

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**GUSTAVO COSTA TEIXEIRA**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MANDU, SUL DE MINAS GERAIS**

**Alfenas/MG  
2016**

**GUSTAVO COSTA TEIXEIRA**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MANDU, SUL DE MINAS GERAIS**

*Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Tecnologia Ambiental.*

*Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato (UNIFAL-MG)*

**Alfenas/MG  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Teixeira, Gustavo Costa.

Zoneamento geoambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Mandu, Sul de Minas Gerais / Gustavo Costa Teixeira. – Alfenas - MG, 2016.

52 f.

Orientador: Ronaldo Luiz Mincato.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, 2016.

Bibliografia.

1. Geoprocessamento. 2. Análise de Sistemas. 3. Política Ambiental. I. Mincato, Ronaldo Luiz. II. Título.

CDD-623.31



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000  
Fone: (35) 3299-1379(Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)  
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



**GUSTAVO COSTA TEIXEIRA**

**“Zoneamento Geoambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Mandu, sul de Minas Gerais.”**

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Pesquisa: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 09 de março de 2016.

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato  
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Walbert Júnior Reis dos Santos  
Instituição: IFSULDEMINAS

Assinatura: 

Prof. Dr. Breno Régis Santos  
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço a todos os seres humanos que contribuíram de alguma forma para a realização desta pesquisa.*

*“O crioulo doido respeita o rastafari  
E pede licença pra poder cantar  
Essa nossa teoria secular  
És responsável por tudo que cativar  
Quem plantou? Quem colheu? Quem aguou?  
Vamos ser feliz que o sofrimento já passou  
Queima, todo ódio e rancor  
Queima, o pé de breque que embaçou  
Queima, toda maldade na babilon”  
(Pé de Breque, Criolo)*

## RESUMO

*O processo de urbanização acelerado e de concentração de pessoas e atividades econômicas em um mesmo local ocasiona pressões sobre os ambientes e, como consequência altera e impacta de forma deletéria bacias hidrográficas. Portanto, o desenvolvimento sustentável é um grande desafio, e é primordial para melhorar a qualidade de vida e do ambiente. Neste cenário, foi elaborado o Zoneamento Geoambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Mandu, sul de Minas Gerais, que cobre parte dos municípios de Borda da Mata, Estiva, Ouro Fino e Pouso Alegre. O trabalho foi feito a partir da concepção de Geoecologia das Paisagens, que é baseada no conceito de geossistemas, que analisa a paisagem como um todo, considerando as relações entre natureza, economia, sociedade e cultura, visando representar a interação da natureza com o homem. Neste modelo foram utilizadas ferramentas de sistema de informação geográfica. Os produtos cartográficos elaborados podem contribuir para o desenvolvimento de novas pesquisas na área e também fornecer subsídios para a definição de políticas públicas e para tomada de decisões relativas à solução e/ou mitigação dos problemas ambientais. A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu apresenta 57% de áreas estáveis, considerando as estáveis e medianamente estáveis e 43% de áreas instáveis. Portanto, o Zoneamento Geoambiental é uma ferramenta importante para definição de medidas mitigadoras visando para a melhoria da qualidade de vida e manutenção da estabilidade ambiental.*

**Palavras-chave:** *Geoprocessamento. Geossistema. Planejamento Ambiental.*

## ABSTRACT

*The process of accelerated urbanization and concentration of people and economic activities in one place cause pressure on the environment and, as a consequence, change and impact of deleterious form watershed, Therefore, sustainable development is a big challenge, and it is essential to improve the quality of life and the environment. In this scenario, it was produced the Geoenvironmental Zoning of the river Mandu watershed, South of Minas Gerais state, which covers part of the municipalities of Borda da Mata, Estiva, Ouro Fino and Pouso Alegre. The work was done from the concept of Geoecology of Landscapes, based on the concept of geosystems, which analyzes the landscape as a whole, considering the relationships among nature, economy, society and culture, aiming to represent the interaction between nature and humans. In this model were used tools of geographic information system. The cartographic products elaborated can contribute to the development of new research in the area and also provide subsidies for the definition of public policies and decision-making concerning to the solution and/or mitigation of environmental problems. The river Mandu watershed presents 57% stable areas, considering the stables and moderately stables, and 43% of unstable areas. Therefore, Geoenvironmental Zoning is an important tool for defining mitigating measures, aiming to improve the quality of life and maintaining the environmental stability.*

**Keywords:** *Geoprocessing. Geosystem. Environmental Planning.*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Geossistema .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Geoecologia das Paisagens .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Bacias Hidrográficas .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Geoprocessamento .....</b>	<b>13</b>
<b>2.5</b>	<b>Zoneamento Geoambiental .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais Cartográficos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Fase de Organização .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Fase de Inventário .....</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>

## **SEGUNDA PARTE** **32**

<b>ARTIGO Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, Sul de Minas Gerais, com base na Geoecologia das Paisagens .....</b>	<b>33</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>34</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece (TRICART, 1977). Pois vivemos num ambiente de aceleradas mudanças, onde sua deterioração é flagrante e, normalmente, explicada pelo impacto de atividades humanas na natureza. Todavia, a condição do ambiente está constantemente mudando, não só pelas influências antrópicas, mas também pelos fenômenos e processos naturais (SATAKUNAS; NYAMBE; SIMPSON, 2001). Para Machado (2013), a intensidade da ação antrópica na ocupação de terras para fixação de populações em núcleos urbanos e para o desenvolvimento de atividades econômicas conduziu a um quadro de degradação ambiental jamais visto, em praticamente todo o planeta.*

*Para avaliar o ambiente e suas alterações, Pereira (2012) destaca que a avaliação dos atributos do meio físico permite identificar áreas críticas ou frágeis, em relação ao uso e ocupação, que devem ser protegidas por políticas públicas. Rufino (2002) complementa que a ausência, carência ou a má aplicação de políticas públicas de planejamento provocam sérios problemas ambientais, tais como, a poluição do ar, das águas, dos solos, enchentes, erosões, assoreamentos, deslizamentos e supressão da vegetação nativa, que trazem consequências deletérias aos ecossistemas e ao cotidiano da população.*

*Nesta situação, o Zoneamento Geoambiental pode ser caracterizado como um instrumento de auxílio ao planejamento e ao ordenamento territorial, em escala regional ou local, pois possibilita a caracterização de áreas quanto às aptidões e restrições às atividades já em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas, além de indicar porções do terreno com uma maior qualidade ambiental (GRECCHI, 1998).*

*Assim, este trabalho objetivou a proposição do Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, no sul de Minas Gerais, para auxiliar na utilização dos recursos naturais em equilíbrio com o meio ambiente. Assim, caracterização dos aspectos físicos e a separação da área de estudo em unidades de características peculiares próprias, poderá facilitar a tomada de decisão pelos órgãos do poder público para o uso adequado do solo e a preservação da natureza.*

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

*Neste tópico são apresentados os principais conceitos que basearam a pesquisa, são eles: Geossistema, Geoecologia das Paisagens, Bacias Hidrográficas, Geoprocessamento e Zoneamento Geoambiental.*

### 2.1 Geossistema

*A ideia de uma visão totalizadora das interações da natureza com a sociedade no mundo acadêmico começou no final do século XVIII e no princípio do século XIX, com os trabalhos de Kant, Humboldt e Ritter (RODRIGUEZ; SILVA, 2002). Realmente, a análise das interações da natureza com a sociedade foram empreendidas dentro do contexto da Geografia e tiveram como consequência o surgimento de duas formas de analisar a configuração do planeta Terra: uma visão voltada para a natureza, com as concepções principalmente de Humboldt, e, posteriormente, do russo Dokouchaiev, formando as bases da Geografia Física e da Ecologia Biológica, e uma visão centrada no Homem e na Sociedade, que foi a concepção da Geografia Humana ou a Antropogeografia de Karl Ritter (RODRIGUEZ; SILVA, 2002).*

*Na década 60 do século XX, Victor Sotchava, especialista siberiano, pela primeira vez tentou elaborar a Teoria dos Geossistemas. Para tanto, utilizando toda a teoria sobre paisagens (Landschaft), elaborada pela Escola Russa, interpretou essa herança sob uma visão da Teoria Geral de Sistemas. Isso significava que o conceito de Landschaft (paisagem natural) foi considerado como sinônimo da noção de geossistema, definido por Sotchava (1977) como categoria de sistemas abertos, dinâmicos e hierarquicamente organizados. Assim, a paisagem era considerada como uma formação sistêmica, constituída por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação. Então, pela primeira vez, a análise espacial, própria da Geografia Física, articulava-se com a análise funcional, própria da Ecologia Biológica (RODRIGUEZ; SILVA, 2002).*

*O conceito de sistema, para Tricard (1977), é o melhor instrumento lógico disponível para estudar os problemas ambientais, pois possibilita uma atitude dialética entre a análise – resultante do processo da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade de uma visão única, do todo, capaz de testar uma ação eficaz no ambiente. Este conceito é dinâmico e, por este motivo, é apropriado para disponibilizar os conhecimentos básicos para as ações necessárias, o que não acontece com um inventário, por ser meramente estatístico.*

*Bertrand (1971) define geossistemas como uma unidade dimensional, variável de alguns a algumas centenas de quilômetros quadrados, que satisfazem a dados ecológicos relativamente estáveis. E resulta da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos. E, complementa, que o geossistema constitui suporte para os estudos de organização do espaço, porque ele é compatível com a escala humana. É o “potencial ecológico” do geossistema, estudado por si e não sob o aspecto limitado de um simples “lugar”.*

## **2.2 Geoecologia das Paisagens**

*Segundo o conceito de geossistema proposto por Sotchava, a Geoecologia das Paisagens constitui uma abordagem teórico-metodológica com enfoque sistêmico e interdisciplinar, pois subsidia as bases necessárias para o planejamento ambiental territorial, fornecendo um diagnóstico operacional. No intuito de propiciar as bases fundamentais para o planejamento ambiental, um dos principais objetivos da Geoecologia da Paisagem é o de desenvolver uma classificação e uma cartografia das unidades de paisagem de um território. Os produtos cartográficos tanto podem representar os resultados de análises e pesquisas realizadas, como também servirem de referências para o desenvolvimento de outras investigações ou propostas de gestão ambiental (SILVA; GORAYEB; RODRIGUEZ, 2010).*

*A análise integrada dos fatores naturais e antrópicos, considerando a identificação socioeconômica e geocológica, é fundamental na proposta de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2002), pois possibilita um enfoque estrutural, evolutivo-dinâmico, antropogênico, integrativo para a manutenção da paisagem. Assim, por seu caráter interdisciplinar e pelo enfoque integrado, que envolve a*

*complexidade das interações socioambientais, permite a execução de zoneamentos paisagísticos / geoecológicos, que são essenciais para o estabelecimento de estratégias de planejamento e gestão (SILVA; RODRIGUEZ, 2014).*

*De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2002), esta pesquisa segue o enfoque funcional, cujo propósito é o de explicar como a paisagem é estruturada, quais são relações funcionais de seus componentes, o motivo de estar estruturada de certa maneira (relações genéticas ou casuais) e para que esteja estruturada de determinado modo (funções naturais e sociais).*

*Esta visão é amparada no conceito de paisagem, que para Souza (2013) é um dos elos mais concretos entre o homem e a natureza, pois, reflete diferentes configurações do espaço socioambiental ao longo do processo histórico, sendo responsável pela criação de identidades e toma parte do patrimônio cultural e ambiental de cada local.*

*Para Bertrand (1971), paisagem é um termo impreciso e pouco utilizado, por esta razão, cômodo, pois cada um faz uso da forma que lhe agrada, na maioria das vezes acrescentando uma qualidade que restringe seu real significado, por exemplo, paisagem vegetal. Portanto, a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos diferentes. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, sempre em evolução. Assim, é cumpre destacar que não se trata somente da paisagem “natural”, mas da paisagem total, integrando todas as implicações da ação antrópica. De tal modo, estudar uma paisagem é antes de tudo apresentar um problema de método.*

*Cavalcanti (2014) descreve a paisagem como entidades geoecológicas, no significado, de que constituem um objeto com dimensão definida na superfície terrestre e possuem ritmo e desenvolvimento dependentes das leis da física. Contudo, as paisagens podem ser humanizadas por diferentes conjuntos culturais ao longo da história da sociedade, que lhes confere um novo caráter, o cultural, com manifestações materiais e imateriais, afetando o funcionamento geoecológico e as decisões sobre seu destino.*

*A paisagem ainda deve ser observada de outro modo, não de forma estática e fixa, uma vez que as paisagens de todo o mundo estão sempre mudando, seja em*

*escala temporal e/ou espacial. Pois, na verdade, ver as paisagens como um objeto “inalterável” nega o próprio caráter independente da natureza (BERGER, 2007).*

*Seguindo esta conceituação, da constante mudança da paisagem, é necessário um ordenamento para melhor avaliar sua condição e possibilitar uma análise futura, visando prevenir possíveis danos. Portanto, o Zoneamento Ambiental assume este papel, que é definido, pelo IBAMA (2015), como uma ferramenta de planejamento integrado, sendo uma proposta para direcionar ao uso racional dos recursos naturais, mantendo a biodiversidade, os processos naturais e os serviços ambientais ecossistêmicos.*

*Para definir as tendências e os padrões geográficos e temporais de mudanças sobre os terrenos da cobertura terrestre é necessário conhecer quais são os processos naturais e quais são os induzidos pelas ações humanas, que levam a mudanças na cobertura terrestre e no uso dos solos. Incluindo processos como desmatamento, desertificação e perda de recursos globais (DINIZ, 2002). Portanto, o zoneamento possibilita uma análise sistêmica da paisagem para ordenamento e planejamento do território, considerando os elementos naturais, o homem, as ações antrópicas, as relações políticas e institucionais da sociedade (RIBEIRO, 2013).*

### **2.3 Bacias Hidrográficas**

*A bacia hidrográfica é vista como uma paisagem, pois é compreendida como uma área ou porção de área topograficamente definida, delimitada pelos divisores de águas, ou seja, linhas que unem os pontos de cotas mais elevadas, drenada por um curso d'água ou por um sistema interligado de cursos d'água, cuja vazão efluente é direcionada para uma única saída. Para ser sustentável, seu manejo passa basicamente pela adoção de procedimentos que atendam aos requisitos de educação, conscientização, proteção, conservação e adoção de práticas ou técnicas de baixo ou quase nulo impacto ambiental negativo, ou seja, que gere o mínimo de passivo ao meio ambiente (GOMES, 2010).*

*Prochnow (1990, citado por SILVA, 2005) destaca diferentes processos de modificação como os principais responsáveis pelas alterações das condições naturais do meio físico em uma bacia hidrográfica. Dentre estas, são ressaltadas: 1)*

as atividades agropecuárias e agroindustriais; 2) o desmatamento; 3) a erosão e o assoreamento e 4) a ocupação humana. Estes processos de modificação são caracterizados pelo Zoneamento Geoambiental e, em decorrência, apontadas as soluções, caso necessárias, para remediar ou prevenir as alterações.

Para o desenvolvimento de tais atividades, o uso sustentável da água é primordial e a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia hidrográfica é a única forma de conter impactos irreversíveis (ANDRADE JÚNIOR; SILVA; LEAL, 2010). Portanto, para o gerenciamento integrado dos recursos naturais é fundamental a utilização do conceito de bacia hidrográfica, como unidade de planejamento ambiental (CRESTANA; MINOTI; NEVES, 2010).

Devido às diferenças de dimensões e de complexidades das relações socioambientais para o planejamento de bacias hidrográficas, a análise sistêmica é essencial e a Geoecologia da paisagem, pela sua característica sistêmica, ao englobar as relações entre a sociedade e a natureza é basilar para a adequada elaboração do planejamento e gestão de bacias hidrográficas (SILVA; RODRIGUEZ, 2014).

## **2.4 Geoprocessamento**

Segundo Câmara e Davis (2009), o Geoprocessamento gera informações a partir de técnicas computacionais e matemáticas. Sua influência aumenta cada vez mais no diagnóstico de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano. O Sistema de Informação Geográfico (SIG) é comumente confundido com Geoprocessamento, porém, é de fato, ferramenta do Geoprocessamento, que possibilita análises complexas por meio da associação de dados, gerando bancos de dados geográficos georreferenciados, que resultam na produção automática de mapas.

O uso de SIG está, cada vez mais, comum em universidades e órgãos públicos e privados, pois conjuntos de dados são criados em níveis nacionais, regionais, estaduais e locais. Uma vez adquiridos, os dados podem ser facilmente analisados por pessoal tecnicamente competente e armazenado indefinidamente (GERGEL et al., 2002).

