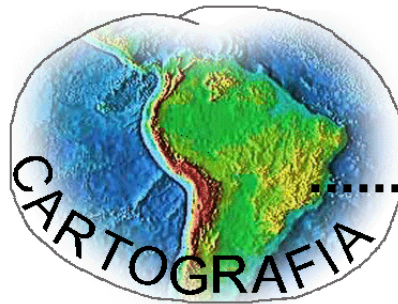


Débora Luiza de Almeida Alves

**Análise Espacial dos Fragmentos  
Florestais na Bacia do Rio Santa  
Bárbara/ MG com Aplicações em  
Corredores Ecológicos**

XIV Curso de Especialização em  
Geoprocessamento



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartografia@igc.ufmg.br

**DÉBORA LUIZA DE ALMEIDA ALVES**

**ANÁLISE ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA  
BACIA DO RIO SANTA BÁRBARA/ MG COM APLICAÇÕES  
EM CORREDORES ECOLÓGICOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. MSc. Bráulio Magalhães Fonseca.

**Belo Horizonte  
2013**

**A474a** Alves, Débora Luiza de Almeida.  
**2013** Análise espacial dos fragmentos florestais na bacia do rio Santa Bárbara/MG com aplicações em corredores ecológicos [manuscrito] / Débora Luiza de Almeida Alves. – 2013.  
v, 51 f. : il. (color.)

Monografia (especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2013.  
Orientador: Bráulio Magalhães Fonseca.  
Bibliografia: f. 48-50.  
Inclui anexo.

1. Fragmentação florestal. 2. Corredores (Ecologia). 3. Análise espacial (Estatística). I. Fonseca, Bráulio Magalhães. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 577.4



Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Curso de Especialização em Geoprocessamento

Monografia defendida e aprovada em 6 de dezembro de 2013 pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. MSc. Bráulio Magalhães Fonseca – IGC/UFMG - Orientador

---

Prof. MSc. Christian Rezende Freitas – IGC/UFMG

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, pelo apoio e pela compreensão.

Ao meu namorado, Júnio, pelo amor, pela compreensão e pelo incentivo.

Ao professor Bráulio Magalhães Fonseca, pela orientação e pelo aprendizado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O meio ambiente tem sofrido alterações crescentes registradas nas últimas décadas. Esse crescimento acelerado proveniente das atividades humanas interfere no ambiente natural, criando novas situações ao construir e ao ordenar os espaços físicos de acordo com os seus interesses. A fragmentação florestal configura como um das mais graves ameaças à biodiversidade dos ecossistemas da atualidade, sendo que ruptura de uma cobertura florestal faz aparecer parcelas menores, como consequências apresentam uma dinâmica diferente da existente do ambiente original, comprometendo o fluxo gênico entre as populações de certas espécies. O objetivo do estudo é caracterização da fragmentação florestal na bacia do rio Santa Bárbara por meio dos índices de ecologia da paisagem e de análise de multicritérios a fim de propor um corredor ecológico entre as unidades de conservação: Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Santuário Serra do Caraça, Comodato Reserva Peti, RPPN Itajuru ou Sobrado e a Área de Proteção Ambiental (APA) do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Após a análise da paisagem a partir dos fragmentos florestais e apoiados por índices da paisagem, obteve-se o corredor ecológico através da análise de multicritérios. A proposta do corredor ecológico que integre as unidades de conservação na bacia do rio Santa Bárbara é viável, pelo fato de não ser necessário o plantio de vegetação para integrar essas áreas, ou seja, o corredor proposto passa por áreas preservadas, podendo ser considerado como uma medida compensatória para a conservação e manutenção desses fragmentos.

Palavras-chave: Fragmentação Florestal, Índices de Ecologia da Paisagem e Corredores Ecológicos.

## SUMÁRIO

	<b><u>Pág.</u></b>
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
	<b><u>Pág.</u></b>
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Apresentação	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 <i>Objetivos Específicos</i>	11
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 Fragmentação Florestal	16
3.2 Ecologia da Paisagem	17
3.2.1 <i>Estrutura da Paisagem</i>	17
3.2.2 <i>Índices (métricas) na Ecologia da Paisagem</i>	18
3.3 Corredor Ecológico	21
3.4 Geoprocessamento na Análise da Paisagem	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Metodologia para Corredores Ecológicos	27
4.1.1 <i>Metodologia de Custos</i>	27
4.1.2 <i>Metodologia a partir de Análise de Multicritérios</i>	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	51

## LISTA DE FIGURAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Figura 1: Localização da Bacia do Rio Santa Bárbara	12
Figura 2: Unidades de Conservação inseridas na Área de Estudo	14
Figura 3: Áreas Prioritárias para a Conservação	15
Figura 4: Índice de Áreas Núcleo	19
Figura 5: Comparação de valores para os cálculos de Complexidade de Forma	20
Figura 6: Índice de Proximidade	21
Figura 7: Fluxograma Metodológico	25
Figura 8: Delimitação de Corredores Ecológicos	28
Figura 9: Direção e código a ser atribuído à imagem matricial	31
Figura 10: Delimitação do Corredor Ecológico a partir da Análise de Multicritérios	33
Figura 11: Uso do Solo e Cobertura Vegetal	38
Figura 12: Fragmentos Florestais	40
Figura 13: Índice de Forma	41
Figura 14: Índice de Área Núcleo	42
Figura 15: Índice de Proximidade	43
Figura 16: Corredor Ecológico a partir da Análise de Multicritérios	44
Figura 17: Corredores Ecológicos	45



## LISTA DE TABELAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Tabela 1: Faixas Espectrais do Sensor LANDSAT 8	26
Tabela 2: Custos de Declividade	29
Tabela 3: Custos de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	29
Tabela 4: Custos das Áreas de Preservação Permanentes	30
Tabela 5: Escala de Comparadores	30
Tabela 6: Valores de interesses para o modelo	31
Tabela 7: Custos de Declividade Adaptado	32
Tabela 8: Custos de Uso do Solo e Cobertura Vegetal Adaptado	32
Tabela 9: Valores de interesses para o modelo adaptado	32
Tabela 10: Notas das APPs	34
Tabela 11: Notas do Uso do Solo e Cobertura Vegetal	34
Tabela 12: Notas das Distâncias de Rodovias	35
Tabela 13: Notas das Distâncias das Manchas Urbanas	35
Tabela 14: Notas dos Índices de Forma	36
Tabela 15: Notas dos Índices de Proximidade	36
Tabela 16: Síntese das Variáveis	36
Tabela 17: Valores das Classes do Uso do Solo e Cobertura Vegetal	39

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

O meio ambiente tem sofrido alterações crescentes registradas nas últimas décadas. Esse crescimento acelerado proveniente das atividades humanas interfere no ambiente natural, criando novas situações ao construir e ao ordenar os espaços físicos de acordo com os seus interesses. Essas modificações feitas pelo homem alteram o equilíbrio da natureza que não é estática, mas que quase sempre apresenta um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua. Em decorrência desses fatos, vem tomando grande foco no contexto contemporâneo a problemática ambiental e a utilização de métodos que minimizem os impactos advindos da exploração dos recursos naturais (SILVA E ZAIDAN, 2009, p.32).

A fragmentação dos habitats configura como um das mais graves ameaças à conservação dos ecossistemas da atualidade. A ruptura de uma cobertura florestal faz aparecer parcelas menores, como conseqüências apresentam uma dinâmica diferente da existente do ambiente original, comprometendo o fluxo gênico entre as populações de certas espécies. Diversos estudos apontam que a conectividade entre os fragmentos por meio de corredores ecológicos é uma importante alternativa na conservação dos ecossistemas.

Segundo Viana e Pinheiro (1998, p. 26), o interesse no estudo das conseqüências da fragmentação florestal sobre a conservação da biodiversidade tem aumentado significativamente nos últimos anos e a justificativa para este crescente interesse é a constatação de que a maior parte da biodiversidade se encontra atualmente localizada em pequenos fragmentos florestais.

Dentro desta perspectiva, a bacia do rio Santa Bárbara está localizada na região geográfica denominada Quadrilátero Ferrífero, sendo uma região de grande riqueza mineral, cujos recursos têm sido explorados durante séculos. Apesar do número significativo de unidades de conservação no seu interior, elas têm sido insuficientes para a conservação do seu meio ambiente (MARENT; LAMOUNIER; GONTIJO, 2011, p. 99).

A área de estudo foi escolhida a partir da definição de diversos autores que reconhecem a eficiência do uso da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento do meio ambiente, considerando-se que *“não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se integre a uma bacia hidrográfica”* (SANTOS, 2004, p.40-41).

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral é caracterizar a fragmentação florestal na bacia do rio Santa Bárbara por meio dos índices de ecologia da paisagem e de análise de multicritérios a fim de propor um corredor ecológico entre as unidades de conservação: Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Santuário Serra do Caraça, Comodato Reserva Peti, RPPN Itajuru ou Sobrado e a Área de Proteção Ambiental (APA) do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

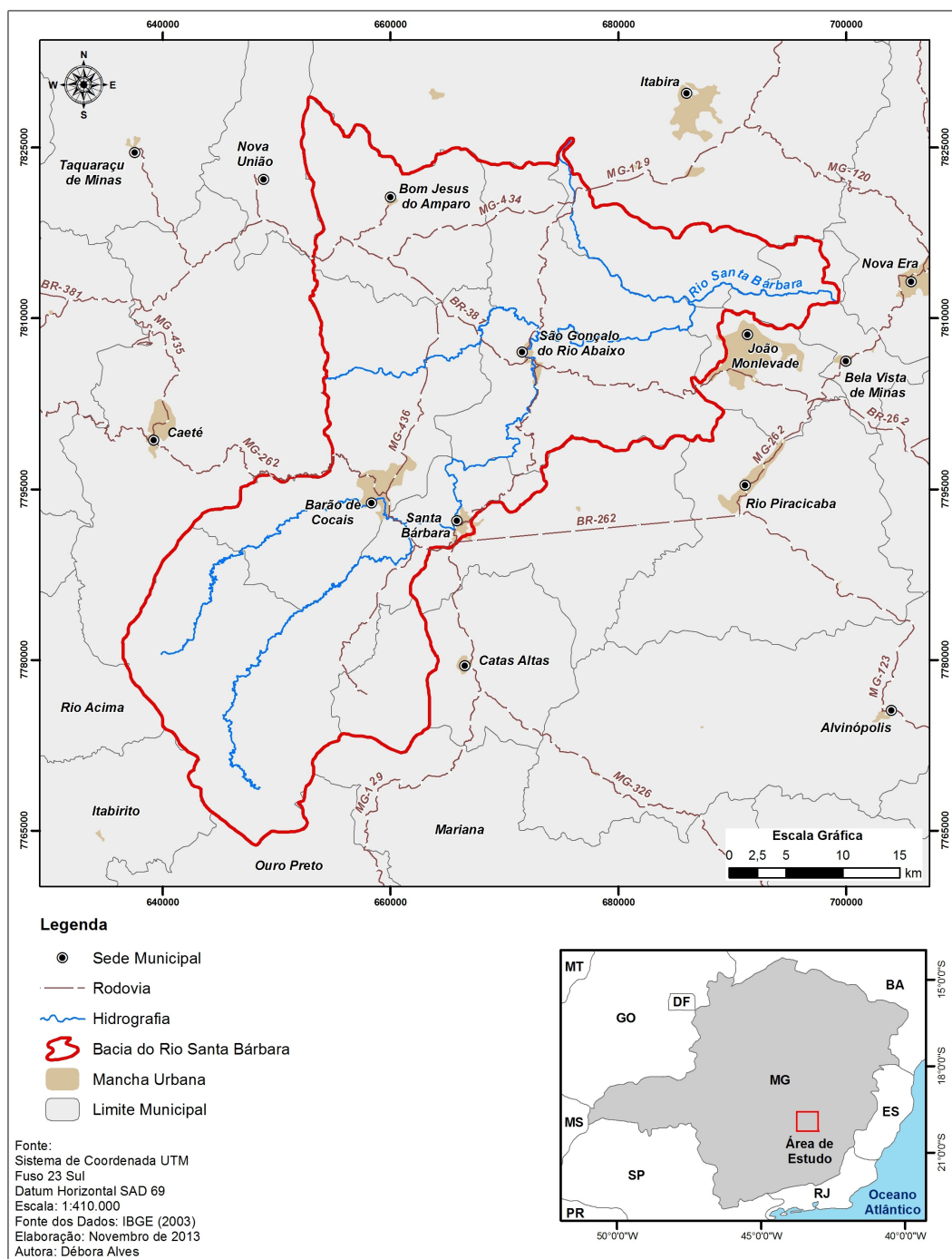
### ***1.2.1 Objetivos Específicos***

- Caracterizar o uso do solo e a cobertura vegetal na área da bacia;
- Caracterizar a fragmentação florestal através dos índices de ecologia da paisagem;
- Identificar áreas dentro da bacia do rio Santa Bárbara para uma provável inserção de um corredor ecológico que integre as unidades de conservação;
- Comparar as metodologias de corredores ecológicos.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Santa Bárbara está localizada na região central do estado de Minas Gerais, abrangendo os municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo, Catas Altas, Bom Jesus do Amparo, João Monlevade, Bela Vista de Minas e Itabira (Figura 1).

**Figura 1: Localização da Bacia do Rio Santa Bárbara**



Fonte: IBGE (2003).

De acordo com Santos (2004) em citação a Pires *et al.*(2002), a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento possibilita avaliar o seu potencial de desenvolvimento e a sua produtividade biológica, apontando para as melhores formas de aproveitamento dos mesmos, com o mínimo impacto ambiental. Assim, torna-se possível propor uma área de estudo e gerenciamento que englobe uma visão mais ecossistêmica, abrangendo diversos tipos de relações entre os componentes estruturais da mesma. A bacia do rio Santa Bárbara está inserida na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, tributário da bacia do rio Doce.

