



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**LEONARDO BERGANTINI PIMENTEL**

**SELEÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE  
SEMENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM E ENTORNO  
DO PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES  
DEZEMBRO - 2011

LEONARDO BERGANTINI PIMENTEL

**SELEÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE  
SEMENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM E ENTORNO  
DO PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane  
Coorientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva  
Coorientador: Prof. Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

DEZEMBRO - 2011

Dissertação 040

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P644s Pimentel, Leonardo Bergantini, 1982-  
Seleção de fragmentos florestais para a colheita de sementes na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó / Leonardo Bergantini Pimentel. – 2011.  
71 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

Coorientadores: Gilson Fernandes da Silva, Alexandre Rosa dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Paisagens fragmentadas. 2. Ecologia das paisagens. 3. Sementes – Colheita. 4. Sistemas de informação geográfica. 5. Processo decisório por critério múltiplo. 6. Mata Atlântica. 7. Itapemirim, Rio, Bacia (MG e ES). 8. Parque Nacional do Caparaó (ES e MG). 9. Espírito Santo (Estado). I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Silva, Gilson Fernandes da. III. Santos, Alexandre Rosa dos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

---

**SELEÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE  
SEMENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM E ENTORNO  
DO PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ**

LEONARDO BERGANTINI PIMENTEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais e Linha de Pesquisa em Meio ambiente e Recursos Hídricos.

Aprovada em 9 de dezembro de 2011

---

Prof. Henrique Machado Dias  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Membro Externo do Programa)

---

Prof. Alexandre Rosa dos Santos  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Co-orientador)

---

Prof. Gilson Fernandes da Silva  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Co-orientador)

---

Prof. José Eduardo Macedo  
Pezzopane  
Universidade Federal do Espírito  
Santo  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Serei eternamente grato a minha mãe, pois a ela devo minha vida e minha educação, por ela se mostrar uma gigante diante das muralhas da vida e por e por ser a pessoa mais forte que conheço.

À meu pai (*in memoriam*), por logo na minha infância me apresentar uma floresta nas caminhadas pelas matas do “Morro do Vítor”, deixando comigo um fação como quem deixa um lápis de cor na mão de uma criança. Mesmo sem saber, me ensinou amar a profissão que hoje exerço.

Aos meus orientadores, Pezzopane, Gilson e Alexandre. Agradeço pela liberdade no desenvolvimento desse trabalho e pela confiança concedida.

Ao Prof. Henrique, pelas boas contribuições dadas nesse trabalho.

Agradeço aos Eng. Florestais Alvaro, Fábio e Manel, pessoas em que pude me espelhar. Não vou conseguir explicar aqui o que vocês representam para mim e a gratidão que tenho por tudo o que me já proporcionaram. Muito obrigado por tudo!

Esses anos passados em Alegre não teriam a menor graça se não fosse a companhia de grandes amigos e amigas. Velhos amigos: Ronnie, Pincel, Ipatinga, Edilaine, Carol, Pemba, Iulo, Stelinha, Thássia, Loraine. Novos amigos: Leo, Ricks, Lucas, Júlio, Laís, Lud, Samyr, Candinha, Tuane. Eu sei que não vou conseguir lembrar o nome de todos, mas sintam-se homenageados aqueles que estiveram comigo durante esse período.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Ecologia e demais colegas do NEDTEC: Salim, Ligador, Herbert, Valéria, Talita, Tessa, Deivid, Sorriso, Calebe, Davizera e todos que de alguma forma me incentivaram nesse trabalho.

A Tia, minha segunda mãe, pelas marteladas em minha porta para que não perdesse as aulas e pela paciência de cuidar desse bando de loucos!

Ao Bar do Marcílio e a Rep. Cachorrão, pelos bons momentos proporcionados.

“No more stumbling by,  
Forward, my brother, forward,  
Even though the road is so foggy, foggy.  
I and I will never turn back.  
No turning back will I.”

Burning Spear

## **BIOGRAFIA**

LEONARDO BERGANTINI PIMENTEL, filho de Henrique Antônio Pedrini Pimentel e Neusa Inês Bergantini Pimentel, nasceu no município de Ibirapu, estado do Espírito Santo, em seis de junho de 1982, onde viveu até os 18 anos de idade.

Em abril de 2001, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em agosto de 2007.

Durante o período de agosto de 2007 e agosto de 2009, trabalhou como consultor independente, realizando trabalhos na área ambiental em diferentes regiões do Brasil.

Em agosto de 2009 iniciou o curso de Mestrado em Ciências Florestais, com conclusão em dezembro de 2011.

## RESUMO

PIMENTEL, Leonardo Bergantini. **Seleção de fragmentos florestais para a colheita de sementes na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. José Eduardo Macedo Pezzopane. Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos e Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva.

Fragmentos florestais são áreas de vegetação natural interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais, capazes de diminuir, significativamente, o fluxo de animais, pólen ou sementes. A borda, o tipo de vizinhança, o grau de isolamento e o tamanho efetivo dos fragmentos florestais são os principais fatores que devem ser considerados, para caracterizar as alterações dos processos biológicos de determinado ecossistema. Os dados mais atuais indicam que restam somente cerca de 11% da vegetação original da Mata Atlântica, distribuída em fragmentos florestais de tamanho reduzido, biologicamente empobrecidos e cuja restauração poderia levar centenas de anos. Diante deste cenário, a restauração de áreas indevidamente desflorestadas torna-se fundamental e urgente, e a produção de sementes florestais necessária para atender projetos. Este estudo teve como objetivo principal elencar fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim (sul do Espírito Santo) e entorno do Parque Nacional do Caparaó, estratificados em sítios edafo-climáticos, com maior grau de conservação e mais indicados para a colheita de sementes, por meio do Método Analítico Hierárquico (AHP), usando como variáveis as métricas da ecologia da paisagem. No total, foram identificados 1.620 fragmentos florestais com área superior a 10 ha, que juntos somam área de 1017,3 km<sup>2</sup> e representam 13,6% da cobertura florestal original. A delimitação resultou em quatro sítios edafo-climáticos, em que a temperatura média anual varia de 19,7 a 24,8 °C. A análise hierárquica identificou 61 fragmentos como de alto potencial, cujo tamanho médio foi de 245,4 ha. A metodologia empregada neste estudo tem potencial para ser usada como suporte de tomada de decisão no momento da seleção de fragmentos para a colheita de sementes, visto que seleciona fragmentos em diferente ambientes e que seus atributos espaciais sugerem maior grau de conservação.

**Palavras-chave:** Fragmentação florestal, ecologia da paisagem, colheita de sementes florestais, Método Analítico Hierárquico.



## ABSTRACT

PIMENTEL, Leonardo Bergantini. **Selection of forest fragments to seed harvest in Itapemirim river watershed and around the Caparaó National Park.** Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Adviser: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-advisers: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva e Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

Forest fragments are the natural vegetation interrupted by anthropogenic or natural barriers, able to reduce significantly the flow of animals, pollen or seeds. The edge, the type of neighborhood, the degree of isolation and the effective size of forest fragments are the main factors that should be considered to measure changes in biological processes of a particular ecosystem. The most recent data indicate that there are only about 11% of the original vegetation of the Atlantic Forest distributed in forest fragments of small size, biologically impoverished and whose restoration could take hundreds of years. In this scenario, the restoration of deforested areas becomes unduly critical and urgent, and seed production necessary to meet forest projects. This study aimed to list the main fragments, stratified sites in soil and climate, with the highest degree of conservation and more suitable for seed collection, through the Analytic Hierarchy Process (AHP), using as variables the metric of landscape ecology. In total, 1620 were identified forest patches with an area exceeding 10 ha, which together sum area of 1017.3 km<sup>2</sup> and represents 13.6% of the original forest cover. The division resulted in four sites soil and climate where the average annual temperature varies from 19.7 to 24.8 °C. The hierarchical analysis showed 61 fragments as high potential, whose average size was 245.4 ha. The methodology used in this study has the potential to be used to support decision-making when selecting pieces for the collection of seeds, since selects fragments in different environments and their spatial attributes suggest a greater degree of conservation.

**Keywords:** Forest fragmentation, landscape ecology, forest seed harvesting, Analytic Hierarchy Process

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Fragmentação florestal e suas relações com outras ameaças e processos ecológicos que levam à extinção local e regional de populações de árvores. (Adaptado de: TABARELLI et al, 2005) .....5
- Figura 2. Localização da área do estudo envolvendo a bacia hidrográfica do rio Itapemirim e o entorno do Parque Nacional do Caparaó. .... 19
- Figura 3. Fluxograma metodológico mostrando as etapas para o mapeamento dos fragmentos florestais e cálculo das métricas da ecologia da paisagem. ....21
- Figura 4. Fluxograma metodológico com as operações realizadas para a delimitação dos sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....23
- Figura 5. Fluxograma metodológico com as operações realizadas para a seleção de fragmentos potenciais para a colheita de sementes florestais.....27
- Figura 6. Mapa da cobertura florestal na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó, elaborada a partir da fotointerpretação de aerofotos com resolução espacial de 1 m. ....28
- Figura 7. Localização dos fragmentos florestais, distribuídos em classes de tamanhona bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.....30
- Figura 8. Distribuição dos fragmentos florestais em classes de tamanhona bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. A: Percentagem da área total; N: Percentagem do número total de fragmentos. ....30
- Figura 9. Área de borda e fragmentos com área núcleo em classes de distância variando de 0 a 500 m, na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....32
- Figura 10. Unidades de conservação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.....34
- Figura 11. Áreas prioritárias para conservação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. Fonte:MMA, 2002.....35
- Figura 12. Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....36

Figura 13.	Temperatura média anual (A), precipitação média anual (B) e evapotranspiração relativa (C) para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	37
Figura 14.	Classes de solos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	38
Figura 15.	Sítios edafo-climáticos delimitados para a bacia do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	39
Figura 16.	Distribuição dos fragmentos florestais em classes de tamanho e sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. A: Percentagem da área total; N: Percentagem do número total de fragmentos. ....	42
Figura 17.	Percentagem de área núcleo, de borda e fragmentos com área núcleo em classes de distância variando de 0 a 500 m, em cada sítio edafo-climático delimitado na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	43
Figura 18.	Potencial para a colheita de sementes florestais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	44
Figura 19.	Fragmentação florestal e a delimitação dos sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. ....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Grupos de métricas da paisagem e suas questões ecológicas correspondentes (LANGANKE, 2005).....	12
Tabela 2.	Matriz de comparação entre as variáveis envolvidas no estudo. FRACT = Dimensão fractal; NCORE = Número de áreas núcleo disjuntas; SHAPE = Fator de forma; NNArea = Área do fragmento mais próximo; NNDist = Distância do vizinho mais próximo; AREA = Área; e CORE = Área núcleo.....	26
Tabela 3.	Área ocupada por cada sítio edafo-climática na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó .....	39
Tabela 4.	Média das variáveis ambientais para cada sítio delimitada na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó .....	40
Tabela 5.	Análise da fragmentação florestal em cada sítio edafo-climático na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó .....	41
Tabela 6.	Valores médios das métricas da ecologia da paisagem utilizadas na avaliação do potencial para a colheita de sementes florestais, separadas por classe, na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó .....	46
Tabela 7.	Distribuição da cobertura florestal pelos sítios edafo-climáticos e sua classificação quanto ao potencial para a colheita de sementes .....	47

## LISTA DE SIGLAS

AHP	Análise Hierárquica do Processo
ALT	Altitude
APA	Área de Proteção Ambiental
DEF	Deficiência Hídrica
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
EXC	Excedente Hídrico
MDE	Modelo Digital de Elevação
MONA	Monumento Natural
PN	Parque Nacional
PE	Parque Estadual
PMUN	Parque Municipal
PREC	Precipitação
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Nacional
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TEMP	Temperatura

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	VI
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	VII
<b>RESUMO</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
3.1 FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL.....	4
3.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM.....	8
<b>3.2.1 Caracterização da estrutura da paisagem</b> .....	10
3.2.1.1. Área .....	13
3.2.1.2. Áreas Núcleo .....	13
3.2.1.3. Forma .....	14
3.2.1.4. Isolamento/Proximidade .....	14
3.3 DELIMITAÇÃO DE SÍTIOS EDAFO-CLIMÁTICOS .....	14
3.4 COLHEITA DE SEMENTES FLORESTAIS.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
4.2 DELIMITAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS .....	20
4.3 DELIMITAÇÃO DOS SÍTIOS EDAFO-CLIMÁTICOS .....	22
4.4 SELEÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE SEMENTES.....	23
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
5.1 FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL.....	28
5.2 DELIMITAÇÃO DOS SÍTIOS EDAFO CLIMÁTICOS.....	35
5.3 SELEÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE SEMENTES .....	44
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	50
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países mais ricos em biodiversidade, concorrendo com a Indonésia pelo título de nação biologicamente mais rica (MITTERMEIER et al., 2005), apresentando 40.989 espécies de plantas e fungos catalogadas atualmente, que representam cerca de 10% da biodiversidade mundial (FORZZA et al., 2010). O bioma Mata Atlântica é um complexo de ecossistemas de grande importância, pois abriga uma parcela significativa dessa diversidade biológica. Atualmente, são reconhecidas 15.782 espécies vegetais, sendo 7.150 endêmicas (STEHMANN et al., 2009).

Desde o início da colonização do Brasil, esse bioma sofreu com a exploração e supressão de suas florestas. O comércio da madeira do pau-brasil foi responsável pelo primeiro ciclo econômico brasileiro, e levou a população dessa espécie quase à extinção. Os ciclos da cana-de-açúcar e do café promoveram a conversão de imensas áreas florestais em áreas de plantio. Atualmente, as atividades econômicas desenvolvidas na área de domínio da Mata Atlântica são responsáveis por 70% do PIB brasileiro e abriga mais da metade da população humana (RODRIGUES et al., 2009).

Os dados atuais indicam que restam somente cerca de 11% da vegetação original (RIBEIRO et al., 2009), distribuída em fragmentos florestais de tamanho reduzido (<100 ha), com baixa resiliência e cuja restauração poderia levar centenas de anos (LIEBSCH et al., 2008) e por conta disso, tornou-se um dos biomas mais ameaçados do mundo, sendo considerado um *hotspot* para a conservação (MYERS et al., 2000)

Diante desse cenário, a restauração de áreas indevidamente desflorestadas torna-se fundamental e urgente. Além disso, a adequação ambiental de setores produtivos, possível por meio da restauração, em muitos casos, representa ganho de mercado e maior geração de emprego e renda, que dá dimensão econômica direta importante para as práticas de restauração (BRANCALION et al., 2010). Exemplo disso são as compensações ambientais geradas por empreendimentos de significativo impacto ambiental, em que seu valor é fixado pela resolução CONANA nº 371 de 2006 em 0,5% do custo da

obra e devido à falta de mudas de essências nativas no mercado, o setor pode entrar em crise (AQUINO, 2010).

As ações de restabelecimento ou ampliação de uma população vegetal são ferramentas importantes na restauração de habitats, e essas ações podem resultar na introdução de novos genes e genótipos nas populações quando os propágulos utilizados não são de origem local. Esse movimento é potencialmente importante porque muitas espécies de plantas são subdivididas em populações que são adaptadas às condições ambientais locais (McKAY et al., 2005). Para que essas ações não se tornem negativas, é importante que os materiais de propagação utilizados sejam oriundos de áreas não distantes das áreas de introdução, ou que estas sejam ambientalmente similares. Para isso, a delimitação de sítios ambientais homogêneos é uma ferramenta útil no planejamento da produção de sementes florestais.

Apesar da importância de se coletar sementes florestais com qualidade, até pouco tempo atrás produzir sementes florestais era uma atividade sem regulamentação. Com a aprovação da lei 10.711/03, que institui o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), regulamentada pelo Decreto 5.153/04, os produtores de mudas e sementes florestais passam a serem obrigados a utilizar sementes de origem comprovada e que atenda a todas as exigências previstas na lei no sentido de garantir a qualidade das mesmas.

Mesmo se configurando oportunidade econômica e necessidade para a restauração florestal, são raros os trabalhos científicos que objetivaram traçar uma metodologia para a delimitação de áreas de colheita de sementes e de seleção de fragmentos para esta atividade, o que justifica este estudo.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

Selecionar fragmentos florestais com maior grau de conservação para a colheita de sementes na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar o mapeamento de todos os fragmentos florestais com área maior ou igual 10 hectares.
- Delimitar sítios edafo-climáticos homogêneos para caracterização das Áreas de Colheita de Sementes (ACS).

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL**

A fragmentação de habitats é definida como um processo, em escala de paisagem, que envolve tanto a perda de habitat quanto a ruptura da continuidade do habitat. Como resultado dessa combinação, formam-se paisagens com pequenos fragmentos de ecossistemas nativos, que se tornam isolados das demais e com grande proporção de borda (FAHRIG, 2003).

O conhecimento dos impactos da fragmentação se apoia em três generalizações básicas (TABARELLI & GASCON, 2004):

1. A perda e a fragmentação de habitats representam os passos iniciais de uma ampla modificação das paisagens naturais causadas pela ação humana. O resultado desse processo é a completa imersão dos fragmentos em matrizes não florestais;
2. Grande parte da degradação sofrida pela biota florestal resulta de um pequeno grupo de fatores: perda de habitat, efeito de borda, uso da terra na matriz circundante e a caça e coleta nos fragmentos florestais remanescentes; e
3. Esses fatores de degradação podem agir de forma combinada ou sinérgica, potencializando os efeitos individuais de cada um dos fatores.

