

## **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais: Abordagem metodológica para caracterização do componente flora**

Luis Marcelo Tavares de Carvalho <sup>1</sup>  
Julio Neil Louzada <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras - DCF/UFLA  
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil  
passarinho@ufla.br

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras - DBI/UFLA  
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil  
jlouzada@ufla.br

**Abstract.** This paper describes the methodological approach used to derive the vegetation component of natural vulnerability within the frame work of the Ecologic-Economic Zoning of Minas Gerais State, Brazil. The compiled datasets consisted of a landcover map containing information on natural vegetation, planted forests, water bodies, urbanized areas and agriculture. Besides, a map of priority areas considered for vegetation conservation was included in the analysis. Both datasets were produced by the Forestry State Institute. From these maps, twelve indicators of vegetation integrity were derived: Regional relevance of vegetation ecosystems (fields, rocky fields, savanna park, savanna, woody savanna, vereda, and deciduous, semi-deciduous and evergreen forests); Degree of conservation; Degree of heterogeneity; and Priority for conservation. These indicators were combined by weighted overlay in order to derive a vegetation vulnerability map to be further combined with other biotic and abiotic components to form the synthetic map of Natural Vulnerability of the State of Minas Gerais.

**Palavras-chave:** Ecologic-Economic Zoning, native flora, ecosystem conservation, ecosystem heterogeneity, ecosystem relevance, Zoneamento Ecológico-Econômico, flora nativa, conservação de ecossistemas, heterogeneidade de ecossistemas, relevância de ecossistemas.

### **1. Introdução**

O Governo do Estado de Minas Gerais iniciou em janeiro de 2003 um processo de planejamento para a gestão territorial do Estado. O meio ambiente que figura como elemento chave para um desenvolvimento em bases sustentáveis, vem, através da implantação da Agenda 21 em Minas Gerais e, ainda, a participação do Estado no II Programa Nacional de Meio Ambiente, conseguindo o atendimento aos requisitos mínimos relativos à estruturação e capacidade executiva do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

O Projeto Estruturador PE 17 (Gestão Ambiental no Século XXI) coloca a Secretaria de Estado de Meio Ambiente como fomentadora e coordenadora de ações que vão intensificar a atuação do Governo de Minas Gerais na gestão do meio ambiente. Dentre as diversas ações a serem implantadas pelo PE17, a Ação P322 (Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais – ZEE-MG) visa subsidiar o planejamento e orientação das políticas públicas e das ações em Meio Ambiente, através de um macro diagnóstico do Estado, viabilizando a gestão territorial segundo critérios de sustentabilidade econômica, social, ecológica e ambiental.

O ZEE-MG foi elaborado com base nos indicadores que sintetizam a influência de conjuntos de variáveis, bem como nas análises regionais de fatores críticos que determinam a vulnerabilidade e/ou a potencialidade naquele local. Quando o ZEE é baseado em um índice que reflete a combinação da vulnerabilidade natural com o potencial social, ele é capaz de direcionar a ocupação do território para áreas que sejam aptas para suportar determinado uso,

ou ainda, para áreas aptas que necessitam ser recuperadas antes da utilização. Da mesma forma, áreas inaptas por algum motivo são preservadas, evitando prejuízos sócio-econômicos e ambientais.

A noção de vulnerabilidade natural proporciona um conhecimento da situação atual do meio ambiente que pode ser tomado como ponto de partida para se atingir o desenvolvimento sustentável. Diante de um diagnóstico ambiental de Minas Gerais cabe associar tanto aspectos do meio biótico, quanto do meio abiótico de modo a inferir sobre o quanto a paisagem do Estado é susceptível a degradação ambiental causada pela ação do homem.

