

Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Análise da Cobertura Vegetal da Reserva Florestal de Linhares, ES, Brasil*

RAÚL SÁNCHEZ VICENS¹

CARLA BERNADETTE MADUREIRA CRUZ¹

CECILIA MARIA. RIZZINI¹

¹ UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Brigadeiro Trompovsky, s/n, Cidade Universitária - Ilha do Fundão, RJ, Brasil

{rcuba, cmad}@igeo.ufrj.br

Abstract. Using SPOT image, a normalized difference vegetation index (NDVI) were calculated to determinate four vegetation complex type of de Tabuleiro Rain Forest, in Linhares, State of Espirito Santo, Brazil. Two primary *tabuleiro* forest - Dense Forest and Ciliar Forest - a clear cutting and burning man-made interfered forest and *várzea* grass marshes in river channel margin were identified. In forest ecosystems, three samples (25x50)m² were set up and permanent quadrants included all living at least 6,3 cm in DAP. A ecological index were calculated and compared with NDVI values, who were extracted from NDVI image using a mean-distance classified image. Mean and standard deviation of NDVI values were used to “slice” a NDVI image and a map of principal vegetation complex type of Preserve were obtained.

Keywords. Remote Sensing, Tabuleiro Forest, Biodiversity, man-made disturbance.

* Subprojeto PROBIO - UFRJ: *Conservação e Recuperação da Floresta Atlântica de Tabuleiro em Linhares, ES, com Base na Avaliação Funcional da Biodiversidade*, coordenado pelo IB/Dep. de Botânica e IGEO/Dep. de Geografia. Apoio financeiro: GEF/BIRD-MMA, apoio: CNPq - FUJB

1. Introdução

A Floresta Atlântica constitui um dos mais importantes complexos vegetacionais brasileiro, que no entanto, foi sujeito a um processo de perda, principalmente por desmatamento, ao qual se adiciona uma diminuição da biodiversidade ocasionada pelo manejo não sustentado. No Estado do Espírito Santo, em consequência deste processo de degradação, só restam 2% dos 30% existentes em 1957 da Floresta Atlântica de Tabuleiros (Jesus, 1987).

Dentro deste contexto, os estudos dirigidos a identificar e qualificar remanescentes florestais em áreas preservadas ou interferidas, se tornam fundamentais, pois irão caracterizar a distribuição espacial dos fragmentos florestais, direcionando quaisquer medidas de recuperação de áreas degradadas.

As técnicas de sensoriamento remoto mostram-se altamente efetivas na análise da cobertura vegetal. A manipulação de valores de respostas espectral, permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados com indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas. Imagens resultantes do processamento digital que levam em conta estes índices, facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais.

Neste trabalho, pretende-se calcular, a partir da manipulação de imagens SPOT, um índice de vegetação que permita a identificação de quatro tipos de formações vegetais na Reserva Florestal de Linhares, no Norte de Espírito Santo: três fisionomias primárias - uma sobre tabuleiros (Floresta Densa), outra acompanhando os cursos d'água (Floresta Ciliar) e um complexo de vegetação herbáceo-arbustiva (Campo Hidrófilo de Várzea) - e em uma floresta secundária.

Em segundo lugar, visa-se a comparação do índice de vegetação obtido com indicadores da estrutura e funcionamento dos três ecossistemas de floresta e, finalmente, uma classificação da área da Reserva nas quatro classes analisadas que, em última análise, deverá gerar conhecimento básico para subsidiar técnicas de recuperação de áreas degradadas visando o resgate da biodiversidade.

A área de estudo corresponde à Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), em Linhares, ES. Está situada entre os paralelos 19° 06' e 19° 18' de latitude Sul e os meridianos 39° 45' e 40° 19' de longitude Oeste, numa superfície de tabuleiros Terciários da formação Barreira (vide **figura 1**). A planície de tabuleiros, caracteriza-se por uma seqüência de colinas de baixa altitude (28-60m) e vales de fundo plano, colmatados por sedimentos Quaternários.

A vegetação corresponde à Floresta dos Tabuleiros Terciários (Rizzini, 1987). Difere da Floresta Atlântica da Serra do Mar pela sua topografia em planícies, clima constantemente quente, solos mais pobres e ausência quase total de epífitas. Atualmente resta uma pequena parcela em estado natural no Norte de Espírito Santo, na Reserva Florestal de Linhares e na Reserva Biológica de Sooretama. A mancha florestal destas reservas corresponde aos fragmentos de florestas mais importantes entre o Norte do Rio de Janeiro e o Sul da Bahia, detendo em conjunto cerca de 50% dos remanescentes da floresta de tabuleiros na região e ocupando uma superfície de aproximadamente 45.000 ha (Rizzini, et. al, 1997).