*Para Briguenti (2005), a capacidade de realizar operações com dados espaciais permite ao SIG o levantamento, a manipulação digital, o mapeamento e a análise de um conjunto de atributos georreferenciados. Com isso, os aplicativos SIG estão, de forma crescente, contribuindo para a produção do conhecimento científico e para a tomada de decisões, entre outras, de planejamento urbano, regional e nacional.*

*Fernandes e Pessoa (2010) enfatizam que a utilização de SIG e de Sensoriamento Remoto é útil na estruturação de dados geoambientais, pois possibilitam que informações georreferenciadas, apresentadas num dado plano de informação temático, sejam cruzadas com outros planos de informação da área-alvo, na mesma escala do anterior, e com resultados originados a partir de outras técnicas. Portanto, são importantes ferramentas integradoras do conhecimento local, de destacada utilidade no monitoramento do uso e ocupação da terra, em zoneamentos, na análise da quantidade e disponibilidade dos recursos naturais, entre outras.*

*O ambiente de SIG possibilita quantificar e detalhar em escalas modulares e contínuas temporalmente, que são indispensáveis para o acompanhamento das mudanças passíveis de medições, visando aplicações de monitoramentos geoambientais (DINIZ, 2002). Com o auxílio do SIG, as relações espaciais são explicadas e visualizadas nos mapas, com a possibilidade de desenvolver cenários espaciais e avaliar intervenções no ambiente (LANG; BLASCHKE, 2009). Pelo cruzamento de dados (overlay mapping), uma ferramenta com grandes vantagens, é possível realizar a sobreposição de informações em um mapa final unificado (WERNECK; SILVA, 2010). Em relação aos estudos ambientais, os SIG vêm sendo muito empregados na realização de mapeamentos temáticos, de diagnósticos ambientais, de avaliação impactos ambientais e de ordenamento territorial (SILVA, 2005).*

## **2.5 Zoneamento Geoambiental**

*De acordo com Sato (2012), o zoneamento geoambiental corresponde à síntese cartográfica resultante da integração dos inventários de caracterização física*

e caracterização socioeconômica. Tem por meta determinar os tipos de uso funcionais e os objetos de proteção nas paisagens, pelas Unidades de Paisagens que são caracterizadas pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos e litologia, podendo também ser apenas um desses elementos (ROSS, 1992). Elas possuem fronteiras de difícil delimitação, pois a taxonomia varia, ocupando um espaço e um período de tempo determinados, sendo que seus elementos fatores determinantes para sua existência (MONTEIRO, 2000).

A paisagem é a principal categoria de análise de estudo de geossistemas. Para Bertrand (1971), a paisagem é uma parcela do espaço, referente à integração dinâmica e instável de fatores físicos, biológicos e antrópicos, que a partir de suas relações formam uma associação única. Já, para Christofolletti (1998), a paisagem é um conceito essencial para a compreensão do espaço como um sistema ambiental, físico e socioeconômico, que integra e estrutura o funcionamento e a dinâmica dos fatores físicos, biogeográficos, sociais e econômicos. Estas relações espaciais são entendidas como um estudo complexo e sem influência das organizações espaciais.

A partir da compreensão dos geossistemas, as transformações da paisagem, como produto das interferências nos tipos de ocupação, podem ser caracterizadas, pois os geossistemas são utilizados para definir as Unidades de Paisagem, que compreendem fenômenos naturais, geomorfologia, clima e hidrografia e, dentro delas, também estão os fenômenos antrópicos, ou seja, os aspectos socioeconômicos. A partir da interação destes fenômenos é avaliada a intervenção da sociedade na modificação da paisagem (GUERRA; MARÇAL, 2006).

A dinâmica da paisagem é caracterizada pela interação dos fatores do sistema natural e antrópico, o que torna, por um lado, complexa a delimitação de Unidades de Paisagem e, por outro, possibilita distinguir a fragilidade dos ambientes nas unidades e, assim, auxilia a gestão territorial.

A análise sistêmica, para Rodriguez (1994), tem como base a conceituação de paisagem como um “todo”, onde a relação entre natureza, economia, sociedade e cultura, num contexto com diversas variáveis, que visa representar a interação entre a natureza e o homem. Esta análise sistêmica é baseada em três princípios fundamentais, o genético, o estrutural sistêmico e o histórico.

A partir da análise sistêmica, a gestão territorial visa nortear as ações antrópicas no ambiente. Portanto, os estudos ambientais voltados ao planejamento são um mecanismo de controle das interferências no espaço, a partir de

*diagnósticos, estudos de impactos, levantamentos físicos e territoriais, ou seja, contribui para prever ordenamento futuro da organização do espaço. Logo, a gestão do território é uma ferramenta essencial para garantir à sociedade uma melhoria da qualidade de vida. Para tanto, as análises ambientais amparadas em estudos setoriais ou pela integração das propriedades físicas, econômicas e sociais de determinado espaço, permitem identificar, em escalas locais ou regionais, categorias particulares de identificação e avaliação de impactos ambientais, de avaliação de recursos naturais, de reconhecimento de áreas de riscos geoambientais, de avaliação de áreas vulneráveis à ocorrência de eventos naturais que possam causar graves impactos.*

*A realização de estudos e análises integradas entre os sistemas ambientais e antrópicos é fundamental para determinar e caracterizar as unidades geoambientais, com o propósito de diagnosticar as vulnerabilidades ambientais e propor as medidas necessárias para a prevenção, intervenção, conservação, proteção e conservação dessas unidades (BARROS, 2011).*

*Para Silva e Rodriguez (2014), no entanto, o planejamento e a gestão ambiental não podem concentrar suas análises e ações apenas nos dois principais elementos da natureza, o clima e os recursos hídricos. É necessário ir além e optar por um enfoque mais amplo e sistêmico, que compreenda a extensa complexidade que constitui as inter-relações entre a sociedade e o meio, no âmbito de uma bacia hidrográfica*

*O planejamento ambiental não é meramente um instrumento para articular o processo de tomada de decisão, mas, substancialmente, um elemento integrador, sistêmico, probabilístico que exige uma visão sistêmica permeada de princípios de diferenciação e integração territorial, de funcionalidade, de dinâmica, bem como de participação e controle social (BARROS, 2011).*

*Para tanto, o uso da informação sobre os serviços ambientais no ordenamento territorial, embora se encontre no corpo dos conceitos relativos ao tema, não são abordados de maneira prática nos modelos de ordenamento, nem se quer são mencionados nos trabalhos que tratam de avaliar a vocação do território a partir das características dos seus processos e recursos naturais (MARTÍNEZ et al., 2014).*

*Uma forma de elaborar um zoneamento geoambiental é com a aplicação das ferramentas de levantamento e de caracterização das informações: a avaliação*

*ambiental relativa aos atributos do meio físico e a avaliação de alterações introduzidas por atividade modificadoras (SILVA, 2005).*

*A sociedade visa adequar os recursos disponíveis na paisagem, que são, na maioria das vezes, conflitantes, considerando um uso inadequado dos recursos, o que gera consequências indesejáveis, e torna a Geoecologia uma valiosa ferramenta de suporte à decisão quanto ao ordenamento territorial (CAVALCANTI, 2014).*

*Diversas pesquisas no Brasil trabalham com o Zoneamento Geoambiental e dão suporte para o desenvolvimento deste trabalho. Silva (2005) utiliza a Lógica Fuzzy para o auxílio do Zoneamento Geoambiental; Bazzan e Robaina (2008), De Nardin e Robaina (2010) e Robaina et al. (2011) trabalharam no Zoneamento Geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul; Silva, Chavez e Alves (2010) utilizaram sensoriamento remoto e geoprocessamento para o Zoneamento Geoambiental na Paraíba; Souza, Fontes e Moreau (2011) fizeram uso do Zoneamento Geoambiental para analisar as transformações da paisagem em Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, na Bahia; Sato e Cunha (2013) utilizaram no Zoneamento Geoambiental do Município de Itanhaém na baixada santista, em São Paulo; Pereira (2012) no Zoneamento Geoambiental de Bacia Hidrográfica em Martinópolis, São Paulo; Ribeiro (2013) que utiliza o Zoneamento Geoambiental como subsídio para o gerenciamento costeiro no litoral norte de São Paulo; Souza (2013) utilizou na identificação de Geossistemas em Bacias Hidrográficas, em Alagoas; Santos et al. (2014) na elaboração da proposta de Zoneamento Geoambiental da Bacia do Rio Almada, na Bahia; Amorin e Oliveira (2008) estudaram as unidades de paisagem como categoria de análise geográfica em São Vicente, São Paulo; Dias e Oliveira (2012) analisaram as paisagens do sul do Estado de São Paulo e um outro exemplo de trabalho foi a pesquisa iraniana de Zamani et al. (2014), que realizaram o Zoneamento Geoambiental do Irã.*

### **3 MÉTODO**

*A proposição do Zoneamento Geoambiental seguiu a metodologia proposta de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007). Este método é dividido em 6 fases, que são elas: Fase de Organização, Fase de Inventário, Fase de Análise, Fase de Diagnóstico, Fase de Proposição e Fase de Execução. Cada fase foi responsável pela elaboração de determinados produtos cartográficos.*

*O desenvolvimento desta pesquisa se deu até a quinta fase, a Fase Propositiva, pois a sexta fase, a Fase Executiva, depende do poder público para sua efetivação, já que este trabalho visa à proposição de um ordenamento territorial.*

*Neste capítulo os materiais bases produzidos nas Fases de Organização e de Inventário são apresentados.*

#### **3.1 Materiais Cartográficos**

*A elaboração dos materiais bases para o desenvolvimento da pesquisa seguiu a compilação de trabalhos e mapas já elaborados referentes ao tema da pesquisa e também sobre a área de estudo.*

#### **3.2 Fase de Organização**

*Esta fase consistiu na análise de pesquisas sobre a temática, fundamentação da pesquisa com definição de objetivos, levantamento de materiais e metodologias a serem utilizadas. Em relação à área de estudo a pesquisa de Ribeiro et al. (2016) auxiliou na delimitação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu e na identificação dos solos predominantes que também foi analisado pelo trabalho de UFV et al. (2010). O substrato geológico foi adaptado da CPRM (1998). Os demais trabalhos já citados no tópico 2.5. contribuíram de forma substancial para o resultado final.*

### 3.3 Fase de Inventário

Nesta fase, responsável por caracterizar os aspectos físicos e socioeconômicos da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, foi realizada a digitalização das cartas topográficas (Quadro 1) em escala 1:50.000 (IBGE, 1971, 1972) para a obtenção da drenagem, das nascentes e pontos cotados. As curvas de nível e a declividade foram geradas a partir da imagem Aster (GDEM), a primeira resultou no Mapa Hipsométrico e a segunda no Mapa de Declividade.

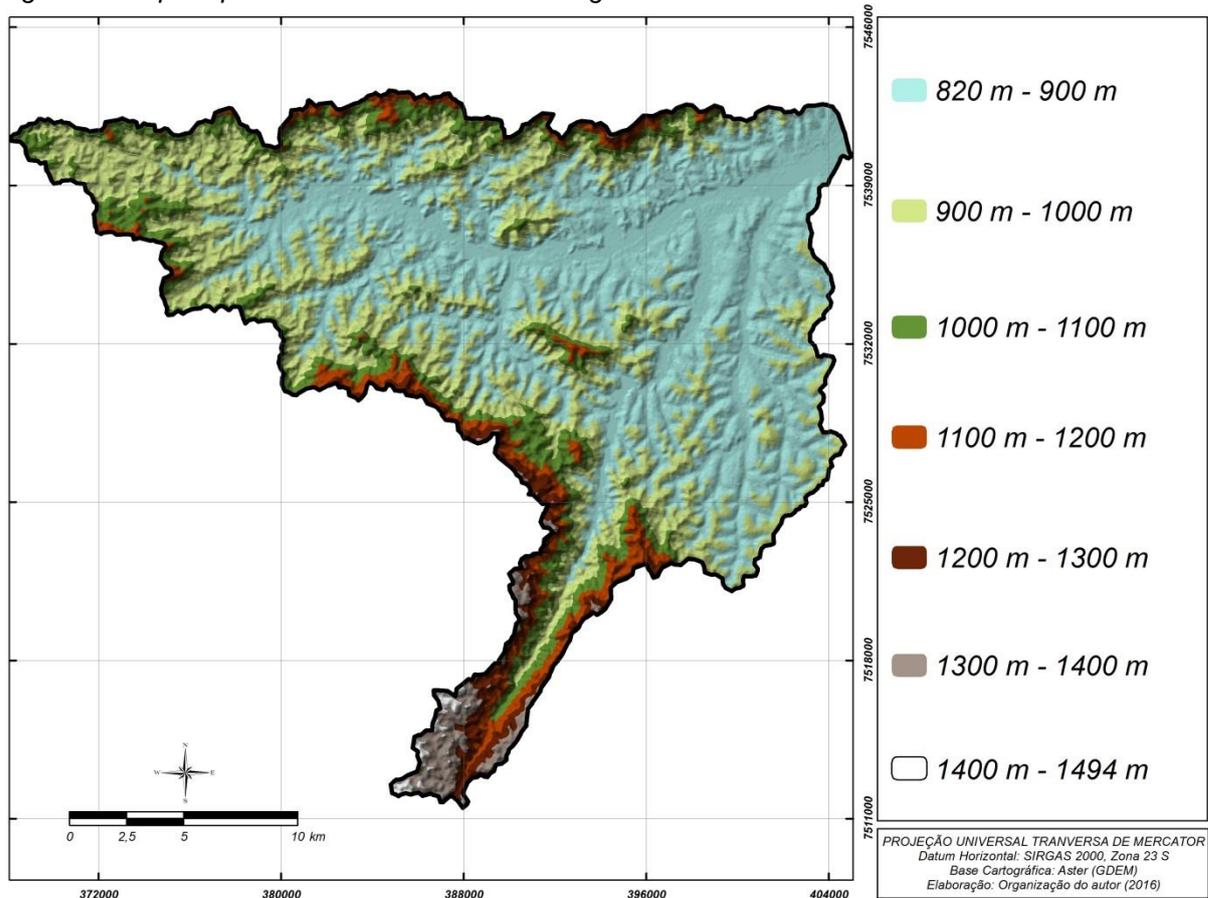
Quadro 1 - Cartas Topográficas

<b>CARTA</b>	<b>FOLHA</b>
<i>Santa Rita de Caldas</i>	<i>SF-23-Y-B-I-1</i>
<i>Ipuiúna</i>	<i>SF-23-Y-B-I-2</i>
<i>Borda da Mata</i>	<i>SF-23-Y-B-I-4</i>
<i>Pouso Alegre</i>	<i>SF-23-Y-B-II-1</i>
<i>Conceição dos Ouros</i>	<i>SF-23-Y-B-II-3</i>

Fonte - IBGE (1971, 1972).

O Mapa Hipsométrico (Figura 1) possui 7 classes, com altitudes entre 820 m e 1494 m, e intervalos entre as classes de 100 m.