Conceitua-se vulnerabilidade natural neste trabalho como sendo a incapacidade de uma unidade espacial resistir e/ou recuperar-se após sofrer impactos decorrentes de atividades antrópicas consideradas normais, isto é, não passíveis de licenciamento ambiental pelo órgão competente. Assume-se, que se uma unidade espacial apresenta um dado nível de vulnerabilidade ambiental a uma atividade antrópica normal, ela também terá um nível igual ou superior para uma atividade passível de licenciamento. Deve-se ressaltar que a vulnerabilidade natural é referente à situação atual do local. Áreas altamente antropizadas são menos vulneráveis a novas atividades humanas do que áreas não antropizadas. Ao remover uma floresta, por exemplo, o homem modifica o ambiente provavelmente de maneira irreversível. Já uma pastagem que eventualmente tenha dado lugar a uma cultura agrícola será capaz de regenerar com maior facilidade caso a área seja abandonada.

Os critérios de vulnerabilidade natural foram definidos de forma a garantir a manutenção de áreas naturais em tamanho e condições suficientemente adequadas para permitir que a estrutura e funcionamento ecológico se mantenham ao longo do tempo. Quando os sistemas naturais de uma ecorregião são alterados demasiadamente, são alteradas as condições de uma estrutura ambientalmente saudável que permita a realização plena e sustentável das atividades humanas. Alterações na estrutura ambiental provocam, em algum momento, respostas ambientais funcionais que podem ser extremamente importantes para a produtividade e sustentação de sistemas humanos.

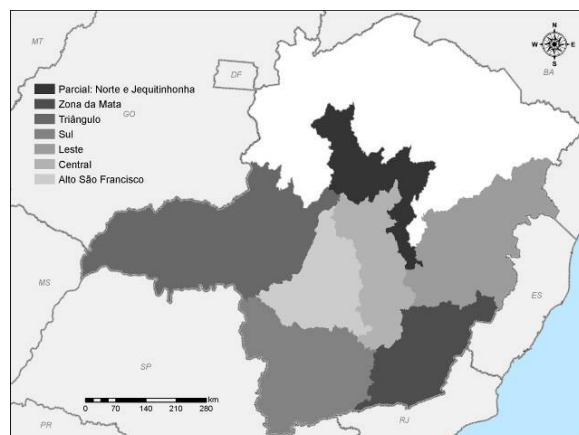
O presente trabalho apresenta a abordagem metodológica utilizada nos trabalhos do ZEE-MG para caracterização da integridade dos remanescentes de vegetação nativa, visando compilar as variáveis existentes e, a partir destas, elaborar os indicadores ambientais relativos ao componente flora nativa que integra a carta de vulnerabilidade natural do ZEE-MG.

Assim, o objetivo deste estudo foi a identificação da vulnerabilidade natural da flora nativa das regionais administrativas do COPAM, identificando-se áreas e regiões vulneráveis a degradação ambiental, que permitirá a avaliação e direcionamento da aplicação de recursos financeiros, humanos e tecnológicos, bem como os esforços para conservação de áreas específicas do estado.

## **2. Área de Estudos e Metodologia**

### **2.1. Região de abrangência**

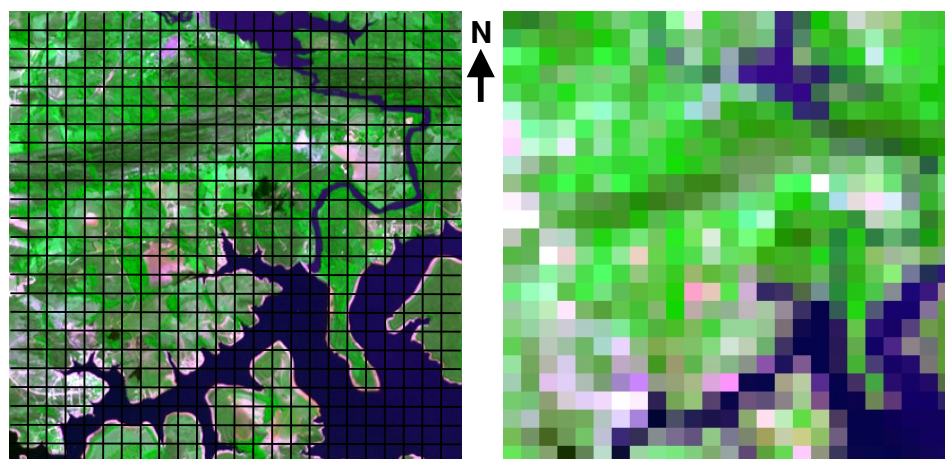
Nas primeiras etapas deste trabalho foram gerados diagnósticos da vulnerabilidade natural para as seguintes unidades regionais do COPAM: Regional Leste Mineiro, Regional Sul de Minas, Regional Triângulo Mineiro, Regional Alto São Francisco, Regional Zona da Mata, Regional Central e parte das Regionais Norte e Jequitinhonha (**Figura 1**). Em um sistema de informações georreferenciadas, estes diagnósticos mostram a variação espacial das condições naturais, fornecendo uma importante ferramenta para o planejamento e gestão territorial.



