



**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Florestas
Curso de Graduação em Engenharia Florestal**

INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NA REGENERAÇÃO NATURAL DE MATA ATÂNTICA

Manon Perdomo Corrêa

**Orientador
Márcio Rocha Francelino**

Seropédica, RJ
Julho de 2008

Manon Perdomo Corrêa

**INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NA
REGENERAÇÃO NATURAL DE MATA ATÂNTICA**

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 a Orientação do Professor
MÁRCIO ROCHA FRANCELINO**

Seropédica, RJ
Julho de 2008

INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NA REGENERAÇÃO NATURAL DE MATA ATÂNTICA

Manon Perdomo Corrêa

APROVADA EM: 11/07/2008

Banca Examinadora:

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

Prof. Carlos Rodrigues Pereira
DCA/IF/UFRRJ
Membro Titular

Julia Kishida Bochner
Mestranda PGCAF/UFRRJ
Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo toda minha gratidão e apresso aos meus pais Luciano e Marilse pois eles são minha estrutura. Serei eternamente grata pela educação, apoio e engrandecimento. E sempre os amarei incondicionalmente.

Ao meu irmão Luan pela paciência, carinho e por todo o amor despedido a mim.

A minha madrinha Valéria por ficar ao meu lado nos momentos de incertezas e novidades, agradeço por estar comigo no degrau inicial da minha jornada na universidade e por estar sempre perto, como anjo da guarda.

A minha avó Léa por todo o carinho e atenção, pois mesmo longe e com a saudade apertando o coração nunca deixou de me apoiar.

A amiga Thaís Garcia, minha companheira de república agradeço pela cumplicidade, amizade, apoio nas horas difíceis e companheirismos nos momentos de alegria.

Ao amigo Eduardo Castro pela amizade, parceria e disponibilidade de me ajudar nas horas em que mais precisei.

Ao professor Márcio Rocha, por todo o seu apoio e principalmente pela paciência e ensinamentos, pois acredito que serão de grande valia ao longo da minha jornada profissional.

Ao professor Carlos Alberto Moraes pela boa vontade e disposição de ensinar, agradeço pela contribuição nesse trabalho.

Aos amigos, em particular, Thiago por sempre estar me incentivando positivamente e me dando forças e ao Antônio José pelos ensinamentos e pela bela amizade que construímos.

E a todos verdadeiros amigos que conquistei ao longo dessa jornada e que sempre estiveram ao meu lado, não só nos momentos de diversão, mas sim quando precisei ao menos de uma palavra de apoio e conforto.

RESUMO

O sol é fonte primária de energia e exerce influência no regime térmico e no crescimento das plantas; em escala local a latitude e a topografia são os fatores mais influentes na distribuição da radiação. A análise da orientação das vertentes de uma determinada área é um instrumento eficaz para avaliar o grau de insolação e o nível de umidade a que estão expostas, permitindo a indicação de áreas mais favoráveis a processos de regeneração natural da cobertura florestal de remanescente da Mata Atlântica. Esse trabalho teve como objetivo estudar a relação entre a radiação e a presença de áreas com regeneração natural de Mata Atlântica por meio da modelagem da radiação difusa, direta e global e o número de horas de incidência de radiação solar direta em regiões dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais utilizando ferramentas de geoprocessamento. Com o uso de programas específicos foi possível efetuar interpolações e sobreposições de dados, gerando de forma rápida e eficiente uma série de novas informações relevantes. As curvas de nível obtidas do mapeamento sistemático do IBGE foram editadas de forma a inserir os valores de cotas, espaçadas de 20 em 20 metros, possibilitando a geração do modelo digital de elevação e dos mapas temáticos de uso do solo, orientação das vertentes do relevo, radiação global (RG), radiação direta, radiação difusa e número de horas de radiação direta (NH). Para obter uma correlação entre as características avaliadas e as áreas de regeneração foi utilizada a ferramenta *Zonal Statistics as Table* do ArcGis 9.2. A partir da avaliação dos resultados notou-se que no município de Paty do Alferes - RJ as vertentes do relevo que apresentam fragmentos em regeneração natural voltadas para sudoeste e para sudeste recebem a menor intensidade de radiação; em Rosário da Limeira - MG as vertentes voltadas para leste e para nordeste recebem a maior intensidade de radiação e em Vassouras - RJ a porção plana e a vertente nordeste do relevo que contêm fragmentos em processo de regeneração natural apresentam os maiores valores de radiação global média anual. Assim, há indícios de que a radiação solar exerce influência no processo de regeneração natural.

Palavras-Chave: Radiação global, vertentes e geoprocessamento.

ABSTRACT

The sun is the primary source of energy and influences the heat and the growth of plants; in a local scale the latitude and topography are the principal factors that influence the distribution of radiation. The analysis of the slope orientation of a given area is an effective tool to evaluate the degree of sunlight and moisture level which they are exposed, allowing the indication of the areas more favorable to the processes of natural regeneration of the Atlantic Forest. The purpose of this work was to evaluate the relation between radiation and the presence of areas with natural regeneration of the Atlantic Forest through the modeling of diffuse, direct and global radiation (RG) and the number of hours of direct solar radiation (NH) in regions of the States of Rio de Janeiro and Minas Gerais using geoprocessing tools. The use of specific softwares, permitted to make interpolations and overlapping of data, generating a series of new relevant information quickly and effectively a series of new relevant information. The curves of levels from the systematic survey of IBGE were edited to insert the values of quotas, spaced from 20 to 20 meters, allowing the generation of digital elevation model and thematic maps of soil use, direction of relief slopes, global radiation, direct radiation, radiation and diffuse number of hours of direct radiation. For a correlation between the characteristics evaluated and areas of regeneration was used the tool Zonal Statistics Table. From the evaluation of the results, it was noted that the municipality of Paty do Alferes the relief slopes contains fragments in natural regeneration turned at the southwest and southeast relief slopes receive the lower intensity of radiation; Rosario da Limeira in the east and northeast relief slope receive the highest intensity of radiation and in Vassouras the flat portion and the northeastern face of the relief contains fragments in the process of natural regeneration have the highest annual global average radiation. Therefore, there are signs that the process of natural regeneration is influenced by global radiation.

Key-words: Solar radiation, relief slopes and geoprocessing.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2.1 GEOPROCESSAMENTO	2
2.2 RADIAÇÃO SOLAR	2
2.3 VERTENTES DO RELEVO	4
2.4 MODELO DIGITAL DE ELEVACÃO (MDE)	4
2.5 MATA ATLÂNTICA	5
2.5.1 REGENERAÇÃO NATURAL	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	6
3.1.1 PATY DO ALFERES	6
3.1.2 ROSÁRIO DA LIMEIRA	7
3.1.3 VASSOURAS	8
3.2 REGENERAÇÃO NATURAL.....	9
3.3.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACÃO.....	10
3.3.2 USO DO SOLO	10
3.3.3 ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES DO RELEVO	10
3.3.4 RADIAÇÃO	11
3.3.5 ZONAL	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 PATY DO ALFERES	11
4.2 ROSÁRIO DA LIMEIRA	18
4.3 VASSOURAS	25
5. CONCLUSÃO.....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes da radiação solar ao nível do solo (modificada de Fu & RICH, 2000)	3
Figura 2. Limite da APA Palmares no município de Paty do Alferes - RJ.....	7
Figura 3. Limite da área de estudo na Fazenda Iracambi localizada no município de Rosário da Limeira - MG.....	8
Figura 4. Limite da área de estudo na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.....	9
Figura 5. Áreas em regeneração natural na APA Palmares - RJ.....	12
Figura 6. Modelo digital de elevação da APA Palmares - RJ.....	12
Figura 7. Orientação das vertentes do relevo da APA Palmares - RJ.....	13
Figura 8. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na APA Palmares - RJ.....	13
Figura 9. Horas de radiação direta incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.....	14
Figura 10. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da APA Palmares - RJ que apresentam fragmentos em regeneração natural.....	15
Figura 11. Radiação direta incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.....	16
Figura 12. Radiação difusa incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.....	16
Figura 13. Radiação global média anual incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007...	17
Figura 14. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.....	18
Figura 15. Áreas em regeneração natural na Fazenda Iracambi - MG.....	19
Figura 16. Modelo digital de elevação da Fazenda Iracambi - MG.....	19
Figura 17. Orientação das vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG.....	20
Figura 18. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na Fazenda Iracambi - MG.....	20
Figura 19. Horas de radiação direta incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007...	21
Figura 20. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG que apresentam fragmentos em regeneração natural.....	22
Figura 21. Radiação direta incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.....	23
Figura 22. Radiação difusa incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.....	23
Figura 23. Radiação global média anual incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.....	24
Figura 24. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.....	25

Figura 25. Áreas em regeneração natural na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ	26
Figura 26. Modelo digital de elevação da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.	26
Figura 27. Orientação das vertentes do relevo da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.....	27
Figura 28. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.....	28
Figura 29. Horas de radiação direta incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.	29
Figura 30. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da sudoeste do município de Vassouras - RJ que apresentam fragmentos em regeneração natural.....	29
Figura 31. Radiação direta incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.....	30
Figura 32. Radiação difusa incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.....	31
Figura 33. Radiação global média anual incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.....	32
Figura 34. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de orientação das vertentes do relevo..	10
Tabela 2. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da APA Palmares - RJ.	18
Tabela 3. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG..	25
Tabela 4. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.	33

1. INTRODUÇÃO

O sol é fonte primária da energia e exerce influência no regime térmico e no crescimento das plantas. Entretanto, apenas 1/200.000 da energia total emitida pelo sol, atinge a superfície da Terra e grande parte desta radiação é dissipada e distribuída pelos componentes da atmosfera terrestre (BAVER *et al.*, 1972). Da energia líquida que atinge a superfície terrestre, aproximadamente 10% é utilizada para o aquecimento do solo, sendo de vital importância para os processos ocorrentes no mesmo e no crescimento de plantas (BRADY & WEIL, 1996).

A variação na radiação solar, em âmbito global, é ocasionada pela inclinação do eixo da Terra e sua revolução ao redor do Sol. Entretanto, quando a distribuição da radiação é avaliada em escala local, nota-se que os fatores mais influentes são a topografia, sendo influenciada pela forma do terreno, pela orientação e inclinação da vertente do relevo e a latitude, que influencia o ângulo de incidência da radiação na superfície terrestre. Os efeitos da latitude também podem ser simulados em pequenas escalas por meio de mudanças na exposição do terreno e no grau de declividade, sendo essas diferenças em exposição de significância ecológica, agrícola (BAVER *et al.*, 1972) e florestal.

No hemisfério Sul, a trajetória aparente do Sol sofre uma declinação para o norte. Essa inclinação é máxima nos solstícios de inverno (aproximadamente 22 de junho) para o norte, mínima no verão (22 de dezembro) e nula quando a declinação do Sol apresentar valor igual à latitude do ponto estudado. Devido à declinação para o norte no inverno, os raios solares incidem de forma mais constante nas vertentes voltadas para o norte, esse efeito é mais pronunciado quanto maior a movimentação do relevo. A interceptação ou tangenciamento dos raios em uma superfície interferem na quantidade de energia transmitida. Assim, as vertentes do relevo voltadas para norte recebem mais energia em relação àquelas voltadas para o sul, tendo como consequência uma maior evapotranspiração potencial, um menor teor de umidade, menor resiliência e possíveis diferenças em suas propriedades químicas e físicas.

Essa heterogeneidade espacial e temporal de energia solar determina muitos processos da Terra que possuem efeito direto sobre a sociedade humana (HOFIERKA & ŠÚRI, 2002). Tendo em vista que muitas áreas apresentam uma maior amplitude na intensidade de radiação, principalmente em regiões de relevo acidentado, a avaliação da incidência de radiação solar em escala local é fundamental para obtenção de informações a respeito de sua disponibilidade e previsão para o desenvolvimento de projetos de aproveitamento da mesma, principalmente na agricultura e nas áreas florestais.

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). 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. 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.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre a radiação e a presença de áreas com regeneração natural de Mata Atlântica por meio da modelagem da radiação difusa, direta e global (RG) e o número de horas de incidência de radiação solar direta (NH) em regiões dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais utilizando ferramentas de geoprocessamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Geoprocessamento

Geoprocessamento é uma ferramenta de suma importância para o levantamento e processamento de informações relacionadas a questões ambientais. Utilizando programas específicos é possível efetuar interpolações ou sobreposições de dados, gerando de forma rápida e eficiente uma série de novas informações relevantes, tais como determinação do modelo digital de elevação do terreno, orientação das vertentes do relevo, declividade e intensidade de radiação.

Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre bases de dados georreferenciados existentes e originados do sensoriamento remoto, da cartografia digital ou de qualquer outra fonte, executa classificações e outras transformações dirigidas à elucidação da organização do espaço geográfico (SILVA, 2001). Já para Mundim (2001) o geoprocessamento é um conjunto de ferramentas e técnicas usadas para interpretar, analisar e compreender o espaço em diferentes perspectivas.

Para Rodrigues (1987), trata-se de uma tecnologia de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento de sistemas que as utilizam. Assim, a grande contribuição do geoprocessamento é a possibilidade de integração das informações ambientais, fornecendo uma visão sobre os diversos componentes do ambiente (ASSAD & SANO, 1998; DIAS *et al.*, 2002; FARIA, 2003).

2.2 Radiação Solar

Uma das principais fontes de energia primária da Terra é a proveniente do sol, sendo responsável pela distribuição da fauna e flora no planeta e ainda, exerce influência direta nas atividades de todos os seres vivos, como também nas condições de tempo e clima. Assim, pode-se afirmar que de maneira geral todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos ocorridos na litosfera estão direta ou indiretamente relacionados com a quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície.

A radiação solar global (RG) é a quantidade de energia que chega a superfície da Terra na forma de radiação de ondas curtas, após sofrer interações com a atmosfera. Ela é constituída da radiação solar direta e radiação solar difusa (VIANELLO & ALVES, 2000) (Figura 1).

A radiação direta é a energia que chega diretamente na superfície do solo e a radiação difusa é composta pela energia proveniente das demais direções, correspondendo à radiação que é difundida na atmosfera devido à presença de partículas diversas. Em dias que o céu apresenta-se descoberto a radiação direta é maior que a radiação difusa, uma vez que esta representa cerca de 15% da radiação que chega à superfície terrestre.

De acordo com Iqbal (1978) a radiação difusa em dado instante depende de fatores importantes como altitude e latitude do local, da declinação e do ângulo de elevação do Sol, do índice de turbidez, da quantidade de vapor presente na atmosfera e da nebulosidade. Segundo esse mesmo autor, em condições de céu descoberto e ausência de partículas sólidas em suspensão, aproximadamente metade da radiação solar difusa retorna ao espaço e a outra metade é enviada para a superfície da Terra.

Toda energia absorvida pela superfície subtraída da energia que foi emitida por ela é conhecida como saldo de radiação, constituído pelo Balanço de Ondas Curtas (BOC) e Balanço de Ondas Longas (BOL), este corresponde ao saldo de energia entre a radiação emitida pelo sistema solo-planta-atmosfera e a contra-radiação atmosférica. Esta depende, basicamente, da temperatura do ar, quantidade de vapor d'água presente na atmosfera e da cobertura de nuvens, enquanto a radiação emitida pelo sistema solo-planta-atmosfera depende da temperatura do solo e da sua emissividade (VIANELLO *et al.*, 2000).