Tabarelli et al. (2005) sintetizaram como as ameaças e os processos ecológicos atuam em conjunto, causando o declínio de uma população arbórea (Figura 1). A fragmentação, a exploração madeireira e o efeito de borda alteram a estrutura da floresta e a biomassa acima do solo (Fluxo 1). Consequentemente, espécies ruderais invadem os fragmentos e a densidade de cipós aumenta (Fluxo 2). Essas mudanças na estrutura e composição do fragmento o faz propenso a incêndios, principalmente em áreas secas (Fluxo 3). Incêndios periódicos reduzem a cobertura do dossel, mudando drasticamente a estrutura da vegetação ao longo das bordas do fragmento, acentuando o aumento da densidade de cipós, lianas e espécies ruderais, portanto, aumentam a probabilidade de novos incêndios (Fluxo 4). Paralelo a todos esses eventos, vertebrados dispersores de sementes são eliminados

pela perda de habitat e/ou caça (Fluxo 5). Por meio de um ou mais desses fluxos, ou por impactos isolados causados pela extração madeireira e o efeito de borda (Fluxos 6 e 7), o recrutamento de plântulas diminui e a mortalidade de árvores jovens e adultas aumenta entre as espécies sensíveis. Como resultado, as populações arbóreas enfrentam a extinção local e regional (Fluxo 8). Finalmente, há um ciclo de realimentação (Fluxo 9). Uma vez que extinções locais de espécies de árvores ocorrem em fragmentos, resultará em um efeito em cascata sobre os polinizadores, predadores e dispersores de sementes dessas espécies que, dependendo da especificidade do hospedeiro, também será eliminada nesses fragmentos florestais. Tais efeitos em cascata de espécies de insetos, árvores e de vertebrados têm o potencial de perturbar gravemente muitos processos ecológicos básicos em áreas maiores, causando colapso na polinização ou interações predador-presa, agravando ainda mais os efeitos da fragmentação.

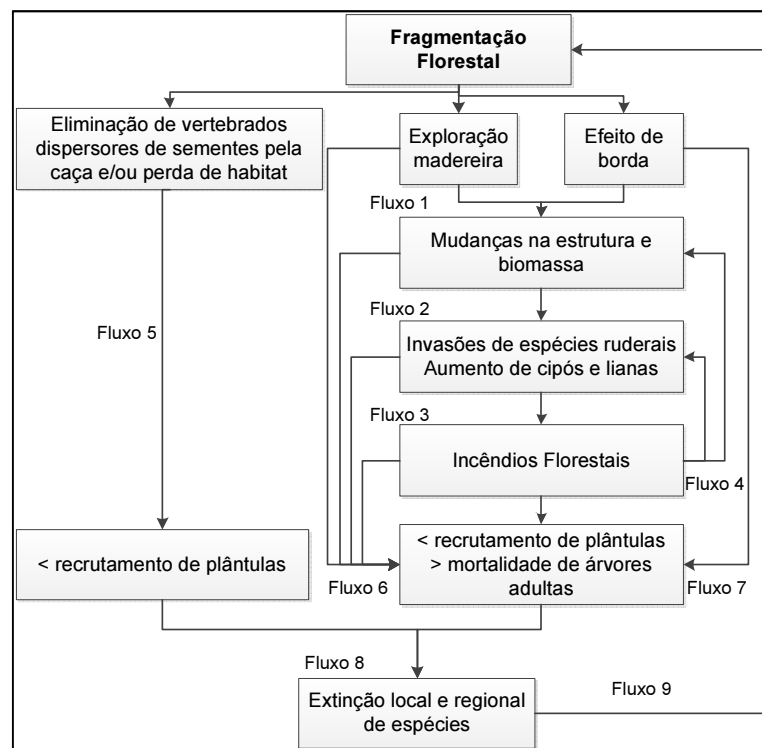


Figura 1. Fragmentação florestal e suas relações com outras ameaças e processos ecológicos que levam à extinção local e regional de populações de árvores. (Adaptado de: TABARELLI et al., 2005)

A perda em termos de biodiversidade é irreparável. Gibson et al. (2011), comparando a biodiversidade entre florestas tropicais primárias (com pouca ou nenhuma alteração humana) e florestas perturbadas, em escala

mundial, verificaram que a biodiversidade em florestas perturbadas são substancialmente menores que em florestas primárias e concluem que os resultados indicam claramente quando se trata de manter a biodiversidade, não há substitutos para as florestas primárias.

O isolamento de remanescentes de habitats é uma das consequências da fragmentação, entretanto, a natureza do isolamento dos fragmentos de habitats difere de verdadeiras ilhas cercadas por água, com as quais os fragmentos são frequentemente comparados. Quando grandes áreas contínuas são subdivididas, os pequenos fragmentos são isolados por uma nova forma de uso da terra. Diferentes tipos de uso da terra atuam como diferentes filtros no movimento de animais através da paisagem. Alguns usos da terra possuem pequena resistência ao movimento, enquanto outros podem ser barreiras efetivas (BENNETT, 2003)

O efeito da geometria espacial em fragmentos florestais também é importante, pois controla processos ecológicos fundamentais, como especiação, dispersão, migração, competição e extinção e, logo, afeta tanto o número quanto a composição de espécies em uma paisagem. Hill & Curran (2003), estudando os efeitos da área, forma e isolamento na diversidade de espécies florestais em fragmentos, constataram que esses fatores influenciavam a diversidade de espécies arbóreas. Grandes fragmentos continham o maior número de espécies e as maiores proporções de espécies raras, e fragmentos irregulares continham em sua regeneração grande proporções de espécies pioneiras.

Existem três tipos de efeito de borda em fragmentos florestais (MURCIA, 1995):

- Efeitos abióticos, envolvendo mudanças nas condições ambientais que resultam da proximidade da estrutura dissimilar da matriz.
- Efeitos biológicos diretos, os quais envolvem mudanças na abundância e distribuição das espécies, causadas principalmente pelas condições físicas próximas à borda e determinadas pela tolerância fisiológica das espécies a essas condições.

- Efeitos biológicos indiretos, os quais envolvem mudanças nas interações entre espécies, tais como predação, parasitismo, competição, herbivoria, polinização e dispersão bióticas de sementes.

O efeito de borda explica os efeitos negativos decorrentes da fragmentação do habitat, no entanto, os progressos foram limitados em extrapolar efeitos de borda a situações diferentes, porque os pesquisadores ainda não entendem como interagem dentro múltiplas bordas dos fragmentos (ROBERT & FLETHER, 2005). Dessa forma, ao selecionar fragmentos florestais deve-se levar em conta sua área, forma e isolamento, para que se tenha alguma garantia da qualidade genética das sementes e que este fragmento não está em um acentuado declínio de sua estrutura e composição florística.

A exploração das florestas se inicia, invariavelmente, com a extração das árvores de maior vigor e de melhor qualidade, deixando-se apenas as de qualidade inferior para transmitir seus genes às próximas gerações, num processo disgênico que leva à degradação dos remanescentes. Além disso, as formações florestais vêm sendo reduzidas a fragmentos cada vez menores e mais dispersos em meio às áreas antropizadas (SHIMIZU, 2007).

A intensa fragmentação da Mata Atlântica contribuiu para que as populações vegetais se tornassem cada vez mais isoladas geneticamente, comprometendo o fluxo gênico na paisagem. Isso pode aumentar as taxas de autopolinização e conseqüentemente estreitar a relação de parentesco entre as matrizes de um mesmo fragmento, contribuindo para que haja cruzamentos biparentais. Além disso, vários fragmentos florestais da Mata Atlântica são secundários, ou seja, originados a partir da regeneração natural após distúrbios naturais ou antrópicos. Nesse tipo de situação, a reocupação do local pode se dar sob forte “efeito do fundador” (SEZEN et al., 2005), no qual as sementes, e conseqüentemente, o material genético de alguns poucos indivíduos que colonizam a área perturbada e passam a representar a espécie naquele local com baixos níveis de variabilidade genética na população.

Dessa forma, em alguns casos, a colheita de sementes a partir de matrizes presentes em diferentes fragmentos pode aumentar a representatividade da diversidade genética da espécie em comparação com a

colheita de sementes de vários indivíduos em um mesmo fragmento, aumentando ainda mais a importância de cada remanescente de vegetação nativa para as futuras ações de restauração florestal (TURNER & CORLETT, 1996).

### 3.2. ECOLOGIA DA PAISAGEM

A ecologia de paisagens pode ser entendida como o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (FORMAN & GODRON, 1986). Metzger (2001) propõe uma definição integradora de paisagem como sendo um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação.

Duas abordagens são reconhecidas dentro da ecologia da paisagem, a geográfica e a ecológica. Dentro da abordagem geográfica, o mosaico heterogêneo estará sendo visto por meio dos olhos do homem, de suas necessidades, anseios e planos de ocupação territorial. Como o homem age em amplas extensões de seu território, nesse caso a ecologia de paisagens lida obrigatoriamente com escalas espaciais amplas, podendo ter vários quilômetros quadrados. Na abordagem ecológica, o mosaico é considerado como um conjunto de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para a espécie ou a comunidade estudada. Dessa forma, o olhar sobre a paisagem é feito por meio das espécies, de suas características biológicas, em particular de seus requerimentos em termos de área de vida, alimentação, abrigo e reprodução. Apesar de existirem duas abordagens distintas dentro da ecologia de paisagens, elas apresentam muito em comum, como o fato de serem espacialmente explícitas, lidarem com espaços heterogêneos e considerarem múltiplas escalas em suas análises (METZGER, 2001).

Segundo Forman & Godron (1986), os estudos em ecologia da paisagem focam três características: a estrutura, a função e a alteração do ecossistema. A estrutura se refere às relações espaciais entre os ecossistemas distintos ou elementos presentes, mais especificamente à distribuição de

energia, materiais e espécies em relação ao tamanho, forma, número. A função trata as interações entre os elementos espaciais, ou seja, os fluxos de energia, materiais e espécies entre os componentes dos ecossistemas. A alteração se refere às mudanças na estrutura e função do mosaico ecológico ao longo do tempo.

Os menores elementos individuais observáveis em uma paisagem, de acordo com a escala de detecção e observação, são frequentemente denominados de manchas (*patches*). Uma mancha é definida como uma forma da superfície delimitada não linearmente, e que sua aparência é distinta em relação ao seu entorno. Essas manchas normalmente resultam da associação de diferentes espécies vivas, ou seja, são geralmente dominados por uma combinação específica de espécies na sua aparência (LANG, 2009). Um exemplo seria um fragmento florestal.

Segundo Farina (1998), é possível classificar as manchas que compõem uma paisagem usando uma série de abordagens que podem ser antropocêntricas ou dependentes da capacidade perceptiva. Lang (2009) apresenta cinco classes de manchas: manchas de distúrbios, manchas remanescentes, manchas de recursos, manchas introduzidas e manchas efêmeras.

As manchas de distúrbios originam-se a partir de perturbações em pequenas áreas dentro de uma matriz. Tais perturbações normalmente são causadas por ocorrências ou intervenções espontâneas, como incêndios, deslizamentos, ataques de pragas, entre outros. Uma clareira dentro de uma área florestal formada após a queda de uma árvore é um exemplo de uma mancha de distúrbio.

Manchas remanescentes são consideradas como forma inversa das manchas de distúrbio, isto é, sua origem ocorre por meio de perturbações em grande escala e áreas menores e unitárias sobrevivem a este distúrbio. Os fragmentos florestais são exemplos de manchas remanescentes.

Manchas de recursos têm sua origem decorrente da distribuição heterogênea ou em manchas de recursos naturais no espaço. Do ponto de vista da teoria dos sistemas holísticos, correspondem aos ecótopos naturais ou quase naturais.

As manchas introduzidas são manchas planejadas e, por isso, também iniciadas pelo homem. Os exemplos seriam áreas cultivadas.

Manchas efêmeras ou de transição, como o próprio nome explica, têm somente pouca duração. São formadas por organismos e precisam apresentar certa extensão espacial para serem designadas como manchas. Exemplo disso seria o período de floração em um deserto.

Farina (1998) também faz uma classificação de manchas, em que além dessas, inclui a mancha funcional, que seria uma área homogênea para uma função ou um descritor físico, como altitude, temperatura, teor de água, entre outros. Nessa categoria, pode-se incluir ecótopos ou uma seleção de características que, quando reunidas, determinam um caráter único em um nível superior.

### **3.2.1. Caracterização da estrutura da paisagem**

A estrutura da paisagem interfere na dinâmica de populações, alterando os riscos de extinção e as possibilidades de deslocamento de populações pela paisagem (METZGER, 1999).

A caracterização da estrutura da paisagem tem por objetivo descobrir as fontes ou mecanismos causais de padrões. Para isso, são necessários descritores quantitativos que liguem os padrões espaciais aos processos ecológicos (TURNER & GARDNER, 1991), comumente chamados de métricas.

Comumente, métricas da paisagem podem ser definidas em três níveis (COUTO, 2004):

- Métricas em nível da mancha são definidas para manchas individuais e caracterizam a configuração espacial e o contexto das manchas. Em muitas aplicações, essas métricas da paisagem servem primeiramente como base computacional para outras métricas da paisagem. Algumas vezes as métricas de mancha podem ser importantes e informativos em investigações ao nível da paisagem;
- Métricas em nível da classe são integradas em relação a todas as manchas de um dado tipo. Essas métricas podem ser obtidas por média simples ou média ponderada que tenha em conta a área da mancha.



Existem propriedades adicionais ao nível da classe que resulta da configuração única das manchas ao longo da paisagem. Em muitas aplicações o interesse principal é a quantidade e distribuição de um tipo particular de mancha; e

- Métricas em nível da paisagem são integradas em relação a todos os tipos de mancha ou classes em relação a toda a paisagem. Como as métricas de classe, essas métricas podem ser obtidas por simples média ou média ponderada ou podem repetir propriedades do padrão. Em muitas aplicações, o primeiro interesse é o padrão (composição e configuração) da paisagem total.

Embora a literatura esteja repleta de métricas para descrever o padrão espacial, existem, no entanto, apenas duas componentes (composição e configuração), e apenas poucos aspectos de cada uma delas. As métricas muitas vezes medem múltiplos aspectos desse padrão. Muitas dessas métricas estão de fato correlacionadas entre si porque existem poucas medidas primárias que podem ser extraídas das manchas (tipo de mancha, área, borda e tipo de vizinhança) e a maioria das métricas derivam dessas medidas primárias. Algumas métricas são redundantes porque são formas alternativas de representar a mesma informação básica. Em outros casos, as métricas podem ser empiricamente redundantes; não porque medem o mesmo aspecto do padrão da paisagem, mas porque para paisagens particulares em investigação diferentes aspectos do padrão da paisagem estão estatisticamente correlacionados (COUTO, 2004).

Langanke et al. (2005) reuniram as métricas em grupos, que são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Grupos de métricas da paisagem e suas questões ecológicas correspondentes (LANGANKE, 2005)

<b>Critério</b>	<b>Questão correspondente</b>	<b>Métricas</b>
Análise da área	Qual a área total de uma classe?	Área da classe (CA)
	Qual o tamanho médio das manchas e como este valor está distribuído?	Tamanho médio da mancha (MPS)
	Quantas manchas compõem um determinado habitat?	Número de manchas (NP)
Análise de área núcleo	Quão grande é a área biologicamente eficaz para as espécies sensíveis a borda?	Área núcleo total da classe (TCCA)
	Quantas áreas núcleos disjuntas existem?	Número de áreas núcleo (NCA)
	Qual a porcentagem da mancha é área núcleo	Índice de área núcleo (CAI)
Análise de bordas	Qual a densidade de bordas por hectare?	Densidade de bordas (ED)
	Quanto de umapaisagem ou mancha é composto de bordas?	Soma das bordas (TE)
Análise proximidade	Quão distante está a próxima mancha da mesma classe?	Distância do vizinho mais próximo (NNDIST)
	Quão uma mancha está integrada no arrancho de manchas vizinhas?	Índice de proximidade (PX)
Retalhamento	Qual a probabilidade de dois pontos aleatórios não serem da mesma mancha?	Divisão (DIVISION)
	Quantas manchas permanecem em um determinado grau de divisão?	Divisão (SPLIT)
	Qual é o tamanho médio das manchas num determinado grau de divisão?	Malha (MESH)
Análise de diversidade	Qual é a percentagem de um habitat específico na paisagem?	Proporção (EVEN)
	Qual o tipo de classe dominante?	Dominância (DOM)

### 3.2.1.1. Área

Área é a medida da estrutura da paisagem mais próxima e mais difundida, por isso, talvez a mais importante, além do fato de muitas outras métricas serem construídas sobre ela (FORMAN & GODRON, 1986). Relaciona-se com questões como a capacidade de manter espécies em seu interior, e diversidade de espécies em seu interior (RAVAN & ROY, 1993). Além disso, suas unidades são intuitivas e facilmente interpretadas (LANGANKE, 2005).

Uma condição para manter o número mínimo de indivíduos de uma espécie que garante a sua subsistência é a disponibilidade de área mínima. Se o número de indivíduos estiver abaixo de um limiar, isso pode levar à extinção de espécies (LANG, 2009).

O tamanho da mancha afeta de modo inversamente proporcional a razão da área de borda com sua área de núcleo. Isso faz com que manchas menores sejam compostas quase que exclusivamente de ambientes de borda. Hill & Curran (2003), estudando os efeitos da área, forma e isolamento de fragmentos florestais na diversidade de espécies arbóreas, concluíram que a área é a consideração mais importante na conservação de áreas silvestres, uma vez que grandes áreas contêm o maior número de espécies e possuem a mais alta proporção de espécies raras.

### 3.2.1.2. Áreas Núcleo

A fragmentação é definida como uma separação de áreas amplas em fragmentos espacialmente segregados, promovendo a redução dos tipos de habitat e a divisão dos habitats remanescentes em unidades menores e isoladas. As bordas de fragmentos florestais são distintas ecologicamente das áreas do interior do fragmento, sendo, em alguns casos, completamente diferentes dos habitat remanescente (FOGGO et al., 2001).