Figura 1 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

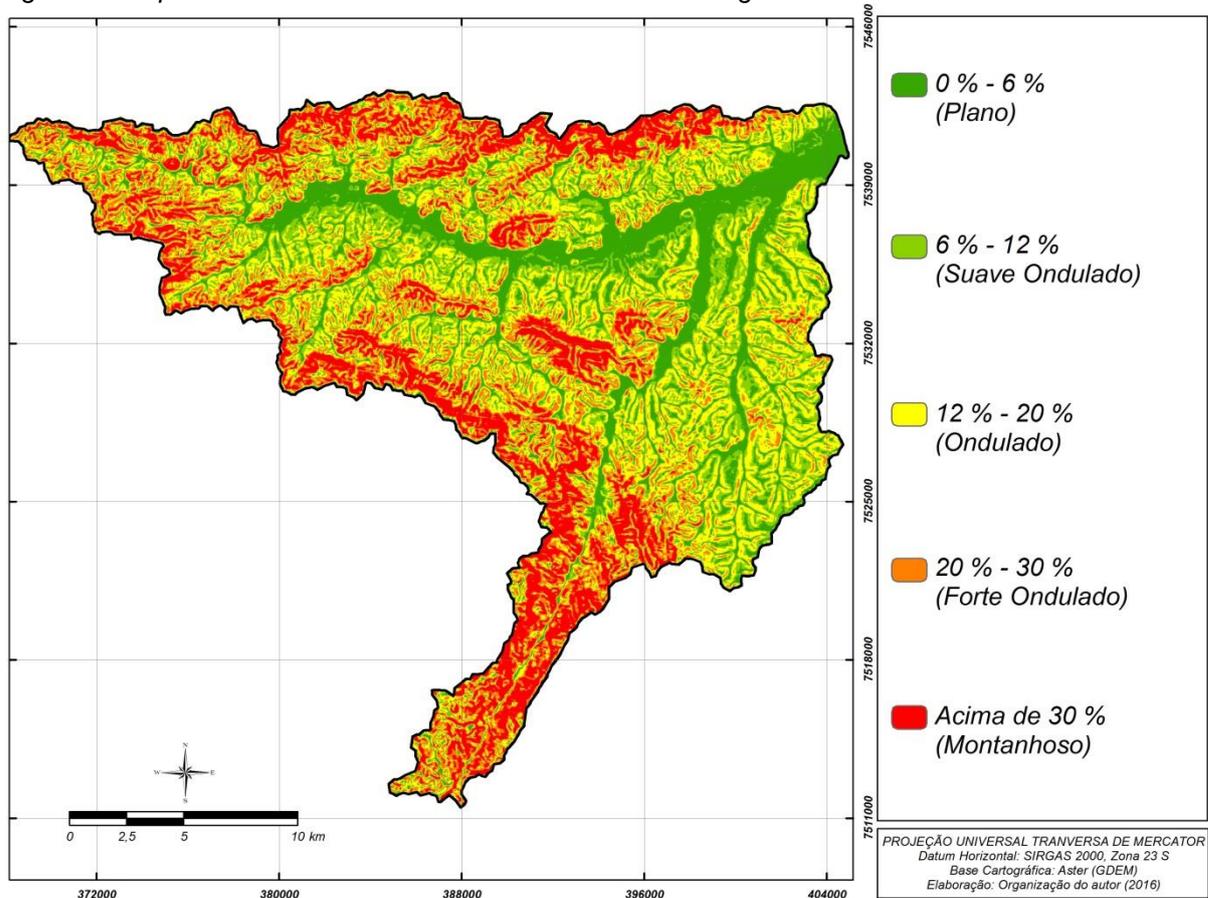


Fonte - Elaboração do autor.

O Alto da Boa Vista, localizado ao sul no Município de Estiva, é a maior altitude, com 1.494 m e 820 m a menor altitude encontrada está na confluência entre o Rio Sapucaí-Mirim e o Rio Mandu, a nascente deste último rio está localizada a 920 m de altitude na Serra dos Marianos, com direção E-W. Esta serra é o divisor topográfico entre as bacias dos Rios Mandu e do Cervo.

O Mapa de Declividade (Figura 2) apresenta a declividade em 5 classes representadas em porcentagem, classificadas segundo Lepsh et al. (1983).

Figura 2 - Mapa de classes de declividade da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

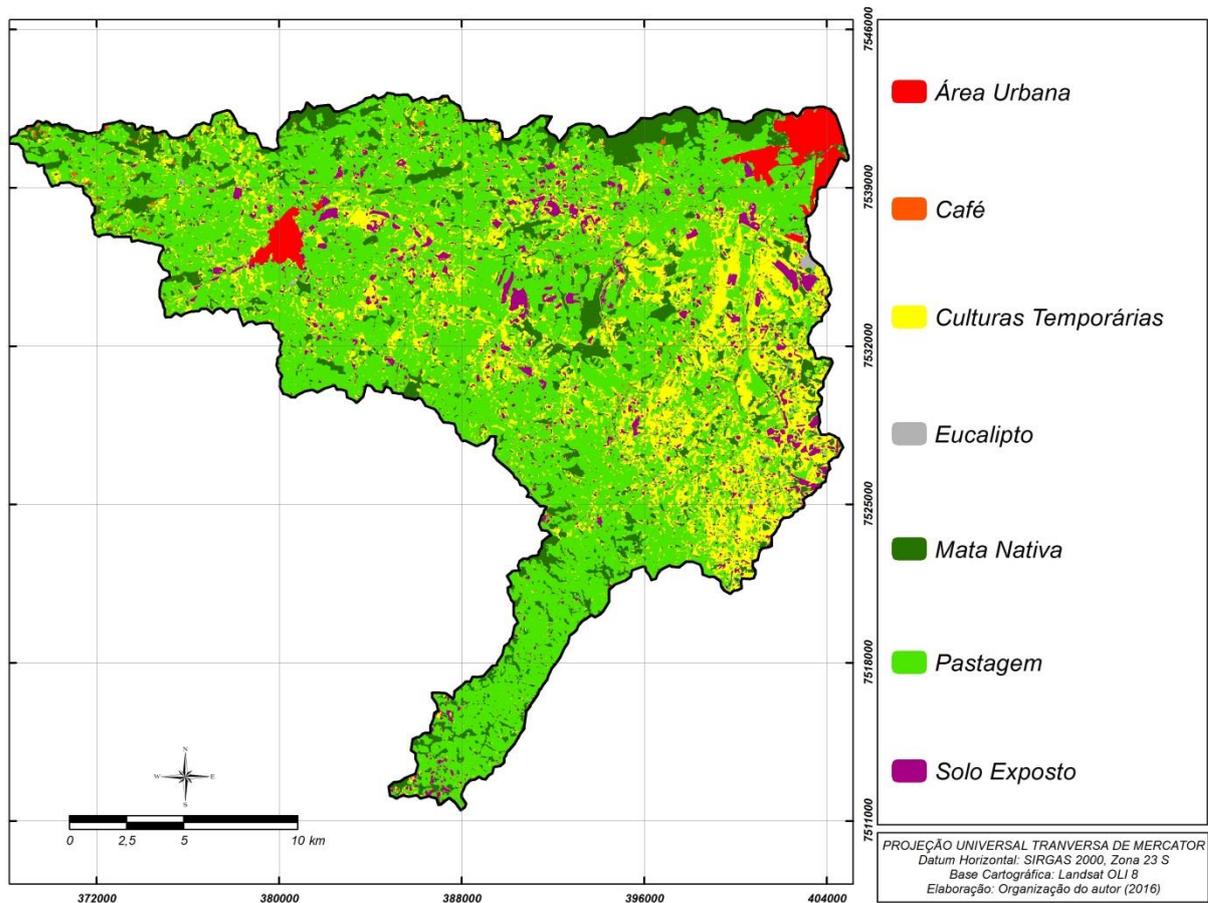


Fonte - Elaboração do autor.

A maior parte do relevo possui declividade entre 12 e 20% (Ondulado) representado por 28% da área, seguido por Suave Ondulado com 19,8%, Forte Ondulado com 18,6%, Plano com 17,2% e Montanhoso com 16,4%.

O Mapa de Uso do Solo (Figura 3) é proveniente da classificação da imagem do Satélite Landsat OLI 8 de setembro de 2015, a segmentação da imagem foi realizada a partir de composição colorida 4R, 3G e 2B, onde a banda 8 pancromática foi fundida à composição colorida para obter um produto híbrido que associasse informações espectrais dos canais do visível com maior detalhamento geométrico da banda pancromática. A classificação foi realizada no software ENVI 5.0 com a técnica de classificação por segmentos, com os limiares de nível de escala de 60 e nível de dissolução de 65, de acordo com Ribeiro et al. (2016). O arquivo vetorial foi então corrigido por reclassificação manual no ArcGIS 10.2®.

Figura 3 - Mapa de Uso e do Solo da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.



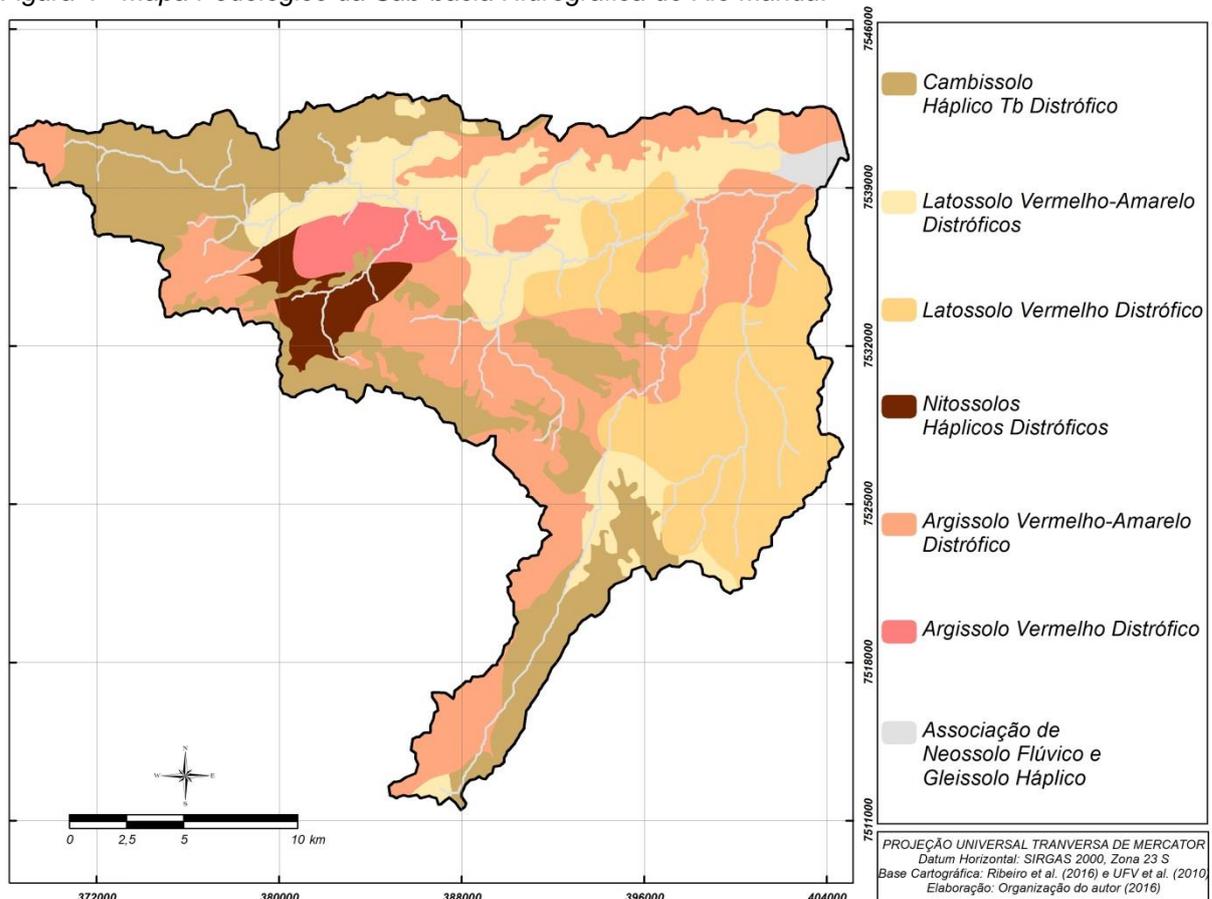
Fonte - Elaboração do autor.

Dentre os usos encontrados, o destaque é para a pastagem com 58,92%, uma vez que os processos morfodinâmicos identificados estão em grande parte nas maiores declividades nesta área, seu uso deve ser baseado em práticas conservacionistas para evitar a degradação ambiental. As culturas temporárias ocupam 19,74 % da área, mata nativa 13%, solo exposto 5,02%, área urbana 2,32%, café 0,68% e eucalipto 0,32%.

O Mapa Pedológico (Figura 4) representa os solos encontrados na área de estudo, de acordo com Ribeiro et al. (2016) e o mapa de solos de Minas Gerais (UFV et al., 2010).

Os solos encontrados são apresentados de acordo com Embrapa (2013), sendo eles, os Latossolos (Vermelho-Amarelo distrófico e Vermelho distrófico) que de acordo com a classificação da Embrapa (2013) possuem avançado estado de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, variam de forte a bem drenado.

Figura 4 - Mapa Pedológico da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.



Fonte - Adaptado de Ribeiro et al. (2016) e UFV et al. (2010).

*Nitossolos Háplicos Distrófico, solos profundos e bem drenados, constituídos por material mineral, textura argilosa ou muito argilosa.*

*Os Argissolos (Vermelho-Amarelo distrófico e Vermelho distrófico) compreendem solos constituídos por material mineral, com profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, sendo a textura variável de arenosa a argilosa.*

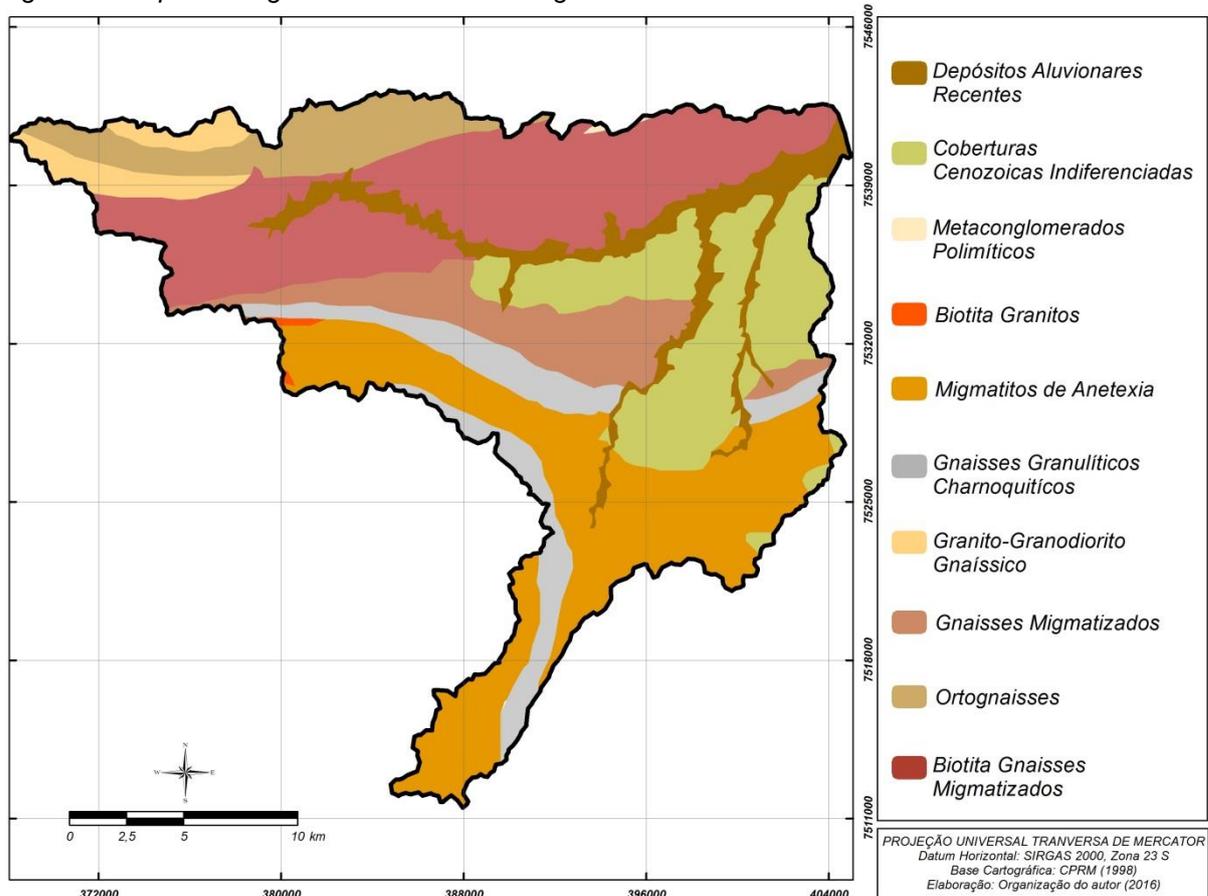
*Cambissolos Háplicos Tb distrófico são constituídos por material mineral, devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, suas características variam de local para local. Podendo ser fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, o Tb na classificação é característico dos Cambissolos com argila de baixa atividade, fertilidade e saturação por bases baixa.*

*Nas planícies dos rios são encontrados os solos indiscriminados de várzea, que são a associação dos Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos de acordo com Ribeiro et al. (2016). Os Neossolos Flúvicos são solos pouco evoluídos, constituídos*

por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, derivados de sedimentos aluviais. Os Gleissolos são solos recentes que se encontram em grande parte saturados por água, formados principalmente a partir de sedimentos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando nos primeiros 50 cm da superfície do solo.

O Mapa Geológico (Figura 5) representa as formações geológicas da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu baseado na CPRM (1998).

