



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE REGENERAÇÃO  
NATURAL DA MATA ATLÂNTICA NO VALE DO PARAÍBA DO SUL.**

**POLYANA MENDES NOGUEIRA**

**Orientador**

**Marcio Rocha Francelino**

Seropédica, RJ  
Novembro de 2012

**POLYANA MENDES NOGUEIRA**

**INFLUÊNCIA DA FACE DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE  
REGENERAÇÃO NATURAL DA MATA ATLÂNTICA NO VALE DO PARAÍBA DO  
SUL.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**Sob Orientação do Professor  
MÁRCIO ROCHA FRANCELINO**

Seropédica, RJ  
Novembro de 2012

**INFLUÊNCIA DA FACE DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO PROCESSO DE  
REGENERAÇÃO NATURAL DA MATA ATLÂNTICA NO VALE DO PARAÍBA DO  
SUL.**

**POLYANA MENDES NOGUEIRA**

APROVADA EM: 13/11/2012

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Márcio Rocha Francelino  
DS/IF/UFRRJ  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Tokitika Morokawa  
DS/IF/UFRRJ

---

Prof. Juliana de Oliveira Tostes  
IFRJ-Pinheiral

## AGRADECIMENTOS

Á Deus pela vida e por estar sempre me guiando em cada desafio.

Aos meus pais Paulo e Simei; meu irmão Sávio, pelo amor e apoio, sem o qual nada disso seria possível. Especialmente à minha grande mãe, pelo seu exemplo constante e dedicação a família. E á toda minha família pelo carinho e torcida.

Ao instituto de Floresta, aos professores e técnicos que contribuiriam com minha formação pessoal e profissional.

Ao meu orientador Marcio Rocha Francelino, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, por todo apoio, paciência e conhecimento adquirido.

Ao laboratório GEOFLORA, e toda equipe pelo suporte e aprendizado.

Ao Erich Nenartavis, da Gerência de Controle Ambiental (GEC-SMAC), pela compreensão e flexibilidade de horário, que foram de grande importância para que eu pudesse concluir esse trabalho.

Ao Mestre Tokitica Morokawa, pelas lições de vida e amizade.

Á Samara Salamene pelo auxílio nos artigos e nas estatísticas.

Ao meu companheiro Caio, por dividir comigo momentos tão importantes e difícil missão de ser o amor da minha vida.

Á Irmandade F4-103, à antiga geração pela oportunidade de fazer parte dessa família e especialmente a nova geração: Ana Loreta, Luciana, Gabriela Lima, Gabriela Miranda, Marina (Nina), Tay e Agregadas (Lara, Ana, Julia, Fê, Bruna, Mel, Jeny, Gabi, Carolina Corrêa...). Por estarem ao meu lado, me estarem sempre me apoiando e dando força, principalmente nessa fase estressante de conclusão de curso.

Aos amigos Dalton do Vale, Elder (Tuti), Leandro Abraão (Du Norte), Joaquim e Vinícius (Lorenzinho), pelo prazer de concluir com vocês essa etapa da minha vida.

Ás irmãs Ana Carolina Coutinho e Roberta Bicalho por fazerem de suas casas minha casa, pelo carinho e amizade.

Aos amigos e amigas Raquel, Lislaine, galera do complexo (F2), Luís Otávio, Vinicius (girafa), á turma 2006/II e a todos que por falta de memória e espaço não foram citados, mas que contribuíram de alguma forma para esses anos de rural se tornassem inesquecíveis.

Ao Marcelo e Luís Carlos (cabelo), pela cerveja gelada, após o árduo dia de trabalho e estudo.

Ao Caroço de manga pelo rock in roll. Eterna Carocete.

Muito Obrigada!

## RESUMO

A Mata Atlântica é considerada um *hotspot*, possui alto índice de diversidade, taxas de endemismo e ao mesmo tempo padece de grande pressão antrópica, estando atualmente reduzida a fragmentos florestais de mata secundária. Estudos sobre fatores que favorecem e interferem no processo de regeneração natural são de suma importância para manutenção e conservação desses ecossistemas. Neste contexto, o presente trabalho procura analisar a influência das variáveis ambientais no processo de regeneração natural. Para isso foram analisadas 3000 ha em cada município em estudo (Itaperuna, Valença e Vassouras). Para o mapeamento das áreas em regeneração foram utilizadas ortofotos dos municípios. Para a elaboração dos mapas temáticos de curvatura, declividade, face de Exposição, radiação solar e umidade topográfica, utilizou-se os Modelos Digitais de Elevação MDE's das áreas em estudo, ambos, obtidos gratuitamente no site do IBGE, na escala 1: 25.000. Como resultado, verificou-se que os municípios de Valença e Vassouras possuem as maiores porcentagem de cobertura vegetal, com predomínio de estágio médio e inicial, porém Itaperuna concentra as maiores áreas em estágio avançado de regeneração. Essas áreas foram favorecidas pela curvatura vertical convexa. Os teores de umidade do solo apresentaram-se baixos, nas classes bem drenado e moderadamente drenado, o que pode estar associado ao fato da declividade apresentar-se nas classes forte ondulado e montanhoso, o que limita a ação antrópica. As vertentes do relevo voltadas para o sul, sudeste e sudoeste apresentaram as maiores áreas de fragmentos em processo de regeneração como também baixos valores de radiação solar global anual quando comparadas com as demais vertentes analisadas. A análise multivariada utilizada neste estudo mostrou-se satisfatória, sendo adequada para o objetivo proposto. Todos os fatores analisados neste estudo exerceram influências em diferentes níveis no estabelecimento da vegetação na área. O conhecimento da ação desses fatores podem nortear ações que contribuam para diminuir o custo e aumentar a eficiência de projetos, como os de restauração florestal.

*Palavras-chave:* MDE, ortofotos, variáveis ambientais, floresta.

## ABSTRACT

The Atlantic Forest is considered a hotspot, has a high level of diversity, endemism rates while suffering from major anthropogenic pressure, and is now reduced to forest fragments of secondary forest. Study on factors that promote and interfere with the natural healing process is of paramount importance for the maintenance and conservation of this ecosystem. In this context, this paper seeks to analyze the influence of light environmental variables in the process of natural regeneration. For this 3000ha were analyzed in each city under study (Itaperuna, Valença and Vassouras). For the mapping of regenerating areas were used orthophotos of the municipalities and the preparation of thematic maps of the face of exposure and solar radiation were used if the MOU`s, obtained for free from the IBGE, scale 1: 25,000. As a result, it was found that the municipalities of Valença and Vassouras have the largest percentage of vegetation cover, with a predominance of middle stage and initial, but concentrates the largest Itaperuna in advanced stage of regeneration. These areas were favored by vertical convex curvature. Soil moisture levels were low, in well drained classes and moderately drained, which can be linked to the fact that the introduced gradient in strong mountain curled and classes which limits the anthropic action. The strands of relief directed to the South, Southeast and Southwest presented the highest areas of fragments in regeneration process but also low values of global solar radiation annually when compared with the other strands. The multivariate analysis used in this study showed to be satisfactory, being suitable for the objective proposed. All the factors analyzed in this study exerted influences on different levels in the establishment of vegetation in the area. The knowledge of the action of these factors may be actions that contribute to lower the cost and increase the efficiency of projects, such as those of forest restoration.

*Keywords:* MDE, orthophotos, environmental variables , forest

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1 Mata Atlântica e o Processo de Fragmentação</b> .....	<b>1</b>
<b>2.2 Regeneração Natural</b> .....	<b>2</b>
<b>2.3 Influência das Variáveis Ambientais</b> .....	<b>3</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1. Caracterização da Área de Estudo</b> .....	<b>5</b>
3.1.1 Itaperuna.....	5
3.1.2 Valença .....	6
3.1.3 Vassouras .....	7
<b>3.2 Mapeamento</b> .....	<b>8</b>
3.2.1 Regeneração Natural.....	8
<b>3.3 Mapas Temáticos</b> .....	<b>8</b>
3.3.1 Modelo Digital de Elevação .....	9
3.3.2 Curvatura.....	9
3.3.3 Declividade .....	10
3.3.4 Face de Exposição das vertentes .....	11
3.3.5 Radiação solar .....	11
3.3.6 Umidade topográfica .....	11
3.3.7 Extração das Informações dos mapas temáticos. ....	12
3.3.8 Sobreposição dos mapas temáticos.....	13
3.3.8 Análises de Componentes Principais.....	13
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Regeneração Natural</b> .....	<b>13</b>
<b>4.3 Curvatura</b> .....	<b>16</b>
<b>4.4 Declividade</b> .....	<b>19</b>
<b>4.5 Faces de Exposição</b> .....	<b>23</b>
<b>4.6 Radiação Solar</b> .....	<b>27</b>
<b>4.6 Umidade do Solo</b> .....	<b>30</b>
<b>4.6 Análises dos Componentes Principais</b> .....	<b>33</b>

<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo em Itaperuna - RJ.....	6
Figura 2. Localização da área de estudo em Valença - RJ.....	6
Figura 3. Localização da área de estudo em Vassouras - RJ.....	7
Figura 4. Comparação do modelo de curvatura gerado com base nas imagens e curvas de nível- Itaperuna - RJ.....	10
Figura 5. Representação da ferramenta <i>Extraction by Mask</i> na extração da declividade pelos fragmentos florestais.....	12
Figura 6. Área em regeneração natural em Itaperuna - RJ.....	14
Figura 7. Área em regeneração natural em Valença - RJ.....	15
Figura 8. Área em regeneração natural em Vassouras - RJ.....	16
Figura 9. Mapa de curvatura da área em estudo, em Itaperuna – RJ.....	17
Figura 10. Mapa de curvatura da área em estudo, em Valença – RJ.....	18
Figura 11. Mapa de curvatura da área em estudo, em Vassouras – RJ.....	19
Figura 12. Mapa de declividade da área em estudo, em Itaperuna – RJ.....	20
Figura 13. Mapa de declividade da área em estudo, em Valença – RJ.....	21
Figura 14. Mapa de declividade da área em estudo, em Vassouras – RJ.....	22
Figura 15. Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Itaperuna – RJ.....	23
Figura 16. Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição em Itaperuna – RJ.....	24
Figura 17. Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Valença – RJ.....	24
Figura 18. Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição do sol em Valença - RJ.....	25
Figura 19. Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Vassouras – RJ.....	25
Figura 20. Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição do sol em Vassouras - RJ.....	26
Figura 21. Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Itaperuna – RJ.....	27
Figura 22. Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Itaperuna - RJ.....	27
Figura 23. Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Valença – RJ.....	28
Figura 24. Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Valença - RJ.....	28
Figura 25. Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Vassouras – RJ.....	29

Figura 26. Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Vassouras - RJ. ..	29
Figura 27. Mapa umidade do solo, município de Itaperuna – RJ.....	30
Figura 28. Mapa umidade do solo, município de Valença – RJ.....	31
Figura 29. Mapa umidade do solo, município de Vassouras – RJ. ....	32
Figura 30. Diagrama de ordenação dos parâmetros ambientais analisados para o estagio médio de regeneração. ....	34
Figura 31. Diagrama de ordenação dos parâmetros ambientais analisados para o estagio avançado de regeneração. ....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação da Curvatura vertical.....	10
<b>Tabela 2.</b> Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1979).....	11
<b>Tabela 3.</b> Classes de orientação das vertentes do relevo.....	11
<b>Tabela 4.</b> Classes de Umidade Topográfica.....	12
<b>Tabela 5.</b> Áreas por estágio de regeneração natural, para os municípios em estudo.....	14
<b>Tabela 6.</b> Área em regeneração natural, segundo as classes de curvatura, para os municípios em estudo.....	17
<b>Tabela 7.</b> Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Itaperuna – RJ..	20
<b>Tabela 8.</b> Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Valença – RJ....	21
<b>Tabela 9.</b> Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Vassouras - RJ.....	22
<b>Tabela 10.</b> Área em regeneração natural, segundo as classes de Umidade Topográfica para os municípios em estudo.....	30
<b>Tabela 11.</b> Percentual da variação total explicada pelas componentes principais para o estágio médio de regeneração.....	33
<b>Tabela 12.</b> Percentual da variação total explicada pelas componentes principais para o estágio avançado de regeneração.....	33
<b>Tabela 13.</b> Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais.....	34

# 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é o Bioma brasileiro que mais sofreu e vem sofrendo intensos processos de degradação e fragmentação florestal, por isso é considerada mundialmente como *hotspot*, ou seja, é constituída de áreas com alto índice de diversidade, taxas de endemismo e ao mesmo tempo padece de grande pressão antrópica (MITTERMEIER *et al.* 1998; SILVA, 2002).

Mesmo degradados, os fragmentos florestais remanescentes, exercem um importante papel na conservação da biodiversidade e no desenvolvimento sustentável, porém, exigem medidas consistentes visando à sua proteção, a fim de permitir o processo de regeneração natural, revertendo o avançado nível de degradação já existente (ALBANEZ, 2000).

Para preservar estes remanescentes e estabelecer planos de gestão ambiental visando à conservação e melhoria de sua biodiversidade, tornam-se necessário realizar pesquisas que visem obter informações a respeito da estrutura e dinâmica de suas comunidades, mecanismos de regeneração e reprodução, interações entre os organismos e deste com o meio (GARCIA, 2009). Nesse contexto, estudos da ecologia da paisagem permitem o conhecimento da estrutura das comunidades dos fragmentos florestais e sua relação com fatores ambientais como os microclimas formados em diferentes condições de relevo, relacionados a variações na radiação em função da exposição do terreno.

O conhecimento da resistência e resiliência do ambiente são essenciais para a definição de qualquer estratégia de gestão e, portanto, o planejamento ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente. Conhecendo a influência que determinados fatores ambientais exercem sobre a regeneração natural da vegetação, é possível diminuir os custos totais em projetos como os de restauração florestal, priorizando áreas com maior sucesso de estabelecimento de povoamentos florestais de espécies nativas.

Neste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornam-se instrumentos fundamentais para análise ambiental, gerando dados que possibilitam a compreensão dos processos que interferem na capacidade de regeneração e mesmo de preservação dos fragmentos florestais remanescentes.

A correta avaliação do meio é extremamente importante para a gestão da ocupação dos espaços territoriais, principalmente daqueles especialmente sensíveis (PIRES *et al.*; 2002; LORANDI & CANÇADO, 2002).

Dessa maneira, o presente trabalho teve por objetivo geral verificar a influência de aspectos da paisagem no processo de regeneração natural em fragmentos florestais da Mata Atlântica, localizados nos municípios de Itaperuna, Valença e Vassouras.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Mata Atlântica e o Processo de Fragmentação

Antes da colonização brasileira a Mata Atlântica ocupava uma área de aproximadamente 1 milhão de quilômetros quadrados, que se estendia numa grande faixa desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, cobrindo tanto as planícies costeiras como as encostas e planaltos. A forte influência oceânica associada às condições climáticas, ecológicas e principalmente a riqueza geomorfológica, proporcionaram a mesma, uma grande diversidade de espécies e um alto nível de

endemismo. Embora seja um dos biomas de maior diversidade do planeta, é também um dos mais ameaçadas (PEIXOTO, 2002).

Pouco mais de 500 anos de ocupação reduziram a floresta a pequenos fragmentos. O Extrativismo teve início com a exploração do pau-brasil e outras madeiras diversas, além de palmito e xaxim. A expansão de culturas como: cana-de-açúcar, café, cacau e bananas, assim como a agricultura de subsistência e a especulação imobiliária, contribuíram com sua drástica redução (VIANA *et al.*, 1997). Atualmente restam somente 11% (95.000 km<sup>2</sup>) da cobertura original (Fundação SOS Mata Atlântica, 2009).

A contínua devastação e fragmentação dos remanescentes florestais ainda existentes coloca a Floresta Atlântica como um dos conjuntos de ecossistemas mais ameaçados de extinção do mundo (Fundação SOS Mata Atlântica, 2009), sendo considerado um hotspot da biodiversidade mundial e uma das áreas prioritárias do planeta para a conservação (MITTERMEIER *et al.*, 1998; MYERS *et al.*, 2000; SILVA, 2002).

Portanto, para que o atual quadro de degradação seja minimizado é importante conhecer as funcionalidades da floresta e buscar alternativas que promovam a sustentabilidade de uso dos seus recursos naturais. Estudos a respeito dos fatores que controlam a regeneração natural e a restauração de seus remanescentes são de grande importância para a conservação e manutenção dos ecossistemas (SOUZA *et al.*, 2002).

## **2.2 Regeneração Natural**

A regeneração natural refere-se ao processo de evolução da vegetação até a formação de uma floresta semelhante à primitiva, após o desmatamento parcial ou total de uma área (POGGIANI, 1989).

Quando uma área florestal sofre um distúrbio como a abertura de uma clareira, um desmatamento ou um incêndio, a sucessão secundária se encarrega de promover a colonização da área aberta e conduzir a vegetação através de uma série de estádios sucessionais, caracterizados por grupos de plantas que vão se substituindo ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais até chegar a uma comunidade estruturada e estável (MARTINS, 2001).

Entretanto, no processo de regeneração natural existem fatores que podem interferir e dificultar seu desenvolvimento. O estabelecimento das espécies depende da resiliência, da capacidade de regeneração, da frequência e nível de perturbação que o ambiente sofre (KAGEYAMA *et al.*, 1989). Portanto, quanto maior a intensidade com que uma área foi utilizada, menor a possibilidade de que uma floresta secundária se regenere a partir de processos naturais (GUARIGUATA & OSTERTAG, 2002).

A regeneração de um ecossistema varia de acordo com as condições ambientais e genéticas. Fatores como a intensidade e qualidade da luz, os níveis de competição radicular, a umidade, a estrutura do solo e a existência de predadores ou patógenos, somados a diferentes padrões de dispersão de sementes, dos sistemas reprodutivos, produzem condições de crescimento dinâmico. Tais variações desempenham um papel definitivo na manutenção da estrutura da comunidade, favorecendo diferentes espécies em diferentes épocas (FELFILI, 1996).

Além disso, a presença e resiliência das manchas florestais também são influenciadas por fatores ecológicos, tais como: direção dos ventos, orientação das vertentes, declividade e altitude, já que estes são determinantes na oferta de atributos ambientais em diferentes áreas (MARQUES *et al.*, 2005).

O conhecimento de fatores que tem influência direta ou indireta no processo de regeneração e na capacidade de resiliência dos ecossistemas é de suma importância, pois podem servir como ferramentas para estabelecer estratégias para a conservação e restauração.

### 2.3 Influência das Variáveis ambientais

As condições fisiográficas de uma área podem imprimir um gradiente de microcondições, incluindo variações na drenagem, carreamento dos nutrientes e partículas do solo, arquitetura do dossel, temperatura do solo, intensidade da radiação fotossinteticamente ativa, assim como o tempo de exposição e ângulo de interceptação (GANDOLFI, 2000; PEZZOPANE *et al.*, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2007). Estes fatores são determinantes para o estabelecimento das espécies, podendo afetar a composição florística e estrutura da comunidade florestal. (CARVALHO *et al.*, 2005).

