

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

FERNANDA ZANGISKI ROLIM

**ANÁLISE DE REMANESCENTES FLORESTAIS UTILIZANDO
CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA À OBJETO ATRAVÉS DA LÓGICA
FUZZY NO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA DO NORTE - SC**

LAGES

2010

FERNANDA ZANGISKI ROLIM

**ANÁLISE DE REMANESCENTES FLORESTAIS UTILIZANDO
CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA À OBJETO ATRAVÉS DA LÓGICA
FUZZY NO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA DO NORTE - SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre no curso de
Pós-Graduação em Produção Vegetal da
Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC.

Orientador: Adelar Mantovani

LAGES - SC

2010

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

R748a Rolim, Fernanda Zangiski
Análise de remanescentes florestais utilizando classificação orientada à
objeto através da lógica fuzzy no município de Ponte Alta do Norte –
SC / Fernanda Zangiski Rolim ; orientador: Adelar Mantovani . –
Lages, 2010.
129f.

Inclui referências.
Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /
UDESC.

1. Fitossociologia. 2. Classificação. 3. Segmentação. 4. Floresta de alto
valor de conservação. I. Título.

CDD – 634.9

FERNANDA ZANGISKI ROLIM

**ANÁLISE DE REMANESCENTES FLORESTAIS UTILIZANDO
CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA À OBJETO ATRAVÉS DA LÓGICA
FUZZY NO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA DO NORTE - SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: / /2010

Homologado em: / /2010

Banca Examinadora:

Orientador/presidente: Dr. Adelar Mantovani
(UDESC/Lages - SC)

Dr. Leo Rufato
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado
em Produção Vegetal – UDESC/Lages – SC

Membro: Dr. Emerson Roberto Schoeninger
(Klabin – SC)

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado
em Ciência do Solo e Coordenador do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias – UDESC/Lages – SC

Membro: Dr. Tássio Dresch Rech
(Epagri)

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

Lages, Santa Catarina
29 de Outubro de 2010

.

Ao meu grande amor, amigo, companheiro
Flávio Augusto Rolim e ao pequeno Flavinho

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Silvestre e Elba, por todo amor, carinho, apoio e principalmente incentivo aos estudos; pelas lições de vida de sempre lutarmos e persistirmos pelo que desejamos, não nos deixando impedir pelas dificuldades e aos irmãos Fa, Tiago e Cris, tão companheiros e alegres.

Ao meu orientador Adelar Mantovani pelo acompanhamento e discussões.

A empresa Seiva pela disponibilização de dados, auxílio à pesquisa, área de estudo, idas a campo. Em especial ao Evandro Cozer pelo apoio e a equipe: Alvi, Marcão, Cleverson e Paulino, pela ajuda dos levantamentos de campo.

Ao professor Jorge Centeno que muito gentilmente colaborou para o trabalho, compartilhou suas experiências, e foi fundamental no decorrer da dissertação.

A empresa Senografia Sensoriamento Remoto que gentilmente forneceu as imagens de satélite necessárias ao estudo.

A Universidade Federal do Paraná pela utilização do software Defines.

Aos colegas da universidade, sempre dando apoio nos momentos difíceis, em especial a Cynara, um presente no decorrer do Mestrado, Thais sempre prestativa, ao Juliano e ao colega João pela paciência e auxílio.

A CAPES pela bolsa de estudo.

Ao meu filho Flavinho, uma bênção em minha vida.

E, principalmente, especial agradecimento ao grande amor da minha vida Flávio, que sempre me apoiou em todos os momentos. Aceitou a distância e me auxiliou com sua experiência, foi a campo, passou noites em claro, consolou-me nos momentos difíceis, riu comigo, enfim, obrigada pelo seu carinho, compreensão, amor, dedicação. Você é uma pessoa muito, muito especial.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver...”

Martin Luther King

RESUMO

ROLIM, Zangiski Fernanda. **ANÁLISE DE REMANESCENTES FLORESTAIS UTILIZANDO CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA À OBJETO ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY NO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA DO NORTE – SC.** 2010. 129 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fitossociologia e geoprocessamento) – Universidade Estadual de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2010.

Novas tecnologias como a geração de imagens obtidas por sensores remotos tem sido essencial nos estudos ambientais. Por meio delas, os ambientes mais distantes ou de difícil acesso tornam-se mais acessíveis. Utilizando-se imagens do CBERS, SPOT e de ortofotos foram realizados estudos em remanescentes de floresta nativa no município de Ponte Alta do Norte – SC. O estudo foi abordado em 2 capítulos. O Capítulo I teve como objetivo analisar os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal da área em estudo, neste caso, uma Floresta Ombrófila Densa Montana. Estes remanescentes foram amostrados utilizando-se o método de amostragem de distância ponto a planta, representado pelo método de quadrantes. Foram instalados 134 pontos distribuídos em 7 transecções. Foram mensurados 536 indivíduos pertencentes a 59 espécies, 35 gêneros e 23 famílias botânicas. A área amostrada foi estratificada de acordo com a estrutura florestal do remanescente, onde a análise de agrupamento foi realizada pelo índice de dissimilaridade Bray-Curtis. Formaram-se quatro grupos de vegetação (quatro estratos). O Estrato 1 demonstrou uma fisionomia em estágio mais avançado de sucessão. No entanto, o estrato 2 caracterizou-se como área em estágio inicial de sucessão. O estrato 3 revelou considerável densidade de duas espécies ameaçadas de extinção, *Dicksonia sellowiana* e *Ocotea porosa*. Os estratos 3 e 4 apresentaram estágios intermediários de sucessão. A floresta encontra-se em bom estado de conservação, pois a maioria dos estratos apresenta-se bem estruturados. Pelo fato de ocorrerem duas espécies ameaçadas de extinção no levantamento realizado, o remanescente florestal inserido na Fazenda Rio das Pedras pode ser considerado uma Floresta de Alto Valor de Conservação. O Capítulo II teve como objetivo realizar uma classificação orientada a objeto utilizando lógica Fuzzy em 3 diferentes imagens digitais de remanescentes florestais para quantificar a expressão da área em estudo, como Florestas de Alto Valor de Conservação. Como metodologia para extração de informações espectrais nas imagens, foram utilizadas as técnicas de análise orientada a objeto para a classificação da imagem. Realizou-se um comparativo entre diferentes valores para determinar a segmentação, seguido de uma identificação de parâmetros que melhor discriminassem as classes levantadas (estratos). A amostragem dos transectos realizadas no Capítulo I gerou informações para a elaboração das funções de pertinências, as quais foram padronizadas e elaboradas com base nos parâmetros do valor de brilho e textura dos objetos amostra. As funções de pertinência elaboradas para cada classes foram cruzadas através de operadores de Lógica Fuzzy, com o algoritmo formado, em seguida foi gerada a classificação da imagem. Para analisar a acurácia da classificação foram elaboradas em campo amostras verdadeiras as quais foram cruzadas com a classificação e analisadas pelo Índice Kappa. Os resultados foram comparados para as três imagens, sendo que o melhor resultado foi para a imagem Ortofoto segmentação multi-resolução nível superior, a qual foi usada para classificar e quantificar o remanescente

florestal, totalizando em 133,02 ha de área que deve ser manejada e mantida como uma Floresta de Alto Valor de Conservação, segundo características levantadas no estudo dos parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal (Capítulo I).

Palavras-chave: Fitossociologia. Classificação. Segmentação. Floresta de Alto Valor de Conservação.

ABSTRACT

ROLIM, Zangiski Fernanda. **ANALYSIS OF REMAINING FOREST CLASSIFICATION USING OBJECT ORIENTED TO THROUGH FUZZY LOGIC IN PONTE ALTA DO NORTE – SC.** 2010. 129 f. MSc (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fitossociologia e geoprocessamento) – Universidade Estadual de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2010.

