de simulação da paisagem, no intuito de fornecer cenários futuros de restauração ecológica, e compará-los com a situação atual da paisagem, com o intuito verificar o comportamento das unidades de vegetação natural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Informações sobre a localização e caracterização da área de estudo, o levantamento e análise de dados, bem como o processamento das imagens e digitalização dos dados vetoriais, podem ser visualizados no capítulo 2 desta dissertação.

2.1 Análise das métricas de paisagem

O arquivo de usos e ocupação da terra, elaborado pelo software SPRING 5.1.5, foi exportado no formato *shapefile* e importado no ArcGis 9.3.1, onde foi extraída a classe vegetação natural, a qual compôs um novo arquivo no formato *shapefile*. Estes dois arquivos foram convertidos para o formato de arquivo *raster*, com pixel de 5 m e, posteriormente, foram convertidos para o formato de arquivo *ASCII*.

Os arquivos *ASCII* foram processados no software Fragstas (MCGARIGAL; MARKS, 1995), gerando relatórios com parâmetros determinantes para análise do grau de fragmentação das unidades delimitadas na paisagem em estudo, para todas as classes de uso da terra mapeadas e somente para a classe vegetação natural. O Fragstats é um programa de domínio público que realiza cálculos para estatísticas espaciais.

No que se refere à análise da estrutura da paisagem foram selecionados os parâmetros métricos que medem a quantidade e a distribuição espacial dos fragmentos, proporcionando uma medida da fragmentação. A seleção dos parâmetros envolveu os seguintes critérios: (i) o significado ecológico dos parâmetros e a simplicidade para a interpretação dos mesmos; (ii) a consagração de seu uso na bibliografia especializada; (iii) a importância dos mesmos na

indicação de tendência central (média, percentual, densidade etc.). As variáveis das métricas utilizadas nesta pesquisa encontram-se discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1 Variáveis das métricas da paisagem

Variáveis	Definição
A	Área total da paisagem (ha).
a_{ij}	Área (ha) do fragmento ij . I refere-se ao tipo de fragmento (classe) e j ao número de fragmentos na paisagem.
a_{ijs}	Distância (m) entre dois fragmentos, com base na distância de borda a borda dos fragmentos, e calculado a partir do centro de um pixel ao centro de outro pixel.
e_{ik}	Extensão total da borda (m) na paisagem entre os tipos de fragmentos i e k .
h_{ij}	Distância (m) do fragmento ij ao fragmento mais próximo de mesmo tipo de habitat (classe), baseado na distância de borda a borda e computado de centro de célula (pixel) a centro de célula (pixel).
h_{ijr}	Distância entre as células (pixels) ijr (localizadas dentro do fragmento ij) e o centróide do fragmento ij , baseado na distância de centro de célula (pixel) a centro de célula (pixel).
n_{ij}	Número de fragmentos de um determinado tipo de habitat (classe) i na paisagem.
P_i	Proporção da paisagem ocupada por fragmentos de uma determinada classe (i).
p_{ij}	Perímetro do fragmento ij medido em número, de superfícies de célula (pixel).
x_{ij}	Representa a métrica que será calculada na fórmula de média, área ponderada média, desvio padrão e coeficiente de variação.
Z	Número de células (pixels) no fragmento ij .

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2009)

Os parâmetros métricos selecionados buscaram avaliar as seguintes configurações: (i) área; (ii) tamanho; (iii) forma; (iv) conectividade; e (v) isolamento, as quais encontram-se discriminadas na Tabela 2. A seleção das métricas baseou-se nos estudos de Carvalho, Marco Júnior e Ferreira (2009), McGarigal e Marks (1995), Metzger (2006) e Ribeiro et al. (2009).

Tabela 2 Descrição das métricas de paisagem utilizadas

Variáveis	Fórmulas	Definição
Área total dos fragmentos (CA)	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$	Área total da paisagem composta por Mata Atlântica, dividido por 10.000 para converter para hectares
Número de fragmentos (NP)	$NP = n_j$	Número de fragmentos do mesmo tipo de habitat (classe)
Porcentagem da paisagem (PLAND)	$PLAND = P_i \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A}$	Soma das áreas de todos os fragmentos (ha), dividida pela área total da paisagem (ha), multiplicada por 100 para converter para porcentagem
Índice do maior fragmento (LPI)	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$	Porcentagem da área ocupada pelo maior fragmento de Mata Atlântica, em relação à área total da paisagem
Densidade de fragmentos em 100 ha (PD)	$PD = \frac{n_i}{A} (10000)(100)$	Número de fragmentos por 100 hectares
Tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN)	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10000} \right)$	Tamanho médio dos fragmentos
Área média do índice de forma (SHAPE_MN)	$SHAPE = \frac{p_{ij}}{\min p_{ij}}, MN$ $= \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$	Área média do índice de forma
Dimensão Fractal (FRAC_MN)	$FRAC = \frac{2 \ln (.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}} MN$ $= \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$	Mede a complexidade das formas dos fragmentos. As paisagens com manchas de formas mais simples (quadradas, retangulares) e regulares terão uma dimensão fractal próxima de 1. Paisagens com manchas de formas mais complexas terão valores próximos a 2

“continua...”

“Tabela 2, conclusão”

Distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN_MN)	$ENN = h_{ij}, \quad MN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n/i}$	Distância (m) de cada fragmento em relação a seu vizinho mais próximo, baseado na distância de borda a borda. A média é a soma dos valores de distância entre todos os fragmentos, dividida pelo número de fragmentos.
Conectividade (COHESION)	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{ij} p_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{A}} - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^2 (100)$	É a média aritmética do índice de proximidade dos fragmentos da classe que é obtido pela soma de cada área dos fragmentos de mesma classe divididos pela respectiva distância euclidiana borda a borda ao quadrado, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca (30m).
Isolamento/Proximidade (PROX_MN)	$PROX = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h^2_{ijs}}$ $, MN = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n_i}$	Mede o grau de subdivisão da classe. Valores próximos de zero indicam que a classe está subdividida e menos conectada fisicamente, enquanto valores próximos de 100% indicam maior agregação dos fragmentos da classe. A média já foi definida acima. Almeida e Moro (2007) classificou o grau de isolamento entre fragmentos como segue: 60 m, baixo; 120 m, médio; 200 m, alto; e ≥ 200 m, muito alto.

Fonte: Adaptado de Carvalho, Marco Júnior e Ferreira (2009), McGarigal e Marks (1995), Metzger (2006) e Ribeiro et al. (2009)

2.2 Importância dos pequenos fragmentos de vegetação natural

Após a obtenção dos resultados gerados pelas análises dos parâmetros métricos no Fragstats foram criadas classes de tamanho para os fragmentos de vegetação natural, de acordo com a frequência de fragmentos. Para isso,

utilizou-se o software Statistica (STATSOFT, 2009), no qual foi gerada uma tabela de frequência que resultou nas seguintes classes de tamanho, mensuradas em hectares: < 0,50; 0,50 - 1,00; 1,00 - 2,50; 2,50 - 10,00; e, 10,00 – 920,00.