Áreas núcleo representam os espaços internos de unidades espaciais. Isso ocorre com base na premissa de que setores de borda são influenciados por determinados efeitos das áreas exteriores e que, conseqüentemente, no setor interno predominam outras condições (LANG, 2009). Müller et al. (2010),

por exemplo, estudando o efeito de borda sobre a arbórea de um fragmento de floresta ombrófila mista, encontraram correlação significativa entre a distância da borda e variáveis abióticas temperatura e umidade relativa do ar.

#### 3.2.1.3. Forma

A forma da mancha tem significado primário em relação à distribuição da borda. Uma mancha com forma mais compacta, aproximando-se da forma de um círculo, possui uma proporção de área interior maior que uma mancha de forma alongada, que pode até ter sua área totalmente composta por ambientes de borda (FORMAN & GODRON, 1986).

#### 3.2.1.4. Isolamento/Proximidade

O isolamento explica apenas uma pequena parte da variância da riqueza de espécies, mas essa relação é em geral significativa. Ele age negativamente na riqueza ao diminuir a taxa (ou o potencial) de imigração (ou recolonização). As espécies que conseguem se manter em fragmentos isolados tendem a se tornar dominantes e dessa forma, a diversidade do fragmento diminui por uma redução da riqueza e da equabilidade biológica (METZGER, 1999).

### 3.3. DELIMITAÇÃO DE SÍTIOS EDAFO-CLIMÁTICOS

Os seres humanos sempre tentaram classificar os objetos animados e inanimados que o cercam. Classificar objetos em categorias coletivas é um pré-requisito para nomeá-los. Agrupar é reconhecer que os objetos são suficientemente semelhantes para serem colocados no mesmo grupo e também para identificar distinções ou separações entre os grupos (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

A análise de agrupamento é uma operação de análise multidimensional que consiste em particionar um conjunto de dados em subconjuntos, similares dentre si e diferentes entre eles. A análise resultante pode incluir uma única

partição, ou várias partições aninhadas hierarquicamente, dependendo do modelo de agrupamento que foi selecionado. (LEGENDRE & ROGERS, 1972).

O algoritmo *k-means* toma um parâmetro de entrada, *k*, e particiona um conjunto de *n* objetos em *k* *clusters* tal que a similaridade *intracluster* resultante é alta, mas a similaridade *intercluster* é baixa. A similaridade de *clusters* é medida em respeito ao valor médio dos objetos em um *cluster*, que pode ser visto como o centro de gravidade do cluster. O algoritmo trabalha de forma que, primeiro, ele, aleatoriamente seleciona *k* objetos, cada um dos quais, inicialmente, representa a média do cluster. Para cada um dos objetos remanescentes, é feita a atribuição ao cluster ao qual o objeto é mais similar, baseado na distância entre o objeto e a média do cluster. Ele, então, computa as novas médias para cada cluster. Esse processo se repete até que a função critério venha a convergir. Tipicamente, o critério do erro quadrado é usado (CARLANTONIO, 2001).

Para a aplicação do algoritmo *k-means* na classificação ecológica, Acosta (1997) recomenda os seguintes critérios de definição do número de sítios:

- Procurar não dividir a região em número excessivamente grande de grupos, que possa significar a presença de muitos subgrupos constituídos por uma ou poucas células;
- Não generalizar em demasia, o que significaria um baixo aproveitamento da capacidade dessa metodologia em identificar diferenças entre grupos, advindas da interação e inter-relações de um elevado número de variáveis;
- Encontrar analogias com outros trabalhos desse tipo realizados para a região e procurar analisar a lógica do agrupamento com base nas condições ecológicas de cada região; e
- Considerar o grau de acerto dos diferentes agrupamentos, o qual é fornecido pela análise discriminante.

Como já abordado anteriormente, áreas com uma seleção de características, que quando reunidas, determinam um caráter único em um nível superior, podem ser classificadas como manchas funcionais (FARINA,

1998). Dessa forma, com a delimitação de sítios edafo-climáticos homogêneos, essas manchas serão delimitadas.

Várias espécies florestais têm ampla distribuição natural, estendendo-se por vários biomas. Mesmo considerando uma mesma categoria taxonômica, existem ecótipos adaptados, por exemplo, a baixas temperaturas, suportando até geadas, enquanto outros estão adaptados a altas temperaturas e período de déficit hídrico. Por esses contrastes, fica evidente que indivíduos que ocorrem em locais separados por grandes distâncias apresentam características adaptativas distintas, uma vez que cada qual evolui sob pressões seletivas próprias dos respectivos ambientes. Portanto, mesmo dentro da área de distribuição natural da espécie, se as plantas forem levadas para plantio em locais distantes de suas origens, onde as condições ambientais sejam muito diferentes, elas poderão ter sérias dificuldades para se estabelecer, crescer e se reproduzir (SHIMIZU, 2007)

Para a produção de mudas para a restauração florestal, Higa & Silva (2006) recomendam que as matrizes sejam de populações locais ou de outro local que tenha características climáticas semelhantes às do local onde serão plantadas. Para isso, torna-se necessário o delineamento de zonas edafo-climáticas homogêneas.

Sebben (2002) afirma que o zoneamento ecológico para a colheita de sementes é primordialmente importante quando se pensa no desenvolvimento de programas de reflorestamentos em grandes áreas. Com ele, é possível reduzir os custos de colheita e aumentar a eficiência do processo de reflorestamento.

#### 3.4. COLHEITA DE SEMENTES FLORESTAIS

A produção de sementes florestais no Brasil teve origem no início do século 20 no estado de São Paulo, pelo Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF) por conta da demanda do plantio do gênero *Eucalyptus* spp. para fins energéticos, impulsionado pela preocupação com a exaustão das florestas naturais frente ao alto consumo de lenha e carvão pelas locomotivas (MARTINI, 2004).

Com a criação da lei de Incentivos Fiscais para Reflorestamentos em 1966 e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal em 1967, houve um grande aumento na demanda por sementes para suprir projetos de reflorestamento, principalmente das espécies dos gêneros *Eucalyptus* spp. e *Pinnus* spp. Durante o período de vigência dessa lei, houve uma rápida organização no setor de produção de sementes que resultou na implementação de programas de melhoramento florestal, levando um aumento na qualidade genética dos plantios comerciais no Brasil. Apesar de todo esse desenvolvimento para espécies florestais exóticas, as espécies nativas não tiveram quase nenhuma mudança no panorama de sua produção, já que os incentivos fiscais favoreciam os plantios com finalidades comerciais, como papel, lenha e carvão. Somente com o aumento da conscientização ambiental ocorrida nos meados dos anos 80, houve a intensificação da produção de sementes de espécies nativas (PIÑA-RODRIGUES, 2007).

As iniciativas tomadas pelas Redes de Sementes Florestais entre os anos de 1999 e 2000 foram marcos iniciais para a proposição de novas categorias de sementes florestais e processos de produção a serem implementados na regulamentação de uma lei que tratasse da produção de sementes (PIÑA-RODRIGUES, 2007). Atualmente, todas as atividades relacionadas com a produção de sementes e mudas no Brasil está regulamentada pelo decreto Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, que aprovou o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Essa Lei e o referido Decreto dispõem sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM, em que é firmado que todas as ações decorrentes das atividades previstas no Regulamento deverão ser exercidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dentro da competência prevista no art. 5º da Lei. Com essa nova legislação, foi criado o Registro Nacional de Sementes e Mudas – RENASEM, que obriga todos os envolvidos na produção de sementes serem cadastrados neste registro.

Uma das maiores preocupações na produção de sementes florestais é que estas possuam ampla base genética, e para isso deve se coletar sementes em um maior número possível de árvores (VENCOVSKY, 1987; SEBBEN, 2002, RODRIGUES et al, 2009). Segundo Piña-Rodrigues (2007), a estrutura

genética de uma população de plantas é afetada pelas seguintes características: distribuição geográfica, sistema reprodutivo, fluxo gênico, estágio sucessional onde a espécie é frequente e o tamanho efetivo da população.

Segundo Scremin-Dias (2006), árvores matrizes são exemplares de uma determinada espécie que irão fornecer as sementes e/ou propágulos para posterior comercialização e produção de mudas. Matriz é a planta fornecedora de material de propagação sexuada (sementes) ou assexuada (estacas, gemas) que, quando selecionada, permite-se determinar a origem do material genético, fornecendo a localização geográfica da população vegetal e dos indivíduos fornecedores de sementes.

Piña-Rodrigues (2007) diz que, em termos genéricos, o tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) refere-se ao tamanho genético de uma população reprodutiva e não ao número de indivíduos que a compõe. Essa é a medida do número de indivíduos que estão contribuindo com seus genes para a próxima geração, ou seja, o número de indivíduos que efetivamente se reproduz, contribuindo para a variabilidade genética das gerações subsequentes.

O trabalho mais usado como referência para a determinação do número de indivíduos a ser coletado para se ter uma amostra representativa da diversidade genética de uma população é o de Vencovsky (1987), em que o autor sugere um  $N_e$  de 50. Sebben (2002) sugere que para diminuir os efeitos deletérios da fragmentação sobre a genética de populações, a coleta de sementes seja realizada em frutos de diferentes posições da copa, em matrizes distantes pelo menos 100 m entre si, em quantidades aproximadamente iguais entre plantas. A quantidade de árvores matrizes, segundo o mesmo autor, varia dependendo da área do projeto de reflorestamento, indo de 25 para áreas menores que 100 ha e de 400 a 500 árvores para áreas maiores que 500 ha.

A identificação botânica das espécies arbóreas é extremamente importante, pois algumas espécies são muito parecidas entre si, ocasionando confusões quanto à correta identificação das mesmas (SCREMIN-DIAS, 2006). Para isso, torna-se necessária a coleta de material botânico fértil para a determinação, e assim a procedência da matriz seja confirmada.



## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Itapemirim e o entorno de 10 km de distância do Parque Nacional do Caparaó, situado no sul do Espírito Santo e uma pequena porção na zona da mata de Minas Gerais, entres os paralelos 20°48' e 21°05' Sul, e os meridianos 40°48' e 41°58' Oeste (Figura 2). No total, abrange 30 municípios, sendo 20 no Estado do Espírito Santo e 10 em Minas Gerais. A área total estudada é de aproximadamente 6.640 km<sup>2</sup>.

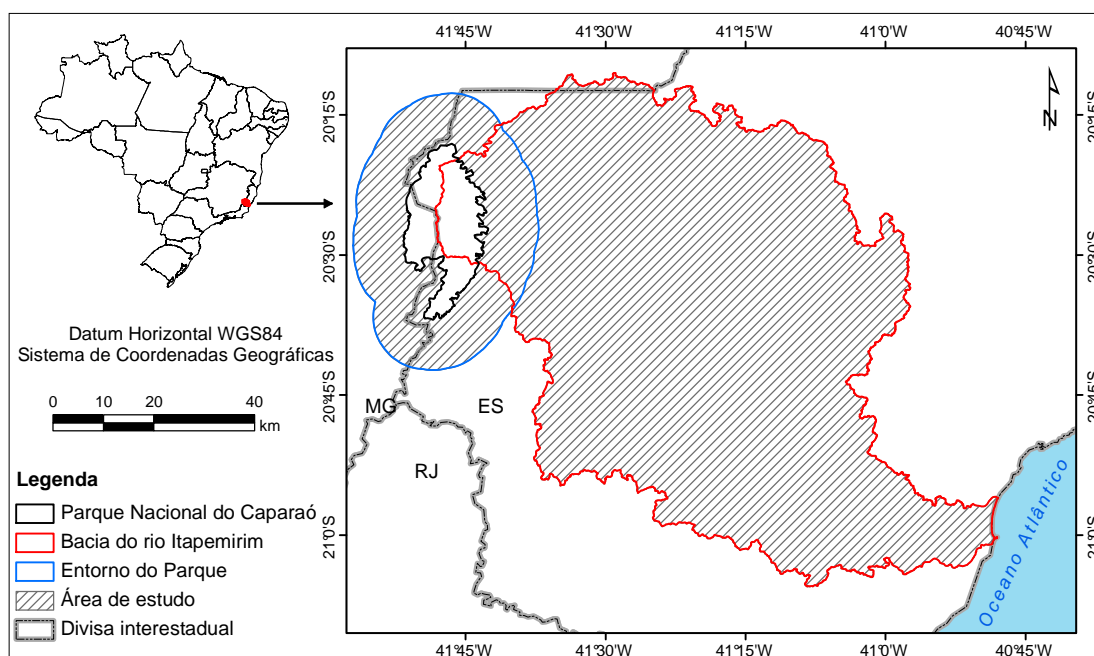


Figura 2. Localização da área do estudo envolvendo a bacia hidrográfica do rio Itapemirim e o entorno do Parque Nacional do Caparaó.

A área é composta por tipos litológicos embasados principalmente em rochas do Pré-Cambriano. A partir do maciço do Caparaó, desdobram-se os planaltos mais dissecados em zonas de biotitagnaises e uma área de influência de mármore e calcário que, juntamente com gnaiss de melhor qualidade e maior dissecamento, propiciam solos de melhor qualidade (RADAMBRASIL apud LANI, 2001). A classe de solo predominante é Latossolo Vermelho-Amarelo (PANOSO et al, 1978) e o relevo, em sua maior parte, é

acidentado (MIRANDA, 2010). As altitudes vão desde o nível do mar na foz do rio até 2.890 m no Pico da Bandeira.

Quanto à vegetação, a área se encontra dentro dos domínios do Bioma Mata Atlântica. Segundo a classificação de Veloso et al. (1991), a vegetação da área de estudo por ser enquadrada nas seguintes formações: Floresta Ombrófila Densa Submontana, Montana e Altomontana; Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas e Submontana; e Formações Pioneiras (restingas e manguezais).

#### 4.2. DELIMITAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS

O mapeamento dos fragmentos florestais foi feito por de meio de fotointerpretação de imagens do Ortofotomosaico IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente) 2007, que são aerofotos digitais na escala de 1:15.000 e resolução espacial de 1 m, nos intervalos espectrais do visível (0,45 – 0,69  $\mu$ m). A escala de digitalização adotada foi de 1:2.500, e o aplicativo computacional o ArcGIS 9.3.

Para que se tenha uma conservação genética de curto prazo (10 gerações da espécie), minimizando os danos por depressão endogâmica, é necessário ter um tamanho efetivo da população de 50 indivíduos de uma determinada espécie (VENCOVSKY, 1987). Assim, foi fixada como 10 ha a área mínima para os fragmentos florestais mapeados, na esperança de que nesse fragmentos seja possível encontrar o tamanho mínimo de população para um número considerável de espécies.

Com base no mapeamento realizado, procedeu-se a computação das áreas e perímetro de cada fragmento, dentro do ambiente computacional do *software* ArcMap 10. A partir desses dados, foram calculadas as métricas de ecologia da paisagem com a extensão V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*) e utilizada a planilha eletrônica *Microsoft Excel* de forma auxiliar.

Para a análise da fragmentação florestal, foram escolhidas as seguintes características: tamanho do fragmento, área de borda e a distância do vizinho mais próximo.

O tamanho dos fragmentos foi analisado por meio da distribuição por classes de tamanho. As classes consideradas foram: 10-50, 50-100, 100-250, 250-500, 500-1.000, 1.000-2.500, e maior que 2.500 ha.

A área núcleo foi calculada como a área restante subtraindo a área total do fragmento pela área submetida a efeito de borda. Foi realizada uma abordagem multiescala, usando para isso vários valores de largura de borda. Foram consideradas as seguintes distâncias à borda: 50, 75, 100, 150, 250, 500, 1.000 e 2.500 m.

A distância do vizinho mais próximo foi calculada como a distância, borda a borda, do fragmento mais próximo.

A Figura 3 mostra o fluxograma metodológico com todas as operações realizadas na análise da fragmentação florestal.

A existência de áreas legalmente protegidas ou prioritárias para a conservação foi obtida sobrepondo os respectivos arquivos vetoriais sobre o mapa de fragmentação florestal. Esses arquivos foram obtidos pelo Sistema Compartilhado de Informações Ambientais (SISCOM - <http://siscom.ibama.gov.br/>) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA - <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>).

A Figura 3 mostra o fluxograma metodológico com todas as operações realizadas na análise da fragmentação florestal.

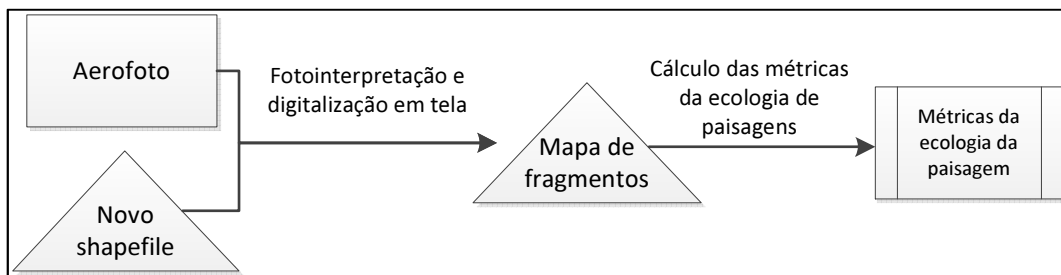


Figura 3. Fluxograma metodológico mostrando as etapas para o mapeamento dos fragmentos florestais e cálculo das métricas da ecologia da paisagem.

#### 4.3. DELIMITAÇÃO DOS SÍTIOS EDAFO-CLIMÁTICOS

A delimitação dos sítios foi baseada em características hídricas, térmicas e de solos da área de estudo (PEZZOPANE et al, 2006).

Na caracterização da disponibilidade hídrica da região de estudo, foram utilizadas séries históricas (1977 - 2006) obtidas em postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER). Esses dados foram adquiridos através do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) e processados no *software* Hidro 1.2.