A radiação solar influencia as condições de temperatura, movimentação do ar e disponibilidade hídrica para as plantas. Além disso, a luz do sol é utilizada diretamente pelas plantas verdes na síntese de compostos orgânicos, sendo praticamente a única fonte de toda a energia que circula através dos organismos o que estimula o processo de diferenciação de tecidos e órgãos (PILLAR, 1995).

A taxa de crescimento das plantas está relacionada à sua capacidade de interceptar e utilizar a radiação em seus processos fotossintéticos, no qual o dióxido de carbono, capturado da atmosfera, é transformado em carboidrato (COSTA & SEDIYAMA, 1999). Quanto maior a insolação em uma área, maior será sua temperatura, implicando em maior evapotranspiração e, conseqüentemente, redução no conteúdo de umidade do solo e do ar, o que também influencia no crescimento das plantas (REZENDE, 1971).

Devido à importância da radiação, diversos estudos têm sido realizados a fim de determinar o balanço de radiação solar. FEITOSA (1996), analisando o comportamento da radiação solar global e o saldo de radiação em áreas de pastagem e floresta na Amazônia, observou que na área de floresta o saldo de radiação foi maior quando comparado ao percentual da área de pastagem, ou seja, nas estações seca e chuvosa o saldo de radiação na floresta foi maior 8% e 11%, respectivamente, do que na área de pastagem.

Segundo Machado *et al.* (2009), dependendo da orientação das vertentes, estas ficam expostas a uma menor ou maior radiação ao longo do ano e conseqüentemente acabam influenciando o regime hídrico das encostas e o desenvolvimento da vegetação.

Variações na estrutura da vegetação têm sido relatadas para diferentes faces de exposição, principalmente em se tratando do contraste entre exposição norte e sul (PILLAR, 2003). Abaixo do Trópico de Capricórnio a radiação solar nunca incide perpendicularmente ao solo e o sol descreve durante todo o ano um arco no céu voltado para o norte. Conforme o movimento aparente anual do Sol (sentido N/S), componentes vegetais localizados nas vertentes com face de exposição norte, sofrem maior influência da incidência de luz solar, juntamente com a baixa incidência de ventos úmidos, vindo do oceano, uma vez que esses ventos vão de encontro para as vertentes voltadas para o sul. No quadrante sul, as vertentes são menos privilegiadas quanto à insolação, e recebem maiores precipitações devido aos ventos carregados de umidade vindos do mar (SW, S e SE) (HENZ *et al.*, 2003; HUGGET, 1995; NASCIMENTO, 2010).

De acordo com Coutinho *et al.* (2005), as diferenças de orientação das encostas refletem na vegetação e uso do solo. As vertentes voltadas para o sul apresentam uma

maior área coberta por florestas, enquanto que nas vertentes voltadas para o norte o predomínio por gramíneas é mais evidente.

Diversos autores já descreveram o efeito da orientação das encostas, sob aspectos distintos. Figueiredo (1950) e Oliveira (1995) já citavam espécies de distribuição restritas aos dois tipos de encosta no município de Maricá (RJ). Miranda e Oliveira (1983) encontraram onze espécies de orquídeas ao Sul do Pão de Açúcar (RJ), e apenas duas ao lado norte.

Oliveira *et al.*, (1995) em trabalho realizado no Maciço da Tijuca (RJ), lista fatos relacionados a importância do fator orientação de encostas na dinâmica da regeneração natural na área. Os incêndios ocorrem quase que exclusivamente na vertente norte do maciço, além disso, esta vertente apresenta encostas mais instáveis e matas menos vigorosas, além de que as formações florestais vêm progressivamente dando lugar a formações de capim colônia.

Para Silva (2006), declividade, orientação das vertentes, formação superficial e precipitação, influenciam na dinâmica das transformações da vegetação arbórea, evidenciando o ajustamento da paisagem frente à integração geocológica.

A declividade tem influência sobre o equilíbrio entre a infiltração de água no solo e escoamento superficial, influi também no tempo de permanência e disponibilidade da água para aproveitamento pelas plantas. Soma-se a isso a orientação das vertentes, que associadas à latitude local proporcionam maior ou menor exposição das mesmas à luz do sol no decorrer do ano (MACHADO *et al.*, 2009).

A feição do relevo que corresponde ao caráter côncavo/convexo do terreno está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e materiais orgânicos no solo (SCHMIDT *et al.*, 2003). Pode influenciar na radiação que incide no dossel e naquela que o ultrapassa, à medida que há alterações no seu ângulo de incidência, projetando sombra das feições vizinhas ao terreno. É determinada em função da capacidade de acúmulo ou dispersão de umidade dessas áreas. Este acúmulo de umidade pode favorecer a formação de fragmentos florestais, aumentando a resiliência em determinados pontos da paisagem (BARBOZA, 2007).

O índice topográfico de umidade (TWI) é usado para caracterizar a distribuição espacial de zonas de saturação superficial e conteúdo de água nas paisagens. Aplicado para os casos em que é importante considerar o controle da topografia sobre a variação espacial de condições hidrológicas no terreno.

Chagas (2006) e Sirtoli *et al.* (2008) apresentaram resultados satisfatórios ao identificar áreas úmidas em relevos planos, onde foram encontrados respectivamente Organossolos e Gleissolos. Identificaram áreas com declividade superiores a 8% e com valores de umidade topográfica variando entre 5 a 10, enquanto que nos topos de morros os valores são inferiores a 5. Verificaram que o TWI e a declividade foram os atributos do relevo que mais se correlacionaram com os atributos medidos no solo. Buscando estabelecer uma correlação entre a umidade real dos solos e o índice topográfico de umidade identificaram que para solos bem drenados o índice varia entre 4 e 5, solos moderadamente drenados o índice varia entre 5 e 7 e solos mal drenados com índices variando entre 7 e 12. Estas condições de umidade também estão associadas à espessura dos solos, grau estrutural e permeabilidade (LIN *et al.*, 2006).

As informações geradas por estudos que relacionam variáveis ambientais e processos de regeneração são de grande importância, principalmente, para subsidiar projetos de restauração e de recuperação de áreas degradadas, enriquecimento de áreas com diferentes níveis de interferência antrópica, sistemas agroflorestais e manejo sustentável. O conhecimento das exigências ecofisiológicas das espécies permite a sua

recomendação para diferentes finalidades e áreas específicas, aumentando a probabilidade de sucesso destes projetos (GARCIA, 2009).

Uma das técnicas mais utilizadas para explicar a distribuição das espécies em função de variáveis ambientais é a análise de componentes principais (TER BRAAK, 1987). Variáveis ambientais, tais como topografia (PEZZOPANE, 2001; SOUZA *et al.*, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2007), tem sido desta forma testadas, visando verificar suas influências sobre a vegetação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da Área de Estudo

Os municípios em estudo foram escolhidos em função da distância do litoral, para que as áreas estivessem livres da influência das massas oceânicas, que aumentam a precipitação e diminuem a temperatura. Outro fator foi à disponibilidade de dados cartográficos das regiões (gratuitos) e suas semelhanças físicas.

##### 3.1.1 Itaperuna

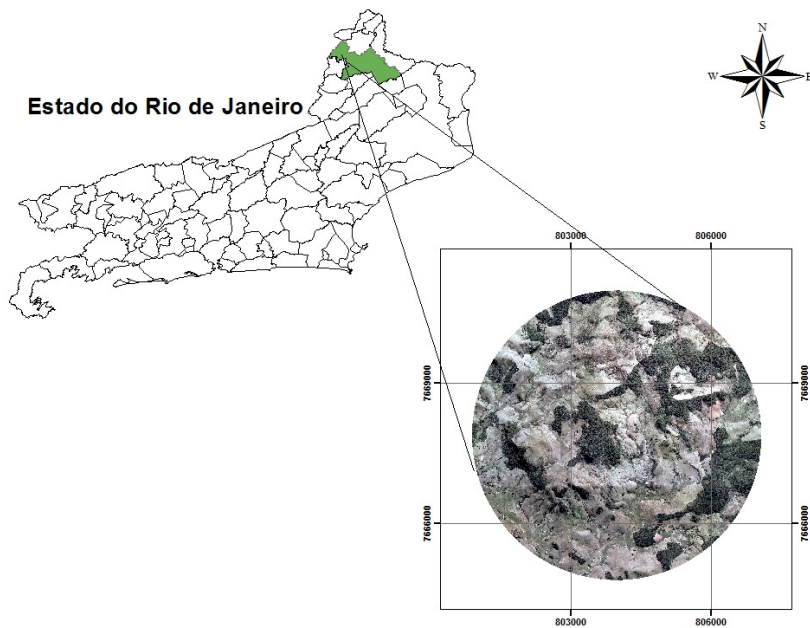
O Município de Itaperuna (21°12'23"S - 41°53'25"W) está situado na região Noroeste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), apresenta um extenso relevo colinoso, seccionado por frequentes alinhamentos serranos de direção estrutural WSW-ENE e maciços montanhosos, cujo cenário é também marcado por pastagens subaproveitadas (CALDAS *et al.*, 2006). Está a cerca de 313 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro. Ocupa uma área de 1.105,566 quilômetros quadrados. Sua população em 2010 foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 95.876 habitantes.

O clima da região é classificado como Aw, segundo Köppen, com temperatura média anual de 23°C e pluviosidade entre 1.000 e 1.200mm anuais, ocorrendo um período de seca bem pronunciado, que vai de fevereiro à outubro, e um período chuvoso, que vai de novembro até o final de janeiro.

A Floresta Atlântica foi devastada para implantação da monocultura cafeeira já no início do século XX. O desenvolvimento da economia na área foi responsável pela concentração de atividades comerciais e de serviços na cidade de Itaperuna, que passou a desempenhar funções de centro sub-regional do nordeste fluminense. A cultura cafeeira foi um grande destaque na economia da cidade por mais de quatro décadas, tornando-a, em 1927, a maior produtora nacional. O declínio da atividade cafeeira fez com que a região passasse a sofrer fortes efeitos regressivos. A pecuária de corte desenvolveu-se, então, voltada para o abastecimento dos grandes matadouros e frigoríficos, desenvolvendo-se, posteriormente, a produção leiteira, estimulada pela presença de indústria de laticínio na sede municipal. A atividade econômica predominante, a partir de então, foi a criação de gado leiteiro, que se desenvolveu em fazendas de grandes extensões.

Os processos erosivos comandados pela rede de drenagem local desgastaram gradativamente o terreno, originando vales encaixados nas linhas de falhas, morros rebaixados e arredondados e baixadas, ora largas, ora estreitas. Nesse sistema morfogenético, o município de Itaperuna caracteriza-se por um relevo ondulado, com ausência de escarpas íngremes e vales em constante aprofundamento e alargamento, embora em áreas de pequeno declive.

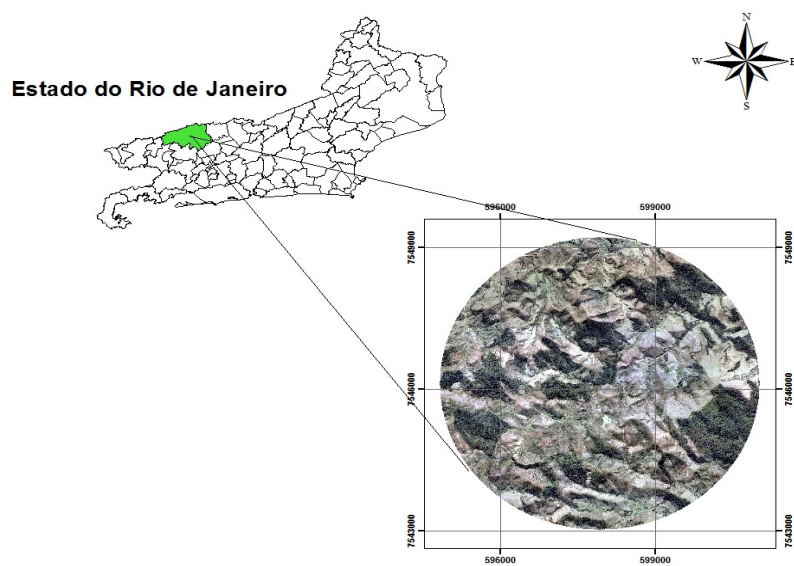




**Figura 1.** Localização da área de estudo em Itaperuna - RJ.

### 3.1.2 Valença

O município de Valença ( $22^{\circ}14'46''S$  -  $43^{\circ}42'11''W$ ) localiza-se na região sul fluminense (Figura 2). Possui uma População de acerca de 71.894 habitantes, em uma área territorial de.  $1.305 \text{ km}^2$  (IBGE, 2010).



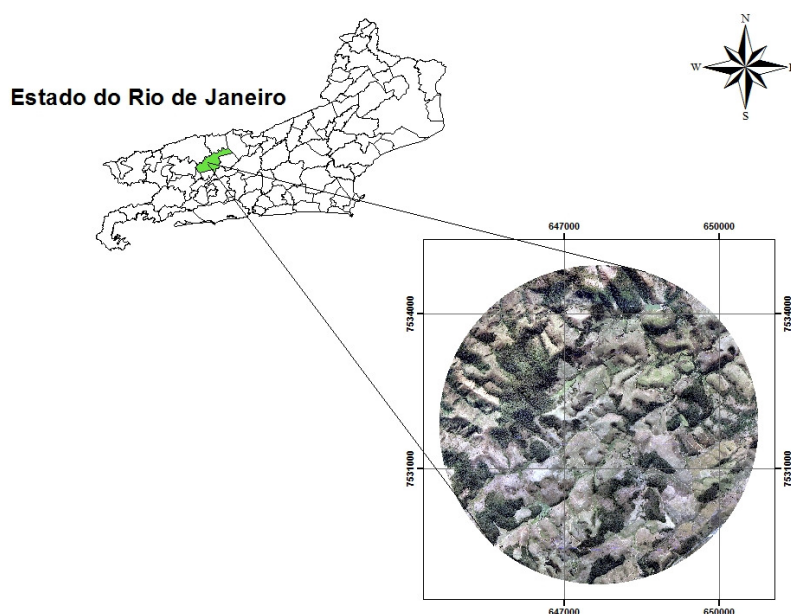
**Figura 2.** Localização da área de estudo em Valença - RJ.

O clima, segundo Köppen, é do tipo Cwa mesotérmico úmido, com média do mês mais frio inferior a 18°C e no mês mais quente com temperatura superior a 22°C, com estação seca no inverno. A precipitação média anual varia de 895,3mm a 1964,4mm, com temperatura máxima de 23,7°C, mínima de 17,4°C, estando a temperatura média em torno de 20,7°C (INEA, 2010).

O município de Valença está inserido no Bioma Mata Atlântica, como todo o Vale do Paraíba do Sul, era coberto por formações florestais que perduraram sem significativas alterações até o início do século XIX, tendo sido progressivamente substituídas por plantações de café e posteriormente por pastagens. As áreas abandonadas foram sendo ocupadas por florestas secundárias que atualmente se encontram em diferentes estágios sucessionais (CALDAS *et al.*, 2006).

### 3.1.3 Vassouras

O município de Vassouras está localizado na região sul fluminense (Figura 3), possui uma população de aproximadamente 33.000 habitantes, em uma área territorial de aproximadamente 550 km<sup>2</sup> (IBGE, 2007), encontra-se entre a latitude 22° 24' 16'' S e a longitude 43° 39' 47'' W.



**Figura 3.** Localização da área de estudo em Vassouras - RJ.

O município de Vassouras também está inserido no domínio da Floresta Atlântica (IBGE, 1988) e, como todo o Vale do Paraíba do Sul, era coberto por formações florestais que perduraram sem significativas alterações até o início do século XIX, tendo sido progressivamente substituídas por plantações de café e posteriormente por pastagens. As áreas abandonadas foram sendo ocupadas por florestas secundárias que atualmente se encontram em diferentes estágios sucessionais.

O clima da região foi classificado como Cwa, ou seja, mesotérmico úmido com média do mês mais frio inferior a 18°C e mês mais quente com temperatura superior a 22°C, com estação seca no inverno (INEA, 2010).

A orientação das encostas também é fator que influencia a precipitação, uma vez que as chuvas são influenciadas por correntes de ventos e o fato de uma encosta estar mais ou menos exposta aos ventos tem reflexos na quantidade de chuva (CALASANS, 1998). As temperaturas médias mensais obtidas das seis estações meteorológicas de Vassouras, durante o período de 1931-1975, variam de um mínimo de 17,4°C em Julho a um máximo de 23,7°C em Fevereiro, com média anual de 20,7°C (FIDERJ, 1978).

## **3.2 Mapeamento**

### **3.2.1 Regeneração Natural**

Para mapeamento das áreas de regeneração natural foram utilizadas ortofotos do ano de 2007 na escala 1:25.000 (Figuras 1, 2 e 3), obtidas gratuitamente no site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). As ortofotos equivalem geometricamente ao mapa de traço, onde todos os pontos se apresentam na mesma escala, permitindo que seus elementos sejam medidos e vetorizados com precisão.

Todos os dados vetoriais foram gerados no formato shapefile, com projeção UTM (Universal Transverse Mercator) e datum (Sirgas 2000). As imagens dos municípios foram cortadas em áreas de 3000 ha cada, em forma circular, considerando as áreas que possuíam maior quantidade de fragmentos florestais. A vetorização foi realizada utilizando o software *ArcGIS 10*.

No mapeamento, as áreas em regeneração natural foram classificadas em três classes de estágio de sucessão, de acordo com a Resolução CONAMA nº 10/1993:

- 1) Avançado: correspondendo às florestas primárias ou secundárias em estágio mais avançado de sucessão;
- 2) Médio: caracterizado por áreas cobertas de vegetação em estágio médio de regeneração;
- 3) Inicial: caracterizado por vegetação em estádios iniciais de regeneração.

Muitos trabalhos utilizam a interpretação visual como método de classificação (FOODY & CURRAN, 1994; THENKABAIL *et al.*, 2003; ARAÚJO, 2007; CRUZ *et al.*, 2007). Nesse método são identificados na imagem, padrões de cor, textura, estrutura, forma, além de informações auxiliares de cunho espacial. Esses padrões definem as características das classes de cobertura que, então, são digitalizadas diretamente sobre a imagem em meio digital. Este tipo de classificação é geralmente utilizado quando o objetivo é classificar uma área menor com maior precisão (CINTRA, 2010).