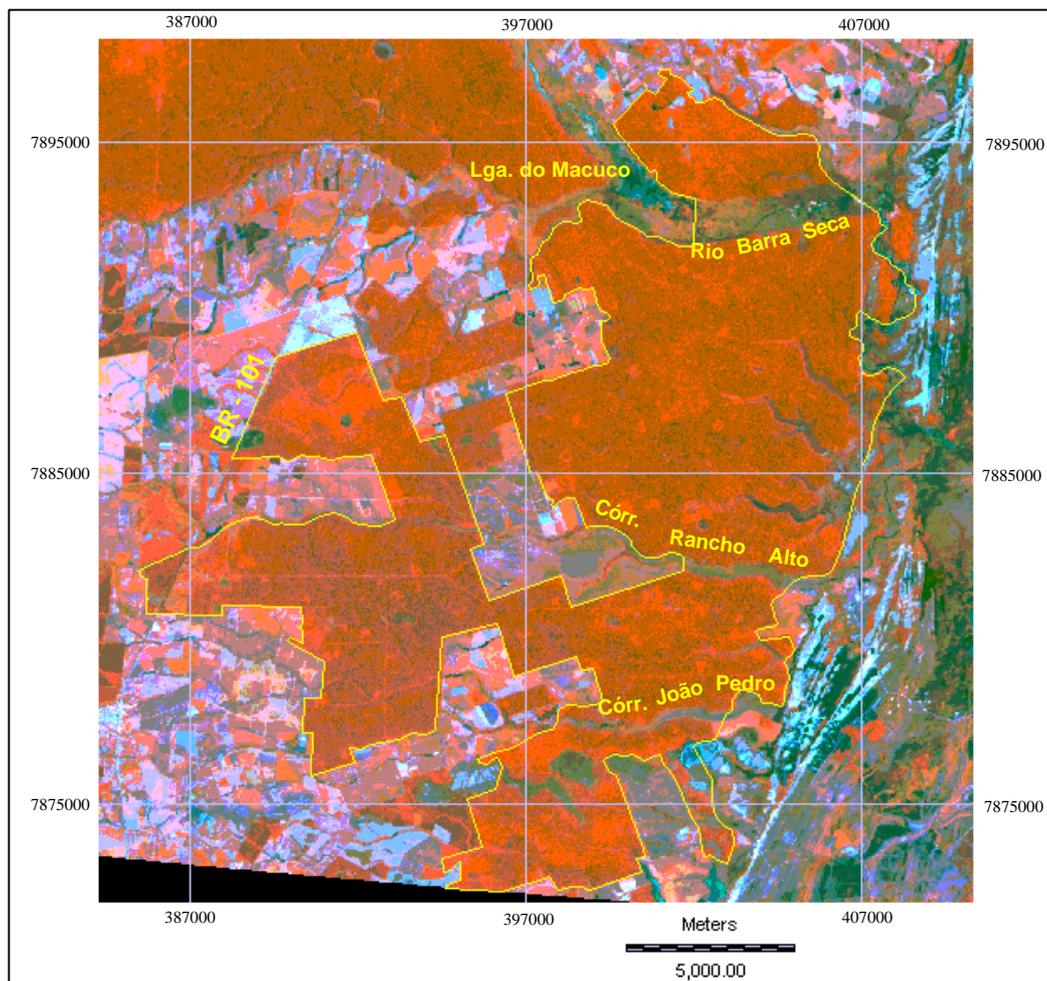


Figura 1 Reserva Florestal de Linhares delimitada numa imagem SPOT multiespectral

Com uma área aproximada de 22.000 ha, a Reserva Florestal de Linhares foi criada por volta dos anos 50, quando a CVRD iniciou a compra de terras na formação de um estoque madeireiro para a produção de dormentes (Jesus, 1987). Embora a Empresa não tenha levado adiante estes projetos, e a cobertura florestal de Linhares permaneça bastante conservada, a área da Reserva apresenta fortes sinais de interferência em suas margens, daí a importância dos estudos encaminhados à restauração e preservação da vegetação original.

2. Materiais e Métodos

Visando a identificação de áreas ocupadas por cada formação vegetal na Reserva Florestal de Linhares e a posterior associação destas com os índices de vegetação e indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas, foram utilizadas imagens digitais dos satélites SPOT (1994, bandas 1, 2 e 3) e LANDSAT (1996, bandas 3, 4, 5, e 7). Tais imagens, processadas no sistema IDRISI for Windows, permitiram a aplicação das seguintes funções de processamento digital:

Ampliação de contraste

Para todas as bandas foi realizada uma ampliação linear de contraste com saturação de 2,5% e sem considerar o nível zero.

Compatibilização das resoluções espaciais

Devido ao fato das imagens SPOT e LANDSAT possuírem resoluções espaciais distintas, efetuou-se uma expansão das matrizes representativas de cada uma, de forma que o pixel resultante passasse a ter o tamanho de 10x10m, e assim compatibilizar espacialmente as mesmas.