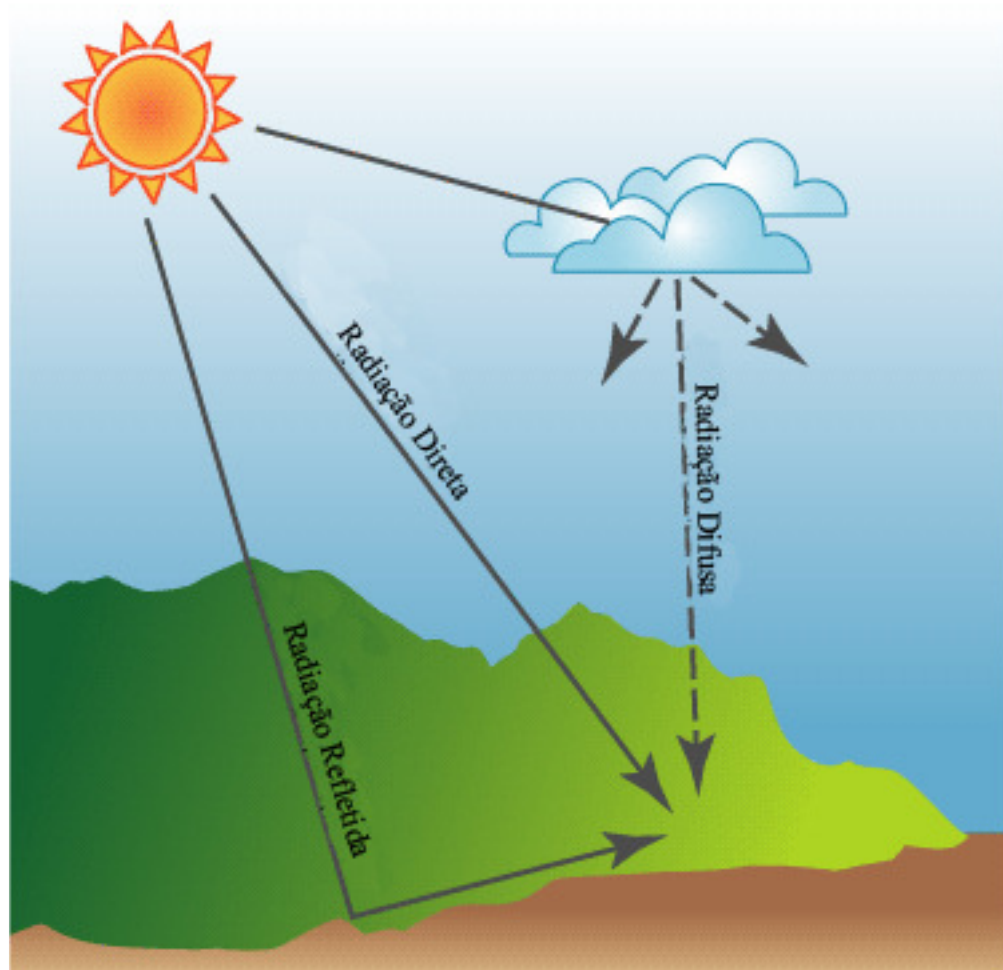


Figura 1. Componentes da radiação solar ao nível do solo (modificada de Fu & RICH, 2000).

O saldo de radiação sobre um dossel vegetal representa a quantidade de energia na forma de ondas eletromagnéticas que este dispõe para repartir entre os fluxos de energia necessários aos processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo e para a fotossíntese (TUBELIS *et al.*, 1980). Ou seja, o saldo de radiação resulta das trocas de energia estabelecidas na atmosfera, as quais estão condicionadas pelo fluxo de radiação emitido pelo sol e refletido pela superfície, constituído predominantemente por radiação de ondas curtas e pelas radiações de ondas longas emitidas pela atmosfera e superfície terrestre, respectivamente.

Devido à importância da radiação, diversos pesquisadores têm realizado estudos objetivando determinar o balanço de radiação solar, dando ênfase principalmente ao saldo de radiação em florestas, pastagens ou cultivos. 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 apresentou um percentual 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.

Em estudo realizado por Firme Sá & Fernandes Filho (2007), no município de Antônio Dias - MG foram encontrados valores maiores de radiação global nas vertentes voltadas para norte, quando comparado com as vertentes voltadas para o sul.

Francelino *et al.* (2007) analisaram a influência da radiação solar na distribuição das comunidades vegetais nas áreas livres de gelo na Antártica, encontrando valores superiores à média de toda a área nos pontos ocupados com algum tipo de cobertura vegetal, com exceção de algumas comunidades de briófitas em locais de terraços marinhos.

2.3 Vertentes do Relevo

No hemisfério sul as vertentes orientadas para norte recebem maior irradiância solar, enquanto que as vertentes voltadas para o sul recebem menor incidência solar, sendo, portanto, menos privilegiadas quanto à insolação.

Para Lombardo (1996) o fluxo de radiação que chega a uma vertente bastante inclinada e posicionada em direção norte, em áreas subtropical austral, será mais intenso do que outra, com a mesma inclinação e no mesmo local, posicionada em direção sul.

Em relação às vertentes voltadas para leste, Neves (1989) afirma que estas apresentam um beneficiamento quanto ao conforto térmico, sendo favoráveis principalmente à ocupação urbana, já que a insolação ocorre de forma direta pela manhã, período em que as temperaturas são mais amenas. Desta maneira, apresentam-se adequadas para a implantação de projetos que visem a restauração da floresta. Já as vertentes orientadas para oeste caracterizam-se, segundo Neves (1982) como as mais desfavoráveis quanto à incidência solar e ao conforto térmico, pois recebem a radiação solar direta durante toda a tarde, período em que a temperatura é mais elevada.

2.4 Modelo Digital de Elevação (MDE)

O Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno é uma representação matemática computacional da ocorrência de um determinado fenômeno espacialmente distribuído numa região limitada da superfície terrestre (ROCHA, 2002; ZANETTI *et al.* 2004). É caracterizado como um modelo numérico das características do terreno, ou seja, um vetor de números que representa a distribuição espacial de um conjunto de propriedades do terreno.

Assim, o modelo digital de elevação é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, representando a realidade em três dimensões e tendo, ainda, como subprodutos, os mapas de declividade e exposição.

Os modelos digitais são freqüentemente utilizados para gerar dados derivados, sendo sua variação no espaço geodésico contínuo suavizado por métodos de interpolação espacial, os quais podem ajustar, de forma global, uma superfície matemática para toda uma área de interesse, ou então, se dedicar ao ajuste local das descontinuidades em partes da região (BORGES *et al.*, 2003).

Um MDE confere subsídios para estudos de viabilidade e para os processos de planejamento, elaboração e implantação de projetos. Felgueiras (2001) descreve quatro itens como sendo os mais importantes usos do modelo digital do terreno:

- a) Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- b) Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- c) Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio à análise de geomorfologia e erodibilidade;
- d) Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

2.5 Mata Atlântica

No século XVI o Brasil se caracterizava pela presença de uma densa cobertura florestal praticamente contínua e muito diversificada em sua constituição fitofisionômica e florística. Estendia-se ao longo da costa, com amplas extensões para o interior, cobrindo quase a totalidade dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, além de partes dos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. Após séculos de atividades antrópicas, a Mata Atlântica foi reduzida a cerca de cinco a oito por cento de sua área original (FRANKLE *et al.*, 2005).

A Mata Atlântica é uma das áreas prioritárias do planeta para a conservação, sendo reconhecida pela UNESCO como Reserva da Biosfera. É o bioma brasileiro que mais sofreu e ainda vem sofrendo intensos e persistentes processos de degradação, por isso constitui uma das regiões identificadas como *Hotspot*, ou seja, áreas de alto índice de diversidade e de endemismo e, ao mesmo tempo, sujeita a grande pressão antrópica (MITTERMEIER *et al.*, 1998; SILVA, 2002).

Devido ao intenso desmatamento, encontra-se hoje excessivamente fragmentada, formando um mosaico de poucas áreas relativamente extensas, as quais estão concentradas principalmente nas regiões sul e sudeste (zonas núcleo de preservação de acordo com o Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica), e uma porção maior composta de fragmentos menores, geralmente isolados, em diversos estágios de sucessão e degradação (GUATURA *et al.*, 1996).

Em função das poucas áreas remanescentes de florestas primárias da Mata Atlântica, as florestas secundárias exercem hoje algumas funções ou serviços ambientais cruciais no equilíbrio do clima, no seqüestro de carbono, na preservação do solo, na manutenção dos mananciais de água, no controle de pragas e doenças na agricultura e na manutenção e sobrevivência das muitas espécies da flora e fauna (SCHÄFFER & PROCHNOW, 2002).

Segundo Souza *et al.* (2002) os fragmentos remanescentes encontram-se em estágio de sucessão secundária, intensamente alterados e empobrecidos em sua composição florística. Dessa forma, para que o atual quadro de degradação seja minimizado é importante conhecer a funcionalidade da floresta e buscar alternativas que promovam a sustentabilidade de uso dos seus recursos naturais. Portanto, estudos a respeito dos fatores que controlam a regeneração natural e a restauração de seus remanescentes são de suma importância para a conservação da floresta.

2.5.1 Regeneração natural

Em geral, as florestas tropicais possuem alta capacidade de regeneração natural, principalmente se estiverem próximas a uma fonte de propágulos e se as terras abandonadas não tiverem sido submetidas a um uso intenso (GUARIGUATA & OSTERTAG, 2002).

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), como também da distância entre os remanescentes florestais. 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).

Embora seja difícil avaliar quanto um sistema ou comunidade vegetal é resiliente (devido os processos funcionais e interações da floresta tropical serem, em geral, pouco conhecidos particularmente em longo prazo), a capacidade de regeneração de um sistema após impacto pode refletir a resiliência e servir como ferramenta para estabelecer estratégias e prioridades para sua conservação e restauração (SCARANO *et al.*, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área

3.1.1 Paty do Alferes

O Município de Paty do Alferes está situado no sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se nos contrafortes da Serra do Mar, sob latitude 22° 24' 16'' S e longitude 43° 24' 71'' O e possui uma área de 319 km², ocupando 10,5 % da região Centro Sul Fluminense.

A Área de Proteção Ambiental (APA) Palmares (Figura 2) está localizada na região Sul do município e possui 1.485,50 hectares. Próximo a região situam-se a APA Guandu e a Reserva Biológica Tinguá, gerando um potencial para a formação de um grande corredor ecológico.

O clima é classificado como Cw, segundo a classificação de Köppen; temperado, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C (EMBRAPA, 2000), temperatura média anual de 21,5°C e média pluviométrica anual de 1.259 mm. Possui relevo acidentado, com terras que apresentam alto grau de suscetibilidade a terras com ligeira suscetibilidade à erosão (COUTINHO *et al.*, 1994; RAMALHO *et al.*, 2000).

O distrito de Avelar, pertencente ao município de Paty do Alferes, está localizado em região limítrofe com o município de Vassouras e apresenta segundo Embrapa (2000), precipitação média anual de 1.196mm e temperatura média anual de 20,7°C.

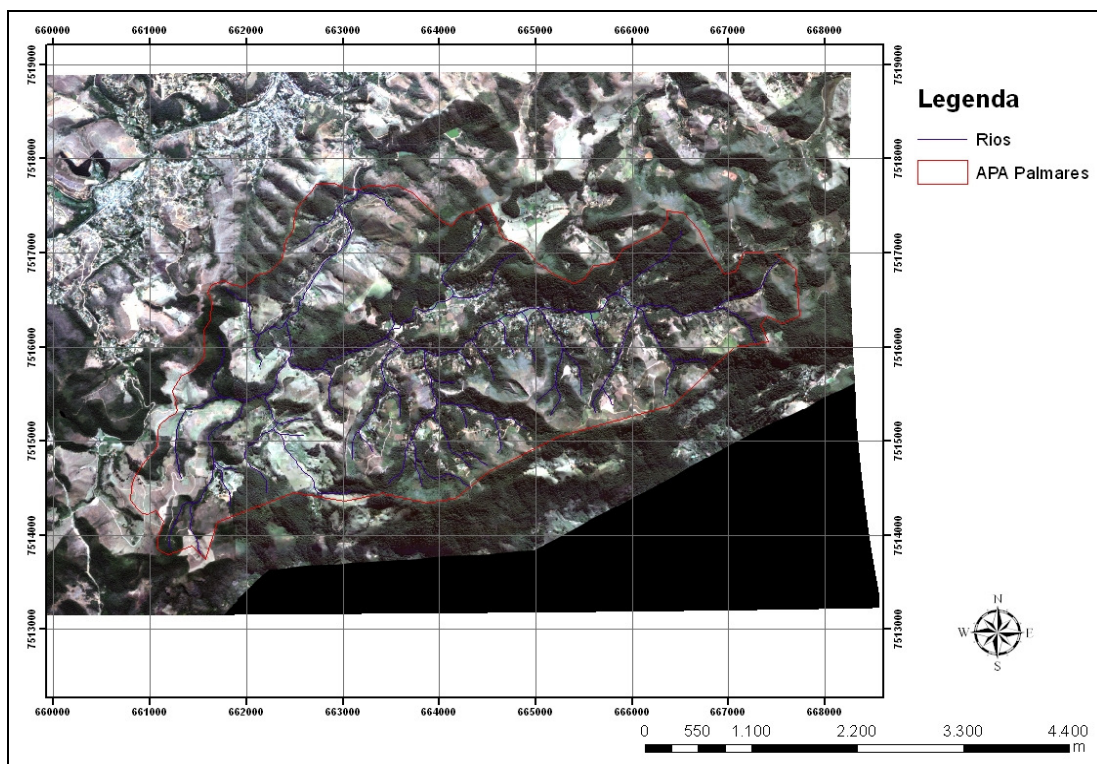


Figura 2. Limite da APA Palmares no município de Paty do Alferes - RJ.

3.1.2 Rosário da Limeira

O município de Rosário da Limeira localiza-se no Estado de Minas Gerais, na Mesoregião da Zona da Mata, inserido na bacia do rio Paraíba do Sul, sob a latitude 20° 58' 36'' S e longitude 42° 30' 18'' O. A Fazenda Iracambi, área foco do estudo, encontra-se nesse município (Figura 3) e possui 200 hectares de floresta em diferentes fases de regeneração, incluindo 70 hectares declarados como Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), além de abrigar o Centro de Pesquisas Iracambi.

Nessa região localiza-se a Serra do Brigadeiro que concentra a maior área contínua de Mata Atlântica existente no estado, com área total de 2.944 km², correspondendo a 8,4% da superfície da Zona da Mata. Encontra-se incrustada na Serra da Mantiqueira e apresenta uma paisagem dominada por montanhas, vales, chapadas e encostas que proporcionam a formação de diversos cursos d'água que abastecem as bacias dos rios Paraíba do Sul e rio Doce. A Fazenda Iracambi está situada no entorno dessa serra, onde a altitude e o relevo amenizam as temperaturas criando um clima tipicamente de altitude, dessa forma, apresenta clima moderadamente frio, com média de 10°C no inverno e 30°C no verão.

A Mata Atlântica era originalmente a cobertura vegetal dominante, entretanto foi devastada e atualmente é restrita a exíguas áreas fragmentadas, sendo a atividade agropecuária o principal fator de sua redução.

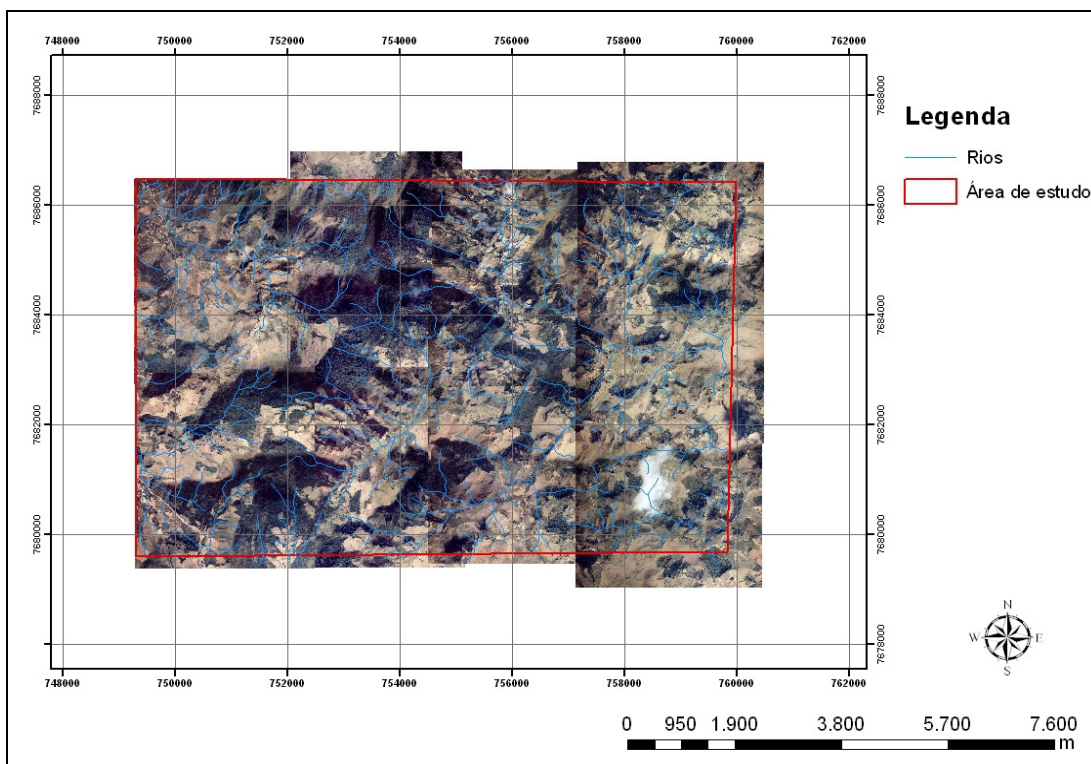


Figura 3. Limite da área de estudo na Fazenda Iracambi localizada no município de Rosário da Limeira - MG.

3.1.3 Vassouras

O município de Vassouras está localizado na região sul fluminense, possui área territorial de 552 km² (IBGE, 2007) e encontra-se entre a latitude 22° 24' 16'' e a longitude 43° 39' 47'' O.

