

# GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE MULTICRITERIAL: SUBSÍDIOS AO INCREMENTO DA BIODIVERSIDADE NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO DA PEDREIRA – SERRA DO CIPÓ/MG – “UMA REVISÃO TEÓRICA”

JAQUELINE SERAFIM DO NASCIMENTO<sup>1</sup>  
ANA CLARA MOURÃO MOURA<sup>2</sup>

1-Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG  
Instituto de Geociências – IGC (Mestranda)  
jjacknascimento@gmail.com

2- Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG  
Instituto de Geociências – IGC (Coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento)  
anaclara@ufmg.br

**ABSTRACT** - This article discusses the question of maintenance of ecosystems, in a context of fragmentation using the concepts coming from of the Landscape Ecology and Conservation Biology. The discussion includes the theoretical review of the master's dissertation entitled "Study of the landscape ecology and conservation biology as the basis for the development and monitoring of strategies for conservation in the Serra do Cipó – Morro da Pedreira Environmental Protection area -MG / Brazil." The review of theoretical study aims to stress the importance of maintaining and enhancing biodiversity, the junction between the disciplines mentioned above, and legally protected areas, aiming at the promotion of connectivity and gene flow in different environments and ecosystems fragmented, supported by geographical information systems.

The allowance for the definitions of a design ideal of conservation is in geographical information systems, various shaped and tools able to draw on various scenarios that meet conservation and biological perspectives, able to increase and preservation of biodiversity, with the challenge the fragmentation of ecosystems , in a scenario of increasing human pressure.

## 1 INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, situada na Serra do Cipó, porção meridional do Complexo do Espinhaço, abrange parte dos municípios de Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar, Itambé do Mato Dentro, Itabira, Nova União e Taquaraçu de Minas. De acordo com Lei Federal n.º 9.985, de 18 de junho que estabelece o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), 2000 a referida unidade de conservação encontra-se na categoria de unidade de uso sustentável, na qual, desde que em consenso com os planos de manejo e zoneamentos da unidade, resguardam a propriedade privada.

A Serra do Cipó possui um caráter ambiental único traduzido em diversidade fisiográfica e paisagística, endemismos e elevada biodiversidade, propiciada por condições especiais de geologia, geomorfologia, abundância hídrica e micro-climas, que subsidiaram formações pedológicas diferenciadas, desenvolvendo assim, um mosaico vegetalacional, que perpassa por cerrados (*strictu sensu*), campos rupestres, capões de mata, mata galerias e florestas semidecíduais a ombrófilas.

O clima da região enquadra-se, de acordo com a classificação de Koppen (1931), no tipo Cwb, clima mesotérmico, de forma genérica como tropical de altitude, com duas estações bem definidas. No entanto, nota-se

pela variação de ambientes e fitofisionomias vegetais, um forte contraste microclimático imposto pelo maciço rochoso, nas vertentes a barlavento e a sotavento da serra.

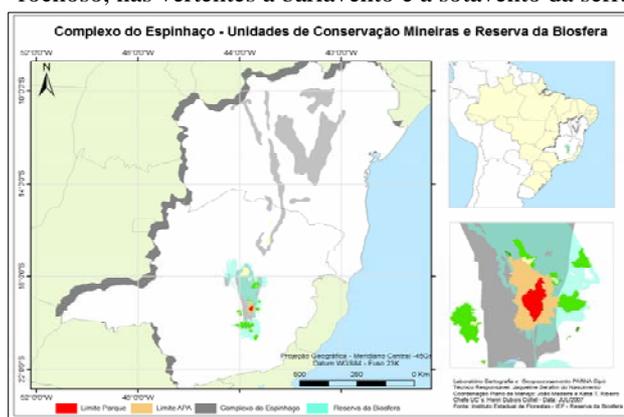


Figura 1 - Localização Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira/MG

O relevo na unidade geomorfológica da Serra do Espinhaço, predominante na Serra do Cipó, é caracterizado na região por uma série de escarpas erosivas direcionadas aproximadamente na direção norte-sul, condicionando algumas linhas de drenagem, com formas fluviais de dissecação. Há também aplainamentos com depósito de espessos pacotes de sedimentos, que abrigam as extensas campinas típicas do alto da Serra.