Georreferenciamento

As imagens SPOT e LANDSAT foram georreferenciadas com base nas cartas 1:100000 do levantamento sistemático. Georreferenciadas, tais imagens puderam ser recortadas igualmente a partir da definição de uma janela por coordenadas UTM.

Geração da composição colorida preliminar

Inicialmente, gerou-se duas composições coloridas: SPOT 3R 2G 1B e LANDSAT 5R 4G 3B, de modo que puderam servir de base para a definição das áreas de treinamento a serem utilizadas na classificação supervisionada na identificação das formações vegetais em estudo.

Geração da composição colorida CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Blank)

De maneira a otimizar as vantagens das resoluções espectral e espacial das imagens LANDSAT e SPOT, gerou-se uma composição colorida associando as bandas 5, 4 e 3 do LANDSAT aos canais C, M e Y, respectivamente, e a banda 3 do SPOT ao canal K. A imagem obtida, de ótima resolução, foi utilizada na localização das áreas de treinamento.

Classificação Digital por Mínima Distância

A partir da definição de áreas de treinamento, preliminarmente levantadas em trabalho de campo com auxílio de GPS, gerou-se as assinaturas espectrais para os quatro tipos de formações vegetais (Floresta Densa, Floresta Ciliar, Floresta Secundária e Campo Hidrófilo de Várzea). Estas assinaturas foram posteriormente editadas quanto a seus valores médios e de desvio padrão para minimizar possíveis áreas de confusões, e usadas como dados de entrada para o algoritmo classificatório. Este algoritmo, baseado na lógica da distância mínima normalizada foi aplicado sobre o conjunto de três bandas espectrais do SPOT gerando uma imagem temática que visa a identificação exclusiva das quatro classes em estudo, dentro dos limites da Reserva, sem ter em conta o grau de confusão ou as áreas não classificadas ao redor (**Figura 2**).

Aplicação do índice normalizado de diferenciação da vegetação (NDVI)

Existe uma variedade de índices de vegetação que foram desenvolvidos para auxiliar o monitoramento da cobertura vegetal. A maioria destes índices são baseados em diferentes interações entre o tipo de vegetação e a sua correspondente assinatura espectral nas zonas referentes aos comprimentos de onda vermelho e infravermelho.

A reflectância da cobertura vegetal na banda vermelha (aproximadamente entre 0,6 e 0,7 μ) é baixa, aparecendo nas imagens em tons de cinza escuros, devido à absorção da clorofila existente nas folhas. Entretanto, no infravermelho próximo (aproximadamente entre 0,8 e 0,9 μ) apresenta alta reflectância com tons de cinza claros devido a dispersão causada pela estrutura das folhas (Lillesand & Kiefer, 1994).

O **NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*) se encontra relacionado à densidade de vegetação e é obtido pela equação (Eastman, 1995):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{R})/(\text{NIR}+\text{R})$$

Onde NIR: valores de reflectância na banda do infravermelho próximo

R: valores de reflectância na banda do vermelho

No IDRISI for Windows, foi aplicada uma função que permite gerar diretamente uma imagem NDVI a partir da indicação das bandas correspondentes do vermelho (banda 2 do SPOT) e do infravermelho próximo (banda 3 do SPOT). Este índice varia de -1 a 1, onde os valores mais elevados estão associados à uma maior densidade da cobertura vegetal.