Figura 5 - Mapa Geológico da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

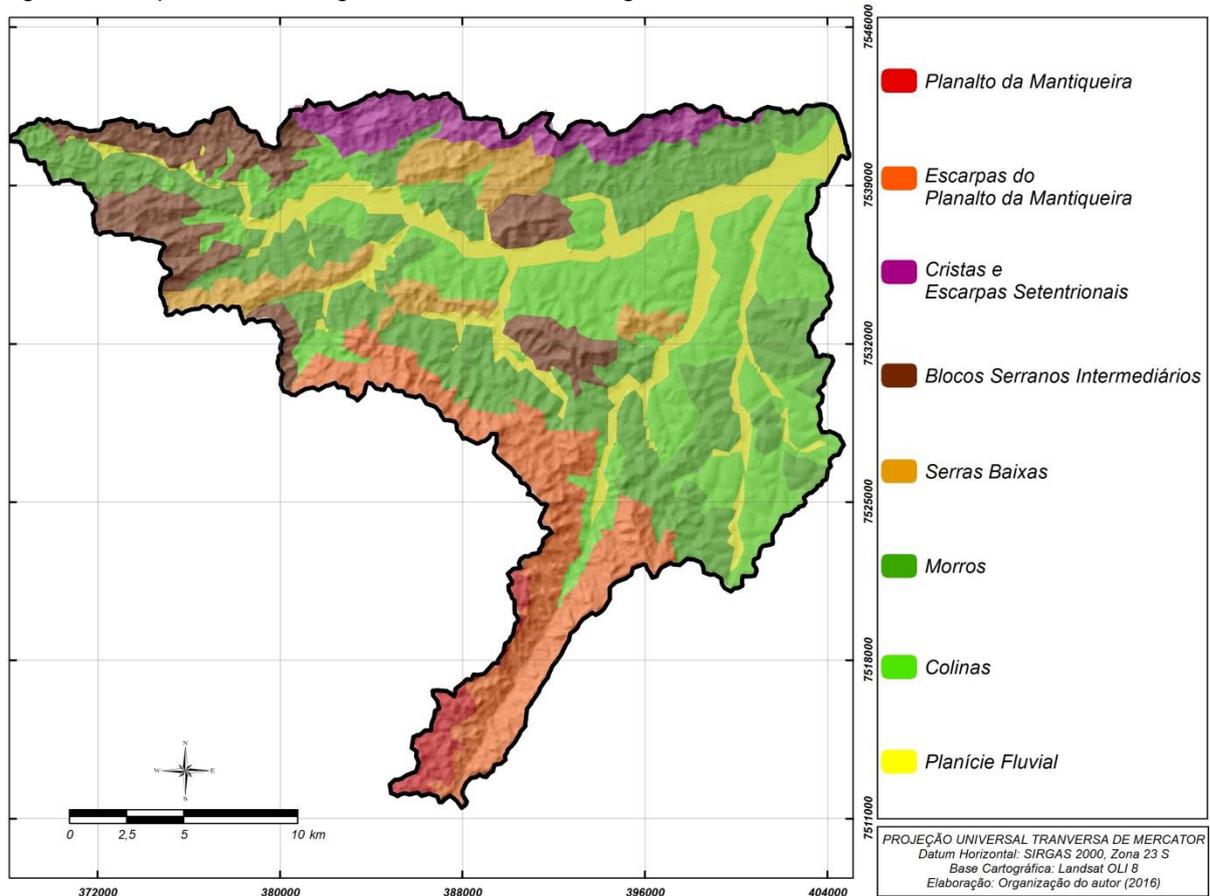


Fonte - Adaptado de CPRM (1998).

A geologia consiste em Depósitos Aluvionares Recentes, Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas, Metaconglomerados Polimíticos, Biotita Granitos, Migmatitos de Anetexia, Gnaisses Granulíticos Charnoquíticos, Granito-Granodiorito Gnaíssico e Biotita Gnaisses Migmatizados.

A Figura 6 apresenta a geomorfologia, dividida em 8 unidades geomorfológicas, estabelecidas por meio da interpretação da rugosidade e textura na imagem do sensor OLI do satélite Landsat 8.

Figura 6 - Mapa Geomorfológico da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.



Fonte - Elaboração do autor.

O Planalto da Mantiqueira, as Escarpas do Planalto da Mantiqueira e as Cristas e Escarpas Setentrionais representam as localidades com maiores altitudes e declividades. Os Blocos Serranos Intermediários, as Serras Baixas, os Morros e as Colinas são as áreas de transição entre as áreas mais altas e a Planície Fluvial, esta última possui as menores declividade e altitude.

Os mapas acima apresentados serviram de base para as fases seguintes da metodologia, possuíram grande importância para o desenvolvimento desta pesquisa, resultando no Zoneamento Geoambiental.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; LEAL, C. M. *Avaliação e Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea no Vale do Rio Gurgueia, Piauí*. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Org.). **Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase para Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Informação Tecnológica, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010, p. 227-262.

BARROS, L. L. *Aplicações da Geoecologia da Paisagem no Planejamento Ambiental e Territorial dos Parques Urbanos Brasileiros*. **Revista Geográfica da América Central**, Costa Rica, n. especial EGAL, p. 1-14, 2011.

BAZZAN, T.; ROBAINA, L. E. S. *Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Curuçu, Oeste do Estado do Rio Grande do Sul*. **Geoambiente On-line**, Jataí, v. 11, p. 186-205, jul./dez. 2008.

BERGER, A. R. **Where is sustainability when landscapes change rapidly?** *Malásia: Institute of Environmental and Development*, p. 1-32, 2007.

BERTRAND, G. *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico*. **Caderno de Ciências da Terra**. v. 13, p. 1-27, 1971.

\_\_\_\_\_. *Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico*. **Revista RA'EGA**. Curitiba, v. 8, p.141-152, 2004.

BRIGUENTI, E. C. **O Uso de Geoindicadores na Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 2005. 140f. *Dissertação (Mestrado em Geografia)*. Instituto de Geociências (IG), UNICAMP, Campinas. 2005.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. *Introdução*. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 1-5, 2003. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em 14 jan. 2016

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. *Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento*. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 415-443, 3 ed., 1998.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Carta Geológica Guaratinguetá**. São Paulo: CPRM, 1998. 1 mapa. Escala 1: 250.000.

CRESTANA, S.; MINOTI, R. T.; NEVES, F. F. *Modelagem e Simulação Aplicadas à Avaliação dos Impactos da Perda de Solo e dos Dejetos de Suínos na Qualidade da Água de Microbacias*. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Org.). **Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase para Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Informação Tecnológica, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, DF, 2010, p. 167-199.

CRIOLO. **Pé de Breque**. In: *Convoque seu Buda*. Brasil: Oloko Records, 2014.

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. S. *Zoneamento Geoambiental do Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização*. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 487-502, 2010.

DINIZ, N. C. *A Geo-Environmental Data Base Due to Elaborate Geoindicators Scenarios Based on Engineering-Geological Criteria* In: BOAS, R.C.V. & BEINHOFF, C. (Org.). **Indicators of Sustainability for the Mineral Extration Industries**. Rio de Janeiro: CNPQ/CYTED, p. 61-77, 2002.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 353p, 2013.

FERNANDES, E. N.; PESSOA, M. C. P. Y. *Sistemas de Apoio à Decisão na Gestão Ambiental*. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Org.). **Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase para Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Informação Tecnológica, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010, p. 119-145.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANLEY, E. H. *Landscape indicators of human impacts to riverine systems*. **Aquatic Sciences**, Dübendorf, v. 64, p. 118-128, 2002.

GOMES, M. A. F. *Manejo de Bacias Hidrográficas em Áreas de Afloramento do Aquífero Guaraní: Subsídio à Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos*. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Org.). **Planejamento Ambiental do Espaço Rural com Ênfase para Microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Informação Tecnológica, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010, p. 275-319.

GRECCHI, R. C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba - SP, com auxílio de geoprocessamento**. 1998. 132f. *Dissertação (Mestrado em Geotecnia)*, USP, São Carlos. 1998.

GUERRA, A.J.T; MARCAL, M.S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta Topográfica de Conceição dos Ouros**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971a. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Pouso Alegre**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971b. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Santa Rita de Caldas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972a. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Ipuina**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972b. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Borda da Mata**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972c. 1 mapa. Escala 1:50.000.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Zoneamento Ambiental**. 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/zoneamento-ambiental>>. Acesso em 12 jan. 2016

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

MACHADO, C. A. A pesquisa de depósitos tecnogênicos no Brasil e no mundo. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 1, n. 2, p. 15-35, jan./jun. 2013.

MARTÍNEZ, A. A. A.; RODRIGUEZ, J. M.; HERNÁNDEZ, A. C. Los Paisajes de Humedales, Marco Conceptual y Aspectos Metodológicos para su Estudio y Ordenamiento. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 2, p. 169-191, 2014.

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 68-80, 2011.

MONTEIRO, F. C. A. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

OLIVEIRA, R. C.; AMORIM, R. R. As Unidades de Paisagem como uma categoria de Análise Geográfica: o exemplo do Município de São Vicente – SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 177-198, 2008.

OLIVEIRA, R. C.; DIAS, R. L. Análise das Paisagens do Litoral Sul do Estado de São Paulo. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 505-518, set./dez. 2012.

PEREIRA, K. F. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica da Represa Laranja Doce – Martinópolis (SP)**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Geografia), USP, Rio Claro. 2012.

RIBEIRO, A. L. P. M. **Zoneamento Geoambiental como Subsídio ao Gerenciamento Costeiro do Litoral Norte do Estado de São Paulo**. 2013. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia), UNICAMP, Campinas. 2013.

RIBEIRO, A. S. et al. Vulnerabilidade Ambiental à Erosão Hídrica em uma Sub-bacia Hidrográfica pelo Processo Analítico Hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 1, p. 016-031, 2016.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, São Paulo, v. 9, 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Geoecologia da paisagem: uma visão ecossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2.ed., 2007.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 06, 1992.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), UFSC, Florianópolis. 2002.

SANTOS, N. G. et al. Proposta do Zoneamento Geoambiental para a Bacia do Rio Almada – Bahia. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 31, n. 1, p. 206-216, 2014.

SATKUNAS, J.; NYAMBE, I.; SIMPSON, C. **GEOINDICATORS – a technique that can strengthen environmental monitoring in Southern and Eastern Africa**. International. **Geoindicator Course**, Lusaka, Zambia, 2001.

SATO, S. E. **Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém – Baixada Santista (SP)**. 2012. 132f. Tese (Doutorado em Geografia), Unesp, Rio Claro. 2012.

SATO, S. E.; CUNHA, C. M. L. Carta de unidades geoambientais do município de Itanhaém, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.13, n. 3, p. 329-342, 2013.

SILVA, E. V.; GORAYEB, A.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia das Paisagens, Cartografia Temática e Gestão Participativa: Estratégias de Elaboração de Planos Diretores Municipais. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6, 2010, Coimbra. **Anais...** Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010. p. 1-8. Disponível em: < <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/edson> >. Acesso em: 15 dez. 2015.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e Zoneamento de Bacias Hidrográficas: A Geoecologia das Paisagens como subsídio para uma gestão Integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. especial, n. 36, p. 4-17, 2014.

SILVA, S. F. **Zoneamento Geoambiental com Auxílio de Lógica Fuzzy e Proposta de um Geoindicador para Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio Peixe Volume 1.** 2005. 441f. Tese (Doutorado em Geotecnia), USP, São Carlos. 2005.

SILVA, S. R. R.; CHAVES, I. B.; ALVES, J. J. A. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Geoambiental: Bacia Hidrográfica do Açude Camará – PB.* **Mercator**, Ceará, v. 9, n. 20, p. 239-252, set./dez. 2010.

SOTCHAVA, V. B. *O Estudo de Geossistemas. Métodos em Questão*, São Paulo. n. 16, 1977, p. 1-52.

SOUZA, J. C. O. **Identificação de geossistemas e sua aplicação no estudo ambiental da bacia hidrográfica do rio São Miguel - Alagoas.** 2013. 205f. Dissertação (Mestrado em Geografia), UFPE, Recife. 2013.

SOUZA, C. M.; FONTES, E. O.; MOREU, A. M. S. S. P. *Zoneamento Geoambiental e Transformações da Paisagem dos Municípios Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália – BA.* **Revista Geografia Acadêmica**, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 41-53, 2011.

TRICARD, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, RJ, 1977.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

WERNECK, B. R.; DA SILVA, J. A. F. *Avaliação da susceptibilidade à degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé – RJ com apoio do Geoprocessamento.* **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, RJ, v. 4, n. 2, p. 155-171, jul./dez. 2010.

ZAMANI, A.; FARAH, S.; BOOSTANI, R.; HASSANI-SAAD, H. *Geoenvironmental Zoning evaluation and optimization.* **Earth Science Informatics**, Emirados Árabes Unidos, V. 8, n. 3, p. 583-593, 2014.

## SEGUNDA PARTE

**ARTIGO:** *Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, Sul de Minas Gerais, com base na Geoecologia das Paisagens.*

**AUTORES:** *Gustavo Costa Teixeira, André dos Santos Ribeiro, Carla Mourão, Ronaldo Luiz Mincato.*

**Artigo submetido e redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Geomorfologia.**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MANDU, SUL DE MINAS GERAIS, COM BASE NA GEOECOLOGIA DAS  
PAISAGENS**

**GEOENVIRONMENTAL ZONING OF THE RIO MANDU WATERSHED, SOUTH  
OF MINAS GERAIS, BASED ON GEOECOLOGY OF LANDSCAPES**

**Gustavo Costa TEIXEIRA<sup>1</sup>, André dos Santos RIBEIRO<sup>2</sup>, Carla MOURÃO<sup>1</sup>, Ronaldo  
Luiz MINCATO<sup>3</sup>**

- (1) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. CEP 37130-000 – Alfenas, Minas Gerais. Endereços eletrônicos: gustavo.costa.t@hotmail.com; ca.mourao.geo@gmail.com
- (2) Mestre em Ecologia e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. CEP 37130-000 – Alfenas, Minas Gerais. Endereço eletrônico: andre.santosribeiro@yahoo.com.br
- (3) Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, Instituto de Ciências da Natureza. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. CEP 37130-000 – Alfenas, Minas Gerais. Endereço eletrônico: ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br

## **ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANDU, SUL DE MINAS GERAIS, COM BASE NA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS**

### **GEOENVIRONMENTAL ZONING OF THE RIO MANDU WATERSHED, SOUTH OF MINAS GERAIS, BASED ON GEOECOLOGY OF LANDSCAPES**

#### **RESUMO**

O processo de urbanização acelerado e de concentração de pessoas e atividades econômicas em um mesmo local ocasiona pressões sobre os ambientes e, como consequência, altera e impacta municípios ou bacias hidrográficas. Portanto, o desenvolvimento sustentável é um grande desafio, e é primordial para melhorar a qualidade de vida e do ambiente. Neste cenário, esta pesquisa elaborou o Zoneamento Geoambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Mandu, sul de Minas Gerais, que cobre parte dos municípios de Borda da Mata, Estiva, Ouro Fino e Pouso Alegre. O trabalho foi feito a partir da concepção de Geoecologia das Paisagens, que é baseada no conceito de geossistemas, que analisa a paisagem como um todo, considerando as relações entre natureza, economia, sociedade e cultura, visando representar a interação da natureza com o homem. Neste modelo foram utilizadas ferramentas de sistema de informação geográfica pelo aplicativo ArcGIS 10.2<sup>®</sup>. Os produtos cartográficos elaborados podem contribuir para o desenvolvimento de novas pesquisas na área e também fornecer subsídios para a definição de políticas públicas e para a tomada de decisões relativas à solução e/ou mitigação dos problemas ambientais. A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu apresenta 57% de áreas estáveis, considerando as estáveis e medianamente estáveis e 43% de áreas instáveis. Portanto, o Zoneamento Geoambiental é uma ferramenta importante para definição de medidas mitigadoras, visando a melhoria da qualidade de vida e manutenção da estabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** SIG, Geossistema, Planejamento Ambiental.