A resolução espacial das ortofotos possibilitou a classificação dos fragmentos florestais de acordo com parâmetros como cor, textura e tonalidade, que aparecem como prioritários para separação das classes. Os fragmentos florestais de textura mais uniforme e compacta foram classificados como em estágio avançado. Para a região de estudo, esses fragmentos são constituídos basicamente de mata secundária. Os fragmentos de textura intermediária foram classificados como Médio. Neste caso, algumas árvores sobressaíam-se no estrato superior, e as demais formavam um estrato inferior denso. A vegetação classificada como Inicial era constituída de uma textura mais rala, com vegetação apresentando porte relativamente reduzido.

## **3.3 Mapas Temáticos**

A análise do processo de regeneração natural foi realizada com a elaboração de mapas temáticos, de cinco variáveis ambientais: declividade, curvatura, face de

exposição das vertentes, radiação solar e índice de umidade topográfica. Os dados para cada variável foram obtidos para os fragmentos mapeados das áreas em estudo, por geoprocessamento no software *Arcgis 10*, com exceção do índice de umidade topográfico que foi desenvolvido no *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA Gis).

### 3.3.1 Modelo Digital de Elevação

Os modelos digitais de elevação (MDE) das áreas em estudo, foram obtidos gratuitamente no site do IBGE, na escala 1:25.000 e datum (WGS). Inicialmente, o datum foi alterado para Sirgas 2000.

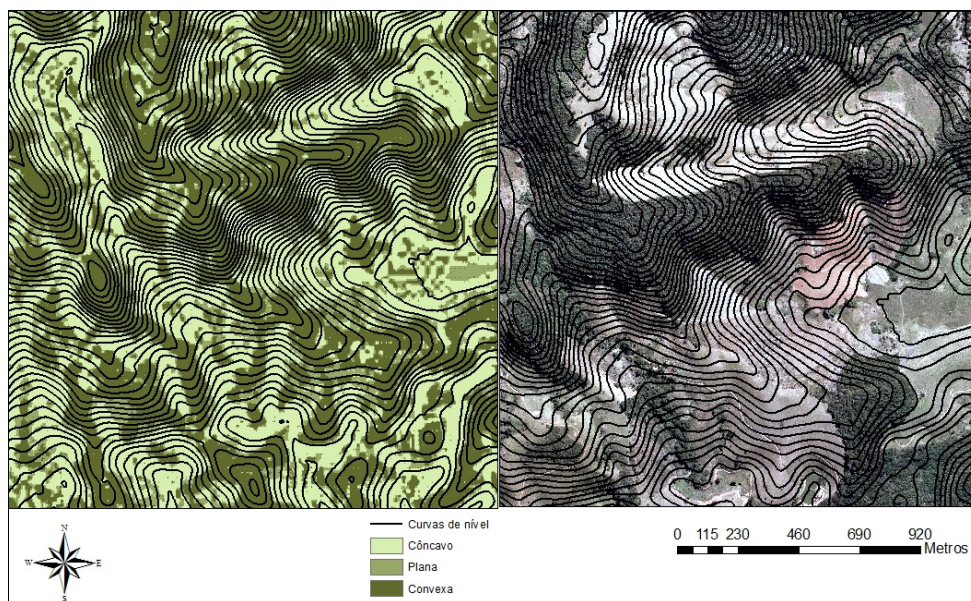
Esses dados, que originalmente apresentam 25 metros de resolução espacial, foram reamostrados para uma resolução de 5 metros. Os dados matriciais foram convertidos para arquivo vetorial do tipo pontos, onde esse armazenou a altitude média de cada célula. Posteriormente, os pontos foram interpolados, utilizando-se o algoritmo *Topogrid*, no programa *Arcgis 10*.

Com o modelo digital de elevação (MDE), foram extraídas variáveis topográficas de primeira ordem como declividade, curvatura, face de exposição das vertentes e radiação solar incidente, e de segunda ordem como o índice de umidade topográfico. Variáveis de primeira ordem são as obtidas diretamente do MDE, já as de segunda ordem são obtidas através de combinações de variáveis derivadas do relevo (GALLANTE & WILSON, 2000).

### 3.3.2 Curvatura

As curvaturas são atributos topográficos baseados em segundas derivadas, correspondem à taxa de variação da primeira derivada, usualmente numa direção particular (GALLANT & WILSON, 2000). A curvatura vertical ( $z''_v$ ) é a derivada de segunda ordem em relação à altitude ou de primeira ordem em relação à declividade; expressa o formato da vertente quando observado em perfil e pode ser medida em graus por metro ( $^\circ/m$ ). Teoricamente, valores positivos devem corresponder a terrenos convexos, negativos a terrenos côncavos (ou vice-versa) enquanto valores nulos indicam vertentes retilíneas. Na prática, a ocorrência de valores nulos fica sendo uma coincidência raríssima, portanto, há a necessidade de se admitir uma margem de valores em torno do zero para que as vertentes retilíneas possam ser evidenciadas (VALERIANO, 2008).

O Mapa de Curvatura vertical foi elaborado, utilizando à ferramenta *curvature* em (*Spatial Analyst Tools >> surface*). Para análise, utilizou-se inicialmente a classificação vertical descrita em Valeriano (2008), porém, para as áreas em estudo, o modelo não representou a realidade do relevo local, tornando-se necessário criar um modelo específico para cada área, baseado na análise das imagens, curvas de nível e simulações de valores de curvatura (Figura 4). Obteve-se então uma classificação específica para cada município (Tabela 1).



**Figura 4.** Comparação do modelo de curvatura gerado com base nas imagens e curvas de nível- Itaperuna - RJ.

**Tabela 1.** Classificação da Curvatura vertical

Classes	Curvatura Vertical (%/m)		
	Itaperuna	Valença	Vassouras
Côncava	$x < -0,15$	$x < -0,15$	$x < -0,2$
Plana	$(-0,15) < x \leq (0,15)$	$(-0,15) < x \leq (0,15)$	$(-0,2) < x \leq (0,2)$
Convexa	$x > 0,15$	$x > 0,15$	$x > 0,2$

### 3.3.3 Declividade

A declividade é definida por BURROUGH (1986) como sendo um plano tangente à superfície, expresso como a mudança de elevação sobre certa distância, representada no formato digital na resolução de uma grade regular, adotada de 5 m para a área de estudo. Corresponde ao ângulo de inclinação da superfície local. Possui ação direta sobre o equilíbrio entre a infiltração de água no solo e escoamento superficial, além de controlar a intensidade dos fluxos de matéria e insolação. Esse conjunto de fatores resulta na formação de ambientes com diferentes características físicas e biológicas, as quais permitem o estabelecimento de diferentes tipos de vegetação (BISPO, 2009).

O Mapa de declividade foi elaborado em porcentagem, utilizando a ferramenta *slope* em (*Spatial Analyst Tools >> surface*). As classes de declividade foram separadas em seis intervalos distintos, de acordo com EMBRAPA (1979) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1979)

Declividade (%)	Classificação
0-3	Relevo plano
3-8	Relevo suavemente ondulado
8-20	Relevo ondulado
20-45	Relevo fortemente ondulado
45-75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso

### 3.3.4 Face de Exposição das vertentes

A orientação das vertentes é a medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, geralmente expressa em azimute, isto é, em relação ao norte geográfico. O valor é de 0° a 360°, crescendo desta direção no sentido horário (SCHMDIT *et al.*, 2003).

O Mapa de Face de Exposição das Vertentes foi gerado utilizando o comando *aspect* (em *Spatial Analyst Tools*>>*surface*). As vertentes foram separadas e reclassificadas em nove classes de acordo com a Tabela 3.

**Tabela 3.** Classes de orientação das vertentes do relevo

Vertente	Orientação
Plano	-1° e 0°
Norte	0° a 22,5° e 337,5° a 360°
Nordeste	22,5° a 67,5°
Leste	67,5° a 112,5°
Sudeste	112,5° a 157,5°
Sul	157,5° a 202,5°
Sudoeste	202,5° a 247,5°
Oeste	247,5° a 292,5°
Noroeste	292,5° a 337,5°

### 3.3.5 Radiação solar

Para elaboração do mapa de radiação executou-se a ferramenta *Area Solar Radiation*. Geralmente, a maior componente da radiação é a direta, seguida pela difusa. A radiação refletida constitui apenas uma pequena porção do total de radiação. Por isso, a ferramenta *Spatial Analyst Tools* não inclui radiação refletida no cálculo do total de radiação, somente a radiação direta e difusa. O cálculo da radiação global foi obtido para as áreas de estudo, para 365 dias do ano de 2012, baseado no algoritmo desenvolvido por RICH *et al.* (1994) e modificado por FU e RICH (2000). Essa simulação envolve uma representação *raster* que exhibe a posição aparente do Sol, calculada com base na latitude da área de estudo e variando de acordo com a hora do dia e os dias do ano.

### 3.3.6 Umidade topográfica

O índice topográfico de umidade (ITW), ou índice de convergência topográfica (TCI) (BEVIN e KIRKBY, 1979), caracteriza as zonas de saturação de água superficial e o conteúdo de água nos solos (ALVES, 2008). É definido como uma função da

declividade e da área de contribuição por unidade de largura ortogonal à direção do fluxo.

Tal índice é obtido conforme a equação:

$$TWI = \ln(A_s / \tan\beta)$$

Onde: “As” é a área de contribuição x tamanho da célula do grid em m<sup>2</sup>; β é a declividade da célula.

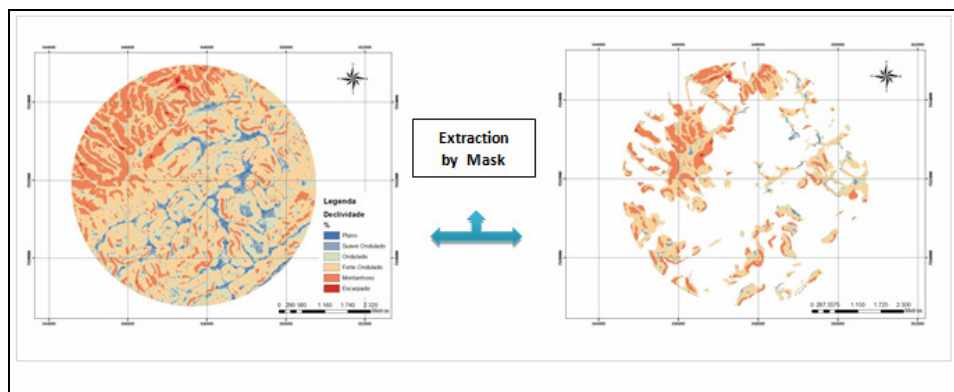
Para classificação da umidade topográfica, os índices foram adaptados às condições locais, já que os intervalos de classes encontrados na literatura não representavam a realidade local. Foram feitas simulações de intervalos de classes de umidade e comparações com as imagens e curvas de nível. O mapa de umidade topográfica foi dividido em três classes de acordo com a drenagem do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classes de umidade topográfica

Umidade Topográfica	
Classes	Índices
<6	Solos bem drenados
6<x<8	Solos moderadamente drenados
>8	Solos mal drenados

### 3.3.7 Extração das Informações dos mapas temáticos.

Com o intuito de focar as análises ao nível de fragmentos em processo de regeneração natural, procedeu-se a ferramenta *Extraction by Mask* do programa *ArcGIS 10*, que permitiu “extrair” os mapas em formato *raster* (grid) em função dos fragmentos mapeados nas áreas analisadas (Figura 5).



**Figura 5.** Representação da ferramenta *Extraction by Mask* na extração da declividade pelos fragmentos florestais.

Utilizou-se a referida ferramenta para todos os mapas de interesse, com exceção dos mapas de radiação solar incidente e face de exposição das encostas, cujos valores foram obtidos através da conversão dos mapas em formato *raster* (grid) para *shape*, e posterior aplicação da ferramenta *Zonal Statistics as Table* do programa *ArcGIS 10*, que permitiu identificar exatamente a evolução da vegetação em função das variáveis analisadas.

### 3.3.8 Sobreposição dos mapas temáticos

Por fim, para proceder com a análise estatística, tornou-se necessário à obtenção da amplitude total dos dados, dos valores médios e do desvio padrão de cada fator ambiental dentro de cada fragmento em processo de regeneração natural, foram considerados apenas os estágios sucessionais avançado e médio, pois o estágio inicial de regeneração poderia ser confundido com campo sujo e/ou pastagem abandonada, o que alteraria os resultados. Para isso, utilizou-se a ferramenta *Zonal Statistics as Table* (em *Spatial Analyst Tools >> Zonal*). Esta ferramenta sumariza os valores do *raster* (mapa) dentro dos limites definidos pelo usuário e exporta os resultados em forma de tabela, possibilitando obter todas as informações de interesse dentro de cada área.

Para a extração dos valores de face de exposição, utilizou-se a ferramenta *intersect* e *union* (em *Analisis Tools*), a fim de obter todas as exposições de relevo presentes dentro de cada fragmento. Posteriormente os dados foram sumarizados utilizando a ferramenta *summary statistics* (em *Analisis Tools*), com objetivo de obter a vertente mais representativa em cada fragmento analisado.

### 3.3.8 Análises de Componentes Principais

Após o cruzamento dos dados, com o intuito de aprimorar e subsidiar as discussões referentes aos fatores que tem maior influência no processo de regeneração natural, procedeu-se uma análise de componentes principais.

As referidas análises permitiram identificar a existência ou não de algum padrão entre os fragmentos e os fatores ambientais analisados (declividade, curvatura, face de exposição, radiação e umidade do solo), de acordo com a abordagem multicriterial empregada, bem como seus fatores físicos determinantes.

As análises de Componentes Principais (*Principal Components Analysis – ACP* ou *PCA*) foram realizadas com auxílio do programa *PAST 2.17b* (HAMMER, HARPER & RYAN 2001), com o intuito de identificar possíveis variáveis ambientais responsáveis pelos agrupamentos identificados na análise de similaridade. Isto porque esta é uma análise tipicamente aplicada a dados ambientais e ordena as unidades amostrais resumindo, nos eixos da análise, suas relações com essas variáveis (GAUCH, 1982; MCCUNE & GRACE, 2002; GOTELLI & ELLISON, 2004).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

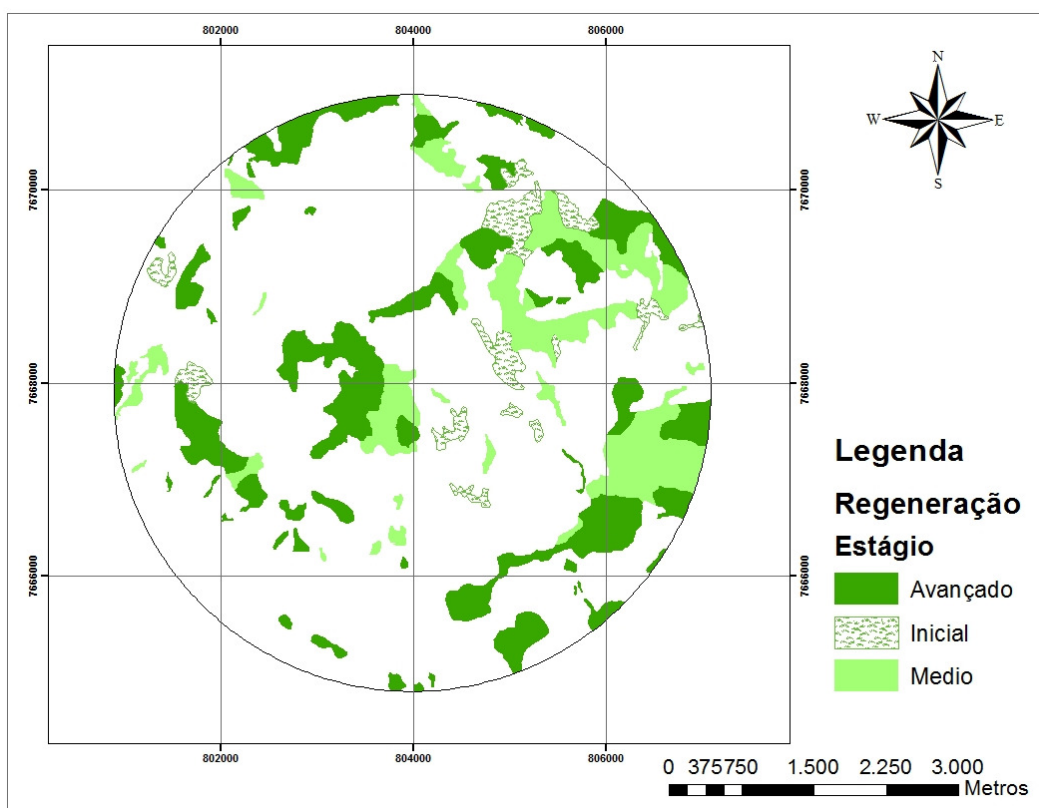
### 4.1 Regeneração Natural

No Município de Itaperuna verificou-se a existência de 83 fragmentos em processo de regeneração natural, somando 789,05 ha, o que representa 26,30% da área total estudada (Figura 6). Desse percentual, 53,12% consistem em fragmentos em estágio avançado de regeneração (Tabela 5).