A área de estudo está localizada na região geográfica do Quadrilátero Ferrífero, considerado como uma das províncias geológicas e geomorfológicas mais importantes do Brasil. A geologia do Quadrilátero Ferrífero foi resumida por Alkmim & Marshak (1998) em: Embasamento Cristalino, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi. O Embasamento Cristalino, de idade arqueana, é composto por granitos, gnaisses e migmatitos. O Supergrupo do Rio das Velhas, também de idade arqueana, é composto basicamente por xistos e filitos. O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica, é composto basicamente por quartzitos e itabiritos. E, por último, o Grupo Itacolomi, de idade proterozóica, composto basicamente por quartzitos. A região da bacia hidrográfica é caracterizada pela presença de quartzitos, granitos gnaiss e itabiritos.

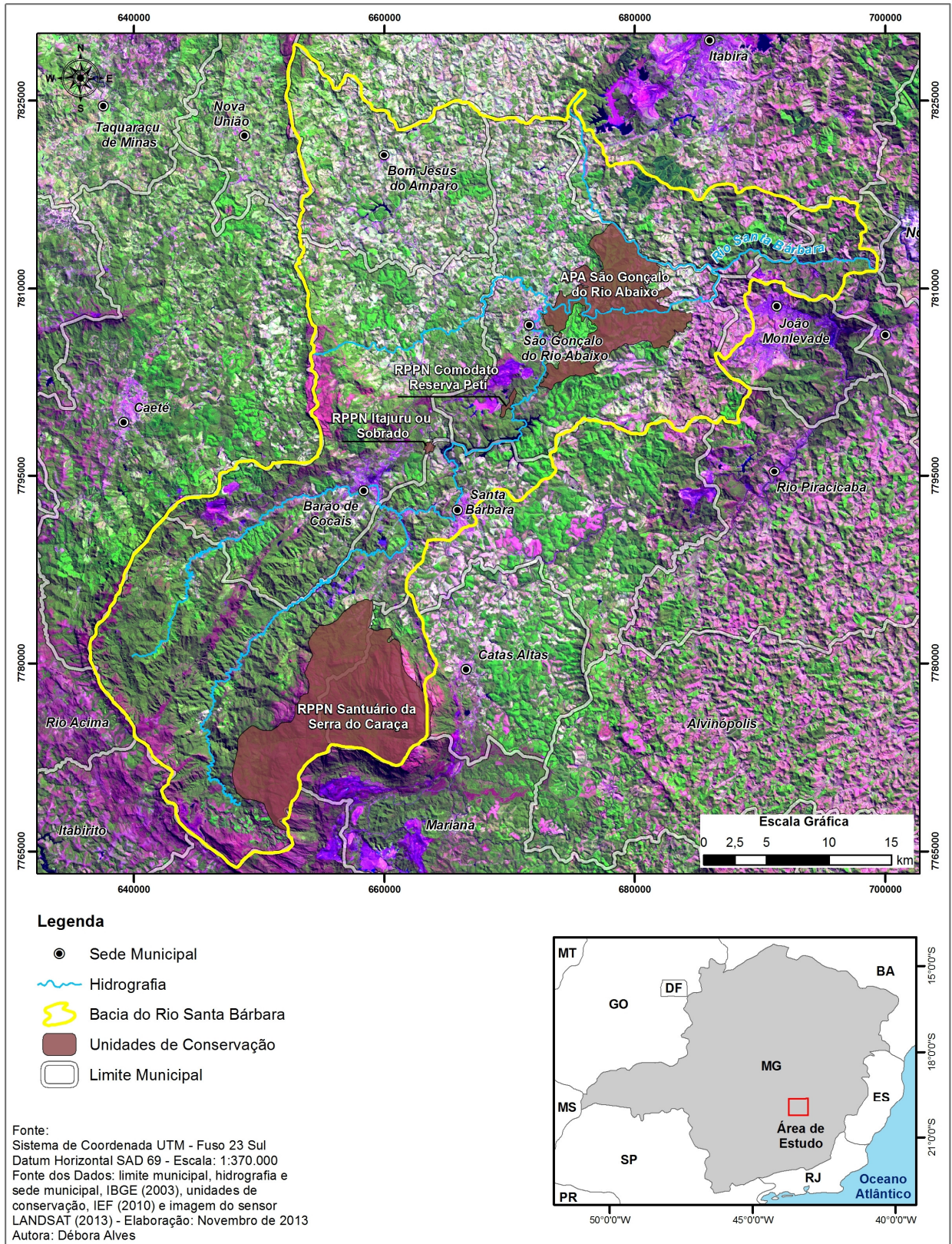
O Quadrilátero Ferrífero apresenta, em linhas gerais, o relevo dobrado em anticlinais (antiforme) e sinclinais (sinforme). As anticlinais foram denudadas e agora ocupam a porção inferior do relevo, enquanto as sinclinais protegidas em suas abas por litotipos mais resistentes permanecem suspensas. A inversão do relevo que marca a fisionomia da região estabeleceu-se em decorrência da erosão diferencial entre as rochas mais resistentes (canga, quartzitos e itabiritos) em relação à resistência mediana (xistos, filitos e granito gnaisses) e às frágeis (rochas carbonáticas) (ALKMIM,1996).

A cobertura vegetal da bacia está bastante fragmentada, decorrente do avanço da fronteira agrícola e do crescimento da população nos municípios onde a bacia está inserida, sendo caracterizada basicamente pela mineração, área urbana, pastagem, pecuária leiteira e do reflorestamento da cobertura vegetal pelo eucalipto. Essas atividades antrópicas influenciam no meio ambiente através da fragmentação da cobertura vegetal, como consequência, os fragmentos menores geralmente são pobres na diversidade da fauna e da flora.

De acordo com o Instituto Estadual de Florestas (IEF), na área de estudo estão localizadas as unidades de conservação da RPPN Santuário Serra do Caraça, RPPN Comodato Reserva Peti, RPPN Itajuru ou Sobrado caracterizadas como áreas privadas com o objetivo de conservar a diversidade biológica, permitida a pesquisa científica e a visita turística, recreativa e

educacional e a APA do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo que ainda não possui decreto (Figura 2).

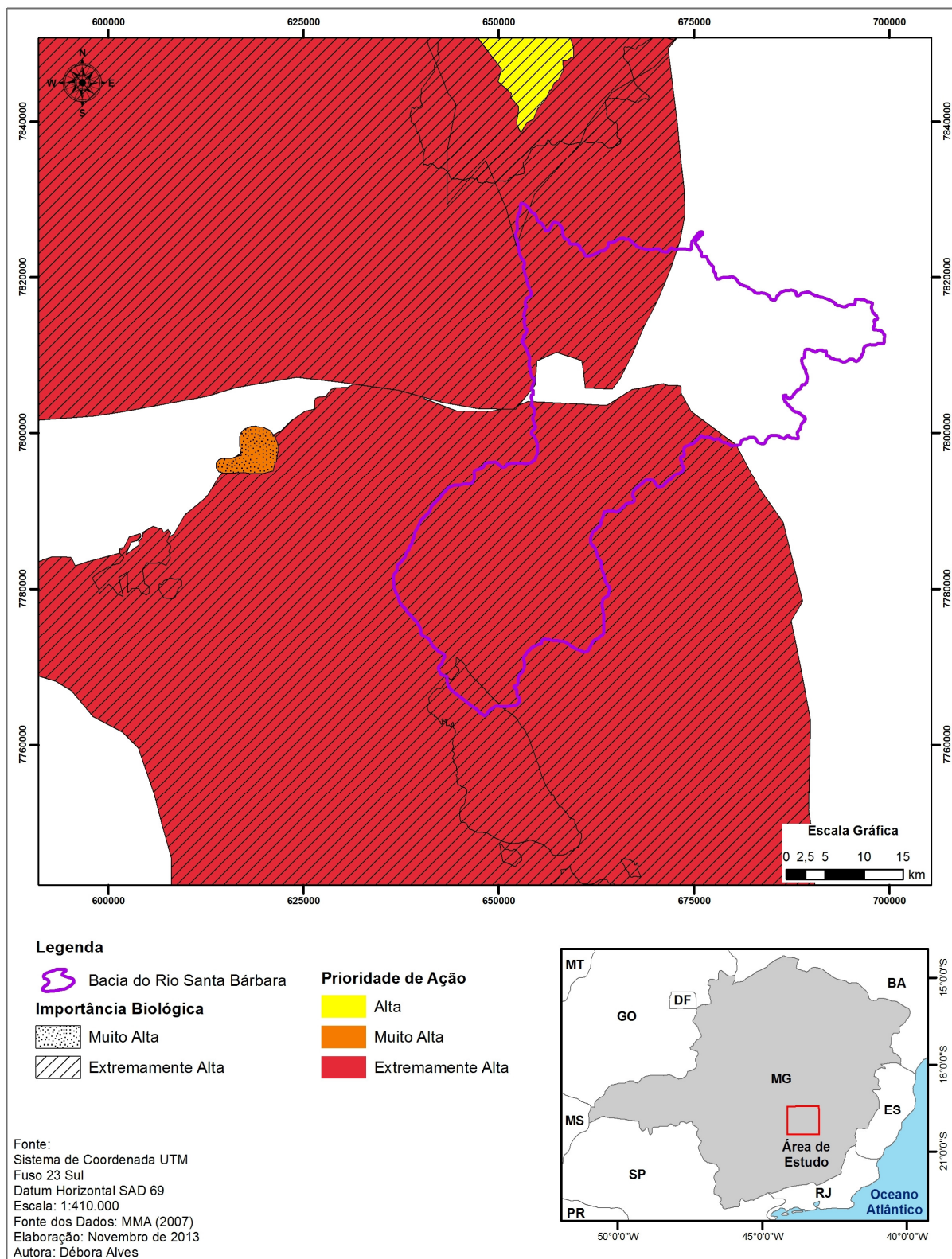
**Figura 2: Unidades de Conservação inseridas na Área de Estudo**



**Fonte: IBGE (2003) e IEF (2010).**

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007) a bacia hidrográfica está inserida em sua maior porção na área de importância biológica e de prioridade de ação extremamente alta, justificando assim, análise dos fragmentos florestais na região (Figura 3).

**Figura 3: Áreas Prioritárias para a Conservação**



Fonte: MMA (2007).

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Fragmentação Florestal

Segundo Viana e Pinheiro (1998, p. 25) em citação a Viana (1995), a conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios deste final de século, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais. Uma das principais consequências dessas perturbações é a fragmentação de ecossistemas naturais.

A fragmentação florestal provoca a diminuição do número de indivíduos de uma população, favorecendo a perda de variação genética. A população remanescente passa a ter um tamanho menor que o mínimo adequado podendo originar a extinção de algumas populações de espécies.

Ainda de acordo com Viana e Pinheiro (1998, p. 26), a fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas.

Os principais fatores que afetam a dinâmica de fragmentos florestais são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbações (VIANA *et al.*, 1992, s/p).

Portanto, os fragmentos apresentam uma profunda relação com a sociedade envolvente. Um dos fatores que melhor explica a estrutura e a dinâmica de fragmentos florestais é o histórico de perturbações (VIANA, 1995, s/p).

Ainda de acordo com Viana (1995, s/p), o maior impacto da fragmentação florestal é a perda da biodiversidade regional, e quanto mais fragmentadas e perturbadas as paisagens, maiores são os desafios para conservação da biodiversidade.

Portanto, a perda de ambientes naturais aliado ao processo de fragmentação florestal que se intensifica nos tempos recentes, tem como resultado na formação de paisagens com pouca diversidade do hábitat natural, isoladas e com áreas reduzidas.

Segundo Santos (2004, p.34) em citação a Verboom *et al.*, (1991), a fragmentação de habitats causam danos irreversíveis para populações biológicas e é uma das principais razões para o declínio das populações, o que pode acarretar em extinção local.



### **3.2 A Ecologia de Paisagem**

Segundo Metzger (2001, p.4), a paisagem é definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente, segundo o observador numa determinada escala.

A definição de paisagem foi introduzida como um modelo geográfico- científico no início do século XIX pelo Alexander Von Humbolt, este foi considerado um pioneiro da geografia física e geobotânica. Já, o termo de Ecologia de Paisagem foi introduzido pela primeira vez em 1939, pelo geógrafo alemão Carl Troll.

A Ecologia de Paisagens constitui uma nova área de conhecimento, surgida nos anos de 1930-40, na Europa (especialmente Alemanha e Holanda), cujo enfoque inicial ressaltava a percepção, uso e ordenamento do espaço de vida do homem (PIVELLO; METZGER, 2007, p. 21).

Segundo Pivello e Metzger (2007, p. 22) em citação ao Paese & Santos (2004), no Brasil, a Ecologia de Paisagens estabeleceu-se inicialmente, por volta dos anos 1970-1980, sob forte influência da vertente geográfica. Apenas na década de 1990, aparecem grupos com abordagens predominantemente ecológicas.

A ecologia de paisagem é uma nova área de conhecimento dentro da ecologia, marcada pela existência de duas principais abordagens: uma geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e gestão do território; e outra abordagem ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos e a importância desta em termos de conservação biológica (MATZGER, 2001, p.1).

Segundo Soares Filho (1998, p. 6) em citação a (Vink, 1983), a ecologia de paisagem pode ser considerada dentro de uma visão tradicional, como o estudo das inter-relações entre os fenômenos e processos da paisagem ou da geoesfera, incluindo as comunidades de plantas, animais e o homem.

#### ***3.2.1 Estrutura da Paisagem***

Estrutura, função e mudança são três aspectos básicos e essenciais, que já foram ressaltados por Neef (1967) como fundamentais para a pesquisa da ecologia de paisagens (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 106).