**Figura 1.** Regionais administrativas do COPAM abordadas nas primeiras etapas do ZEE-MG.

## 2.1. Modelo espacial de dados

Os dados compilados durante os trabalhos do ZEE-MG foram estruturados em um sistema de informações geográficas (SIG) usando o modelo espacial de dados matricial (Burrough & Mcdonnell, 1998), também conhecido como raster (**Figura 2**). Neste modelo de representação do espaço considera-se que o mesmo pode ser dividido em unidades quadradas contíguas cobrindo uma determinada área na superfície da Terra. As unidades espaciais são chamadas células ou pixels. Toda informação é considerada completamente homogênea dentro de cada célula da matriz e, portanto recebe um único valor para cada atributo que caracteriza esta área. Assim, uma célula quadrada recebe um único valor de, por exemplo, altitude, mesmo que a elevação do terreno varie dentro da área que a célula cobre. A resolução espacial, normalmente determinada pelo tamanho de cada célula da matriz foi definida para este trabalho como sendo 270 x 270m, ou seja, células que cobrem uma área de aproximadamente sete hectares de terreno.



**Figura 2.** Exemplo de modelo matricial usado no ZEE-MG. Cada célula cobre uma área de 72.900m<sup>2</sup> e está representada por um único valor na imagem da direita

## 2.2. Projeção e georreferenciamento

Todos os dados utilizados neste trabalho, bem como os produtos finais, foram georreferenciados usando a projeção cartográfica Albers de Igual Área (**Tabela 1**) e, quando

necessário, reamostrados para a resolução espacial de 270m usando o método do vizinho mais próximo.

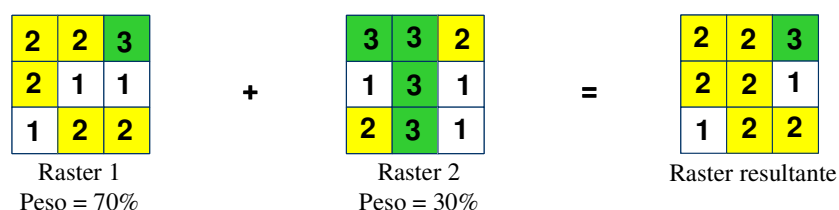
**Tabela 1.** Parâmetros da projeção cartográfica utilizada.

Projeção	Cônica Albers de Igual Área
Datum:	América do Sul 1969 (SAD-69)
Latitude do 1º Paralelo padrão:	5° 00' 00" S
Latitude do 2º Paralelo padrão:	42° 00' 00" S
Longitude do meridiano central:	60° 00' 00" O
Latitude da origem da projeção:	32° 00' 00" S
Falso leste no meridiano central:	0 metro
Falso norte na origem da projeção:	0 metro

### 2.3. Categorização das Áreas

A partir da combinação por sobreposição ponderada (ESRI, 2002) de mapas de indicadores sobre a integridade da flora nativa, realizou-se a determinação da vulnerabilidade natural do componente flora para cada célula das regiões objeto do Zoneamento Ecológico-Econômico. Cada célula do mapa resultante foi rotulada como sendo pertencente a uma das seguintes categorias: (A) Integridade muito alta, (B) Integridade alta, (C) Integridade média, (D) Integridade baixa e (E) Integridade muito baixa.