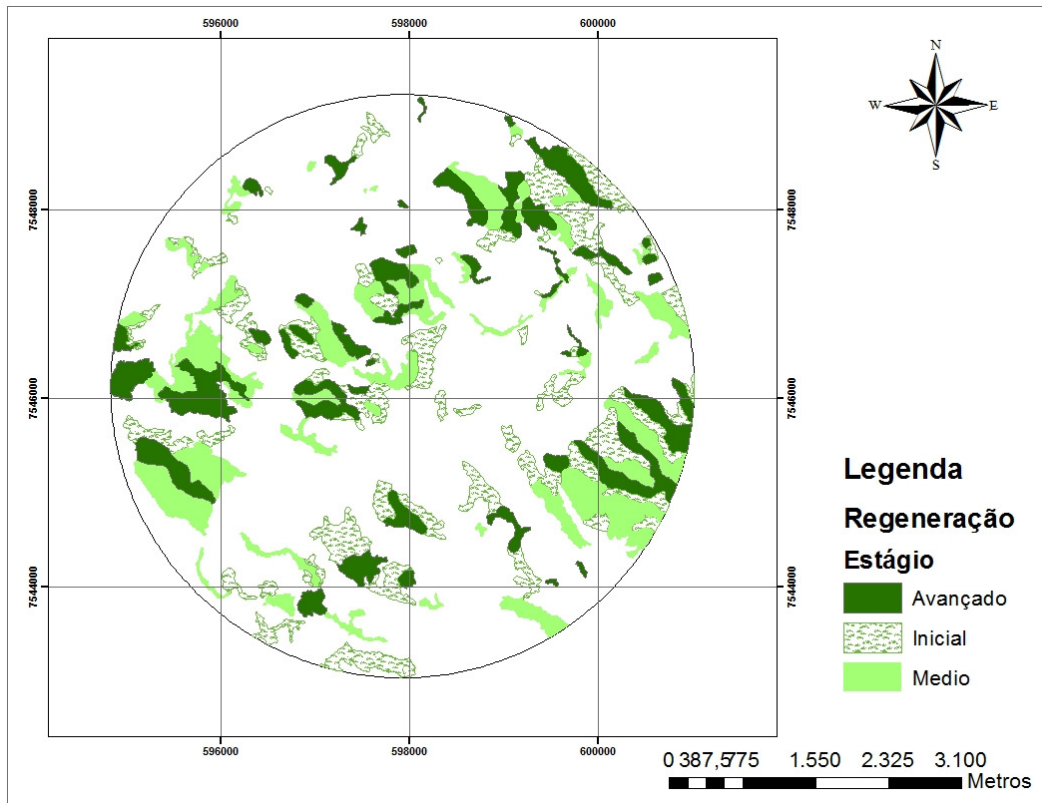


**Tabela 5.** Áreas por estágio de regeneração natural, para os municípios em estudo

Municípios	Estágio Sucessional	Frequência	Área (ha)	Área %
ITAPARUNA	Avançado	47	418,95	53,12
	Médio	23	283,98	35,97
	Inicial	13	86,12	10,91
<b>Total</b>		83	789,05	100
VALENÇA	Avançado	45	278,51	30,12
	Médio	59	305,75	33,07
	Inicial	44	340,46	36,81
<b>Total</b>		148	924,72	100
VASSOURAS	Avançado	43	238,43	26,12
	Médio	44	344,07	37,7
	Inicial	52	330,15	36,18
<b>Total</b>		139	912,65	100



**Figura 6.** Área em regeneração natural em Itaperuna - RJ.

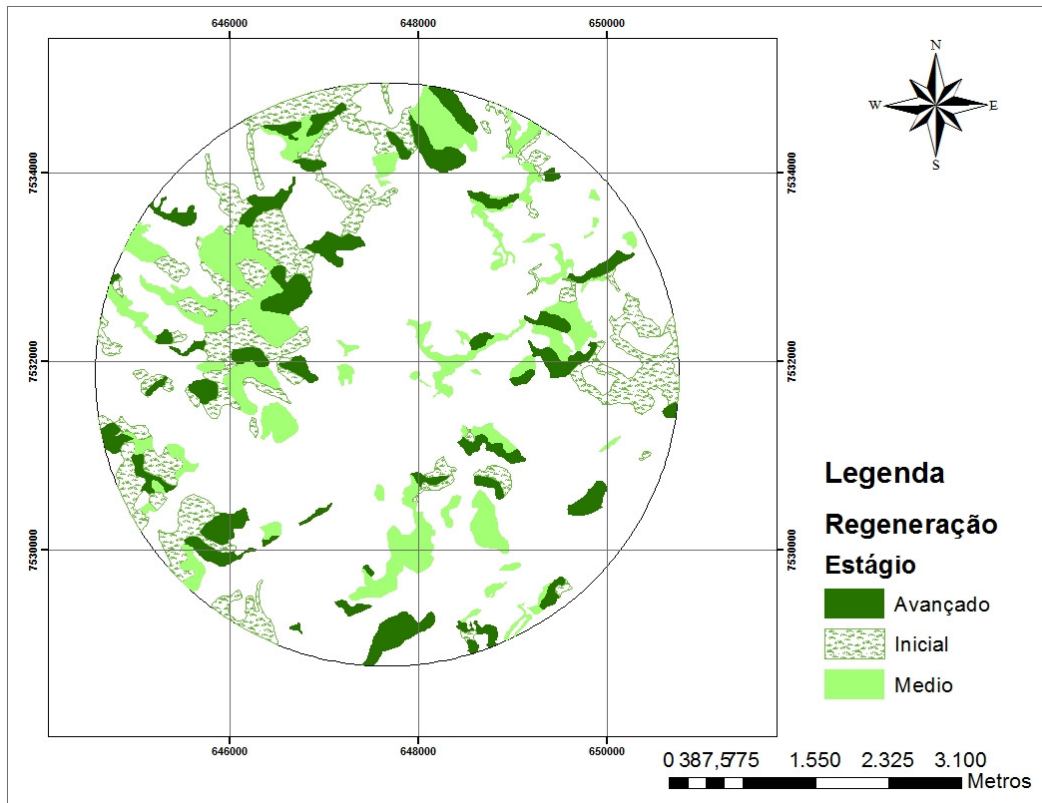


**Figura 7.** Área em regeneração natural em Valença - RJ.

No município de Valença foram encontrados 148 fragmentos em processo de regeneração natural, totalizando uma área de 924,72 ha, correspondendo a 30,82% da área em estudo (Figura 5). Do percentual em regeneração natural, o estágio inicial foi maior, ocupando 36,81% da área total regenerada.

Em Vassouras (Figura 7) foram encontrados 139 fragmentos, totalizando uma área de 912,65 ha o que corresponde a 30,42% da área em estudo. Do percentual em regeneração natural, o estágio médio foi maior, ocupando 37,7% da área regenerada (Tabela 5).

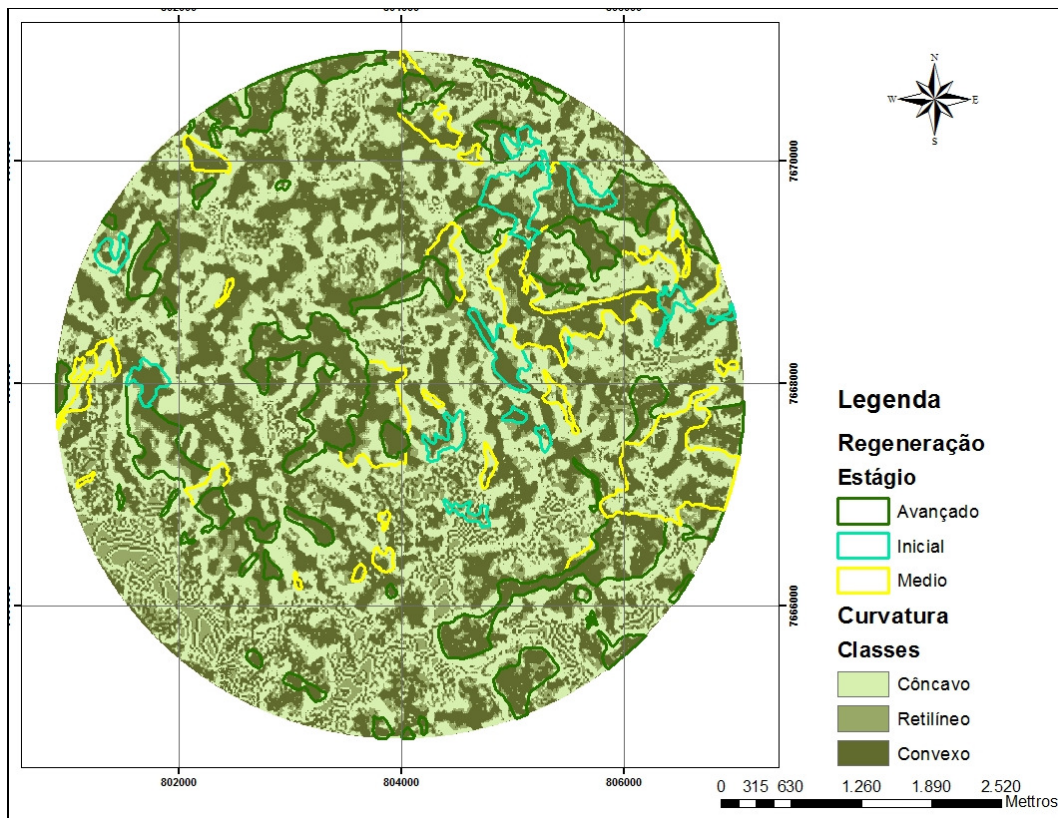
Com o mapeamento dos fragmentos em processo de regeneração natural, pode - se observar que o município de Valença é o que possui maior área em processo de regeneração, seguido pelo município de Vassouras. Quanto aos estágios sucessionais, o município de Itaperuna apresenta predominante porcentual de regeneração natural em estágio avançado, enquanto que para os demais municípios os estágios inicial e médio de regeneração se matem maior.



**Figura 8.** Área em regeneração natural em Vassouras - RJ.

### 4.3 Curvatura

Analisando os mapas de curvatura vertical das áreas em estudo (Figuras 9, 10 e 11), pode-se observar que, para o município de Itaperuna, 55,7% do percentual total da área em regeneração natural, encontram-se entre as classes de curvatura vertical convexa (Tabela 6).

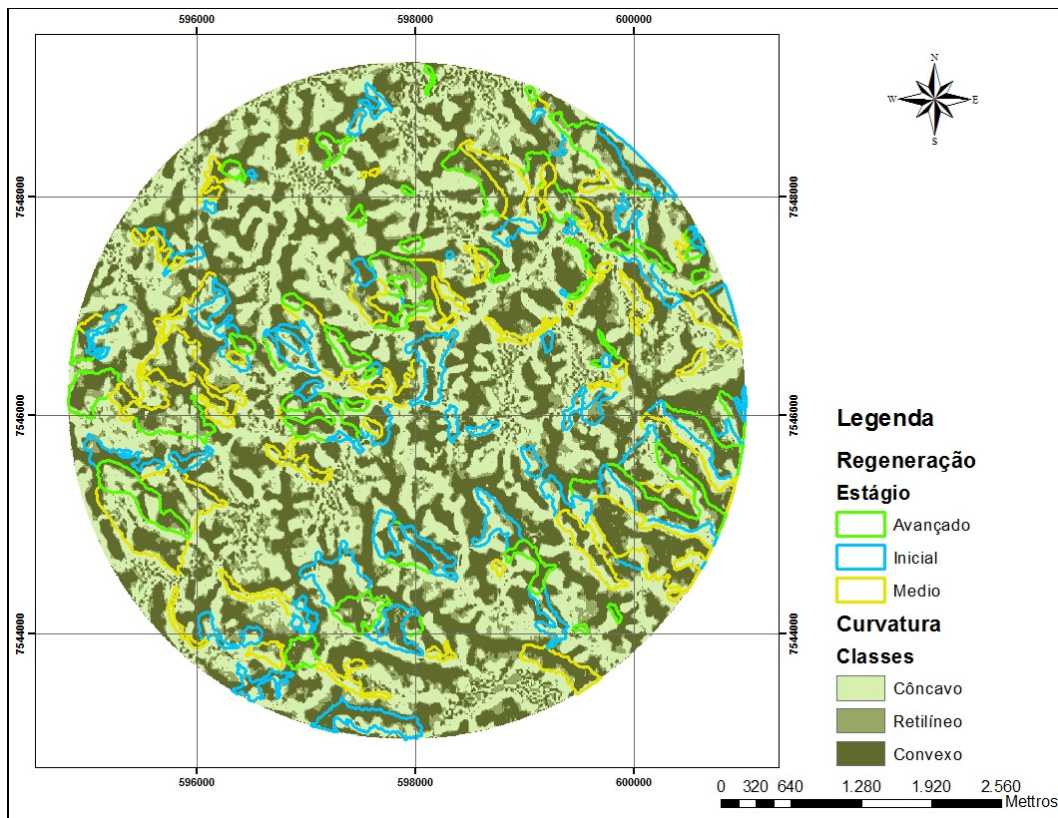


**Figura 9.** Mapa de curvatura da área em estudo, em Itaperuna – RJ.

**Tabela 6.** Área em regeneração natural, segundo as classes de curvatura, para os municípios em estudo

Classes	Curvatura		
	ITAPARUNA	VALENÇA	VASSOURAS
	Área (ha)		
Côncavo	207,0	346,2	316,4
Retilíneo	142,5	162,4	235,3
Convexo	439,6	416,1	361,2
TOTAL	789,1	924,7	912,9

Assim como o município de Itaperuna, os municípios de Valença e Vassouras apresentaram a maior porcentagem de área em processo de regeneração natural nas classes de curvatura vertical convexa, representando 45% e 39,5% respectivamente (Tabela 6).

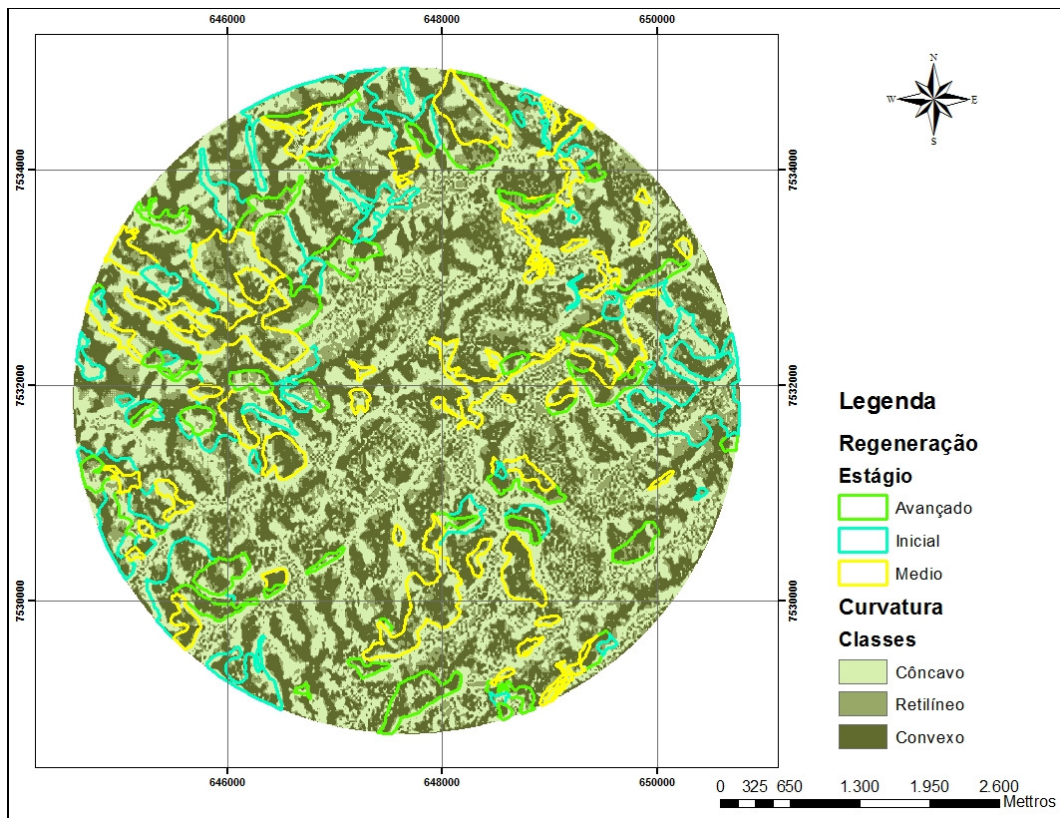


**Figura 10.** Mapa de curvatura da área em estudo, em Valença – RJ.

Para o município de Itaperuna a curvatura vertical convexa demonstrou-se predominante, apresentando maior influência no processo de regeneração natural devido a maior variação entre os valores das classes de curvatura côncavo e convexo. Para os demais municípios essa variação foi menor, e no caso de Vassouras, a porcentagem de áreas localizadas em classes de curvatura convexas foi apenas 5% maior que para as áreas localizadas em classes de curvaturas côncavas.

Neste estudo, as áreas em processo de regeneração natural localizam-se preferencialmente na forma de curvatura convexa, o que pode estar relacionado com o fato de que as áreas mapeadas se encontram na sua maioria nos topos de morro, que possuem forma de relevo convexa.

Peloso *et al.* (2010), classificando a vegetação do parque da Serra do Cipó, MG, percebeu-se que a formação Savânica não apresentou preferências por curvaturas verticais, já as formações Florestais ocorrem preferencialmente em curvaturas verticais côncavas.



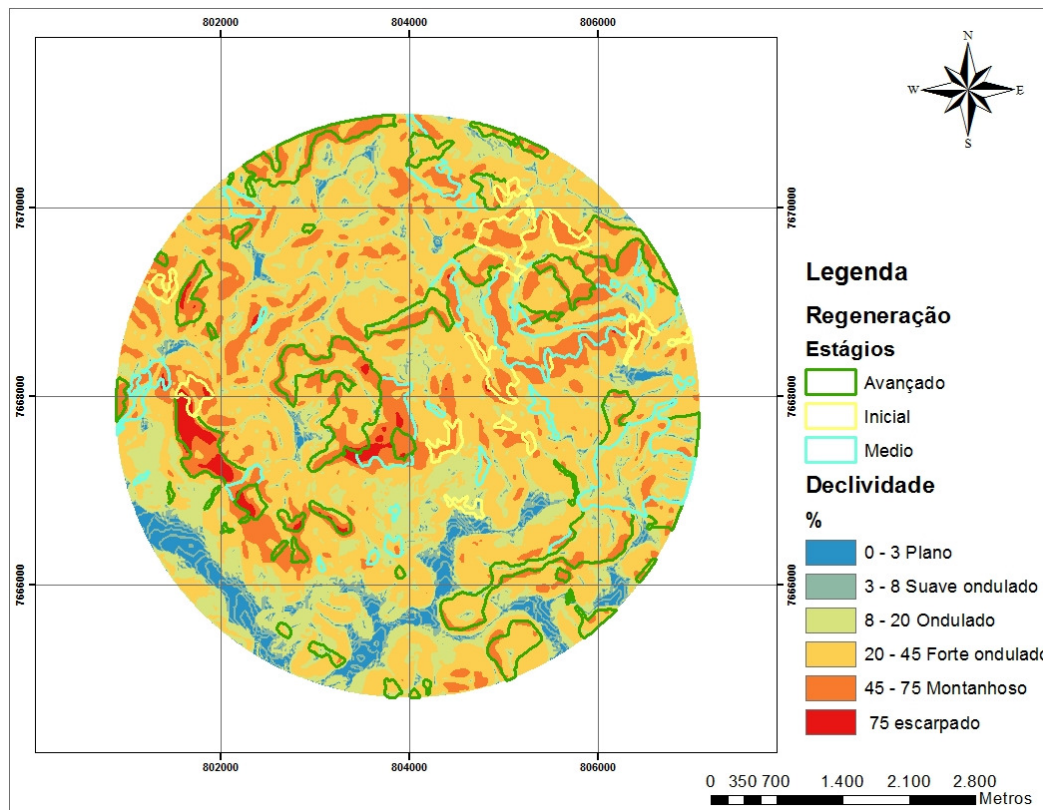
**Figura 11.** Mapa de curvatura da área em estudo, em Vassouras – RJ.

Segundo Barboza (2007), a forma do relevo é determinada em função da capacidade de acúmulo ou dispersão de umidade dessas áreas. Este acúmulo de umidade pode favorecer a formação de fragmentos florestais, aumentando a resiliência em determinados pontos da paisagem.