New technologies such the generation of images obtained by remote sensors has been essential in environmental studies. Thorough them, the more distant environments or hard to become more accessible. Using images from CBERS, SPOT and orthophoto studies in remnants of native forest in Ponte Alta do Norte - SC. The study was discussed in two chapters. Chapter One was aimed at analyzing the phytosociological parameters of the horizontal structure of the study area, in this case, a Dense Ombrophilous Montane Forest. These remnants were sampled using the sampling point away from the plant, represented by the quarter method. Were installed 134 sites in seven transects. We measured 536 individuals belonging to 59 species, 35 genera and 23 families. The area sampled was stratified according to the structure of the remnant forest, where the cluster analysis was performed by the index of Bray-Curtis dissimilarity. Formed four vegetation groups (four strata). The Stratum 1 showed a face in a more advanced stage of succession. However, the second stratum was defined as an area in the early stages of succession. The stratum 3 showed considerable density of two endangered species, *Dicksonia sellowiana* and *Ocotea porosa*. Strata 3 and 4 had intermediate stages of succession. The forest is in good condition because most of the strata is tightly structured. Because they occur two endangered species in a survey, the remnant forest inserted in Rio das Pedras farm can be considered a High Conservation Value Forest. Chapter II was aimed at making an object-oriented classification using fuzzy logic in digital images of three different forest areas to quantify the expression of the study area, as High Conservation Value Forest. As a methodology for the extraction of spectral information in the images were used the analysis techniques for object-oriented image classification. We made a comparison between different values to determine the segmentation, followed by identification of parameters that best discriminate the classes studied (strata). Sampling transects are carried out in Chapter I generated information for the development of membership functions, which were standardized and developed based on the parameters of the value of brightness and texture of objects sample. The membership functions developed for each class were crossed by operators of fuzzy logic, the algorithm formed then was generated image classification. To analyze the accuracy of classification was developed in field samples truths which were cross-classified and analyzed by Kappa. The results were compared to the three images, and the best result was for the image segmentation Orthophoto multi-resolution level, which was used to classify and quantify the remaining forest, totaling 133.02 ha in area which should be managed and maintained as a High Conservation Value Forest, according to characteristics raised in the study of phytosociological parameters of the horizontal structure (Chapter I).

Keywords: Phytosociology, Classification, Segmentation, High Conservation Value Forest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Localização da área de estudo. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	30
Figura 2 –	Localização das transecções no remanescente florestal. Cada transecto representado por uma cor diferente.....	31
Figura 3 –	Método de Quadrantes. A1 – árvore quadrante 1, d1 – distância 1. A2 – árvore quadrante 2, d2 – distância 2. A3 – árvore quadrante 3, d3 – distância 3. A4 – árvore quadrante 4, d4 – distância 4.....	32
Figura 4 –	Número de espécies por família botânica presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	36
Figura 5 –	Número de indivíduos por família botânica presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	36
Figura 6 –	Dendrograma resultante de análise de agrupamento dos transectos do remanescente florestal.....	37
Figura 7 –	Curva espécie/área do estrato 1 contendo os transectos 1 – 2, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	38
Figura 8 –	Número de espécie por família presente no estrato 1, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	39
Figura 9 –	Número de indivíduos por família presente no estrato 1, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	40
Figura 10 –	Curva espécie/área do estrato contendo os transectos 3 – 5 – 6, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	42
Figura 11 –	Número de espécies por família presentes no estrato 2 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	42
Figura 12 –	Número de indivíduos por família presente no estrato 2 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	42
Figura 13 –	Imagem demonstrando alta incidência de <i>V. discolor</i> , copas de coloração	

de tonalidades mais esbranquiçadas, estrato 2 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Flavio Augusto Rolim, 2009.....	44
Figura 14 – Imagem demonstrando expressiva frequência de taquara (<i>Merostachys</i> sp.) e poucos indivíduos arbóreos, estrato 2 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.....	45
Figura 15 – Curva espécie/área do transecto 4 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	45
Figura 16 – Número de espécie por família presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	46
Figura 17 – Número de indivíduos por família presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	46
Figura 18 – Ilustração do tronco da espécie <i>O. porosa</i> . Espécie presente na lista do IBAMA, classificada como ‘Vulnerável’. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.....	49
Figura 19 – Ilustração da presença de Xaxim (<i>D. sellowiana</i>). Espécie presente na lista do IBAMA, classificada como ‘Em perigo’. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.....	49
Figura 20 – Curva espécies/área do transecto 7, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	50
Figura 21 – Número de espécie por família presente no estrato 4 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	51
Figura 22 – Número de indivíduos por família presente no estrato 4 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	51
Figura 23 – Localização da área de estudo. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	62
Figura 24 – Organograma de etapas dos procedimentos na metodologia.....	64
Figura 25 – Localização das transecções no remanescente florestal. Cada transecto representado por uma cor diferente.....	68
Figura 26 – Áreas de sobreposição entre as classes.....	69

Figura 27 – Função Fuzzy escolhida para receber os valores da análise.....	75
Figura 28 – Localização das amostras verdade na área de estudo, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.....	78
Figura 29 – a) Imagem ORTOFOTO pura e b) zoom da ORTOFOTO segmentada para o nível inferior.....	83
Figura 30 – a) Imagem SPOT pura e b) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível inferior.....	83
Figura 31 – a) Imagem CBERS pura e b) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível inferior.....	83
Figura 32 – a) Imagem ORTOFOTO pura, b) imagem ORTOFOTO segmentada e c) zoom da imagem ORTOFOTO segmentada para o nível intermediário.....	84
Figura 33 – a) Imagem SPOT pura, b) imagem SPOT segmentada e c) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível intermediário.....	84
Figura 34 – a) Imagem CBERS pura, b) imagem CBERS segmentada e c) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível intermediário.....	85
Figura 35 – a) Imagem ORTOFOTO pura, b) imagem ORTOFOTO segmentada e c) zoom da imagem ORTOFOTO segmentada para o nível superior.....	85
Figura 36 – a) Imagem SPOT pura, b) imagem SPOT segmentada e c) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível superior.....	86
Figura 37 – a) Imagem CBERS pura, b) imagem CBERS segmentada e c) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível superior.....	86
Figura 38 – Classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.....	97
Figura 39 – Classificação imagem SPOT segmentação multi-resolução nível superior.....	98
Figura 40 – Classificação imagem CBERS segmentação multi-resolução nível superior.....	99
Figura 41 – Classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível intermediário.....	101

Figura 42 – Classificação imagem SPOT segmentação multi-resolução nível intermediário.....	102
Figura 43 – Classificação imagem CBERS segmentação multi-resolução nível intermediário.....	103
Figura 44 – Resultado da classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior com os transectos coletados em campo.....	105
Figura 45 – Resultado da classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Apresentação do agrupamento de acordo com a Similaridade/Dissimilaridade das transecções.....	33
Tabela 2 – Análise de dissimilaridade utilizando programa R.....	37
Tabela 3 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 1. DA= Densidade Absoluta; DoA=Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.....	40
Tabela 4 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 2. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.....	43
Tabela 5 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 3, Fazenda Rio das Pedras. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.....	48
Tabela 6 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 4. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.....	52
Tabela 7 – Características das imagens do satélite SPOT e CBERS.....	63
Tabela 8 – Relação entre os valores do índice kappa e o desempenho da classificação (MOREIRA 2005):.....	81
Tabela 9 – Resultados de escala para a segmentação das imagens.....	82
Tabela 10 – Matriz de confusão para imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.....	87
Tabela 11 – Resultado da matriz de confusão para imagem ORTOFOTO nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista	

do Usuário; K = Índice Kappa.....	88
Tabela 12 – Matriz de confusão para imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível intermediário.....	89
Tabela 13 – Resultado da matriz de confusão para imagem ORTOFOTO nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K = Índice Kappa.....	89
Tabela 14 – Matriz de confusão para imagem SPOT segmentação multi-resolução nível superior.....	90
Tabela 15 – Resultado da matriz de confusão para imagem SPOT nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K = Índice Kappa.....	91
Tabela 16 – Matriz de confusão para imagem SPOT segmentação multi-resolução nível intermediário.....	92
Tabela 17 – Resultado da matriz de confusão para imagem SPOT nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K = Índice Kappa.....	92
Tabela 18 – Matriz de confusão para imagem CBERS segmentação multi-resolução nível superior.....	93
Tabela 19 – Resultado da matriz de confusão para imagem CBERS nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K = Índice Kappa.....	93
Tabela 20 – Matriz de confusão para imagem CBERS segmentação multi-resolução nível intermediário.....	94
Tabela 21 – Resultado da matriz de confusão para imagem CBERS nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K = Índice Kappa.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS

AB - Área basal

AVC - Alto Valor de Conservação

DA - Densidade absoluta

DAP - Diâmetro à altura do peito

DoA - Dominância absoluta

DoR - Dominância relativa

DR - Densidade relativa

Eim - Erro de inclusão

Eom - Erro de omissão

EP - Exatidão do ponto de vista do produtor

EU - Erro do ponto de vista do usuário

FAi - Frequência absoluta

FAVC - Floresta de Alto Valor de Conservação

Fp - Função de pertinência

FR - Frequência relativa

FSC - Conselho de Manejo Florestal

GPS - Sistema de posicionamento global

H' - Índice de Shannon Weaver

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IVI - Índice de valor de importância