A área de estudo compreende 157,27 km² da porção sudoeste do município (Figura 4) estando inserida no domínio da Mata Atlântica e, como todo o Vale do Paraíba do Sul, era coberta por formações florestais que perduraram sem significativas alterações até início do século XIX (GOLFARI & MOOSMAYER, 1980). A partir do início dos ciclos econômicos na região, a área de estudo foi progressivamente sendo substituída 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.

Segundo Köppen (1948), o clima da região é classificado como Cwa, ou seja, mesotérmico úmido com temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente. O verão é a época de maior concentração de chuvas, sendo estas pouco expressivas no inverno (NIMER, 1979). As temperaturas médias mensais obtidas das seis estações meteorológicas de Vassouras, para 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).

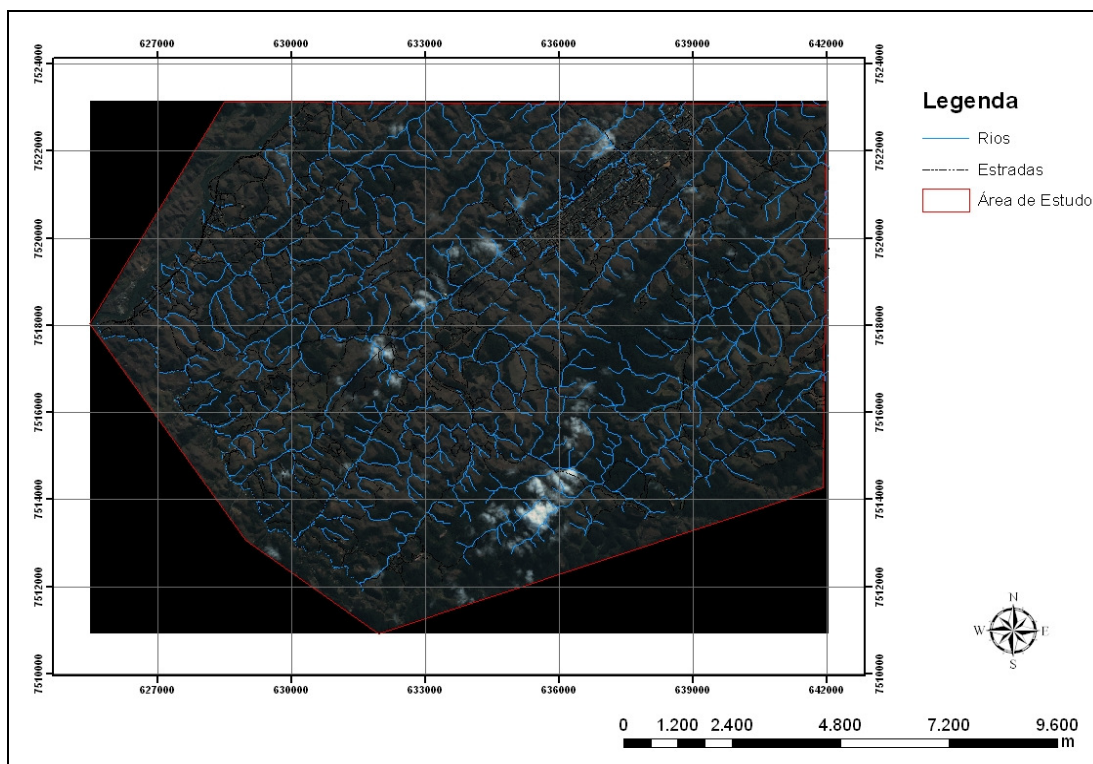


Figura 4. Limite da área de estudo na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

3.2 Regeneração Natural

As áreas em regeneração natural foram consideradas aquelas que apresentam cobertura florestal em estágio inicial de sucessão na forma de fragmentos isolados ou não, conforme a deliberação contida na Resolução CONAMA nº 010, de 01 de outubro de 1993, na qual estágio inicial é definido como:

- a) fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta;
- b) espécies lenhosas com distribuição diamétrica de pequena amplitude;
- c) epífitas, se existentes, são representadas principalmente por líquens, briófitas e pteridófitas, com baixa diversidade;
- d) trepadeiras, se presentes, são geralmente herbáceas;
- e) serapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não;
- f) diversidade biológica variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar plântulas de espécies características de outros estágios;
- g) espécies pioneiras abundantes;
- h) ausência de subosque.

Essas áreas foram passíveis de identificação nas imagens devido à alta resolução espacial das mesmas. A princípio, avaliou-se o padrão de textura que essa classe de cobertura do solo apresentou em contraste com as demais classes, principalmente com o padrão textural de floresta secundária em estágio avançado de sucessão.

3.3 Geoprocessamento

Todos os dados vetoriais foram gerados no formato shapefile, específico do software ArcView, com projeção UTM (Universal Transverse Mercator) e datum SAD69 (South América Datum de 1969).

As curvas de nível foram obtidas dos mapeamentos sistemáticos do IBGE, especificamente das cartas: SF-23-Z-B-I-3, correspondente a área de estudo localizada no município de Paty do Alferes; SF-23-X-B-VI-3 do município de Rosário da Limeira e SF-23-Z-A-III-4 e SF-23-Z-A-III-3 relativas à área de estudo no município de Vassouras. Seu formato inicial foi transformado para shapefile no ArcView GIS 3.2a. Posteriormente, no ArcGIS 9.2 sua unidade de medição foi transformada de quilômetros para metros. A seguir foram editadas de forma a inserir os valores de cotas, espaçadas de 20 em 20 metros (escala 1:50.000), para possibilitar a geração do modelo digital de elevação e dos mapas temáticos.

3.3.1 Modelo digital de elevação

Com base nas curvas de nível, o modelo digital de elevação (MDE) foi gerado no ArcGIS 9.2, usando o comando *Topo to Raster* (em *3D Analyst Tools >> Raster Interpolation*), que possibilitou a elaboração do mapa de altimetria com resolução espacial de 20 metros.

3.3.2 Uso do solo

O mapa de uso do solo foi gerado no ArcGIS 9.2 a partir da metodologia de interpretação visual do mosaico de imagens *QuickBird* de 2006 (Vassouras e Paty dos Alferes) e de fotos aéreas de 2005 (Rosário da Limeira). O uso dessas imagens permitiu boa visualização dos elementos da paisagem, possibilitando assim, identificar a classe de uso do solo da regeneração natural, de acordo com as características da área.

3.3.3 Orientação das vertentes do relevo

A partir do modelo digital de elevação foi utilizado o comando *aspect* (em *Spatial Analyst Tools >> surface*) do ArcGIS 9.2 para gerar o mapa de orientação das vertentes. As vertentes foram separadas em 9 classes, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de orientação das vertentes do relevo.

Vertente	Orientação	Cor
Plano	-1° e 0°	cinza
Norte	0° a 22,5° e 337,5° a 360°	vermelho
Nordeste	22,5° a 67,5°	laranja
Leste	67,5° a 112,5°	amarelo
Sudeste	112,5° a 157,5°	verde
Sul	157,5° a 202,5°	azul claro
Sudoeste	202,5° a 247,5°	azul
Oeste	247,5° a 292,5°	azul escuro
Noroeste	292,5° a 337,5°	rosa

3.3.4 Radiação

Para a elaboração dos mapas de radiação executou-se o comando *Area Solar Radiation* (em *Spatial Analyst Tools >> Solar Radiation*) do *software* ArcGIS 9.2 (FU & RICH, 2002) que permitiu calcular a distribuição de radiação global (RG), radiação direta, radiação difusa e número de horas de radiação direta (NH). Foi feita uma tabulação para observar a influência da orientação das vertentes do terreno na RG e NH.

Geralmente, a maior componente da radiação é a direta, seguida pela difusa. A radiação refletida constitui apenas uma pequena porção do total de radiação, exceto para localidades que apresentam elevado índice de reflexão, a exemplo das áreas cobertas por neve. Por isso, a ferramenta *Spatial Analyst Tools* do ArcGis 9.2 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 focos do estudo, baseado no algoritmo desenvolvido por Rich *et al.* (1994), e modificado por Fu & 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.

3.3.5 Zonal

Para obter uma correlação entre as características avaliadas e as áreas em processo de regeneração natural foi utilizada a ferramenta *Zonal Statistics as Table* (em *Spatial Analyst Tools >> Zonal*) do *software* ArcGis 9.2. Os dados de entrada dessa ferramenta podem ser *raster* de valor inteiro ou pontos flutuantes. Independentemente dos valores de entrada, uma série de campos foi criada na tabela de saída como o contador, área, valor mínimo, valor máximo, soma, média e desvio padrão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Paty do Alferes

A APA Palmares possui 285,5 ha, dos quais 19,2 % são áreas em processo de regeneração natural (Figura 5). A altitude da área em estudo varia de 676 a 1.216 metros (Figura 6). Esta associação de altas altitudes e relevo acidentado faz com que essa região seja grande produtora de água, concentrando 44 nascentes (NASSER, 2008).

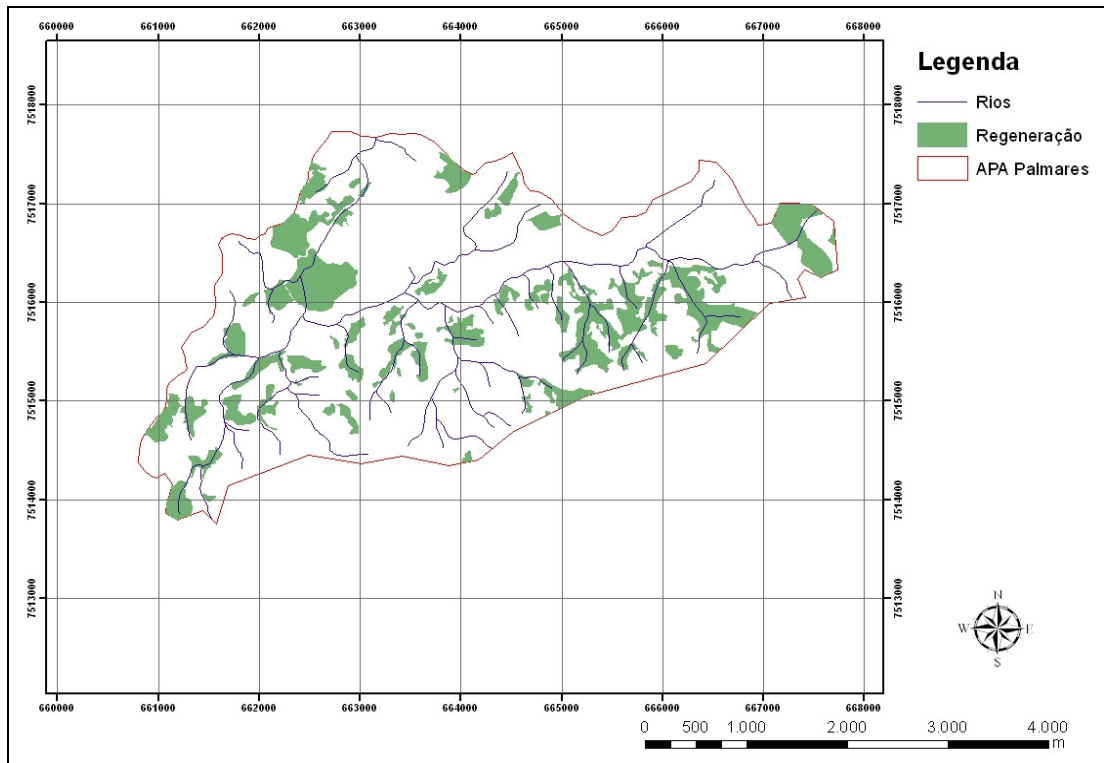


Figura 5. Áreas em regeneração natural na APA Palmares - RJ.

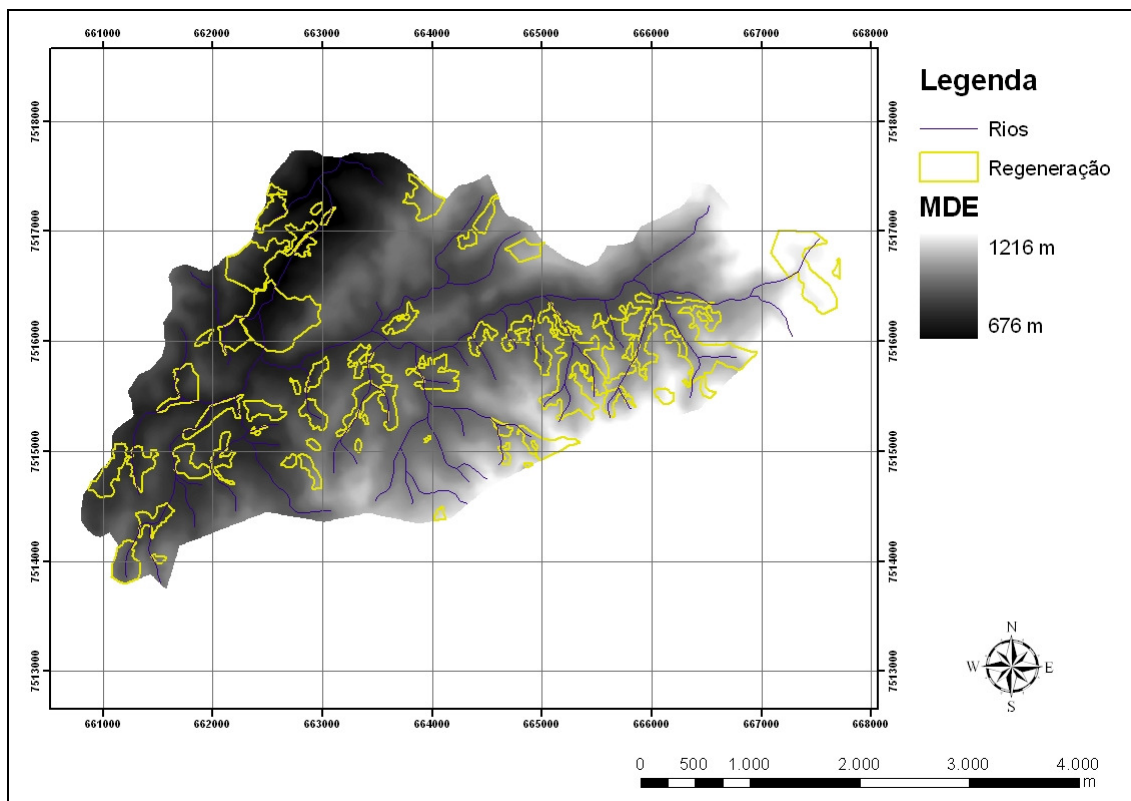


Figura 6. Modelo digital de elevação da APA Palmares - RJ.

As vertentes voltadas para norte e as áreas planas, não apresentaram nenhum fragmento em processo de regeneração natural (Figura 7). Enquanto as áreas em processo de regeneração natural estão localizadas, em sua maioria, nas vertentes do relevo voltadas para sudoeste, sul e sudeste; correspondendo a 76,1% da área total (Figura 8).

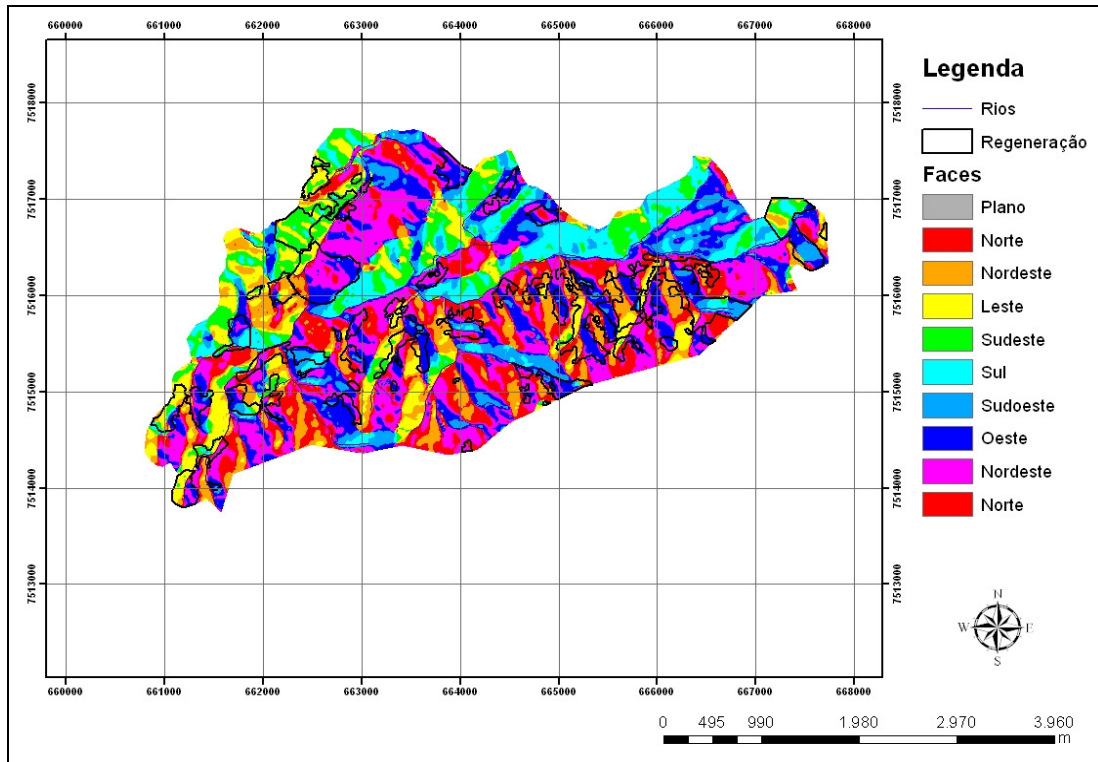


Figura 7. Orientação das vertentes do relevo da APA Palmares - RJ.