Foram criados quatro cenários nos quais foram removidos sucessivamente os fragmentos menores em várias etapas, de acordo com as classes acima e calculou-se a distância para o vizinho mais próximo e a conectividade em cada etapa. Estes valores representam o isolamento das áreas florestais, mas são particularmente úteis para uma melhor compreensão sobre a importância dos fragmentos menores (ou a capacidade das espécies para usar esses pequenos fragmentos como degraus), segundo Uezu, Beyer e Metzger (2008).

2.3 Modelos de simulação da paisagem

Foram elaborados dois modelos de simulação da paisagem pelo ArcGis, com o objetivo de verificar a conectividade e proximidade entre os fragmentos para duas situações futuras de recomposição da vegetação natural. O primeiro modelo, denominado vegetação/capoeira (VC), baseou-se na incorporação da classe capoeira à área mapeada como vegetação natural, visando analisar, caso estes espaços sejam mantidos, qual será a área acrescentada à classe vegetação natural e de que maneira a proximidade e conectividade entre os fragmentos seria influenciada.

O segundo modelo foi elaborado com base no cruzamento da vegetação natural com as APPs elaboradas a partir da hidrografia, o qual recebeu a denominação de vegetação/APPs reflorestadas (VAPP). O objetivo deste modelo foi diagnosticar quanto de vegetação natural seria incorporado e quanto isso influenciaria a proximidade e conectividade dos fragmentos de habitat natural,

caso as áreas destinadas à preservação permanente que se encontram ocupadas com usos antrópicos fossem reflorestadas.

Os arquivos gerados a partir da incorporação da classe capoeira e do cruzamento das APPs com a vegetação natural, inicialmente no formato *shapefile*, foram convertidos para o formato *raster* e, em seguida, para o formato *ASCII*, para serem processados no Fragstas.

Os dados obtidos para os dois modelos de simulação foram cruzados com os dados de vegetação natural (VN) obtidos do mapeamento de uso e ocupação da terra e das métricas da paisagem quantificadas para esta classe.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da fragmentação da paisagem

3.1.1 Classes de uso e ocupação da terra

Os dados obtidos a partir das análises das métricas da paisagem, a pastagem somada às demais classes referentes a culturas agrícolas ocuparam a maior parte da área de estudo (cerca de 70 %). Os parâmetros métricos analisados (Tabela 3), entretanto, permitiram concluir que a pastagem comportou-se como a matriz da paisagem, devido à maior contiguidade de suas unidades e pela proporção calculada entre a área ocupada (CA) e o número de fragmentos (NP) diagnosticado.

Com base nos valores apresentados acima, observa-se que a paisagem é composta por 3.388 unidades (NP) pertencentes a diferentes classes de uso e ocupação da terra. A vegetação natural encontra-se bastante fragmentada, sendo representada por 829 fragmentos. Esta classe ocupa 8542,47 ha (CA), o que representa 26,50% (PLAND) da paisagem, que depois da pastagem é a classe que possui a maior quantidade de área da paisagem.

Pastagem, café e outras culturas apresentaram um tamanho médio de fragmento (AREA_MN) considerado elevado (24,95 ha, 20,18 ha e 16,80 ha, respectivamente) quando comparado à classe vegetação natural. Estes dados, quando relacionados à área ocupada e o número de fragmentos de cada classe, podem indicar que, possivelmente, suas unidades constituintes são maiores e menos fragmentadas que, por exemplo, a vegetação natural, a qual possui um número elevado de fragmentos (829) e apresentou tamanho médio de fragmento estimado em 12,79 ha.

Tabela 3 Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da paisagem do município de Carmo de Minas – MG, 2010

Variáveis	Classes de uso e ocupação da terra							
	Café	Capoeira	Cursos d'água	Outras culturas	Outros usos	Pastagem	Reflorestamento	Vegetação natural
CA (ha)	4802,99	2046,47	73,21	1829,07	807,50	14060,00	79,92	8545,26
NP	238	924	130	110	432	564	61	829
PLAND (%)	14,90	6,35	0,23	5,67	2,50	43,60	0,25	26,50
LPI (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	0,00	2,84
PD (/100 ha)	0,74	2,87	0,40	0,34	1,34	1,75	0,19	2,57
AREA_MN (ha)	20,18	2,23	0,01	16,80	1,87	24,95	1,31	12,79
SHAPE_MN (ilimitado)	2,04	1,95	1,52	2,08	1,71	2,36	1,70	2,75
FRAC_MN	1,11	1,14	1,09	1,12	1,11	1,14	1,11	1,18
ENN_MN (m)	129,26	110,37	542,39	315,31	190,56	31,85	943,51	55,31

CA: área total dos fragmentos; NP: número de fragmentos; PLAND: porcentagem da paisagem; LPI: índice do maior fragmento; PD: densidade de fragmentos em 100 ha; AREA_MN: tamanho médio dos fragmentos; SHAPE_MN: área média do índice de forma; FRAC_MN: dimensão fractal.

As classes que apresentaram menores valores para tamanho médio de fragmento devem ser consideradas como as mais fragmentadas (MCGARIGAL; MARKS, 1995) e, conseqüentemente, no caso da vegetação natural e da capoeira, com maior perda de habitat. O tamanho médio dos fragmentos é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação por ser função do número de fragmentos e da área total ocupada por floresta nativa. Quando é avaliado juntamente com a densidade de fragmentos permite o entendimento de diferentes aspectos da estrutura de uma paisagem, dentre eles a fragmentação florestal.

A capoeira constituiu a classe com maior número de fragmentos (924), abrangendo somente 6,35 % da paisagem e com tamanho médio de fragmento estimado em 2,33. Além disso, o índice do maior fragmento (LPI) não pôde ser estimado para esta classe (0,00), possivelmente em função dos valores atribuídos ao tamanho, o que indica que nenhum fragmento de capoeira apresentou tamanho expressivo quando comparado à paisagem como um todo. Este índice também não pôde ser calculado para as classes café, cursos d'água, outras culturas, outros usos e reflorestamento, possivelmente pelo mesmo motivo.

As únicas classes que apresentaram valores significativos para LPI foram a pastagem (2,67 %) e a vegetação natural (2,57 %), indicando que somente estas duas classes possuem manchas com áreas expressivas em relação à área total de estudo. Para as demais classes de uso, o tamanho da maior mancha não foi suficientemente grande para ocupar uma porcentagem significativa da paisagem total. Os resultados obtidos para LPI evidenciam que em todas as classes o tamanho das manchas é bastante reduzido em relação à área de estudo, mesmo para pastagem e vegetação natural que apresentaram valores para LPI.