A **estrutura**, ou seja, a configuração específica dos elementos da paisagem no que se refere ao seu tamanho e forma, ao seu tipo e distribuição quantitativa, bem como o seu arranjo no espaço. Os elementos servem como indício para a identificação da distribuição de energia e matéria, de organismos e populações. Em contrapartida, a **função** são as interações entre os elementos da paisagem, seus componentes e componentes de sistema, com enfoque na permuta e no fluxo de energia, matéria e organismos. Finalmente, a **mudança** de estrutura e função depende do tempo.

O conceito de estrutura de paisagem apoia-se explicitamente numa forma de observação espacial. O resultado disso é a necessidade de modernos métodos de processamento de informações geográficas, bem como teorias fundamentais da divisão hierárquica de paisagens e do holismo (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 105).

A ecologia de paisagens procura testar umas das propriedades fundamentais da teoria hierárquica. Para tanto, procura distinguir grandes tipos de paisagens, baseado no modelo de fragmento-corredor-matriz (MATZGER, 2001, p.6).

Segundo Soares Filho (1998, p. 15) em citação a (Forman; Godron, 1986), uma mancha (fragmento) – retalho ou remendo (tradução do inglês patch) – pode ser definida como uma superfície não linear que difere em aparência de seu entorno. As manchas variam em tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e características de borda. Em adição, as manchas se encontram sempre embebidas numa matriz, uma área de entorno diferente da estrutura e composição.

Para Lang e Blaschke (2009, p. 114-115), as manchas são os menores elementos individuais observáveis da paisagem, sendo a mais importante unidade espacial a ser estudada. Em uma paisagem é composta de elementos de estrutura de forma específica, resultando um determinado “padrão de manchas”.

Em contra partida os corredores se representam como estruturas lineares, isto é, eles possuem uma elevada relação de comprimento/largura (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 122).

Finalmente a matriz é definida como um elemento estendido da paisagem relativamente homogêneo, que inclui manchas ou corredores de diferentes tipos (FORMAN; GODRON, 1986, p.159).

### ***3.2.2 Índices (métricas) na Ecologia da Paisagem***

Segundo Smaniotto (2007, p.6), o uso de índices de estrutura da paisagem auxilia na quantificação do padrão de uso e ocupação da terra, além de facilitar a compreensão da

heterogeneidade espacial e da própria estrutura da paisagem. Dessa forma, os índices (ou métricas) capturam aspectos do padrão da paisagem que são necessários para correlacionar o padrão espacial da paisagem com atributos ambientais importantes e testar hipóteses que relacionam o padrão da paisagem com processos ecológicos e antrópicos.

Os estudos apoiados por métricas de paisagem buscam avaliar o nível de fragmentação das paisagens e analisam as implicações ecológicas dessa situação com vistas a dar suporte para a formação de corredores ecológicos e identificação de manchas vegetadas de interesse de preservação (MAGALHÃES, 2013, p.14).

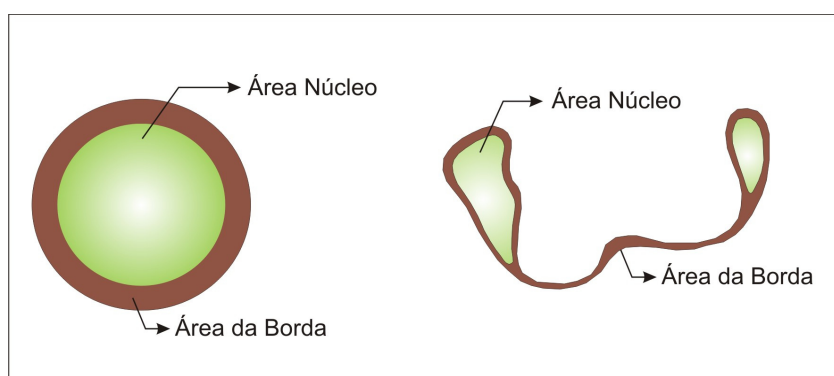
O **índice de área** é a medida da estrutura da paisagem mais próxima e mais difundida e, por isso, talvez a mais importante, isso porque a partir dela, as outras métricas são construídas direta ou indiretamente (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 256).

Segundo Valente (2001, p.9) em citação a Harris (1984), qualquer diminuição em área de um fragmento florestal, pode levar a uma diminuição exponencial do número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural das espécies e, por sua vez, a sustentabilidade do ecossistema.

O **índice de área núcleo** representa os espaços internos das unidades espaciais. Isso ocorre com base na premissa de que os setores de borda são influenciados por determinados efeitos das áreas exteriores e que, conseqüentemente, no setor interno predominam as áreas preservadas (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 262).

De acordo com Magalhães (2013, p.98), o resultado dessa métrica indica o nível de coesão dos fragmentos de vegetação e, nesse sentido, seu grau de estabilidade. Fragmentos com maior área núcleo indicam maiores áreas onde existem relações ecológicas mais bem preservadas. Essas áreas podem ser interpretadas como zonas com alto potencial de influenciar seu entorno e podem ser consideradas como o “coração” do sistema de espaços verdes por ser a maior fonte gênica (Figura 4).

**Figura 4: Índice de Áreas Núcleo**

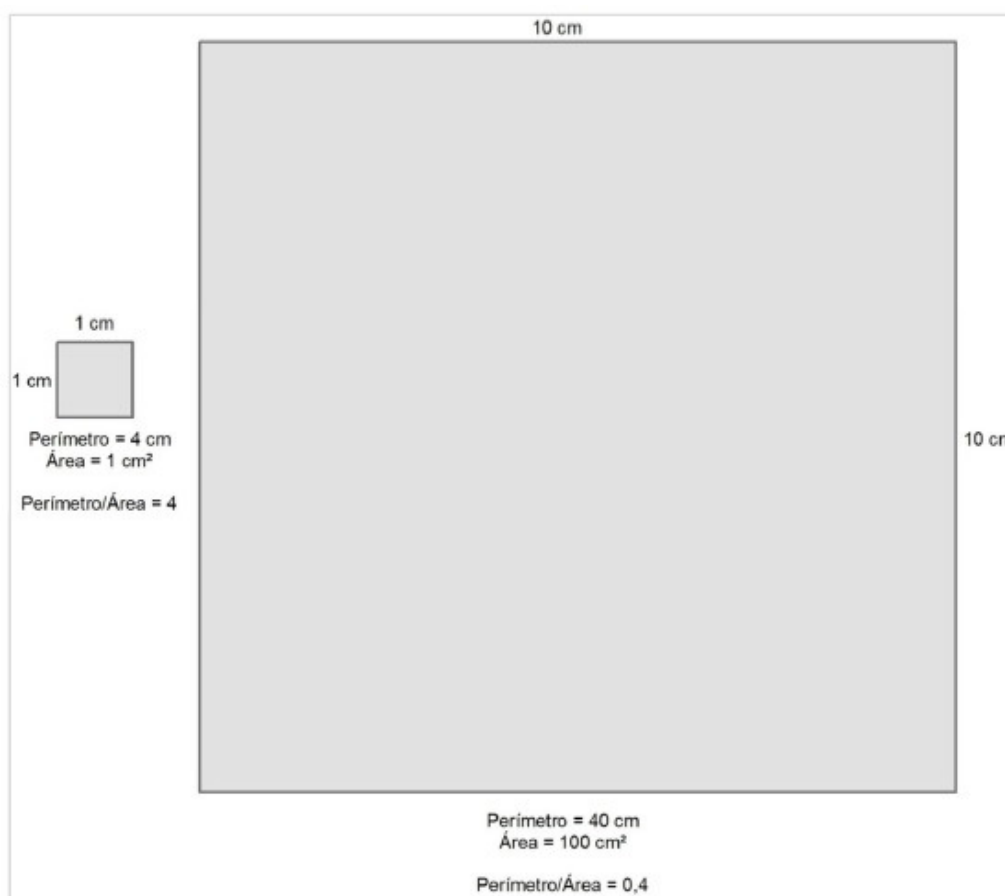


**Fonte: Elaborado pela autora.**

O **índice de forma** é a relação de perímetro dividido pela área, que dependem das grandezas absolutas de áreas o que, fundamentalmente, dificulta a comparação. Sendo assim, a medida de feição padronizada, na pesquisa de ecologia de paisagens, caracteriza o desvio da forma de uma mancha, definida por um círculo, para dados vetoriais. Na representação *raster*, o quadrado seria equivalente ao círculo. O índice avalia, portanto, a complexidade da forma de uma mancha por meio de comparação com uma feição padrão (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 268-269).

De acordo com Magalhães (2013, p. 95), os dois fragmentos da figura 5, possuem formas idênticas, mas possuem valores distintos para o cálculo de perímetro/área, portanto, quanto maior a área menor é a relação perímetro/área. Essa análise pode gerar uma interpretação equivocada acerca da morfologia dos fragmentos caso todos sejam analisados em conjunto, pois os menores possuem valores mais elevados para o cálculo de perímetro/área. Esses resultados são utilizados para discutir sobre a complexidade da forma dos fragmentos e, por isso, é necessário analisar separadamente os pequenos fragmentos dos grandes fragmentos.

**Figura 5: Comparação de valores para os cálculos de Complexidade de Forma**



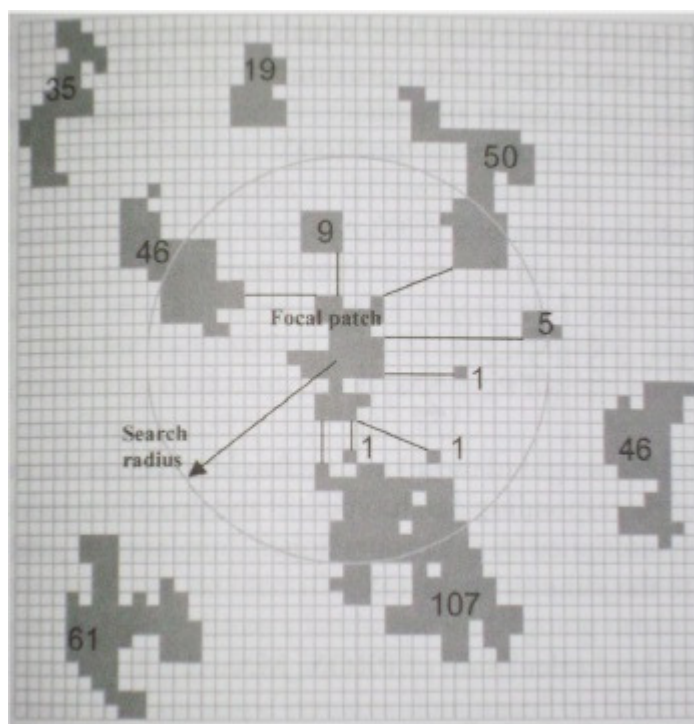
Fonte: Magalhães (2013, p.95).

O **índice de proximidade** considera não somente o isolamento no sentido da distância euclidiana mínima à mancha mais próxima, mas também discrimina entre uma distribuição especialmente dispersa e uma mais agregada (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 291).

Para o cálculo do Índice de Proximidade o usuário deve indicar um raio de busca que terá como base o fragmento focal e, a partir desse fragmento, o software analisará quantos fragmentos existem, qual a área e qual a distância dos mesmos.

O resultado dessa métrica (Figura 6) pode indicar quais fragmentos de vegetação têm maior potencial para realizar conexões ou realizar trocas com os vizinhos ou, de maneira oposta, pode indicar quais os fragmentos de vegetação estão mais isolados, ou seja, em piores condições de conectividade com os demais (MAGALHÃES, 2013, p.147).

**Figura 6: Índice de Proximidade**



**Fonte: Magalhães (2013, p.147) em citação a Leitão et. al. (2006, p.151).**

### **3.3 Corredor Ecológico**

Segundo Almeida (2008, p.10) em citação a Dias *et al.*, 2000, em um cenário de intensa fragmentação dos ecossistemas naturais, a criação de unidades de conservação assumiu importância crucial nos programas de conservação, sendo que a simples delimitação de uma área não assegura efetivamente a manutenção de comunidades de uma região, uma vez que,

nos dias atuais, as próprias unidades de conservação são verdadeiras ilhas isoladas em meio à paisagem.

O Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985/00, artigo 5º, inciso XII, cita:

“O SNUC será rígido por diretrizes que busquem proteger grandes áreas por meio de um conjunto integrado de unidades de conservação de diferentes categorias, próximas ou contíguas, tendo associadas suas respectivas zonas de amortecimento e corredores ecológicos integrando diferentes atividades de preservação da natureza, uso sustentável dos recursos naturais e restauração e recuperação de ecossistemas” (SNUC, 2000).

No entanto, mais da metade das unidades de conservação possuem menos de 500 ha, o que é insuficiente para muitas espécies de plantas e animais. Além disso, parte significativa dessas unidades de conservação encontra-se degradada por um histórico de perturbações diversificado (incêndios, caça, extrativismo vegetal predatório etc.) e pelo efeito de borda, agravado por formas inadequadas. A definição de estratégias para a conservação da biodiversidade nessas áreas deve ultrapassar os limites das unidades de conservação e considerar as características de potencial para a conservação nos fragmentos vizinhos (VIANA; PINHEIRO, 1998, p. 28).

Segundo Santos (2004, p.41), em citação a Forman (1983) e Simberloff e Cox (1987) propõem quatro funções principais para os corredores: a) habitat para algumas espécies; b) meio para a movimentação de indivíduos entre fragmentos; c) barreira semi-permeável que separa áreas da matriz e, d) fonte de fatores bióticos e abióticos para a matriz circunvizinha.