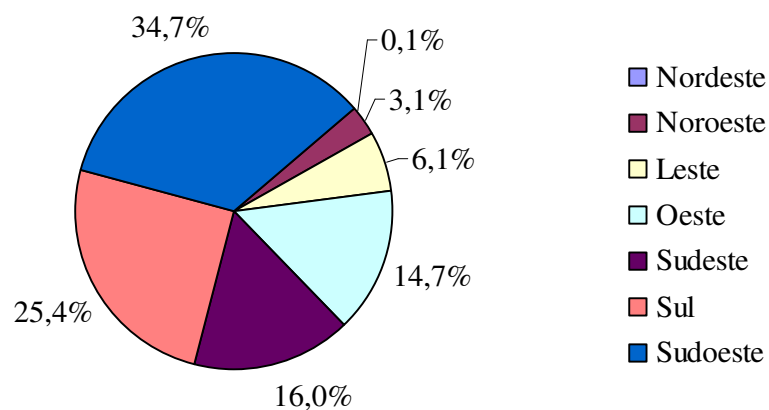


Figura 8. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na APA Palmares - RJ.

A região apresenta valores relativamente elevados com relação às horas de incidência de radiação solar, sendo os valores maiores encontrados em locais distintos e não muito próximos entre si. Já os menores valores de horas de radiação são correspondentes às áreas próximas aos rios. Na área dos fragmentos em regeneração observam-se valores intermediários (Figura 9).

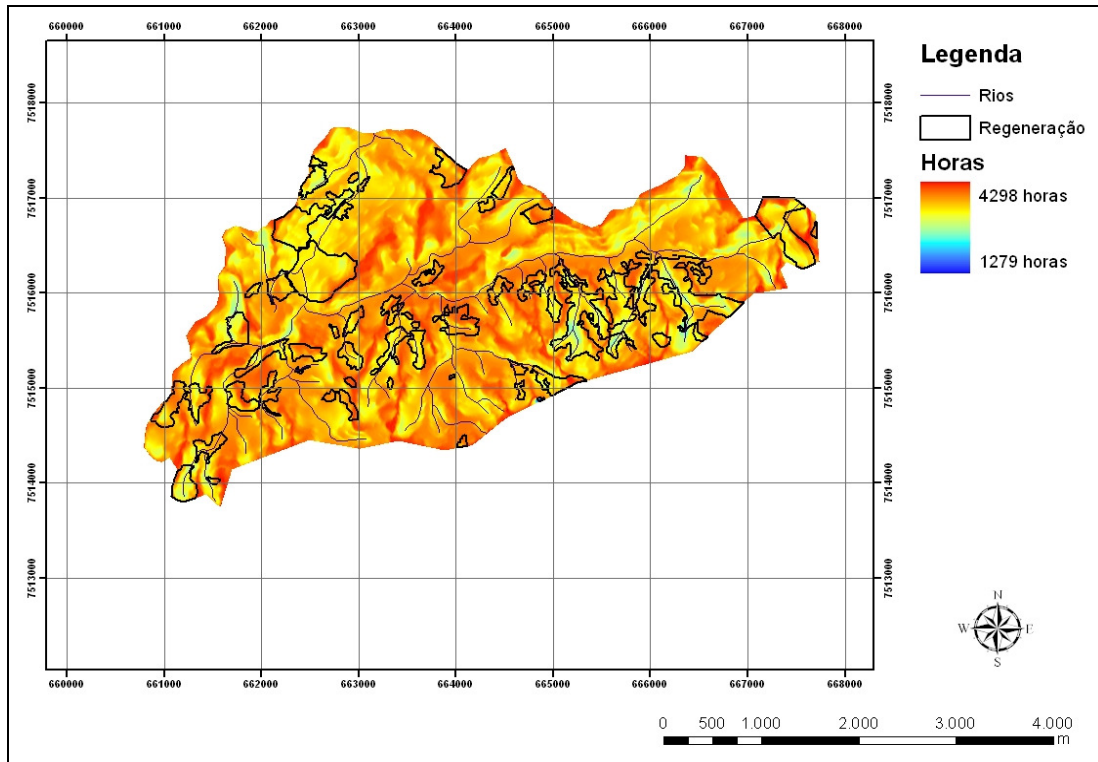


Figura 9. Horas de radiação direta incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.

A variação do número de horas de radiação direta entre as vertentes foi elevada, correspondendo a 262,5 horas. As vertentes do relevo que apresentaram maiores valores de horas de radiação foram as vertentes voltadas para nordeste (3.703,1 horas) e a vertente voltada para o sul (3.670,2 horas). Enquanto que as vertentes voltadas para leste e para sudeste apresentaram os menores números de horas de radiação solar 3.440,6 horas e 3.449,3 horas (Figura 10).

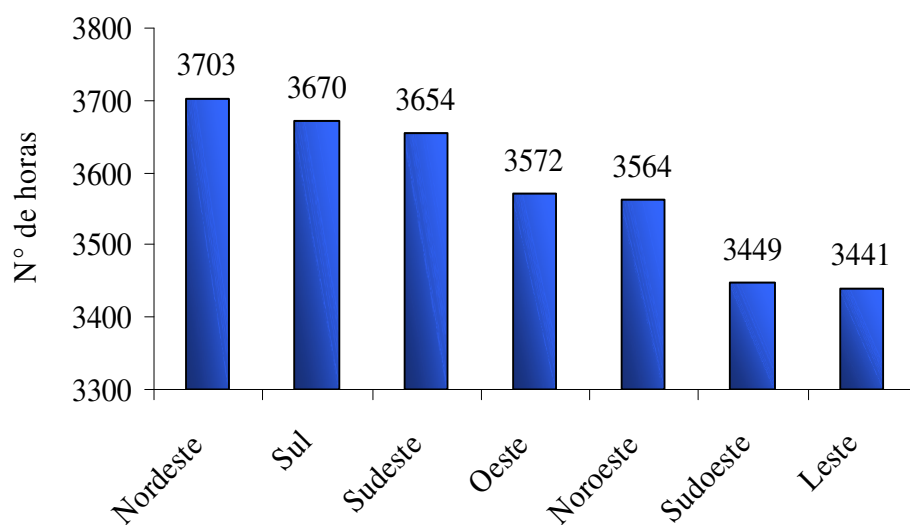


Figura 10. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da APA Palmares - RJ que apresentam fragmentos em regeneração natural.

A intensidade da radiação direta incidente na área é significativa, com tendência a altas intensidades na maior parte da área analisada (Figura 11). Já a radiação difusa apresenta os valores mais elevados em locais restritos (Figura 12). Entretanto ambas apresentam menores valores nos locais próximos aos cursos dos rios.

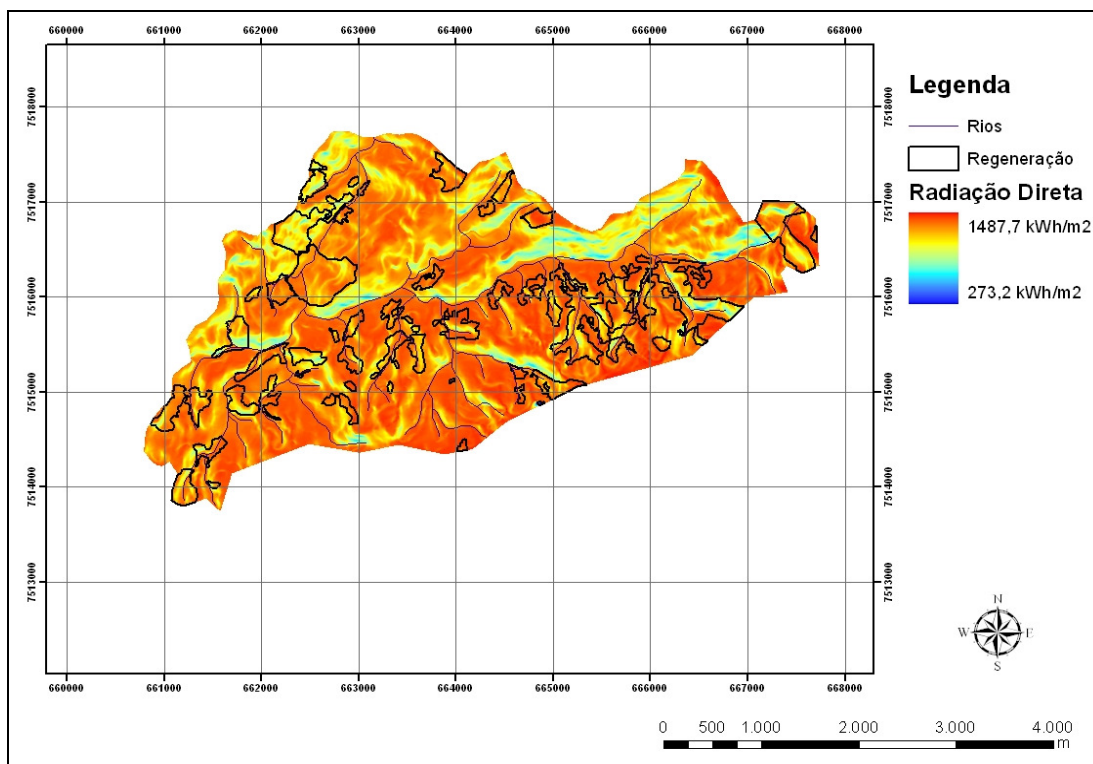


Figura 11. Radiação direta incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.

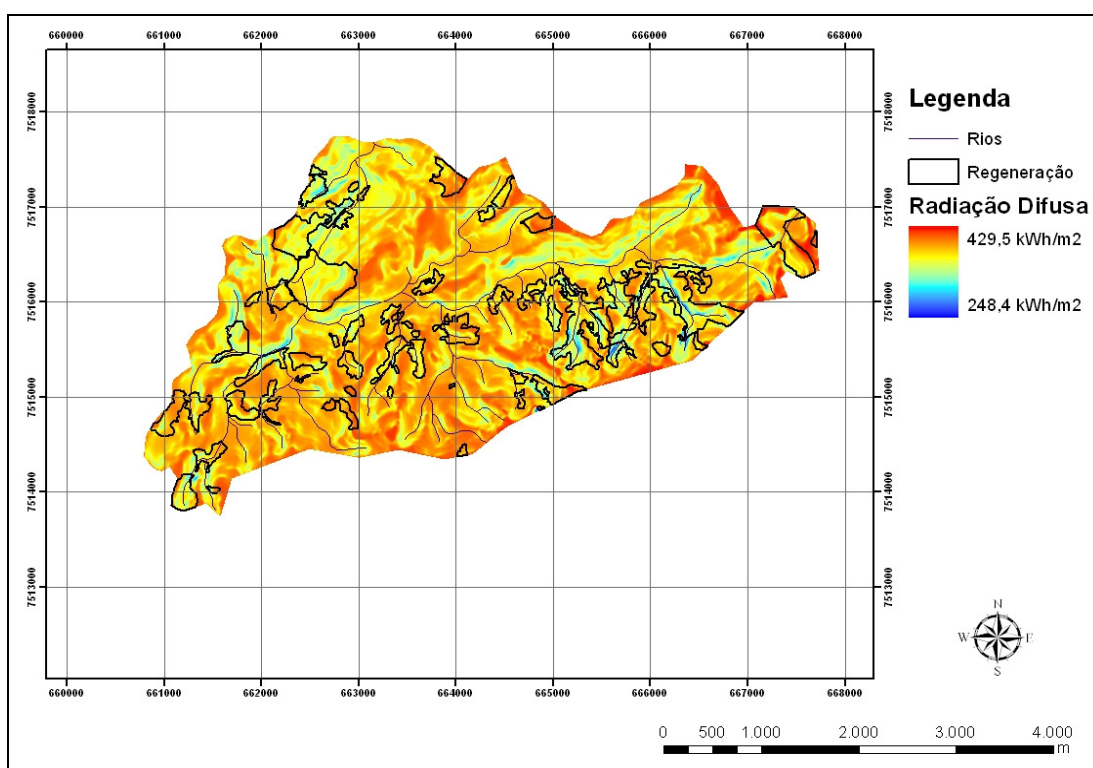


Figura 12. Radiação difusa incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.

Na latitude da APA Palmares a radiação global média anual apresentou os valores mais baixos nas áreas próximas aos cursos dos rios e os valores mais elevados encontram-se distribuídos em toda a área (Figura 13).

As vertentes do relevo que contêm fragmentos em regeneração natural voltadas para sudoeste e para sudeste recebem a menor intensidade de radiação, apresentando radiação média anual de 1.576,8 kWh/m² e 1.596,5 kWh/m², respectivamente (Figura 14), enquanto que as vertentes voltadas para nordeste apresentaram o maior valor de radiação global média anual (1.799,1 kWh/m²), seguida das vertentes voltadas para sul que apresentaram média anual inferior (1.699,7 kWh/m²) (Tabela 2).

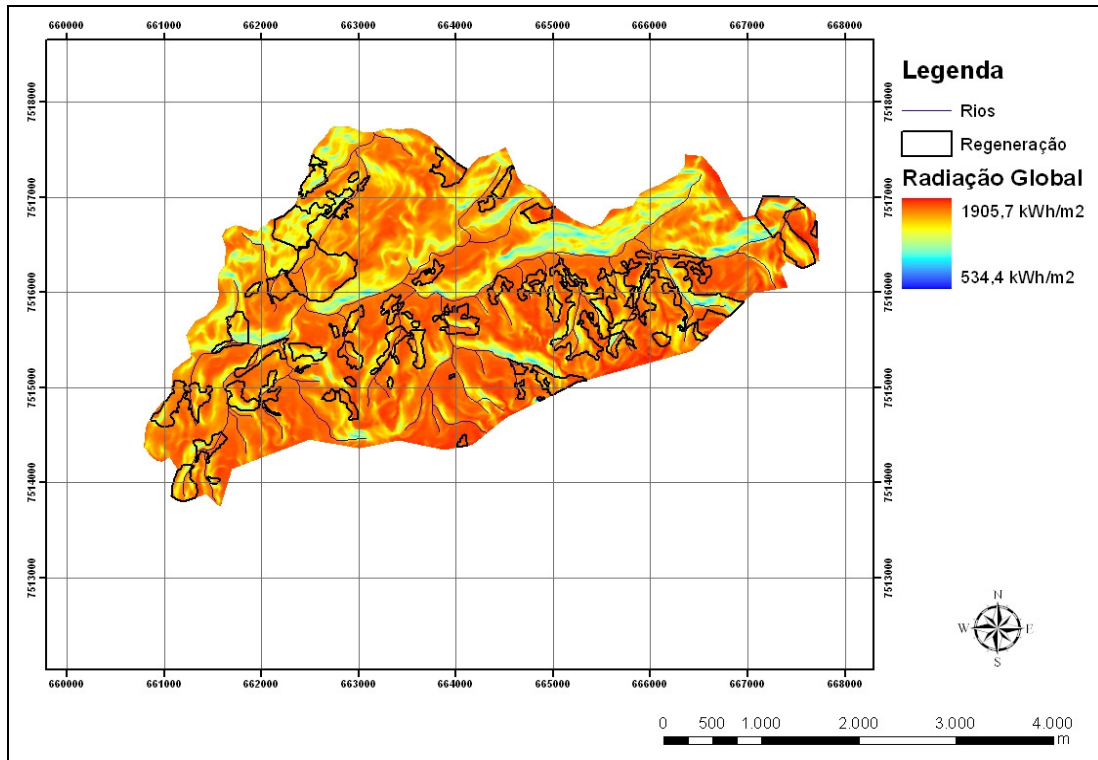


Figura 13. Radiação global média anual incidente na APA Palmares - RJ no ano de 2007.