A classe reflorestamento constituiu uma classe pouco representativa em área (CA) e tamanho de fragmento (NP), sendo composta por apenas 61

manchas, assim como a classe cursos d'água com 130 manchas. A maioria dos corpos d'água está associada a pequenos açudes e lagoas destinados à criação de peixes ou à dessedentação de animais. Estas classes também correspondem às menores áreas da paisagem, apresentando os menores índices para todos os parâmetros métricos calculados.

As classes mais representativas, quanto a densidade de fragmentos em 100 ha (PD), foram a capoeira e a vegetação natural apresentando, respectivamente, 2,87 e 2,57 fragmentos/100 ha. Estes dados corroboram a alta fragmentação destas classes quando relacionados à área que cada uma ocupa na paisagem.

Ademais, os resultados obtidos para a área média do índice de forma (SHAPE_MN) evidenciam que a vegetação natural possui o maior valor (2,75) para esta métrica que as demais classes. De acordo com McGarigal et al. (2002), o índice de forma considera como forma regular aquelas que apresentam valor igual a um (1), as quais correspondem à forma circular perfeita (isodiamétrica). Quaisquer valores superiores a um estão relacionados a formas irregulares. Neste sentido, quanto mais elevados os valores apresentados para o índice de forma, mais irregulares e suscetíveis ao efeito de borda estão os fragmentos.

A dimensão fractal (FRAC_MN) que mede a complexidade das formas dos fragmentos (METZGER, 2006) forneceu valores mais próximos das formas simples, considerando as formas dos fragmentos de todas as classes como regulares.

Os resultados encontrados para distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) demonstraram de maneira contrária ao que ocorreu com o índice de forma, as classes pastagem e vegetação natural apresentaram os menores valores (31,85 e 55,31 m, respectivamente), possibilitando afirmar que nestas classes os fragmentos encontram-se mais aglutinados.

De acordo com a classificação de Almeida e Moro (2007), os fragmentos de pastagem e vegetação natural podem ser considerados próximos uns dos outros, apresentando, assim, baixo grau de isolamento. As demais classes apresentaram grau de isolamento variando entre alto e muito alto, sendo que a classe reflorestamento apresentou a maior distância entre suas unidades na paisagem (943,51 m).

3.1.2 Vegetação natural

Optou-se por analisar os resultados obtidos para a classe vegetação natural (VN) de forma isolada, para melhor correlacionar estes resultados com os derivados dos modelos de simulação realizados e discutidos no próximo item. Assim, os dados referentes à vegetação natural foram compilados na Tabela 4.

Tabela 4 Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da vegetação natural do município de Carmo de Minas – MG, 2010

Parâmetros métricos para VN	Valores
Área total dos fragmentos (CA) (ha)	8545,26
Número de fragmentos (NP)	829
Porcentagem da paisagem (PLAND) (%)	26,50
Índice do maior fragmento (LPI) (%)	2,84
Densidade de fragmentos em 100 ha (PD) (/100 ha)	2,57
Tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) (ha)	12,79
Área média do índice de forma (SHAPE_MN)	10,24
Dimensão fractal (FRAC_MN)	1,18

É possível observar que a vegetação natural ocupa uma porcentagem (PLAND) superior à preconizada pelo CFB (BRASIL, 1965), o qual recomenda que no mínimo 20 % da vegetação natural de uma determinada área devem ser mantidas. Entretanto, de acordo com a análise das APPs relacionadas aos cursos d'água (Capítulo 1), verificou-se que metade destas áreas encontra-se em

situação irregular, estando ocupada com usos antrópicos. Dessa maneira, mesmo possuindo uma porcentagem maior que o estabelecido como mínimo pela legislação federal, pressupõe-se que a área ocupada com vegetação natural deveria ser maior que a diagnosticada neste trabalho.

Ademais, esta proporção encontra-se abaixo do limiar proposto por Andrén (1994) e Metzger e Décamps (1997). Andrén (1994) demonstrou que em paisagens com grande quantidade de habitat as principais consequências da fragmentação são provenientes diretamente da diminuição de sua área total. Mas, em paisagens com uma proporção de habitat menor que 30% os efeitos da fragmentação devem ser principalmente determinados pelo tamanho dos fragmentos e seu isolamento. Metzger e Décamps (1997) sugerem que a proporção crítica seja aproximadamente de 40%. Ainda não existem, no entanto, evidências empíricas que suportem tais previsões (FAHRIG, 2003).

Como discutido anteriormente, a vegetação natural encontra-se altamente fragmentada, como pode ser observado na Figura 13. Os 8.545, 26 ha ocupados por esta classe estão distribuídos em 829 unidades, sendo que seus fragmentos possuem tamanho médio (AREA_MN) de 12,79 ha. Este dado pode ser considerado negativo sob o ponto de vista ambiental, quando comparado aos resultados obtidos em outros dois trabalhos que também utilizaram análises baseadas em parâmetros métricos da paisagem, realizados no Estado de Minas Gerais, nos quais os valores de tamanho médio de fragmento foram de 30,60 ha (CALEGARI et al., 2010) e 30,62 ha (BORGES et al., 2004).

Entretanto, em outras regiões do Brasil, principalmente no sul e sudeste, foram encontrados valores muito menores para tamanho médio de fragmentos de Mata Atlântica: 4,53 ha e 5,44 ha (CEMIN; PERICO; REMPEL, 2009); 6,11 ha e 2,80 ha (ZANG; TONIAL; RITTERBUCH, 2007); 2,37 ha (PÉRICO et al., 2005); 9,73 ha (TONIAL et al., 2005) e o valor médio de 2,98 ha (VALENTE; VETTORAZZI, 2002).