K - Índice kappa

LUSC/UDESC - Herbário Lages da Universidade do Estado de Santa Catarina

NDVI - Índice de vegetação

NI - Não identificado

SC - Santa Catarina

SIG - Sistema de informações geográficas

Q - Qualidade global

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	20
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	21
 2 CAPÍTULO I: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA DE UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE MONTANA	22
2.1 INTRODUÇÃO.....	22
2.2 OBJETIVOS.....	23
2.2.1 Objetivo geral.....	23
2.2.2 Objetivos específicos.....	23
2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.3.1 Conservação florestal.....	23
2.3.2 Amostragem das parcelas.....	23
2.3.2.1 Pontos quadrantes.....	24
2.3.3 Distribuição diamétrica.....	24
2.3.4 Fitossociologia.....	25
2.3.5 Estrutura populacional.....	29
2.4 METODOLOGIA.....	30
2.4.1 Caracterização da área de estudo.....	30
2.4.2 Metodologia de amostragem.....	30
2.4.3 Estrutura fitossociológica.....	33
2.4.4 Suficiência amostral.....	34
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
2.5.1 Levantamento geral.....	35
2.5.2 Análise de agrupamento (estratificação).....	36
2.5.3 Estrato 1.....	37
2.5.4 Estrato 2.....	41
2.5.5 Estrato 3.....	45
2.5.6 Estrato 4.....	49
2.6 CONCLUSÃO.....	52
 3 CAPÍTULO II: CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO ATRAVÉS DE LÓGICA FUZZY, EM IMAGENS ORTOFOTO, CBERS E SPOT PARA AUXÍLIO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REMANESCENTES FLORESTAIS.....	53
3.1 INTRODUÇÃO.....	53
3.2 OBJETIVOS.....	54
3.2.1 Objetivo geral.....	54
3.2.2 Objetivos específicos.....	54
3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	55
3.3.1 Aplicação do sensoriamento remoto.....	55
3.3.2 Classificação de imagens.....	56
3.3.3 Segmentação.....	57
3.3.4 Classificação orientada a objeto.....	58
3.3.5 Lógica Fuzzy.....	59

3.3.6 Floresta de alto valor de conservação (FAVC).....	61
3.4 METODOLOGIA.....	61
3.4.1 Caracterização da área de estudo.....	61
3.4.2 Material.....	62
3.4.2.1 Material cartográfico e imagens orbitais.....	62
3.4.2.2 Programas computacionais.....	63
3.4.2.3 Equipamentos.....	63
3.4.3 Métodos.....	63
3.4.3.1 Pré-processamento da imagem.....	64
3.4.3.2 Levantamento da vegetação da área em estudo.....	65
3.4.3.3 Determinação das classes.....	65
3.4.3.4 Estudo das imagens.....	65
3.4.3.5 Classificação Fuzzy.....	71
3.4.3.6 Avaliação da classificação.....	77
3.4.3.7 Definição de conservação dos remanescentes para FAVC.....	81
3.5 RESULTADOS.....	82
3.5.1 Segmentação multi-resolução.....	82
3.5.2 Discriminação das classes através dos parâmetros.....	86
3.5.3 Avaliação das classificações.....	87
3.5.3.1 Resultado Ortofoto.....	87
3.5.3.2 Resultado SPOT.....	90
3.5.3.3 Resultado CBERS.....	93
3.5.4 Avaliação dos resultados entre os níveis.....	95
3.5.5 Resultado final da classificação para FAVC.....	104
3.6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES.....	108
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
ANEXOS.....	122

1 APRESENTAÇÃO

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta ombrófila do continente americano, perdendo somente para Floresta Amazônica. Cobre zonas climáticas e formações vegetais, de tropicais a subtropicais, estendendo-se das latitudes 4° a 32°S (TABARELLI et al., 2005). Abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos em 17 estados brasileiros. Este bioma representa um dos cinco mais importantes “hotspots” devido a sua alta diversidade biológica e ameaças de desmatamento (MYERS et al., 2000; TABARELLI et al., 2005). Esta formação florestal está associada a outros ecossistemas como manguezais, restingas, florestas de pinheiros e campos de altitude (TANIZAKI & MOULTON, 2000).

A intensa influência sobre as áreas florestais no decorrer dos anos, além de sua própria dinâmica natural de clareiras resultou em diversas modificações dessa paisagem, construindo um mosaico de estágios sucessionais diferentes. Temos uma floresta altamente fragmentada como consequência da sua degradação (PIELKE et al., 1997).

Com uma extensão territorial de 95.985 Km², dos quais 85% estavam originalmente cobertos por florestas, Santa Catarina situa-se hoje como o terceiro estado brasileiro com maior área de remanescentes de Mata Atlântica, resguardando cerca de 16.620 Km², ou 17,46% da área original, segundo levantamento feito pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em 2005. A área do estado de Santa Catarina corresponde tão somente a 1,12% do território brasileiro. Esses dados bem ilustram a crítica situação atual da Mata Atlântica (PROCHNOW, 2009).

Vieira et al. (2003) destacam a importância do monitoramento de áreas remanescentes, tanto de vegetação primária, como secundária, já que as florestas secundárias podem ser extremamente importantes como reserva da diversidade genética, estoque de carbono e nutrientes e reguladoras do ciclo hidrológico.

Desse modo, são necessários estudos sobre a estrutura, distribuição e evolução temporal de seus remanescentes. Primeiramente, estes estudos eram totalmente fundamentados em extensivos trabalhos de campo, entretanto com o avanço tecnológico começaram a ser utilizadas fotos aéreas e imagens de satélite.

O monitoramento por imagens de satélite tem sido essencial para os estudos ambientais, já que as imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica e multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre (FLORENZANO, 2007).

Destaca-se o uso de imagens na área ambiental para diversos usos. Para o caso de monitoramento de florestas, por exemplo, esta tecnologia é muito importante para avaliar a cobertura e dinâmica da floresta e a detecção de alterações ambientais causadas por diferentes fatores naturais ou de origem antrópica. A análise da distribuição das florestas tropicais é importante para estudos sobre o manejo sustentável (MAYAUX et al., 1998).

Em Santa Catarina, no município de Ponte Alta do Norte, temos a sede da empresa Seiva, que quer aumentar suas áreas de proteção ambiental e investe continuamente na melhoria de suas práticas de ecoeficiência.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Visando contribuir para o manejo dos fragmentos florestais, o objetivo geral do trabalho foi utilizar o sensoriamento remoto como ferramenta para estudos ambientais de análise de cobertura vegetal; fazendo uma correlação de informações entre os levantamentos fitossociológicos realizados nos fragmentos florestais nativos com as análises das imagens de satélite (SPOT e CBERS) e Ortofoto a fim de caracterizar diferentes remanescentes pertencentes à fazenda Rio das Pedras, no município de Ponte Alta do Norte, Santa Catarina; e dimensionar, realizando uma metodologia de classificação orientada à objeto através da lógica Fuzzy, a expressão do remanescente de floresta que possui um Alto Valor de Conservação, ou um possível remanescente que possa ser manejado como uma Floresta de Alto Valor de Conservação, para ser adequadamente preservada pela empresa.

O mapeamento que propõe este trabalho será o balizador do manejo a ser adotado pela empresa, para os diferentes estágios de conservação dos fragmentos florestais. A empresa possui junto ao Forest Stewardship Council – FSC (Conselho de Manejo Florestal) uma demanda de manter ou transformar as áreas de conservação em áreas de alta riqueza ecológica, através de um manejo adequado de fragmentos florestais nativos.

2 CAPÍTULO I: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA DE UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa MONTANA

2.1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica abrange a maior parte do território brasileiro, presente ainda na Argentina e no Paraguai, se caracteriza pela vegetação exuberante, com acentuado higrofitismo, com árvores de folhas largas e perenes. Divide-se em ecossistemas com características próprias como Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual. A Floresta Ombrófila Densa se caracteriza por apresentar-se sempre verde, marcada pelas árvores de copas altas, que formam uma cobertura fechada Prochnow (2009), apresenta cinco fisionomias diferentes, sendo uma delas a floresta Ombrófila Densa Montana (VELOSO et al. 1991, IBGE 1992).

Segundo Queiroz (1994) a Floresta Ombrófila Densa, no estado de Santa Catarina, foi fortemente desfigurada com a conversão para a agricultura e, nos locais onde essa atividade foi abandonada, apareceram formações secundárias trazendo uma paisagem composta por mosaicos de vegetação em diferentes estágios sucessionais.

Considerando a vegetação como um bom indicador de condições ambientais sua avaliação permite compreender o estado de conservação dos demais componentes do ambiente natural, como solos e recursos hídricos. Ainda há uma grande falta de conhecimento da estrutura fitossociológica da Mata Atlântica apesar de existirem diversos estudos, dentre os quais se pode destacar Klauberg et al. (2010), Medeiros (2009), Kozera et al. (2006), Dias (2005).