A feição do relevo que corresponde ao caráter côncavo/convexo do terreno está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e materiais orgânicos no solo (SCHMIDT *et al.*, 2003). As regiões com acúmulo desses componentes têm condições mais adequadas à incidência de remanescentes florestais, favorecendo a formação de fragmentos florestais, aumentando a resiliência em determinados pontos da paisagem, em função da capacidade de acúmulo ou dispersão de umidade dessas áreas (BARBOZA, 2007).

#### 4.4 Declividade

No mapa de declividade do município de Itaperuna (Figura 12), pode-se observar que do percentual total da área em regeneração, 92% encontra-se entre as classes de relevo ondulado e montanhoso (Tabela 7), sendo que a classe forte ondulado representa mais de 50%, desse percentual. Já a classe de declividade com menor cobertura florestal foi a plana, justamente por ser a mais intensivamente utilizada para atividades produtivas.

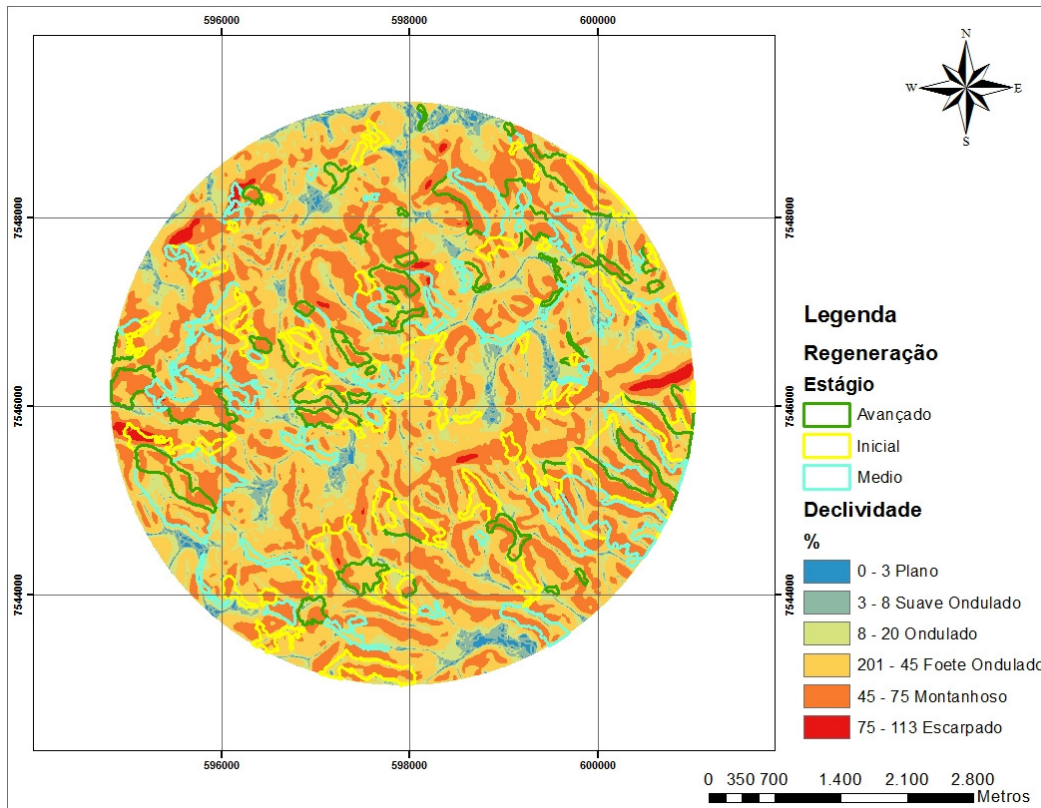


**Figura 12.** Mapa de declividade da área em estudo, em Itaperuna – RJ.

**Tabela 7.** Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Itaperuna – RJ

<b>Declividade</b>		
<b>Classes</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Plano	2,0	0,0
Suave Ondulado	13,7	1,8
Ondulado	88,0	11,3
Forte Ondulado	394,4	49,9
Montanhoso	259,9	32,9
Escarpado	31,5	4,1
<b>Total</b>	<b>789,5</b>	<b>100,0</b>

Quando se analisa o mapa de declividade para o município de Valença (Figura 13), observa-se que ocorre processo semelhante, pois 97% dos fragmentos em processo de regeneração natural se encontram entre as classes de relevo ondulado e montanhoso, sendo que a classe forte ondulado representa-se como a mais representativa, possuindo 462,3 ha em processo de regeneração (Tabela 8), enquanto que as áreas planas são as menos ocupadas por florestas.



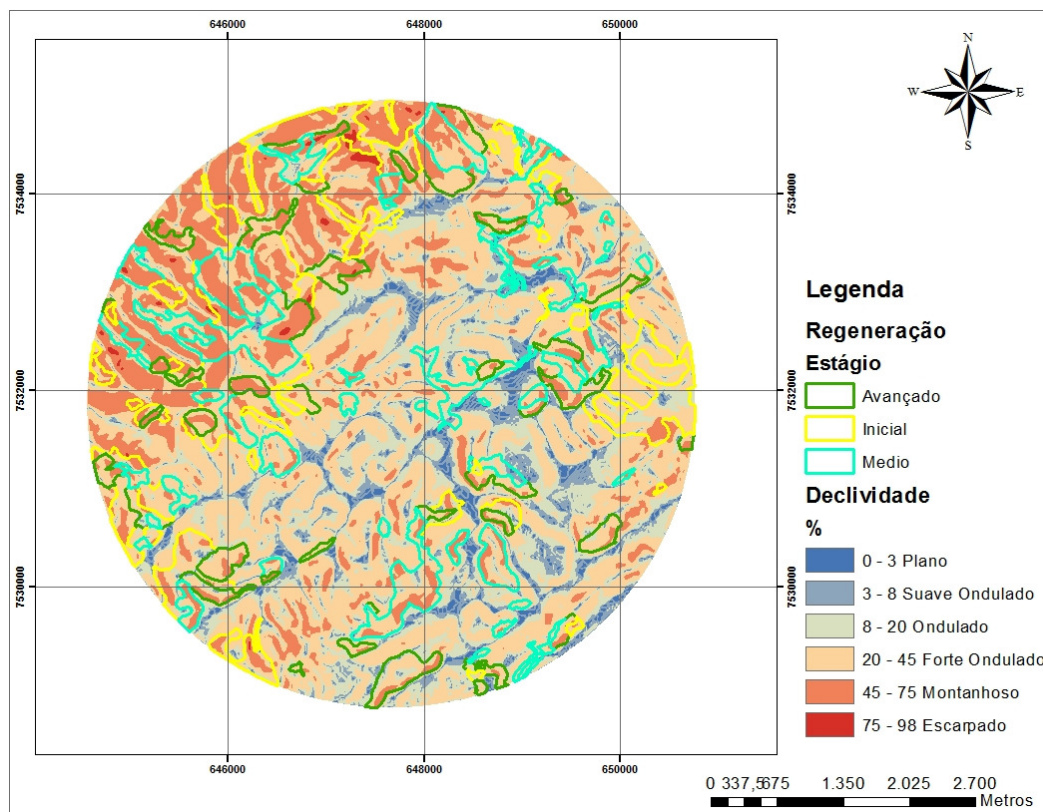
**Figura 13.** Mapa de declividade da área em estudo, em Valença – RJ.

**Tabela 8.** Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Valença – RJ

Declividade		
Classes	ÁREA (ha)	%
Plano	2,6	0,3
Suave Ondulado	17,0	1,8
Ondulado	100,2	10,9
Forte Ondulado	462,3	50,0
Montanhoso	336,3	36,4
Escarpado	6,4	0,6
<b>Total</b>	<b>924,7</b>	<b>100,0</b>

Para o município de Vassouras (Figura 14), os valores de declividade mais representativos também se encontram entre as classes ondulado e montanhoso, somando 95% de toda área em regeneração natural, sendo que a classe forte ondulado possui mais de 50% desse total de áreas em processo de regeneração (Tabela 9).





**Figura 14.** Mapa de declividade da área em estudo, em Vassouras – RJ.

**Tabela 9.** Área em regeneração natural, segundo as classes de declividade, Vassouras – RJ

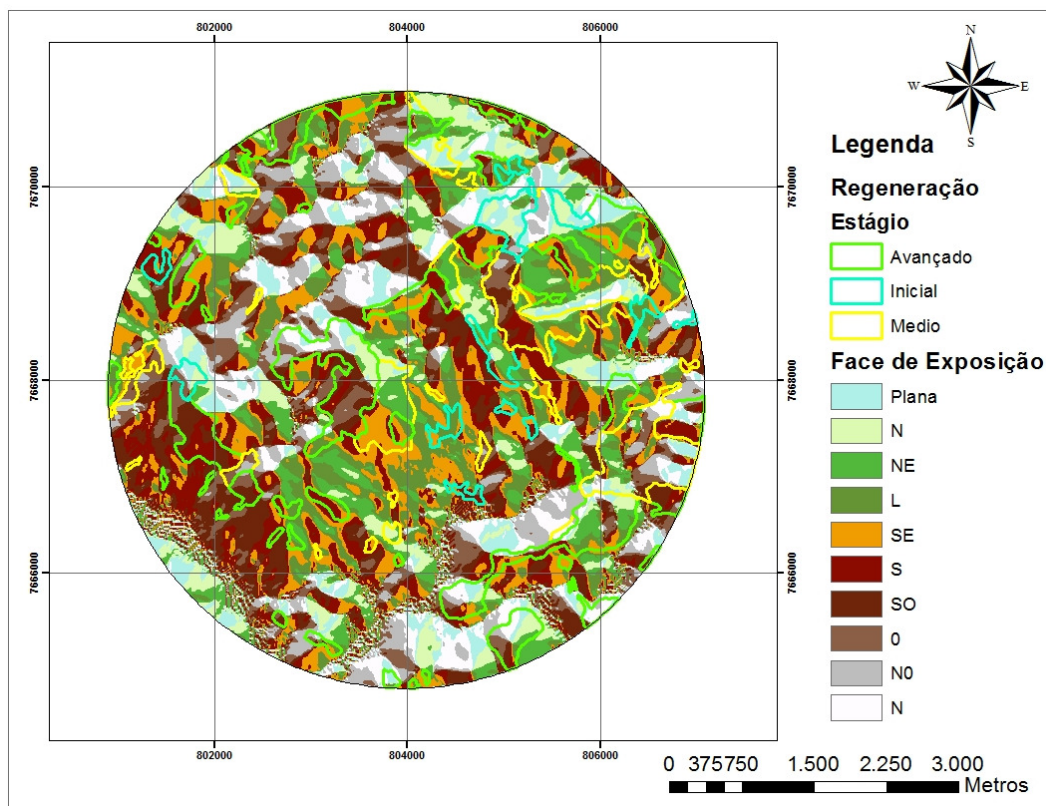
Declividade		
Classes	ÁREA (ha)	%
Plano	5,4	0,6
Suave Ondulado	28,6	3,1
Ondulado	118,0	12,9
Forte Ondulado	477,8	52,4
Montanhoso	278,9	30,5
Escarpado	3,9	0,5
<b>Total</b>	<b>912,7</b>	<b>100,0</b>

Peloso *et al* (2010), classificando a vegetação do Parque da Serra do Cipó - MG, percebeu-se que formações florestais, ocorrem preferencialmente em declividades médias a altas, englobadas no tipo forte ondulado (segundo classificação da EMBRAPA, 1979). Resultados similares foram encontrados neste estudo, onde os fragmentos florestais em sua maioria se localizam principalmente entre as classes de relevo forte ondulado e montanhoso. Para os três municípios em estudo, mais de 30% do total das áreas em processo de regeneração, encontram-se na classe de declividade acima de 47%, caracterizando-as como áreas de uso restrito e APP topo de morro, baseando-se nos critérios estabelecidos pela Lei Federal nº4771/65, Resolução CONAMA 303/02, o que restringe o uso e limita a ação antrópica. Segundo Bochner (2010), que encontrou resultado semelhante estudando APPs na bacia do Rio Macacu, no Estado do Rio de Janeiro, esses locais foram preservados justamente pela dificuldade de acesso, o que impediu seu uso econômico mais intensivo.

Cabe ressaltar que a topografia não condiciona apenas processos ecológicos, mas também a ação humana. Na escala do nosso país, é evidente que os remanescentes florestais concentram-se em áreas menos apropriadas para a agricultura, o que é fortemente dependente do relevo (VIANA, 1995; VIANA *et al.*, 1998). Isto implica no fato de que a maioria dos fragmentos florestais estar localizada em áreas mais acidentadas, menos propícias a práticas agrícolas ou ocupação humana (BISPO, 2009).

Em conjunto com outras variáveis geomorfométricas, a declividade, em especial, produz uma variedade de situações ambientais, tais como: gradientes de umidade no solo entre o topo e a base de uma vertente, favorecimento de transporte de partículas de solo ao longo de um perfil; interferência na organização vertical do dossel, o que ocasiona variações nos ângulos de penetração e distribuição da luz no interior de florestas; promoção da aparente elevação da copa de indivíduos menores e mais jovens de áreas superiores, de modo que alcancem mais rápido o dossel em áreas de declividade acentuada (GANDOLFI, 2000). A declividade e a orientação de vertentes controlam respectivamente a intensidade e a direção de fluxos de matéria e de insolação, portanto, com efeitos locais sobre os regimes hídricos e de energia.

#### 4.5 Faces de Exposição

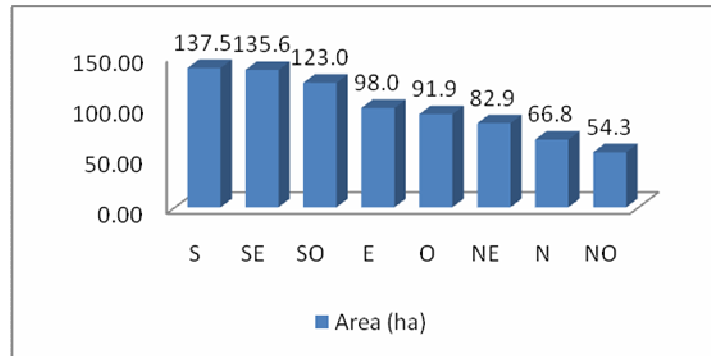


**Figura 15.** Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Itaperuna – RJ.

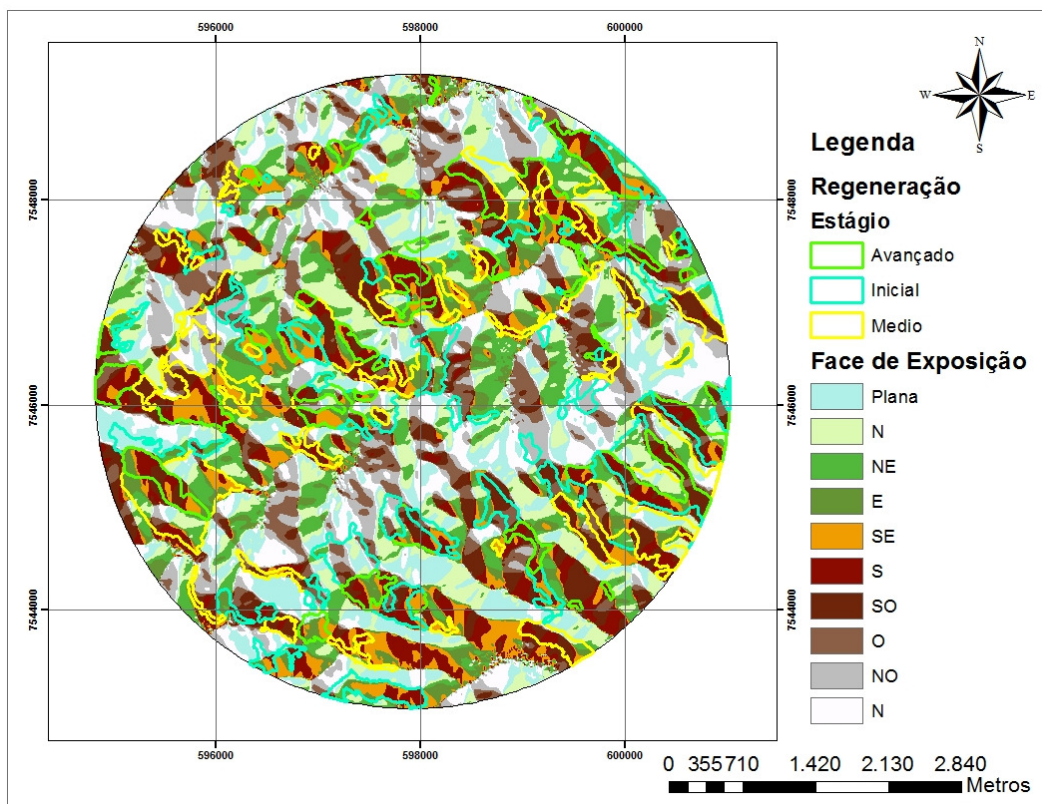
No município de Itaperuna (Figura 15), 50% da área com cobertura florestal em processo de regeneração natural estão voltadas para as vertentes S, SE e SO (Figura 16). Enquanto que nas vertentes NO e N, as áreas de cobertura florestal somam 121,16 hectares, 15,3% da área total dos fragmentos mapeados.

Para o município de Valença (Figura 17), as vertentes voltadas para SO e S, somam 423,34 hectares, correspondem juntas a 45,78% de toda cobertura florestal da área em processo de regeneração, sendo que a face de exposição voltada para SO se mantém como a mais expressiva (Figura 18). No município de Vassouras (Figura 19), as vertentes voltadas para SO, SE, S e L representam 61% da área com cobertura florestal, não há uma vertente que seja mais representativa, houve uma variação pequena da área em regeneração entre essas classes (Figura 20).

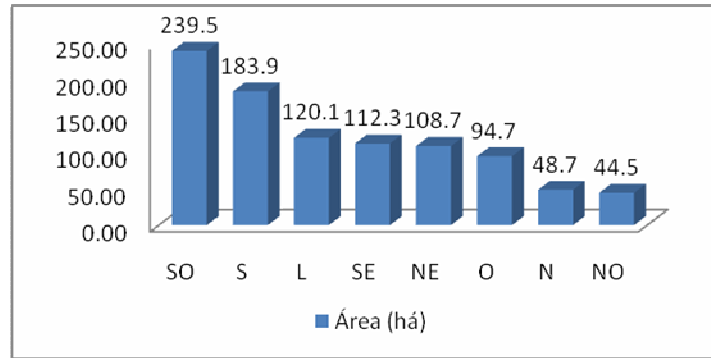
Para esses municípios, as vertentes N e NO, possuem as menores áreas com cobertura florestal, sendo, portanto, áreas mais secas, e que menos contribuem para o processo de regeneração natural.