Nas partes baixas, entre 800 e 900m as formas de relevo resultantes da esculturação pela dissecação fluvial, são representadas, majoritariamente, por cristas, escarpas e vales profundos adaptados às direções tectônicas e estruturais,

Os solos na Serra do Cipó e de toda a Cadeia do Espinhaço são normalmente rasos, arenosos, e afloram por toda a parte as rochas, que são normalmente quartzitos e arenitos. Em geral, são solos pobres em matéria orgânica e em nutrientes, em que se destaca a escassez de fósforo, ácidos, com predominância de horizontes húmicos e com grande proporção de fração areia. A ocorrência de solos mais profundos é geralmente, associada, às áreas de afloramento calcário. (SCHAEFER *et al.*, 2007).

A base geológica da Serra do Cipó, no Espinhaço Meridional, é constituída predominantemente por uma matriz de quartzito, onde se inserem diques de Anfibólito, Xistos, Ardósia, Folhelhos e Calcário marmorizado. A partir das áreas escarpadas da face leste da serra, borda da bacia hidrográfica do Rio Doce surge às rochas Gnáissico-Graníticas do Embasamento Cristalino (Id. *Ibid*).

É nesse contexto de feições ambientais, que o mosaico APA Morro da Pedreira e Parque Nacional da Serra do Cipó se estabelece, num recorte geográfico de grande fragilidade ecossistêmica e sobre intensa pressão antrópica.

### 1.1 Objetivos e Justificativas

O estudo objetiva, de uma forma geral, definir um desenho de áreas prioritárias à conservação, tendo em vista os conceitos de Ecologia da Paisagem e Biologia da Conservação, apoiado na legislação ambiental vigente, com subsídio de técnicas de Geoprocessamento.

A justificativa do estudo, encontra-se na em termos gerais na importância biológica, em favor da conservação, em vista da crescente pressão antrópica, a qual a área está submetida, enquanto sua inserção como área core da Reserva da Biosfera do Espinhaço. Esta importância traduz-se na transição ecotonal entre dois hotspots de biodiversidade, Cerrado e Mata Atlântica, nos endemismos resultantes dessa transição e na concentração e diversidade de espécies. No entanto, a justificativa se torna mais consistente, sobre o contexto de pressão antrópica exercida na área pelo manejo inadequado do solo, pelo fogo, desmatamento, introdução de espécies exóticas, turismo, parcelamento do solo e fragmentação de ecossistemas.

Diante do exposto torna-se essencial a implementação de uma ferramenta que direcione medidas e estratégias de conservação da biodiversidade e regulamentação de uso e ocupação do solo na região.

### 1.2 Metodologia

O estudo conta a análise de quatro conjuntos de informações e dados, sob a luz da Ecologia da Paisagem e Biologia da Conservação.

O primeiro conjunto de informações enfatizou o meio biológico – a exploração biológica. Para tal, foi produzido um mapa de fitofisionomias vegetais, a partir de imagem de satélite CBERS, sensor CCD, utilizando o software Spring 4.3.2. O método de classificação foi o não supervisionado utilizando a técnica de segmentação por crescimento regiões, definindo parâmetros de qualidade, que serviram de base para a classificação temática posterior. O limiar escolhido, de área e similaridade, para a definição de regiões foi de 5x15. O algoritmo classificador utilizado após a segmentação foi ISOSEG (<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario>, outubro de 1997).

O segundo conjunto de informações enfatizou o meio físico - o potencial ecológico. Nesse conjunto, foram utilizados os mapas de geomorfologia, solos e vegetação potencial, produzidos pela Universidade Federal de Viçosa, na escala 1:100.000. O cruzamento dessas informações originou um mapa de geoambientes.