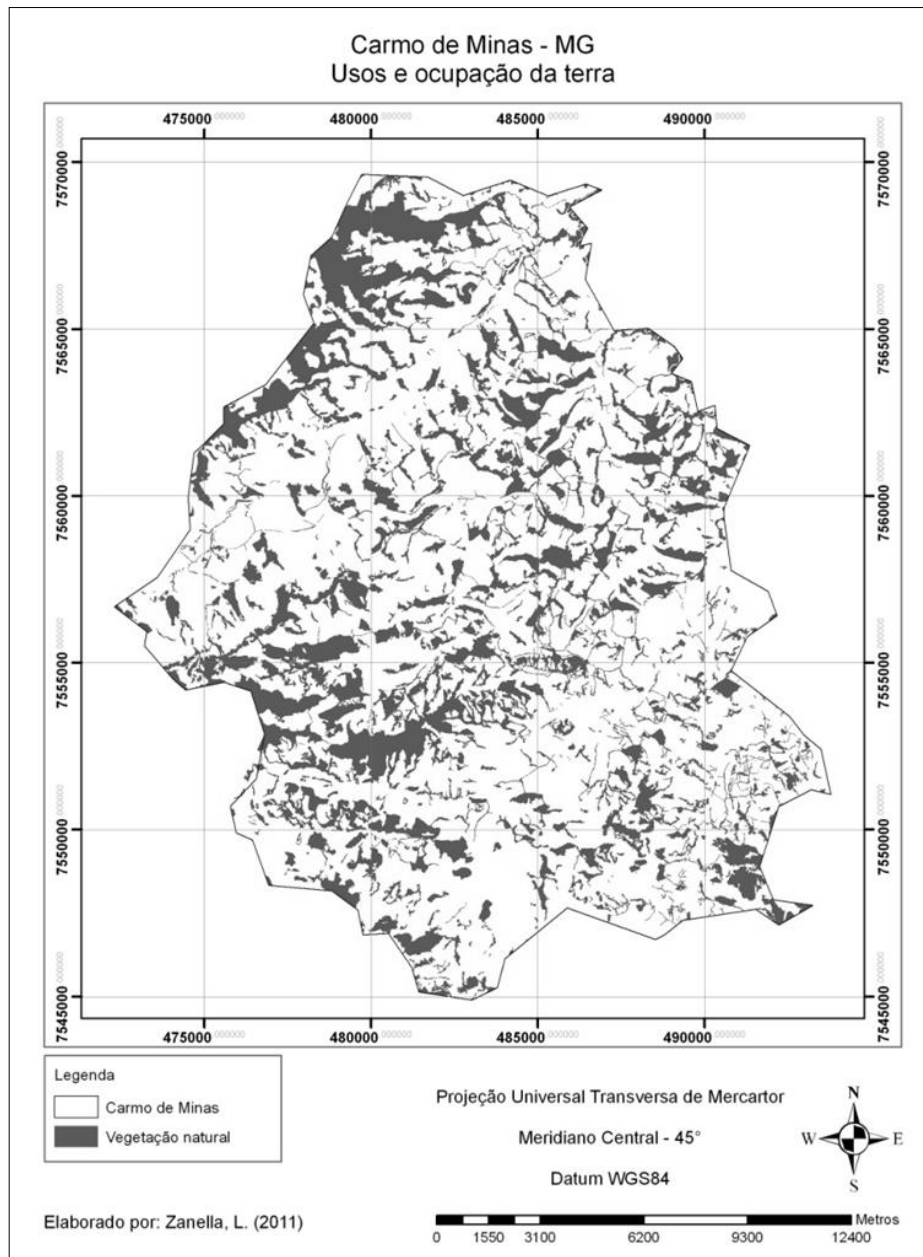


Figura 1 Remanescentes de vegetação natural do município de Carmo de Minas – MG, 2010

O maior fragmento florestal foi denominado fonte e apresentou uma área aproximada de 829,79 ha, ocupando 2,57 % da paisagem (LPI). A presença de um fragmento deste porte na área de estudo é de fundamental importância para a manutenção das espécies locais, pois, há uma correlação entre a dinâmica de população à qualidade relativa do habitat e à análise da estrutura da paisagem.

Este modelo de dinâmica considera o movimento dos indivíduos entre os fragmentos para a manutenção de populações, sendo que a taxa de nascimentos excede a taxa de mortalidade em habitats denominados fontes, e a taxa de mortalidade excede a taxa de nascimento em habitats denominados sumidouros (FUSHITA; ARAÚJO; PIRES, 2009). Ainda de acordo com a autora, as populações localizadas em áreas consideradas sumidouros ocupam fragmentos de habitat com baixa qualidade que não as suportam por longo tempo. Já as populações em áreas consideradas como fonte, onde o habitat é considerado de alta qualidade, resistem por mais tempo e contribuem para a recolonização dos sumidouros, por meio da dispersão de indivíduos (FUSHITA; ARAÚJO; PIRES, 2009).

Dessa forma, pode-se entender a importância do fragmento-fonte, por ser fonte de dispersores, polinizadores e propágulos, criando condições favoráveis para a manutenção da biodiversidade local por favorecer processos-chave como a dispersão, polinização etc. (TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999).

A área média do índice de forma (SHAPE_MN), conforme McGarigal et al. (2010), baseia-se na relação entre o perímetro e a área dos fragmentos de mata da paisagem, medindo a complexidade de forma dos fragmentos em função de uma forma padrão. Assim, de acordo com este índice, os fragmentos de vegetação natural apresentaram forma irregular (10,24), o que aponta para a susceptibilidade da vegetação natural ao efeito de borda, principalmente para os fragmentos de menor área. Isto se deve à maior interação com a matriz, pois com

o aumento do efeito de borda tem-se, proporcionalmente, a diminuição da área nuclear desses fragmentos, o que em curto, médio ou longo espaço de tempo poderá influenciar na qualidade estrutural desses ecossistemas.

A composição das espécies correspondente ao interior de um fragmento é fortemente influenciada pelo seu formato. Fragmentos que possuem forma isodiamétrica apresentam em seu interior maior diversidade de espécies e atividade de forrageamento, do que fragmentos que tendem ao formato de retângulo, os quais podem apresentar diversidade inversa, composta por somente espécies de borda (FORMAN; GODRON, 1986; ODUM, 1988). Fragmentos com formas mais alongadas tendem a ser utilizados como corredores ecológicos, atuando como unidades estruturais de ligação para espécies (FORMAN; GODRON, 1986).

Entretanto, a dimensão fractal (FRAC_MN), utilizada para estimar a complexidade das formas dos fragmentos de vegetação, gerou resultados (1,1) condizentes com as forma mais simples (quadrado, retângulo), indicando que os fragmentos de vegetação natural não apresentam elevada susceptibilidade ao efeito de borda.

Na Tabela 5 podem ser observados os valores obtidos a partir do cálculo dos índices de isolamento/proximidade e conectividade entre os fragmentos de VN.

Tabela 5 Valores dos parâmetros métricos de isolamento/proximidade e conectividade entre os fragmentos de vegetação natural do município de Carmo de Minas – MG, 2010

Métricas de Isolamento e Conectividade	Valores
Distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) (m)	55,31
Conectividade (COHESION)	99,64

A distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) foi estimada em 55,31 m, permitindo inferir que, segundo a classificação de Almeida e Moro (2007), o grau de isolamento entre os fragmentos é baixo e que os fragmentos de VN encontram-se, relativamente, próximos uns dos outros.

No entanto, esta distância pode ser considerada uma barreira ou um filtro para inúmeras espécies que não possuem habilidade para cruzar uma distância como essa e cruzar a matriz. Segundo Boscolo et al. (2008), a movimentação de algumas espécies de aves pode ser bastante prejudicada em paisagens que possuem fragmentos muito distantes entre si, resultando no isolamento funcional de diversas populações sujeitas a eventos de extinções locais, sem a possibilidade de recolonização, diminuindo regionalmente as chances de persistência das espécies.

A métrica utilizada para estimar a conectividade estrutural dos fragmentos (COHESION) foi mensurada em 99,64, conferindo alta conectividade aos fragmentos, pois a partir deste índice a conectividade é considerada alta quando próxima a 100 e baixa quando os valores estão próximos de zero (MCGARIGAL; MARKS, 1995), o que é favorável para a conservação desses remanescentes. Ademais, uma alta conectividade entre os fragmentos é considerada positiva, do ponto de vista ecológico, pois age nos processos de recolonização após extinção local, e assim na manutenção de uma metapopulação em paisagens fragmentadas (METZGER, 2006).