Dado a importância de levantamentos fitossociológicos para reconhecimento da diversidade biológica e distribuição de espécies, podem-se elaborar estratégias de conservação e práticas eficientes reduzindo o uso de especulações teóricas. Desse modo, este trabalho teve como objetivo quantificar os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal de um remanescente florestal da Floresta Ombrófila Densa Montana na região de divisa entre os municípios de Ponte Alta do Norte e Mirim Doce, SC, na fazenda Rio das Pedras pertencente à empresa Seiva.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral neste capítulo foi de analisar os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Densa Montana na região de divisa entre os municípios de Ponte Alta do Norte e Mirim Doce, SC.

2.2.2 Objetivos específicos

Identificar as espécies pertencentes ao remanescente florestal, classificando a estrutura horizontal da Floresta Ombrófila Densa Montana e classificando seus estágios sucessionais;

Determinar a diversidade das espécies arbóreas, com o emprego do Índice de Shannon.

2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.3.1. Conservação florestal

A devastação da Mata Atlântica remonta ao histórico de colonização do território brasileiro, sendo as atividades econômicas agropastoris, industriais e a expansão urbana suas principais causas (MORELLATO & HADDAD, 2000). A conservação dessas áreas é dificultada pela falta de conhecimento e pela escassez de pesquisas. Há necessidade de saber quantas espécies estão presentes, assim como sua amplitude geográfica, propriedades biológicas e possíveis vulnerabilidades às mudanças ambientais (WILSON, 1997).

Gentry (1995) relatou que as florestas montanas estão entre as tipologias vegetais tropicais mais ameaçadas. Entretanto, são escassos os trabalhos de caracterização florística e estrutural dessas formações (FRANÇA & STEHMANN 2004).

2.3.2 Amostragem das parcelas

Segundo Péllico Netto & Brena (1997), tem-se como processo amostral a abordagem referente ao conjunto de unidades de amostras. Relatam que há uma forte vinculação entre os processos de amostragem e a periodicidade com que a amostragem será realizada.

Mateucci & Colma (1982) relatam que em toda amostragem tem que se cumprir uma série de etapas para poder adotar decisões referentes à seleção de alternativas possíveis. Os

passos são: a) seleção da área de estudo; b) determinação do método para situar as unidades; c) eleição do tamanho da amostra; e, d) determinação do tamanho e forma das unidades.

Segundo Péllico Netto & Brena (1997), por método de amostragem entende-se a abordagem referente à unidade amostral. Para a efetivação de levantamentos florestais existem vários métodos de amostragem, destacando-se entre eles: método de área fixa; método de Betterlich; método de Strand; método 3P de Grosenbaugh; método em linhas e o método de Prodan.

2.3.2.1 Pontos quadrantes

É o método de distância, mais usualmente empregado em estudos fitossociológicos no Brasil. Gorenstein (2002) relata que, considerando o esforço amostral por tempo, o método de quadrantes é o que apresenta melhor resultado comparando-o com parcelas fixas e relascopia. Aguiar (2003), comparando o método de parcelas e quadrantes, considera o método de quadrantes como o mais indicado, tendo em vista o esforço físico despendido na amostragem de áreas com topografia acidentada. Segundo Martins (1979), trata-se de um método de rápida instalação no campo, pois dispensa a instalação de uma área amostral. A limitação deste método está no número de árvores amostradas em cada ponto, que torna necessário assumir uma distribuição espacial completamente aleatória, para que se possa ter uma estimativa mais precisa da densidade.

2.3.3 Distribuição diamétrica

Parte da estrutura de uma floresta pode ser explicada através da avaliação de sua distribuição diamétrica, a qual é definida pela caracterização do número de indivíduos por unidade de área e por intervalo de classe de diâmetro (PIRES O'BRIEN & O'BRIEN, 1995).

A análise da distribuição em diâmetros permite inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais. Sob o ponto de vista da produção, a estrutura diamétrica de uma floresta permite caracterizar o estoque de madeira disponível antes de uma exploração, além de fornecer informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal (SCOLFORO et al. 1998; PULZ et al., 1999).

Como indivíduos das florestas tropicais na sua grande maioria não apresentam anéis de crescimento bem delimitados ou visíveis, a determinação da idade desses indivíduos a partir do diâmetro é imprescindível (SCOLFORO et al., 1998). O diâmetro é a mais

importante medida básica e necessária para o cálculo da área transversal, área basal, volume, crescimento e quocientes de forma. Nos processos estimativos envolvendo o uso de equações de regressão, o diâmetro sempre se constitui na primeira variável independente, por ser de fácil acesso e normalmente apresentar alta correlação com o volume, peso e com outras variáveis dependentes (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2003).

A distribuição diamétrica baseia-se na distribuição do número de árvores em classes de diâmetro. Assume-se que, em florestas equilibradas, a distribuição diamétrica dá-se na forma de J-invertido (MEYER, 1943, 1952, 1953; LEAK, 1964), que pode ser descrita por um quociente “q”. O quociente “q” expressa a razão entre o número de indivíduos em uma classe de diâmetro e o número de indivíduos em uma classe diamétrica adjacente. O valor é baseado no pressuposto declínio no número de indivíduos entre classes diamétricas subseqüentes e no tamanho do maior indivíduo (OLIVER & LARSON, 1996)

2.3.4 Fitossociologia

A fitossociologia estuda o agrupamento das plantas bem como sua inter-relação e dependência aos fatores bióticos em determinados ambientes (BRAUN-BLANQUET, 1979). De acordo com Martins (1989), Tabarelli et al. (1993), Rodrigues & Gandolfi (1998), Orlóci et al. (2002) a fitossociologia permite a identificação de parâmetros quantitativos de uma comunidade vegetal, definindo abundância, relação de dominância e importância relativa. Possibilita ainda inferir sobre a distribuição espacial das espécies. Estudos fitossociológicos mostram possibilidades de associações intraespecíficas e de estudo em nível específico sobre a agressividade, propagação vegetativa, ciclo de vida e dispersão.

A vegetação varia de acordo com a composição florística, riqueza de espécies, produtividade (estrutura) e grau de predominância de cada espécie (AUSTIN & GREIG-SMITH, 1968).

A análise fitossociológica fornece a base ecológica necessária para explicar como ocorre a associação de espécies em florestas tropicais e a diversidade florística de ambientes naturais sendo de suma importância para o planejamento e utilização racional desse recurso. A análise fitossociológica auxilia, sobretudo, a avaliação da efetividade da legislação florestal vigente para proteção e conservação dos recursos naturais (SILVA JÚNIOR, 2001); na compreensão do relacionamento entre a floresta e o homem (TACHER et al., 2002) e na valorização da floresta em pé (BENTES-GAMA et al., 2002).

Para caracterizar o estágio de sucessão das comunidades, utilizam-se, na análise, parâmetros fitossociológicos como: densidade, dominância, frequência, estrutura sociológica, Valor de Importância e Valor de Cobertura, além do Índice de Diversidade de Shannon.

Os resultados das análises estruturais, principalmente a estrutura horizontal (densidade, dominância, frequência, índice de valor de importância e valor de cobertura), permitem fazer deduções sobre origem, características ecológicas, dinamismo e tendências do futuro desenvolvimento da floresta (HOSOKAWA et al., 1998).

- Abundância/Densidade

A abundância ou densidade pode ser expressa em termos absolutos ou em termos relativos. Segundo Pillar (2002) e Muller-Dombois & Ellenberg (1974) a densidade é o número de indivíduos da população por unidade de área. Martins (1993) afirma que a densidade absoluta é o número total de indivíduos pertencentes a uma determinada espécie e a densidade relativa indica a participação de cada espécie em porcentagem do número total de árvores levantadas.

Existe certa restrição por parte de alguns estudiosos quanto ao uso do termo abundância, para a participação dos indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área, estes preferem usar o termo densidade. Entre os estudiosos que dão preferência ao termo densidade podem ser citados: Daubenmire (1968); Mueller-Dombois & Ellenberg (1974); Martins (1993); Longhi (1997); Bentes-Gama (2000); Portes et al. (2001) e Jardim & Vieira (2001). Entre os que dão preferência ao termo abundância estão: Lamprecht (1964); Font-Quer (1975); Longhi (1980); Coraiola (1997); Gomide (1997); Pizatto (1999) e Rabelo (1999).

- Dominância

A dominância permite medir a potencialidade da floresta e constitui um parâmetro útil para a determinação da qualidade de sítio. É conceituada originalmente por muitos autores, como sendo a medida de projeção da copa dos indivíduos sobre o solo Longhi (1980). Esta informação, além de questionável, é de difícil obtenção tornando o método não usual. Outros estudos foram desenvolvidos e correlacionam esse parâmetro à área basal ou a área seccional dos fustes. Esta forma de obtenção dos dados é mais precisa, prática e, portanto, mais utilizada (SCOLFORO & MELLO, 1997).