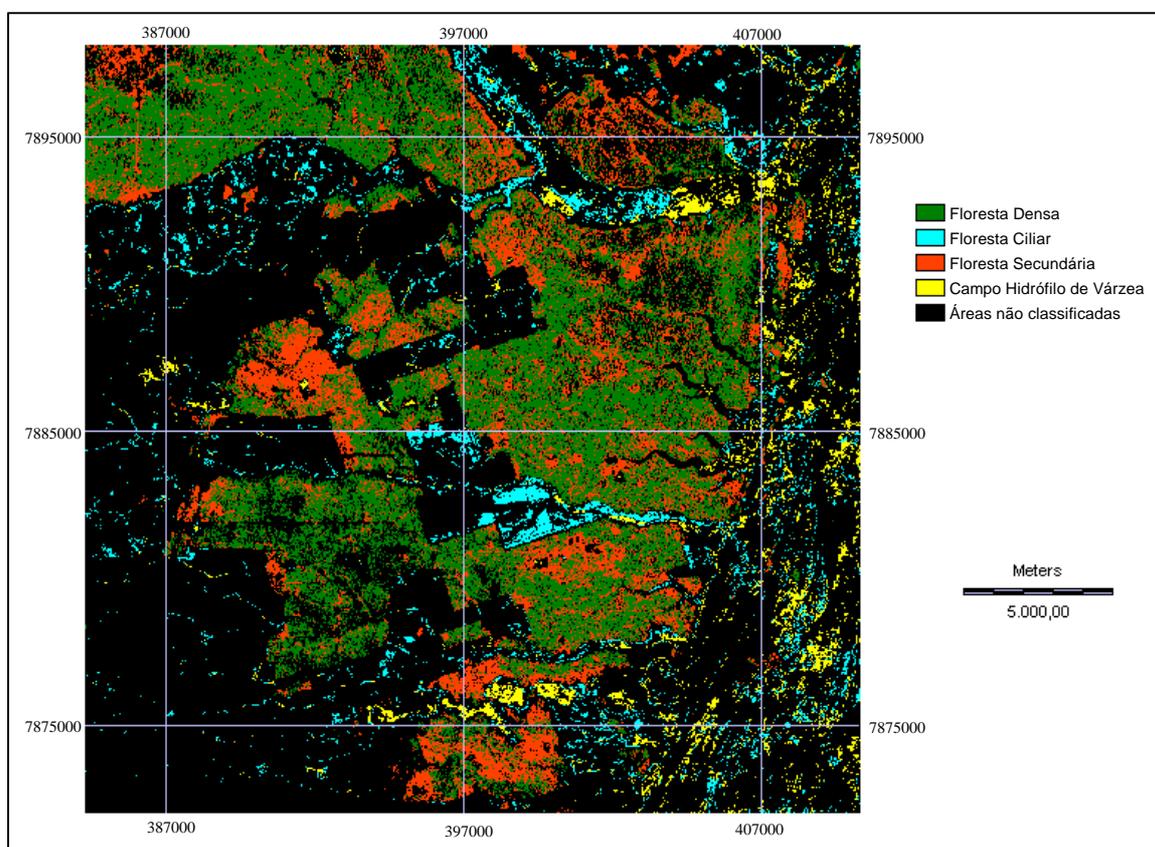


Figura 2 Classificação Supervisionada por Distâncias Mínimas

Extração dos valores de NDVI para cada tipo de formação vegetal e reclassificação da imagem NDVI.

A partir da imagem classificada por Distância Mínima, puderam-se extrair os valores mínimos, máximos, médios e de desvio padrão para cada uma das classes temáticas. Com os

valores das médias e desvio padrão, foram gerados intervalos para a reclassificação da imagem NDVI, possibilitando um maior refinamento da classificação temática da área da Reserva.

Recorte dos limites da Reserva

Definindo vetorialmente o limite da Reserva Florestal de Linhares, foi possível recortar a imagem classificada e assim quantificar, em valores absolutos e relativos, as áreas ocupadas por cada uma das formações vegetais analisadas.

Para o estudo da composição florística e estrutura da cobertura arbórea, foram analisados duas fisionomias de floresta primária - Floresta Densa e Floresta Ciliar - e um tipo de fragmento florestal modificado pela ação antrópica - Floresta Secundária - em área de Floresta Densa. Outros tipos de ecossistemas florestais, como a Mussununga não são levados em conta por encontrarem-se ainda em fase de estudo, ou alguns tipos de florestas secundárias, por apresentar interferências menos drásticas (corte seletivo de madeiras).

Empregou-se o método de parcelas permanentes recomendado pelo PROBIO (Programa Nacional para a Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica), sendo estas em número de três em cada sistema, medindo 25x50m, contíguas e distantes entre si 50m. Sendo assim, a área estudada em cada sistema foi de 0,375ha, totalizando 1,125ha .

- Floresta Densa: Parcelas instaladas numa área não perturbada, sem quaisquer dados históricos sobre fogo ou exploração madeireira. O sub-bosque é ralo e de fácil movimentação no seu interior.
- Floresta Ciliar: Parcelas estabelecidas ao longo do córrego São Pedro, paralelas e contíguas à margem do curso d'água, onde não existem dados sobre fogo ou exploração de madeira.
- Floresta Secundária: Parcelas localizadas próximas ao Córrego Rancho Alto, rodeada pela Floresta Densa (Primária), em uma área que foi totalmente queimada e desmatada por antigos proprietários, há cerca de quarenta e cinco anos, porém sem plantio posterior de agricultura de subsistência.

Os três ecossistemas florestais, assim como o Campo Hidrófilo de Várzea, localizado no fundo do vale do Córrego Rancho Alto, tiveram suas coordenadas geográficas registradas com ajuda de um GPS. Posteriormente, as coordenadas foram convertidas para UTM com o sistema GEOCALC, para melhor localização das áreas de treinamento nas imagens.

Em cada parcela, o estudo incluiu as árvores vivas com diâmetro igual ou superior a 6,3cm, ou seja, 20cm de circunferência. A partir do conhecimento da composição florística, foi possível elaborar a lista de espécies arbóreas dos diferentes sistemas; esta lista permitiu a identificação das espécies comuns ou exclusivas de cada sistema, e estabelecer a diversidade hierárquica (Rizzini et.al., 1991). O índice de valor de cobertura (ICV), é um índice sintético constituído pela soma dos parâmetros relativos de densidade e dominância (Castro,1987, apud Rodal et. al., 1992):

$$IVCr = DRt + DoRt$$

Onde DRt: densidade relativa do táxon, que representa a porcentagem do número de indivíduos de um determinado táxon com relação ao total de indivíduos cadastrados.