Neste sentido, os corredores ecológicos desempenham um papel importante, constituindo uma das principais unidades de ligação que favorecem o aumento de conectividade entre os fragmentos. Em contrapartida, Metzger (2006) alerta que essas unidades estruturais podem também apresentar o inconveniente de facilitar a propagação de algumas perturbações, como o fogo ou certas doenças.

Para uma análise mais detalhada dos remanescentes de VN, elaborou-se a Tabela 6 que contém a distribuição de frequência dos fragmentos por classe de tamanho. Verificou-se que a fragmentação elevada da Mata Atlântica na área de estudo está intimamente relacionada com o grande número de pequenos fragmentos presentes na área.

Tabela 6 Distribuição de frequência dos fragmentos de vegetação natural por classe de tamanho, para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Classes de tamanho (ha)	Número de fragmentos	%	Área (ha)	%
< 0,50	173	20,87	41,48	0,49
0,50 - 1,00	157	18,94	105,41	1,23
1,00 - 2,50	189	22,80	271,60	3,18
2,50 - 10,00	196	23,64	1001,189	11,72
10,00 – 920,00	114	13,75	7122,798	83,38
Total	829	100,00	8542,479	100,00

A partir dos dados acima, verifica-se que 86,25 % dos fragmentos mapeados possuem tamanho inferior a 10 ha. No entanto, esta porcentagem corresponde a somente 16,62 % da área ocupada com Mata Atlântica no município de Carmo de Minas. Os maiores fragmentos encontrados na área foram alocados na classe 10,00 - 950,00 ha, em função, justamente, da baixa frequência de fragmentos de maior tamanho e, apesar de consistirem em um menor número de fragmentos, correspondem à maior porcentagem da área ocupada pela VN.

A ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais constitui uma realidade comum em paisagens de Mata Atlântica. O estudo realizado por Ranta et al. (1998) diagnosticou que 48% dos fragmentos de Mata Atlântica possuíam tamanho inferior a 10 ha e somente 7% desses detinham área maior que 100 ha. No Parque Nacional dos Campos Gerais – PR, Almeida e Moro (2007) observaram que 91,4% eram menores que 5 ha..

Os cenários elaborados para avaliar como os pequenos fragmentos influenciam a paisagem permitiram verificar que os pequenos fragmentos foram importantes na redução do isolamento em todas as etapas analisadas (Gráfico 1).

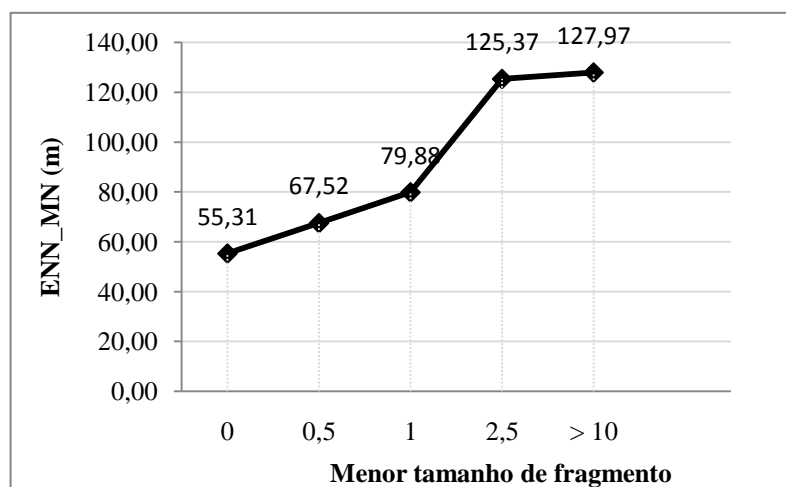


Gráfico 1 Influência do tamanho do menor fragmento (ha) no isolamento médio (m) entre os fragmentos. Menor tamanho de fragmento: 0 ha (todos os fragmentos), 0,50 ha, 1,00 ha, 2,50 ha, 10,00 ha e 920 ha.

Conforme foram sendo retirados os fragmentos, o isolamento médio foi aumentando consideravelmente. De forma geral, os pequenos fragmentos foram importantes na redução do isolamento em todas as etapas analisadas. Vale destacar que houve um aumento significativo no isolamento médio (ENN_MN) quando os fragmentos menores que 2,50 ha foram retirados da paisagem, sendo que a paisagem passou a apresentar 125,37 m de distância média entre seus fragmentos de vegetação natural.

É importante salientar que, em pequenos fragmentos florestais, as populações de plantas, principalmente árvores, são constituídas por poucos indivíduos da mesma espécie, favorecendo o processo de endogamia (cruzamentos parentais) e aumentando a probabilidade de extinção das espécies locais (COSTA, 2003). Entretanto, a presença destes pequenos remanescentes é

de grande importância. Alguns estudos indicam que estas unidades constituem pontos de ligação, ou *stepping stones*, que são pequenas áreas de habitat dispersas pela matriz que podem, para algumas espécies, facilitar os fluxos entre fragmentos (METZGER, 1999). Sumariamente, promovem aumento no nível de heterogeneidade da matriz e atuam como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares que só ocorrem nessas áreas (ALMEIDA; MORO, 2007). Portanto, fragmentos pequenos, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, cumprem funções relevantes na paisagem. Em longo prazo, podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes.

A presença dos pequenos fragmentos na área de estudos é de extrema importância para a conservação da biodiversidade local e para a restauração da integridade ecológica existente em áreas com extensões maiores de habitat natural. Se os fragmentos menores que 10 ha fossem removidos da paisagem, por exemplo, praticamente 90% dos fragmentos de Mata Atlântica remanescente (16,62 % da área ocupada por este bioma) seriam perdidos, podendo até mesmo, levar à perda de inúmeras espécies, muitas das quais, talvez, ainda não catalogadas pelo homem.

3.2 Análise da fragmentação da paisagem com base nos modelos de simulação

Os modelos de simulação da paisagem foram elaborados com o intuito de criar cenários a partir da restauração de condições ambientais possíveis sobre a matriz paisagística, buscando verificar qual seria o comportamento das unidades de vegetação natural, considerando a possibilidade de estas situações ocorrerem de fato futuramente, principalmente em termos de proximidade e conectividade.