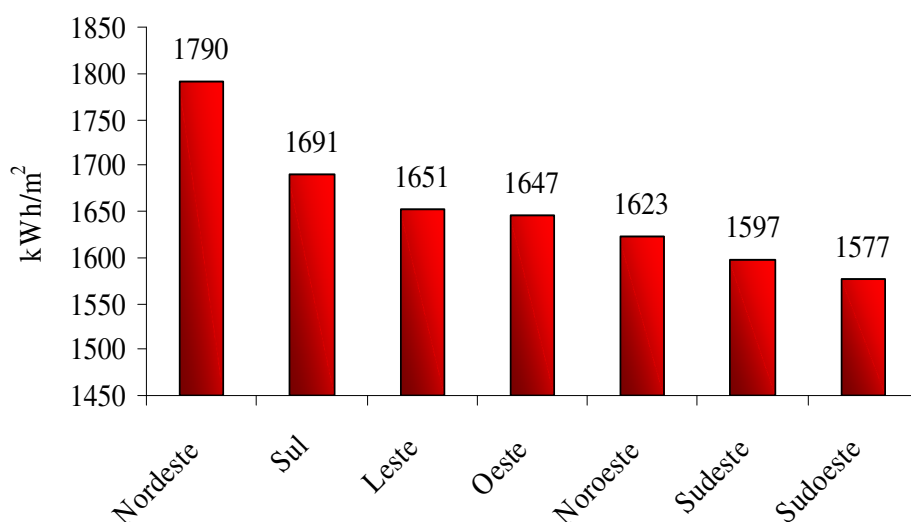


Figura 14. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.

Tabela 2. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da APA Palmares - RJ.

Vertente	Área (ha)	%	Número de Fragmentos	Radiação Média Anual (kWh/m ²)
Nordeste	0,2	0,1	1	1.790,1
Sul	72,5	25,4	11	1.690,7
Leste	17,5	6,1	11	1.651,2
Oeste	41,9	14,7	19	1.646,6
Noroeste	8,8	3,1	6	1.622,6
Sudeste	45,6	16,0	5	1.596,5
Sudoeste	99,0	34,7	16	1.576,8
Total	285,5	100	69	

4.2 Rosário da Limeira

A Fazenda Iracambi possui 314 ha, dos quais 4,3% encontram-se em processo de regeneração natural (Figura 15). A altitude da área em estudo varia entre 668 a 1258 metros, sendo que a porção mais elevada refere-se a parte da Serra do Brigadeiro (Figura 16).

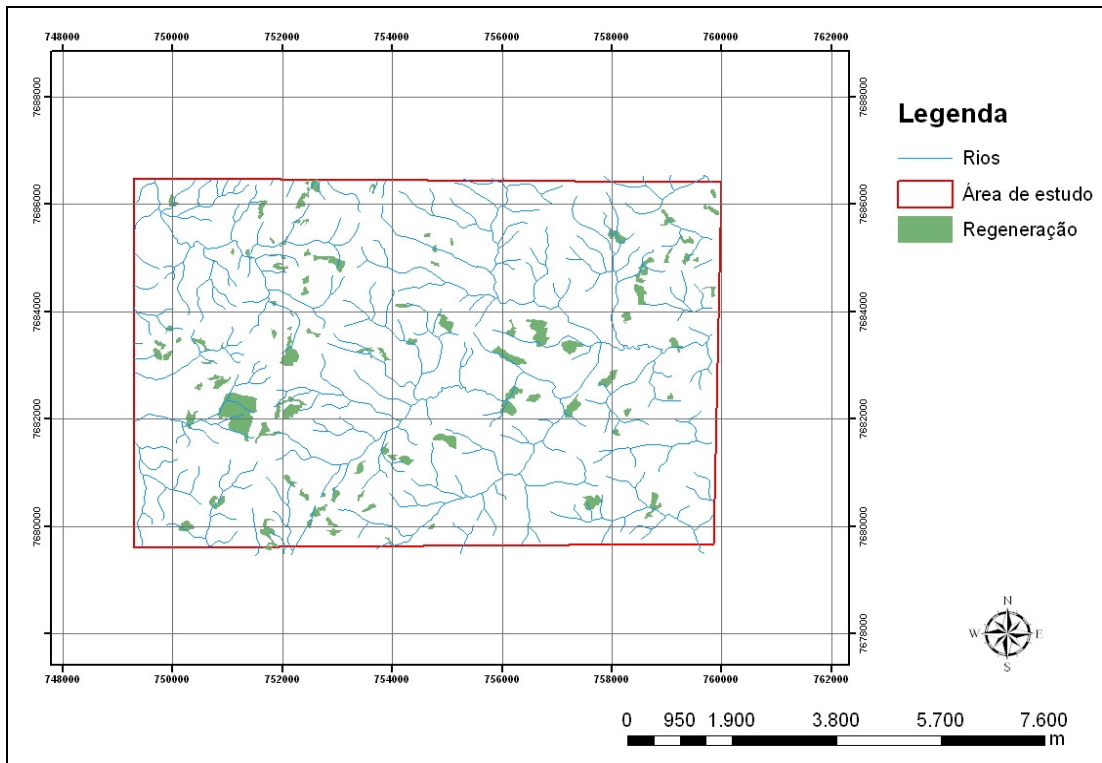


Figura 15. Áreas em regeneração natural na Fazenda Iracambi - MG.

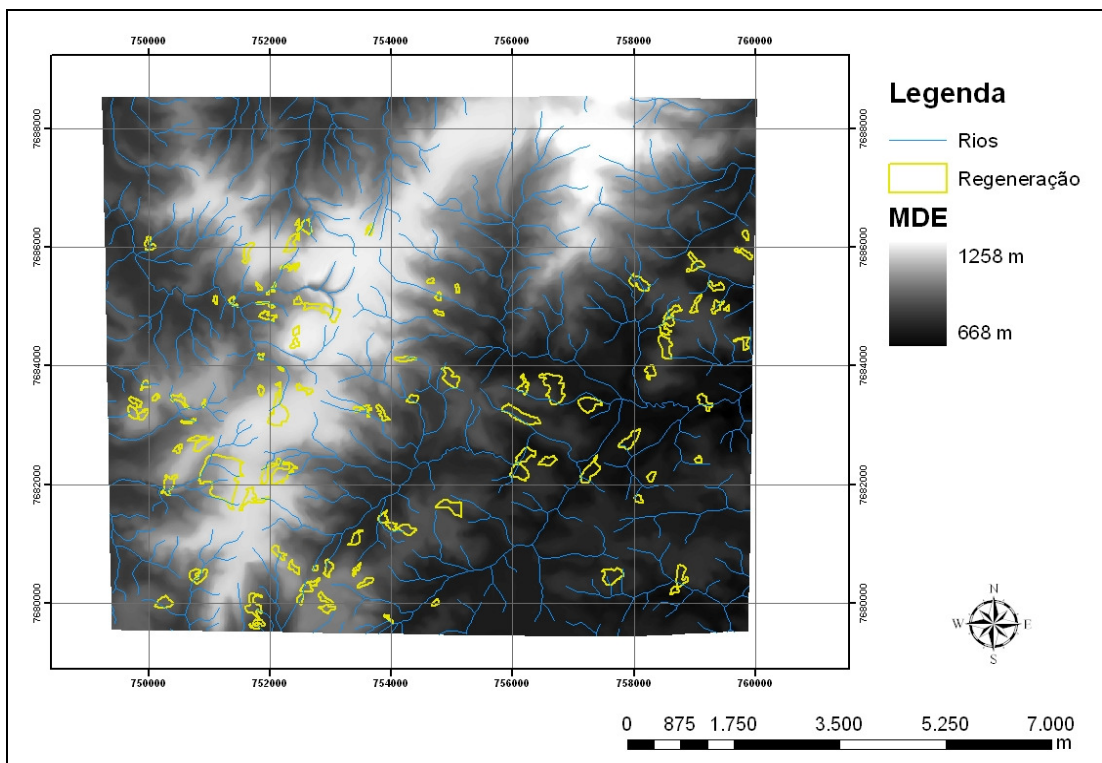


Figura 16. Modelo digital de elevação da Fazenda Iracambi - MG.

As vertentes voltadas para o norte e as áreas planas não apresentaram nenhum fragmento em processo de regeneração natural (Figura 17). Enquanto que as áreas em regeneração estão localizadas, em sua maioria, nas vertentes voltadas para oeste, sudoeste e sudoeste; correspondendo a 69 % da área total (Figura 18).

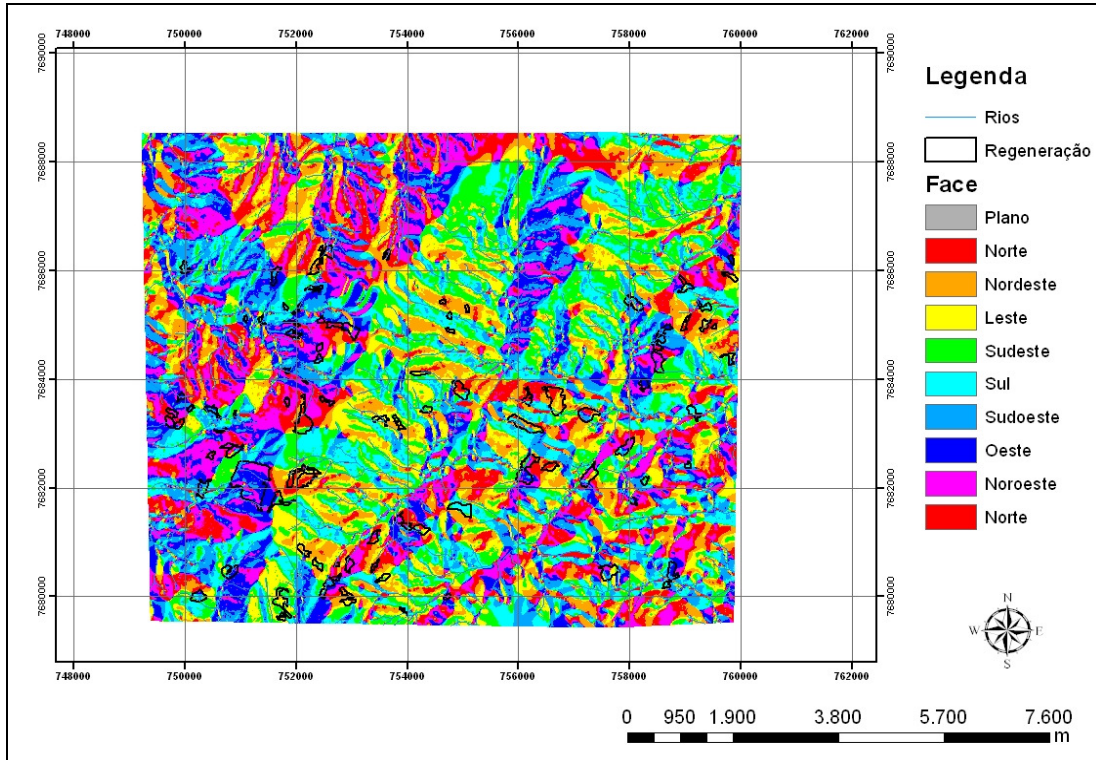


Figura 17. Orientação das vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG.

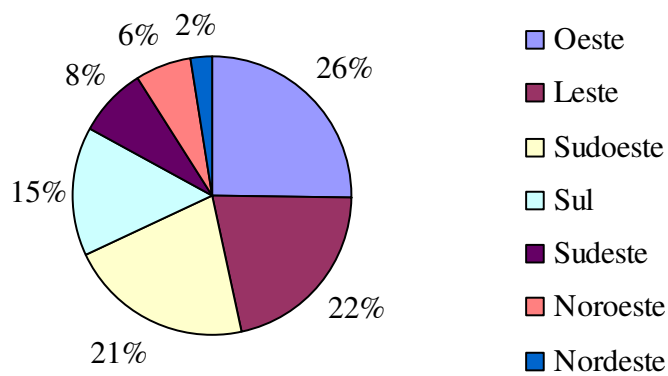


Figura 18. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na Fazenda Iracambi - MG.

A região foco do estudo na Fazenda Iracambi apresenta valores elevados em relação ao número de horas de incidência de radiação solar, sendo que os maiores valores coincidem principalmente, com os topos da paisagem. Já os menores valores de horas de radiação são correspondentes aos terraços fluviais. Os valores de horas de radiação nas áreas em regeneração natural são variáveis, visto que há fragmentos que recebem a radiação solar por um pequeno número de horas, como também fragmentos nos quais são encontrados valores elevados (Figura 19).

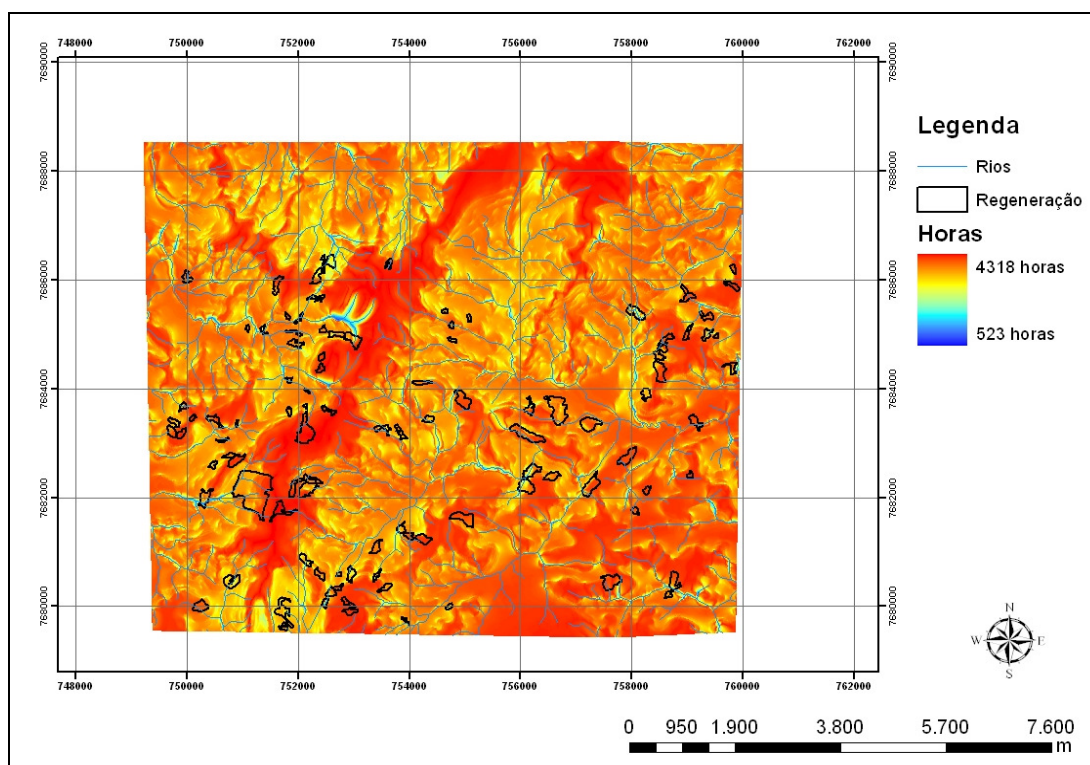


Figura 19. Horas de radiação direta incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.

A variação das horas de radiação direta entre as vertentes de exposição foi relativamente alta, correspondendo a 231 horas (Figura 20). A vertente que apresentou maior valor de horas anual de radiação foi a voltada para oeste, com 3.775,2 horas, em seguida encontra-se a vertente voltada para nordeste com 3.767,0 horas. Enquanto as vertentes voltadas para leste e para sudoeste apresentaram número menor de horas de radiação solar, respectivamente 3.544,2 horas e 3.690,6 horas (Tabela 3).

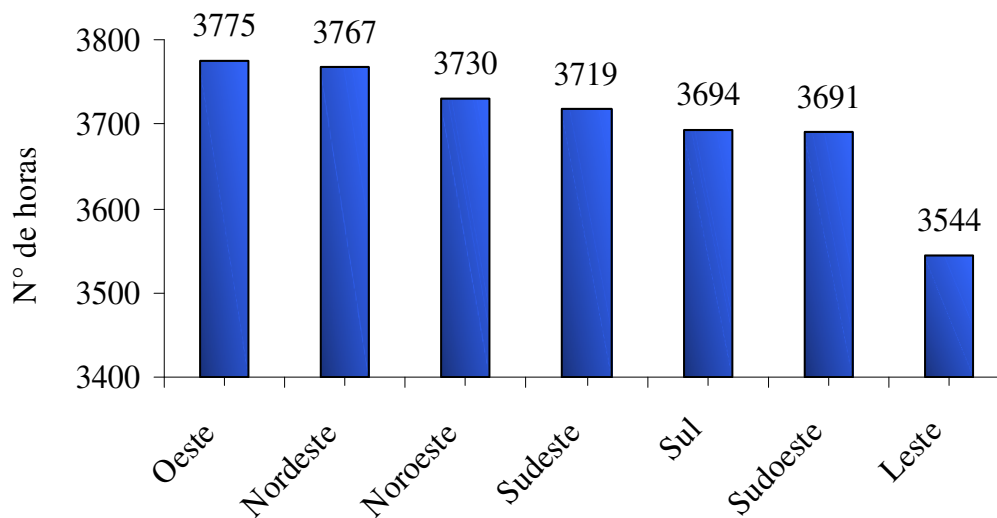


Figura 20. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG que apresentam fragmentos em regeneração natural.