Ainda de acordo com Santos (2004, p.27) em citação a Simberloff e Cox, (1987); Noss (1987); Simberloff et al. (1992); Metzger (1999), a implantação de corredores em larga escala é uma das muitas propostas de ação que visam reduzir e/ou contornar as consequências da fragmentação e, apesar do assunto ser muito controverso entre os pesquisadores atuais, corredores ecológicos são uma das soluções para a intensiva perda de diversidade biológica. Esses corredores seriam capazes de promover ligações entre os fragmentos permitindo o fluxo gênico e, apesar das divergências de opiniões a respeito da eficiência dos corredores, as discussões convergem para o fato de que cada caso é um caso único e específico, com sua própria dinâmica, e que a existência de qualquer corredor deve ser preservada, visando sempre o aumento dessa vegetação.

Ao interligarmos os fragmentos através de corredores de biodiversidade, aumenta-se o fluxo de animais e sementes e, portanto, a colonização das áreas degradadas pelas espécies de

plantas e animais presentes nos fragmentos florestais. Estes corredores devem atrair os dispersores da biodiversidade, notadamente animais (especialmente pássaros, mamíferos, insetos e anfíbios) (VIANA; PINHEIRO, 1998, p. 40).

### **3.4 Geoprocessamento na Análise da Paisagem**

O emprego de recursos tecnológicos para análise ambiental tem se difundido por seu potencial para o reconhecimento, a manipulação e a análise de dados espacialmente distribuídos. Essas ferramentas contribuem para as pesquisas sobre o meio ambiente, permitindo estabelecer a “análise da territorialidade dos fenômenos ambientais” (SILVA, 1995, s/p). Assim, Christofolletti afirma que:

Desde a década de 60 discute-se a respeito da utilização de equipamentos de informática para a representação e mapeamento de variadas informações. A partir de então, difundiu-se a utilização do sensoriamento remoto e do geoprocessamento para a análise ambiental (Christofolletti, 1999, s/p).

Através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode-se extrair informações provenientes de um banco de dados para serem analisados, permitindo a espacialização dos resultados através de mapas. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a utilização do sensoriamento remoto é de grande importância para o desenvolvimento do trabalho, já que através da manipulação das imagens de satélite em ambiente SIG, torna-se possível a identificação das áreas modificadas por ações antrópicas, auxiliando na delimitação dos usos e ocupação do solo de uma região (IBGE, 2009, p. 118).

De acordo com Silva e Zaidan (2009), a associação do geoprocessamento aos dados ambientais contribui com as técnicas de estudos ambientais, sendo assim:

O conjunto de técnicas denominado de ‘geoprocessamento de dados ambientais’ ou, mais sinteticamente de geoprocessamento, destina-se a tratar os problemas ambientais levando em conta a localização, a extensão e as relações espaciais dos fenômenos analisados, visando a contribuição para a sua presente explicação e para o acompanhamento de sua evolução passada e futura. (SILVA, ZAIDAN, 2009, p.48).

Na atualidade é indissociável a aplicação do geoprocessamento e do sensoriamento remoto nos estudos que envolvem tamanha complexidade, como os sistemas ambientais, onde se verifica a dinâmica da natureza no espaço e no tempo.

Não obstante, a análise de multicritérios é uma importante ferramenta para a análise espacial, que são os principais esteios do geoprocessamento, termo que pode ser definido como o processamento de dados georreferenciados para obtenção de novas informações sobre o objeto estudado (MAGALHÃES, 2013, p. 21).

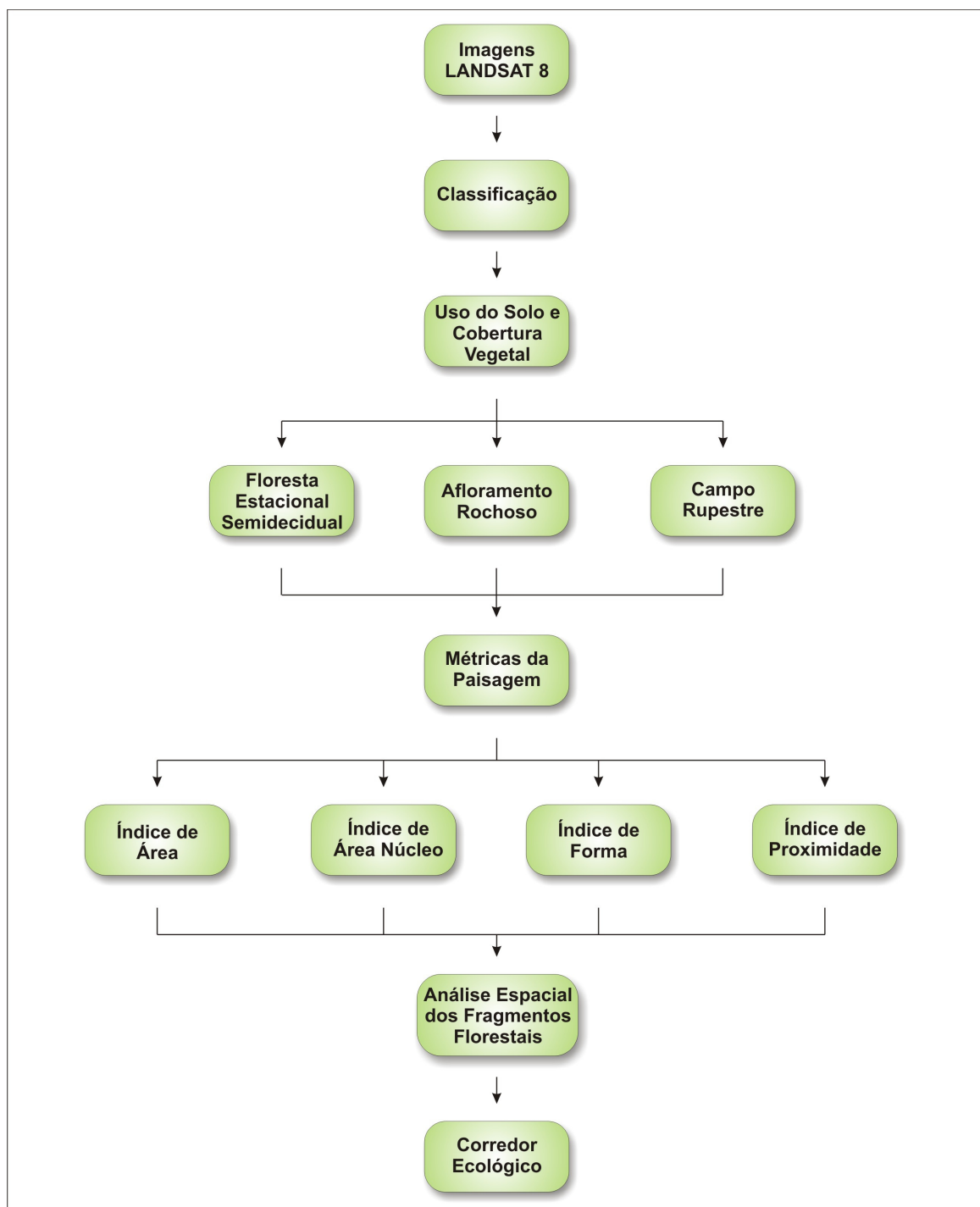
Ainda de acordo com Magalhães (2013, p.21) em citação a Moura (2005), a análise de multicritérios pode ser definida como uma metodologia de análise espacial baseada no cruzamento de variáveis discretas em diferentes planos de informação que tem por objetivo elaborar sínteses. A cada um desses planos de informação é associado um grau de pertinência, ou seja, um peso dado à variável dentro da análise síntese.



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com o fluxograma metodológico (Figura 7), para a análise da paisagem e delimitação do corredor ecológico na bacia do rio Santa Bárbara foram necessárias várias etapas, a saber:

**Figura 7: Fluxograma Metodológico**



Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira etapa foi a aquisição das imagens de satélite da área de estudo. Foram adquiridas as imagens do sensor LANDSAT 8 (*Land Remote Sensing Satellite*), com datas 05/05/2013 e 02/08/2013, no site *U. S. Geological Survey*. A plataforma desse sensor opera com dois instrumentos imageadores: *Operational Terra Imager (OLI)* e *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*, possui uma resolução espacial de 30 metros, com resolução radiométrica de 16 bits e o período de revisita do sensor é de 16 dias. A largura da faixa imageada é de 183 km. Para a classificação do uso do solo e cobertura vegetal foi utilizada a composição espectral 654, conhecida como falsa cor, que é eficaz na distinção entre as tipologias de cobertura florestal e reflorestamento com eucalipto e das áreas minerárias em relação às áreas urbanas. Na tabela 1, foram especificadas as frequências das faixas espectrais de cada banda do sensor:

**Tabela 1: Faixas Espectrais do Sensor LANDSAT 8**

<i>Bandas</i>	<i>Faixa Espectral (<math>\mu\text{m}</math>)</i>
Banda 1	0,43 - 0,45
Banda 2	0,45 - 0,51
Banda 3	0,53 - 0,59
Banda 4	0,64 - 0,67
Banda 5	0,85 - 0,88
Banda 6	1,57 - 1,65
Banda 7	2,11 - 2,29
Banda 8	0,50 - 0,68
Banda 9	1,36 - 1,38
Banda 10	10,60 - 11,19
Banda 11	11,50 - 12,51

**Fonte: U. S. Geological Survey (2013).**

A segunda etapa foi o tratamento e classificação das imagens utilizando o *software* livre SPRING 5.2.3, desenvolvido e fornecido pelo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para a classificação não supervisionada da área de estudo.

O uso de classificadores não supervisionados é indicado quando o analista não possui conhecimento, *a priori*, da área de estudo. Nesse sentido, o intuito é eliminar a subjetividade no processo de obtenção das amostras de áreas, para criar um pacote de treinamento, como indicado no processo supervisionado (MOREIRA, 2012, p.244). Não obstante, mesmo na abordagem não supervisionada, na fase de treinamento, certos algoritmos necessitam de alguns parâmetros que devem ser fornecido a esse sistema.

Ainda de acordo com Moreira (2012, p. 244), os classificadores por regiões utilizam, como critério de decisão, a informação espectral de cada *pixel* da imagem e a informação espacial

que envolve a relação entre *pixel* e seus vizinhos. Estes classificadores procuram simular o comportamento de um fotointérprete ao reconhecer áreas homogêneas nos dados orbitais, baseado nas propriedades espectrais e espaciais dessas áreas na imagem.

A segmentação da imagem é um procedimento adotado antes da fase de classificação, que tenta solucionar a subjetividade na aquisição do treinamento. Com esse procedimento a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, em que algumas classes dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador (MOREIRA, 2012, p.244).

O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto o limiar de área define o número mínimo de *pixels* necessários para que uma área seja individualizada (MOREIRA, 2012, p.245). A agregação das regiões foi gerada segundo critérios de similaridade e de área, estes são fornecidos pelo analista, para a bacia do rio Santa Bárbara foi considerada a similaridade 50 e a área de 200, esse parâmetro foi estabelecido após vários testes de segmentação da imagem.

O algoritmo de classificação utilizado foi o Bhattacharrya, que usa as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para as classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, para cada região, a distância de Bhattacharrya entre as classes. A classe que apresentar a menor distância será atribuída à região avaliada (MOREIRA, 2012, p.246).

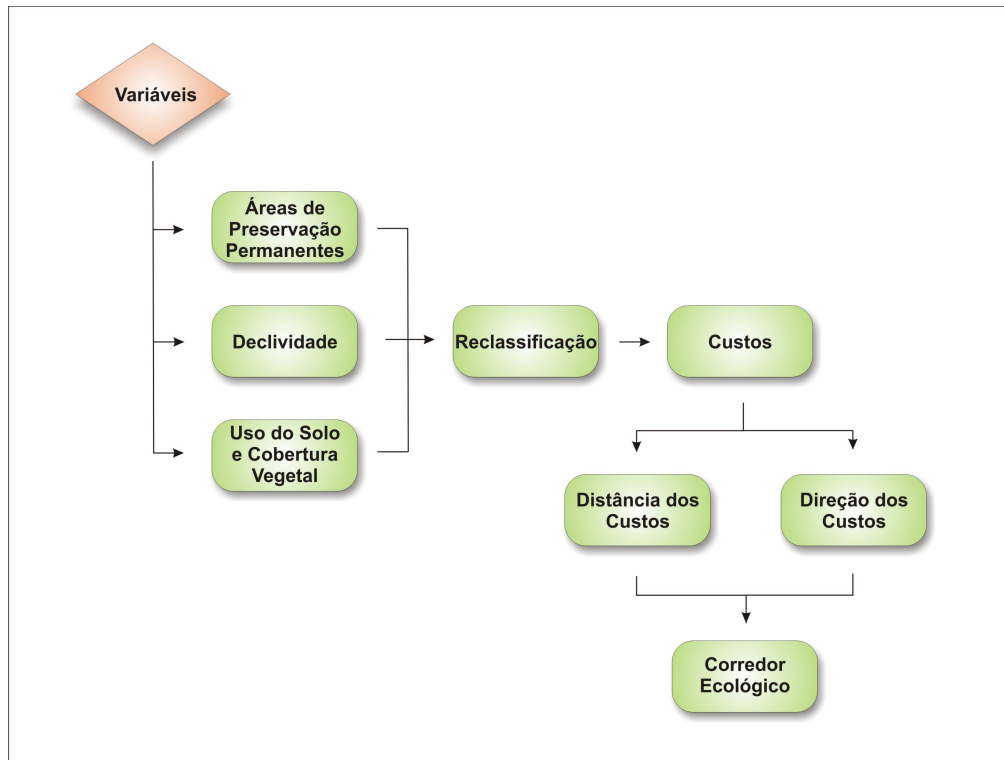
Para a validação do resultado da classificação da imagem foi coletado pontos em GPS na bacia do rio Santa Bárbara, para refinamento e confirmação dos dados gerados pelo software. A terceira etapa foi o cálculo das métricas da ecologia de paisagem sendo consideradas as tipologias de: Floresta Estacional Semidecidual, Afloramento Rochoso e Campo Rupestre. Foi utilizado o aplicativo do ArcGIS 9.3, o V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*) para dados vetoriais. Para o índice de área núcleo foi inferida uma área de 500 metros para a borda e, para o índice de proximidade também foi considerado uma distância de 500 metros entre os fragmentos.