O procedimento de sobreposição ponderada usada neste trabalho consiste, numa primeira etapa, em reclassificar as informações em consideração para a escala acima. Este processo usa um conjunto de critérios técnicos pertinentes a cada aspecto do meio ambiente como será descrito no item 2.4 deste documento. Na segunda etapa, os resultados da reclassificação são combinados de forma ponderada de acordo com a sua importância na determinação da vulnerabilidade do sistema (**Figura 3**).



**Figura 3.** Exemplo do procedimento de sobreposição ponderada usado para combinar os diversos mapas.

Um fator condicionante da vulnerabilidade natural corresponde a um conjunto de indicadores específicos extraídos de variáveis que representam determinado aspecto do meio ambiente. No caso do presente documento, pode-se dizer que a integridade da flora nativa de determinada região é um fator condicionante da vulnerabilidade natural dessa área. Assim, a integridade da flora pode ser definida usando como indicadores o grau de fragmentação e a relevância dos remanescentes florestais na região. Esses indicadores, por sua vez, são extraídos de variáveis primárias como, por exemplo, os mapas de uso e cobertura do solo.

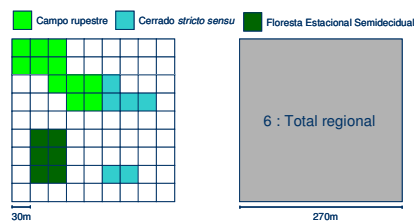
### 2.4. Descrições e Justificativas dos Indicadores e das Variáveis

Para cada região estudada foram obtidas informações sobre os aspectos que caracterizam os meios biótico e abiótico. Para cada um destes fatores de vulnerabilidade foi procedida uma classificação e ponderação de seus aspectos que poderiam, de alguma forma, indicar vulnerabilidade ambiental.

As principais variáveis utilizadas para gerar os indicadores do fator condicionante de vulnerabilidade relativo à flora foram obtidas do banco de dados georreferenciado do IEF sobre a vegetação nativa de Minas Gerais (Scolforo e Carvalho, 2006). O mapa temático, em modelo de dados matricial e resolução espacial de 30m, formou a base para o cálculo dos indicadores 1 a 11. Estes indicadores, juntamente com o indicador 12 foram sobrepostos para gerar uma medida de integridade do fator condicionante flora.

#### Indicadores 1 a 9: **Relevância regional de ecossistemas**

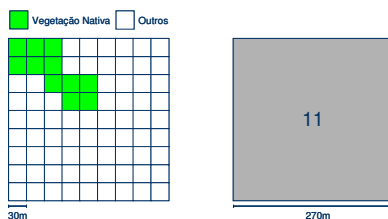
Entende-se que a relevância regional de determinado ecossistema é a razão entre a área atual de determinadas fitofisionomias (campos, campos rupestres, campos cerrados e cerrados, florestas decíduais, semidecíduais, ombrófilas, veredas e cerradões) em uma célula e a área total destas fitofisionomias em determinada regional do COPAM. Assim, ecossistemas que passaram por um histórico muito severo de substituição na regional em questão apresentariam valores elevados de relevância regional. Células que contém este ecossistema em sua composição apresentam, conseqüentemente, alta vulnerabilidade a ação humana. O cálculo foi efetuado contando as células cobertas por vegetação da fitofisionomia em questão na base original do IEF (30 x 30m) que estavam contidas em cada célula da base do ZEE-MG (270 x 270m). O procedimento de cálculo está exemplificado na **Figura 4**. A lógica de cálculo é a mesma para os demais indicadores de relevância regional.