**Figura 16.** Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição em Itaperuna – RJ.



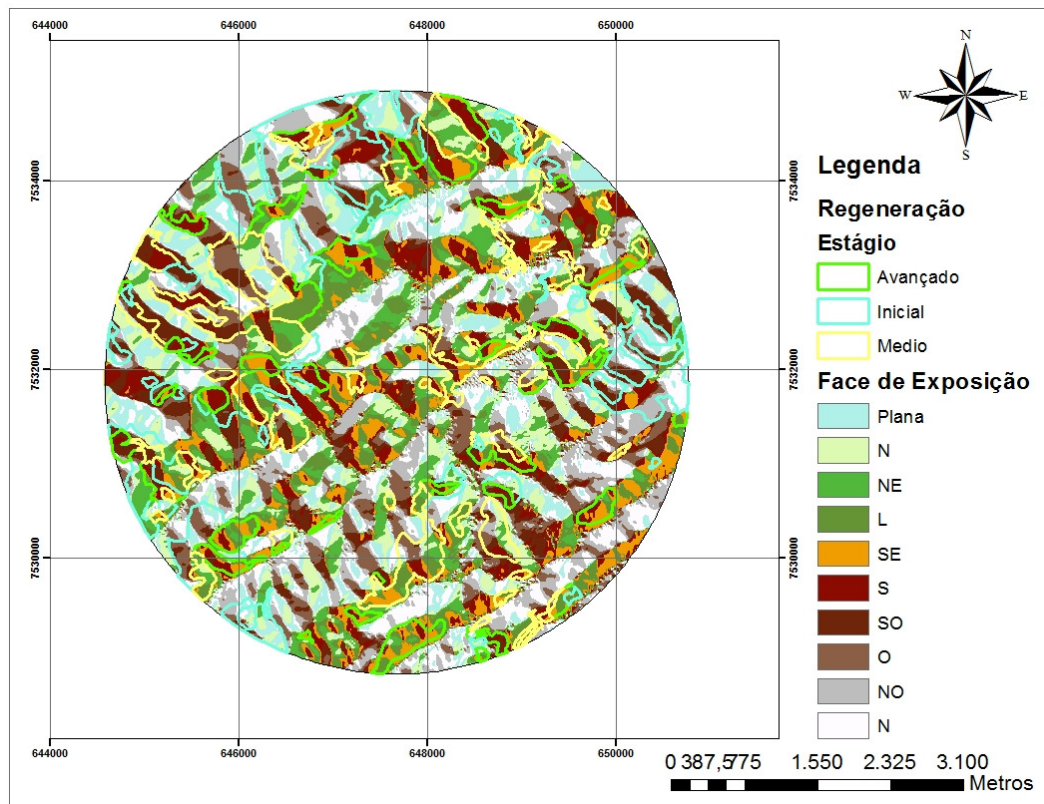
**Figura 17.** Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Valença – RJ.



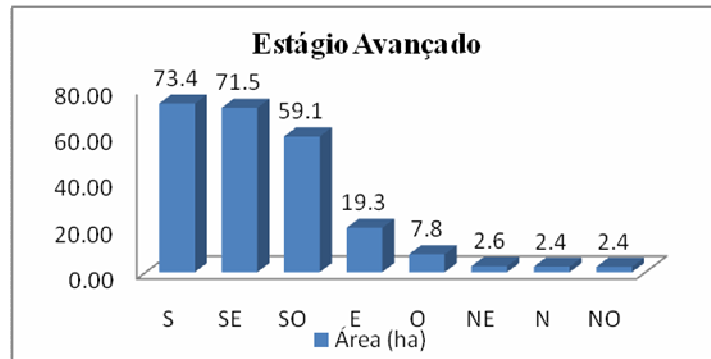
**Figura 18.** Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição do sol em Valença - RJ.

Analisando a influência das faces de exposição solar por estágio de regeneração, pode-se observar que no estágio inicial, as vertentes mais úmidas são menos expressivas, exercendo maior influência à medida que ocorre a evolução do processo sucessional, o que indica que a resiliência é favorecida pelas condições microclimáticas criadas por esses ambientes.

Um fato que deve ser considerado é a preferência por práticas agropecuárias em vertentes voltadas para o norte e noroeste, o que dificulta a evolução da sucessão ecológica nessas áreas em função do manejo constante.



**Figura 19:.** Mapa de Face de exposição da área em estudo, em Vassouras – RJ.



**Figura 20.** Área em hectares dos fragmentos em processo de regeneração natural por face de exposição do sol em Vassouras - RJ.

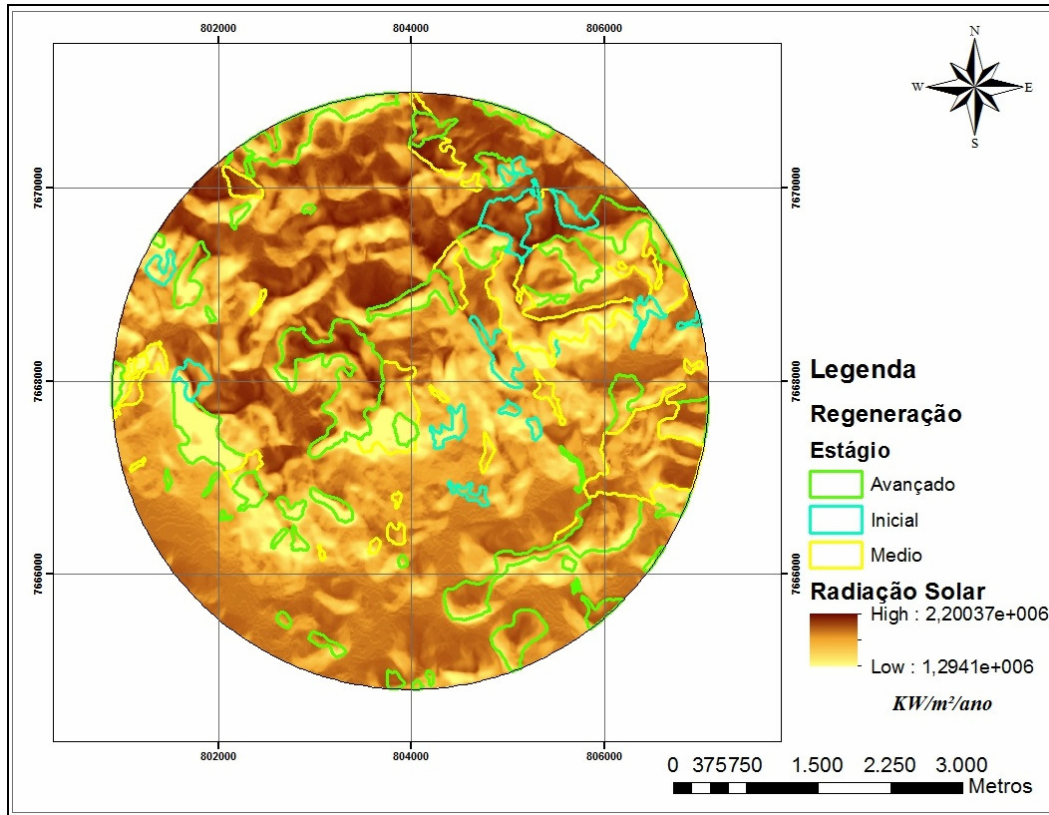
As vertentes voltadas para o sul e sudoeste possuem a maior incidência de cobertura florestal. Estudos demonstram que para o estado do Rio de Janeiro, essas vertentes recebem uma oferta de atributos ambientais diferenciados em função da menor exposição aos raios solares dependendo da época do ano e maior incidência de massa de ar úmida, o que aumenta a resiliência e resistência desses ambientes a ação antrópica (MIRANDA *et al.* 1983; OLIVEIRA *et al.* 1995; MARQUES *et al.*, 2005; SÁ, 2006; BARBOZA, 2007; MELLO, 2009; PELOZO, 2009).

Vertentes voltadas para nordeste e noroeste são preferidas ao cultivo agrícola, possuem maior oferta de energia solar, menor incidência de pragas e doenças e maior fragilidade as ações antrópicas como incêndios (RODRIGUES *et al.*, 2003; MATA, 2006; CORRÊA, 2008; MATTOS JUNIOR, 2008; MELLO, 2009 e SANTOS, 2011). Outro fato é que com a regeneração florestal mais intensa nas faces voltadas para o sul e o sudeste, o seu controle fica mais difícil e pode aumentar o custo para o produtor rural, que tende a abandoná-la ao longo do tempo.

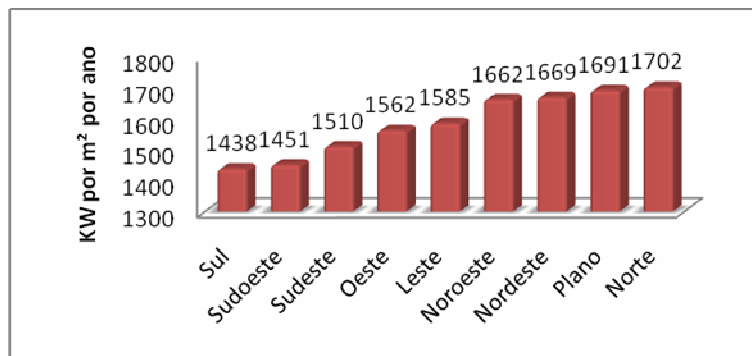
A orientação das encostas é um fator que também pode interferir na precipitação, uma vez que as chuvas são influenciadas por correntes de ventos e o fato de uma encosta estar mais ou menos exposta aos ventos mais úmidos tem reflexos na quantidade de chuva (CALASANS, 1998), o que pode influenciar inclusive a diversidade de espécies, portanto na restauração ambiental. Nessa situação, a priorização de espécies florestais adaptadas às condições locais de cada vertente pode catalisar papéis diferenciados na dinâmica do ecossistema, aumentando, assim, a oferta de serviços ambientais (SILVA, 2006, COTINES, 2011).

A análise da orientação das vertentes de uma determinada área constitui-se em instrumento eficaz para avaliar o grau de insolação e o nível de umidade à que estão expostas, permitindo a indicação do uso mais adequado da terra para cada vertente do relevo (CORRÊA, 2008).

## 4.6 Radiação Solar

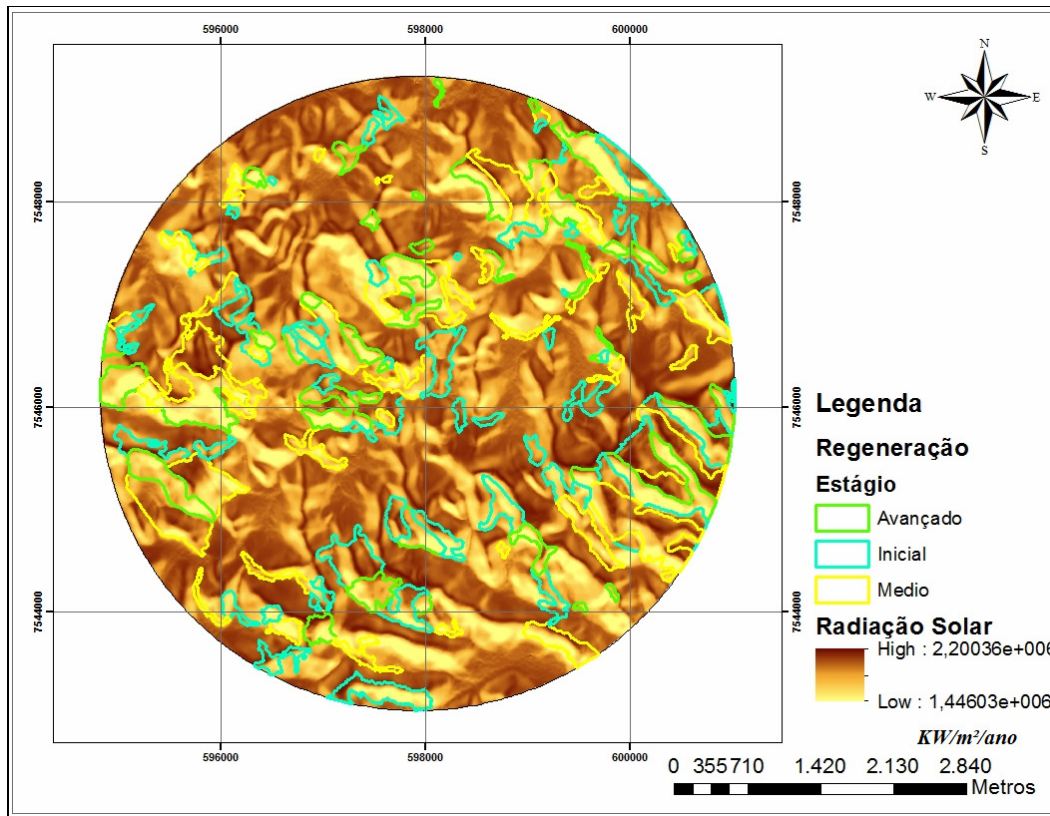


**Figura 21.** Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Itaperuna – RJ.

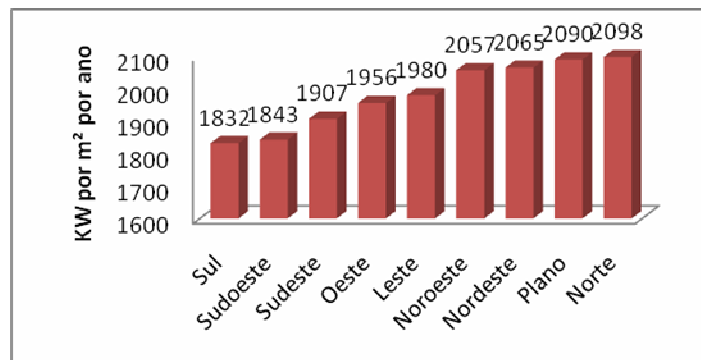


**Figura 22.** Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Itaperuna - RJ.

No mapa de radiação solar do município de Itaperuna (Figura 21), pode-se observar que as vertentes N, Plano, NO e NE apresentam os maiores valores de radiação solar em KW por m² por ano (Figura 22). Assim como o município de Valença (Figura 23), porém este último apresenta valores maiores de radiação solar incidente.

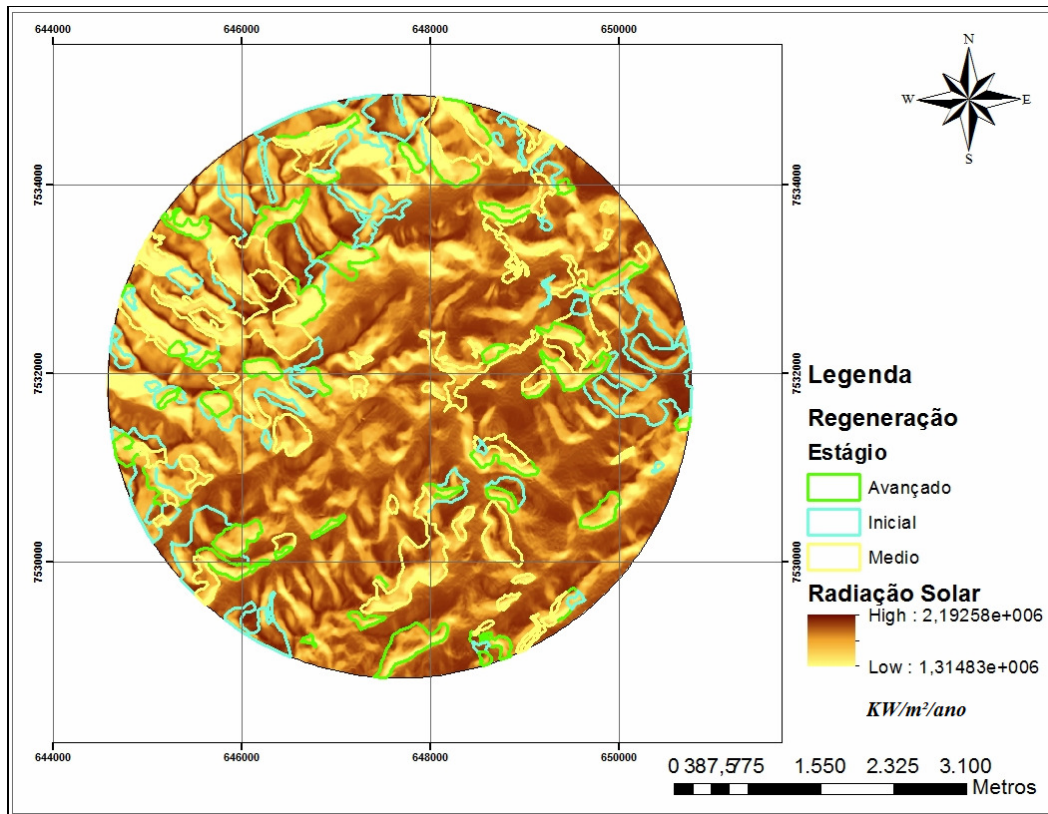


**Figura 23.** Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Valença – RJ.

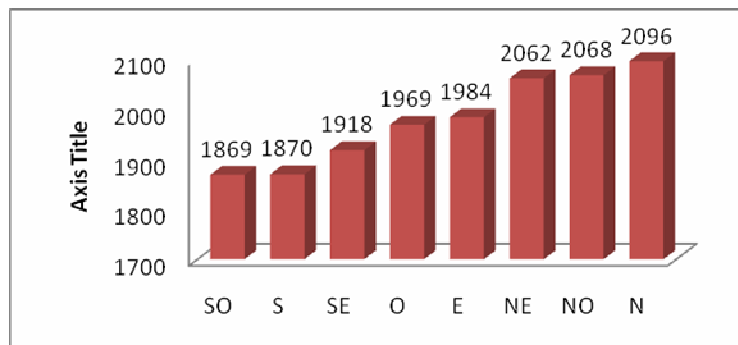


**Figura 24.** Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Valença - RJ.

Para o município de Vassouras (Figura 25), as vertentes voltadas para N, NO e NE, apresentam os maiores valores de radiação solar. A quantidade de radiação incidente é semelhante a incidente em Valença, isso se deve pelo fato dos dois municípios estarem inseridos na macrorregião sul fluminense, com características geomorfológicas similares.