Os geoambientes, representados pela vegetação potencial, solos, compartimentos geomorfológicos, agregado as fitofisionomias mapeadas nos respectivos biomas cerrado, campo rupestre e mata atlântica, serão capazes de identificar em termos de biodiversidade a diversidade e a riqueza de ambientes, que compõe a área de estudo.

O terceiro grupo de dados conta com a classificação de uma série temporal de imagens de satélite Landsat7 e CBERS de 1984 a 2007. Os resultados e análises das variáveis dessa classificação serão capazes de fornecer um quadro inicial e atual das pressões antrópicas e perturbações dos elementos da paisagem, discernindo o grau de comprometimento da biodiversidade dos mesmos através da mensuração do uso e ocupação do solo e eixo de crescimento e expansão urbana, indicando áreas onde o uso e ocupação ao longo do tempo foi sendo substituído. Dessa forma a análise servirá também como um indicativo de áreas potenciais de exploração podendo inclusive, definir novas perspectivas de atividade econômicas.

O quinto grupo será definido pelas análises de áreas de preservação permanente, reservas legais, fragmentação de ambientes e definição de áreas prioritárias à conservação utilizando técnicas de geoprocessamento e análise multicriterial. A obtenção de dados estatísticos e de métricas da paisagem será realizada por meio do programa Fragstats 3.3. As demais análises serão realizadas por meio do programa ARCGIS .

## 2 DISCUSSÃO TEÓRICA

### 2.1 Ecologia da Paisagem e Biologia da conservação

O termo paisagem introduzido, inicialmente pelo geo-botânico Alexander Von Humboldt, no início do século XIX, enquanto unidade visual possui uma grande diversidade de conceitos.

Georges Bertrand, em 1968 definiu paisagem “*como uma determinada porção do espaço que resulta na combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais interagindo dialeticamente uns sobre*

os outros, formam um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.”

O termo ecologia foi definido por Ernst Haeckel, em 1869 como o estudo das relações entre os seres vivos e o ambiente em que vivem, além da distribuição e abundância dos seres vivos no planeta.

Da junção entre as duas disciplinas e a incorporação do fator humano e sua interação com os ambientes, surge em 1939 a disciplina Ecologia da Paisagem, como uma visão integrada do espaço e dos ambientes e as inter-relações e processos ecológicos nele existentes.

A disciplina busca entender a dinâmica entre as comunidades biológicas, o hábitat na qual se inserem e as pressões naturais ou antrópicas, as quais estejam submetidas. Assim, adotando uma postura de melhoria da paisagem através do planejamento, manejo e conservação.

Sobre outro enfoque da relação “sociedade e natureza”, centrada na conservação, e na proteção da biodiversidade surge em 1980, como disciplina a Biologia da Conservação. Desenvolvida como uma resposta à chamada crise da biodiversidade, centrada principalmente na introdução de plantas exóticas, na fragmentação e destruição de habitats, na exploração direta e na sobreexploração de espécies e recursos naturais, na poluição (METZER, 2003). Ela desenvolve-se em duas vertentes: áreas de conservação e preservação de populações particulares.

No debate de onde e o que conservar, sobre a luz teórica dessas disciplinas surgem algumas estratégias de conservação. Essas estratégias objetivam o incremento e manutenção da biodiversidade, em ambientes fragmentos, através da promoção da conectividade funcional da paisagem.

## 2.2 Estratégias De Conservação: Conectividade Funcional da Paisagem

O principal objetivo das estratégias de conservação da biodiversidade em grande escala não é, propriamente, o de selecionar áreas para a criação de reservas, mas identificar áreas com alto valor de conservação que sejam significativas em um contexto global, continental ou regional (MOORE et al., 2003 *apud* LOYOLA AND LEWINSOHN, 2008).

A conectividade em uma paisagem depende do relativo isolamento dos elementos do habitat de um ao outro e até que ponto a matriz representa uma barreira aos movimentos de organismos. (HOBBS, 2002, tradução nossa)

A matriz é, por várias razões, muito importante na evolução da dinâmica do fragmento. Em primeiro lugar, atua como um filtro seletivo para os movimentos das espécies através da paisagem (GASCON, 1999). Em função disso, o aumento da permeabilidade da matriz é tão ou mais importante que a formação de corredores de biodiversidade.