**Figura 4.** Esquema de obtenção do indicador relevância regional do ecossistema floresta estacional semidecidual.

#### Indicador 10: **Grau de conservação da vegetação**

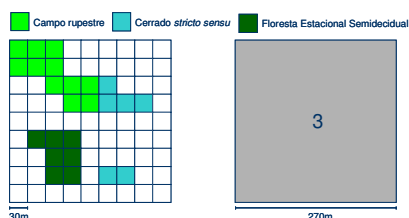
Entende-se por grau de conservação da vegetação o total ainda existente de vegetação nativa em uma célula. Assim, ecossistemas que apresentem níveis de antropização elevados seriam considerados pouco vulneráveis a perda de vegetação nativa futura devido à ação humana.



**Figura 5.** Esquema de obtenção do indicador estado de conservação da vegetação nativa.

#### Indicador 11: **Heterogeneidade espacial de fitofisionomias**

Este indicador foi calculado com base nas informações de distribuição de fisionomias vegetacionais no estado. Para cada célula foi obtido o número de fisionomias destinadas presentes.



**Figura 6.** Esquema de obtenção do indicador heterogeneidade de fitofisionomias.

#### Indicador 12: **Prioridade para conservação de flora**

Este indicador foi derivado da base de dados do IEF, que orientou a publicação "Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para a sua conservação" (Biodiversitas, 2005). Nesta publicação estão apresentadas áreas prioritárias para a conservação da flora com base na ocorrência de espécies endêmicas, ameaçadas de extinção entre outras variáveis operacionais.

Para cada área prioritária para conservação da flora no estado fez-se a reclassificação dos critérios de prioridade para conservação associando as áreas valores de vulnerabilidade, principalmente a perda futura de vegetação nativa. Neste caso, se a área é prioritária para conservar a flora em função do grau de endemismos e riqueza total de espécies presume-se que a ocupação indiscriminada da área poderá acarretar em perda de biodiversidade. A correspondência entre as classes definidas no Atlas da Biodiversitas e no presente trabalho é apresentada na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Conversão de classes para o sistema utilizado no ZEE-MG.

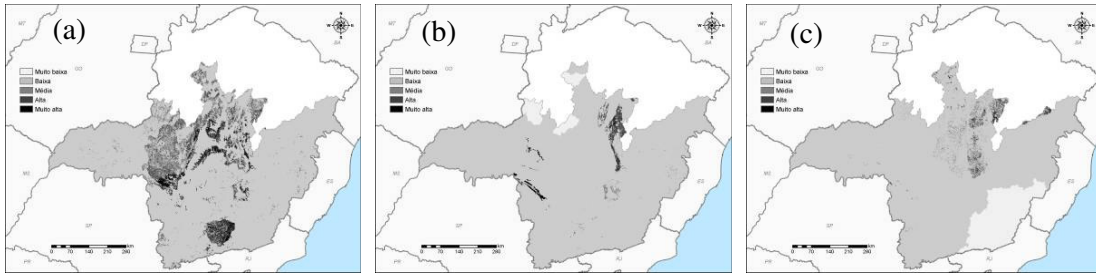
Classes no Atlas Biodiversitas	Classes no ZEE-MG
Nenhuma	Muito baixa
Corredor	Baixa
Potencial	Média
Alta	Alta
Muito alta	Muito alta
Extrema	Muito alta
Especial	Muito alta