DoRt: dominância estimada pela área basal por hectare.

A diversidade da cobertura arbórea foi determinada pelo índice de Shannon - Weaver (1979 in Ludwig & Reynolds 1988). Os valores de esclerofilia foram calculados, para as 25 espécies com maior IVC em cada ecossistema florestal, através do peso de área foliar preestabelecida (circunferência de 1cm de diâmetro), (Sloover et. al., 1965).

Um valor único comparativo obtido para cada sistema, foi calculado tendo em conta o número de indivíduos das espécies que formam a cobertura arbórea, segundo a equação:

$$I_{escl.} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n (p_i e_i)$$

Onde p: participação - em porcentagem - da espécie i no total de indivíduos que formam a cobertura arbórea.

e: esclerofilia da espécie i

n: Número de espécies com maior IVC, no caso, n=25

3. Resultados e Discussão

Após aplicação de NDVI obteve-se uma imagem com valores variando entre -1 e 0,4 (**figura 3**). Os menores índices registram-se nos corpos d'água como a Lagoa do Macuco e em áreas arenosas de restingas, desprovidas de vegetação. Já os maiores valores estão associados às formações vegetais arbóreas dentro das áreas pertencentes as reservas florestais.

A **tabela 1**, apresenta os parâmetros de NDVI obtidos para as quatro formações vegetais estudadas.

Tabela 1 Valores de NDVI obtidos para as quatro formações vegetais

| Formações vegetais | Média | SD ¹ | Min | Max | Amplitude |
|---------------------------|-------|-----------------|-------|------|-----------|
| Floresta Densa | 0,23 | 0,03 | 0,10 | 0,31 | 0,21 |
| Floresta Ciliar | 0,11 | 0,03 | 0,03 | 0,16 | 0,13 |
| Campo Hidrófilo de Várzea | -0,06 | 0,06 | -0,23 | 0,04 | 0,27 |
| Floresta Secundária | 0,30 | 0,02 | 0,24 | 0,38 | 0,14 |

¹ Desvio Padrão

Os valores médios acusaram uma boa diferenciação entre as quatro formações vegetais, onde as florestas secundárias apresentaram os maiores valores. A formação herbácea, apresentou o menor valor pelo fato de estar constituída principalmente por um estrato herbáceo denso e um arbustivo disperso, e portanto, uma menor concentração de biomassa. A Floresta Ciliar apresentou valores intermediários entre a Floresta Densa e o Campo Hidrófilo de Várzea, por constituir um ecotono ou ecossistema de transição, entre as duas formações vegetais, apresentando um extrato arbóreo aberto, menos denso.