Os resultados dos parâmetros métricos avaliados para os dois modelos de simulação da paisagem mostraram-se ecologicamente favoráveis. Os dados obtidos para vegetação natural (VN), vegetação/capoeira (VC) e vegetação/APPs reflorestadas (VAPP) encontram-se dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 Valores dos parâmetros métricos para análise da vegetação natural, vegetação/capoeira e vegetação/APPs reflorestadas para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Parâmetros métricos	VN	VC	VAPP
Área total dos fragmentos (CA) (ha)	8545,26	10591,73	11761,91
Número de fragmentos (NP)	829	678,00	782,00
Porcentagem da paisagem (PLAND) (%)	26,50	32,85	36,48
Índice do maior fragmento (LPI) (%)	2,84	3,04	3,26
Densidade de fragmentos em 100 ha (PD) (/100 ha)	2,57	2,10	2,42
Tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN)	12,79	18,42	16,83
Área média do índice de forma (SHAPE_MN)	10,24	2,28	1,81
Dimensão fractal (FRAC_MN)	1,18	1,10	1,15

Observa-se um aumento considerável na área de vegetação natural nos dois modelos de simulação, sendo que para a VAPP esse aumento é mais pronunciado (37,64 %) que para a VC (23,95 %) (Gráfico 2), conseqüentemente, devido ao aumento em CA; PLAND também teve um acréscimo nos percentuais nas duas situações criadas.

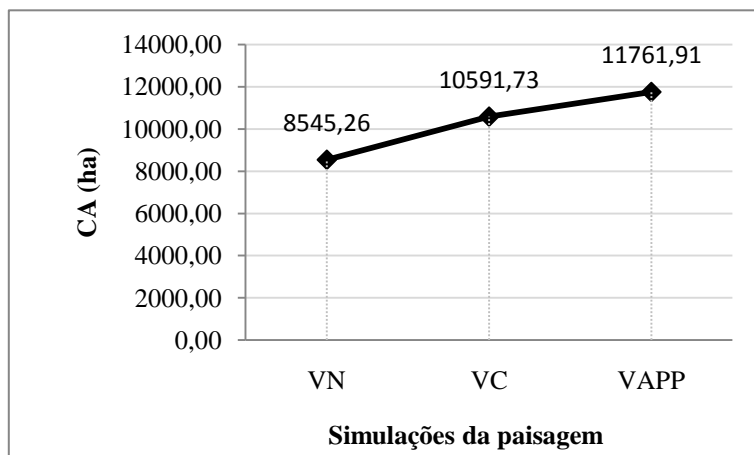


Gráfico 2 Área total dos fragmentos (CA) para as simulações da paisagem em comparação com a vegetação natural. Simulações da paisagem: VN – vegetação natural; VC – vegetação/capoeira; VAPP – vegetação/APPs reflorestadas.

Nas situações criadas computacionalmente, o número de fragmentos (NP) foi reduzido em função da incorporação de novas áreas, o que favoreceu a aglutinação de alguns fragmentos, que por sua vez foram convertidos em unidades maiores. Para VC a redução foi de quase 20 %, constituindo uma informação relevante sob o ponto de vista da conservação, pois indica que os efeitos da fragmentação poderiam ser minimizados. Para a VAPP a diminuição no número de fragmentos foi menos significativa (5,67 %).

Houve também um aumento no tamanho dos maiores fragmentos (LPI), tanto para a VC quanto para VAPP, que passaram a ocupar, respectivamente, 3,04% e 3,26% da paisagem. Conforme mencionado anteriormente, a manutenção ou aumento de áreas de habitat natural consideradas como áreas-fonte é imprescindível para a conservação da biodiversidade local (FUSHITA; ARAÚJO; PIRES, 2009). Além disso, um estudo que analisou a dispersão de sementes de copaíba por aves, comprovou, para este caso específico, que

tamanho do fragmento está relacionado com a boa qualidade de dispersão e riqueza de espécies de aves dispersoras (RABELLO; RAMOS; HASUI, 2010).

O tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) também aumentou consideravelmente, passando de 12,79 ha para 18,42 ha na simulação que incorporou os fragmentos de capoeira e 16,83 ha na simulação que teve as APPs reflorestadas (Gráfico 3). Esse acréscimo na área média dos fragmentos é extremamente significativo, pois reflete no aumento da área de interior destas unidades, à qual inúmeras espécies estão associadas, não ocorrendo em áreas consideradas de borda (FORMAN; GODRON, 1986; ODUM, 1988).

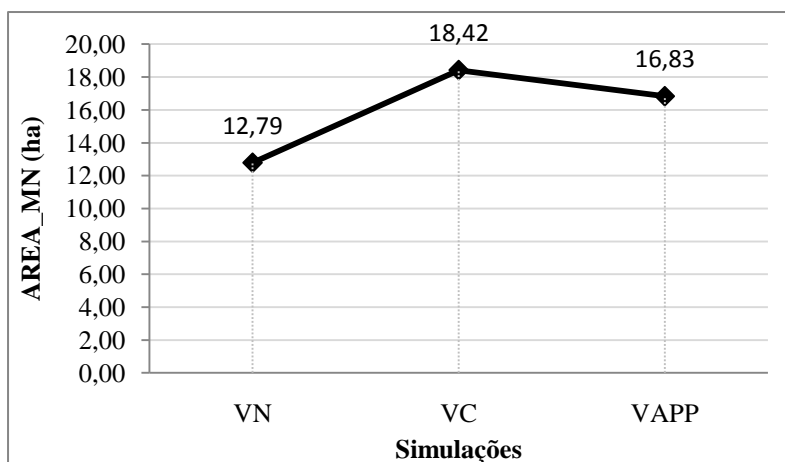


Gráfico 3 Tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) para as simulações da paisagem em comparação com a vegetação natural. Simulações da paisagem: VN – vegetação natural; VC – vegetação/capoeira; VAPP – vegetação/APPs reflorestadas.

A área média do índice de forma (SHAPE_MN) teve uma importante redução nas duas simulações, (VC: 2,28 e VAPP: 1,81), assim como na dimensão fractal (FRAC_MN), a qual não reduziu de forma drástica, mas aproximou os valores de um (1) (VC: 1,18 e VAPP: 1,15), correspondendo a formas mais simples. Os resultados destas duas métricas indicam que as formas das unidades tornaram-se mais simples e regulares, fato que é bastante

favorável, pois formas mais complexas são mais susceptíveis aos efeitos de borda (FORMAN; GODRON, 1986; ODUM, 1988).

A Tabela 8 apresenta os dados obtidos a partir das métricas de isolamento/proximidade e conectividade para VN, VC e VAPP.

Tabela 8 Valores dos parâmetros métricos para análise da vegetação natural, vegetação/capoeira e vegetação/APPs reflorestadas para o município de Carmo de Minas – MG, 2010

Métricas de Isolamento e Conectividade	VN	VC	VAPP
Distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN)	55,31	37,65	27,80
Conectividade (COHESION)	99,64	99,81	99,69

Outro dado importante proveniente das simulações foi a redução na distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN). A distância atual da vegetação natural, que é de 55,31 m, diminuiu quase 32 % na simulação vegetação capoeira e quase 50 % na VAPP (Gráfico 4).

O aumento na proximidade entre fragmentos pode afetar positivamente a mobilidade de inúmeras espécies que anteriormente não eram capazes de cruzar a matriz e após a diminuição da distância entre fragmentos vizinhos tornaram-se aptas a cumprir este percurso (AWADE; METZGER, 2008). A distância entre os fragmentos florestais é um fator preponderante para elucidar como se dão os fluxos biológicos através da paisagem (UEZU; METZGER; VIELLIARD, 2005).