### 2.5. Ponderação

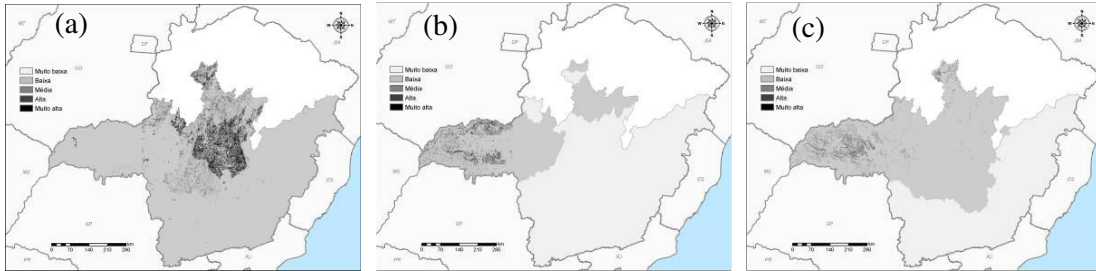
A distribuição de pesos foi a seguinte: cada indicador de relevância regional recebeu peso 8, o indicador do grau de conservação da vegetação recebeu peso 12, o indicador de heterogeneidade espacial de fitofisionomias recebeu peso 4 e o indicador de prioridade para conservação da flora recebeu peso 12.

### 3. Resultados

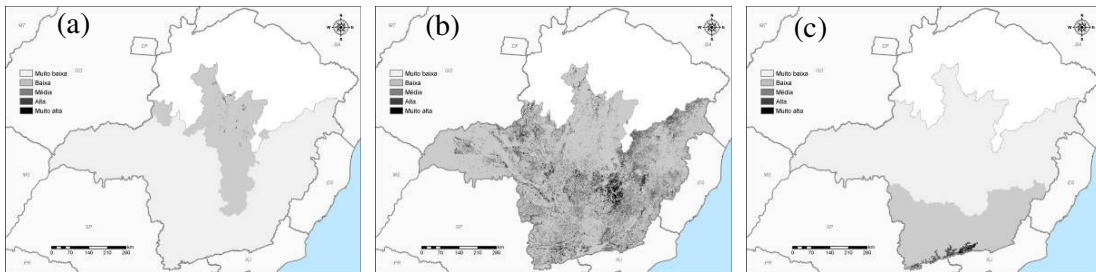
Os resultados obtidos neste trabalho estão expressos na forma de mapas digitais no formato Esri Shape<sup>®</sup> e encontram-se reproduzidos a seguir. Além disso, todos os resultados estão disponíveis em formato tabular por município, sub-bacia e bacia hidrográfica do Estado.



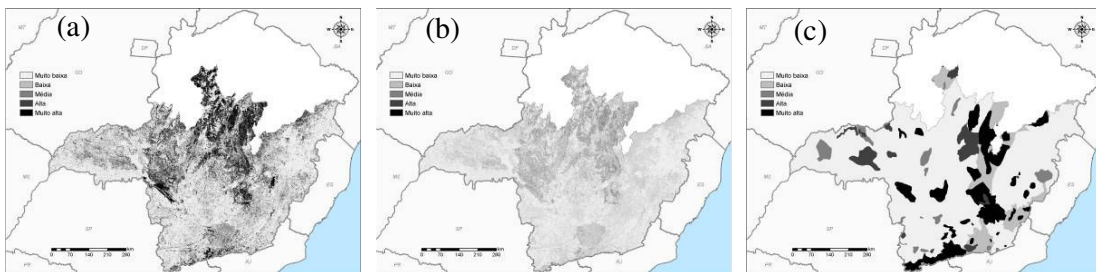
**Figura 7.** Relevância regional de (a) campo, (b) campo rupestre e (c) campo cerrado.