#### **ABSTRACT**

The accelerated urbanization process and concentration of people and economic activities in one place cause pressure on the environment and, as a consequence, change and impact municipalities or watersheds. Therefore, the sustainable development is a big challenge, and it is essential to improve the quality of life and of the environment. In this scenario, this research has produced the Geoenvironmental Zoning of the river Mandu watershed, South of Minas Gerais state, which covers part of the municipalities of Borda da Mata, Estiva, Ouro Fino and Pouso Alegre. The work was based on concept of Geoecology of Landscapes, based on the concept of geosystems, which analyzes the landscape as a whole, considering the relationships between nature, economy, society and culture, aiming at representing the interaction between nature and humans. In this model, geographic information system tools from the software ArcGIS 10.2<sup>®</sup> were used. The cartographic products elaborated can contribute to the development of new research in the area and also provide data for the definition of public policies and decision-making concerning the solution and/or mitigation of environmental problems. The river Mandu watershed presents 57% of stable areas, considering the stables and moderately stables, and 43% of unstable areas. Therefore, Geoenvironmental Zoning is an important tool for definition of mitigating measures, aiming at improving the quality of life and maintaining the environmental stability.

**Keywords:** GIS, Geosystem, Environmental Planning.

## INTRODUÇÃO

Para explicar as tendências e os padrões geográficos e temporais de transformações da superfície terrestre é necessário reconhecer e distinguir os processos naturais dos induzidos por ações humanas, que levam a alterações na cobertura terrestre e nos usos dos solos (DINIZ, 2002). A alteração da estrutura e das condições de funcionamento e de autorregulação dos sistemas ambientais naturais pode vir de diferentes impactos humanos, como desmatamento, construção de obras hidrotécnicas, impermeabilização da superfície do solo e irrigação descontrolada (RODRIGUEZ *et al.*, 2002).

As ações humanas que causam danos à biodiversidade, ao clima, à qualidade das águas ou à saúde de florestas e solos precisam ser diminuídas. A procura por melhores políticas ambientais, contudo, requer que consideremos não só o “homem” contra a natureza, mas também o inverso e que seja assumido o que a ciência mostra sobre o comportamento da natureza. Ignorar o que as Ciências da Terra têm revelado, nas últimas décadas, sobre as mudanças naturais e seus efeitos nas pessoas e sociedades continuará a produzir políticas, atitudes e crenças ambientais equivocadas sobre como o mundo natural funciona (BERGER, 2007).

Diante do desperdício dos recursos naturais e da degradação generalizada, com perdas na qualidade ambiental e de vida, é cada vez mais imperativo o planejamento físico-territorial não apenas da perspectiva econômico-social, mas também ambiental. Assim, a preocupação dos planejadores, dos políticos e da sociedade deveria ultrapassar os limites dos interesses de desenvolvimento econômico e tecnológico e focar num desenvolvimento que considere não só potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais perante as diferentes intervenções do homem na natureza (ROSS, 2009).

Sobre a organização do território, Santos e Ranieri (2013) apontam, ao observar os resultados do Zoneamento Ambiental no Brasil, nas últimas décadas, e suas variações nominais, como, Ecológico-Econômico, Ecológico e Geoambiental, que o propósito principal é auxiliar o desenvolvimento econômico em equilíbrio com as questões ambientais. Desta forma, o planejamento do uso da terra pode tirar melhor proveito dos espaços. Em 2002, o governo federal regulamentou o Zoneamento Ambiental como parte da Política Nacional de Meio Ambiente pelo decreto Federal Nº 4.297/2002. As regulamentações foram baseadas nas avaliações das experiências de zoneamento de décadas passadas e considerou várias críticas de diferentes setores da sociedade.

Frente à demanda por estudos relativos à organização do território, surgiram diversas proposições metodológicas e conceituais. Tais proposições têm seu arcabouço teórico sustentado pela Teoria Geral dos Sistemas. Para tanto, Bertrand, Tricard e Sotchava incorporaram importantes conceitos que se interligam e são muito utilizados em pesquisas feitas no Brasil (Rodrigues, 2001).

Bertrand (1971) definiu um sistema de classificação que contempla seis níveis tempo-espaciais, as unidades superiores: zona, domínio e região; e as unidades inferiores: geossistema, geofácies e geótopo. Sendo que, geo “sistema” acentua o complexo geográfico e a dinâmica do conjunto; geo “fácies” a característica fisionômica correspondendo a um setor fisionomicamente homogêneo, onde ocorre uma mesma fase de evolução geral do geossistema e geo “topo” situa essa unidade no último nível da escala espacial, isto é, a menor unidade geográfica homogênea diretamente perceptível no terreno. Os elementos inferiores precisam da análise laboratorial para serem identificados. De acordo com o mesmo autor, geossistemas são combinações de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos que constituem suporte para estudos de organização do espaço. É o “potencial ecológico” do geossistema em si e não sob o aspecto limitado de um simples “lugar”.

Para Tricard (1977), o conceito de sistema consiste em um instrumento lógico para estudar os problemas ambientais, pois possibilita uma atitude dialética entre a análise, resultante da ciência e das técnicas de investigação, e a necessidade de uma visão única, do todo, capaz de testar a eficácia de uma ação no ambiente. Tal fundamentação, principalmente no que se refere às definições de unidades ecodinâmicas, em estáveis, *intergrades* e instáveis foram as bases para a proposição de Análise Empírica da Fragilidade Ambiental de Ross (1994), na qual os estudos sobre o relevo, o solo, a geologia, o clima, o uso da terra e a cobertura vegetal são integrados e avaliados, resultando em uma cartografia de síntese com os graus de fragilidade espaço.

A partir de raciocínio semelhante, Crepani *et al.* (1996) desenvolveram a metodologia de avaliação da Vulnerabilidade Ambiental, que consiste primeiramente na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, obtido pela análise e interpretação de imagens Landsat-TM, relacionando a informações físicas. Como resultado, o produto final apresenta a vulnerabilidade de cada unidade da paisagem em função das informações provenientes de cada tema: geologia, geomorfologia, vegetação, solos e clima.

Geossistemas, para Sothava (1977), representa uma categoria de sistemas abertos, dinâmicos e hierarquicamente organizados. Assim, a paisagem é uma formação constituída de cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação. Conforme Silva *et al.* (2010), nesta fundamentação teórica, a Geoecologia das Paisagens constitui uma abordagem teórico-metodológica que apresenta um enfoque sistêmico e interdisciplinar e pode ser utilizada para gerar produtos necessários para o planejamento ambiental territorial, fornecendo um diagnóstico operacional. Para propiciar as bases fundamentais para o planejamento ambiental, os objetivos principais da Geoecologia da Paisagem é classificar e cartografar as unidades de paisagem de um território, fundamentada na compreensão das relações entre os componentes naturais e antrópicos e baseada na cartografia geomorfológica. Os produtos cartográficos tanto representam os resultados de análises e pesquisas realizadas, como também servem de referência para o desenvolvimento de outras investigações ou propostas de gestão ambiental.

Assim, o objetivo deste trabalho foi a elaboração do Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu, no sul de Minas Gerais a partir dos procedimentos metodológicos da Geoecologia da Paisagem (Rodriguez *et al.*, 2007).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Localização da Área de Estudo**

A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu possui 500 km<sup>2</sup>, está localizada na região Sul de Minas Gerais e pertence a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, afluente do Rio Grande, e abarca parte dos municípios de Borda da Mata, Estiva, Ouro Fino e Pouso Alegre (Figura 1).

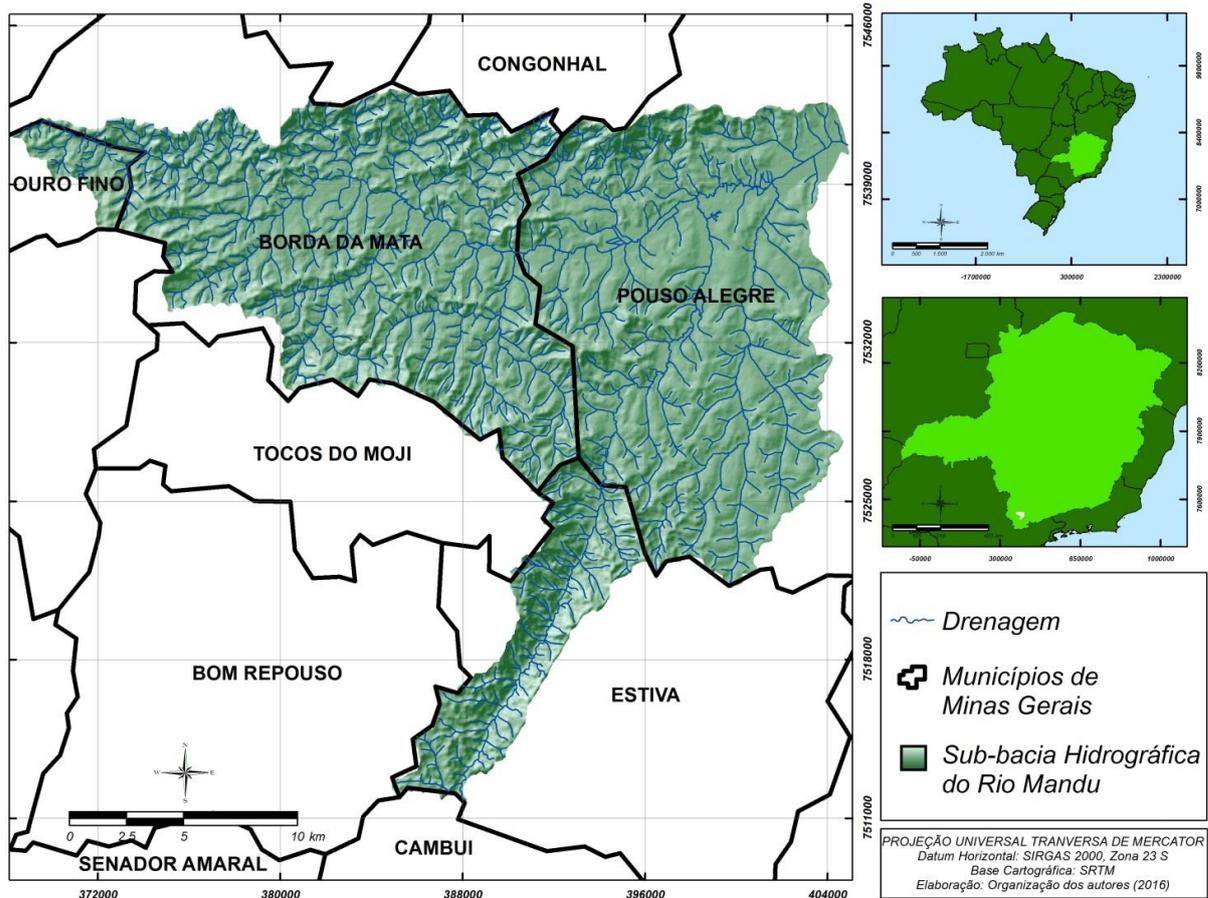


Figura 1: Mapa localização da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

### Referencial Teórico

A análise da paisagem segundo a metodologia de Rodriguez *et al.* (2007) apresenta cinco enfoques:

- *Estrutural*: caracteriza a forma de organização interior, as relações entre os componentes que a formam e as subunidades de paisagens de categoria inferior. Explica como são combinados esses componentes para análise integrada do sistema e de como é a sua organização estrutural;

- *Evolutivo-dinâmico*: elucida as leis e regularidades do desenvolvimento do território. Busca compreender o processo de desenvolvimento da paisagem por meio das modificações de suas partes estruturais;

- *Histórico-antropogênico*: analisa os problemas de modificação e transformação das paisagens, a partir do impacto da sociedade.

- *Integrativo*: visa compreender os geossistemas, buscando garantir a possibilidade da reprodução de recursos e de outras funções vitais e dirigir de forma racional a utilização da natureza, permitindo determinar o limite entre as condições normais da vida do homem e a conservação do meio natural.

- *Funcional*: explica a estruturação da paisagem; quais as relações funcionais entre seus componentes; o motivo de estar estruturada de certa maneira (relações genéticas ou casuais) e para que esteja estruturada de determinado modo (funções naturais e sociais). Dias e Oliveira (2012) complementaram que este enfoque visa explicar a estruturação e as relações funcionais (naturais e sociais) de seus elementos, ou seja, todos os elementos da paisagem possuem funções determinadas e participam de forma peculiar no processo de gênese.

Esta metodologia é dividida em 6 etapas: (1) Fase de Organização em que são definidos os objetivos da pesquisa, é delimitada a área e o projeto de pesquisa é apresentado;

(2) Fase de Inventário em que é realizada a caracterização física da área de estudo, pela elaboração dos mapas de declividade, hipsométrico, geológico, pedológico e geomorfológico e, ainda, a caracterização socioeconômica pelo mapa de uso do solo; (3) Fase de Análise em que são correlacionadas as informações obtidas na etapa anterior e é gerado o Mapa de Sistemas Antropo-Naturais; (4) Fase de Diagnóstico em que é caracterizada a situação ambiental a partir do Mapa de Estado Ambiental e é realizado o diagnóstico integrado pelo Mapa de Unidades Geoambientais; (5) Fase de Proposição em que é feita a síntese das fases anteriores num único documento, o Zoneamento Geoambiental e, por fim, (6) Fase de Execução que corresponde à execução do Zoneamento Geoambiental. Esta pesquisa seguiu até a fase de Proposição, pois a última compete aos órgãos da administração pública.

A realidade e objetividade das paisagens ou geossistemas naturais não são arbitrárias. São organizadas pelas relações de forças com ordem e hierarquia. As forças representam as leis ou regularidades geocológicas (ou geográficas). Portanto, a classificação da hierarquia e dos sistemas de unidades taxonômicas devem obedecer essas leis. Mas uma simplificação excessiva da hierarquia das unidades pode levar a um reducionismo na interpretação da realidade. Então, cumpre elaborar princípios de classificação que correspondam à realidade.

A metodologia de zoneamento Geoambiental, de acordo com De Nardin e Robaina (2010), parte da premissa da compartimentação da paisagem com base em características geoambientais, em suas inter-relações e relações com as atividades antrópicas, colocando em evidência suas potencialidades e restrições ao uso.

Para Amorim e Oliveira (2008), o funcionamento da paisagem estabelece um processo, que cumpre funções, ações e determinado trabalho. É um processo de troca de matéria e energia que ocorre na relação dos elementos na paisagem com o exterior.

Segundo Rodriguez (1994), a função geocológica do geossistema é definida pelo objetivo que cumpre o sistema em garantir a estrutura e o funcionamento, tanto do próprio geossistema, como do sistema superior a que pertence. Classifica as funções geocológicas, de maneira qualitativa, em três grandes áreas, sendo elas:

- *Áreas Emissoras*: que garantem o fluxo de matéria e energia para o restante da área, sendo assim, os níveis mais elevados do terreno.

- *Áreas Transmissoras*: onde há o predomínio do transporte dos fluxos de matéria e energia das áreas mais elevadas para as áreas mais baixas, por exemplo, as encostas.

- *Áreas Acumuladoras*: onde ocorre a coleta da matéria e energia originárias das áreas mais elevadas e, então, são novamente transmitidas de forma concentrada ou seletiva pelos canais fluviais, como exemplo, os fundos de vale e as planícies.

Martínez *et al.* (2014) consideraram os processos geocológicos, naturais ou de interação, como problemas ambientais, que são entendidos como problemas geocológicos. O ambiental é compreendido como a combinação dos diferentes objetos da racionalidade ambiental, que se manifestam nos processos que desarticulam a estrutura e o funcionamento dos geossistemas naturais, o que, como consequência, dificulta o cumprimento das funções socioeconômicas e acarreta deficiências gerais de sustentabilidade para os grupos sociais. Entre os processos geocológicos de interação, formados pela influência decisiva da ação antrópica, estão, por exemplo, a contaminação, a alteração do regime hídrico, a perda da qualidade visual das paisagens e a degradação da biodiversidade.