O método utilizado na interpolação dos dados pluviométricos foi o da Krigagem, sendo o modelo escolhido com base na metodologia proposta por Xavier et al. (2010).

A temperatura do ar foi estimada por meio de equações de regressão linear múltipla, que tem como variáveis independentes a altitude, a latitude e a longitude das estações e como variável dependente a temperatura do ar. Os coeficientes desse modelo foram ajustados por Castro (2008), para o Estado do Espírito Santo. Para obtenção dos dados de altitude, foi usado o modelo digital de elevação do terreno (MDE) originados do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), originalmente com resolução espacial de 90 m, disponibilizados por Miranda (2010). Foram necessárias duas cenas, que foram unidas e recortadas utilizando o aplicativo ArcGIS 10.

O balanço hídrico climatológico foi calculado conforme Thornthwaite e Mather (1955) e espacializado usando a metodologia proposta por Silva (2010).

Na caracterização edáfica, foi utilizado o levantamento realizado por Panoso et al (1978), na escala de 1:400.000. atualizado para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos vigente (EMBRAPA, 2006)

Para a delimitação dos sítios edafo-climáticos, foi aplicada a análise de agrupamento não hierárquico, classificando-as em zonas homogêneas. O método utilizado foi o das K-Médias processado pelo *software* Statistica 7.0. A Figura 4 permite visualizar o fluxograma metodológico com todas as operações realizadas para a delimitação dos sítios edafo-climáticos.

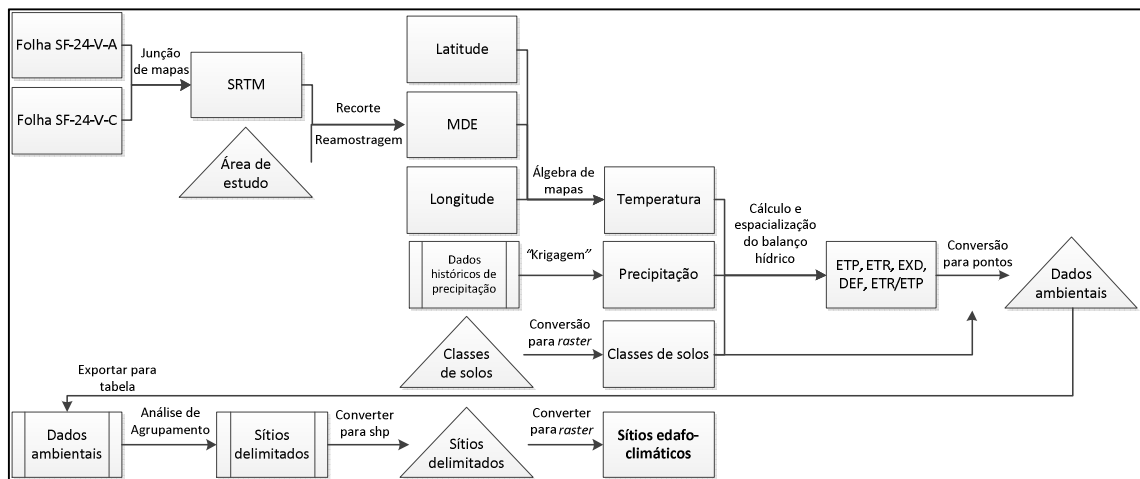


Figura 4. Fluxograma metodológico com as operações realizadas para a delimitação dos sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

#### 4.4. SELEÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE SEMENTES

Para a seleção dos fragmentos florestais com maior potencial para a colheita de sementes, foram utilizadas as métricas da ecologia da paisagem (FORMAN & GODRON, 1986) em nível de mancha, e a Análise por Critérios Múltiplos (LONGLEY et al, 2005), que são descritos a seguir.

- Métricas de área

Corresponde a área ocupada por cada fragmento, calculada em hectares.

- Métricas de área núcleo

A Área Núcleo (CORE) é definida como aquela área que não é influenciada pelo efeito de borda. Foi considerado 100 m de profundidade de borda, que de acordo com Ferreira & Laurance (1997), há uma maior mortalidade de árvores nesta faixa.

O Número de Áreas de Núcleo (NCORE) equivale ao número de áreas núcleo disjuntas contidas dentro do limite do fragmento.

- Métricas de forma

O índice de dimensão fractal (FRACT) mede a complexidade das formas dos fragmentos e varia de 1 (para fragmentos com formas mais simples e regulares) a 2 (para fragmentos com formas mais complexas), e é calculado conforme a equação 1.

$$\text{FRACT} = \frac{2 \ln (0,25 P_i)}{\ln A_i} \quad (1)$$

Em que:

FRACT = Dimensão Fractal; adimensional;  
 P = Perímetro do fragmento florestal, m (i = 1 a n); e  
 A = Área do fragmento florestal, m<sup>2</sup> (i = 1 a n).

O Fator de Forma (SHAPE) expressa a forma dos fragmentos, em função da razão entre perímetro e área, comparada a uma forma padrão. Quando se utiliza o formato vetorial para os mapas, a forma padrão é representada por um círculo. Dessa maneira, o índice de forma é igual a 1 para os fragmentos circulares e aumenta com irregularidade de forma de mancha crescente. A equação 2 mostra sua fórmula de cálculo,

$$\text{SHAPE} = \frac{P_i}{2 \sqrt{\pi A_i}} \quad (2)$$

Em que:

SHAPE = Fator de forma;  
 P<sub>i</sub> = Perímetro do fragmento florestal, m (i = 1 a n); e  
 A<sub>i</sub> = Área do fragmento florestal, m<sup>2</sup> (i = 1 a n).

- Métricas de Isolamento e Proximidade

A “Distância do Vizinho mais Próximo” (NNDist) é a distância, borda a borda, do fragmento mais próximo. No presente estudo, também foi considerado a área do fragmento mais próximo (NNArea), que serve para caracterizar o entorno do fragmento, e assim, fragmentos com maior área em sua vizinhança, possuem maior importância biológica.

- Análise por critérios múltiplos

Como as métricas possuem unidades e amplitudes diferentes, estes valores foram reescalados, onde cada métrica passou para uma escala contínua variando de 0, (menor potencial) até 100 (maior potencial) pela aplicação da Equação 3.

$$Y = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} * 100 \quad (3)$$

Em que:

Y = Valor da métrica reescalada; e

x = Valor original da métrica

Para a definição dos pesos de cada variável, foi utilizado o método AHP – *Analytical Hierarchical Process* - (SAATY, 1977), em que variáveis são comparadas uma a uma e é atribuído um valor que vai de 1 (igual importância) a 9 (importância extrema). A definição de diferentes pesos a diferentes variáveis é fundamentada no fato de o ser humano compreender o relacionamento de diferentes objetos em diferentes situações. A matriz de importância para esta análise é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de comparação entre as variáveis envolvidas no estudo. FRACT = Dimensão fractal; NCORE = Número de áreas núcleo disjuntas; SHAPE = Fator de forma; NNArea = Área do fragmento mais próximo; NNDist = Distância do vizinho mais próximo; AREA = Área; e CORE = Área núcleo

Fator	FRACT	NCORE	SHAPE	NNArea	NNDist	AREA	CORE
<b>FRACT</b>	1	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5
<b>NCORE</b>	1	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5
<b>SHAPE</b>	1	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5
<b>NNArea</b>	3	3	3	1	1	1/3	1/3
<b>NNDist</b>	3	3	3	1	1	1/3	1/3
<b>AREA</b>	5	5	5	3	3	1	1
<b>CORE</b>	5	5	5	3	3	1	1

O método é capaz de estabelecer uma relação de importância entre as variáveis consideradas, desde que haja coerência nas lógicas que levaram ao estabelecimento de tais relações, e para mensurar isso, existe a Razão de Consistência. Para uma matriz de comparação ser considerada consistente, a razão deve ser menor que 10%, e como a razão calculada foi de 1,6%, considera-se consistente.

As variáveis com maior importância foram a Área e Área Núcleo do Fragmento (30, 53%), seguidos pela Distância do Vizinho mais Próximo e Área do Vizinho mais Próximo (11,32%). As métricas Fator de Forma, Dimensão Fractal e Número de Áreas Núcleos Disjuntas tiveram importância de 5,43% cada.

Após o reescalonamento dos dados e definição do peso de cada variável, foi realizada a Análise por Critérios Múltiplos (LONGLEY et al, 2005) com o objetivo de agregar as diversas métricas calculadas, conforme a Equação 4, que gerou uma classificação dos fragmentos estudados.



$$\text{Potencial} = 0,054 * X_1 + 0,054 * X_2 + 0,054 * X_3 + 0,113 * X_4 + *0,113 * X_5 + 0,305 * X_6 + 0,305 * X_7 \quad (4)$$

Em que:

Potencial = Potencial calculado para a colheita de sementes para cada fragmento;

$X_1$  = Dimensão Fractal (FRACT);

$X_2$  = Número de áreas núcleos disjuntas (NCORE);

$X_3$  = Fator de forma (SHAPE);

$X_4$  = Área do fragmento mais próximo (NNArea);

$X_5$  = Distância do vizinho mais próximo (NNDist);

$X_6$  = Área núcleo (CORE); e

$X_7$  = Área total do fragmento (AREA).

Os fragmentos florestais foram classificados quanto a potencial para a colheita de sementes como: alto potencial (acima da média mais 1 desvio padrão), médio potencial (valor entre a média  $\pm$  1 desvio padrão) e baixo potencial (média menos 1 desvio padrão).

A Figura 5 ilustra as etapas do processo para cálculo do *ranking* de potencial para a colheita de sementes florestais.

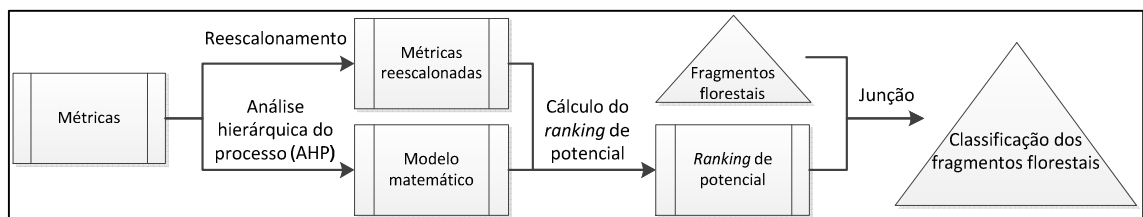


Figura 5. Fluxograma metodológico com as operações realizadas para a seleção de fragmentos potenciais para a colheita de sementes florestais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL

Foram identificados 1.620 fragmentos florestais com área acima de 10 ha, que somados correspondem a uma área de 924,11 km<sup>2</sup>. Isso corresponde a 13,7% de cobertura florestal remanescente na área de estudo (Figura 6). Considerando toda a extensão dos fragmentos que vão além dos limites da área de estudo, a cobertura florestal é de 1.017,27 km<sup>2</sup>.

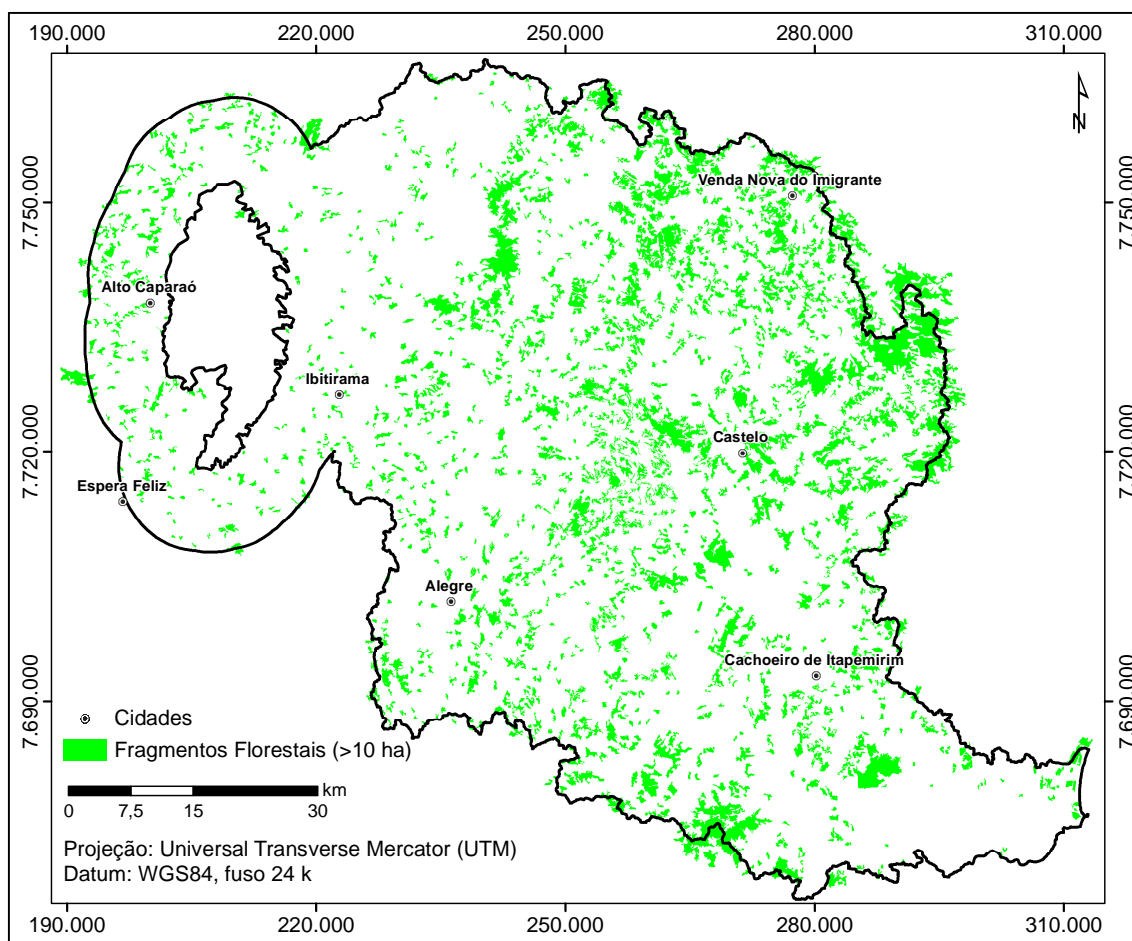


Figura 6. Mapa da cobertura florestal na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó, elaborada a partir da fotointerpretação de aerofotos com resolução espacial de 1 m.

O maior fragmento encontrado possui área de 4.293,15 ha, localizado entre os municípios de Vargem Alta, Castelo, Domingos Martins e Alfredo Chaves. Grandes fragmentos, com área maior que 1.000 ha, são raros dentro da área estudada, sendo encontrados somente nove fragmentos nessa classe.

SOS Mata Atlântica (2009), considerando somente fragmentos maiores que 10 ha, encontrou um total de 1.414 fragmentos, totalizando área igual a 751,59 km<sup>2</sup>, que representa 11,28% de remanescentes florestais. Essa diferença se deve à resolução das imagens utilizadas, que foram imagens LANDSAT com 30 m de resolução espacial. Paiva et al. (2010) estudaram a fragmentação florestal da bacia do rio Itapemirim, utilizando imagens de média resolução e sem limite mínimo de área para a inclusão de fragmentos, encontraram 1.957 fragmentos, totalizando área de 1.167,7 km<sup>2</sup>, que representa 19,7% da cobertura florestal original. Para uma sub-bacia do rio Itapemirim de 1.600 km<sup>2</sup>, utilizando as mesmas imagens deste trabalho e sem limite de área pra inclusão de fragmentos, Pirovani (2010) encontrou 3.285 fragmentos, que representam 17,73% da cobertura florestal original.

Outros estudos na Mata Atlântica da região Sudeste mostram resultados próximos aos encontrados neste trabalho. Valente (2002) encontrou 11,25% de vegetação remanescente na bacia do rio Corumbataí, no Estado de São Paulo. Para a microrregião de Viçosa – MG, Coelho (2005) encontrou um percentual de remanescente florestal na ordem de 24,7%, dos quais 10,24% são consideradas capoeiras (floresta em estágio inicial de regeneração). Também no Estado de Minas Gerais, no município de Carandaí, Calegari (2010) encontrou 15,9% de cobertura florestal remanescente.

A maior parte dos fragmentos mapeados possui área inferior a 50 ha (75,7%), porém representam somente 29,9% da cobertura florestal total. Por outro lado, os fragmentos de grande tamanho representam 11,2% do número total de fragmentos, mas representam 59% da cobertura florestal. Este trabalho não considerou os fragmentos com área menor que 10 ha, mas é possível prever, pela tendência apresentada na distribuição em classes de tamanho (Figura 8), que os mesmos são numerosos. A Figura 7 indica a localização dos fragmentos distribuídos em classes de área e a Figura 8 representa o gráfico com a frequência relativa e área proporcional de cada classe de tamanho.