## **4.1 Metodologia para Corredores Ecológicos**

### ***4.1.1 Metodologia de Custos***

Para a delimitação do corredor ecológico foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo professor Doutor Alexandre Rosa dos Santos e sua equipe de pesquisa (Figura 8), na Universidade Federal do Espírito Santo (2010), a saber:

**Figura 8: Delimitação de Corredores Ecológicos**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a metodologia de corredores ecológicos foram utilizadas as variáveis das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) Hídricas (nascentes, curso d' água e corpo d' água) e de Topo de Morro, baseado na legislação do Código Florestal Lei nº 4.771 15 de setembro de 1965, a saber:

**“Art. 2º** Consideram-se de **preservação permanente**, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d' água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d' água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d' água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d' água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d' água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d' água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.”

Na metodologia para elaboração das APPs de topo de morro foram consideradas as altitudes mais elevadas de cada microbacia da região analisada. As demais variáveis consideradas para a análise foram: a declividade e o uso do solo e cobertura vegetal. Para a reclassificação das variáveis em formato matricial, foram estabelecidos os custos. De acordo com Santos *et al.* (2010, p.19), os custos são os valores que você atribui a determinada feição. As feições que inviabilizam a implementação dos corredores ecológicos receberam os valores mais elevados (custo = 100), numa escala variando de 1 a 100. Em contrapartida, para as feições que são totalmente viáveis para a implementação dos corredores ecológicos, receberam menores valores de custo. Para a variável declividade foram inferidos os seguintes custos (Tabela 2):

**Tabela 2: Custos de Declividade**

<i>Declividade (graus)</i>	<i>Custos</i>
<20	100
20 a 45	50
>45	1

**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.20).**

Já para a variável do uso do solo e cobertura vegetal, foram determinados os seguintes custos (Tabela 3):

**Tabela 3: Custos de Uso do Solo e Cobertura Vegetal**

<i>Uso do Solo e Cobertura Vegetal</i>	<i>Custos</i>
Afloramento Rochoso	1*
Campo Rupestre	1*
Corpo d'água	1
Floresta Estacional Semidecidual	1
Pastagem	50
Reflorestamento com Eucalipto	50
Solo Exposto	75
Área Mineraria	100*
Área Urbana	100

**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.21).**

Os custos marcados com *asteriscos* foram adaptados para a região de estudo, uma vez que a metodologia desenvolvida obteve como referência a vegetação do Estado do Espírito Santo, com características próprias daquela região.

E, finalmente, para a variável das Áreas de Preservação Permanentes (nascentes, cursos d'água, corpos d'água e topo de morro) foram considerados os seguintes custos (Tabela 4):

**Tabela 4: Custos das Áreas de Preservação Permanentes**

<i>Áreas de Preservação Permanentes</i>	<i>Custos</i>
Áreas com Preservação Permanentes	1
Áreas sem Preservação Permanentes	100

**Fonte: Santos et al. (2010, p.23).**

Para ponderação dados foi utilizado o método de análise hierárquica AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposto por Saaty (1977), determinando por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, sendo essa uma medida global para cada variável. Em suma, é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares, sendo uma ferramenta importante no processo da tomada de decisões (Tabela 5):

**Tabela 5: Escala de Comparadores**

<i>Valores</i>	<i>Importância Mútua</i>
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente mais importante que
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante
9	Extremamente mais importante que

**Fonte: Santos et al. (2010, p.25).**

Em síntese, os valores de interesse para o modelo proposto para o corredor ecológico (Tabela 6):

**Tabela 6: Valores de interesses para o modelo**

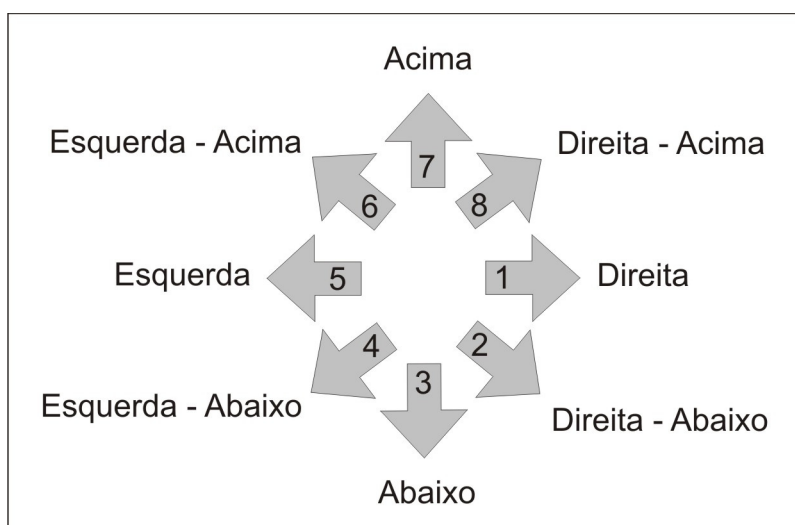
<i>Fatores</i>	<i>Declividade</i>	<i>APPs</i>	<i>Uso da Terra</i>
Declividade	1	0,3333	0,2
APPs	3	1	0,3333
Uso da Terra	5	3	1

**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.29).**

De acordo com Santos *et al.* (2010, p.31), as funções de distância de custo são similares as euclidianas, mas em vez de calcular a distância real a partir de um ponto até o outro (em linha reta), as funções de custos determinam a menor distância ponderada (ou custo de viagem acumulada) de cada *pixel* para o *pixel* mais próximo a partir do *pixel* de origem.

Na direção dos custos (Figura 9) cada *pixel* da imagem recebe um código que indica a direção do próximo custo mínimo, determinando o rumo para a posição mais fácil com o custo menor (SANTOS *et al.*, p. 35-36).

**Figura 9: Direção e código a ser atribuído à imagem matricial**



**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.35).**

Para comparação e validação da metodologia proposta, foram inferidos os custos para as mesmas variáveis, no entanto, associadas às observações em campo. Para a variável da declividade foram inferidos os seguintes custos (Tabela 7):

**Tabela 7: Custos de Declividade**

<i>Declividade (graus)</i>	<i>Custos</i>
0 a 5	1
5 a 15	100
15 a 20	25
20 a 69,1628	2

**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.20), adaptado.**

Para a variável do uso do solo e cobertura vegetal (Tabela 8):

**Tabela 8: Custos de Uso do Solo e Cobertura Vegetal**

<i>Uso do Solo e Cobertura Vegetal</i>	<i>Custos</i>
Afloramento Rochoso	1
Campo Rupestre	1
Corpo d'água	1
Floresta Estacional Semidecidual	1
Pastagem	100
Reflorestamento com Eucalipto	25
Solo Exposto	50
Área Mineraria	100
Área Urbana	100

**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.21), adaptado.**

De acordo com as observações em campo e levantamento bibliográfico, a tipologia de pastagem nesta região é muito intensa, como consequência, dispersa determinados animais selvagens assim como, a tipologia do solo exposto. Por isso, o valor elevado para essas tipologias. E finalmente, para a variável APPs foram considerados os mesmos custos. Em síntese, os valores de interesse para o modelo proposto para o corredor ecológico (Tabela 9):

**Tabela 9: Valores de interesses para o modelo**

<i>Fatores</i>	<i>Declividade</i>	<i>APPs</i>	<i>Uso da Terra</i>
Declividade	1	0,3333	0,2
APPs	3	1	0,1429
Uso da Terra	5	7	1

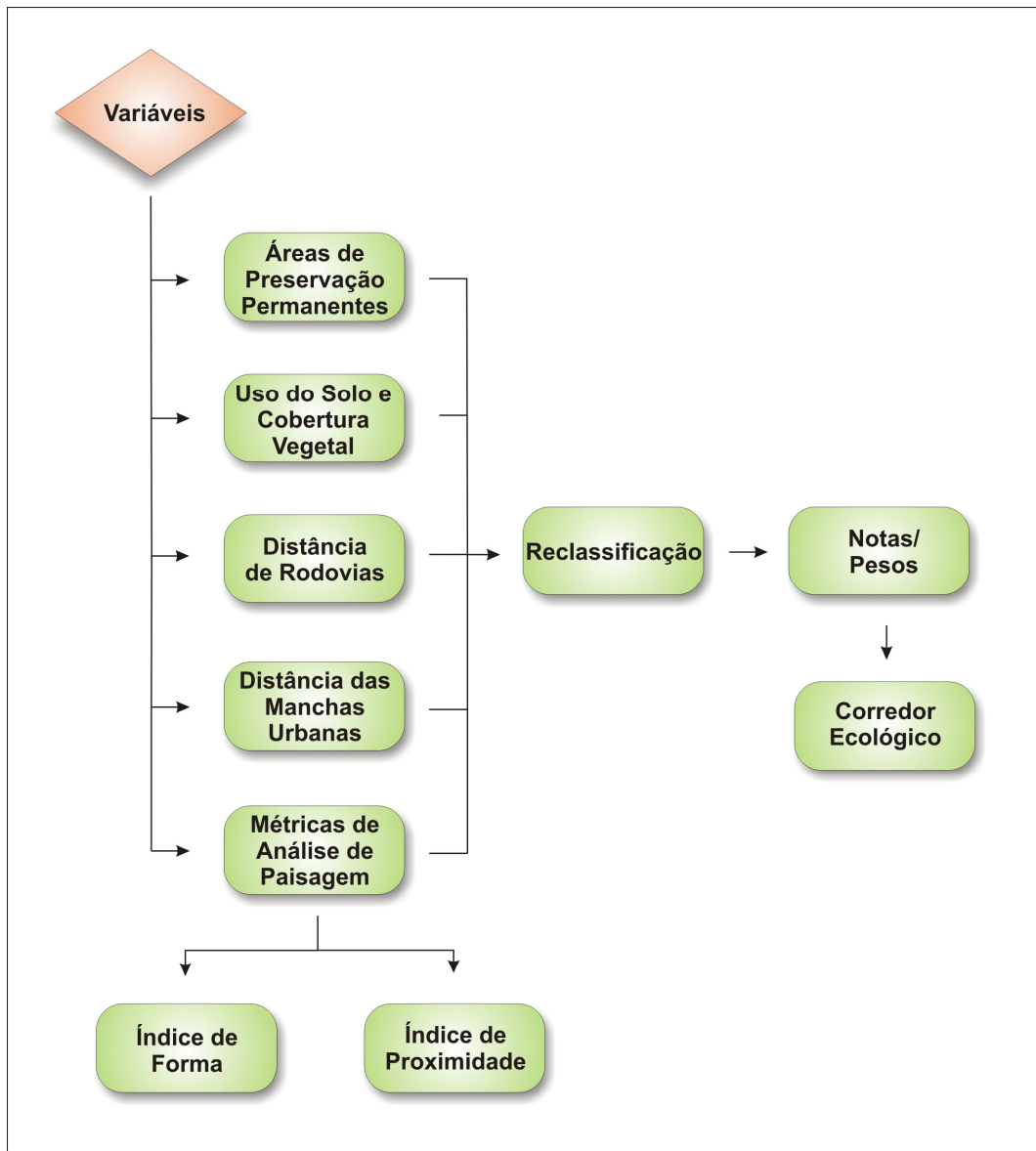
**Fonte: Santos *et al.* (2010, p.29), adaptado.**



#### 4.1.2 Metodologia a partir de Análise de Multicritérios

Não obstante, para a comparação da metodologia de corredor ecológico proposta, foi elaborada a Análise de Multicritérios (Figura 10) com as variáveis consideradas importantes e que alteram a paisagem da região analisada, a saber:

**Figura 10: Delimitação do Corredor Ecológico a partir da Análise de Multicritérios**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a análise de multicritérios foram consideradas diversas variáveis, sendo que as notas e os pesos atribuídos a cada feição geográfica teve o embasamento em: observações de campo, levantamento bibliográfico e experiência acadêmica nesta área em questão. Seguiu-se a mesma lógica do custo, ou seja, foram atribuídos valores de 1 a 10 para as variáveis, sendo

que os valores próximos a 1 são áreas interessantes para a implementação do corredor, em contrapartida, os valores próximos a 10 são áreas que inviabilizam a implantação do corredor ecológico.

Portanto, para a variável de APPs foram consideradas as áreas conformes à legislação vigente, ou seja, consideramos as áreas de preservação permanente, somente aquelas áreas que ainda estão preservadas e recobertas com a vegetação de floresta estacional semidecidual, campo rupestre e afloramento rochoso (Tabela 10):

**Tabela 10: Notas das APPs**

<i>Áreas de Preservação Permanentes</i>	<i>Notas</i>
Declividade	5
Hídrica	2
Topo de Morro	1

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a variável do uso do solo e cobertura vegetal foram inferidas as seguintes notas (Tabela 11):

**Tabela 11: Notas do Uso do Solo e Cobertura Vegetal**

<i>Uso do Solo e Cobertura Vegetal</i>	<i>Notas</i>
Afloramento Rochoso	1
Campo Rupestre	1
Corpo d'água	1
Floresta Estacional Semidecidual	1
Pastagem	8
Reflorestamento com Eucalipto	7
Solo Exposto	5
Área Minerária	10
Área Urbana	9

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a análise de multicritérios foi considerado a variável rodovia devido a sua interferência negativa na atmosfera, no solo, na flora, na fauna e nas comunidades limítrofes a essas regiões.