A distribuição da radiação direta incidente na área proporciona a formação de um corredor de valores elevados, coincidente com as áreas de maior altitude, entretanto a maior parte da área apresentou tendência de intensidade alta (Figura 21). A radiação difusa possui comportamento semelhante à radiação direta (Figura 22) e apresenta os menores valores nos locais próximos aos rios.

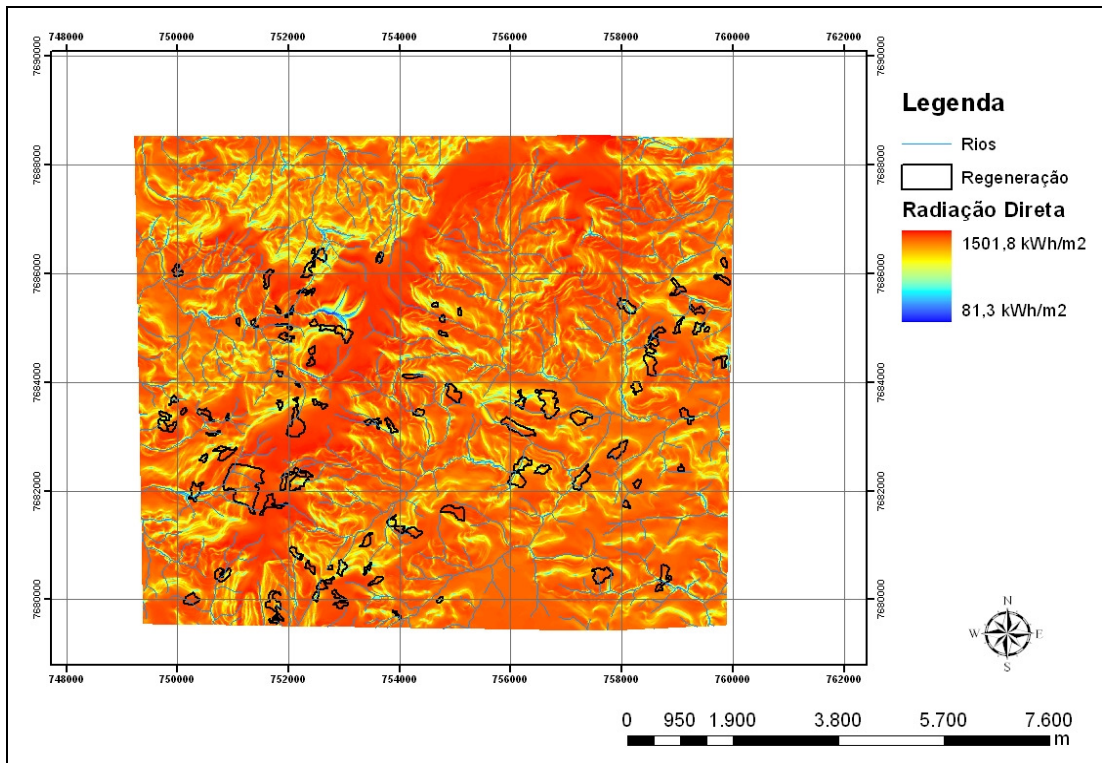


Figura 21. Radiação direta incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.

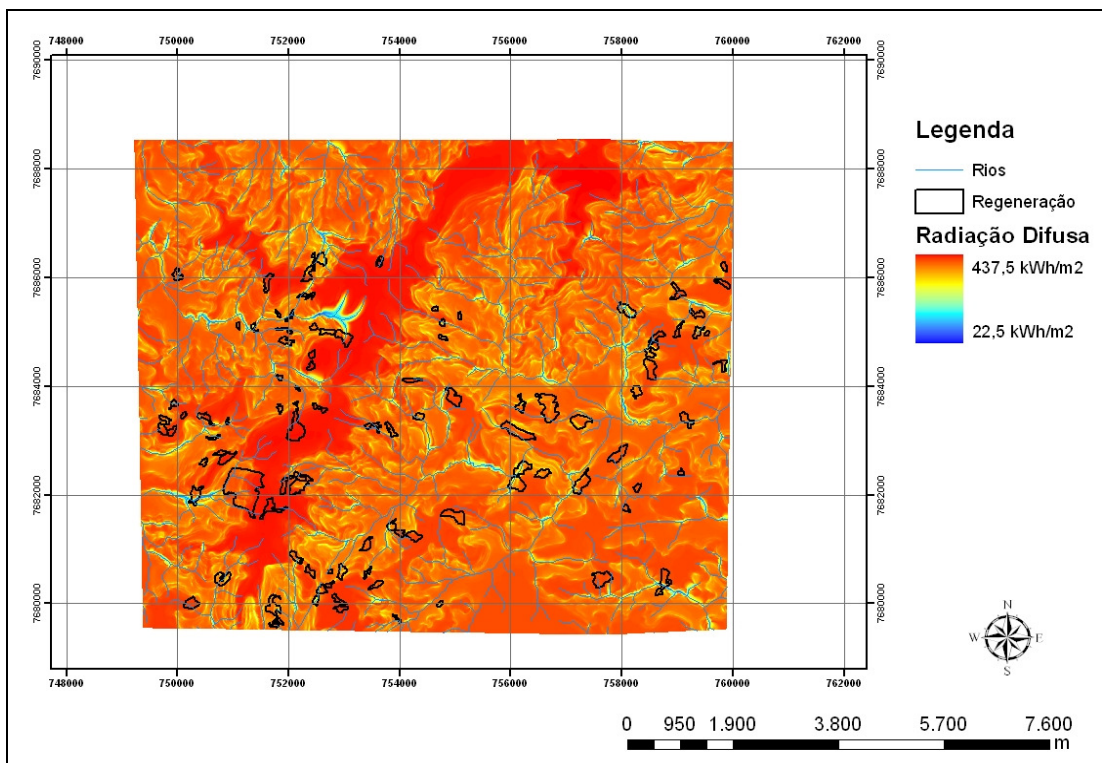


Figura 22. Radiação difusa incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.

Semelhante ao observado para a radiação difusa, na latitude de Rosário da Limeira, a radiação global apresentou os menores valores nas áreas próximas aos cursos dos rios e as áreas que apresentam maiores valores estão concentradas na porção mais alta do relevo (Figura 23).

As vertentes do relevo que contêm fragmentos em processo de regeneração voltadas para leste e para nordeste recebem a maior intensidade de radiação, apresentando radiação média anual de $1.669,6 \text{ kWh/m}^2$ e $1.651,9 \text{ kWh/m}^2$, respectivamente (Figura 24), enquanto que as vertentes voltadas para sul e para oeste apresentaram os menores valores de radiação global média anual, $1.613,7 \text{ kWh/m}^2$ e $1.614,5 \text{ kWh/m}^2$ (Tabela 4).

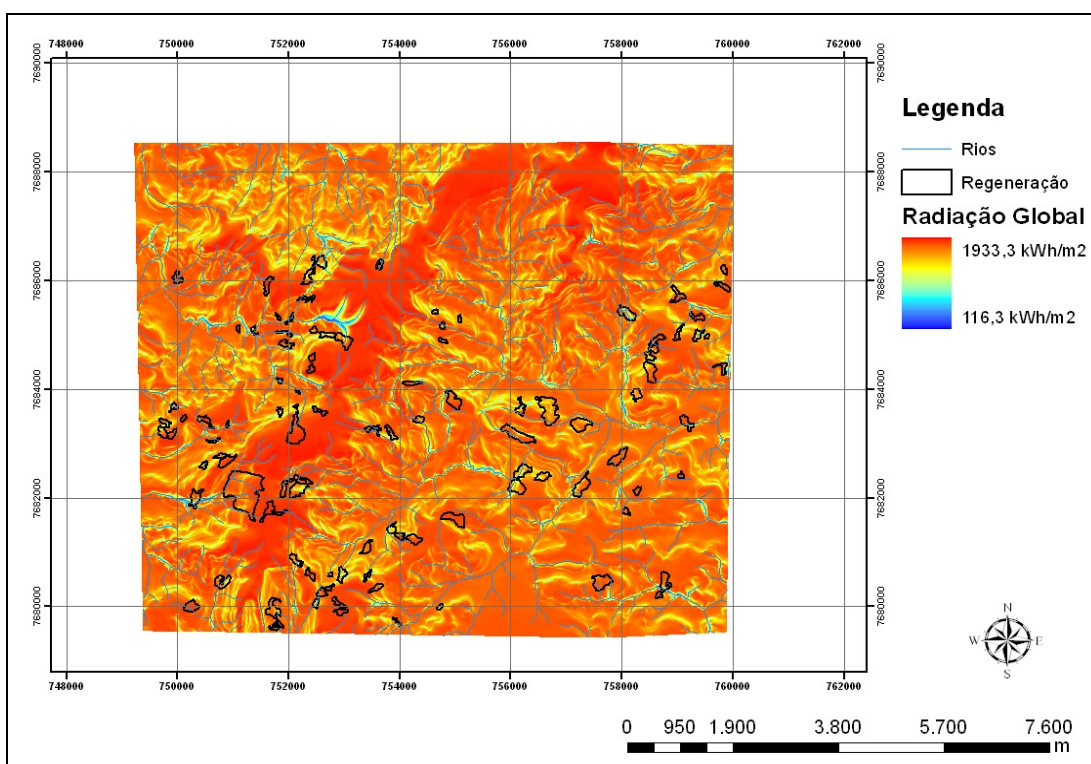


Figura 23. Radiação global média anual incidente na Fazenda Iracambi - MG no ano de 2007.

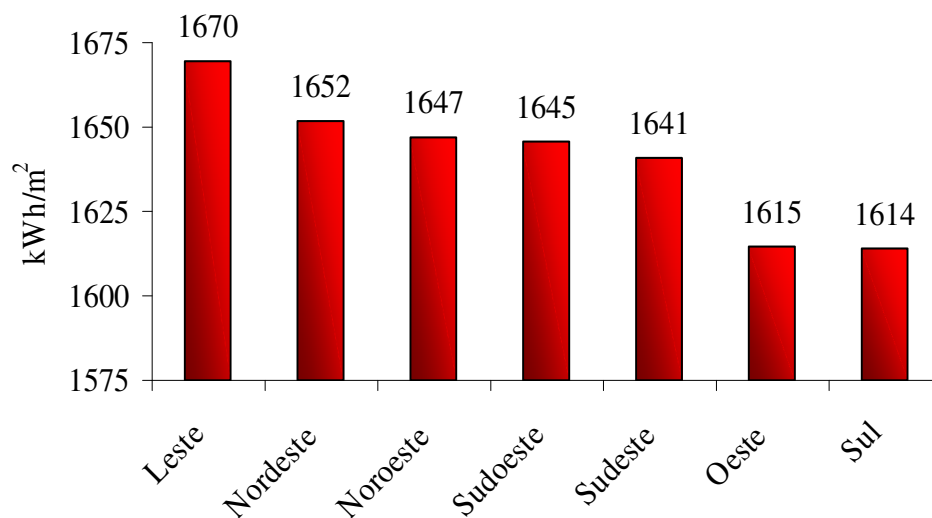


Figura 24. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.

Tabela 3. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da Fazenda Iracambi - MG.

Vertente	Área (ha)	%	Número de Fragmentos	Radiação média Anual (kWh/m ²)
Leste	67,8	21,5	20	1.669,6
Nordeste	7,8	2,5	6	1.651,9
Noroeste	20,3	6,5	14	1.646,7
Sudoeste	66,5	21,2	26	1.645,4
Sudeste	25,4	8,1	10	1.641,1
Oeste	79,4	25,3	17	1.614,5
Sul	47,2	15,0	16	1.613,7
Total	314,4	100	109	

4.3 Vassouras

A área de estudo apresenta extensas porções em regeneração natural (3.864,69 ha), sendo esta correspondente a 24,57 % da área total (Figura 25). A altitude da área encontra-se entre as cotas 360 m e 840 m, havendo uma tendência de concentração dos fragmentos em regeneração natural nas porções que apresentam maior altitude (Figura 26).

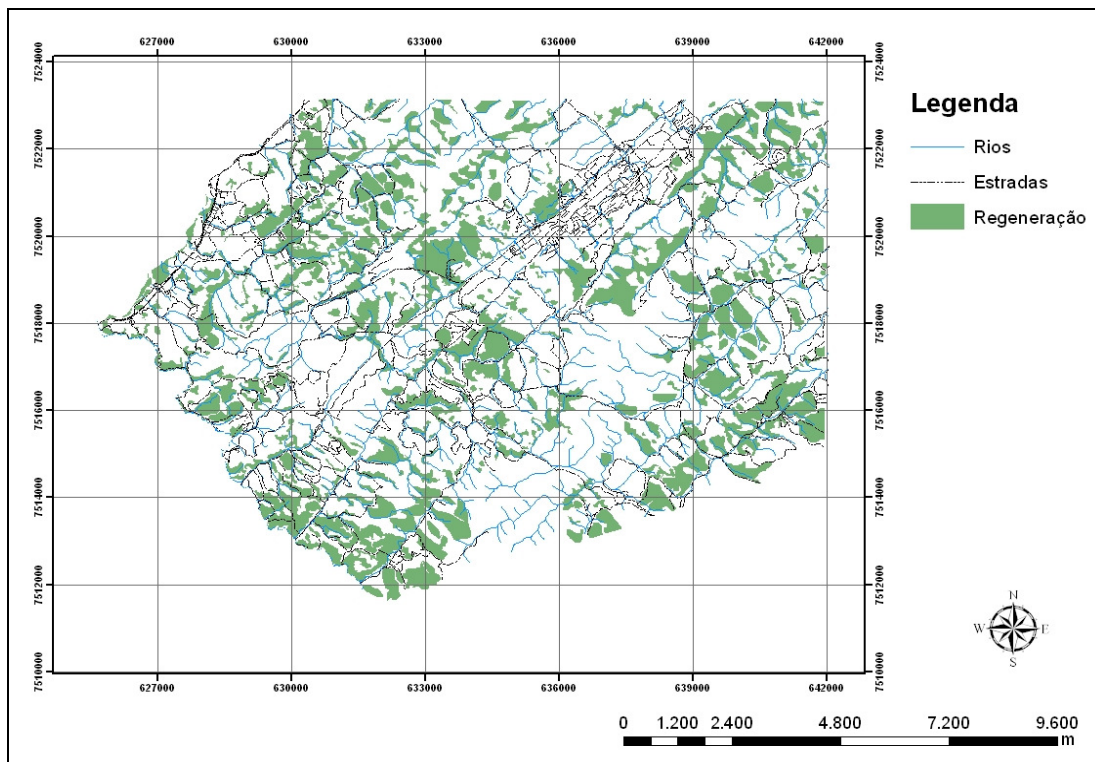


Figura 25. Áreas em regeneração natural na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

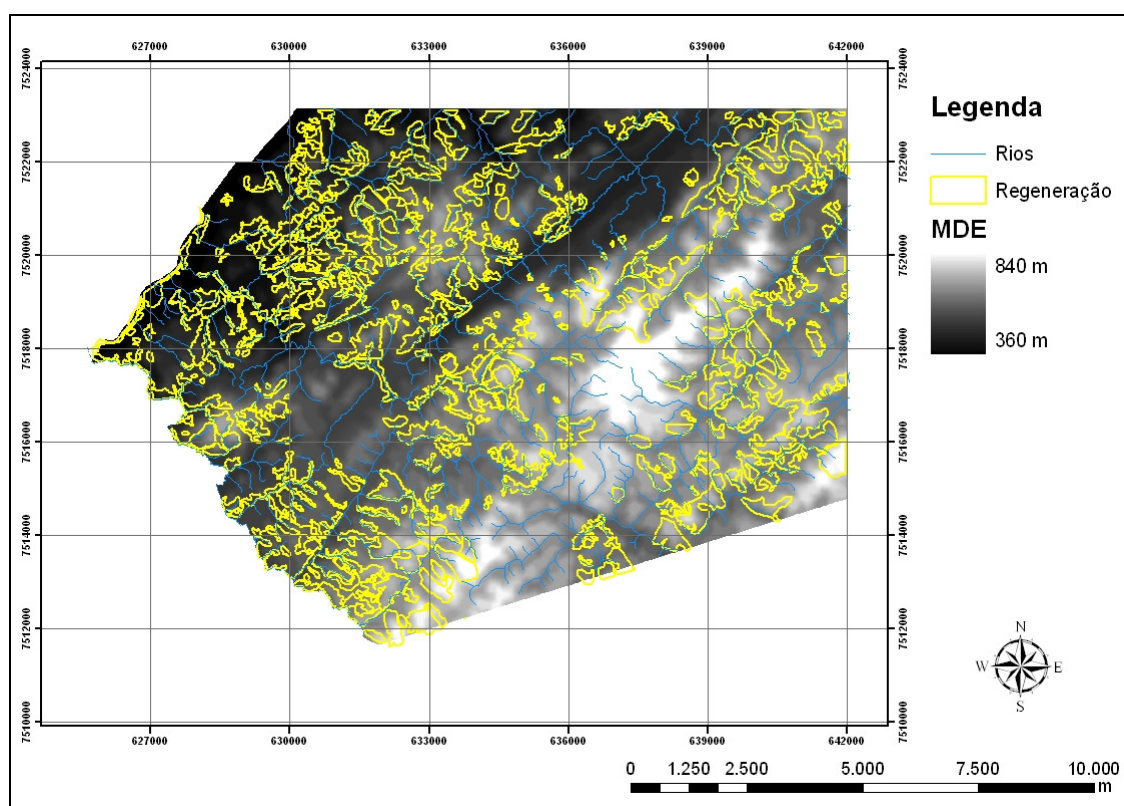


Figura 26. Modelo digital de elevação da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

As áreas de maior importância para a restauração da cobertura florestal são as vertentes do relevo voltadas para sul, sudeste, sudoeste e leste, uma vez que estas apresentam maior número de fragmentos em processo de regeneração natural, sendo consideradas de maior resiliência (Figura 27).