A dominância absoluta é calculada pela soma das áreas basais dos indivíduos pertencentes a uma espécie. A dominância relativa se calcula em porcentagem da soma total

das dominâncias absolutas (área basal/ha) e seu valor corresponde à participação em percentagem de cada espécie na expansão horizontal total (HOSOKAWA et al., 1998).

- Frequência

Segundo Pillar (2002) e Souza (1973), a frequência é a percentagem de ocorrência de uma espécie em número de área de igual tamanho, dentro de uma comunidade.

De acordo com o critério amostral adotado, se a espécie estiver presente em todas as parcelas ou subparcelas, a frequência absoluta será de 100%. Quanto menor o número de parcelas ou subparcelas em que a espécie ocorrer, menor será a sua frequência. Font-Quer (1975) afirma que, na análise quantitativa de uma população, a frequência indica a dispersão média de cada componente vegetal, medida pelo número de sub-divisões da área em que se apresenta.

A frequência absoluta é a proporção entre o número de unidades amostrais onde a parcela ocorre e o número total de unidades amostrais pesquisadas, expressa em percentagem. A frequência relativa é a proporção, em percentagem, entre a frequência de cada espécie e a frequência total por hectare (MUELLER DOMBOIS & ELLENBERG, 1974).

- Estrutura Vertical

A estratificação vertical é muito importante na análise estrutural de florestas inequidâneas, seja para fins de estudos fitossociológicos, seja para fins de manejo florestal. A estrutura vertical expressa às faixas de altura ocupadas pelas diversas espécies que ocorrem no ambiente. A altura constitui fator importante para a estimativa do potencial madeireiro da vegetação, pois, associado ao diâmetro permite prever o potencial de volume, de biomassa arbórea que a floresta poderá proporcionar. Dentre os indicadores da estrutura vertical, três costumam ser considerados: a regeneração natural, a posição sociológica e o índice de valor de importância (IVI). Para Conceição (1990), devem ser analisados pelo menos três estratos: dominante, mediano e sub-bosque.

O arranjo das espécies ajustado com o arranjo e o tamanho de fustes, aliado ao adensamento das copas, entre outros, regula o balanço de energia interna de uma floresta. É evidente que florestas inequidâneas que se apresentam bem estratificadas tolerem maior diversidade de biota, porque oferecem maior diferenciação de nichos, ou seja, nos estratos verticais de uma floresta natural inequidânea coexistem diferentes grupos de plantas e animais que ocupam diversos nichos ecológicos (HUNTER JÚNIOR, 1990). Conseqüentemente, a estratificação vertical da floresta influencia a riqueza, a diversidade, o crescimento e a

produção de biomassa, sendo um importante indicador de sustentabilidade ambiental de uma floresta.

O índice de valor de importância (IVI) foi proposto por Finol (1971), em suas pesquisas nas florestas da Venezuela. Ele foi o primeiro a indicar o uso de parâmetros de estrutura vertical somando-os aos de estrutura horizontal, o que permite um diagnóstico mais acertado sobre o dinamismo e estado de desenvolvimento atual das florestas, dando lugar ao planejamento com bases firmes no qual utiliza indicadores da estrutura horizontal e da vertical para seu cálculo.

- Índice de valor de importância (IVI)

É dado pelo somatório dos parâmetros relativos de densidade, frequência e dominância, conforme descrevem Muelle-Dombois & Elleberg (1974). As espécies que tendem a ser mais importantes são aquelas que possuem alta densidade, indivíduos de grande porte e que estão regularmente distribuídos ao longo da área amostral (DURIGAN, 2003).

Teoricamente, a espécie mais importante em termos de IVI é aquela que apresenta o maior sucesso em explorar os recursos de seu habitat. A partir de cada parâmetro que compõe o IVI pode-se compreender se a espécie é abundante ou não, se apresenta distribuição agrupada ou dispersa e também se ela possui uma área basal grande ou não, dando uma idéia sobre densidade, distribuição espacial e a dimensão alcançada pela população de uma espécie em relação as demais Felfili & Venturoli, 2000 e Zevallos & Matthei (1994).

- Índice de diversidade

A diversidade de espécies pode ser examinada pelo número de espécies, pela descrição da distribuição da abundância relativa das mesmas, ou por uma combinação desses dois componentes (MAGURRAN, 1988).

O mesmo autor ainda relata que pesquisadores da diversidade ecológica geralmente restringem-se à riqueza de espécies, isto é, um simples registro do número de espécies presentes em uma determinada área.

Diversos índices podem avaliar diversidade, entretanto o índice de Shannon é o mais utilizado, levando em consideração o número de espécies diferentes na comunidade e a proporção de cada espécie (PIELOU, 1977; JARENKOW, 1985; JURINITZ & JARENKOWN, 2003; MARQUES et al. 2003; FRANÇA & STEHMANN, 2004).

- Índice de Diversidade de Shannon ou Shannon-Weaver

De acordo com Magurran (1988), este índice pondera que os indivíduos de uma população são amostrados ao acaso, desde que esta população seja efetivamente infinita e que todas as espécies estejam presentes na amostra.

O uso deste índice leva a um resultado tendencioso, contudo, na prática, este desvio raramente é significativo. Relata-se a falha de incluir todas as espécies da comunidade na amostra, falha que aumenta na medida em que diminuem as espécies representadas na amostra. Esse índice confere maior valor às espécies raras, e apesar disso, é um dos melhores índices empregado em comparações caso não haja interesse em separar abundância de raridade (FELFILI & VENTUROLI 2000).

Martins (1993) relacionou os índices de diversidade de Shannon-Weaver obtidos em diversos estudos em várias formações vegetacionais brasileiras. Quanto maior for o valor obtido, maior será a diversidade florística da população em estudo, sendo que na maioria dos casos os valores variaram entre 3 e 4.

2.3.5 Estrutura populacional

A caracterização da estrutura das populações permite estabelecer a arquitetura de uma formação florestal, fornecendo bases para o entendimento das mudanças sazonais que influenciam na ocupação efetiva dos habitats pela vegetação (SARMIENTO, 1984). Estudos da estrutura populacional buscam também analisar parâmetros quantitativos para associar de que maneira as espécies estão explorando um determinado ambiente, além de fornecer dados sobre o crescimento dos indivíduos (AQUINO, 2000) e proporcionar uma visão rápida num determinado instante do tempo. Devido às densidades populacionais mudarem no tempo e no espaço, nenhuma população tem uma única estrutura (RICKLEFS, 1992).

Uma população pode ser definida como um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vive em um território cujos limites são em geral definidos pelo ecossistema no qual esta população está presente (PINTO-COELHO, 2000). As fronteiras de uma população podem ainda ser naturais, impostas pelos limites geográficos de um habitat adequado, ou podem ser definidas arbitrariamente por conveniência do pesquisador (RICKLEFS, 1992).

2.4 METODOLOGIA

2.4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em remanescentes de floresta nativa circundada por reflorestamentos de *Pinus taeda* L., na fazenda Rio das Pedras (27° 07' 06,42'' S e 50° 27' 12,46'' N), no município de Ponte Alta do Norte – SC, pertence à empresa Seiva. A altitude do local é variável ficando dentro das isométricas 800 e 1.200 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfb", mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, não apresentando estação seca definida. As geadas são freqüentes, em média mais de quinze dias por ano. A região, onde se localiza a área da empresa, apresenta solos tipo Nitossolos e Cambissolos. (SANTA CATARINA, 1986).