O efeito imediato da construção de uma estrada é a fragmentação das paisagens naturais, que subsequente causa o efeito de borda e o isolamento das populações (SOUZA *et al.*, 2009, p.3087).

Ainda de acordo com Souza et al. (2009, p.3087) em citação a (McGregor *et al.*, 2008), algumas populações de animais apresentam um comportamento de evitar as estradas reduzindo assim a conectividade da paisagem.

Diante da alteração que a rodovia causa na paisagem, foram inferidas as seguintes notas (Tabela 12):

**Tabela 12: Notas das Distâncias de Rodovias**

<i>Distância de Rodovias</i>	<i>Notas</i>
0 - 100	10
100 - 200	9
200 - 400	8
400 - 3.000	2
3.000 - 10.000	1
10.000 - 35.852	1

**Fonte: Elaborado pela autora.**

A variável mancha urbana na bacia do rio Santa Bárbara, foi retirada do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal. Com base em observações de campo ficou evidente que os animais evitam os lugares com concentração humana, raras são as exceções, que quando o habitat desses animais sofrem perturbações, os mesmos buscam alimentos e refúgio em outros lugares diferentes da área preservada. Em decorrência desses fatos, foram inferidas as seguintes notas (Tabela 13):

**Tabela 13: Notas das Distâncias das Manchas Urbanas**

<i>Distância das Manchas Urbanas</i>	<i>Notas</i>
0 - 100	10
100 - 1.000	9
1.000 - 5.000	8
5.000 - 10.000	2
10.000 - 18.762	1

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a análise de multicritérios foram utilizados os índices de forma, ou seja, quanto menor o valor de relação de perímetro/ área maior será a área do fragmento florestal, e como consequência, são as áreas com as maiores áreas núcleo e com maiores biodiversidade de flora e de fauna (Tabela 14).

**Tabela 14: Notas dos Índices de Forma**

<i>Índices de Forma</i>	<i>Notas</i>
0,002862581 - 0,003787601	1
0,003787601 - 0,00471262	3
0,00471262 - 0,010262738	2
0,010262738 - 0,23874259	4

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Finalmente, a variável do índice de proximidade foi utilizada na análise devido à importância de um corredor ecológico passar entre os fragmentos com menores distâncias. As notas estão a seguir (Tabela 15):

**Tabela 15: Notas dos Índices de Proximidade**

<i>Índices de Proximidade</i>	<i>Notas</i>
0 - 50	1
50 - 100	2
100 - 400	3
400 - 1.000	5
1.000 - 30.139	8

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Para a síntese da Análise de Multicritérios foram estabelecidos os seguintes pesos (Tabela 16):

**Tabela 16: Síntese das Variáveis**

<i>Síntese</i>	<i>Pesos</i>
Áreas de Preservação Permanentes	20
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	25
Distância de Rodovias	12
Distância das Manchas Urbanas	18
Índices de Forma	5
Índices de Proximidade	20

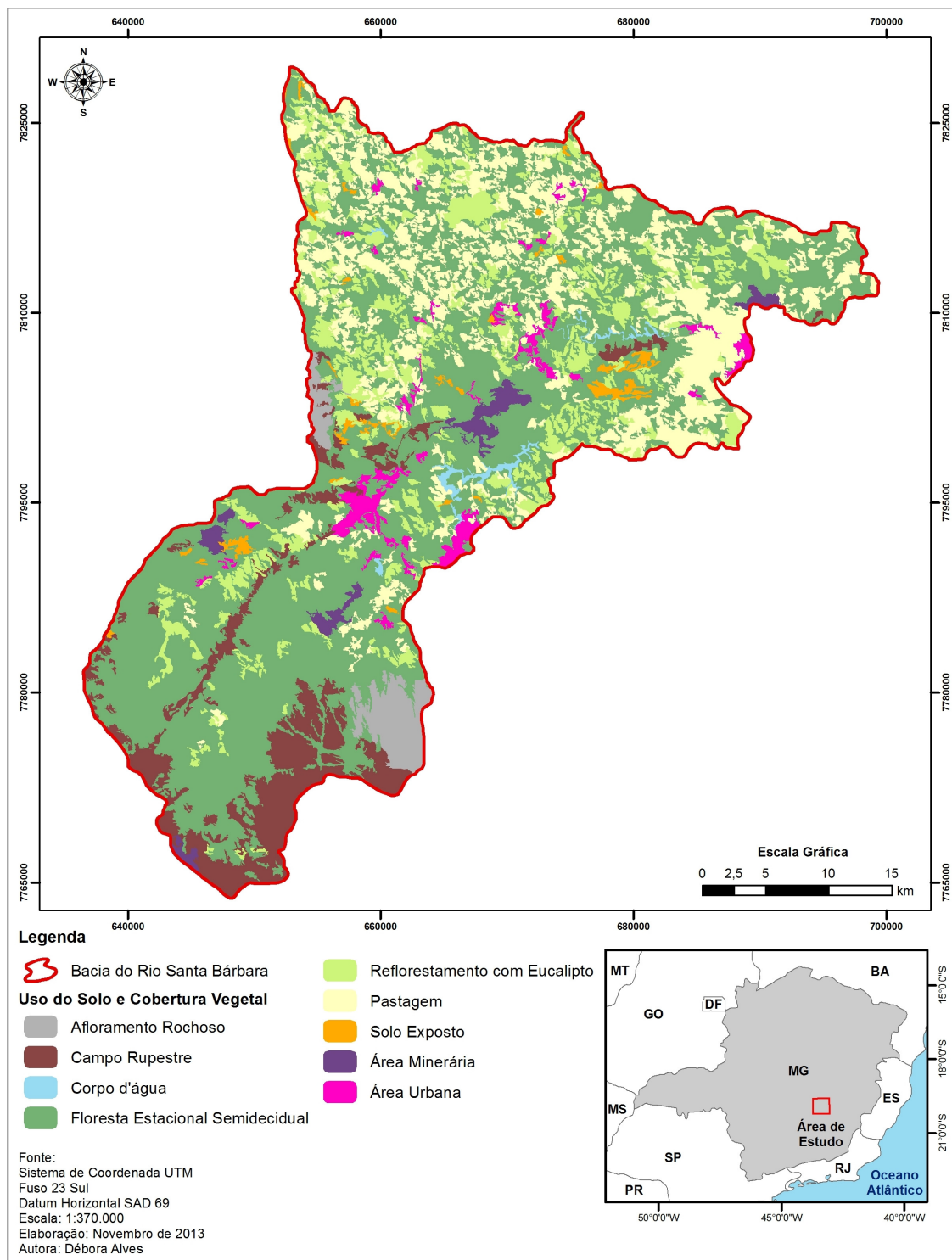
**Fonte: Elaborado pela autora.**

E, finalmente, para a compilação e apresentação dos dados obtidos foi utilizado o software ArcGis 9.3.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 11 mostra o resultado do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Santa Bárbara.

**Figura 11: Uso do Solo e Cobertura Vegetal**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

A bacia do rio Santa Bárbara possui uma área de 1.597,27 km<sup>2</sup>. Conforme apresentado na tabela 17 a região analisada é composta principalmente pela tipologia de Floresta Estacional Semidecidual (53,97%), o que indica que a área da bacia ainda possui um número significativo de fragmentos dispersos pela região estudada, no entanto, na classe de pastagem são encontrados valores bem elevados (18,08%), ou seja, os fragmentos florestais estão sofrendo grande pressão das atividades antrópicas e que ao longo do tempo, os fragmentos florestais serão substituídos por outras tipologias.

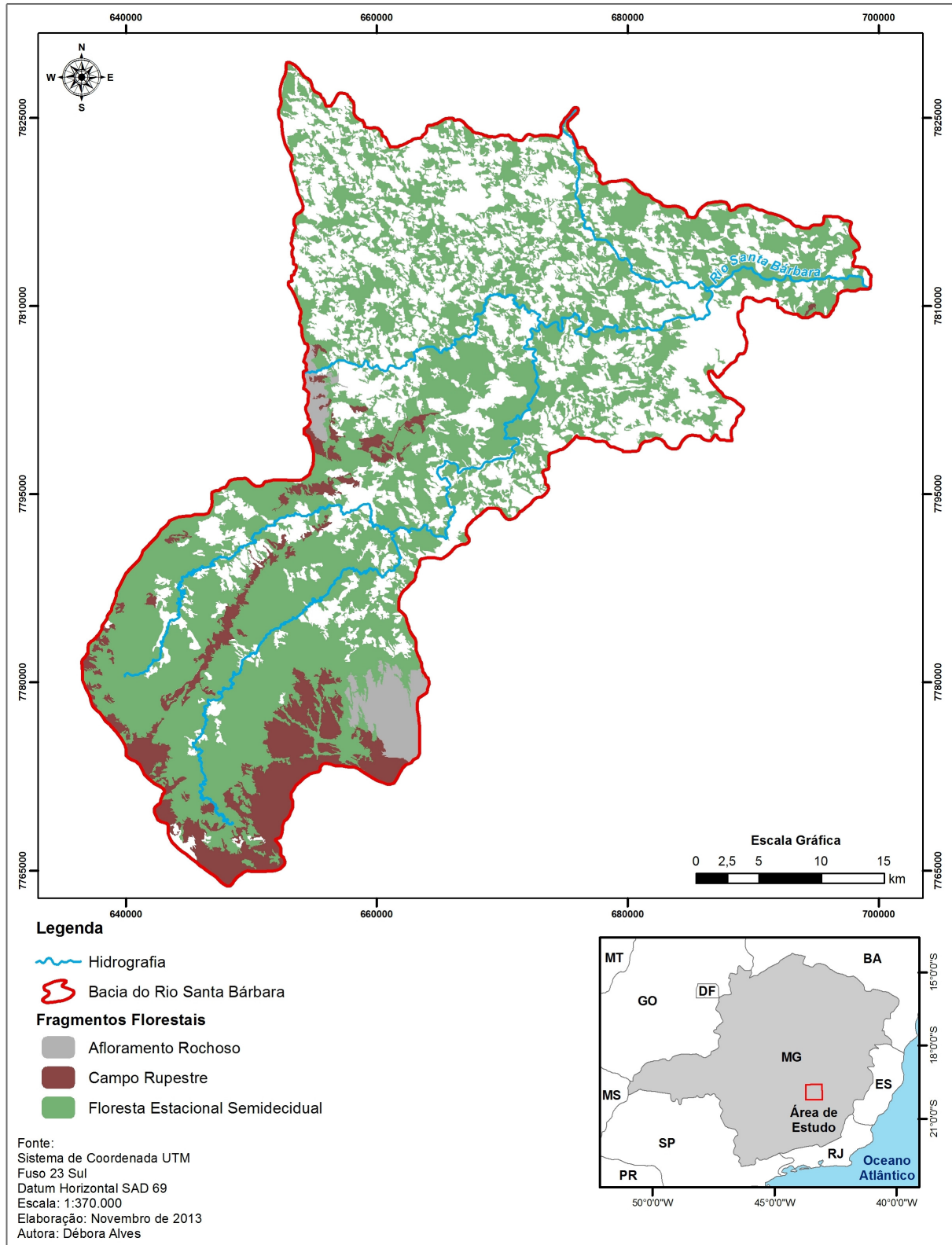
**Tabela 17: Valores das Classes do Uso do Solo e Cobertura Vegetal**

<i>Uso do Solo e Cobertura Vegetal</i>	<i>Área (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Porcentagem (%)</i>
Afloramento Rochoso	39,60	2,48
Campo Rupestre	132,24	8,28
Corpo d'água	9,50	0,59
Floresta Estacional Semidecidual	861,99	53,97
Pastagem	288,84	18,08
Reflorestamento com Eucalipto	183,15	11,47
Solo Exposto	17,53	1,10
Área Minerária	26,09	1,63
Área Urbana	38,34	2,40
<b>Total</b>	<b>1.597,27</b>	<b>100</b>

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Na área de estudo é encontrada uma área total de 64,73% recoberta pela Floresta Estacional Semidecidual (53,97%), Campo Rupestre (8,28) e Afloramento Rochoso (2,48%), a figura 12, ilustra a organização espacial desses fragmentos, podendo ser observado na parte sul e sudoeste da bacia uma região mais preservada, entretanto, os fragmentos a norte e nordeste da bacia estão isolados devido ao intenso uso do solo pela pastagem, pela mineração, pelo reflorestamento com eucalipto e pelo solo exposto, que durante décadas transformaram a paisagem natural da região:

Figura 12: Fragmentos Florestais



Fonte: Elaborado pela autora.