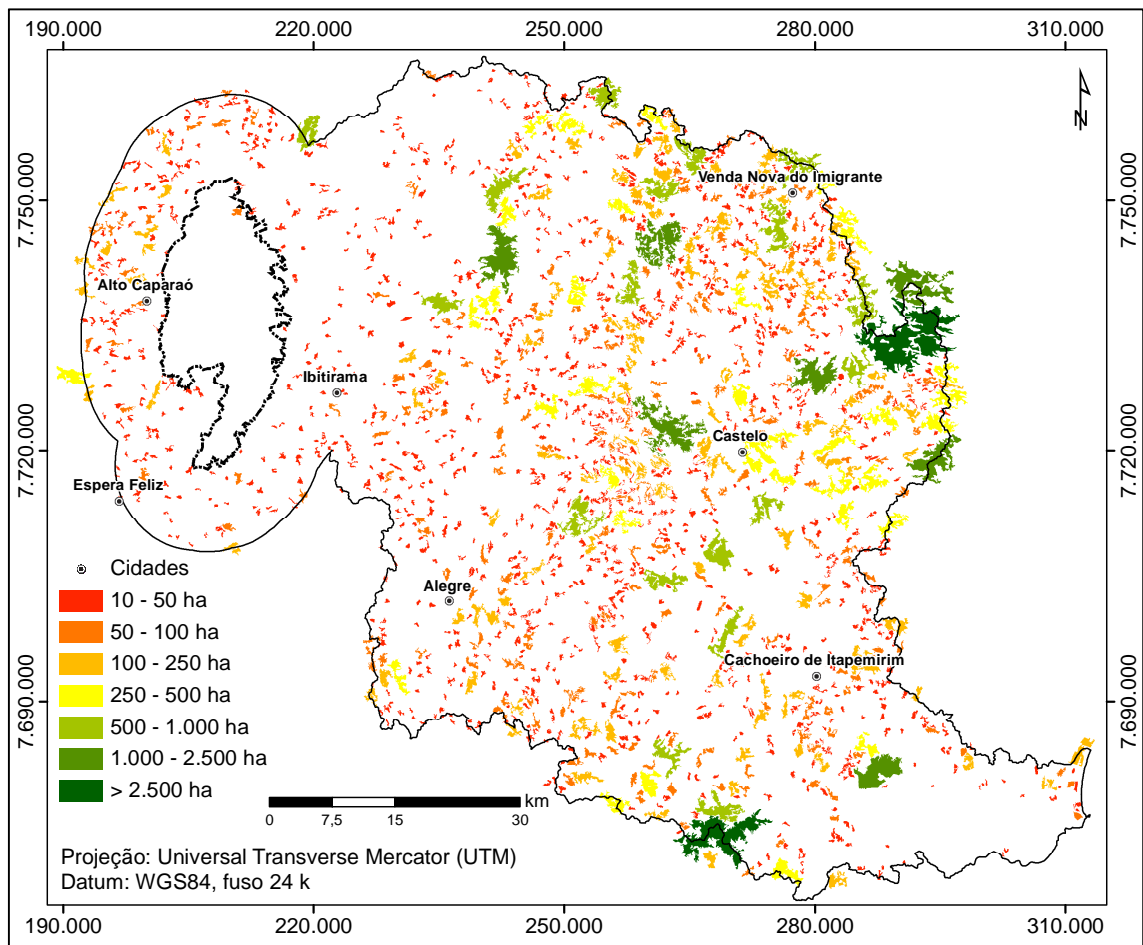


Figura 7. Localização dos fragmentos florestais, distribuídos em classes de tamanhona bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

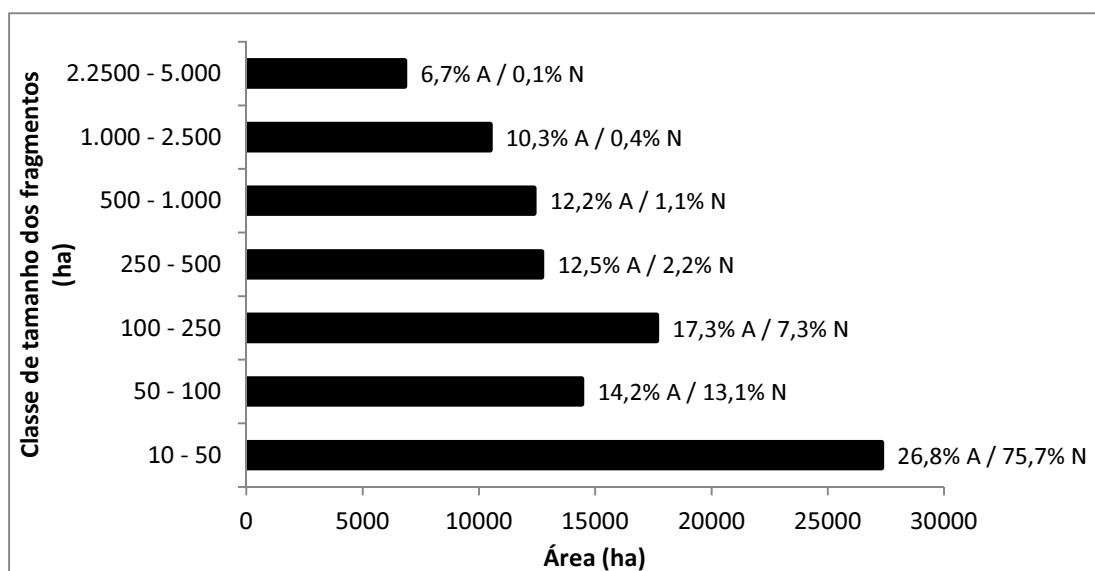


Figura 8. Distribuição dos fragmentos florestais em classes de tamanhona bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. A: Percentagem da área total; N: Percentagem do número total de fragmentos.

É possível notar que a fragmentação da área de estudo aconteceu de forma bem intensa, o que é fato notório para o bioma Mata Atlântica. Ribeiro et al. (2009), realizando um estudo de ampla escala para o bioma, revelaram uma séria situação, em que mais de 80% dos fragmentos florestais possuem menos de 50 ha de área.

Arroyo-Rodríguez et al. (2008), estudando a importância do pequenos fragmentos para a conservação de espécies, relatam que a relação entre a densidade de espécies e a área é significativamente diferente entre as paisagens, com uma inclinação positiva significativa apenas na paisagem com o maior nível de desmatamento. Isso indica que a densidade de espécies em um fragmento de um determinado tamanho pode variar entre paisagens que têm níveis diferentes de desmatamento. Portanto, o valor de conservação de um fragmento depende da cobertura florestal total restante na paisagem. Ou seja, em paisagens intensamente fragmentadas, pequenos fragmentos têm importância.

Analisando a área núcleo e de borda dos fragmentos florestais, constata-se que do total da cobertura florestal remanescente na área de estudo, 43,3% se encontram a uma distância menor que 50 m da borda dos fragmentos florestais. Considerando uma distância de 100 m, esse percentual sobe para 67,8%. Somente 1,81% da área se encontram em distância superior a 500 m da borda (Figura 9).

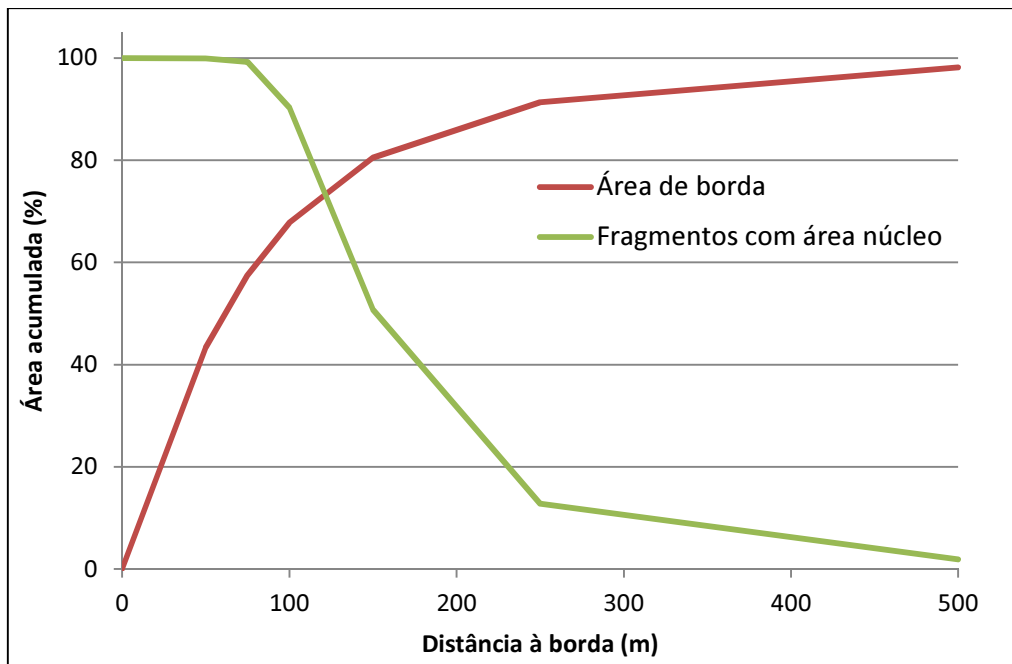


Figura 9. Área de borda e fragmentos com área núcleo em classes de distância variando de 0 a 500 m, na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

O número de fragmentos com área núcleo também decresce rapidamente com o aumento da faixa de borda. Considerando uma faixa de 250 m, somente 12,8% possuem núcleo. Com uma faixa de 500 m, restam apenas 1,9%. Isso mostra que a grande parte dos fragmentos florestais encontra-se sobre forte influência da matriz da paisagem.

É importante que a análise de área de borda/núcleo seja feita em multiescala, estudando várias distâncias à borda, para tornar possível a percepção de diferentes espécies da estrutura da paisagem (RIBEIRO et al., 2009). Mesmo considerando somente a comunidade arbórea, trabalhos realizados têm resultado diferentes entre si (BERNACCI,2006; RODRIGUES, 2001;CARA, 2006; MULLER, 2010)

Devido à forma irregular dos fragmentos, algumas vezes as áreas núcleo ocorrem disjuntas. Isso ocorre porque as partes mais amplas dos fragmentos são separadas uns dos outros, ampliando as áreas de borda que convertem para partes estreitas do fragmento, assim criando núcleos disjuntos (RANTA, 1998). Neste trabalho, foram encontrados fragmentos com até 36 núcleos disjuntos, considerando uma faixa de 100 m.

O nível de isolamento dos fragmentos, mostrado pela distância do vizinho mais próximo, apresentou média de 297,8 m. De forma geral, quanto menor a distância entre fragmentos, maior a possibilidade de interações entre as espécies. A distância entre fragmentos dificulta a dispersão e reduz o tamanho das populações (ROLSTAD, 1991).

Calegari (2010) encontrou uma distância média de 113,07 m para o município de Carandaí no ano de 2007. Smaniotto (2007) calculou média de 128,8 m para o município de Getúlio Vargas – RS. Os valores encontrados por esses autores são consideravelmente menores que o encontrado neste trabalho. Isso está ligado ao fato de que os fragmentos menores que 10 ha não foram mapeados. Esses fragmentos são chamados de *stepping stones*, que são fragmentos separados no espaço intermediário entre fragmentos isolados, que fornecem recursos e refúgio que ajudam animais para percorrer a paisagem (BENNETT, 2003).

São encontradas 14 unidades de conservação em que seus limites se incluem dentro da área de estudo. Desse total, oito são de uso sustentável e outras seis são de proteção integral (Figura 10). Não foi possível encontrar os limites do Monumento Natural Serra das Torres, sendo este localizado por um ponto no mapa. As unidades de conservação são responsáveis pela proteção de 7.997 ha, o que corresponde a 8,65% da área florestal mapeada, contando somente as áreas de floresta dentro dos limites das unidades.

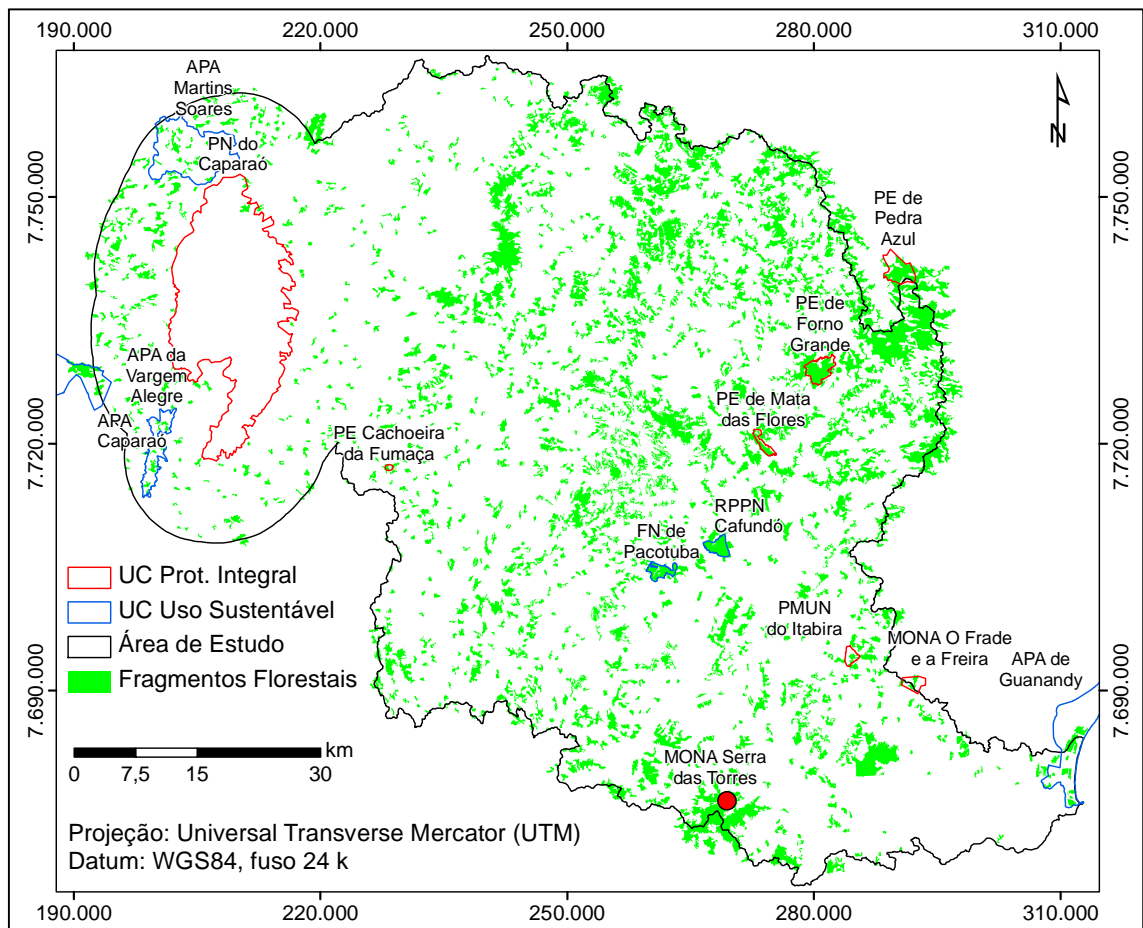


Figura 10. Unidades de conservação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

O conhecimento das áreas e das ações prioritárias para a conservação do uso sustentável e a repartição de benefícios da biodiversidade brasileira é um subsídio fundamental para a gestão ambiental. Das áreas prioritárias para conservação definidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2002), oito áreas abrangem a área de estudo, sendo classificadas como alta e extremamente alta prioridade (Figura 11). Pela quantidade de áreas e relevância, denota que a área de estudo, apesar de intensamente fragmentada, possui grande relevância para a conservação.



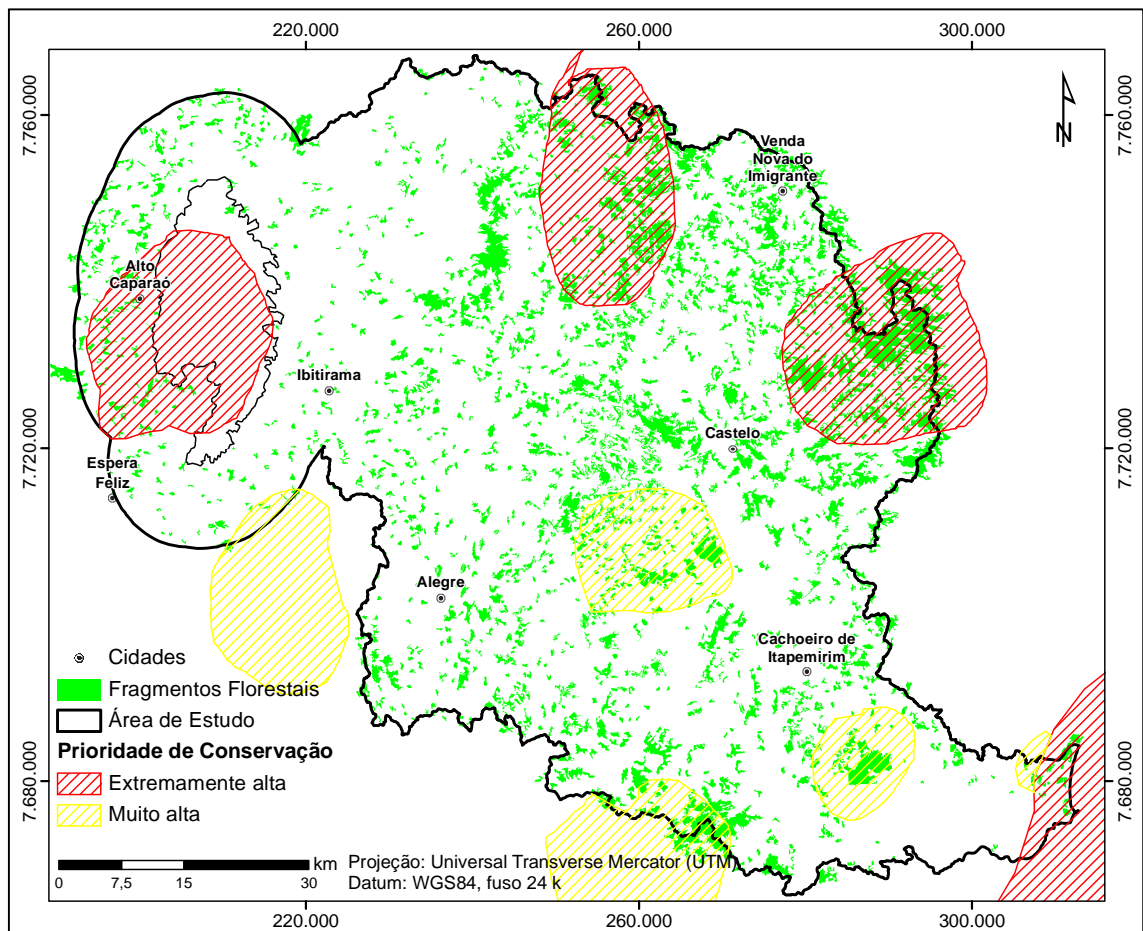


Figura 11. Áreas prioritárias para conservação na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. Fonte: MMA, 2002.