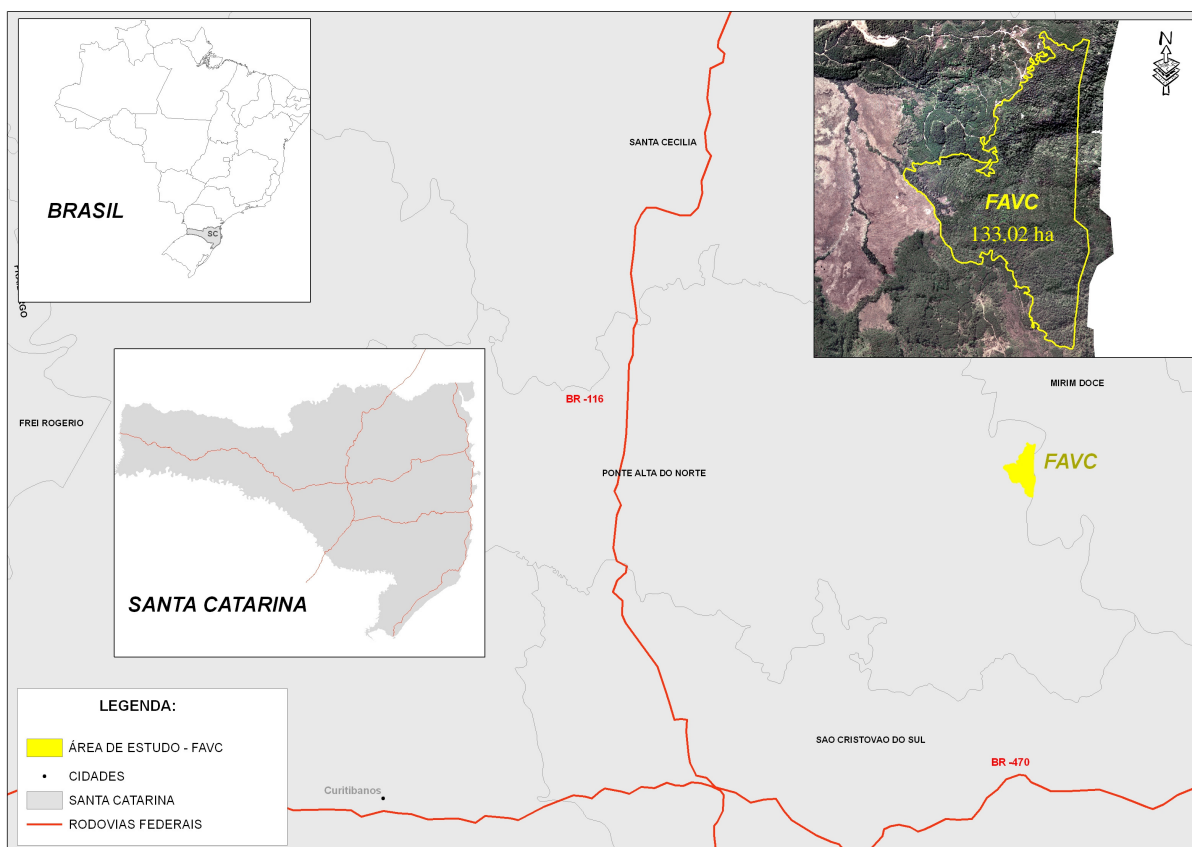


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

2.4.2 Metodologia de amostragem

Para a amostragem empregou-se o método de distância ponto a planta, representada pelo método de quadrantes (COTTAM & CURTIS, 1956). Foram instalados 134 pontos

distribuídos em 7 (sete) transecções (Figura 2). Estas transecções foram instaladas contemplando a variação aparente de estádios de sucessão e de acordo com as possibilidades do terreno, pois fatores como declividade, mata fechada dificultaram a coleta de pontos de forma retilínea.

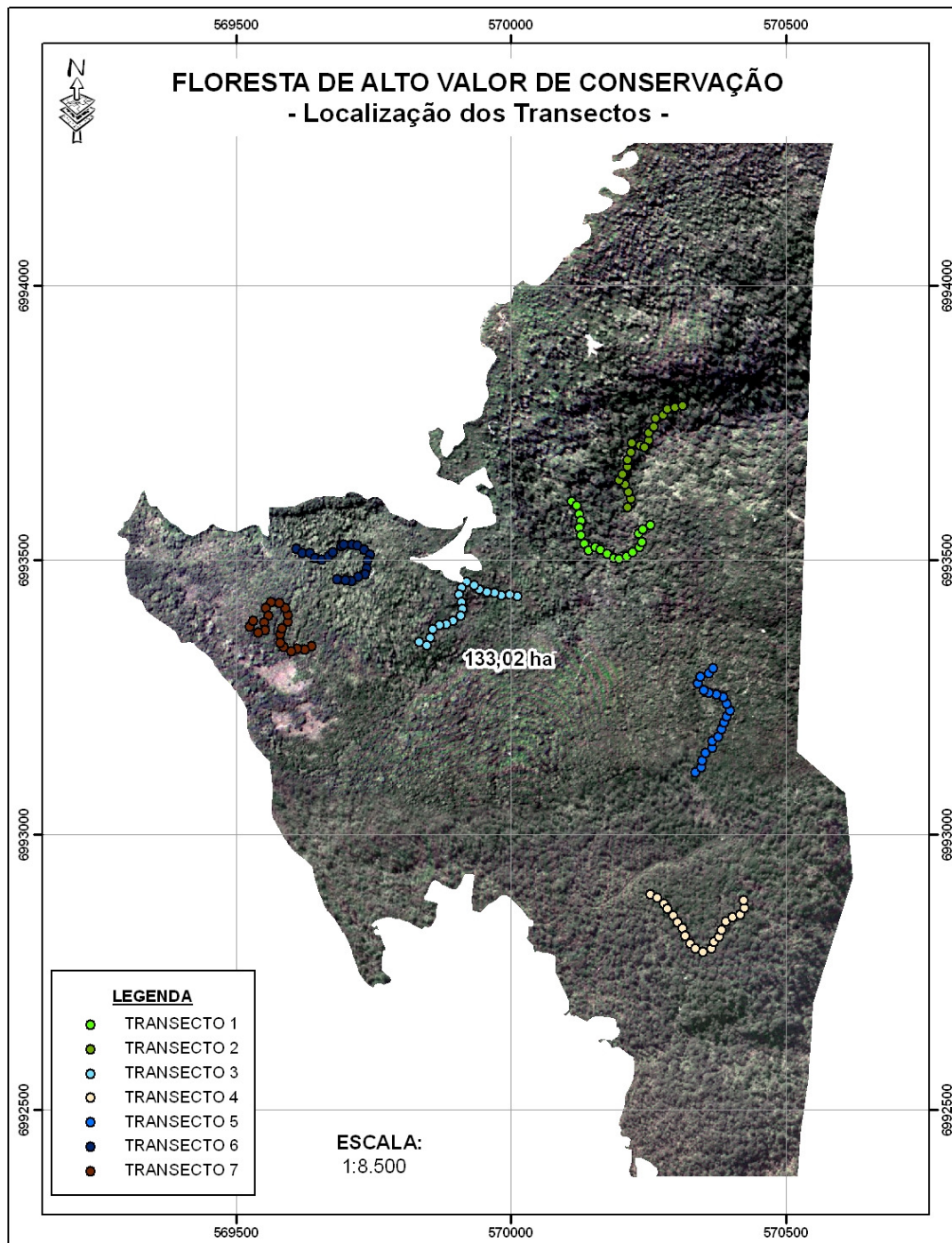


Figura 2 - Localização das transecções no remanescente florestal. Cada transecto representado por uma cor diferente.

Os pontos amostrais foram separados por 15 metros de distância entre si. Para definição dos quadrantes em cada ponto amostral, foi considerada a linha de amostragem como eixo principal, cortada por uma linha perpendicular passando pelo ponto. Em cada quadrante foi amostrada a árvore mais próxima do ponto (Figura 3).

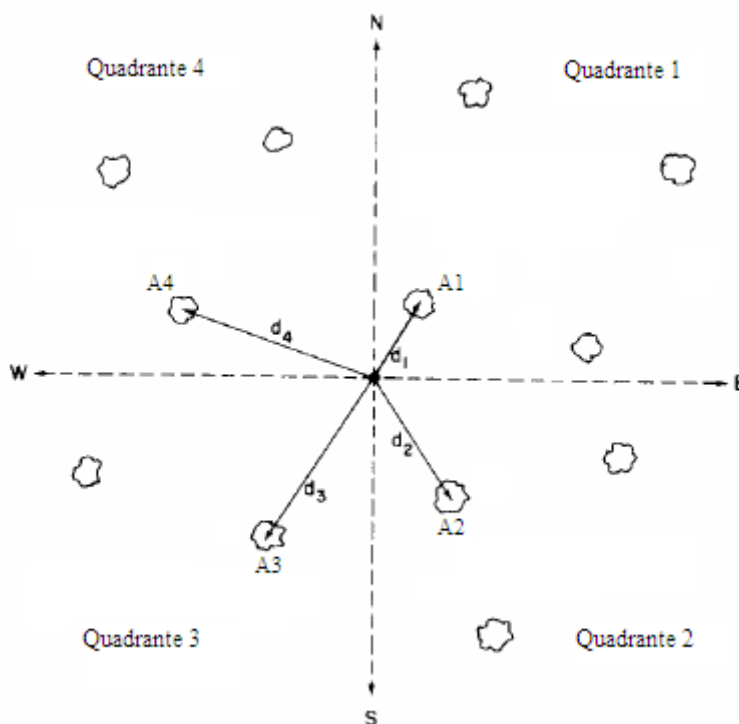


Figura 3 – Método de Quadrantes. A1 – árvore quadrante 1, d1 – distância 1. A2 – árvore quadrante 2, d2 – distância 2. A3 – árvore quadrante 3, d3 – distância 3. A4 – árvore quadrante 4, d4 – distância 4.