**Figura 8.** Relevância regional de (a) cerrado, (b) cerradão e (c) vereda.

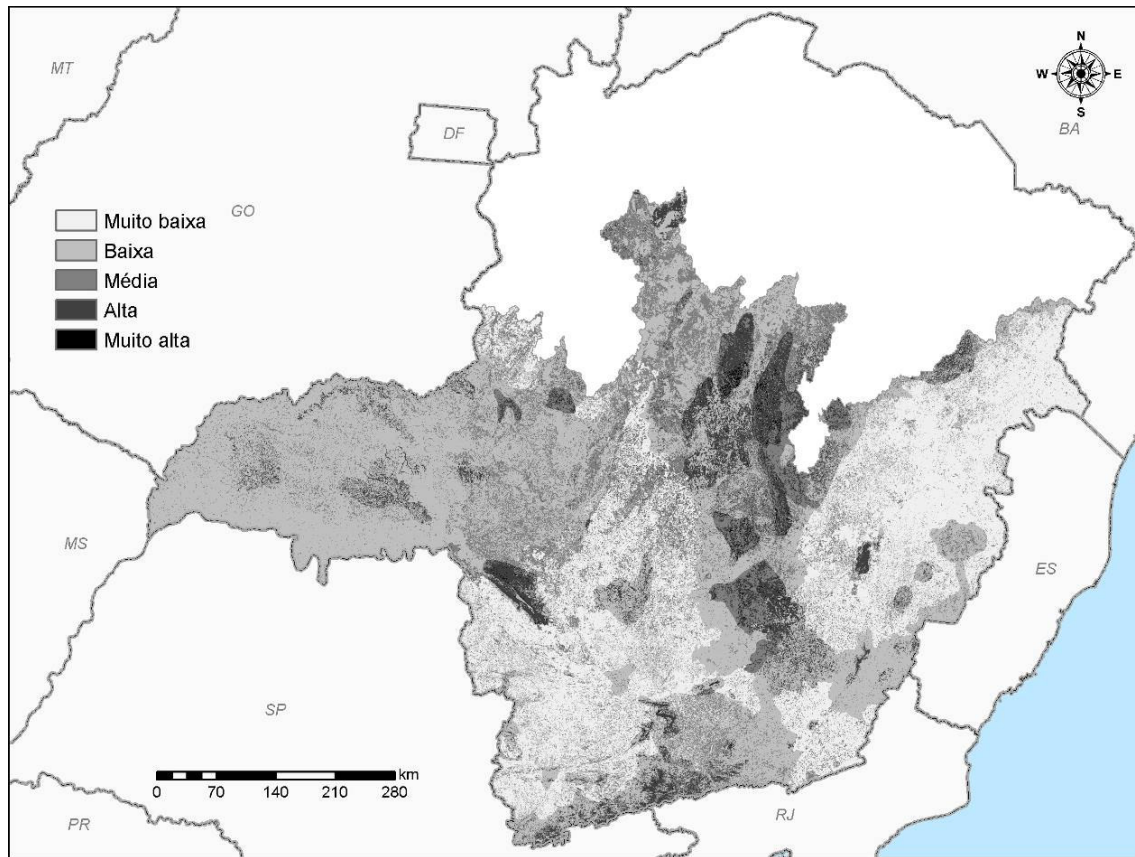


**Figura 9.** Relevância regional de florestas (a) decídua, (b) semidecídua e (c) ombrófila.



**Figura 10.** (a) Grau de conservação, (b) heterogeneidade espacial e (c) prioridade de conservação.

O resultado da sobreposição ponderada em um sistema de informações geográficas dos indicadores apresentados acima (**Figuras 7 a 10**) gerou o mapa de integridade do componente flora (**Figura 11**). Este mapa será combinado com outros aspectos do meio biótico, como a integridade da fauna, e do meio abiótico, como aspectos relativos à solos, clima, geologia, relevo e hidrologia, para gerar a Carta de Vulnerabilidade Natural do ZEE-MG. Esta carta será, então, combinada com uma Carta de Potencialidade Social para gerar o chamado índice ecológico-econômico que dará subsídio à gestão territorial em Minas Gerais.



**Figura 11.** Integridade do componente flora da Carta de Vulnerabilidade Natural de Minas Gerais resultante da sobreposição ponderada dos indicadores da vegetação.

#### 4. Referências

Burrough, P. A.; Mcdonell, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998, 333 p.

ESRI. **Using ArcGIS Spatial Analyst**. Redlands: ESRI Press, 2002. 232 p.

Scolforo, J. R. S; Carvalho, L. M. T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 288 p.