**Figura 25.** Mapa de Radiação Solar, no período 2012 para Vassouras – RJ.



**Figura 26.** Orientação das vertentes, segundo nível de radiação solar incidente em Vassouras - RJ.

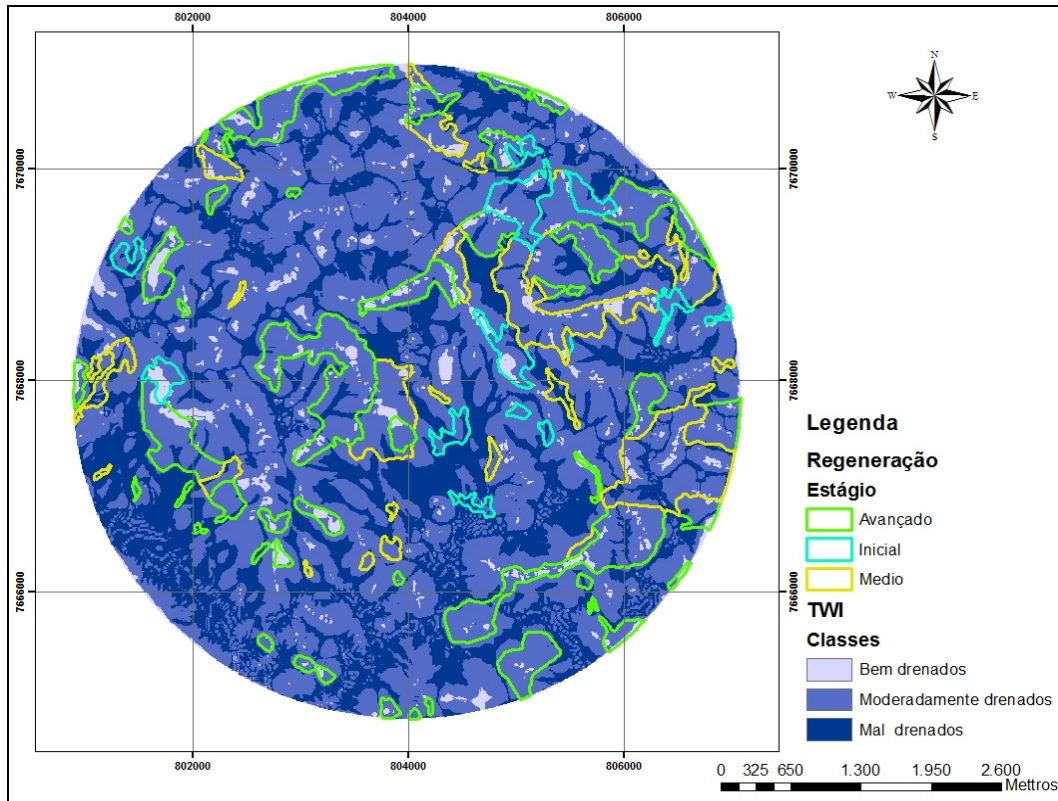
Os efeitos da radiação solar tem comportamento inversamente proporcional às faces de exposição solar, os fragmentos em processo de regeneração natural se concentram em áreas com menor incidência de radiação solar. Segundo Corrêa (2008), as vertentes do relevo voltadas para o sul, sudeste e sudoeste apresentam as maiores áreas de fragmentos em processo de regeneração natural, como também baixos valores de radiação solar global anual quando comparadas com as demais vertentes analisadas. Nas vertentes voltadas para nordeste, o terreno receberá maior radiação solar no período da manhã e, nas vertentes voltadas para noroeste, ocorrerá uma maior radiação solar no período da tarde.

Bochner (2010) observou em seus estudos que os maiores valores de radiação global anual média foram encontrados, predominantemente nas microbacias com orientação norte e noroeste e os menores valores nas microbacias orientadas para os sentidos sul, sudeste e sudoeste. O fator orientação do relevo afeta as perdas por



transpiração e evaporação, devido a sua influência sobre a quantidade de radiação solar recebida pela bacia refletindo assim, na manutenção dos fragmentos florestais (LIMA, 1986).

#### 4.6 Umidade do Solo

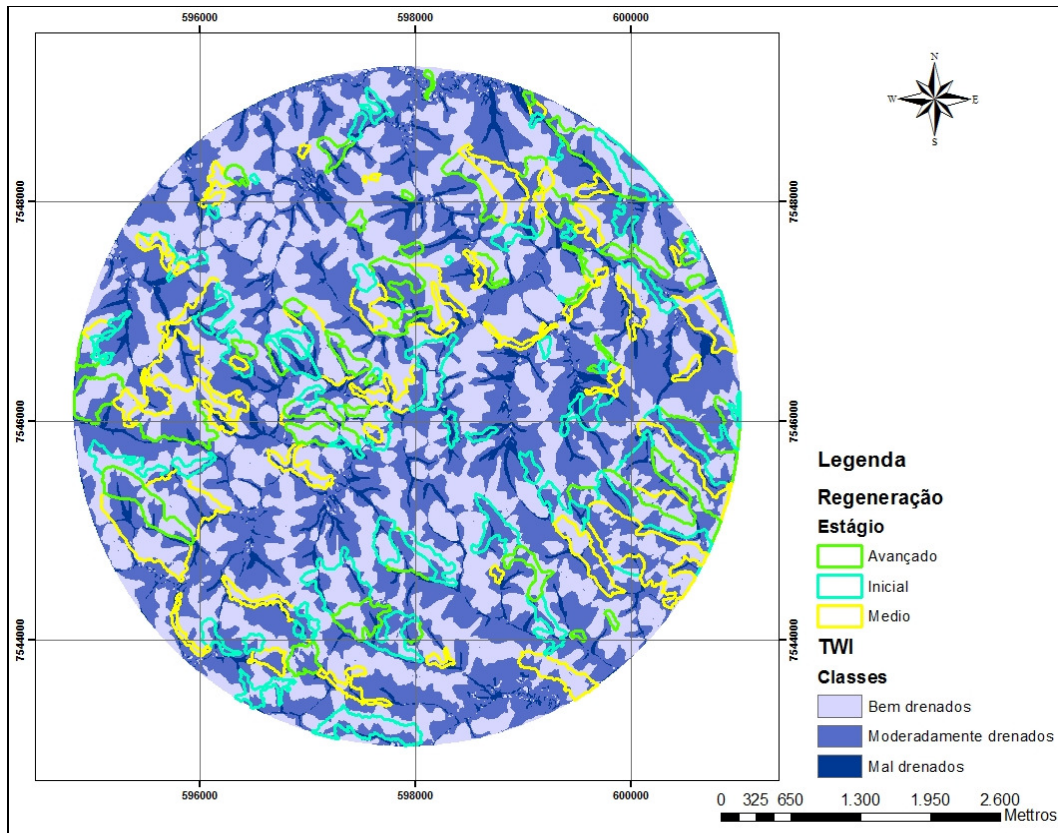


**Figura 27.** Mapa umidade do solo, município de Itaperuna – RJ.

**Tabela 10.** Área em regeneração natural, segundo as classes de Umidade Topográfica para os municípios em estudo

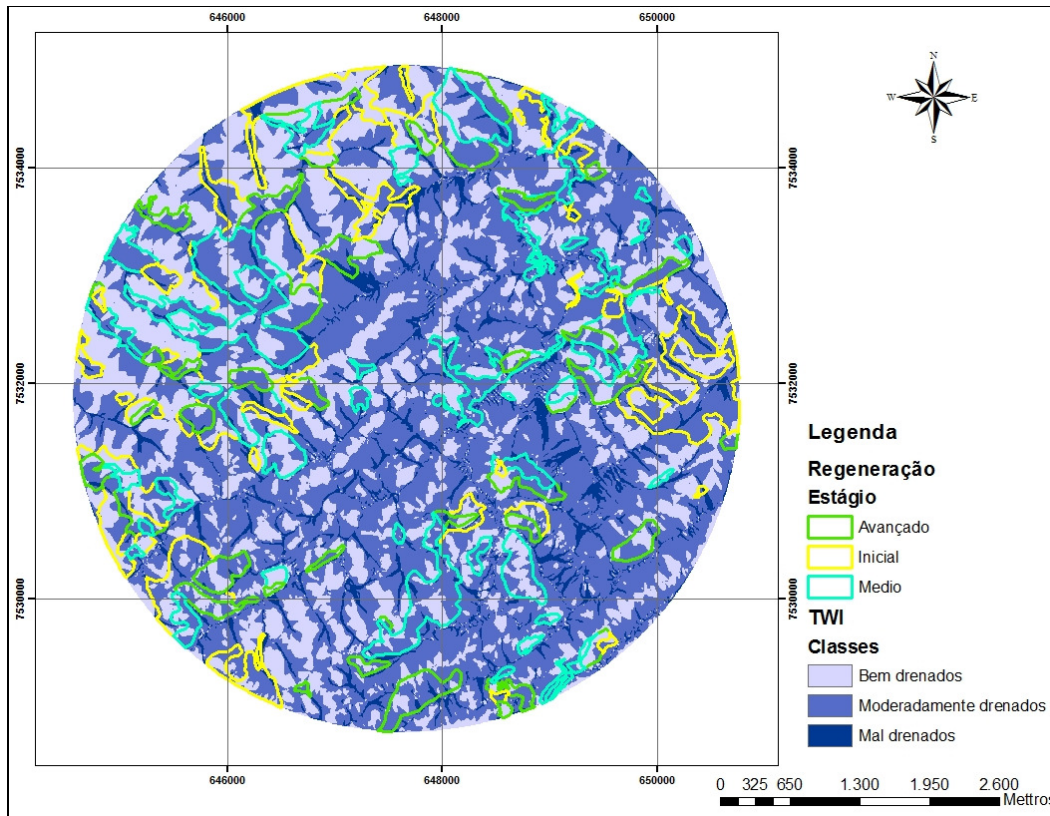
Classes	Umidade Topográfica		
	Itaperuna	Valença	Vassouras
	Área (ha)		
Bem Drenados	88,57	464,83	326,43
Moderadamente Drenados	609,87	413,22	533,05
Mal drenados	90,61	46,67	53,22
<b>Total</b>	<b>789,05</b>	<b>924,72</b>	<b>912,70</b>

Com o Mapa de umidade topográfica dos municípios em estudo (Figuras 35, 36 e 37), pode-se observar que as áreas em processo de regeneração natural concentram-se na classe moderadamente drenado. Para o município de Itaperuna esta classe representa 77,3% do total de área regenerada (Tabela 10).



**Figura 28.** Mapa umidade do solo, município de Valença – RJ.

Para os municípios de Vassouras e Valença, a classe “moderadamente drenado” representa 58,4% e 44,6% da área total regenerada, respectivamente. No caso de Valença, a classe “bem drenado” se mantém como a mais significativa, representando 50,3% da área total em processo de regeneração.



**Figura 29.** Mapa umidade do solo, município de Vassouras – RJ.

Para as áreas em estudo, a classe mal drenado, foi a que possuiu menor percentual com cobertura vegetal, embora sejam regiões com teores maiores de umidade do solo, são áreas sujeitas a pressões antrópicas, principalmente pelo fato de localizarem-se em declividades menores, sendo preferidas para atividades agropecuárias.

Segundo Oliveira *et al.* (1995) a maior insolação nas encostas voltadas para norte diminui a umidade do solo e promove uma degeneração na vegetação nestas. Os Índices de Umidade Topográfica para as áreas em estudo mantiveram-se abaixo de 8 nas áreas mapeadas de regeneração natural, indicando predomínio por solos bem drenados e moderadamente drenados. As classes de solos “bem drenado” e “moderadamente drenado” foram as que possuíram maior percentual de cobertura vegetal, enquanto que a classe “mal drenado” apresentou-se como a menos significativa. Tal fato pode estar relacionado com a declividade, já que esta classe, embora possua os maiores valores de TWI, localizam-se, em sua maioria, em áreas mais planas do relevo, com maior capacidade de armazenamento de água, ficando sujeitas a constantes pressões antrópicas, por serem regiões preferidas para implantação de atividades agropecuárias. Além disso, as áreas com declividades maiores têm seu uso restrito, o que contribui para a manutenção da colonização florestal.

Manchas florestais tem maior probabilidade de ocorrerem em áreas de maior TWI, como as depressões em terrenos suavemente inclinados. Ao afetar a distribuição espacial da umidade no solo e o fluxo de água subterrâneo, o TWI influencia os padrões de vegetação e locais propícios para florestas ocorrerem. (GEISSLER *et al.*, 1995; ZINCO *et al.*, 2005; SIRTOLI, 2008).

A topografia exerce influência indireta sobre a vegetação, uma vez que determina feições hidrológicas, variações na disponibilidade de água no solo,

distribuição dos tipos de solo e topoclimas. Outros, cujo foco é a relação direta entre a topografia e a vegetação, verificam tal influência baseados em variáveis topográficas, especialmente elevação, declividade e orientação de vertentes, e mais raramente estudos baseados nas curvaturas vertical e horizontal do terreno (VELÁQUEZ-ROSAS et al., 2002).

#### 4.6 Análises dos Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais possibilitou explorar como os fragmentos florestais em estágio médio e avançado de regeneração natural estão distribuídas na paisagem em função das cinco variáveis ambientais usadas nas análises, permitindo identificar eventuais variáveis mais importantes para determinar o padrão encontrado na análise de agrupamento.

**Tabela 11.** Percentual da variação total explicada pelas componentes principais para o estágio médio de regeneração

Eixos	Eigenvalue	% variância	% Variância	
			Acumulada	
1	1,98409	39,68	39,68	
2	1,20113	24,02	63,70	
3	0,918056	18,36	82,07	
4	0,565795	11,32	93,38	
5	0,330935	6,62	100,00	

**Tabela 12:** Percentual da variação total explicada pelas componentes principais para o estágio avançado de regeneração.

Eixos	Eigenvalue	% variância	% Variância	
			Acumulada	
1	2,10722	42,14	42,14	
2	1,25179	25,03	67,18	
3	0,947173	18,94	86,12	
4	0,456895	9,13	95,26	
5	0,236924	4,73	100,00	

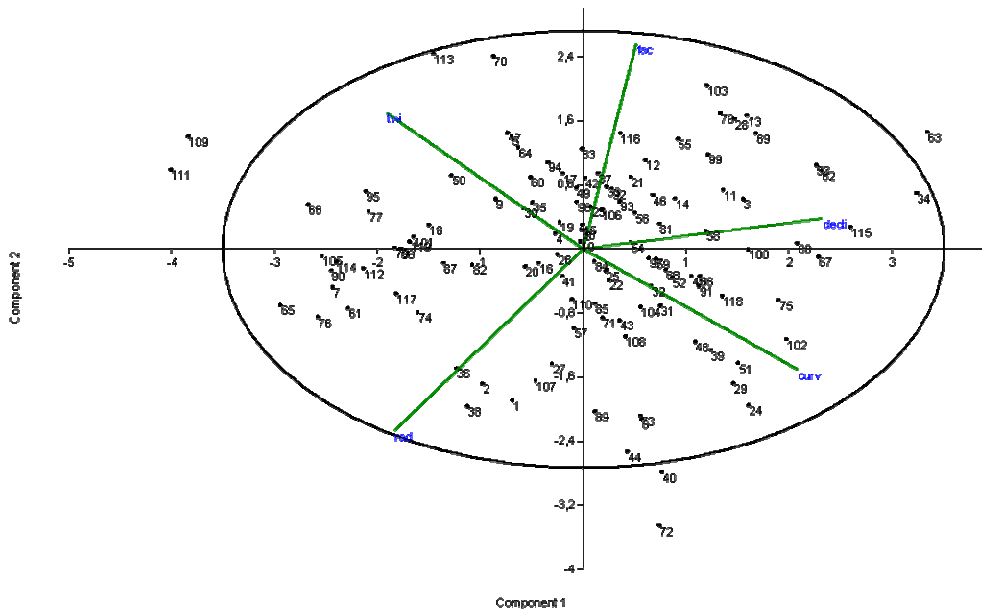
Para os estágios médio e avançado de regeneração natural os três componentes principais responderam por mais de 80% da variância dos dados originais (Tabelas 11 e 12).

Verifica-se que tanto para o estágio médio, quanto para o estágio avançado de regeneração, a declividade e curvatura também foram os fatores ambientais mais fortemente correlacionados positivamente com o primeiro eixo de ordenação. Esse resultado indica que quanto maior a declividade, maior a possibilidade da presença de fragmento florestal, enquanto que as áreas convexas são mais susceptíveis a regeneração natural.

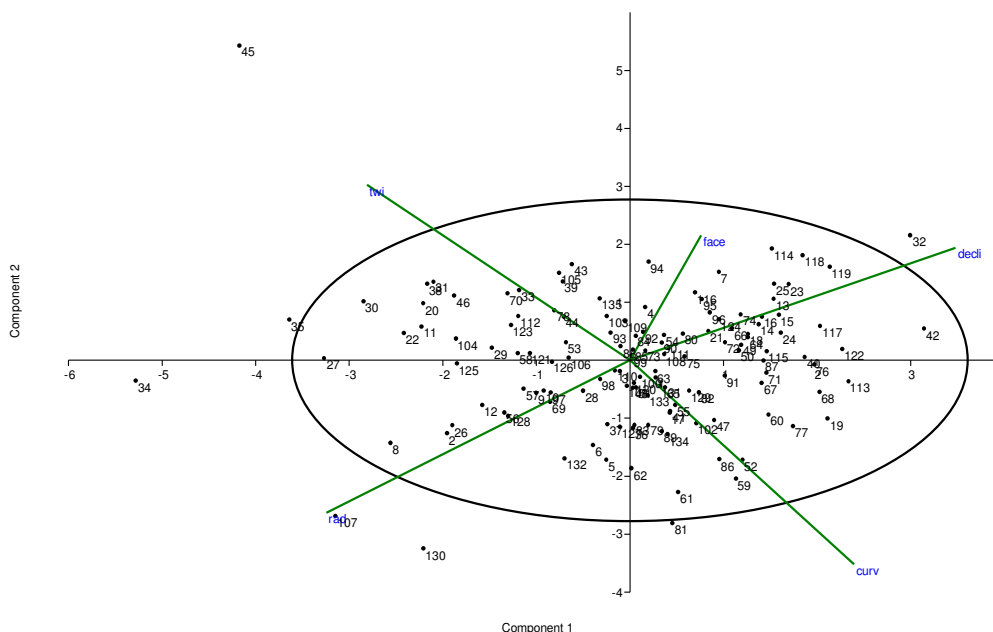
**Tabela 13.** Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais

Estágios	Eixos	Declividade	Curvatura	Face de Exposição	Radiação solar	Umidade Topográfica
Médio	Eixo 1	0,79	0,71	0,17	-0,62	-0,65
	Eixo 2	0,10	-0,40	0,68	-0,60	0,45
Avançado	Eixo 1	0,83	0,57	0,18	-0,77	-0,67
	Eixo 2	0,35	-0,64	0,39	-0,48	0,55

As variáveis mais fortemente correlacionadas negativamente com este eixo foram a radiação solar e umidade topográfica, ou seja, condições de menor radiação solar, presente principalmente nas faces voltadas para sul e sudeste, e de melhor drenagem, apresentam maiores possibilidades de apresentarem fragmentos florestais. No segundo eixo observa-se que a declividade e umidade topográfica se correlacionam positivamente, enquanto que a curvatura e a radiação solar incidente se correlacionam negativamente com o eixo (Tabela 13), ou seja, quando as áreas côncavas estiverem associadas a menor radiação (face sul e sudeste), também apresentam condições de apresentarem cobertura florestal.