Especificamente, as vertentes do relevo voltadas para sul e para sudeste comportam aproximadamente 66 % da área total dos fragmentos em processo de regeneração natural, sendo também significativas as vertentes voltadas para sudeste e para leste, uma vez que comportam cerca de 25 % dos fragmentos em processo de regeneração. Já as vertentes voltadas para norte e para noroeste são pouco representativas, visto que contém respectivamente, 0,03 % e 0,67 % das áreas em regeneração natural (Figura 28).

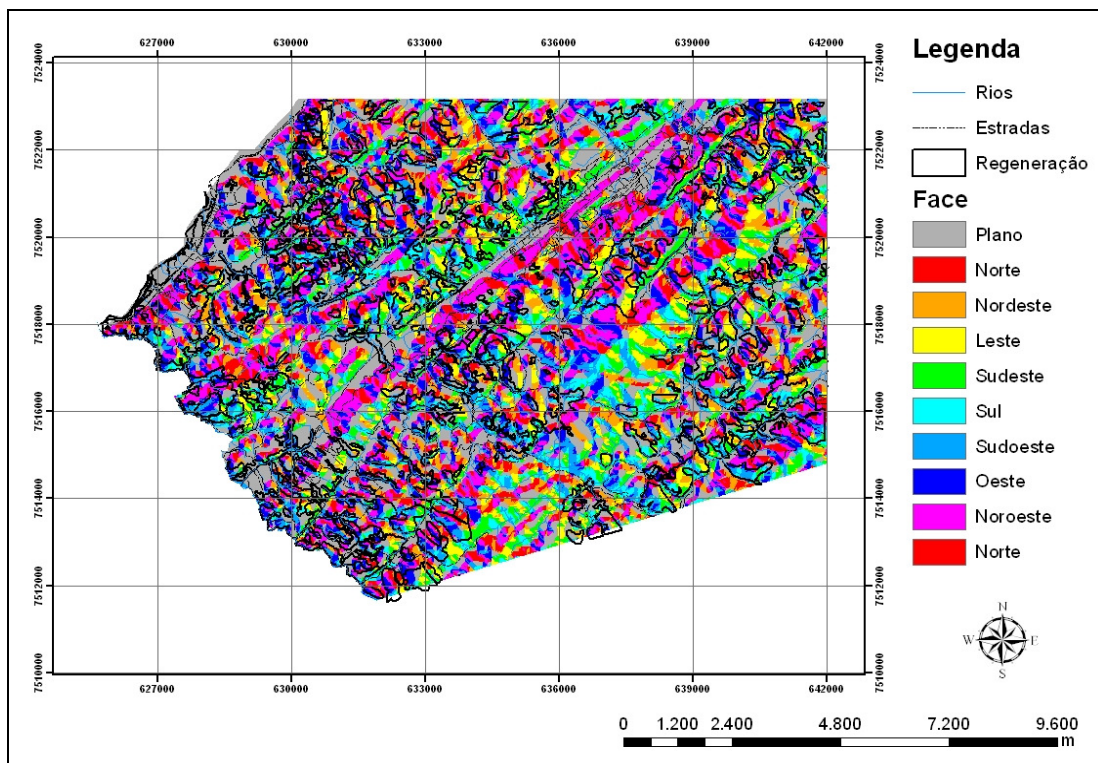


Figura 27. Orientação das vertentes do relevo da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

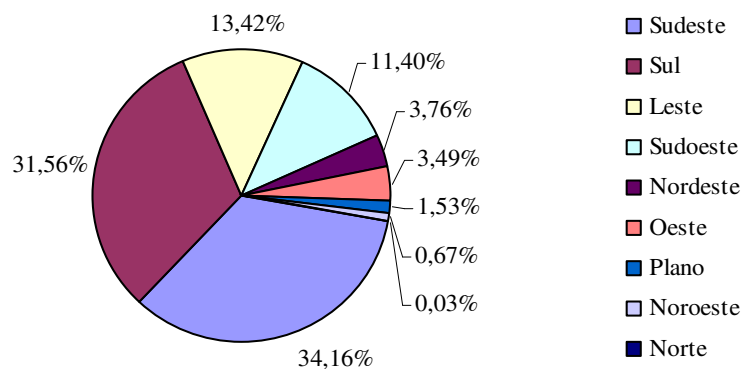


Figura 28. Área percentual dos fragmentos em processo de regeneração natural nas vertentes do relevo na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

Em relação ao número de horas de incidência de radiação solar, as áreas dos fragmentos em regeneração natural apresentam valores bastante variáveis (Figura 29).

A variação do número de horas de radiação direta entre as vertentes que apresentaram valores máximos e mínimos foi baixa se comparada às outras áreas, correspondendo a 89 horas (Figura 30). A vertente que apresentou maior valor de horas de radiação anual média foi a vertente sul com 4.036,7 horas e a vertente norte com 4.034,2 horas. As vertentes voltadas para noroeste e para oeste apresentaram número menor de horas de radiação solar, respectivamente 3.947,7 horas e 3.985,1 horas (Tabela 5).

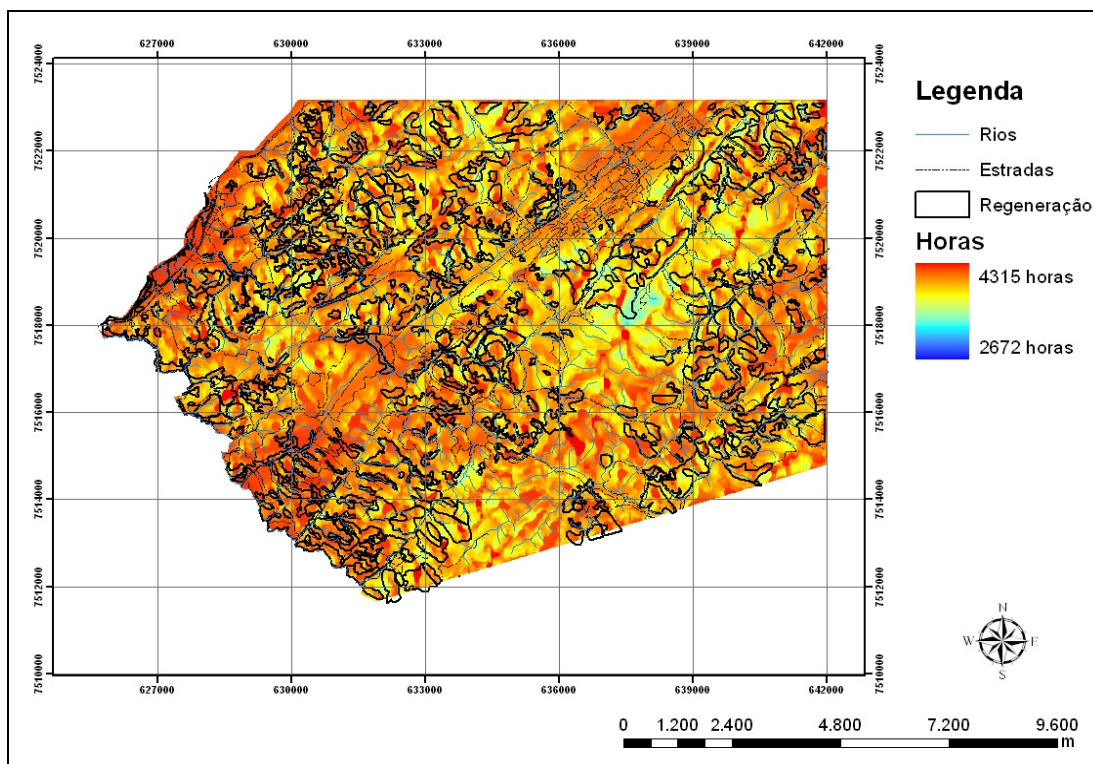


Figura 29. Horas de radiação direta incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.

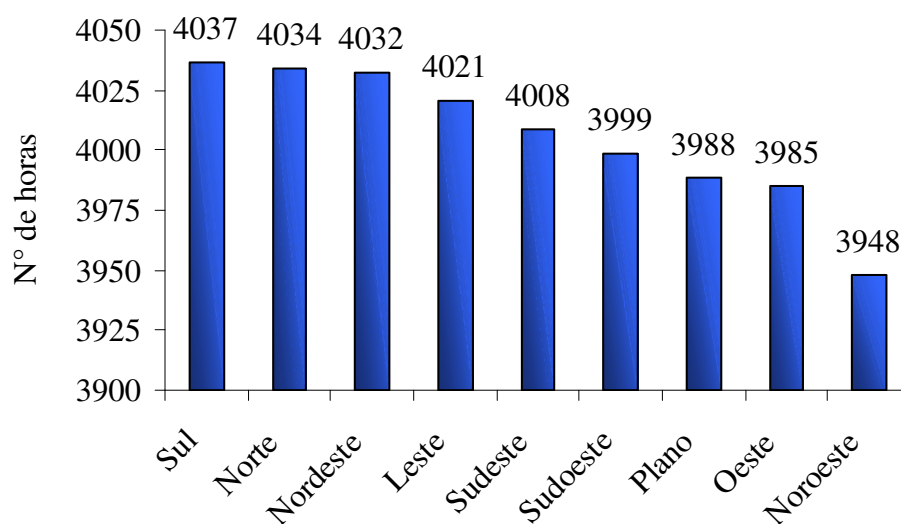


Figura 30. Distribuição das horas de radiação direta para o ano de 2007 nas vertentes do relevo da sudoeste do município de Vassouras - RJ que apresentam fragmentos em regeneração natural.

A intensidade da radiação direta na área apresenta concentração de valores elevados em uma pequena porção, sendo esta coincidente com as áreas que apresentam cota mais alta. A maior parte da região recebe uma intensidade de radiação com valores intermediários (Figura 31). A radiação difusa apresenta comportamento bastante semelhante à radiação direta, entretanto nota-se uma menor extensão de área recebendo elevada radiação e uma porção maior recebendo baixa intensidade de radiação (Figura 32).

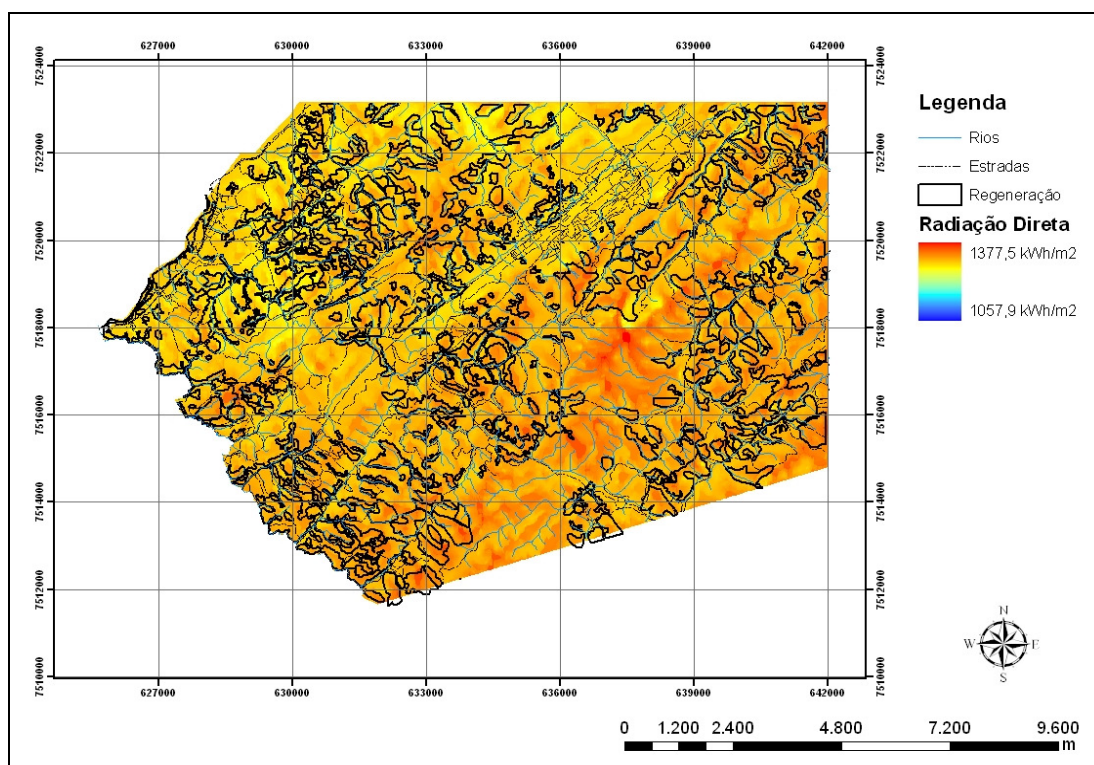


Figura 31. Radiação direta incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.

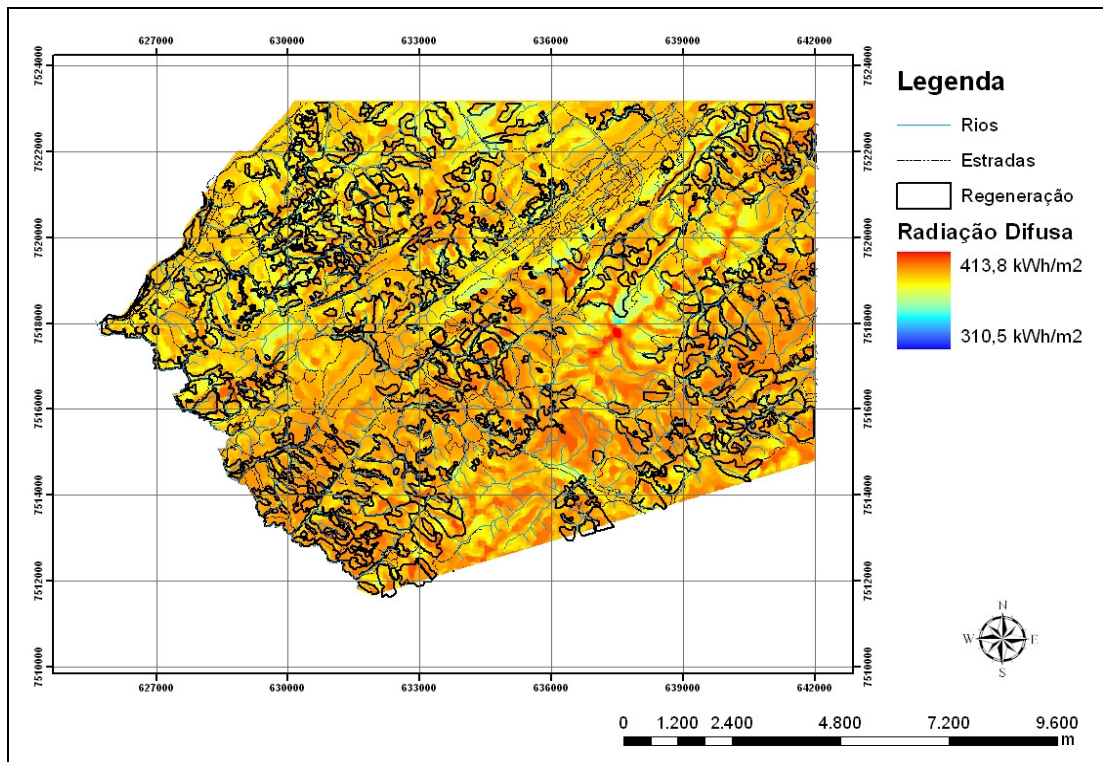


Figura 32. Radiação difusa incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.

Na latitude do município de Vassouras, escassas áreas apresentam valores baixos de radiação global e pequena parte da área estudada apresentou radiação intensa, estando estas concentradas na porção mais alta do relevo (Figura 33).