Gigliotti (2010) apontou que as mudanças dos mecanismos de formação e regulação sistêmica, o grau e amplitude dos processos degradantes e o nível de degradação determinam o estado ambiental do geossistema, considerando o tipo, o grau de impacto e a capacidade de reação e absorção do geossistema. Assim, Rodriguez e Martinez (1998, citado por RODRIGUEZ *et al.*, 2007) e Glazovski (1998, citado por RODRIGUEZ *et al.*, 2007) apresentaram uma classificação em cinco níveis para caracterizar o estado ambiental dos geossistemas, conforme segue: (1) Estável: estado não alterado, no qual a estrutura original é

conservada e não existem problemas ambientais significativos que deteriore a paisagem. Seus processos geocológicos têm caráter natural e a influência antrópica é pouco significativa; (2) Medianamente estável: estado sustentável que reflete poucas alterações estruturais e incidem alguns problemas de intensidade leve a moderada, que não chegam a modificar o potencial natural e a integridade do geossistema. São áreas desenvolvidas e utilizadas pelo homem, de modo que o uso está balanceado com o potencial e pode ser sustentado por várias gerações. Estas áreas precisam de uma manutenção de baixo custo e cuidados para a continuidade da sustentabilidade; (3) Instável: estado insustentável, no qual parte do sistema natural conserva sua integridade, no entanto, fortes mudanças de estrutura espacial e funcional impossibilitam que suas funções geocológicas sejam cumpridas. O surgimento de problemas ambientais como resultado da exploração dos recursos tem por consequência o declínio da produtividade, que no curso de uma geração pode ser comprometida; (4) Crítico: áreas com perda parcial das estruturas espacial e funcional, exibindo a supressão paulatina das funções geocológicas. Neste estado, o uso dos solos e o impacto das atividades antrópicas excederam a capacidade de suporte dos sistemas naturais. Possui uma drástica redução do potencial da terra. As paisagens precisam urgentemente de medidas de mitigação para a recuperação do potencial natural, levando o tempo de no mínimo uma geração para a mitigação dos processos geocológicos e (5) Muito crítico: estado de perda e alteração generalizada da estrutura espacial e funcional, impossibilitando o sistema natural de cumprir suas funções geocológicas e apresenta um número significativo de problemas ambientais de forte intensidade, sendo inadequadas para uso humano.

### **Fase de Organização**

O banco de dados georreferenciados foi elaborado no SIG ArcGIS 10.2<sup>®</sup>, que favorece a organização e o manuseio dos dados. Isto auxilia o entendimento das relações entre os aspectos do meio físico na paisagem e permitiu estabelecer as diretrizes de trabalho.

### **Fase de Inventário**

No levantamento cartográfico foram utilizadas as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1971, 1972), em escala 1:50.000, folhas Santa Rita de Caldas (SF-23-Y-B-I-1), Ipuíuna (SF-23-Y-B-I-2), Borda da Mata (SF-23-Y-B-I-4), Pouso Alegre (SF-23-Y-B-II-1) e Conceição dos Ouros (SF-23-Y-B-II-3). A partir delas foram digitalizadas informações como drenagem, nascentes e pontos cotados. Além destas, foi usada imagem do sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat 8, nas bandas espectrais 5 (0,85 – 0,88  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,630 – 0,680  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,525 – 0,600  $\mu\text{m}$ ), 2 (0,450 – 0,515  $\mu\text{m}$ ) (30 m de resolução espacial) e 8 pancromática (0,500 – 0,680  $\mu\text{m}$ ) (15 m de resolução espacial), e o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Map* (ASTER GDEM) da NASA (2015), com resolução espacial de 30 m.

A geologia foi baseada no mapa da CPRM (1998), com informações sobre litologia, estratigrafia, geocronologia e arcabouço tectônico. Para os solos, foi utilizado o mapa simplificado de solos da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu (Ribeiro *et al.*, 2016).

A geomorfologia foi delimitada a partir da vetorização de formas poligonais das áreas de morfologias semelhantes. Para tanto, foi feita a interpretação da rugosidade e textura de composição colorida com imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8 nas bandas espectrais 5 R, 4 G e 3 B combinadas às características geométricas da banda 8 pelo processo de fusão disponível no aplicativo ArcGIS 10.2<sup>®</sup>. Além desta composição, foi utilizada imagem do relevo sombreado do MDE Aster (GDEM). Foram ainda feitas análises nas cartas morfométricas de Hipsometria, Clinográfica e de Classes de Relevo (RIBEIRO *et al.*, 2016), obtidas do MDE Aster (GDEM) e de Índices de Dissecção do Relevo, conforme Ross

(1994), a partir das cartas topográficas (IBGE, 1971; 1972). Por fim, foram considerados na carta geológica, além das informações acima citadas, os aspectos morfotectônicos, morfoestruturais e de padrões de formas abordados por Magalhães Jr. e Trindade (1997; 2004; 2005) e Machado e Silva (2010) e de padrões de drenagem por Magalhães Jr. e Diniz (1997) e Marujo *et al.* (2001). A síntese destas análises serviu de base para a elaboração do Mapa de Geossistemas, feito conforme a taxonomia de classificação do relevo de Ross (1992), para o qual a classificação do relevo deve ser feita do nível macro para o micro, das grandes estruturas (1º Táxon) até as formas de processos atuais em vertentes (6º Táxon). No caso, foram feitas inferências até o 3º Táxon, a partir das Unidades Morfoestruturais (1º Táxon), que dividiu a área no Maciços do Alto Rio Grande e na Depressão do Sapucaí. Estas duas unidades foram separadas em quatro Unidades Morfoesculturais (2º Táxon), ou seja, o Domínio dos Sedimentos Indiferenciados da Depressão do Sapucaí, o Domínio dos Complexos Granitoides dos Planaltos do Alto Rio Grande, o Domínio dos Complexos Metamórficos do Planalto da Mantiqueira e o Domínio dos Complexos Metamórficos dos Planaltos do Alto Rio Grande. A partir daí foi elaborada a cartografia síntese de Unidades Morfológicas ou de padrões de formas semelhantes (3º Táxon) e foram definidas as seguintes 8 subunidades: Planalto da Mantiqueira, Escarpas do Planalto da Mantiqueira, Cristas e Escarpas Setentrionais, Blocos Serranos Intermediários, Serras Baixas, Morros, Colinas e Planície Fluvial.

Do acervo cartográfico, foram selecionadas áreas, que permitiram particularizá-las com características físicas da paisagem similares, originando o Mapa de Geossistemas, em que as Unidades Morfológicas foram a base de classificação. As unidades foram distribuídas de acordo com a dinâmica de fluxo de matéria e energia em três zonas: (1) Zonas Dispersoras: áreas de topos, com maiores cotas altimétricas, onde há uma dispersão de matéria e energia. Neste caso, cotas acima de 1.080 m; (2) Zonas Transmissoras: áreas de vertentes, serras baixas, morros e colinas, variando em declividade, de ondulado a montanhoso. Nessas áreas ocorre transmissão do fluxo de matéria e energia oriundo das Zonas Dispersoras e (3) Zonas Acumuladoras: áreas de planície fluvial, com baixa altitude e declividade, cuja função é receber matéria e energia provenientes das outras zonas e transmiti-las pelos canais fluviais.

Os usos do solo, por sua vez, foram mapeados pelo método de segmentação da imagem a partir de composição colorida (bandas 4R, 3G e 2B) do sensor OLI do satélite Landsat-8, no qual foi aplicado o processo de fusão da composição colorida com a banda 8 pancromática, pelo algoritmo do ArcGIS 10.2<sup>®</sup>. Isto para obter um produto híbrido que associasse informações espectrais dos canais do visível com maior detalhamento geométrico da banda pancromática. Posteriormente, foi aplicada a técnica de classificação por segmentos no aplicativo ENVI 5.0, com os limiares de nível de escala e nível de dissolução, respectivamente, com os valores 60 e 65, conforme Ribeiro *et al.* (2016). O desempenho foi aferido, visualmente, julgando o nível de detalhe e as generalizações. Em seguida, foram extraídos os atributos espaciais, espectrais, texturais, de cor e razão de bandas que foram a base da classificação dos diferentes tipos de usos do solo.

### **Fase de Análise**

O Mapa de Uso do Solo foi utilizado para a elaboração do Mapa de Sistemas Antropo-Naturais. Houve redução das classes estabelecidas de sete para seis, para adequar ao tipo de dinâmica predominante. Casos de geotecnogênese, como descrito e classificado por Peloggia (2005), também foram incluídos nesta síntese sobre a dinâmica de uso e ocupação. Os agrupamentos são os seguintes: 1) *Sistemas Antrópicos*: Comunidades Rurais; Sistemas Agrícolas Permanentes; Sistemas Agrícolas Temporários; Sistemas Pastorís; Sistemas Urbanos e Depósitos Tecnogênicos espólicos; gárbicos e úrbicos e 2) *Sistemas Naturais*: Sistemas de Formação Florestal.

### **Fase de Diagnóstico**

Em seguida foram assinalados os locais em que a interação entre uso do solo, dissecação do relevo e tipo de solo condicionam a instabilidade a processos morfodinâmicos. Para tanto foi elaborado o Mapa de Instabilidade Morfodinâmica, que foi feito a partir da observação de processos morfodinâmicos de rastejos e ravinas. A partir do mapeamento da ocorrência pontual destes processos foram identificadas as interações que tornam o ambiente vulnerável e, por lógica booleana, o potencial de instabilidade foi inferido. Desta forma, somente quando as variáveis dos três fatores condicionam a vulnerabilidade, o local foi definido com instabilidade potencial.

Assim, foram identificadas as interações de cada geossistema, com o potencial a processos morfodinâmicos e com os sistemas antroponaturais de usos do solo. Para isto, os arquivos vetoriais de cada plano de informação foram unidos em um arquivo único no aplicativo ArcGIS®, com uma única tabela contemplando todos os atributos em que foram feitas as ponderações caso-a-caso pela ferramenta *Union* e *Dissolve*. Destas relações foi obtido o Mapa de Estado Ambiental com cinco classes qualitativas, como estabelecido por Rodriguez *et al.* (2007), entre as classes Estável e Muito Crítico.

Na sequência, para produzir o Mapa de Unidades Geoambientais, foi usada a mesma técnica para unir arquivos vetoriais em uma única tabela, o que simplificou todas as relações possíveis, mas, neste caso, foram usadas as interações entre as Unidades Morfológicas do relevo e os sistemas antroponaturais. Assim, além das oito unidades de relevo, foram identificadas 22 subunidades conforme o uso dos solos.

### **Fase de Proposição**

Por fim, utilizando a união de arquivos vetoriais num único, com uma tabela contemplando todas as variáveis, foi estabelecida a interação entre as Unidades Geossistêmicas, Unidades Geoambientais, o Estado Ambiental e as legislações vigentes na área em questão, desde a federal (BRASIL, 2012) à municipal (POUSO ALEGRE, 2008), para elaboração de um produto de síntese e propositivo, o Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu. Vale ressaltar que as Áreas de Preservação Permanente (APP) de topos de morro não foram consideradas, pois a grande maioria se encontra em conformidade com a legislação. Porém, as APP do entorno de nascentes e de margens de drenagens foram consideradas pela importância que possuem para a preservação dos sistemas naturais.

Em relação ao Zoneamento Geoambiental, foram identificadas 5 zonas conforme suas características, considerando a preservação dos recursos naturais: Zonas de Proteção Ambiental, Zonas de Conservação Ambiental, Zonas de Melhoramento Ambiental, Zonas de Conservação e Estímulo ao Desenvolvimento Local, e Zonas de Reabilitação Ambiental.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O Mapa de Geossistemas (Figura 2) ilustra o que foi obtido pela análise dos geossistemas como sistemas do tipo processo-resposta. A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu possui três geossistemas naturais com onze subunidades, de acordo com dinâmica de fluxo de energia e matéria, com os processos morfogenéticos e a morfologia resultante.

As Zonas Dispersoras são constituídas pelos Topos dos Blocos Serranos, Topos das Cristas e Escarpas Setentrionais, Topo das Escarpas do Planalto da Mantiqueira, representam as áreas com maiores declividades, acima de 30% (Montanhoso) e altitudes entre 1.030 e 1.419 m e o Topo do Planalto da Mantiqueira, representado por declividades entre 20 e 30% (Forte Ondulado) e altitudes variando de 1.200 a 1.494 m, o ponto mais alto da sub-bacia, no Alto da Boa Vista, no Município de Estiva. Estas Zonas apresentam substrato rochoso de

idade Arqueana à Proterozoica, constituído de Biotita Gnaisses Migmatizados, Gnaisses Granulíticos Charnoquíticos, Gnaisses Migmatizados, Granito-Granodiorito Gnáissico, Metaconglomerados Polimíticos, Migmatitos de Anetexia e Ortognaisses. Os solos são Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico associado a Neossolo Flúvico e Latossolo Vermelho-Amarelo.

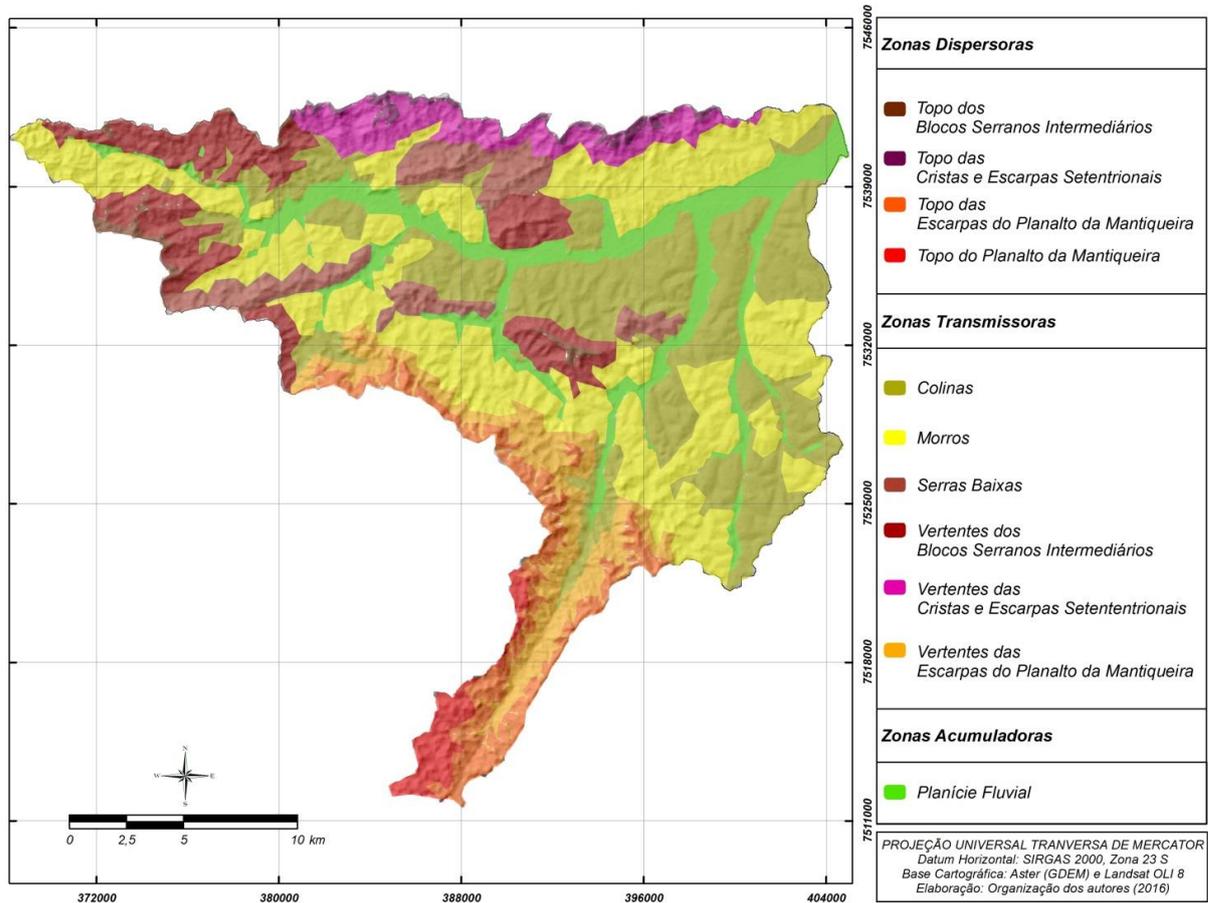


Figura 2: Geossistemas da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

As Zonas Transmissoras apresentam declividades variadas, de acordo com o tipo de relevo, as Vertentes dos Blocos Serranos Intermediários, das Cristas e Escarpas Setentrionais e das Escarpas do Planalto da Mantiqueira, com declives acima de 30% (Montanhoso) e altitudes entre 830 e 1320 m. As Serras Baixas estão entre as áreas mais planas e áreas mais íngremes, com declividade Forte Ondulado e altitudes entre 840 e 1.064 m e, por fim, as Colinas e Morros com declividades de 12 a 20%, e altitudes de 820 a 1.120 m. O substrato rochoso, de idade Arqueana até Fanerozoica, é formado de Biotita Gnaisses Migmatizados, Biotita Granitos, Gnaisses Granulíticos Charnoquíticos, Gnaisses Migmatizados, Granito-Granodiorito Gnáissico, Metaconglomerados Polimíticos, Migmatitos de Anetexia e Ortognaisses. Nestas zonas os solos são Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico associado a Neossolo Flúvico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Háptico.