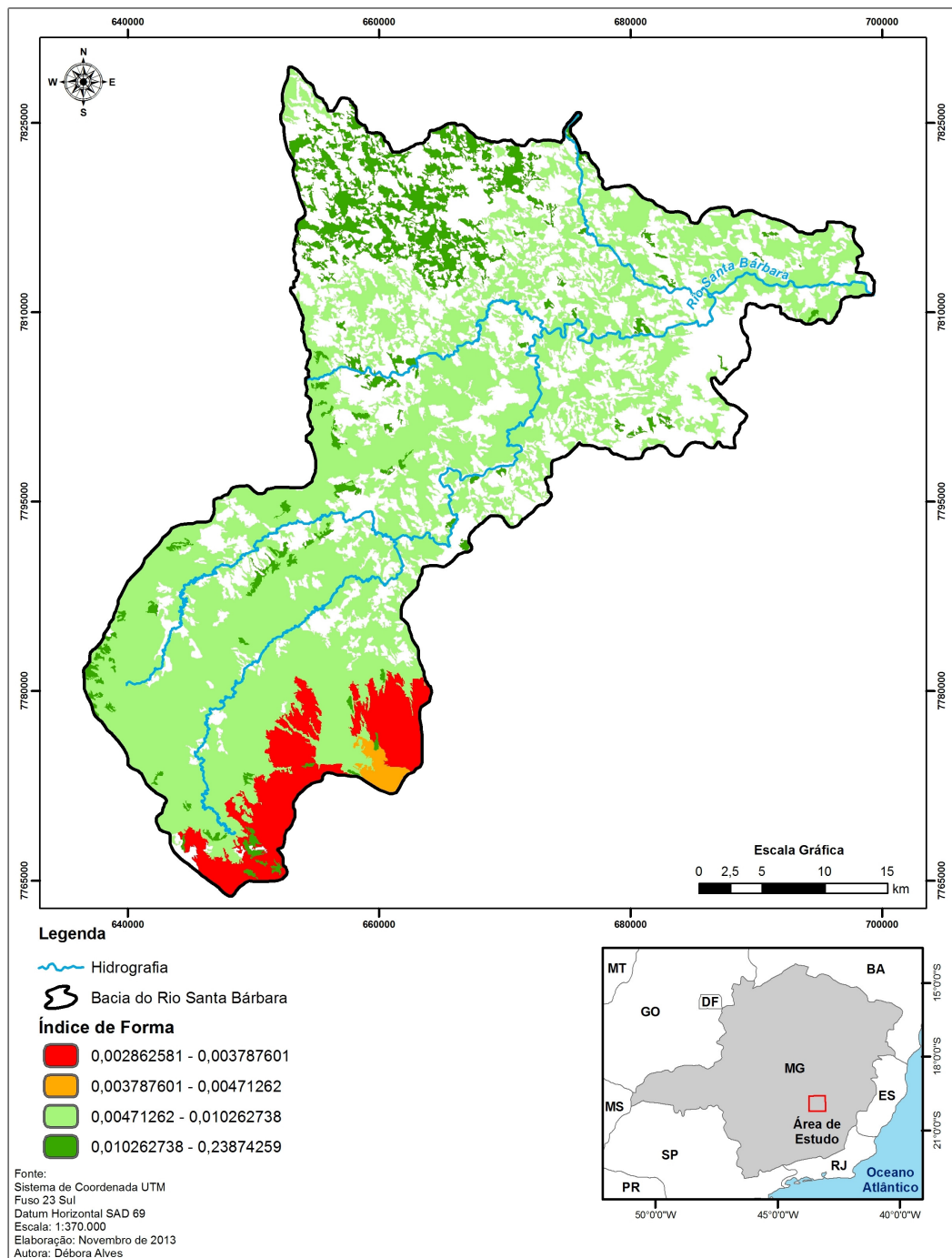
A partir da análise da paisagem apoiadas por índices da paisagem foram encontrados valores significativos para a região, principalmente sobre a dispersão e relações entre os fragmentos



no espaço. A bacia possui 148 fragmentos florestais que recobrem uma área total de 1.033,83 km<sup>2</sup>, distribuídos pelas três tipologias analisadas.

Em análise a figura 13 as maiores formas são os valores dos menores fragmentos, devido à relação de perímetro/área. As maiores formas são caracterizadas pela forte perturbação antropica em seu entorno, como consequência, estão isoladas dos grandes fragmentos e não possuem uma área núcleo. Em contrapartida, a sul e sudoeste da bacia, encontram-se os fragmentos mais preservados, com áreas núcleo e próximos de outros fragmentos.

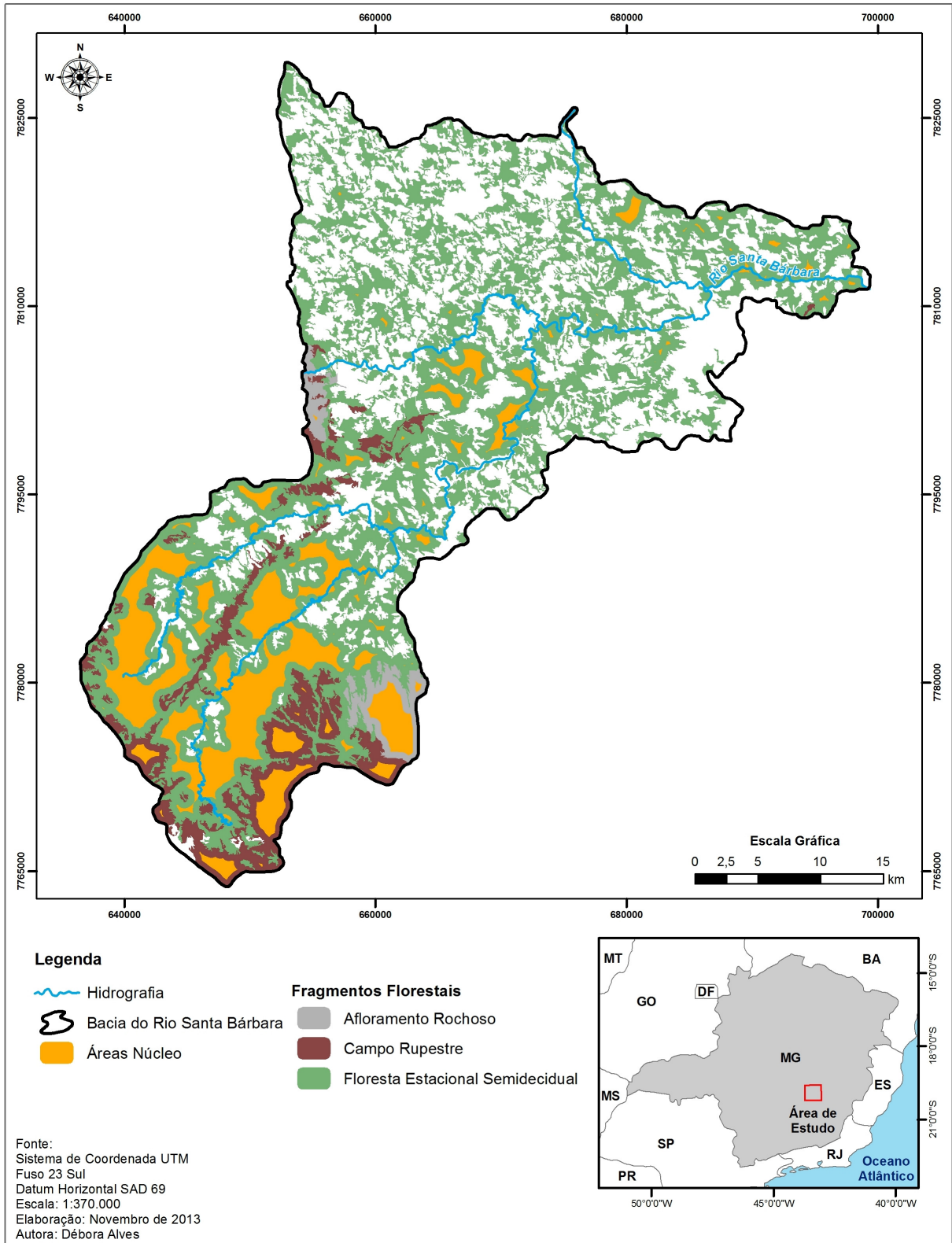
**Figura 13: Índice de Forma**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

Através do índice de área núcleo (Figura 14), obteve-se o resultado que dos 148 fragmentos existentes na região, 139 fragmentos não possuem área núcleo, devido ao retalhamento da paisagem, isolamento, perturbações antrópicas desses fragmentos.

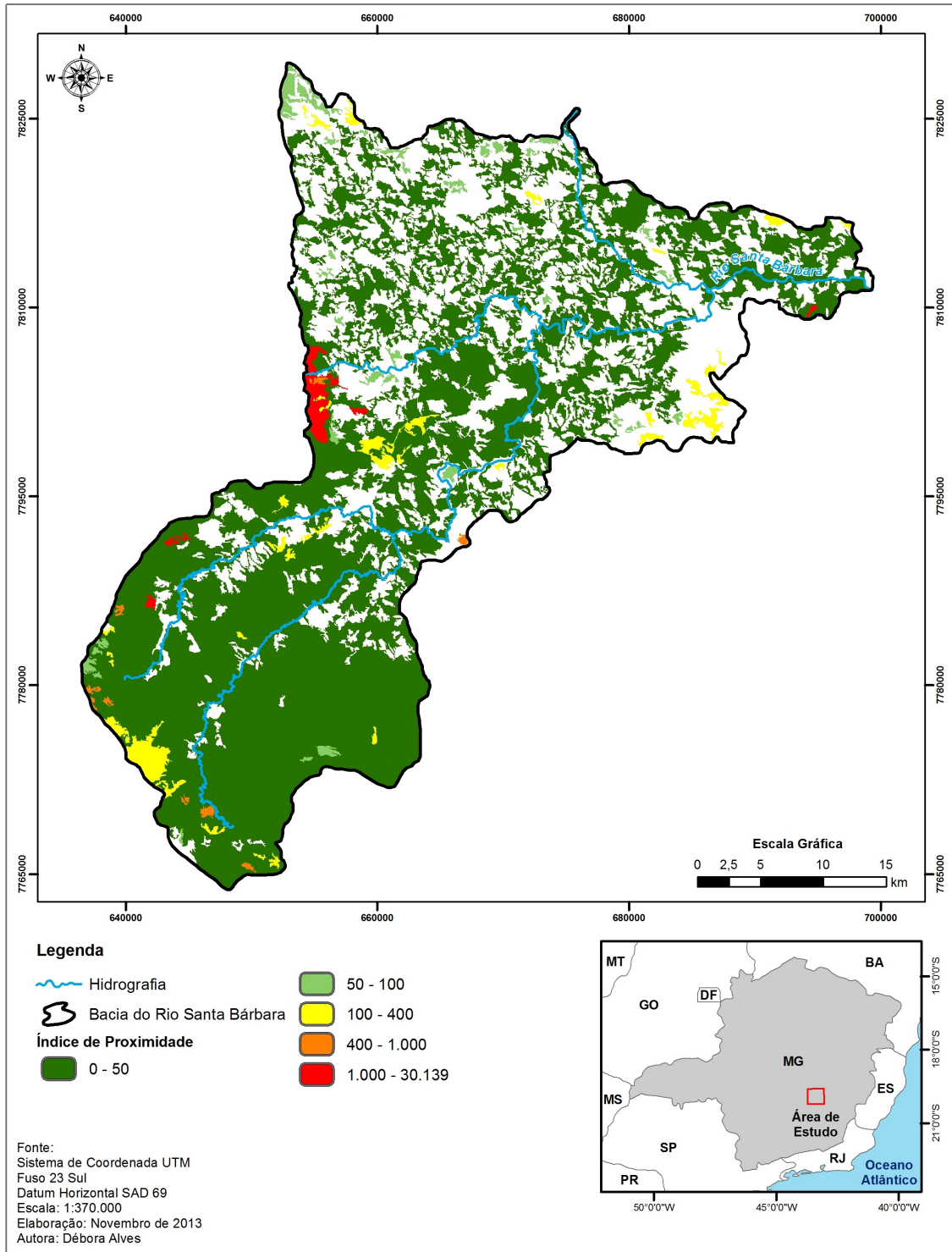
**Figura 14: Índice de Área Núcleo**



Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 15 demonstra que a parte sul e sudoeste da bacia estão localizados os fragmentos mais próximos em relação ao outro. No entanto, pode ser observado que a bacia possui um grande retalhamento da paisagem entre os fragmentos na parte norte e nordeste da bacia, ocasionando o isolamento entre os fragmentos.

**Figura 15: Índice de Proximidade**

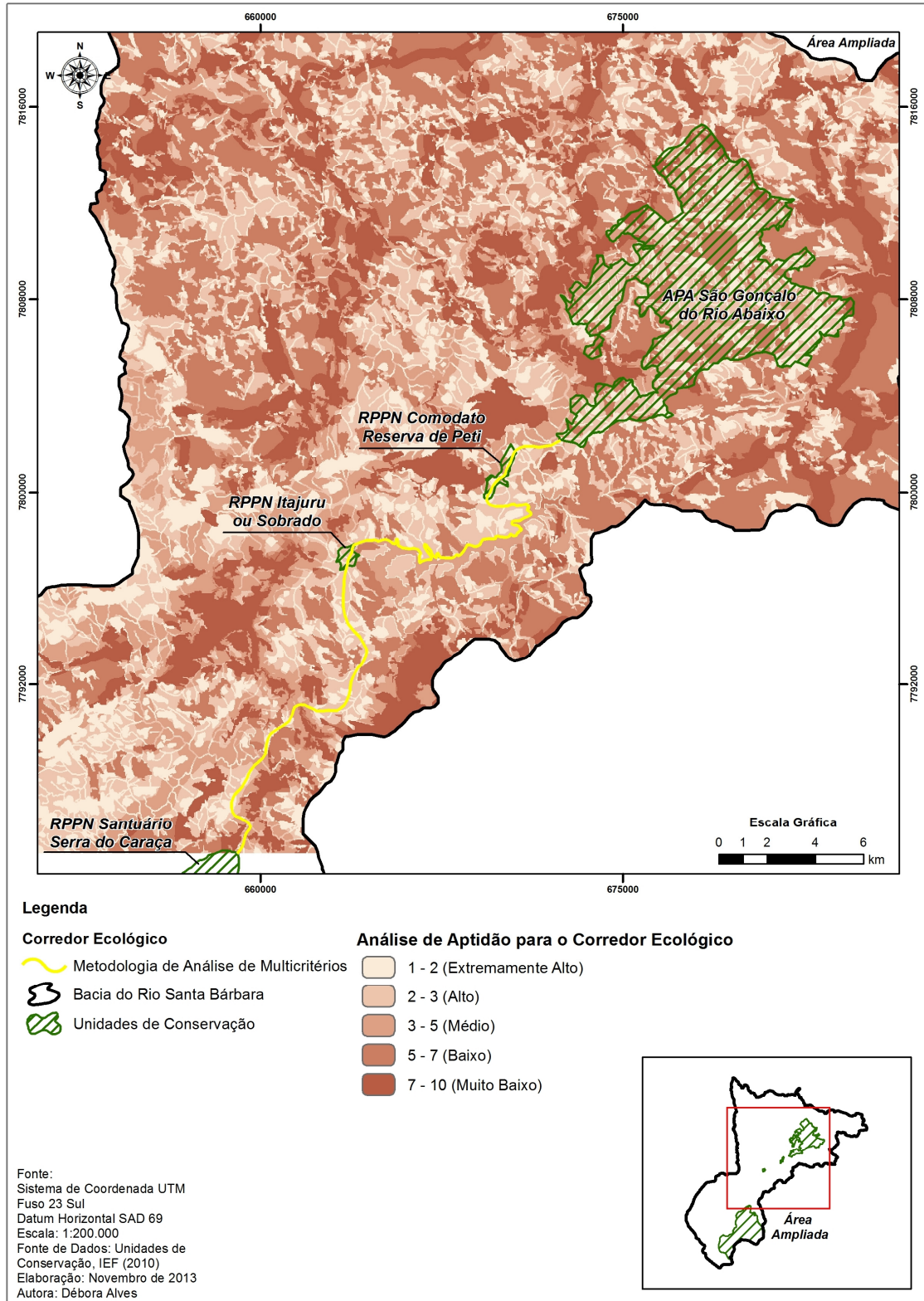


Fonte: Elaborado pela autora.