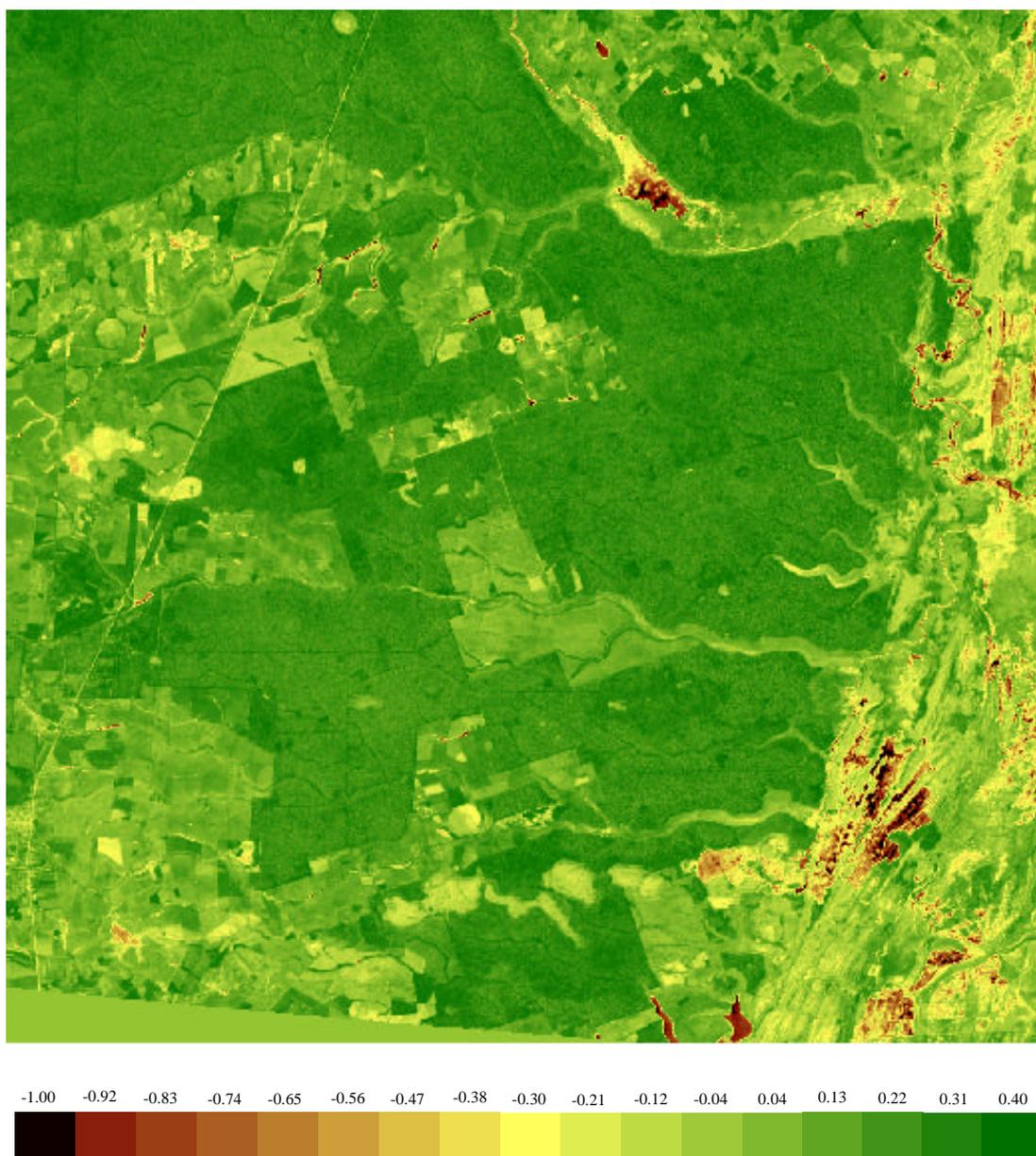


Figura 3 Imagem NDVI

Os valores de desvio padrão foram pequenos, acrescentando uma boa diferenciação das formações vegetais. O intervalo de valores entre os mínimos e máximos obtidos, foi similar nos quatro casos, destacando-se um aumento no Campo Hidrófilo de Várzea, possivelmente por ser a formação vegetal menos homogênea, com associações de diferentes espécies que variam das arbustivas às aquáticas nos fundo dos vales, segundo as condições de hidromorfismo.

Os valores de **NDVI** foram comparados com os resultados obtidos na análise da composição florística e da estrutura arbórea nas duas fisionomias de floresta primária de tabuleiros - Floresta Densa e Floresta Ciliar - e na Floresta Secundária (**tabela 2**).

Tabela 2 Comparação entre os valores de **NDVI** e os indicadores ecológicos dos ecossistemas com cobertura arbórea.

| Formações florestais | NDVI ¹ | H' ² | T Ind. ³ | No Ind. ⁴ | I. Escl. ⁵ |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Floresta Densa | 0,23 | 3,73 | 430 | 213 | 0,46 |
| Floresta Ciliar | 0,11 | 3,67 | 382 | 200 | 0,51 |
| Floresta Secundária | 0,30 | 3,79 | 373 | 243 | 0,43 |

¹ Valores médios de NDVI

² Índice de Diversidade de Shannon-Weaver

³ total de indivíduos em toda a parcela

⁴ Total de indivíduos das 25 espécies com maior IVC

⁵ Índice de esclerofilia calculado para as 25 espécies com maior IVC

Embora o tamanho amostral não seja suficiente para estabelecer um modelo matemático determinístico, relacionando o **NDVI** aos índices ecológicos da estrutura arbórea, os resultados obtidos permitem inferir padrões de relacionamento entre a composição florística e estrutura da cobertura arbórea dos ecossistemas florestais, com seus valores de reflectância nas ondas do vermelho e infravermelho da imagem SPOT.

Apesar de apresentar uma correlação forte e direta entre o **NDVI** e a diversidade florística, este resultado é pouco significativo, uma vez que os valores do índice de Shannon - Weaver obtidos foram similares para a cobertura arbórea dos três sistemas analisados. Entretanto, é possível esperar uma relação forte entre a diversidade e o **NDVI**, já que está relacionada com a riqueza, ou seja, o número de espécies de uma comunidade, e com a abundância, que representa a distribuição do número de indivíduos por espécies (Rodal, Op cit, 1992).

Em relação ao número total de indivíduos identificados em cada parcela, o **NDVI** apresentou uma baixa correlação. No entanto, quando analisado com o número de indivíduos das 25 espécies com maior índice de valor de cobertura (IVC), a correlação é forte. Este resultado permite inferir que os valores de reflectância nas bandas 2 e 3 do SPOT, utilizados para calcular o **NDVI**, estão fortemente determinados pelas espécies que dominam grande parte do estrato arbóreo superior (19-31m) e emergente (até 40m) da floresta, independentes dos indivíduos com menor densidade e dominância, ou seja IVC baixo, como espécies raras (1 ou 2 indivíduos) ou mesmo indivíduos jovens.