## 5.2. DELIMITAÇÃO DOS SÍTIOS EDAFO CLIMÁTICOS

O Modelo Digital de Elevação (MDE), recortado e com resolução espacial de 500 m, é demonstrado na Figura 12. A altitude da área varia desde o nível do mar, até 1.924 m, em áreas dentro do Parque Estadual do Forno Grande.

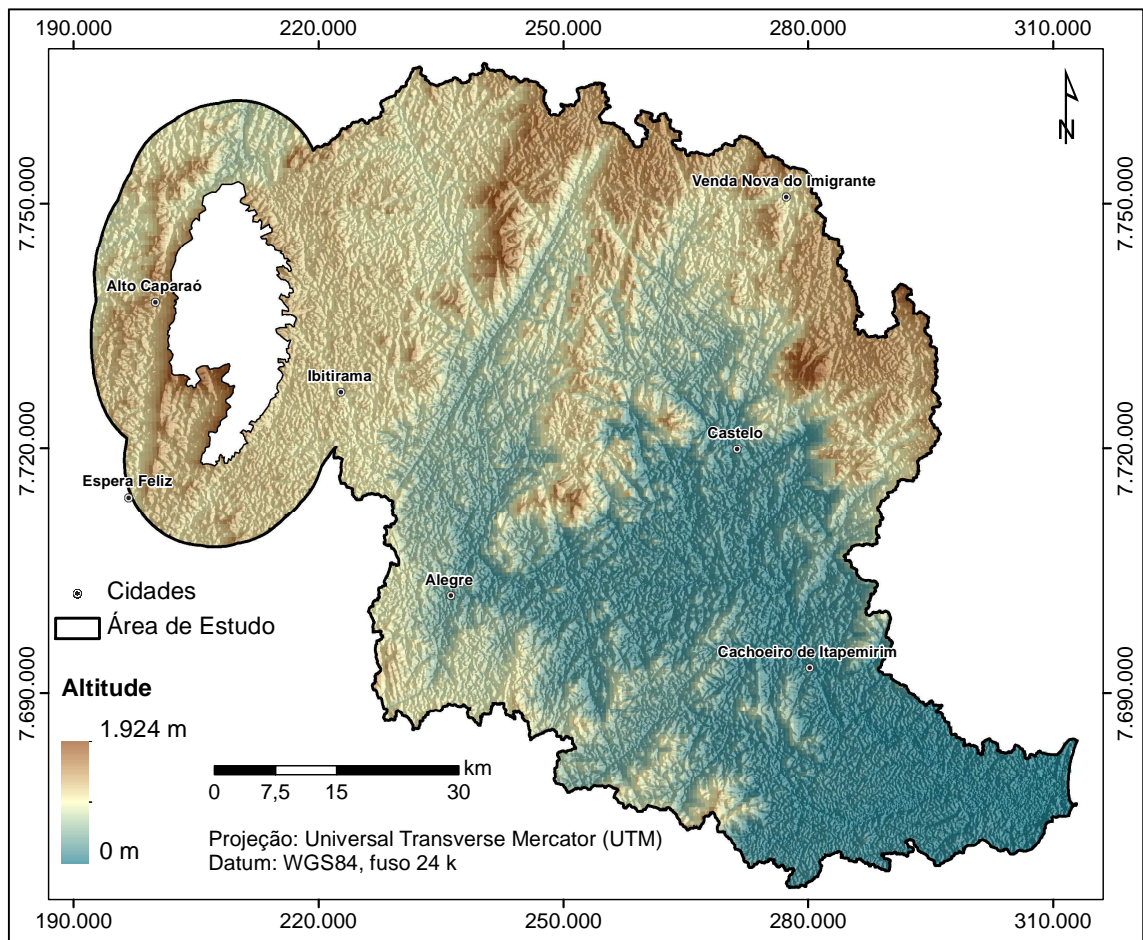


Figura 12. Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

A média anual da temperatura é de 21,9 °C, variando de 12,1 °C no nos locais de maior altitude da área de estudo, até 25,4 °C nas áreas mais baixas (Figura 13 A). A precipitação média anual da área de estudo é de 1.418 mm, variando de locais com 1.164 mm nas partes mais baixas da bacia, e outros com 1.780 mm localizados no município de Vargem Alta (Figura 13B).

O atendimento hídrico, representado pela relação Evapotranspiração real e Evapotranspiração potencial (ETR/ETP) varia de 0,77 a 1. Esse valor é mínimo nos locais com alta precipitação e diminui nas partes baixas da área de estudo, onde se localizam as maiores médias de temperatura (e evapotranspiração potencial) e menores valores de precipitação (Figura 13 C).

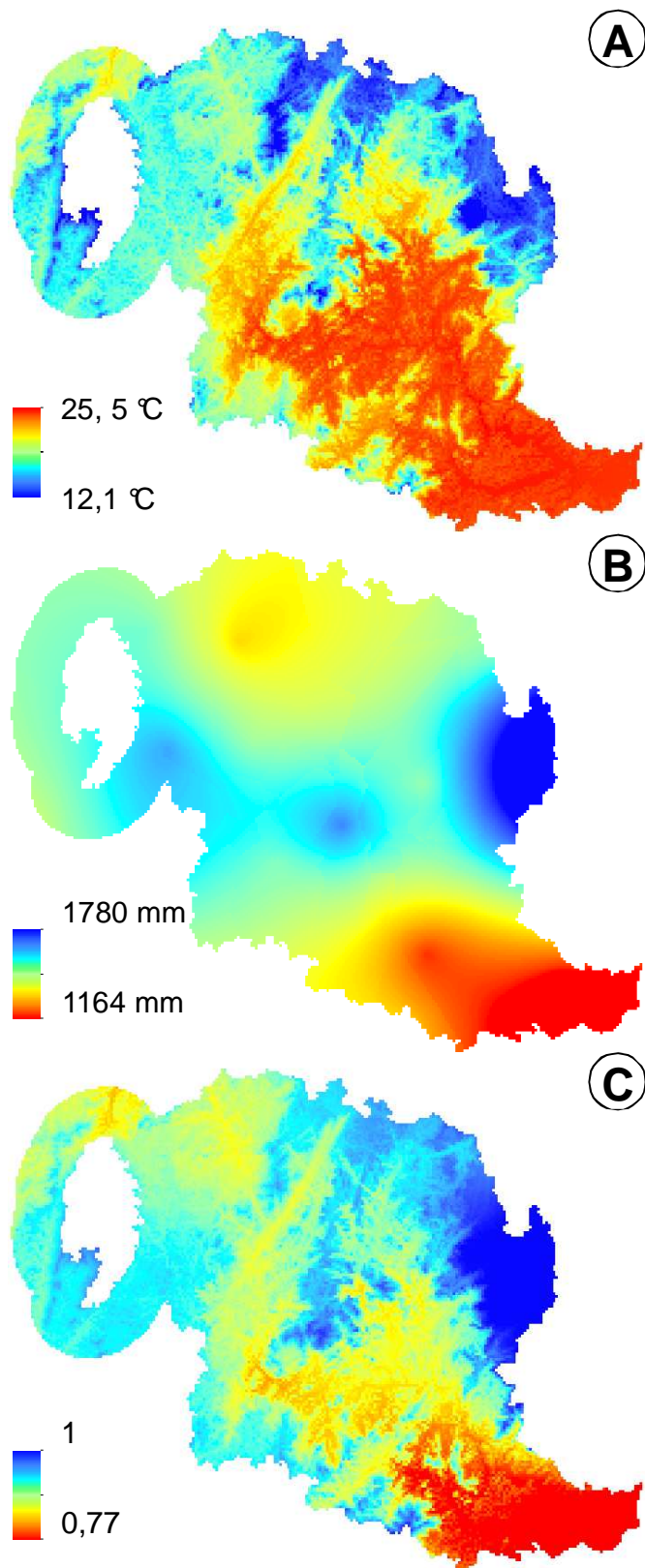


Figura 13. Temperatura média anual (A), precipitação média anual (B) e evapotranspiração relativa (C) para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

O mapa de solos evidencia a presença de 11 classes (Figura 14). A classe predominante é a dos Latossolos Vermelho-Amarelo que cobre 57,1% da área de estudo e se encontra distribuídos por toda a área. A menor classe encontrada foi a dos Gleissolos Sálícos, que representa 0,02% da área e somente está localizada em uma mancha próxima ao litoral.

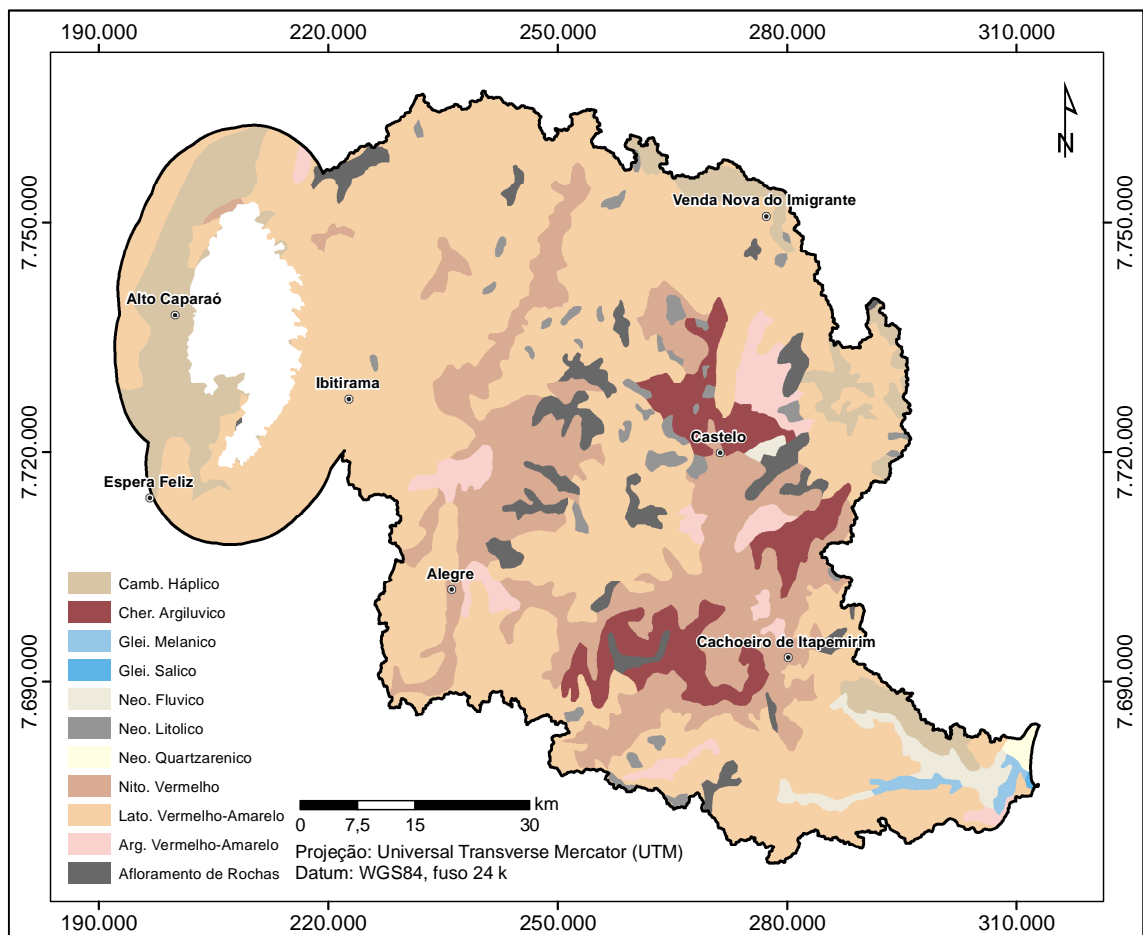


Figura 14. Classes de solos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

A análise de agrupamento para a delimitação de sítios edafo-climáticos mostrou três diferentes sítios para a área de estudo, que são demonstrados na Figura 15. O maior sítio delimitado foi o 3 (Tabela 3). Esse sítio se localiza de forma predominantemente contínua, mas também apresentando algumas "manchas" disjuntas e apresenta baixa deficiência hídrica em razão das temperaturas amenas. A Tabela 3 mostra a área ocupada por cada sítio. O Sítio 1 ocupa as áreas mais baixas da bacia, mais quentes e com déficit hídrico mais acentuado.

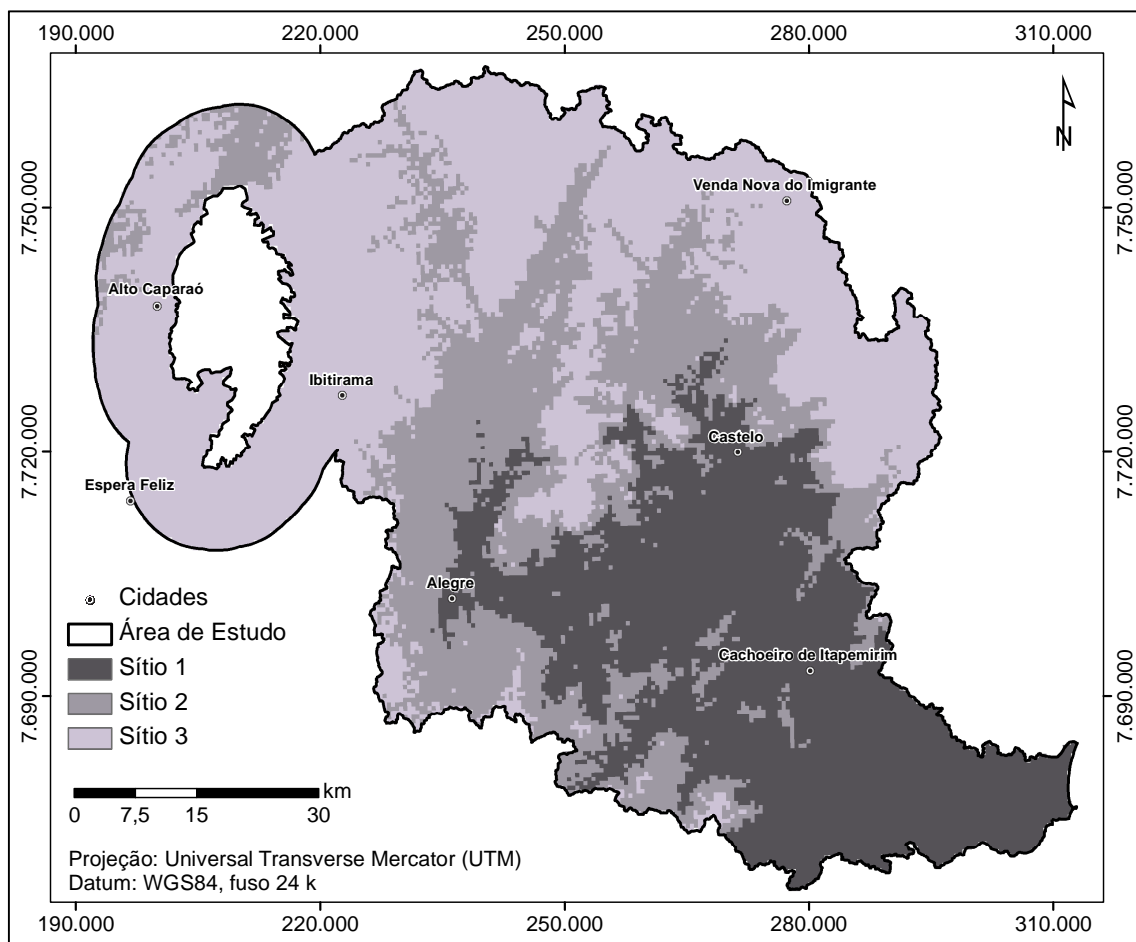


Figura 15. Sítios edafo-climáticos delimitados para a bacia do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

Tabela 3. Área ocupada por cada sítio edafo-climático na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó

Sítio	Área (km <sup>2</sup> )	%
1	1.998,0	30,1%
2	1.779,4	26,8%
3	2.862,9	43,1%

A temperatura do ar é influenciada pela latitude, longitude e especialmente pela altitude (FRITZSONS, 2008). A altitude influencia a temperatura pelo fato de a massa de ar em ascensão está cada vez menos sujeita à pressão e assim aumenta seu volume e resfria-se adiabaticamente. Castro (2008) encontrou uma taxa de 0,71 °C para cada 100 m de altitude no estado do Espírito Santo.

Como na área de estudo, os locais chuvosos coincidem com os de temperaturas amenas, e os de alta temperatura coincidem com locais de menor

precipitação, a altitude foi o fator de maior influência na delimitação dos sítios, e como se trata de uma variável estável ao longo do ano e de fácil determinação, pode ser utilizada na prática. Assim, sabendo a altitude em que se localiza uma determinada árvore matriz produtora de sementes, logo se determinará em que sítio edafo-climático a mesma se encontra.

Com a distinção entre sítios homogêneos, fica possível a caracterização dos fragmentos selecionados para a colheita de sementes. Assim, sabendo-se a localização geográfica de uma determinada matriz produtora de sementes, pode-se caracterizar sua procedência em termos de variáveis climáticas, e assim decidir quais são as áreas mais aptas para receber as sementes. A Tabela 4 demonstra a média de cada variável utilizada na análise em cada sítio.