A forma de arranjo estrutural dos elementos da paisagem, visando à conservação, considera o escopo de que os organismos precisam ser capazes de se mover

livremente em uma área, para ter acesso a recursos que ou estão disponíveis sazonalmente, ou estão dispersos no ambiente. Mas quando um habitat é fragmentado, as espécies confinadas a um único fragmento de habitat podem ser incapazes de migrar para além da sua extensão habitacional normal em busca daquele recurso escasso.

De uma maneira geral, a fragmentação de ecossistemas pode ser caracterizada por fatores de ação antrópica que culminam no aumento do isolamento dos fragmentos, diminuição em seus tamanhos e aumento da suscetibilidade a distúrbios externos, como práticas inadequadas de manejo da terra e parcelamento do solo ou invasão de espécies invasoras (como a *Brachiaria* sp), que promovem uma grande redução da biodiversidade e da capacidade de recuperação dos ecossistemas (GENELLETI, 2004).

Em face da contínua perda de habitat e isolamento das manchas naturais, torna-se essencial uma conectividade paisagística ou estrutural. A promoção do estabelecimento/restabelecimento do fluxo gênico da paisagem, sobretudo ocorre sobre a forma de corredores de movimentos para a fauna e pontos de apoio para movimento - stepping stones, também conhecidos como trampolins ecológicos, são pequenas áreas de habitat dispersas pela matriz que podem promover a conectividade, para algumas espécie, entre fragmentos isolados.

O processo de implementação de corredores de biodiversidade é complexo, envolvendo essencialmente as questões físicas, biológicas e sócio-econômicas. A idealização de uma paisagem fragmentada para conservação biológica, de acordo com Metzger (2003) deve ser composta por grandes fragmentos agregados à uma rede de fragmentos menores “stepping-stones”, interconectados por corredores de grande porte, visando o aumento da conectividade funcional, uma vez que “o ideal, na realidade, é não ter que fazer restauração, e sim de se fragmentar a paisagem de forma inteligente” (LAURANCE E GASCON, 1997). Assim, o planejamento, integrando as diferentes variáveis, deve ser priorizado visando à maximização dos ganhos ambientais, com a redução dos esforços públicos e privados.

Nesse sentido, as ferramentas baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são capazes de modelar o arranjo dos elementos da paisagem, visando a criação de uma rede de conservação, com vistas ao incremento da biodiversidade pela conectividade de áreas legalmente protegidas e prioritárias à conservação, considerando os processos ecológicos naturais e antrópicos dispostos na paisagem.

## 2.3 Áreas Prioritárias à Conservação e Áreas Legalmente Protegidas

A integração entre os conceitos oriundos da Ecologia da Paisagem, enquanto análise das relações espaciais e seus efeitos locais sobre a configuração da paisagem. Da Biologia da Conservação, na identificação do padrão espacial mais apropriado para os futuros usos do solo de uma determinada região. E ferramentas

baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), vêm promovendo ações efetivas e otimizadas, no sentido da conservação e gestão da paisagem, ou seja, direcionando ações decisórias no sentido de onde e o que o conservar

A implementação e mesmo incorporação da legislação ambiental, no escopo de orientações do Código Florestal, e as normativas dele decorrentes oferece um subsídio a mais na conectividade funcional da paisagem, principalmente em áreas com predomínio de propriedades privadas, sobre a figura das áreas de preservação permanente e reservas legais.

O enfoque dessa análise está centrado na ênfase de que a proteção da natureza é tarefa executada solidariamente entre o estado e a sociedade, cabendo assim ao conjunto da sociedade, a responsabilidade de proteger as áreas de vegetação nativa de domínio privado.