Outro resultado interessante, foi a forte correlação inversa apresentada entre o valor médio de **NDVI** e os valores médios de esclerofilia das 25 espécies com maior IVC em cada sistema analisado. Ecossistemas com estratos arbóreos superiores e emergentes, mais esclerófilos, apresentam menores índices de densidade de vegetação. Embora não possa ser considerado conclusivo, devido ao pequeno tamanho amostral, o resultado obtido pode ser explicado pelas características dos ecossistemas que em baixas tensões abióticas, se apresentam, em geral, com baixa esclerofilia, maior longitude foliar, maior velocidade de decomposição e de crescimento (maior produção de biomassa), uma rápida reciclagem de nutrientes e menor energia armazenada (IES, 1991), o qual pode estar relacionado a altos valores de **NDVI**. Em nosso caso, a Floresta

Ciliar encontra-se sob maiores tensões abióticas associadas ao hidromorfismo excessivo, daí o maior índice de esclerofilia e menor valor de **NDVI** entre os sistemas florestais arbóreos.

Em geral, o comportamento do **NDVI** está associado, em primeiro lugar, à própria estrutura das formações vegetais. Os ecossistemas com estrutura arbórea, distinguem-se bem do ecossistema herbáceo-arbustivo. A diferença entre eles é marcada pelo número de indivíduos que compõem o estrato arbóreo superior. Assim, a Floresta Ciliar, com um dossel mais aberto, apresenta menores valores de **NDVI**. A diferença entre as florestas primárias e as secundárias também parece estar determinada pela presença de um maior número de indivíduos nas espécies com maior índice de valor de cobertura (IVC).

Por outro lado, quando comparadas às famílias com maior número de indivíduos, é marcante a presença de palmeiras (*Arecaceae*) e de *Moraceae* na Floresta Secundária, sendo que as espécies destas famílias, em geral, necessitam de luminosidade intensa para seu desenvolvimento. Este fato pode traduzir-se numa maior absorção da energia nas bandas do vermelho, influenciando num possível aumento do **NDVI**.

Com os valores das médias e desvio padrão de **NDVI**, foram estabelecidos intervalos para a reclassificação da imagem (**NDVI**). Obteve-se assim uma imagem classificada da Reserva Florestal de Linhares, onde as classes correspondem aos quatro tipos de formações vegetais analisadas (**figura 4**).

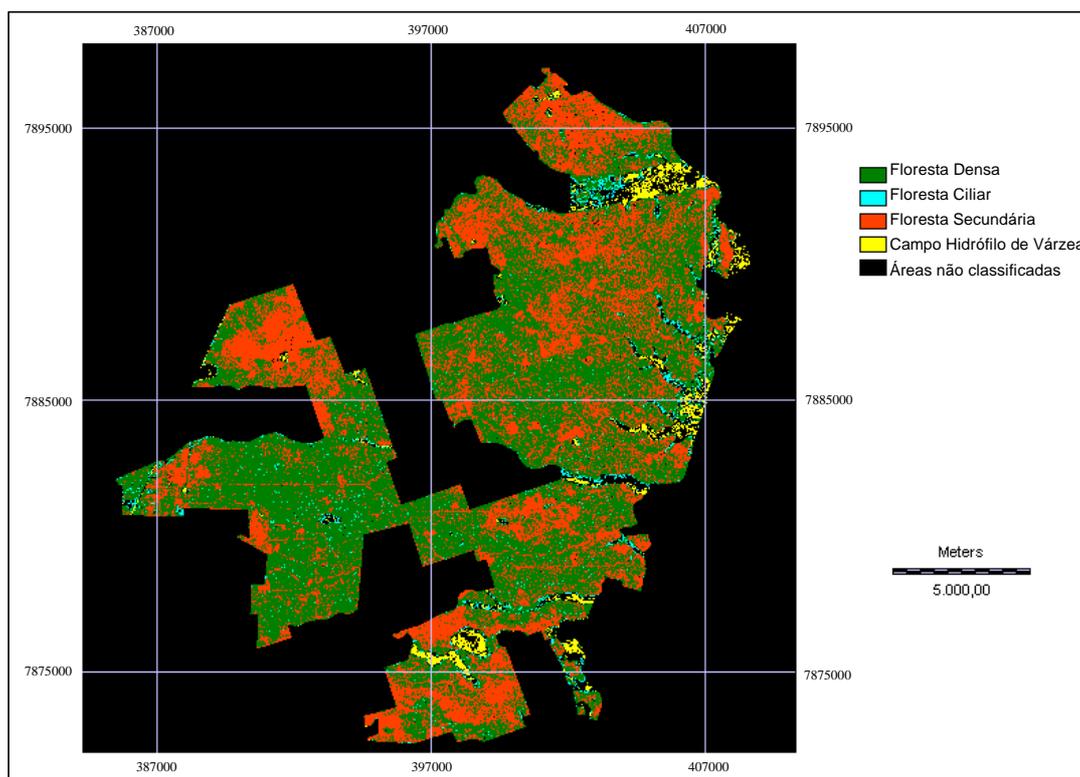


Figura 4 Classificação por fatiamento da imagem NDVI da Reserva Florestal de Linhares