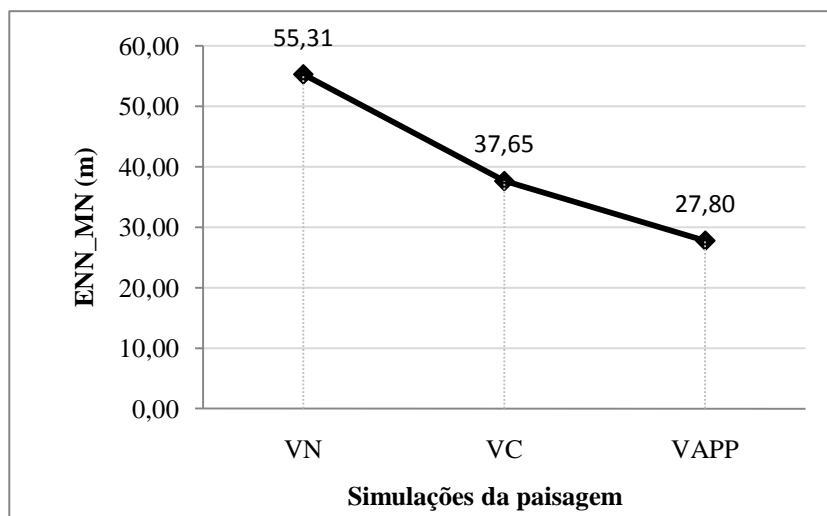


Gráfico 4 Valores percentuais relativos à distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) para as duas simulações da paisagem em comparação com a vegetação natural. Simulações da paisagem: VN – vegetação natural; VC – vegetação/capoeira; VAPP – vegetação/APPs reflorestadas

A conectividade dos fragmentos (COHESION) praticamente não variou para as simulações elaboradas. A vegetação natural apresentou valor igual 99,64, a VC aumentou este valor para 99,81 e a VAPP para 99,69, indicando que em todas as situações existe conectividade física entre os fragmentos e que estes não se encontram isolados de outros remanescentes.

Para verificar visualmente a incorporação de área na vegetação natural pelo acréscimo da capoeira e das APPs reflorestadas foram elaboradas as Figuras 2 e 3.