As Zonas Acumuladoras são identificadas como Planície Fluvial, com declividade menor do que 6% e altitude entre 820 e 960 m. A Planície Fluvial, devido à impermeabilização do solo e à retificação dos corpos d'água pela ocupação antrópica no município e na área urbana de Pouso Alegre, causou mudança da dinâmica natural da planície fluvial, alterando o curso natural do rio Mandu, agravando o problema das enchentes e inundações típicas da área, que leva o poder público a tomar medidas de contenção para evitar

novas enchentes e inundações nestas áreas. O substrato rochoso de idade Arqueana a Fanerozoica é constituído por Biotita Gnaisses Migmatizados, Gnaisses Granulíticos Charnoquíticos, Granito-Granodiorito Gnaissico, Migmatitos de Anetexia e Ortognaisses. Apresenta ainda Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas e Depósitos Aluvionares Recentes. Os solos dominantes são Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Gleissolo Háplico associado a Neossolo Flúvico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Háplico.

Para compreender os processos que ocorrem na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu foi elaborado a Carta de Sistemas Antropo-Naturais (Figura 3), identificando as dinâmicas de uso e ocupação do solo, sua distribuição espacial e características.

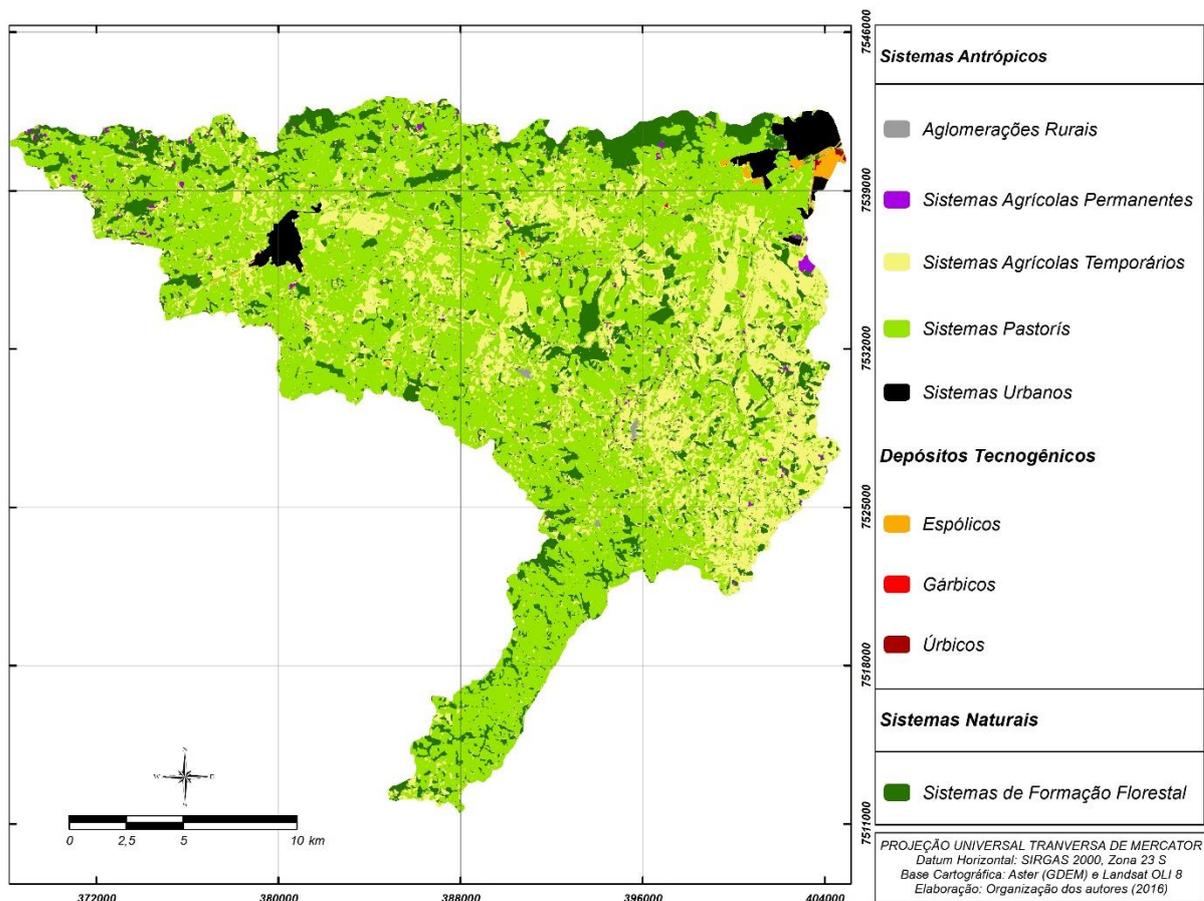


Figura 3: Mapa de Sistemas Antropo-Naturais da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

Os Sistemas Antrópicos compreendem: (1) Comunidades Rurais, que correspondem às comunidades Sertãozinho, no Município de Borda da Mata, Pântano, no Município de Estiva, e Pântano São José, no Município de Pouso Alegre; (2) Sistemas Agrícolas Permanentes representados pelas áreas com plantio de café e eucalipto; (3) Sistemas Agrícolas Temporários, que são representados pelas culturas temporárias e o solo exposto, em geral, relacionados ao preparo da terra para plantio; (4) Sistemas Pastorís, que correspondem às pastagens; (5) Sistemas Urbanos, que correspondem às sedes do Município de Borda da Mata e, uma parte da sede do Município de Pouso Alegre e (6) Depósitos Tecnogênicos, classificados em: Espólicos com materiais terrosos escavados e redepositados para construção civil, estradas, diques, etc.; Gárbicos de materiais ricos em matéria orgânica, como o antigo Lixão de Pouso Alegre e Úrbicos de materiais terrosos com objetos produzidos pelo homem, como tijolo, vidro, plástico, dentre outros.

Os Sistemas Naturais são representados como Sistemas de Formação Florestal, com bioma Mata Atlântica e floresta do tipo estacional semidecidual (SCOLFORO *et al.*, 2008).

O Mapa de Sistemas Antropo-Naturais foi dividido em Sistemas Antrópicos e Sistemas Naturais, com suas respectivas áreas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Área ocupada por cada um dos Sistemas Antropo-Naturais.

Sistemas Antropo-Naturais			Área	
			km <sup>2</sup>	%
<b>Sistemas Antrópicos</b>	Comunidades Rurais		0,40	0,08
	Depósitos Tecnogênicos	Gárbicos	0,02	0,01
		Úrbicos	0,17	0,03
		Espólicos	2,10	0,42
	Sistemas Agrícolas Permanentes		5,00	1,00
	Sistemas Agrícolas Temporários		123,46	24,70
	Sistemas Pastoris		294,68	58,94
Sistemas Urbanos		10,00	2,00	
<b>Sistemas Naturais</b>	Sistemas de Formação Florestal		64,17	12,82
<b>Total</b>			500,00	100,00

A partir das análises dos geossistemas, dos sistemas antropo-naturais e da instabilidade morfodinâmica foi possível caracterizar o estado ambiental da área de estudo, considerando o grau de impacto e a capacidade de reação e absorção do geossistema, conforme ilustrado na Figura 4.

Foram identificados 191 pontos com ocorrência de processos de rastejos e ravinas, sendo a maioria deles rastejos, cuja associação aos atributos ambientais estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de pontos de ocorrência de rastejos e ravinas e atributos ambientais de solo, de dissecação do relevo e de tipo de uso associados.

Atributos Ambientais	Número de Ocorrências
<b>Solo</b>	
Nitossolo Háplico	4
Argissolo Vermelho	5
Latossolo Vermelho-Amarelo	34
Argissolo Vermelho-Amarelo	42
Latossolo Vermelho	45
Cambissolo Háplico	61
<b>Dissecação</b>	
Baixa	1
Média	32
Forte	66
Muito Forte	92
<b>Tipo de Uso</b>	
Área Urbana	1
Culturas Temporárias	37
Solo Exposto	43
Pastagem	110

As combinações dos três fatores ambientais relacionados a estas ocorrências é que condicionam a classificação entre áreas estáveis ou de instabilidade morfodinâmica potencial. A combinação que mais resultou em processos desta natureza foi Cambissolos Háplicos em relevos com dissecação “muito forte” usados para pastagens (45 pontos). Já 34 registros em solos do tipo Latossolos, que possuem erodibilidade baixa ou muito baixa, em classificação proposta por Ribeiro *et al.* (2016), estão associados aos usos para culturas temporárias ou em solos expostos, estando os demais em áreas de dissecação média ocupadas por pastagem. Tais ponderações, sobre o potencial de instabilidade morfodinâmica, foram essenciais para estabelecer o grau de impacto e a possível capacidade de regeneração do geossistema.

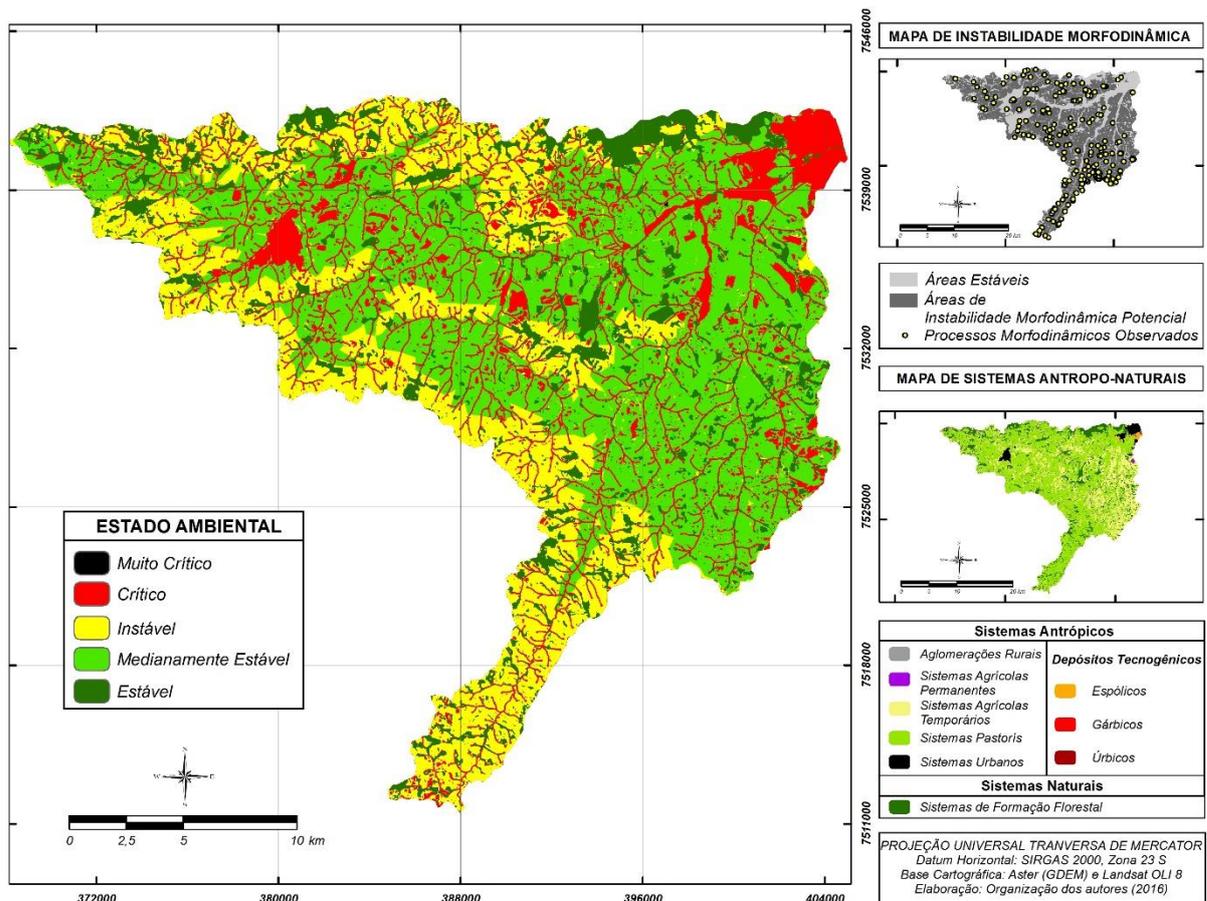


Figura 4: Mapa de Estado Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

As áreas dos sistemas de formações florestais e as estabelecidas como APP por Brasil (2012), com vegetação nativa preservada, foram classificadas como Estáveis. Já, as APP que possuem outros usos foram classificadas como Críticas, pois são fundamentais para a manutenção do equilíbrio dos sistemas ambientais, principalmente os dependentes da quantidade e qualidade da água, muito importante para a sub-bacia que abastece 100% da água de Borda da Mata e 71% da de Pouso Alegre (ANA, 2015). Outras classificadas na mesma categoria foram as áreas urbanas e com solo exposto, pois perderam o seu potencial natural, necessitando de medidas mitigadoras urgentes, que levariam, ao menos, uma geração para reestabelecer seus processos geocológicos característicos.

As áreas de planícies fluviais, colinas e morros com sistemas agrícolas temporários ou pastoris foram classificadas como Medianamente Estáveis, já que não houve alterações estruturais significativas que modificaram o potencial natural destas áreas. Todavia, a ausência de manejo adequado (Ribeiro *et al.*, 2016) pode comprometer o potencial de uso.

Porém, com adequações das práticas, estas podem ser utilizadas por várias gerações com baixo custo de manutenção da sustentabilidade.

Nas regiões de topos, vertentes e escarpas com sistemas agrícolas permanentes, sistemas agrícolas temporários ou sistemas pastoris foram classificadas como Instáveis, pois apresentam desequilíbrio nas estruturas espacial e funcional, não permitindo o cumprimento das funções geocológicas.

A área classificada como Estado Ambiental Muito Crítico é o Depósito Tecnogênico Gárbico, antigo Lixão de Pouso Alegre, localizada próxima ao rio Mandu. Em razão dos danos ambientais causados pelo uso inadequado na disposição dos resíduos de origem orgânica, necessita com urgência de medidas mitigadoras para sua restauração e demandará várias gerações para sua reabilitação.

Na sequência, as interações entre as Unidades Morfológicas do relevo e os sistemas antroponaturais estão ilustradas pelo Mapa de Unidades Geoambientais (Figura 5).

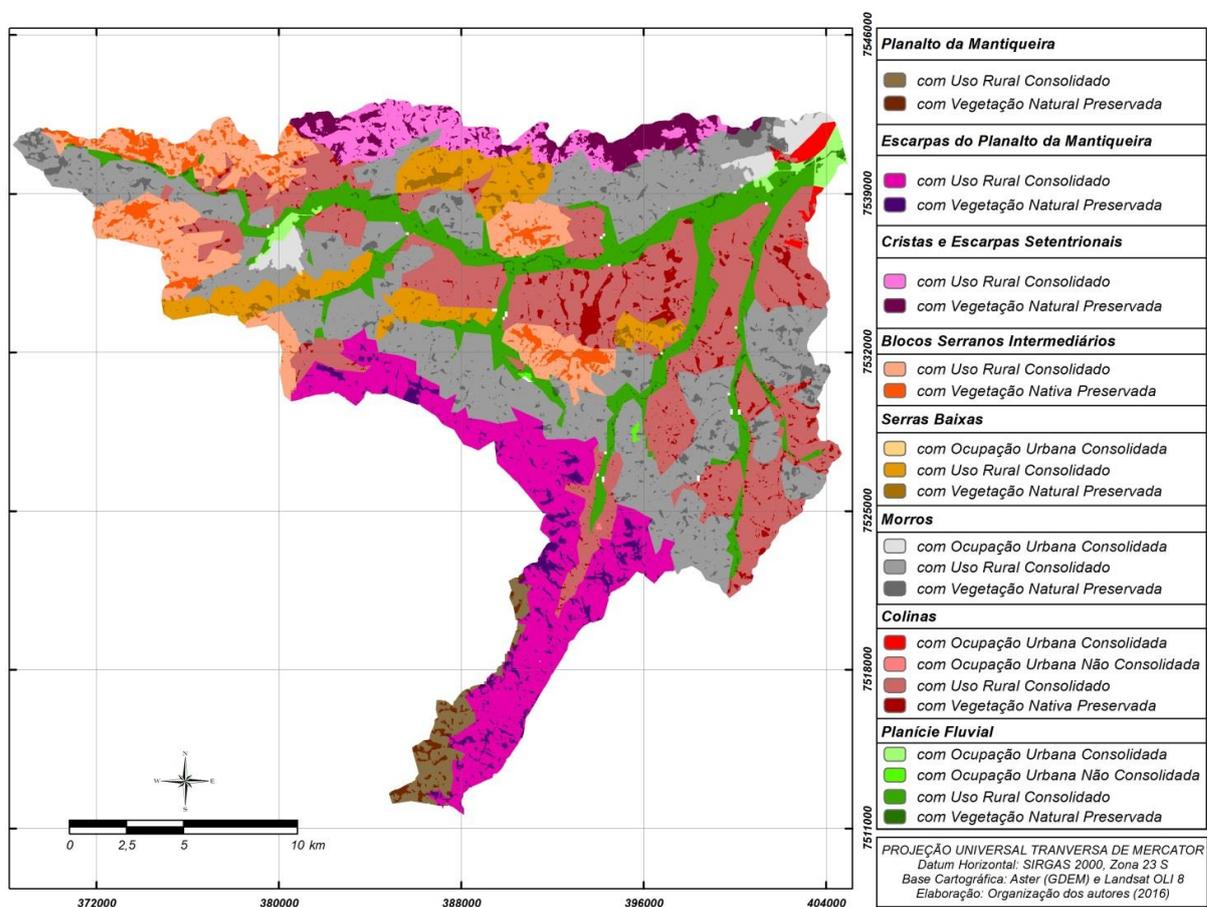


Figura 5: Mapa de Unidades Geoambientais da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

Os quatro tipos de subunidades que compõem as Unidades Geoambientais são: (1) Ocupação Urbana Consolidada, que corresponde às áreas urbanas e aos depósitos tecnogênicos espólicos, gárbicos e úrbicos; (2) Ocupação Urbana Não Consolidada representada pelas Comunidades Rurais; (3) Uso Rural Consolidado que corresponde às culturas temporárias, ao plantio de café e eucalipto e ao solo exposto em preparação para o plantio e (4) Vegetação Natural Preservada, referente à Mata Nativa.