De cada árvore amostrada foram anotadas as distâncias das árvores ao ponto, DAP (Diâmetro a Altura do Peito), altura e realizado coleta de material botânico quando não foi identificado *in loco*. Com o emprego deste método, determinou-se: a composição florística da área de estudo; os parâmetros fitossociológicos e a diversidade do componente arbóreo com o emprego do índice de Shannon Weaver (H').

A área levantada (transecções) foi estratificada de acordo com as características da estrutura florestal do remanescente, onde a análise de agrupamento foi realizada por meio do índice de dissimilaridade Bray-Curtis (1957). O índice de dissimilaridade resultou da análise da composição florística e da frequência que as espécies ocorrem por unidade de área. Os transectos foram agrupados e analisados de acordo com a similaridade e dissimilaridade demonstrada a seguir:

Tabela 1 – Apresentação do agrupamento de acordo com a Similaridade/ Dissimilaridade das transecções.

Transecções	Similaridade
Dissimilaridade	1 - 2
	3 - 5 - 6
	4
	7

2.4.3 Estrutura fitossociológica

A identificação das espécies botânicas foi realizada por meio de coletas de ramos férteis ou não, para que, com auxílio de literatura específica, comparações com exsicatas de herbário e consultas a especialistas, fosse feita a identificação em nível de família e, posteriormente, herborização do material testemunho de acordo com as recomendações de Fidalgo & Bononi (1984), sendo feito após a incorporação dos ramos férteis ao Herbário do Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC (LUSC). Para a delimitação de Pteridophyta utilizou-se o sistema de classificação de Tryon & Stolze (1989) e para Magnoliophyta seguiu APG II (2003)..

Foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos:

a) **Frequência:** definida como a probabilidade de se encontrar uma espécie numa unidade amostral.

a.1) **Frequência absoluta (FA):** expressa, em porcentagem, a relação entre o número de pontos em que ocorre uma dada espécie e o número total de pontos.

$$FA = P_i / P * 100$$

Onde:

FA = frequência absoluta

P_i = número de pontos onde a espécie i ocorreu

P = número total de pontos amostrados

a.2) **Frequência relativa (FR):** expressa, em porcentagem, a relação entre a frequência absoluta de uma dada espécie com as frequências absolutas de todas as espécies.

b) **Densidade relativa (DR):** expressa, em porcentagem, a relação entre o número de indivíduos de uma determinada espécie e o número de indivíduos de todas as espécies amostradas (CURTIS & McINTOSH, 1950).

c) **Dominância relativa (*DoR*)**: expressa, em porcentagem, a relação entre a área basal total de uma determinada espécie e a área basal total da comunidade amostrada (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974).

d) **Área basal (*AB*)**: expressa quantos metros quadrados a espécie ocupa numa unidade de área (geralmente 1 ha). A área basal de cada indivíduo foi calculada a partir do diâmetro, de acordo com a seguinte fórmula:

$$AB_i = D^2 * \pi/4$$

Onde:

AB_i = área basal individual da espécie

D = diâmetro

e) **Índice Valor de importância (*IVI*)**: representa a soma dos valores relativos de densidade, frequência e dominância (CURTIS & McINTOSH, 1950).

f) **Índice de diversidade (H')**: expressa a heterogeneidade florística da área em questão calculado pela seguinte fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon & Weaver;

P_i = Proporção de indivíduos de i-ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados;

$\ln$ = logaritmo natural.

Esta fórmula permite a utilização de qualquer base para o logaritmo. Neste estudo utilizou-se logaritmo natural, sendo a unidade denominada nat/indivíduo (PIELOU, 1977).

2.4.4 Suficiência amostral

A suficiência amostral foi verificada pela curva espécie/área (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974), que correlaciona o aumento do número de espécies com o aumento da área amostrada. A estabilização da curva espécie/área ocorre quando o incremento de espécies não for significativo suficientemente para a curva continuar ascendendo. O padrão encontrado na curva com elevado número de espécies nas primeiras unidades amostrais e

diminuição gradativa no incremento de novas espécies confirmam que o tamanho da amostra foi suficiente.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Levantamento geral

Os 134 pontos instalados totalizaram 920,80 m² de área amostral, onde a distância média foi de 2,6 m e área média de 6,87 m². Foram mensurados 536 indivíduos que, proporcionalmente, representam densidade absoluta de 1.457 indivíduos por hectare. Foram levantados 59 espécies e 35 gêneros pertencentes a 23 famílias botânicas. Destes, um indivíduo foi identificado apenas em nível de família (Myrtaceae), nove em nível de gênero e outros 15 não foram identificados.

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram: Myrtaceae (13 spp.); Lauraceae (8 spp.); Solanaceae (7 spp.); Aquifoliaceae, Asteraceae e Melastomataceae (4 spp.) cada; Euphorbiaceae e Myrsinaceae (2 spp.) cada. Por outro lado, aproximadamente 65% das famílias estão representadas por apenas uma espécie na área de estudo. O padrão florístico encontrado na área segue outros resultados obtidos em levantamentos na Floresta Ombrófila Densa Montana, onde Myrtaceae e Lauraceae se destacaram como as famílias de maior riqueza específica (MEDEIROS, 2009 e BLUM et al. 2002). Além destas famílias outros autores acrescentaram Euphorbiaceae (BLUM, 2006, AGUIAR, 2003, SCHORN 1992), Aquifoliaceae (BLUM, 2006 e BLUM et al., 2002) e Melastomataceae (TABARELLI & MANTOVANI, 1999).

Por se tratar de um remanescente inserido em encostas úmidas, *Dicksonia sellowiana* Hook. se destacou com alta densidade em relação às demais, com aproximadamente 677 indivíduos por hectare, concordando com Fraga et al. (2008) e Sehnem (1978), que também relataram a presença desta espécie em ambiente similar.

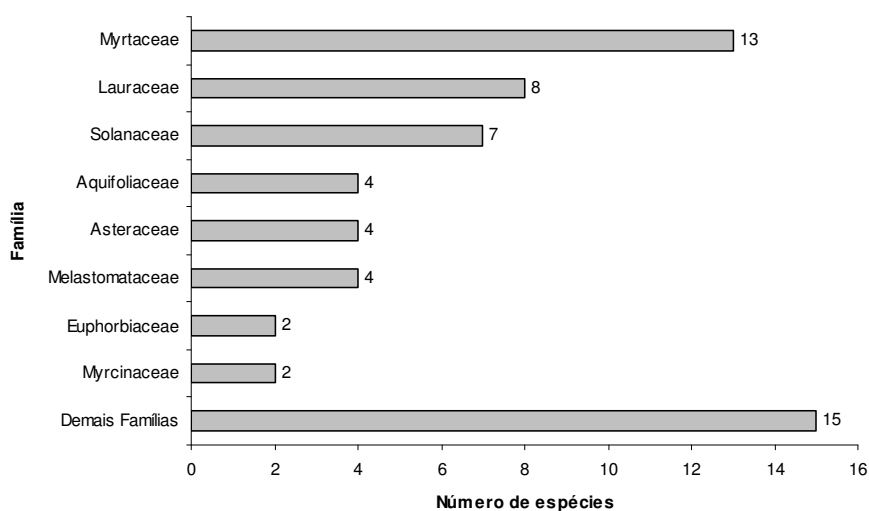


Figura 4 – Número de espécies por família botânica presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

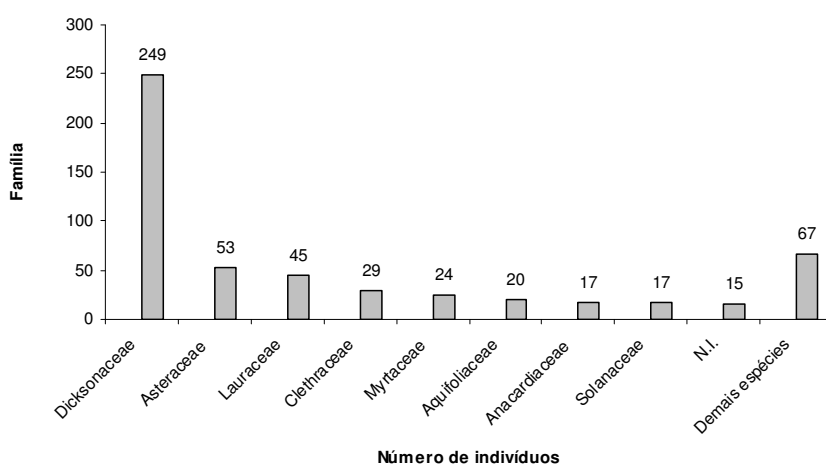


Figura 5 - Número de indivíduos por família botânica presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

Tendo os valores gerais como base para pré-definir o estágio sucessional no qual se encontra a floresta, pode-se dizer que se trata de um remanescente em fase transitória de sucessão entre o estágio inicial e o secundário, pois a espécie que apresenta maior densidade com característica arbórea é *Vernonia discolor* (Spreng.) Less, espécie característica de ambientes perturbados (LORENZI, 1992).