**Figura 30.** Diagrama de ordenação dos parâmetros ambientais analisados para o estágio médio de regeneração.



**Figura 31.** Diagrama de ordenação dos parâmetros ambientais analisados para o estágio avançado de regeneração.

Com os diagramas de ordenação (Figuras 30 e 31), pode-se observar que os fragmentos situados no quadrante superior direito são diretamente influenciados pelas variáveis faces de exposição e declividade, em intensidades diferentes, no estágio médio, a influência da face de exposição é maior que a influência da declividade. Já no estágio avançado de regeneração a declividade exerce maior influência, possivelmente pelo fato de serem áreas de uso restrito em função do seu difícil acesso e manejo. Os fragmentos localizados no quadrante superior esquerdo sofrem influência direta da umidade topográfica, com maior intensidade para o estágio avançado.

Os quadrantes inferiores apresentam correlação negativa, ou seja, no quadrante inferior direito a curvatura se mostra como a mais relevante, porém apresenta relação inversa, o que demonstra a preferência de localização dos fragmentos em área de curvatura convexa. O mesmo ocorre para a radiação solar no quadrante inferior esquerdo.

A resiliência é maior em faces de exposição do relevo mais úmidas, que recebem menor incidência de radiação solar. Embora os fragmentos se localizem preferencialmente em área com microclimas que favoreçam sua resiliência, a ação antrópica é o fator limitante desse processo, o que explica a correlação negativa da umidade topográfica, pois embora áreas com maior teor de umidade do solo favoreçam a regeneração natural, os fragmentos encontram-se nas áreas com menor teor de umidade, em áreas de maior declividade, muitas vezes impróprias para o estabelecimento da agropecuária.

Para a variável face de exposição solar, embora tenha apresentado resultados satisfatórios, não se pode afirmar que há correlação, tendo em vista que para análise desse fator foram considerados números inteiros de 1 a 8 para classificação da direção do sol em relação ao norte, não permitindo gerar resultados consistentes em relação à análise estatística.

As variáveis morfométricas testadas estão muito relacionadas com a disponibilidade de umidade no solo, que favorece o desenvolvimento da vegetação. Estas, aliadas a fatores climáticos, hidrográficos, geológicos e pedológicos determinam o padrão de distribuição vegetal, que em cada área pode estar mais ou menos associada a cada um destes condicionantes, como preconizado por Pelozo (2009).

Pinto *et al.* (2005) também confirmam que o conhecimento das classes de declividade, altitude, forma do relevo e orientação das vertentes é de extrema importância, já que são fatores que influenciam na infiltração da água no solo, na taxa de escoamento superficial da água, grau de insolação e nos teores de umidade do solo.

## 6 CONCLUSÃO

O processo de regeneração natural é influenciado pelo conjunto de fatores ambientais que criam microclimas que contribuem para o aumento ou diminuição da resiliência local. Todos os fatores analisados neste estudo exerceram influências em diferentes níveis no estabelecimento da vegetação na área. O conhecimento da ação desses fatores podem nortear ações que contribuam para diminuir o custo e aumentar a eficiência de projetos, como os de restauração florestal.

A declividade e a orientação das vertentes influenciaram fortemente no processo de regeneração natural, pois as faces sul e sudeste apresentam microclimas favoráveis para o estabelecimento da cobertura vegetal e as áreas de elevada declividade limitam a ocupação antrópica.

A análise multivariada utilizada neste estudo mostrou-se satisfatória, sendo adequada para o objetivo proposto.

Neste sentido, as informações contidas no presente estudo podem auxiliar no planejamento de atividades ligadas a recomposição da vegetação, permitindo direcionar as ações de reflorestamento a fim de garantir maior probabilidade de sucesso dos plantios, em função de indicar áreas com maior resiliência, oferta de atributos ambientais e menos suscetíveis ao fogo, que atualmente, constitui-se um dos fatores mais preocupantes na etapa de manutenção dos projetos de recomposição florestal. Em função dos elevados custos dos projetos de reflorestamento e da requisição de grande demanda de mão-de-obra, o direcionamento destas ações podem contribuir para otimizar seu grau de sucesso e gerar resultados ecológicos mais eficientes.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANEZ, P.M.A. **Caracterização dos fragmentos florestais a partir de estudos de ecologia da paisagem para o município de Ponte Nova, Minas Gerais**. 2000. 162f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) -, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

ALVES, M.R. **Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos**. 2008. 160f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

ARAÚJO, L. S. Fotografias aéreas e imagens Quickbird como suporte na gestão de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13.; 2007, Florianópolis, SC. **Anais**

eletrônicos...Disponível em <  
http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.14.00/doc/1599-1605.pdf>

BARBOZA, R.S. **Caracterização das bacias aéreas e avaliação da chuva nos contrafortes da Serra do Mar-RJ**. 2007. 68f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

BEVEN KJ, KIRKBY MJ. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrol Sci J** 24:43–69.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 10** de 01/10/1993. Brasília. Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 303** de 13/05/2002 b. Brasília. Define áreas de preservação permanente.

BISPO, P.C.; VALERIANO, M.M. & KUPPLICH, T.M. Variáveis geomorfométricas locais e sua relação com a vegetação da região do interflúvio Madeira-Purus (AM-RO). **Acta Amazônica**, Manaus – AM. v.39, n.1, 2009.

BOCHNER, J. K. **Proposta metodológica para identificação de áreas prioritárias para recomposição florestal – estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Macacu-RJ**. 2010. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

BURROUGH, P.W. **Soils and Geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1984. 430p.

CALASANS, C. V. C. **Origem e dinâmica da matéria orgânica em um sistema fluvio-lacustre da Região Norte Fluminense**. 1998. 100f. Tese (Doutorado em XXXX). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

CALDAS, A.J.F. SILVA. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de habitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba- RJ**. 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CARVALHO, D. A. *et al.* Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.329-345, abr.-jun., 2005.

CHAGAS, C da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 2006. 223f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CINTRA, D.P. **Classificação de estágios sucessionais florestais por meio de imagens de alta resolução (Ikonos) no Parque Estadual da Pedra Branca, RJ**. 2007. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.



CORRÊA, M.P. **Influência da radiação solar na regeneração natural de Mata Atlântica**. 2008. 48f. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

COSTA, L.C. & SEDIYAMA, G. Elementos climáticos e produtividade agrícola. **Revista Ação Ambiental**, n.7, 24-27p. 1999.

COTINES, E.; Vegetação Arbórea em Vertentes com Orientação Norte e Sul na Floresta Montana, Nova Friburgo-RJ. **Floresta e Ambiente.**, 18(4), 428-437p. 2011.

COUTINHO, B. H.; FREITAS, M. M.; FREITAS, L. E.; MORAES, L. F.; SILVA, A. T.; COUTO, D. L. N.; CRUZ, E. S.; PAGANI, Y. V.; MAÇAIRA, L. P.; BOSIO, V.; REIMER, E. Padrões de distribuição da vegetação e uso do solo no relevo da APA Petrópolis-RJ. Instituto Terra Nova. Área de Proteção Ambiental de Petrópolis/IBAMA. IBGE. UFRJ (DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA).2005.Disponível em: <<http://seb-ecologia.org.br/viiceb/resumos/221a.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

CRUZ, C. B. M., VICENS, R. S., SEABRA, V. S., REIS, R. S., FABER, O. A., RICHTER, M., ARNAUT, P. K. E., ARAÚJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.22.53/doc/5691-5698.pdf>>

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 83p. 1979.

FEITOSA, J. R. P. **Balço de energia e evapotranspiração em área de pastagem e de floresta densa na Amazônia**. 1996. 96f. Dissertação de mestrado - DCA/CCT/ Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande.

FELFILI, J.M. Dynamics of the natural regeneration in the gamba gallery forest in central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.91, p.235-245. 1996.

FERNANDES, H.A.C. **Dinâmica e distribuição de espécies arbóreas em uma floresta secundária no domínio da Mata Atlântica**. 1998. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FIDERJ – Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Estado do Rio de Janeiro. **Indicadores climatológicos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FIDERJ, Diretoria de Geografia e Estatística, 1978. 156p.

FIGUEIREDO, H. R. Aflora e a Fauna de Maricá. **Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 3: 13-48.

FOODY, G. M., CURRAN, P. J. Estimation of Tropical Forest Extent and Regenerative Stage Using Remotely Sensed Data. **Journal of Biogeography**, v. 21, n. 3, p. 223-244. 1994.

FU, P. & RICH, P. M. **The solar analyst 1.0 manual**. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), Estados Unidos da América. 2000.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 2005-2008**. São Paulo, SOS Mata Atlântica/INPE/ISA, 2009. 156p.

GANDOLFI, S. **História natural de uma floresta semidecidual no município de Campinas (SP. Brasil)**. 2000. 520f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual de Campinas.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. (Eds). **Terrain Analysis. Principles and applications**. New York: John Wiley, 2000. p. 51-85.

GARCIA, C.C. Regeneração Natural De Espécies Arbóreas Em Fragmento Florestal Da Zona Da Mata Mineira. 2009. f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GEISSLER, P.E.I.D.; MOORE, N.J.; MCKENZIE, P.J.; RYAN. Soil landscape modeling and spatial prediction of soil attributes. **International Journal of Geographic Information System**, v.9, n.4, p. 421-432, 1995.

GOTELLI, N.; ELLISON A.M. **A Primer of Ecological Statistics**. Sinauer Associates, Massachusetts, USA. 510 p. 2004.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Sucesión secundaria. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. **Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales**. 1ª ed. Ediciones LUR, Mexico, p. 591-618, 2002.

GAUCH, H.G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Cambridge University Press, Cambridge. 298p. 1982.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. & CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: Simpósio sobre Mata Ciliar. 1989, Campinas, SP. **Anais**. Campinas, SP: Fundação Cargill, p. 130-143. 1989.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México. 479p.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp

HENZ, J, SILVEIRA,R.D., FILHO, W.P., CASSOL, R, Correlação entre orientação das vertentes e uso do solo das bacias hidrográficas Arroio Travesseiro e Sanga do Velocindo-RS. In: 10o Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais**. Rio de Janeiro, pp.2141 a 2143. 2003.

HIGUCHI, P. **Dinâmica Da Regeneração Natural Da Vegetação Arbórea Em Um Fragmento De Floresta Estacional Semidecidual Montana Secundária, Em Viçosa, MG** 2003.107f. Dissertação (Mestrado em ciência florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HUGGET, R. J. **Geocology: an evaluation approach**. Londres: Editora London, 1995. 320 p.

IBGE. Ortofotos, RJ escala 1:25.000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em julho 2012.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. 2007. Acesso em julho 2009.

LIMA, W.P. **Princípios de Hidrologia Florestal para Manejo de Bacias Hidrográficas**. USP, Piracicaba, SP. 241p. 1986.

LIN, W.; CHOU, W.; LIN, C.; HUANG, P.; TSAI, J. Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 289–306, 2006.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. Cap.2.

LOUZADA, C. **Composição florística e estrutura de vegetação arbórea em diferentes condições fisiográficas de um fragmento de floresta estacional semidecidual secundária, na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2002. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MACHADO, L. G. Análise da influência da topografia na variação sazonal de fitofisionomias na bacia do Rio Veríssimo – GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 25-30, abril 2009. Natal. **Anais** do XIV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, 2009. p. 2817-2822.

MARQUES, O; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL,R. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. **Revista Universidade Rural – Ciências da Vida**. no. 24, v.2 / no 25, Vol.1, Seropédica, RJ.2005

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 143 p. 2001.

MATA, A.P. **Legislação ambiental e uso atual do solo: O caso da microbacia do córrego de São Lourenço-Nova Friburgo-RJ.** 2006. 106f. Dissertação. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

MATTOS JUNIOR, C.F. **O efeito da cobertura florestal na regularização hídrica de microbacias no município de Miguel Pereira,RJ.** 2008. 62f. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MCCNUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of Ecological Communities.** MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, 300p. 2002.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD. **Multivariate analysis of ecological data,** version 5.0. MjM Software Design, Gleneden beach, Oregon, Estados Unidos, 1999.

MELLO, T.F. **Estrutura da vegetação, cobertura florestal e preferências de uso da paisagem associadas a vertentes: as quase-florestas de São Luiz de Paraitinga (SP).** 2009. 86f. Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIRANDA, E.L.F.; OLIVEIRA, R.R. Orquídeas rupícolas do Morro do Pão de Açúcar, Rio de Janeiro. **Atas Soc. Bot. Brasil**, 1 (18):1983. p. 99-105.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; THOMSEN, J. B.; FONSECA, G. A. B. & OLIVIERI. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. **Conservation Biology**, 12(3):516-520. 1998.

NASCIMENTO, D.R. **Efeito Da Variação De Vertente Sobre A Área Foliar Da Bromélia Quesnelia Sp.** Prática da pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica. Curso de Pós-Graduação em Ecologia Universidade de São Paulo. 2010.

OLIVEIRA, R. R; *et al.* Significado ecológico da orientação de encostas no Maciço da Tijuca. Rio de Janeiro: **Oecologia Brasiliensis**, vol 1, p. 523-541, 1995.

OMETTO, **Bioclimatologia Vegetal** . São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 440p. 1981.

PEIXOTO, A.L.; ROSA, M.M.T. & SILVA, I.M. Caracterização da Mata Atlântica. In: (SYLVESTRE, L.da S.; ROSA, M.M.T da. Org.) **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** 2002. p. 9-23.

PELOSO, B.D de A.; SHIMABUKURO, Y.E. Caracterização de unidades geobotânicas do Parque Nacional Da Serra Do Cipó (Mg) através da integração de imagens

ópticas e Modelo Digital de Elevação . **Revista Brasileira de Cartografia** No 62/01, p.103-118,2010.

PEZZOPANE, J.E.M. **Caracterização fitossociológica, microclimática, e ecofisiológica em uma floresta estacional semidecidual secundária.** 2001. 225f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PILLAR, V.D. **Clima e vegetação.** 1995 UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso em: 03 Maio.,2012.

PILLAR, V.P. Dinâmica da expansão Florestal em mosaicos de floresta e campos do sul do Brasil. CLAUDINO-Sales. V. (Ed). **Ecosistemas Brasileiros: manejo e conservação.** Fortaleza: expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 209-216.

PINTO, L.V.A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p. 49-60, 2005.

PIRES, J. S. et al. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In: Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.* Ilhéus: Editus, 2002. cap.1.

POGGIANI, F. **Estrutura, funcionamento e classificação das florestas: implicação ecológica das florestas plantadas.** Piracicaba, ESALQ, 1989, p.1-14 (Documentos Florestais, 3), 1989.

REZENDE, S.B. **Estudo de crono-sequência em Viçosa – Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, 1971. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RICH, P. M.et al. Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers**, p 524-529. 1994.

RODRIGUES, E.; CAINZO, R.L.P.; QUEIROGA, J. e HERRMANN, B.C. Conservação em paisagens fragmentadas. p.4. In: CULLEN Jr.,L.C.; RUDRAN,R; VALADARESPADUA, C.(Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação & manejo da vida silvestre.** Ed.UFPR; Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2003.p. 481-515.

RODRIGUES, L. A. *et al.* Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.1, p.25-35, jan-fev., 2007.

SÁ, C.F.C. **Estrutura, diversidade e conservação de angiospermas no Centro de Diversidade de Cabo Frio, Rio de Janeiro.** 2006. 251f . Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, G.L.; **Influência Dos Fatores Ecológicos Na Arquitetura De Fragmentos Florestais A Sotavento Da Serra Do Mar, Nova Friburgo – RJ.** 2011. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

SCHIMIDT, J.; EVANS, I.S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. **International Journal of Geographical Information Science**, v.17, n.8, p. 797-814, 2003.

SILVA, V. V. **Médio Vale Paraíba do Sul:** Fragmentação e Vulnerabilidade dos Remanescentes da Mata. 2002.

SILVA, V.V. *et. al.* **Uso do Geoprocessamento como ferramenta para análise geocológica** – o exemplo da bacia do Paqueta. CADMA 2006.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C.T.; MANTOVANI, LE.; SIRTOLI, A. R. A.; OKAFIORI, C. Atributos do Relevo Derivados de Modelo Digital de Elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, V.9, n.3, p 317-329, 2008.

SOUZA, A. L.; SCHETTINO, S.; JESUS, R. M. & VALE, A. B. Dinâmica da regeneração natural em uma floresta Ombrófila Densa Secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S. A. Estado Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

SOUZA, J. S. *et al.* Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.185-206, 2003.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v.69, n.1, p.69-67, 1987.

THENKABAIL, P. S.; HALL, J.; LIN, T.; ASHTON, M. S.; HARRIS, D.; ENCLONA, E. A. Detecting floristic structure and pattern across topographic and moisture gradients in a mixed species Central Africa forest using IKONOS and Landsat ETM+ images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, p. 255-270, 2003.

TORRES, F.T.P; MOREIRA, L. N.; SOARES, E.A.; PIERRE, J. U.; RIBEIRO, G. A. . Exposição das Vertentes e Ocorrências de Incêndios em Vegetação no Município de Juiz de Fora – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA.8.;2009.Viçosa. **Anais...Viçosa:UFV,2009.**

VALERIANO, M.M, Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v7, n3, P.539-546, 2003.

VELÁZQUEZ-ROSAS, N.; MEAVE, J.; VÁZQUEZ-SANTANA, S. Elevation variation of leaf traits in montane rain forest tree species at La Chinantla, Southern Mexico. **Biotropica**, v. 34, n. 4. p. 534-546, 2002.

VIANA, V.M. Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas. In: Fonseca, G.A.B. et al. (Eds). **Abordagens Interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo**. UFMG, Belo Horizonte, p.135-154, 1995.

VIANA, V.M., TABANEZ A.J.; BATISTA J.L. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic Moits forest. In: Lawrance W. F; Bierregaard R. O. T. (Eds). **Tropical forest remnants** - ecology, management and conservation of fragmented communities. Chicago: Chicago University Press, p.351-365, 1997.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Serie Técnica IPEF**, v.2, n.32, p. 25-42, 1998.

VIANELLO, R. L. & ALVES A. R. **Metereologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000. 449p.

ZINKO, U.; SEIBERT, J.; DYNESIUS, M.; NILSSON, C. Plant species numbers predicted by a topography-based groundwater flow index. **Ecosystems**, v.8, n.4, p. 430-441, June 2005.