Finalmente, após a análise da paisagem a partir dos fragmentos florestais e apoiados por índices da paisagem, obteve-se corredor ecológico através da análise de multicritérios.

A figura 16 representa os três corredores obtidos a partir de duas metodologias distintas.

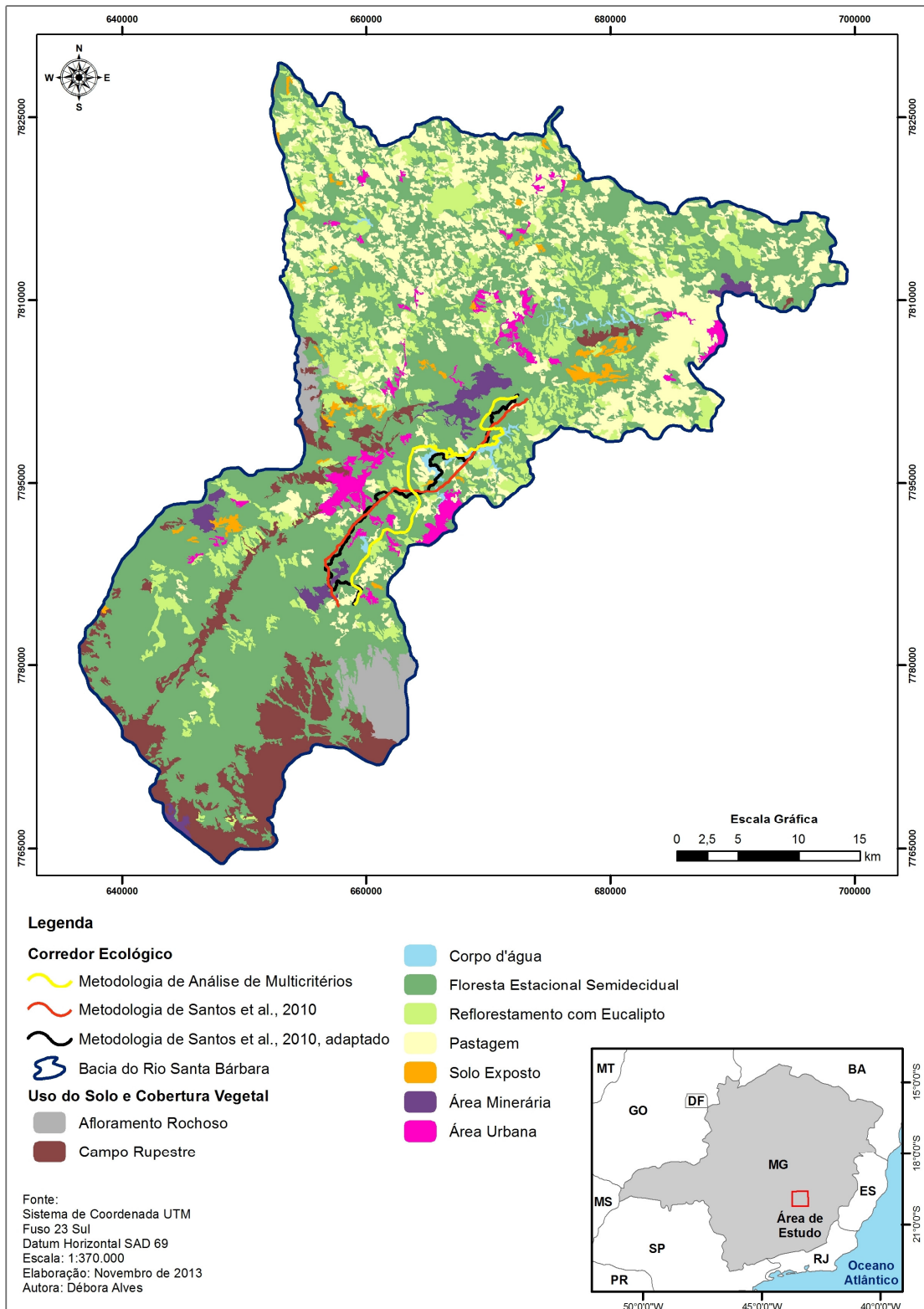
**Figura 16: Corredor Ecológico a partir da Análise de Multicritérios**



Fonte: Elaborado pela autora.

Em análise a figura 17, as áreas propensas à implantação do corredor ecológico são os intervalos de classes com os menores valores (extremamente alto e alto). Em contrapartida, os intervalos com os valores elevados inviabilizam a implantação do corredor ecológico.

**Figura 17: Corredores Ecológicos**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

De acordo com SANTOS *et al* (2010, p.43) em citação a Resolução CONAMA número 9, de 24 de outubro de 1996, a largura dos corredores será fixada previamente em 10% (dez por cento) do seu comprimento total, sendo que a largura mínima será de 100 metros. Não obstante, para o estudo em questão não foi aplicada essa largura.

Em síntese, o corredor ecológico fidedigno a situação da região, que integra as unidades de conservação e que passa por áreas preservadas, foi o corredor obtido a partir da análise de multicritérios.

Já o corredor obtido a partir da adaptação dos custos da metodologia de Santos *et al.* (2010), passa em seu maior percurso por áreas preservadas, porém, não integra as unidades de conservação.

O corredor elaborado de acordo com os custos indicados pela metodologia de Santos *et al.* (2010), passou por algumas regiões degradadas que inviabilizam a implementação do mesmo. Portanto, é imprescindível conhecer a área a ser analisada, para só assim, atribuir as notas/ pesos ou os custos das variáveis, coerentes com a situação real da região estudada.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto geral, os fragmentos florestais a sul e a sudeste da bacia do rio Santa Bárbara, encontram-se em sua maioria preservados das atividades antrópicas, sendo que uns dos fatores que ajudam na preservação da área são que esses fragmentos (maiores áreas) estão próximos da RRPN do Santuário Serra do Caraça, em contrapartida, os fragmentos a norte, no centro e a nordeste da bacia, apresentam um retalhamento na paisagem, ou seja, os fragmentos encontram-se isolados e distantes dos maiores fragmentos. Com isso a diversidade de fauna e de flora está restrita às áreas mínimas e principalmente com áreas núcleos ínfimas, gerando então, o efeito de borda considerável nesses fragmentos.

Com o desenvolvimento do estudo ficou clara a importância da análise da paisagem apoiados por índices da paisagem, pois ajudam na análise, no planejamento e na gestão do território para a conservação das paisagens nativas.

A proposta do corredor ecológico que integre as unidades de conservação na bacia do rio Santa Bárbara é viável, pelo fato de não ser necessário o plantio de vegetação para integrar essas áreas, ou seja, o corredor proposto passa por áreas preservadas, podendo ser considerado como uma medida compensatória para a conservação e manutenção desses fragmentos.

O resultado deste trabalho poderá agregar para o planejamento, para o uso e para a conservação das áreas ao longo da bacia, contribuindo para que as intervenções não afetem negativamente os fragmentos que ainda estão preservados e para a delimitação das áreas que necessitam da recuperação, principalmente, os fragmentos que estão isolados, servindo de referência para outros estudos. Neste trabalho fica clara a importância do amplo conhecimento para propor uma melhor gestão ambiental na preservação da área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F. F. **Geologia e arcabouço estrutural da porção norte do Platô da Moeda, sudoeste de Belo Horizonte - MG.** Convênio MBR/COPASA; DEGEO. UFOP - MG. Relatório Interno. 1996. 23 p.

ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. **Transamazonian orogeny in southern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brasil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero.** Precambrian. 1998. Res. 90: 29-58.

ALMEIDA, C. G. **Análise Espacial dos Fragmentos Florestais na Área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná.** Universidade Federal de Ponta Grossa. Departamento de Geociências, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher. 1999. 186p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology.** Cambridge University Press, 1986.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia.** 2ª Edição. Rio de Janeiro – RJ. 2009.

IEF. **INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS.** Disponível em; <  
<http://www.ief.mg.gov.br/>> 2010.

LANG, S.; BLASCHKE. **Análise da Paisagem com o SIG.** Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2009.

MAGALHÃES, D. M. **Análise dos Espaços Verdes Remanescentes na Mancha Urbana Conurbada de Belo Horizonte-MG Apoiada por Métricas de Paisagem.** 2013, 163 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências da UFMG. Belo Horizonte, 2013.



MARENT, B. R.; LAMOUNIER, W. L.; GONTIJO, B. M. **Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero – MG: mineração x preservação.** Revista do Departamento de Geografia – IGC/UFMG. 2011. p 99 a 113.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?.** Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 2001.

MMA. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Disponível em:<  
<http://www.mma.gov.br/>>, 2007.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** Editora UFV, 4ª edição, 2012.

PIVELLO, V. R.; METZGER, J. P. **Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005).** Biota Neotropica. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, J. S. M. **Análise da Paisagem de um Corredor Ecológico na Serra do Mantiqueira.** INPE, São José dos Campos, 2004.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; SILVA, A. G.; COELHO, A. L. N.; EUGENIO, F. C.; SAITO, N. S.; PELUZIO, T. M. O.; TULER, T. O.; TEBALDI, A. L. C.; GARCIA, G. O. **Delimitação de Corredores Ecológicos no ArcGIS 9.3.** Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, 2010.

SILVA, J. X. **A Pesquisa Ambiental No Brasil: Uma Visão Crítica. Geografia e Meio Ambiente no Brasil.** Rio de Janeiro: Hucitec, 1995.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2009.

SMANIOTTO, M. **Análise Ambiental de Bacias Hidrográficas com base na Fragmentação da Paisagem: Município de Getúlio Vargas (RS)**. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, 2007.

SNUC- **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília, 2000.

SOARES FILHO, B. S. **Análise de Paisagem: Fragmentação e Mudanças**. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências, 1998.

SOUZA, C. O. M. S.; FREITAS, S. R.; DIAS, A. A.; GODOY, A. B. P.; METZGER, J. P. **O papel das estradas na conservação da vegetação nativa no Estado de São Paulo**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, abril de 2009.

VALENTE, R. O. A. **Análise de Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí**. Piracicaba, São Paulo, 2001.

VIANA, V.M. **Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas**. In: *Abordagens interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo*. Belo Horizonte/Gainesville: Conservation International do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais/ University of Florida, 1995. p. 135-154.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da Biodiversidade em Fragmentos Florestais**. Série técnica IPEF. Volume 12, número 32, páginas 25-42, dezembro de 1998.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; MARTINS, J.L.A. **Restauração e manejo de fragmentos florestais**. In: *CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS*, São Paulo, 1992. *Anais*. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 400-407.

## ANEXOS

Matriz de Confusão referente à classificação do uso do solo e cobertura vegetal, pelo algoritmo de Bhattacharyya.

	Corpodagua	Eucalipto	Floresta	CampoRupes	AreaMinera	Areaurbana	Pastagem	SoloExpost	Abstencao	Soma lin.
Corpodagua	4935 5.54%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4935
Eucalipto	0 0.00%	11360 12.76%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	11360
Floresta	0 0.00%	0 0.00%	31461 35.33%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	31461
CampoRupes	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6923 7.77%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6923
AreaMinera	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6405 7.19%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6405
Areaurbana	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4313 4.84%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4313
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	769 0.86%	13320 14.96%	0 0.00%	0 0.00%	14089
SoloExpost	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	9573 10.75%	0 0.00%	9573
Soma col.	4935	11360	31461	6923	6405	5082	13320	9573	0	89059

Matriz de confiabilidade estatística do mapeamento:

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
Corpodagua	100.00%	100.00%
Eucalipto	100.00%	100.00%
Floresta	100.00%	100.00%
CampoRupes	100.00%	100.00%
AreaMinera	100.00%	100.00%
Areaurbana	84.87%	100.00%
Pastagem	100.00%	94.54%
SoloExpost	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 99.14 %  
 Confusao media : 0.86 %  
 Abstencao media : 0.00 %  
 Estistica KHAT : 98.93 %  
 Variancia KHAT : 1.472e-007  
 Estistica TAU : 99.01 %