Dos 232,45 km² da área total da Reserva, 127,28 Km² correspondem à Floresta Densa de Cobertura Uniforme, representando 54,77%. As Florestas Secundárias, independentemente do

tipo de interferência sofrido, ocupam uma área importante da Reserva, totalizando 83,29Km² representando 35,84%. As áreas de Floresta Secundária localizam-se nos extremos da reserva (talvez associadas às áreas de aquisição mais recente pela CVRD) e ao longo das estradas abertas na Floresta Densa, onde as espécies de fisionomias secundárias ocupam as margens.

Das restantes formações, 4,81 Km² pertencem à Floresta Ciliar, um 2,08% da área total da reserva. Os Campos Hidrófilos de Várzea, ocupam 5,80 Km² (2,50%), associados fundamentalmente aos fundos de vales. Um total de 11,17 Km² (4,81%) da área total ficou como não classificado, onde estão incluídas principalmente áreas de alto hidromorfismo no interior dos vales e de algumas depressões.

4. Conclusões

O **NDVI** apresentou-se altamente efetivo na identificação das diferentes formações vegetais da Reserva. A utilização de uma classificação por distâncias mínimas permitiu a extração de valores de **NDVI** que puderam ser comparados com indicadores biológicos da estrutura e funcionamento dos ecossistemas florestais.

As florestas secundárias apresentaram os maiores valores de **NDVI** seguidos pela Floresta Densa. O Campo Hidrófilo de Várzea registrou o menor valor, enquanto, a Floresta Ciliar, ecossistema de transição, mostrou valores intermediários entre os dois últimos.

Os maiores valores de **NDVI**, registraram-se nos ecossistemas com maiores índices de diversidade e também com os de maior número de indivíduos e menor esclerofilia no estrato arbóreo superior. Já com o número total de indivíduos, a correlação foi baixa, evidenciando uma maior relação da reflectância com o estrato arbóreo superior e emergentes da floresta.

Os ecossistemas secundários, que sofreram interferência antrópica há 50 anos, ocupam uma área significativa, localizando-se principalmente nas bordas da Reserva e ao longo das estradas. A maior parte da área, no entanto, pertence à Floresta Densa e a área restante divide-se entre ecossistemas como a Floresta Ciliar, Campos Hidrófilos de Várzea entre outros que não foram analisados.

A determinação de padrões de **NDVI** para as distintas formações vegetais, permite a identificação de diferentes tipos de ecossistemas nos remanescentes florestais e demais áreas que rodeiam a Reserva, direcionando quaisquer medidas de recuperação de áreas degradadas e manejo sustentável.

5. Referências Bibliográficas

- Eastman, J.R. *Introduction to Remote Sensing and Image Processing. Idrisi for Windows User's Guide*. Cap 3, Clark University, Worcester, 17p. 1995
- Instituto de Ecologia y Sistemática. *Planificación Ecológica Forestal*. Academia de Ciencias de Cuba, 23p. 1991
- Jesus, R.M. de Mata Atlântica de Linhares: aspectos florestais; a experiência da CVRD. In: Seminário sobre Desenvolvimento Econômico e Impacto Ambiental em Áreas de Trópico Úmido Brasileiro, Rio de Janeiro, Anais..., 1987 pp 35-71

- Lillesand, T.M. & R.W. Kiefer Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, 3a ed., New York, 750p, 1994
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. San Diego, Wiley Interscience, 337p. 1988
- Rizzini, C.M.; R.E. Aduan; R. de Jesus; I. Garay *Floresta pluvial de tabuleiros, Linhares, ES, Brasil: Sistemas primários e secundários*, Leandra, (12), Rio de Janeiro, 1997, pp 54-76.
- Rizzini, C.T. Tratado de Fitogeografia do Brasil, 2da Ed., Rio de Janeiro, Ed. Ambito Cultural, 747 p. 1987
- Rodal, M.J.N.; E.V.S. Sampaio & M.A. Figueredo Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico, ecossistema caatinga. São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, 23p. 1992
- Sloover, J. de; J. Lebrun & T. Marynen *Quelques paramètres foliaires liés au bilan d' eau des strates ligneuse de trois types de foxêts belges*. Bull. Cl. Sc, Acad. Royale de Belgique, 5ta Sér., 51 (6): 640-671, 1965