Tabela 4. Média das variáveis ambientais para cada sítio delimitado na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó

<b>Sítio</b>	<b>DEF (mm)</b>	<b>ETP (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>ETR/ ETR</b>	<b>EXC (mm)</b>	<b>ALT (m)</b>	<b>PREC (mm)</b>	<b>TEMP (°C)</b>
1	180,3	1.362,8	1.182,5	0,869	181,5	129,3	1.364,0	24,8
2	81,6	1.085,8	1.004,3	0,925	427,6	539,1	1.431,9	22,2
3	49,9	905,5	855,6	0,946	592,5	926,6	1.448,2	19,7
<b>Geral</b>	<b>97,6</b>	<b>1.091,3</b>	<b>993,8</b>	<b>0,917</b>	<b>424,7</b>	<b>582,9</b>	<b>1.418,5</b>	<b>21,9</b>

Os fatores ambientais críticos para a sobrevivência e adaptação das plantas como a temperatura, a umidade relativa do ar, o regime pluviométrico, a altitude, fotoperíodo, termoperíodo e, principalmente, características do solo são altamente variáveis de um local para outro. Isso pode propiciar a formação da estrutura genética ecotípica das espécies vegetais, com o surgimento de tipos ecológicos adaptados a cada condição ambiental específica (ecótipos) de hábitos distintos quanto à época de florescimento, à época de emissão de brotos, ao tamanho das plantas, à tolerância aos extremos climáticos ou às condições edáficas críticas e muitos outros fatores (SHIMIZU, 2007). Testes de procedências e progênies vêm demonstrando há décadas que a capacidade de uma espécie em se adaptar a um novo ambiente depende da variabilidade genética existente entre e dentro das procedências e das características edafo-climáticas e geográficas de origem das sementes e dos locais de plantio, sendo

assim, a utilização de material genético de ampla base, coletado em áreas próximas aos locais de reflorestamento (SEBBENN, 2002).

McKay et al. (2005), revisando as questões práticas e conceituais da genética na restauração, recomendam que a colheita de sementes seja realizada localmente, dentro de um raio de 50 km de distância do local de plantio, pois quanto mais perto estejam localizadas as matrizes produtoras de sementes, maior a probabilidade de que ambos os locais sejam ambientalmente similares, e na impossibilidade de conseguir sementes dentro desta condição, que seja feita a adequação das condições ambientais.

Uma zona para colheita de sementes significa uma área em que as condições ambientais são semelhantes, a ponto de poder assumir que as populações que a compõe apresentam baixa divergência genética entre si, ou seja, assume-se que a similaridade de condições ecológicas implica similaridade na construção genética (SEBBENN, 2002).

Como a distribuição das plantas é determinada principalmente por fatores climáticos e de solos, levando em consideração os sítios no momento da escolha dos fragmentos para a colheita de sementes florestais, espera-se assim conseguir captar a diversidade regional de espécies na área de estudo, já que fragmentos em diferentes sítios devem mostrar diferentes composições florísticas.

As características da fragmentação florestal em cada sítio são demonstradas na Tabela 5. O Sítio 3 possui o maior número de fragmentos, maior cobertura florestal total e maior tamanho médio dos fragmentos. O Sítio 2 possui cobertura florestal 20,7% maior que o Sítio 1, porém o tamanho médio de seus fragmentos é praticamente o mesmo.

Tabela 5. Análise da fragmentação florestal em cada sítio edafo-climático na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó

<b>Sítio</b>	<b>Nº de fragmentos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Tamanho médio dos fragmentos (ha)</b>
Sítio 1	374	174,5	46,7
Sítio 2	477	220,0	46,1
Sítio 3	769	622,8	81,0

A distribuição dos fragmentos florestais em classes de tamanho é demonstrada na Figura 16. Os Sítios 1 e 2 possuem padrões semelhantes, possuindo maior número de fragmentos com área inferior a 50 ha, sendo que o Sítio 1 não possui nenhum fragmento maior que 2.500 ha e o Sítio 2 não possui nenhum fragmento acima de 1.000 ha. O Sítio 3 possui sua cobertura florestal distribuída de forma mais equilibrada dentro das classes de tamanho, porém, como nos outros sítios, possui grande proporção de fragmentos de pequeno tamanho (menor que 50 ha).

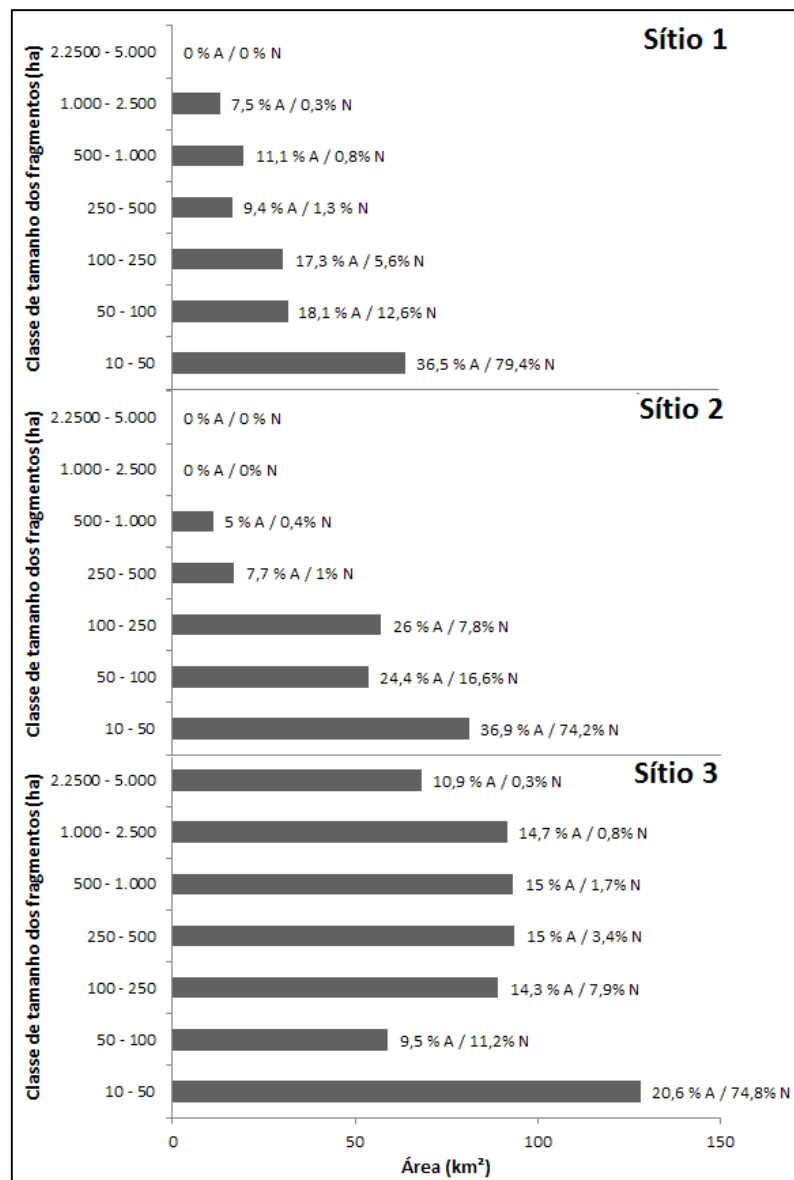


Figura 16. Distribuição dos fragmentos florestais em classes de tamanho e sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó. A: Percentagem da área total; N: Percentagem do número total de fragmentos.



Analisando a área de borda dos fragmentos florestais, separadamente por sítio edafo-climático, percebem-se algumas diferenças entre os sítios. Do total da cobertura florestal presente no Sítio 3, aproximadamente 36% se encontra a uma distância superior a 100 m da borda do fragmento florestal, sendo o sítio com maior proporção de área núcleo. Para os Sítios 1 e 2, foram encontrados valores de 30% e 20,9%, respectivamente.

A existência de área núcleo nos fragmentos decresce exponencialmente a partir dos 100 m de distância em todos os sítios, sendo mais acentuado no Sítio 3, onde somente 37% dos fragmentos possuem área núcleo considerando uma distância de 150 m.

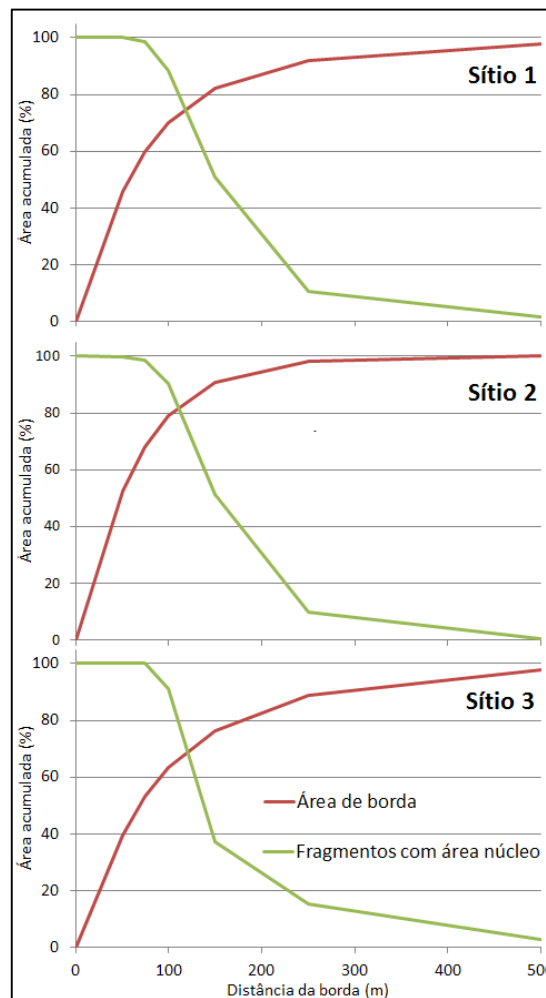


Figura 17. Percentagem de área núcleo, de borda e fragmentos com área núcleo em classes de distância variando de 0 a 500 m, em cada sítio edafo-climático delimitado na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

### 5.3. SELEÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A COLHEITA DE SEMENTES

A análise por critérios múltiplos das métricas da ecologia da paisagem de cada fragmento resultou em um *score* variando de 8,1 a 82,4, com média de 24,9. Os fragmentos com pontuação acima de 27,9 foram considerados como de alto potencial para a colheita de sementes, com pontuação inferior a 22,1 foram classificados como de baixo potencial e os fragmentos com valores intermediários foram classificados como de médio potencial. A Figura 18 demonstra o resultado da seleção dos fragmentos para a colheita de sementes florestais.

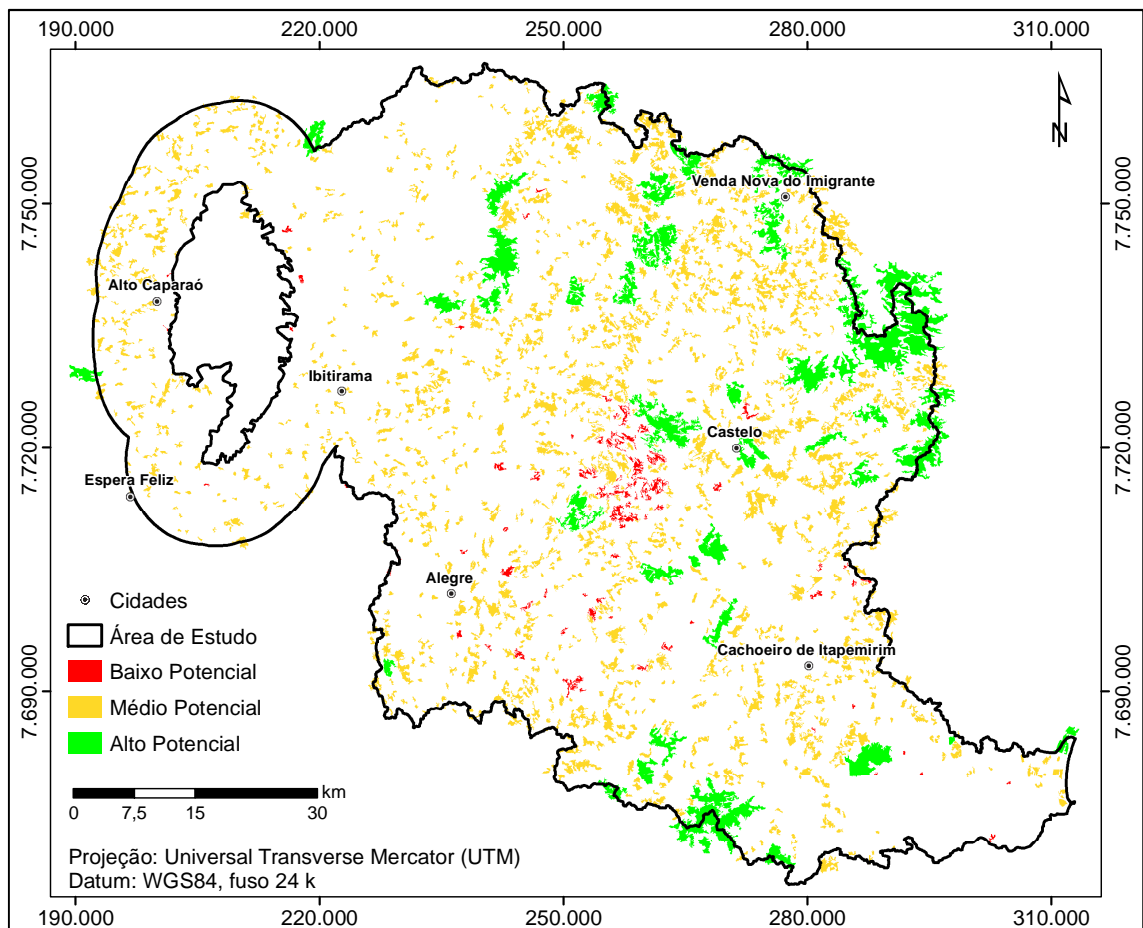


Figura 18. Potencial para a colheita de sementes florestais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

Um fragmento com maior potencial para a colheita de sementes florestais será aquele com maior área, que dessa forma espera-se maior riqueza de espécies florestais; com forma menos alongada, que denota menor impacto pelo efeito de borda; e, próximo a outros fragmentos, o que permite fluxo gênico com outras populações.

Essa análise resultou em 61 fragmentos florestais com Alto Potencial, que juntos possuem 35.693,5 ha, representando 35,1% do total da cobertura florestal.

A área média de cada fragmento com potencial acima da média foi de 557,7 ha, variando de 12,5 a 4.293,1 ha. Isso demonstra que, mesmo que as métricas de área foram importantes nas análises, as demais não se tornaram coadjuvantes, atestando a correta atribuição de pesos para cada variável.

A percentagem de área núcleo apresenta diferenças significativas entre as classes de potencial, sendo de 40,4% a média para os fragmentos florestais com alto potencial e 2,9% para a classe de baixo potencial. Isso é algo desejável, e mostra que os fragmentos mais indicados possuem maior área relativa com pouca influência da matriz da paisagem.

O número de áreas núcleos disjuntas é menor nos fragmentos de alto potencial. Como boa parte dos fragmentos com baixo potencial não possui área núcleo, este valor é numericamente menor que nas classes de maior potencial.

O fator de forma (SHAPE) mostrou valor inferior na classe de médio potencial, denotando formas mais compactas, porém, esse valor não é refletido na percentagem de área núcleo, o que é a informação esperada dessa métrica.

A Tabela 6 mostra os valores médios das métricas da ecologia da paisagem utilizadas no estudo para cada categoria de potencial para a colheita de sementes.

Tabela 6. Valores médios das métricas da ecologia da paisagem utilizadas na avaliação do potencial para a colheita de sementes florestais, separadas por classe, na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó

Potencial	Área (ha)	SHAPE	FRACT	NCORE	CORE (ha)	Core_IDX
Baixo	40,9	4,444	1,425	1,4	2,2	2,9%
Médio	42,2	2,326	1,327	1,7	8,9	12,0%
Alto	547,9	3,783	1,334	6,2	293,3	40,9%
<b>Total</b>	<b>62,8</b>	<b>2,466</b>	<b>1,331</b>	<b>1,9</b>	<b>20,2</b>	<b>12,8%</b>

Relacionando a fragmentação florestal e o potencial dos fragmentos com a delimitação dos sítios, cria-se a Figura 19.