O Zoneamento Geoambiental (Figura 6), de acordo com a interação entre Unidades Geossistêmicas, Unidades Geoambientais, Estado Ambiental e legislação vigente, classifica a área em cinco zonas e onze subzonas, com recomendações específicas, conforme as características ambientais e as necessidades de preservação com vistas à sustentabilidade. O

Quadro 2 apresenta em km<sup>2</sup> e porcentagem as áreas de cada Zona Geoambiental da área de estudo.

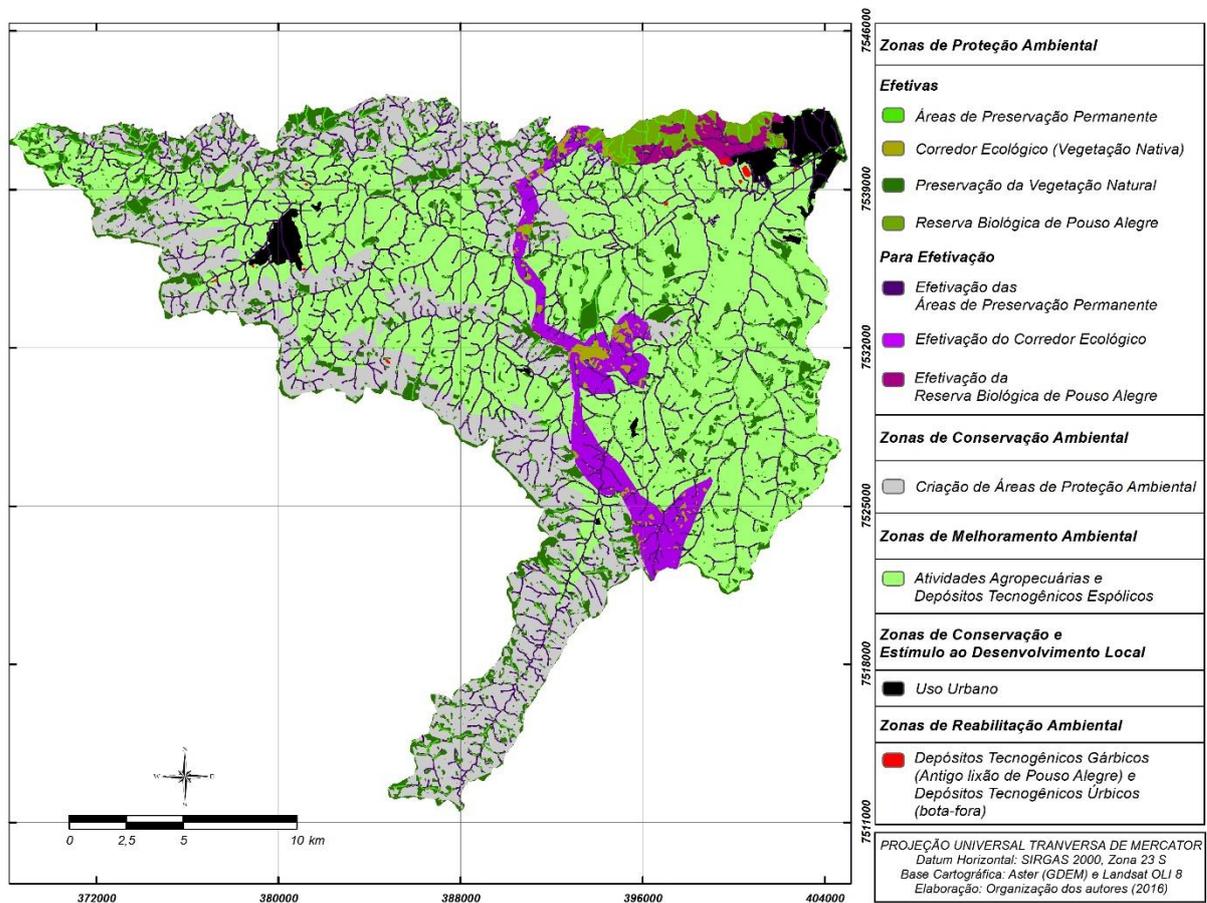


Figura 6: Zoneamento Geoambiental da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Mandu.

Quadro 2 - Área das Zonas do Zoneamento Geoambiental.

ZONAS		ÁREA(km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
<b>ZPA</b>	<b>EFETIVAS</b>	71,1	13,9
	Áreas de Preservação Permanente	13,7	2,7
	Corredor Ecológico	3,8	0,7
	Preservação da Vegetação Natural	47,2	9,3
	Reserva Biológica de Pouso Alegre	6,4	1,2
	<b>PARA EFETIVAÇÃO</b>	76,3	15,2
	Efetivação das Áreas de Preservação Permanente	49	9,8
	Efetivação do Corredor Ecológico	22,6	4,5
	Efetivação da Reserva Biológica de Pouso Alegre	4,7	0,9
<b>ZCA</b>	Criação de Áreas de Preservação Permanente	114	22,7
<b>ZMA</b>	Atividades Agropecuárias e Depósitos Tecnogênicos Espólicos	227,3	45,3
<b>ZCEDL</b>	Uso Urbano	10,9	2,1
<b>ZRA</b>	Depósitos Tecnogênicos Gárbicos e bota-fora.	0,4	0,8
<b>TOTAL</b>		500,0	100

ZPA = Zonas de Proteção Ambiental, ZCA = Zonas de Conservação Ambiental, ZMA = Zonas de Melhoramento Ambiental, ZCEDL = Zonas de Conservação e Estímulo ao Desenvolvimento Local, ZRA = Zonas de Reabilitação Ambiental.

Zonas de Proteção Ambiental foram divididas em dois grupos: (1) Efetivas, ou seja, áreas que estão com mata nativa e (2) Para Efetivação, que correspondem às áreas que deveriam estar protegidas. Neste caso, estão as APP, o Corredor Ecológico e a Reserva Biológica de Pouso Alegre, que são áreas de interesse coletivo para preservação da flora e fauna e de serviços ecossistêmicos. Estas áreas são, na sua maioria, de Estado Ambiental Estável ou Medianamente Estável, o que não caracteriza uma situação de estabilidade, pois a falta do Corredor Ecológico, das APP e a Reserva Biológica de Pouso Alegre prejudicam a dinâmica ambiental. Portanto, a falta da efetivação destas áreas em pouco tempo alterará o Estado Ambiental de forma deletéria.

Zonas de Conservação Ambiental: são os locais que necessitam de técnicas de manejo adequado, pois estão nas áreas com maiores altitudes e declividades, classificadas com Estado Ambiental Instável, já que a utilização destas áreas é realizada sem o manejo adequado. A criação de Áreas de Proteção Ambiental é pertinente, uma vez que são áreas com certo grau de ocupação humana e têm como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (BRASIL, 2000).

Zonas de Melhoramento Ambiental: são caracterizadas pelos Depósitos Tecnogênicos Espólicos, em geral relacionados à construção civil, e pelas atividades agropecuárias, que correspondem às culturas temporárias e permanentes, com o solo exposto associado às culturas. Nestas Zonas, o Estado Ambiental é, na maior parte, Medianamente Estável, o que apresenta uso sustentável, ou seja, que mantidas as condições de manejo, estas áreas podem ser utilizadas por longos períodos. As áreas com Depósitos Tecnogênicos Espólicos precisam de uma infraestrutura adequada ao dano causado, já que apresentam Estado Ambiental Crítico.

Zonas de Conservação e Estímulo ao Desenvolvimento Local: são as áreas urbanas dos municípios e as comunidades rurais, mesmo sendo caracterizadas com Estado Ambiental Crítico, pelo fato de terem alterado a dinâmica natural do sistema em que estão inseridas, estão consolidadas e necessitam de conservação para evitar novos danos, devido à carência de planejamento. Os depósitos úrbicos merecem atenção, pois podem ser responsáveis por focos de vetores de doenças, contaminação dos corpos d'água, contaminação e impermeabilização dos solos.

Zonas de Reabilitação Ambiental: representadas pelo depósito tecnogênico gárbico, o antigo "lixão" de Pouso Alegre, e pelos depósitos tecnogênicos úrbicos (bota-fora). O Estado Ambiental é Muito Crítico, sendo o "lixão" o caso mais grave, com sérios problemas ambientais e de inadequação para o uso humano. Os depósitos tecnogênicos úrbicos correspondem às áreas em que houve retirada de materiais terrosos ou sofreram processos erosivos, devido à falta de cobertura vegetal. Estas zonas precisam ser reabilitadas ou, ao menos, estabilizadas para não aumentar o estágio de degradação.

## CONCLUSÕES

A análise do Estado Ambiental apontou 57% da área como estável e moderadamente estável e 43% de áreas instáveis. Portanto, o Zoneamento Geoambiental possibilita a identificação de áreas prioritárias para ações de mitigação dos problemas ambientais nos locais que apresentam instabilidades e também indica as áreas estáveis para manutenção da preservação.

O Zoneamento Geoambiental aponta a necessidade de efetivação das Zonas de Proteção Ambiental e as restrições de uso nas Zonas de Conservação Ambiental.

As Zonas de Melhoramento Ambiental precisam incorporar técnicas de manejo e de infraestrutura adequadas para os depósitos tecnogênicos, com vistas à manutenção do equilíbrio ecológico e produtivo.

As Zonas de Conservação e Estímulo ao Desenvolvimento Local carecem de infraestrutura urbana adequada e de planos preventivos e remediadores para eventos climáticos extremos.

As Zonas Reabilitação Ambiental precisam de medidas de reparação urgentes, por serem inadequadas para uso humano e pela possibilidade de afetarem de forma deletéria os demais sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Brasil: Atlas do abastecimento urbano**. 2015. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. As Unidades de Paisagem como uma categoria de Análise Geográfica: o exemplo do Município de São Vicente – SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 177-198, 2008.

BERGER, A. R. **Where is sustainability when landscapes change rapidly?** Malásia: Institute of Environmental and Development, 2007.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27. 1971.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. 2000. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em : <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

BRASIL. **Novo Código Florestal Brasileiro**. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm)>. Acesso em: 06 jan. 2016.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Carta Geológica Guaratinguetá**. São Paulo: CPRM, 1998. 1 mapa. Escala 1: 250.000.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1996. 18p.

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento Geoambiental do Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 487-502, 2010.

DIAS, R. L.; OLIVEIRA, R. C. Análise das Paisagens do Litoral Sul do Estado de São Paulo. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 505-518, 2012.

DINIZ, N. C. A Geo-Environmental Data Base Due to Elaborate Geoindicators Scenarios Based on Engineering-Geological Criteria. In: BOAS, R. C. V.; BEINHOFF, C. (Org.). **Indicators of Sustainability for the Mineral Extration Industries**. Rio de Janeiro: CNPQ/CYTED, p. 61-77, 2002.

GIGLIOTTI, M. S. **Zoneamento Geoambiental da região da baixada santista – SP como subsídio ao uso e ocupação das terras**. 2010. 175p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências (IG), UNICAMP, Campinas. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta Topográfica de Conceição dos Ouros**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971a. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Pouso Alegre**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971b. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Santa Rita de Caldas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972a. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Ipuiuna**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972b. 1 mapa. Escala 1:50.000.

\_\_\_\_\_. **Carta Topográfica de Borda da Mata**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972c. 1 mapa. Escala 1:50.000.

MACHADO, M. F., SILVA, S. F. Geodiversidade: Adequabilidade/Potencialidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação. In: MACHADO, M. F., SILVA, S. F. (Org.). **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral e Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 49-94, 2010.

MAGALHÃES Jr., A. P.; DINIZ, A. A. Padrões e Direções de Drenagem na Bacia do Rio Sapucaí – Sul de Minas Gerais. **GEONOMOS**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 29-32, 1997.

MAGALHÃES Jr., A. P.; TRINDADE, E. S. Dinâmica Fluvial Quaternária no Vale do rio do Cervo – Zona Rúptil Carandaí/ Mogi Guaçu/ Sul de Minas Gerais. **GEONOMOS**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 33-38, 1997.

\_\_\_\_\_. Relações entre Níveis (Paleo) Topográficos e Domínios Morfotectônicos na Região Sul de Minas Gerais: Contribuições aos Estudos de Superfícies Erosivas no Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2004.

\_\_\_\_\_. Morfodinâmica Fluvial Cenozoica em Zonas de Contato entre Faixas Móveis e “Cunhas Tectônicas” na Região Sul de Minas Gerais. **GEONOMOS**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 59-74, 2005.

MARTÍNEZ, A. A. A.; RODRIGUEZ, J. M.; HERNÁNDEZ, A. C. Los Paisajes de Humedales, Marco Conceptual y Aspectos Metodológicos para su Estudio y Ordenamiento. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 2, p. 169-191, 2014.

MARUJO, M. F.; HASUI, Y.; BORGES, M.; PIRES NETO, A. G. Geomorfologia e feições morfotectônicas do alto vale do Sapucaí - sudeste do Brasil. In: ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DE AMERICA LATINA, 2001, Santiago. **Anais...** Universidad de Chile, Santiago, 2001. p. 138-139. Disponível em: <<http://observatoriageograficoamericalatina.org.mx/egal8/Procesosambientales/Geomorfologia/10.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **ASTER GDEM: Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer**. Estados Unidos, 2015.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 24-31, 2011.

POUSO ALEGRE. Secretaria de Planejamento. **Plano Diretor Municipal de Pouso Alegre/MG**. Pouso Alegre: Prefeitura Municipal de Pouso Alegre, 2008.

RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L.; CURI, N.; KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade Ambiental à Erosão Hídrica em uma Sub-bacia Hidrográfica pelo Processo Analítico Hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 1, p. 016-031, 2016.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e suas contribuições aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 69-77, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, São Paulo, v. 9, 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Geoecologia da paisagem: uma visão ecossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2. ed., 2007.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 6, 1992.

\_\_\_\_\_. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

\_\_\_\_\_. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTOS, M. R. R. dos; RANIERI, V. E. L. Criteria for Analyzing Environmental Zoning as na Instrument in Land Use and Spatial Planning. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 43-62, 2013.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; SILVA, C. P. C. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila: Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria e Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal**. Lavras: Editora UFLA, 2008.

SILVA, E. V.; GORAYEB, A.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geocologia das Paisagens, Cartografia Temática e Gestão Participativa: Estratégias de Elaboração de Planos Diretores Municipais. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, VI, 2010, Coimbra. **Anais...** Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010. p. 1-8. Disponível em: < <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/edson> >. Acesso em: 15 dez. 2015.

SOTCHAVA, V.B.O. Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 16, p. 1-52, 1977.

TRICARD, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: **FIBGE/SUPREN**, 1977.