#### 2.4 Modelagem na Ecologia da Paisagem e Biologia da Conservação: Geoprocessamento e Análise Multicriterial

Na evolução dos sistemas de informação e das técnicas de geoprocessamento, evidencia-se uma reestruturação das metodologias empregadas na definição de áreas prioritárias à conservação. *“Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, os modelos de análise espacial em SIGs podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas”*. (MOURA, 2007)

O cruzamento entre diferentes planos de informação em ambiente SIG, tem sido um dos procedimentos mais usados para o desenvolvimento dessa linha de pesquisa. Assim, técnicas como a abordagem multicriterial, as redes neurais e os métodos de visualização e WebSIG's têm sido implementados em ambiente SIG, que apresenta ferramentas de apoio à conservação da biodiversidade e sua gestão, priorizando um arranjo ideal da paisagem. (MALCZEWSKI, 2004)

A análise multicriterial é uma das técnicas empregadas para a tomada de decisão. Segundo MALCZEWSKI (2004.), essa abordagem envolve a utilização de dados georreferenciados, os conceitos dos tomadores de decisão, em um ambiente participatório e a manipulação desses dados e conceitos com base em regras de decisão específicas. Ela destina-se ao desenvolvimento de estudos caracterizadores da realidade vigente e preditivos de situações

### 3 CONCLUSÕES

O primeiro conjunto de análises, representado pelo mapeamento das fitofisionomias vegetais, do mosaico APA Morro da Pedreira e Parque Nacional da Serra do Cipó demonstrou a fragilidade de alguns ambientes, muito em função de sua extensão fora do parque e fora das áreas de preservação permanente de cursos d'água.

A análise comparativa entre as fitofisionomias resultou no primeiro direcionamento de ações e concentração de estudo, em relação aos ambientes que

estão mais susceptíveis à pressão antrópica, como é o caso das feições de cerrado.

No entanto, para tornar os resultados desse estudo, em uma ferramenta de subsídio à gestão ambiental da região, direcionando ações e áreas prioritárias à conservação os demais conjuntos de análises devem ser finalizados. O apoio de instrumentos legais, dos conceitos teóricos e técnicas computacionais supracitados é capaz de simular um desenho de conservação em nível de paisagem, em áreas com predomínio de propriedades particulares, como é o caso da APA, que propicie a conservação da biodiversidade e a manutenção dos processos ecológicos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores desse resumo agradecem a Dr<sup>a</sup> Kátia Torres Ribeiro, analista ambiental do Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade, pelo apoio e direcionamento nas análises a que se refere esse estudo.

#### REFERÊNCIAS

GASCON, C.; LOVEJOY, T. E.; JR. R. O. B.; MALCOM, J. R.; STOUFFER, P. C.; VASCONCELOS, H. L.; LAURENCE, W. F.; ZIMMERMAN, B.; TOCHER, M.; BORGES, S. **Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants**. Biological Conservation, v. 91, p. 223-230, 1999.

GENELETTI, D. **A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley**. Land Use Policy, v.21, p.149-160, 2004.

HOBBS, R. J. **Habitat Networks and Biological Conservation**. In: GUTZWILLER, K. J. **Applying Landscape Ecology in Biological Conservation**. New York: Springer, 2002. p. 150-167.

LOYOLA, R. D. ; LEWINSOHN, T. M. **Diferentes abordagens para a seleção de prioridades de conservação em um contexto macro-geográfico**. Belo Horizonte: Megadiversidade, v. Prelo, p. 00, 2008.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN Júnior, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-Padua, C. (Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR/ Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. v.1. p.423-453.

MOURA; A. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2899-2906.

SCHAEFER, C.E. G.R.; MICHEL, R. F.; CHAGAS, C. S.; FILHO, E. F.; VALENTE, E. L.; SOUZA, E.; VASCONCELOS, B. N.; RIBEIRO, A. **Diagnóstico do Meio Físico da APA Morro da Pedreira e Serra do Cipó: Subsídios ao Plano de Manejo**. Universidade Federal de Viçosa, 2008. Relatório Preliminar.