A porção plana e a vertente voltada para nordeste, que contêm fragmentos em processo de regeneração natural, apresentam os maiores valores de radiação global média anual, respectivamente $1.706,3 \text{ kWh/m}^2$ e $1.706,1 \text{ kWh/m}^2$. Com valores próximos encontram-se as vertentes voltadas para oeste com $1.704,8 \text{ kWh/m}^2$ e para norte com $1.704,0 \text{ kWh/m}^2$ (Figura 34), enquanto que a vertente leste e a vertente noroeste apresentaram os valores mais baixos de radiação global média anual, $1.684,1 \text{ kWh/m}^2$ e $1.684,2 \text{ kWh/m}^2$ respectivamente (Tabela 6).

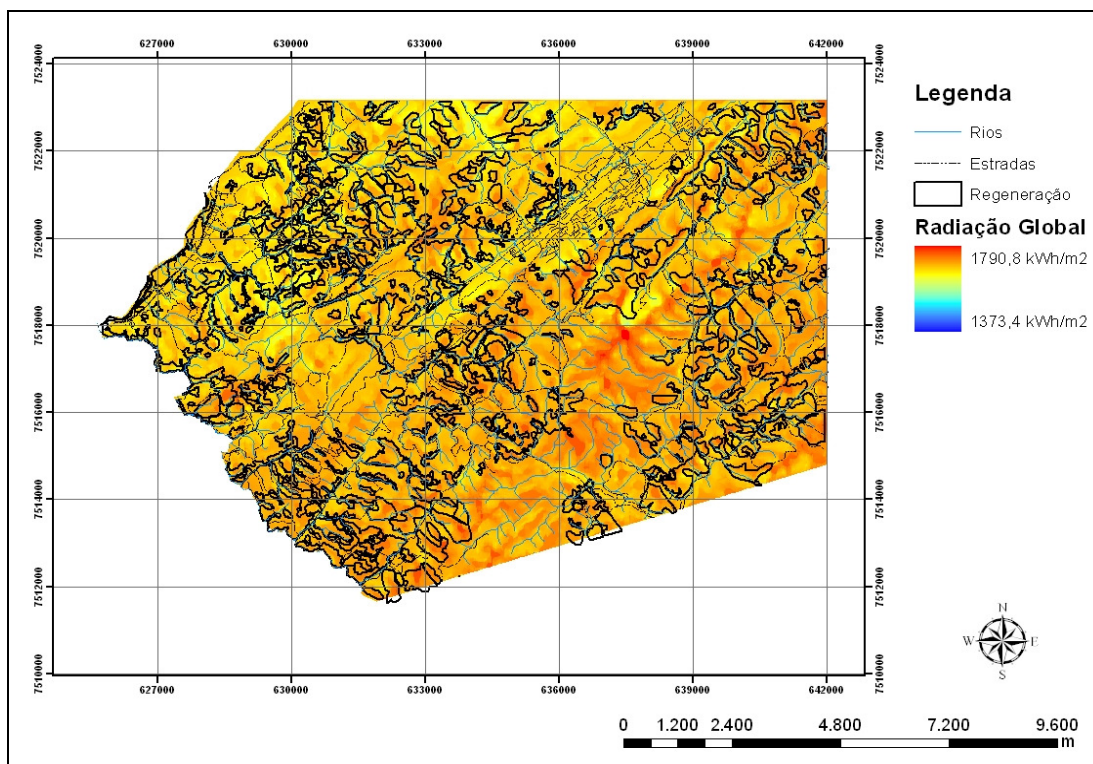


Figura 33. Radiação global média anual incidente na porção sudoeste do município de Vassouras - RJ no ano de 2007.

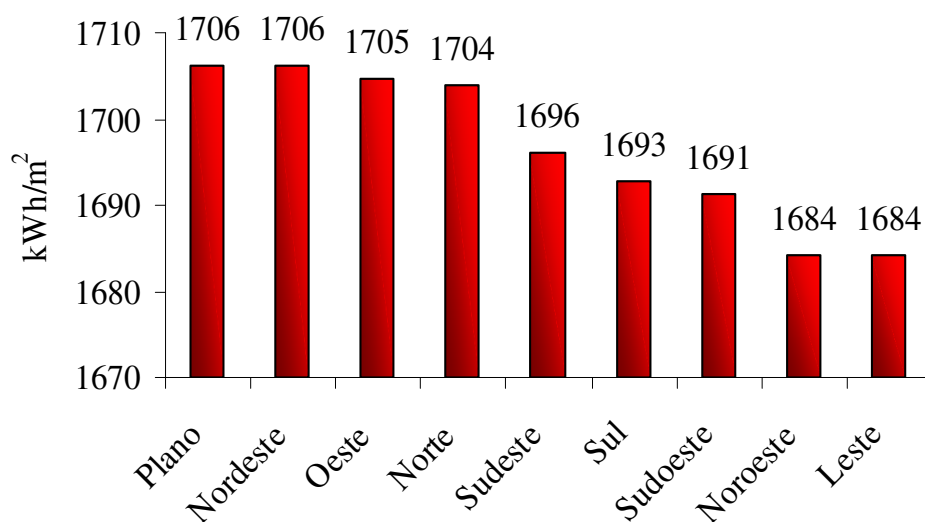


Figura 34. Nível de radiação global média anual nas áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo.

Tabela 4. Intensidade de radiação global média no ano de 2007 para as áreas em regeneração natural nas diferentes vertentes do relevo da porção sudoeste do município de Vassouras - RJ.

Vertente	Área (ha)	%	Número de Fragmentos	Radiação média Anual (kWh/m ²)
Plano	52,9	1,5	21	1.706,3
Nordeste	130,1	3,8	40	1.706,1
Oeste	120,8	3,5	38	1.704,8
Norte	1,1	0,0	13	1.704,0
Sudeste	1.183,3	34,2	112	1.696,0
Sul	1.093,1	31,6	99	1.692,7
Sudoeste	394,9	11,4	68	1.691,3
Noroeste	23,0	0,7	19	1.684,2
Leste	464,9	13,4	81	1.684,1
Total	3.464,1	100	491	

Devido à proximidade entre as áreas, as características da APA Palmares no município de Paty do Alferes são semelhantes às da porção sudoeste do município de Vassouras, uma vez que os fragmentos em processo de regeneração natural encontram-se, em sua maioria, nas vertentes do relevo voltadas para sul, sudeste e sudoeste, enquanto que na área de estudo do município de Rosário da Limeira os fragmentos em processo de regeneração natural estão presentes, principalmente, nas vertentes oeste e leste. Essa diferença pode ser explicada pelo fato da área da Fazenda Iracambi (Rosário de Limeira) apresentar poucas áreas em processo de regeneração em comparação as demais localidades estudadas, em decorrência do uso mais intenso do solo. Outra possibilidade pode ser o fato de não terem sido consideradas áreas já consolidadas de floresta secundária em estágio avançado.

Lima (1986) cita que 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.

Em relação ao número médio de horas de radiação, o município de Vassouras apresentou o valor mais elevado (4.005,8 horas), sendo esse valor relativo à média de todas as vertentes do relevo que apresentam fragmentos em processo de regeneração natural. Já Rosário da Limeira recebe número intermediário de horas de radiação, correspondente a 3.702,9 horas e Paty do Alferes apresenta o menor valor, 3.579 horas. De acordo com o Instituto de pesquisas agrônômicas (1989), o município de Minas do Leão – RS apresenta insolação anual de 2.400 horas. Considerando o fato de o estado do Rio Grande do Sul estar localizado em latitude mais elevada, é característico apresentar número inferior de horas média de radiação solar.

Já os valores da radiação global média anual nos municípios estudados apresentaram uma ínfima amplitude de variação, visto que Vassouras apresentou valor de 1.696,6 kWh/m²/ano, Paty do Alferes 1.653,5 kWh/m²/ano e Rosário da Limeira 1.640,4 kWh/m²/ano. Segundo Fretin (2007) a disponibilidade diária média de energia solar na cidade

do Rio de Janeiro no mês de julho é de 3,78 kWh/m². Portanto, tendo como referência esse mês, pode-se fazer uma estimativa anual subestimada de 1.379,7 kWh/m², visto que o mês referido é correspondente a estação do inverno, período que o hemisfério sul recebe naturalmente menor intensidade de radiação solar.

Segundo o Sistema Solar da Escola Alemã de Lisboa, Portugal é um dos países europeus que recebe maior intensidade de radiação solar, com valores globais anual de 1.650 kWh/m². Já na Alemanha, a energia de radiação média recebida anualmente, é cerca de 1.000 kWh/m².

De forma geral, nas latitudes das regiões estudadas, a vertente voltada para sul recebe a radiação pela manhã, o que condiciona um ambiente mais úmido nessa vertente quando comparada com as demais. Este fato associado aos menores valores de radiação incidente, no caso de Rosário da Limeira e de Paty do Alferes, favorecerá o processo de regeneração natural.

A vertente voltada para leste recebe insolação pela manhã, período em que a umidade do ar encontra-se mais elevada, caracterizando-se como uma vertente mais fresca e com maior disponibilidade de umidade no solo. Já a vertente voltada para oeste recebe sol pela tarde, estando sujeita à mesma insolação que a vertente leste; no entanto, neste período do dia a umidade do ar já diminuiu, tornando-a mais quente e menos úmida.

Nas vertentes voltadas para nordeste, o terreno receberá maior radiação solar no período da manhã e nas vertentes voltadas para noroeste, maior radiação solar no período da tarde. Caso seja realizado plantio de recuperação, esse deve ser preferencialmente, instalado nas vertentes voltadas para o sul, sudeste ou sudoeste, uma vez que estão sujeitas a uma menor perda de umidade, sendo porções que apresentam maior viabilidade e sustentabilidade para a regeneração natural.

5. CONCLUSÃO

As vertentes do relevo voltadas para o sul, sudeste e sudoeste apresentaram as maiores áreas de fragmentos em processo de regeneração natural nas duas regiões estudadas no estado do Rio de Janeiro, como também baixos valores de radiação solar global anual quando comparadas com as demais vertentes analisadas. Já na região foco do estudo no estado de Minas Gerais, as maiores áreas em regeneração natural encontram-se nas vertentes do relevo voltadas para oeste, leste e sudoeste. Assim, conclui-se que há indícios de que a radiação solar exerce influência no processo de regeneração natural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAVER, L. D. & GARDNER, W. H. **The thermal regime of soils**. In: Soil Physics, editado por Baver, L. D., Walter H. Gardner & Wilford R. Gardner. 4th ed. (John Wiley & Sons, Inc., New York). 253-283 p, 1972.

BORGES, L.C.S. *et al.* **Possibilidade de emprego do modelo digital de terreno na avaliação do solo urbano**. Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. 2003.

BRADY, N. C. & WEIL, R. R. **The nature and properties of soil**. 11st ed. Upper Saddle River, New Jersey: USA. 740 pp. 1996.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 010** de 01/10/1993. Brasília. Parâmetros Básicos para Análise dos Estágios de Sucessão da Mata Atlântica.

COUTINHO, J. A. G. **Uso de agrotóxicos no município de Paty do Alferes: Um estudo de caso**. Caderno de Geociências, n. 10. IBGE, p. 23-31, 1994.

DIAS, J. E.; GOMES, O. V. O; COSTA, M. S. G. C; GARCIA, J. M. P & GÓES, M. H. B. **Impacto ambiental de enchentes sobre áreas de expansão urbana no município de Volta Redonda - Rio de Janeiro**. Revista Biociências, Taubaté, v. 8, n. 2, II semestre/2002.

EMBRAPA. **Levantamento semidetalhado dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da Microbacia do Córrego da Cachoeira, município de Paty do Alferes - RJ**. Francesco Palmieri (coord.). - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

FARIA, A. L. L.; SILVA, J. X. & GOES, M. H. B. **Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG)**. Caminhos de Geografia – Revista on Line 4(9) 50-65, jun/2003.

FEITOSA, J. R. P. **Balço de energia e evapotranspiração em área de pastagem e de floresta densa na Amazônia**. DCA/CCT/ UFPB, Campina Grande, p. 95, 1996. [Dissertação de mestrado].

FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem numérica de terreno**. In: Geoprocessamento: Teoria e Aplicações, livro on-line, editado e organizado por: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V.; Paiva, J. A. C. e; D'Alge, J. C. L. Cap. 7. 2001.

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.

FIRME SÁ, M. M. & FERNANDES FILHO, E. I. **Influência das variáveis do terreno na radiação solar**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5751-5753.

FRANKLE, C. R.; DA ROCHA, P. L. B.; KLEIN, W. & GOMES, S. L. **Mata atlântica e biodiversidade**. Salvador: Edufba, 2005.

FRANCELINO, M. R. *et al.* **Influência da radiação solar na distribuição das comunidades vegetais nas áreas livres de gelo da Baía do Almirantado, ilha Rei George, Antártica**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p.2637 – 2641.

FRETIN, D. *et al.* **Dados de micro clima urbano para dimensionar eficiência energética**. III Fórum de Pesquisa FAU.Mackenzie. 2007.

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

FU, P. & RICH, P. M. **A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry**. Computers and Electronics in Agriculture 37. 2002. p. 25-35.

GUARIGUATA, M. R. & OSTERTAG, R. **Sucessión secundária**. In: GUARIGUATA, M. R. & KATTAN, G. H. Ecologia y Conservacion de Bosques Neotropicales. 1ª ed. Ediciones LUR, México, p. 591-618, 2002.

GOLFARI, L & MOOSMAYER, H. **Manual de reflorestamento do estado do Rio de Janeiro**. Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1980.

GUATURA, I. N.; CORRÊA, F.; COSTA, J. P. O. & AZEVEDO, P. U. E. **A questão fundiária: roteiro para a solução dos problemas fundiários nas áreas protegidas da Mata Atlântica**. Roteiro para a conservação de sua biodiversidade. Série Cadernos da Reserva da Biosfera, Caderno no 1, 47p. 1996.

HOFIERKA, J. & SÚRI, M. **The solar radiation model for open source GIS: implementation and applications**. In: Proceedings of the Open source GIS – Grass users conference 2002 – Trento, Italy, 11-13 September 2002.

IBGE. Cartas topográficas vetoriais escala 1:50.000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em maio 2008.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. 2007. Acesso em maio de 2008.

IQBAL, M. 1978. **Hourly vs daily method of computing isolation on inclined surfaces**. Solar Energy, v. 21, p. 485-489, 1978.

IPAGRO – Instituto de Pesquisas Agronômicas: Seção de Ecologia Agrícola (Porto Alegre, RS). **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3v.

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, 1989. p. 130-143.

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

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: USP. 1986

LOMBARDO, M. A. **O clima e a cidade**. Boletim Climatológico. Presidente Prudente: ed.UNESP.ano1, n.2,1996.

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.

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.

MUNDIM, R. A. L. **Geoprocessamento aplicado à análise espacial de uso e ocupação do solo na área urbana e entorno de São José da Lapa**. 65p. Monografia (especialização em geoprocessamento). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

NASSER, F. C. **Determinação de Áreas Prioritárias para a instalação de corredores ecológicos na APA Palmares, no município de Paty do Alferes, RJ**. 52p. Monografia. Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

NEVES, L.P. **Adoção do Partido na Arquitetura**. Salvador: ed.UFBA, 1989.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E & DEL PRETTE, M. E. **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.

RAMALHO, J. F. G. P. *et al.* **Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.7, p.1289-1303, 2000.

RICH, P. M.; DUBAYAH, R.; HETRICK, W. A. & SAVING, S. C. **Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology**. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, p 524-529. 1994.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2002.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento**. 1987. 347p. Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; MOREIRA, L & MACEDO, J. **Estruturação de dados geoambientais no contexto de fazenda experimental**. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa, 1998. p. 95-109.

SCARANO, F. R.; RIOS, R. I. & ESTEVES, F. A. **Tree species richness, diversity and flooding regime: case studies of recuperation after anthropic impact in brazilian flood-prone forests**. International Journal of Ecology and Environmental Sciences. v. 24, p. 223-235, 1998.

SCHÄFFER, W. B & PROCHNOW, M. **A Mata Atlântica e Você**. Brasília: Associação de Preservação do Meio Ambiente do Alto Vale do Itajaí – APREMAVI, 2002. 156p.

SILVA, J. X. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: edição do autor, 227 p, 2001.

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

SISTEMA SOLAR DA ESCOLA ALEMÃ DE LISBOA. Disponível em : <<http://www.solardach-lissabon.de/rendimentos>>. Acesso em Junho de 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, 8Brasil. Revista *Árvore*, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

TUBELIS, A. *et al.* **Estimativa da Radiação Solar Global Diária em Botucatu, SP, a partir da Insolação Solar Diária**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, p. 53-60, 1980.

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

ZANETTI, S. S. *et al.* **Geração de modelo digital de terreno (MDT) Utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS) para o Planejamento Agro-Ambiental de uma Microbacia Hidrográfica**. In: 1º Congresso Acadêmico sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Gráfica da Fundação Getúlio Vargas, v. 1, 2004.