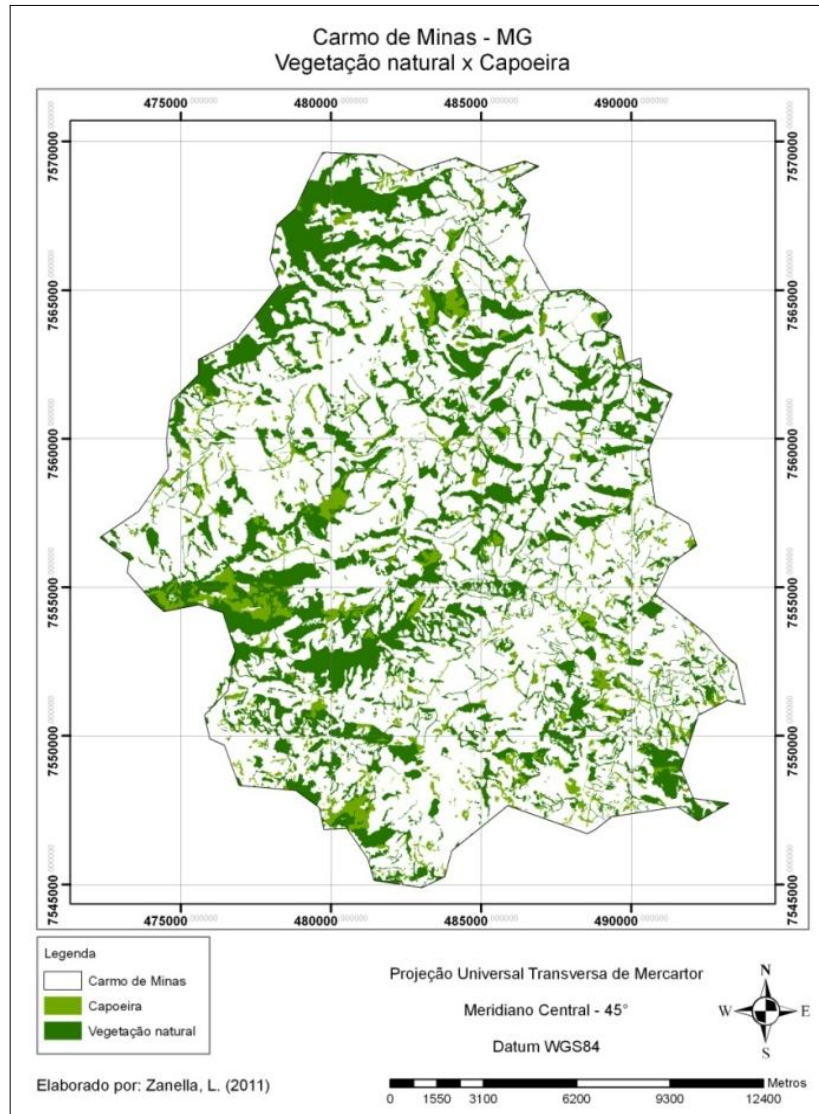


Figura 2 Modelo de simulação da paisagem vegetação/capoeira

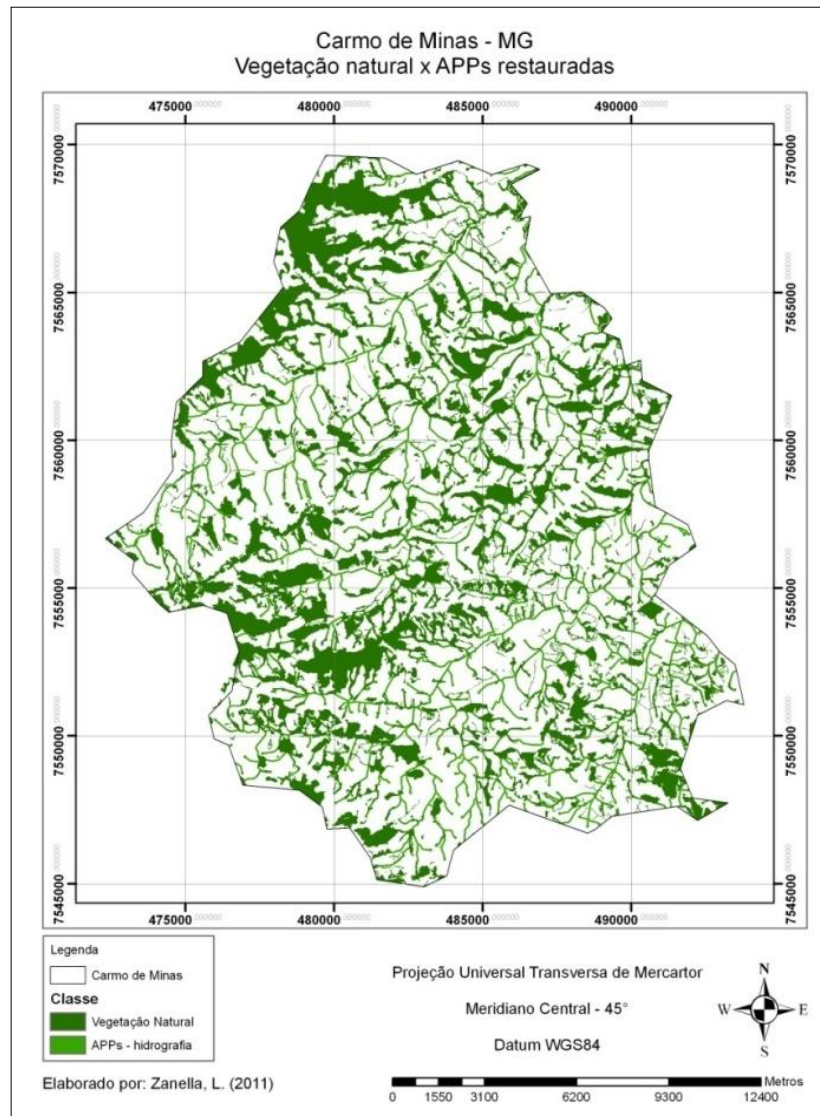


Figura 3 Modelo de simulação da paisagem vegetação/APPs reflorestadas

Nas ilustrações acima é possível observar a incorporação de vegetação natural aos fragmentos que existem atualmente. Ao compará-lo com o cenário anterior, é possível observar que ambos os cenários criados proporcionaram

diferentes configurações na estrutura da paisagem. Entretanto, os dois favoreceram a proximidade e a conectividade entre os remanescentes, propiciando o deslocamento e a sobrevivência das espécies a eles associadas. Neste sentido, ações que viabilizem a restauração florestal proposta por estes dois modelos de simulação da paisagem são de extrema relevância para a melhoria da qualidade ambiental da área de estudo.

4 CONCLUSÃO

A maior parte do bioma Mata Atlântica foi perdida restando um limiar considerado muito baixo por alguns autores, comprometendo a conservação da biodiversidade.

A vegetação natural na área de estudo encontra-se bastante fragmentada, em função da dinâmica de uso e ocupação da terra característico do local.

O elevado número de pequenos fragmentos compoem a vegetação remanescente é de extrema importância para diminuir o isolamento entre estas unidades.

Os remanescentes, em relação à sua integridade, encontram-se sob forte ameaça, sendo urgente a tomada de medidas que busquem diminuir o grau de isolamento e o efeito de borda, melhorar a forma, aumentar o tamanho e diversidade biológica e eliminar agentes de degradação na área, promovendo a recuperação ambiental dos remanescentes.

A ampliação dos menores fragmentos para a formação de fragmentos maiores a partir da recomposição da vegetação promoverá o aumento das áreas de interior dessas unidades.

As simulações futuras proporcionaram uma melhor compreensão quanto ao comportamento dos remanescentes naturais, em termos de proximidade e conectividade, permitindo conhecer a dinâmica futura da paisagem.

A manutenção das áreas de capoeira e a restauração de áreas destinadas à preservação permanente constituem duas ações de extrema relevância para a conservação dos remanescentes de vegetação natural e melhoria da integridade da paisagem como um todo.

Sugere-se a utilização de métodos que simulem a fragmentação ao longo dos anos, no intuito de verificar um cenário negativo quanto à conservação do bioma Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, PR, como subsídio ao seu plano de manejo. **Revista Terr@plural**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 115-122, jan./jul. 2007.

ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, Buenos Aires, v. 71, n. 3, p. 355-366, July 1994.

AWADE, M.; METZGER, J. P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic Rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, Carlton, v. 33, n. 7, p. 863-871, Nov. 2008.

BORGES, L. F. R. et al. Inventário de fragmentos florestais nativas e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 22-38, jan./jun. 2004.

BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 40, n. 3, p. 273-276, May 2008.

BRASIL. **Decreto lei nº 4.771/65**, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Brasília, 1095. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=legislacao.index&tipo=1>>. Acesso em: 20 set. 2009.

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 871-880, maio 2010.

CARVALHO, F. M. V.; MARCO JÚNIOR, P. de; FERREIRA, L. G. The cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, July 2009.

CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do arroio jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 705-711, jul./ago. 2009.

COSTA, R. B. **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003. 246 p.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 34, p. 487-515, Nov. 2003.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: J. Wiley, 1986. 620 p.

FUSHITA, A. T.; ARAÚJO, R. T.; PIRES, J. S. R. Avaliação temporal da conectividade e simulação de cenários para o município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 5805-5812.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: _____. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. São Paulo: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 29-46.

MCGARIGAL, K. S. A. et al. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for categorical maps: computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

MCGARIGAL, K. S. A.; MARKS, B. J. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: U.S. Forest Service General Technical Report, 1995. 141 p.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. São Paulo: FEPAF, 2003. p. 50-76.

_____. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.

_____. Estrutura da paisagem: uso adequado de métricas. In: CULLEN JUNIOR, L.; PÁDUA, C. V.; RUDY, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2006. p. 423-453.

METZGER, J. P.; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Ecologica**, Madrid, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecological and Evolution**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 58-62, Jan. 1995.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

PERICO, E. et al. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2339-2346.

RABELLO, A.; RAMOS, F. N.; HASUI, E. Efeito do tamanho do fragmento na dispersão de sementes de Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Delf.). **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 47-54, 2010.

RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain Forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 7, n. 3, p. 385-403, June 1998.

REIS, A.; TRES, D. R. Nucleação: integração das comunidades naturais com paisagem. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. São Paulo, 2007. p. 29-56.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?: implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, June 2009.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Essex, v. 5, n. 1, p. 18-32, Mar. 1991.

STATSOFT. **Statistica**: data analysis software system version 7.0. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. A. Effects on habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 91, n. 2/3, p. 119-127, 1999.

TONIAL, T. M. et al. Diagnóstico ambiental de unidades da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1984 a 1999. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, v. 57, n. 3, p. 213-225, 2005.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer Verlag, 1990. 536 p.

UEZU, A.; BEYER, D. D.; METZGER, J. P. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic Forest region? **Biodiversity and Conservation**, London, v. 17, n. 8, p. 1907-1922, July 2008.

UEZU, A.; METZGER, J. P.; VIELLIARD, J. M. E. Effects on structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, Essex, v. 123, n. 4, p. 507-519, June 2005.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 114-119, dez. 2002.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 113-118.

ZANG, N.; TONIAL, T. M.; RITTERBUCH, M. A. Análise dos fragmentos da cobertura arbórea na Bacia do Rio da Várzea utilizando imagens CBERS-2 e Fragstats. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1219-1225.