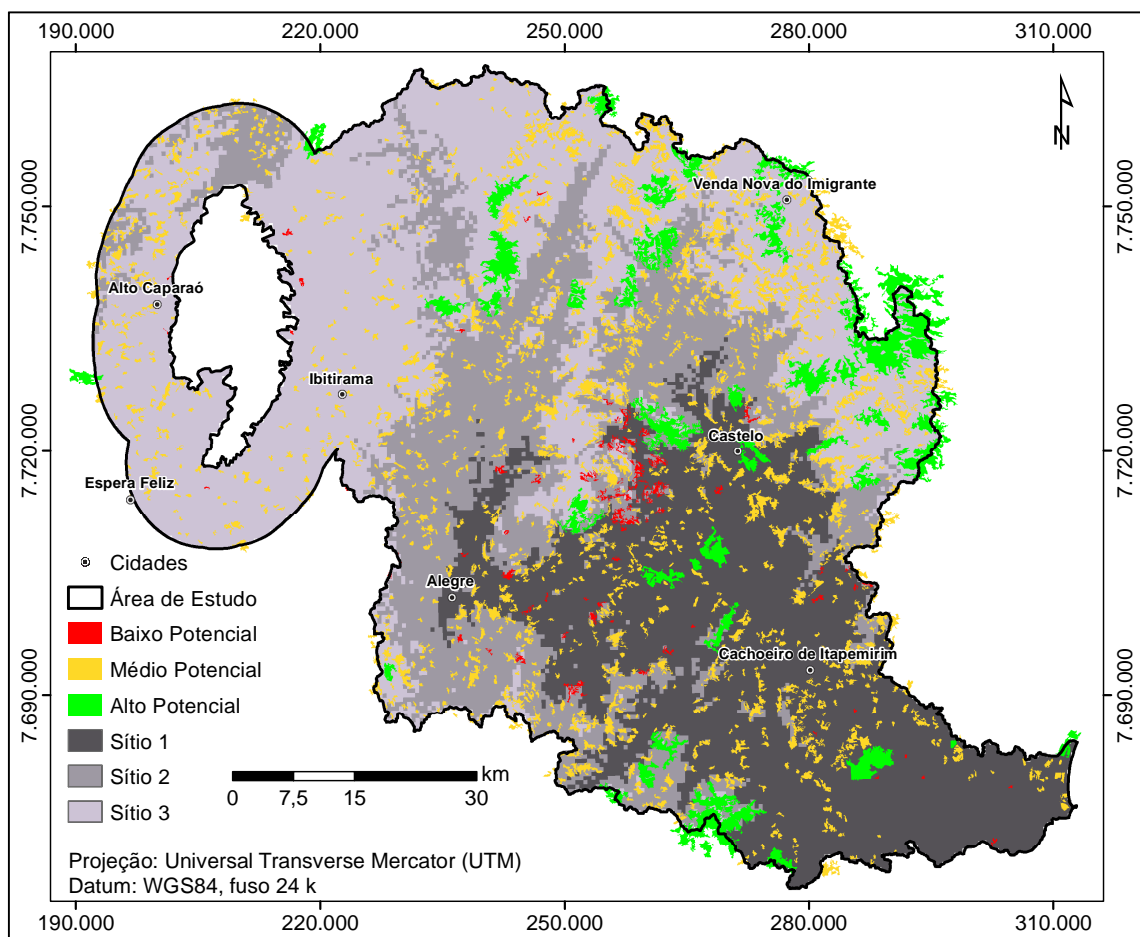


Figura 19. Fragmentação florestal e a delimitação dos sítios edafo-climáticos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó.

A maior parte dos fragmentos florestais selecionados para a colheita de sementes florestais estão localizados no Sítio 3, com 77% dos fragmentos. Os demais sítios, apesar de possuírem um menor número de fragmentos, possuem juntos 38,7 km<sup>2</sup> de cobertura floresta selecionada (Tabela 7).

Tabela 7. Distribuição da cobertura florestal pelos sítios edafo-climáticos e sua classificação quanto ao potencial para a colheita de sementes, em que N = número de fragmentos

Sítio	Potencia					
	Baixo		Médio		Alto	
	Area (km <sup>2</sup> )	N	Area (km <sup>2</sup> )	N	Area (km <sup>2</sup> )	N
Sítio 1	10,63	33	121,18	331	42,73	10
Sítio 2	16,10	25	187,64	448	16,23	4
Sítio 3	5,08	18	306,74	704	310,96	47
<b>Total</b>	<b>31,81</b>	<b>76</b>	<b>615,56</b>	<b>1483</b>	<b>369,91</b>	<b>61</b>

Dos fragmentos elencados como de alto potencial para a colheita de sementes florestais, oito estão, pelo menos em parte, dentro dos limites de unidades de conservação, sendo quatro em unidades de Proteção Integral e quatro de Uso Sustentável. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), na categoria Uso Sustentável é admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais, sendo a colheita de sementes nesta categoria muito limitada e depende da autorização do órgão responsável pela sua gestão e torna-se quase inviável devido a limitações legais. Essas unidades, por resguardarem relevante diversidade de espécies e genética, podem desempenhar importante papel na produção de sementes, o que justifica a elaboração de estratégias específicas para que elas possam integrar ações para a conservação de outras áreas. O Monumento Natural, que é uma unidade de conservação que pode ser constituída de áreas particulares, possui potencial para a colheita de sementes florestais. As Unidades de Conservação da categoria Uso Sustentável, não possuem restrições a colheita de sementes, uma vez que seu objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de seus recursos naturais (PIÑA-RODRIGUES, 2007).

A maior importância das métricas de área está ligada ao fato de que um fragmento de grande tamanho tem maior potencial para conter elevada riqueza de espécies. A teoria da Biogeografia de ilhas (LOSOS & RICKLEFS,

2007), aponta que dentro de manchas, o número de espécies é resultante de um equilíbrio dinâmico, devido à compensação entre a colonização e extinção local de espécies, onde a riqueza de espécies pode ser estimada pela curva espécie-área. Laurance & Vasconcelos (2009) dizem que os efeitos do tamanho dos fragmentos ocorrem como consequência do isolamento do mesmo, pois, fragmentos menores, além de conter menor riqueza de espécies, muitas vezes essas espécies se apresentam em baixas densidades. Outro ponto importante é que pequenos fragmentos podem ser capazes de manter uma população mínima viável, que é conceituada como a menor população isolada que tenha 99% de chances de continuar existindo por 1.000 anos, a despeito dos efeitos estocásticos previsíveis de genética, ambiental e demográficos, e de catástrofes naturais (SHAFFER, 1981).

Com a mesma importância que a área total do fragmento, a área núcleo representa a área do fragmento que não está sujeita ao efeito de borda. As modificações no microclima nas áreas de borda produzem habitats diferenciados (DAVIES-COLLEY, 2000), que podem ser prejudiciais às populações de espécies (CLARK & CLARK, 1991; FERREIRA & LAURANCE, 1997; SANTOS et al., 2008)

Em seguida, as métricas de isolamento/proximidade expressam o potencial de que esses fragmentos possam estar mantendo o fluxo gênico através da dispersão de pólen e sementes.

A forma de um fragmento florestal indica qual a proporção do mesmo está sujeita a efeitos de borda. Além disso, um fragmento de forma mais arredondada pode conter um maior número de matrizes distantes 100 m uma das outras.

Com a combinação dessas métricas, espera-se encontrar fragmentos com alta riqueza de espécies, sofrendo menor pressão vinda da matriz, com fluxo gênico ativo entre populações e com baixo risco de extinção local de espécies, ou seja, fragmentos com alto grau de conservação.

O mapeamento não considerou as florestas inclusas dentro dos limites do Parque Nacional do Caparaó, sendo que estas, algumas vezes, estendem-se além dos limites da área protegida. Essas áreas, apesar de possuírem pequenas dimensões, possuem alto potencial para a colheita de sementes,

pois se encontram conectadas a áreas extensas e bem conservadas e não possuem as mesmas restrições legais vigentes dentro da unidade, além de representar uma fitosionomia com poucos remanescentes, que é a Floresta Ombrófila Densa Montana e Altimontana.

A digitalização dos fragmentos florestais por meio da fotointerpretação em tela é um meio eficiente e preciso para se estudar a fragmentação da área de estudo, porém este método não é capaz de captar com precisão características importantes, como o estágio de regeneração das florestas. Diferentes históricos de perturbações, como incêndios florestais e retirada de madeira, e o tempo de evolução têm influência direta sobre a composição florística e estrutura de uma floresta (TABARELLI & MANTOVANI, 1999). Outra informação importante é a matriz em que os fragmentos estão imersos, que irá influenciar na pressão exercida nos fragmentos, como por exemplo, ocorrência de incêndios, retirada de madeira, caça, coleta de plantas, entrada de animais domésticos, etc., e no fluxo gênico entre os fragmentos, já que matrizes mais permeáveis, como, por exemplo silvicultura, permitem a movimentação da fauna entre os fragmentos, facilitando a polinização e dispersão de sementes (SEOANE, 2010). Pequenos fragmentos têm baixo potencial para a coleta de sementes, como já demonstrado anteriormente, porém, servem de ligação entre outros fragmentos, os chamados *stepping stones*, e em paisagens intensamente fragmentadas como a área estudada, possuem alto valor para a conservação de espécies (ARROYO-RODRÍGUEZ, 2008).

Somente a delimitação dos sítios edafo-climáticos não é suficiente para distinguir todos os ambientes presentes na área de estudo. As formações pioneiras (restingas), que se desenvolvem em terrenos arenosos com influência marinha, não são distinguíveis nesta delimitação, o que exige certo grau de conhecimento da área no momento de tomada de decisão sobre quais fragmentos selecionar para a colheita de sementes.

Esse método tem a intenção de servir como base de tomada de decisão, indicando os fragmentos com maior grau de conservação. Nessa tomada de decisão, ainda se consideram fatores não ambientais, como por exemplo, mão de obra disponível e parcerias institucionais.

## **6. CONCLUSÕES**

O mapeamento realizado possibilitou a identificação de 1.620 fragmentos florestais com área superior a 10 ha, que correspondem a cerca de 1.017 km<sup>2</sup> de cobertura florestal. A maior parte dos fragmentos estudados é composta por pequenos fragmentos (< 50 ha).

A delimitação de sítios edafo-climáticos resultou em 3 sítios homogêneos, em que as variáveis ambientais foram categorizadas, assim as matrizes produtoras de sementes florestais tiveram sua procedência conhecida, servindo como base para o planejamento na colheita de sementes.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, V.H. **Classificação ecológica do Território Brasileiro situado ao Sul do paralelo 24° S - uma abordagem climática**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- AQUINO, W. **Vai faltar árvore no mercado?**. Revista Isto É. São Paulo. v. 2107, 27 de março de 2010.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; et al. Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. **Conserv. Biol.**, v. 23, n. 3, p. 729-739. 2008
- BENNETT, A. F. **Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation**. 2 ed. Cambridge: IUCN Publications Services Unit. 244 p. 2003
- BERNACCI, L. C.; et al. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da reserva Morro Grande (planalto de Ibiúna, SP). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 121-166, dez. 2006.
- BRANCALION, P. H. S.; et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais diversas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.455-470, 2010.
- CALEGARI, L.; et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Rev. Árvore**, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CARA, P. A. de A. Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal do Pernambuco. 2006
- CARLANTONIO, L. M. di. Novas Metodologias para Clusterização de Dados. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2001.
- CASTRO, S. F. da. **Zoneamento Agroclimático para a Cultura do Pinnus no Estado do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. 2008.
- COELHO, D. J. da S.; SOUZA, A. L. de; OLIVEIRA, C. M. L. de. Levantamento da cobertura florestal natural da microrregião de Viçosa, MG, utilizando-se imagens de landsat5. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 17-24. 2005
- COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Investigação Operacional**, v. 24, p. 109-137, 2004.

- CLARK, D. B.; CLARK, D. A. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. **Journal of ecology**, v. 79, p. 447-457, 1991.
- DAVIES-COLLEY, R. J.; PAYNE, G. W.; ELSWIJK, M. V. Microclimate gradients across a forest edge. **New Zealand Journal of Ecology**; v. 24, n. 2, p. 111-121, 2000
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006.
- FERREIRA, V. L.; LAURANCE, W. F. Effects of forest fragmentation on mortality damage of selected trees in central amazonia. **Conserv. Biol**, vol 11, n. 3, p. 797-801, 1997.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. v. 34, p. 487-515, 2003.
- FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. Chapman & Hall. London: 1996.
- FOGGO, A.; OZANNE, C. M. P.; SPEIDGHT, M. R.; HAMBER, C. Edge effects an tropical forest canopy invertebrates. **Plant Ecology**. V 153, p. 347-359. 2001
- FORMAN, R.T.T; GODRON, M. **Landscape ecology**. Wiley & Sons Ed., New York: 1986.
- FORZZA, R. C.; et al. (org.).**Catálogo de Plantas e fungos do Brasil**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. de. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de estudos ambientais**. v.10, n. 1, p. 49-64. 2008
- FUNDAÇÃO SOSMATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2005-2008**. Relatório Parcial Disponível em <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: 05 mai. 2011.
- GIBSON, L. et al. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, p. 378-381, 2011.
- HIGA, A. R. & DUQUE SILVA, L. 2005. **Pomar de Sementes de Espécies Florestais Nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006.
- HILL, L. J.; CURRAN, P. J. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation. **Journal of Biogeography**, v. 30, p. 1391–1403, 2003.

- HUFFORD, K. M.; MAZER, S. J. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. **Trends in ecology and evolution**, v.18, n.3, p.147-155, 2003.
- LANI, J. L.; REZENDE, S. B. de; RESENDE, M. Estratificação de ambientes com base nas classes de solos e outros atributos na bacia do rio Itapemirim. **Ceres**, V. 48, n. 279, p. 239-261. 2001.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LANGANKE, T.; et al. Selection and application of spatial indicators for nature conservation at different institutional levels. **Journal for Nature Conservation**. v. 13, p. 101-114. 2005.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier Science. 1998
- LEGENDRE, P.; ROGERS, D. J. Characters and clustering in taxonomy: a synthesis of two taximetric procedures. **Taxon**, v. 21, p. 567-606, 1972.
- LIEBSCH, D.; MARQUES, M.; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1717-1725. 2008.
- LINHART, Y. B.; GRANT, M. C. Evolutionary consequence of local genetic differentiation in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.27, p.237-277, 1996.
- LONGLEY, P.A., et al. **Geographic Information Systems and Science**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons. 2005. 517 p.
- LOSOS, J. B.; RICKLEFS, R. E. (eds). **The theory of island biogeography revisited**. New Jersey: Princetown University Press. 2007.
- MARTINI, A. J. O plantador de eucalipto, a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade. **Dissertação** (Mestrado em História Social). Universidade de São Paulo. 2004.
- McKAY, J. K.; CHRISTIAN, C. E.; HARRISON, S.; RICE, K. J. "How local is local"? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. **Restoration Ecology**, v.13, n.3, p.432-440, 2005.

- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **An. Acad. Bras. Ci.**,v. 71, n. 3-1, p. 445 - 463. 1999
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**. v1, n. 1/2, p 1-9. 2001
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 16 nov. 2010.
- MITTERMEIER, R. A.; et al. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**.v. 1, n. 1, p. 14-21, 2005.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília. 2002.
- MULLER, A.; BATAGHIN, F.A.; SANTOS, S.C. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de floresta ombrófila mista, rio grande do sul, Brasil. **Perspectiva**, v. 34, n. 125, p. 29-39, 2010.
- MYERS, N.; et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, p. 853-858, 2000
- PAIVA, Y. G; et al. Delimitação de sítios florestais e análise dos fragmentos pertencentes na bacia do Rio Itapemirim. **IDESIA**, Chile, v. 28, n. 1, p. 17-22, 2010.
- PANOSO, L. A. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. SNLCS (Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos), 1978. 61p. (Boletim Técnico, 45)
- PEZZOPANE, J. E. M.; et al. Delimitação de zonas agroclimáticas no estado do Espírito Santo. **Rev. Bras.de Agrometeorologia**, v. 14, n. 2, p. 149-156, 2006.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; et al (org). **Parâmetros técnicos para a produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR, 2007.
- PIROVANI, D. Fragmentação florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo. 2010
- RADAM BRASIL, Levantamento de recursos naturais.1983. IN: LANI, J. L.; REZENDE, S. B. de; RESENDE, M. Estratificação de ambientes com base nas classes de solos e outros atributos na bacia do rio Itapemirim. **Ceres**, V. 48, n. 279, p. 239-261. 2001.

- RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 385-403, 1998.
- RAVAN, S. A.; ROY, P.S. Landscape ecological analysis of disturbance gradient using geographic information system in Madhav National Park, Madhya Pradesh. **Current Science**, V. 68, n. 3, p. 309-315, 1995.
- RIBEIRO, M. C.; et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142. n. 6, p. 1144-1156. 2009.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I., org. **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto Bioatlântica. 2009
- ROLSTAD, J. Consequences of forest fragmentation for the dynamics of Bird populations: conceptual issues and the evidence. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 42, p. 149-163, 1991
- SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p.234-281, 1977.
- SANTOS, B. A.; et al. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. **Biol. Cons.**, v. 141, p. 249-260, 2008.
- SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Rev. Inst. Flor.**, v. 14, n.2, p. 115-132, 2002.
- SEOANE, C. E. S.; et al. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesq. Flor. Bras.**, v. 30, n. 63, p. 207-216, 2010.
- SEZEN, U. U.; CHAZDON, R. L.; HOLSINGER, K. E. Genetic consequences of tropical second-growth forest restoration. **Science**, v. 307, n. 5711, p. 891, 2005.
- SCREMIN-DIAS, E. (org). **Produção de sementes de espécies florestais nativas**. Campo Grande: Ed. UFMS. 2006.
- SHAFFER, M. L. Minimum population sizes for species conservation. **BioScience**, v. 31, n. 2, p. 131-134, 1981.
- SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesq. Flor. bras.**, n.54, p.07-35, 2007

SILVA, K. R. da. **Metodologia para espacialização do balanço hídrico: Aplicação no zoneamento edafoclimático para a seringueira no Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. 2010.

SMANIOTTO, M. **Análise Ambiental de Bacias Hidrográficas com Base na Fragmentação da Paisagem: Município de Getúlio Vargas (RS)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 2007.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2005-2008. Disponível em [http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf). Acesso realizado em 15 de setembro de 2011.

STEHMAN, J R.; et al., eds. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2009.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo – Brasil). **Rev. Brasil. Biol.**, v. 59 n. 2, p. 239-250, 1999.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of geotopically forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1419-1425, 2004.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

TURNER, I. M.; CORLETT, R. T. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 330-333, 1996.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. **Landscape Ecology in Theory and Practice: Patterns and Processes.**, New York: Springer-Verlag. 2001

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A.. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 62, n. dez2002, p. 114-129, 2002.

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

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **Rev.IPEF**, n.35, p.79-84, 1987

XAVIER, A. C.; CECÍLIO, R. A; LIMA, J. S. S. Módulos em MATLAB para interpolação espacial pelo método de krigagem ordinária e do inverso da distância. **Revista Brasileira de Cartografia** (Impresso), v. 62, p. 67-76, 2010.