2.5.2 Análise de agrupamento (estratificação)

Segundo Kent & Coker (1992), a análise de agrupamento, baseada no conceito de reunir pontos que representam elementos (amostras ou espécies) com características similares, é de significativa utilidade quando se parte da hipótese que há diferença expressiva na estrutura da floresta estudada (variabilidade). Para o controle da variabilidade tem-se em mãos a ferramenta conhecida como estratificação, onde ocorre a separação de áreas de estudo de acordo com a similaridade. Para realização desta análise emprega-se como base a composição florística e densidade em que as espécies ocorrem.

O dendrograma de análise de agrupamento realizado utilizando o programa R (figura 5), demonstrou a formação de quatro grupos (Estratos). Estes agrupamentos foram originados por meio de confronto de dados entre uma transecção e outra, onde a relação apresentada indica que quanto maior o valor, conseqüentemente menor a similaridade.

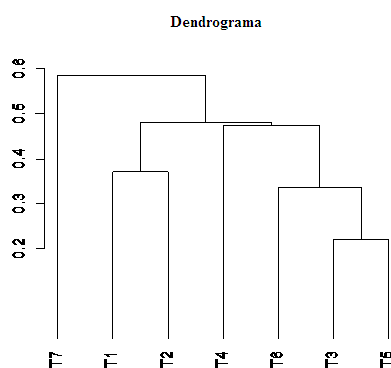


Figura 6 – Dendrograma resultante de análise de agrupamento dos transectos do remanescente florestal.

Tabela 2 – Análise de dissimilaridade utilizando programa R.

Transecções	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T2	0,371069					
T3	0,398693	0,460526				
T4	0,496933	0,481482	0,435897			
T5	0,445946	0,414966	0,219858	0,430464		
T6	0,539394	0,609756	0,303798	0,559524	0,372549	
T7	0,6375	0,572327	0,620915	0,509203	0,567568	0,6

2.5.3 Estrato 1

O estrato 1 é representante das transecções 1 e 2, área localizada em vale com encostas úmidas, onde a diversidade é significativamente expressiva.

Por meio da curva espécie/área (Figura 6) pode-se observar que o número de pontos amostrais foram suficientes para abranger a diversidade florística presente no estrato 1. Nota-se pela curva a ascendência contínua, onde o aumento do número de espécies foi exponencial, poucos pontos não tiveram acréscimo de novas espécies.

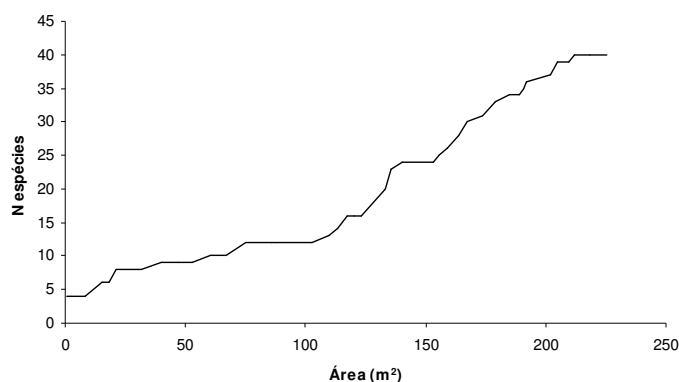


Figura 7 – Curva espécie/área do estrato 1 contendo os transectos 1 – 2 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

Os 40 pontos alocados equivaleram aproximadamente a 225 m² de área média amostrada. Foram mensurados 160 indivíduos pertencentes a 40 espécies, 27 gêneros e 17 famílias botânicas. A densidade absoluta foi de 1.937,52 indivíduos por hectare, valor próximo ao trabalho de Aguiar (2003) que encontrou uma densidade de 1.657 ind/ha em um levantamento de um trecho de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual “Carlos Botelho”.

As famílias que apresentaram maior número de espécies foram: Myrtaceae (9 spp.), seguida por Aquifoliaceae, Asteraceae, Lauraceae e Solanaceae (4 spp.) cada. Dentre as famílias identificadas, 70,6% somaram menos de quatro espécies, ou seja, 12 famílias totalizaram apenas 15 espécies. Ao analisar a riqueza de famílias das transecções 1 e 2, é possível estabelecer que o Estrato 1 se trata de uma fisionomia em estágio mais avançado de sucessão de acordo com Tabarelli e Mantovani (1999).

A família Dicksoniaceae foi a que apresentou maior número de indivíduos, onde a espécie *D. sellowiana* (Xaxim) contribuiu com 88 indivíduos. As informações fitossociológicas do Estrato 1 estão apresentadas na tabela 3.

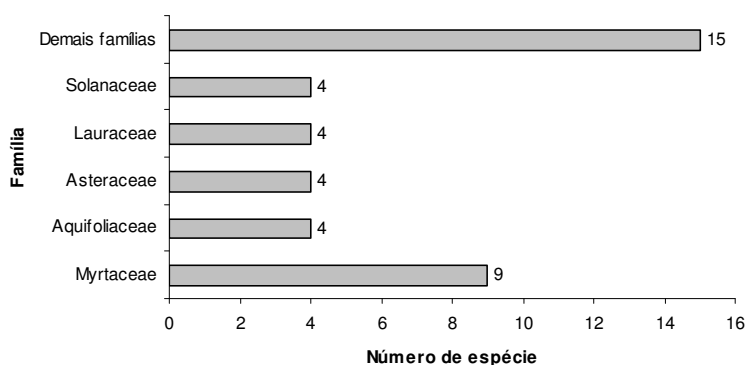


Figura 8 – Número de espécie por família presente no estrato 1, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

No Estrato 1 a espécie que obteve maior frequência absoluta foi *D. sellowiana* (Xaxim) com 34,65% de presença dos pontos amostrais.

As espécies que obtiveram maior índice de valor de importância no Estrato 1 foram respectivamente: *D. sellowiana* (153,54%), *Sloanea monosperma* Vell. (14,96%) e *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (8,84%), que juntas somaram 177,34% do total de 300% de valor de importância.

A elevada densidade de *D. sellowiana* na área de estudo (1.065,6 ind/ha) resultou conseqüentemente em alto valor de dominância em relação às demais (67,37 m²). Geralmente os indivíduos apresentavam valores de área basal relativamente baixos, porém, como já comentado, a incidência de indivíduos desta espécie foi tão expressiva que contribuiu com maior peso no montante final. Esta espécie é classificada como Em Perigo (IBAMA, 2010), que segundo Roderjan et al. (2002) é uma espécie encontrada em locais ainda bem conservados.

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 1. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.

Espécie	N	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
	Indivíduos	Ind / ha	m ² / ha	%	%	%	%	% 0-300
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A Juss. & Cambess.) Radlk.	1	12,109	0,012	0,990	0,625	0,011	0,990	1,626
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	1	12,109	2,721	0,990	0,625	2,581	0,990	4,196
<i>Baccharis</i> sp.	1	12,109	0,105	0,990	0,625	0,100	0,990	1,715
<i>Blepharocalix salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	1	12,109	0,058	0,990	0,625	0,055	0,990	1,670
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	48,438	1,559	3,960	2,5	1,479	3,960	7,939
<i>Cinnamomum glaziovii</i> Mez	2	24,219	0,207	1,980	1,25	0,196	1,980	3,426
<i>Clethra scabra</i> Pers.	2	24,219	1,892	1,980	1,25	1,795	1,980	5,025
<i>Cryptocaria aschersoniana</i> Mez	1	12,109	1,604	0,990	0,625	1,522	0,990	3,137
<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Lees.) Cabrera	1	12,109	0,147	0,990	0,625	0,139	0,990	1,754
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	88	1.065,634	67,369	34,653	55	63,889	34,653	153,542
<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng	1	12,109	0,324	0,990	0,625	0,308	0,990	1,923
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1	12,109	0,798	0,990	0,625	0,757	0,990	2,372
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	1	12,109	0,680	0,990	0,625	0,645	0,990	2,260
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	1	12,109	0,125	0,990	0,625	0,118	0,990	1,734
<i>Ilex teezeana</i> Mart.ex Reissek	1	12,109	1,125	0,990	0,625	1,066	0,990	2,682
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	2	24,219	1,310	0,990	1,25	1,242	0,990	3,482
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	1	12,109	0,030	0,990	0,625	0,028	0,990	1,643
<i>Miconia</i> sp.	3	36,328	0,816	0,990	1,875	0,774	0,990	3,639
<i>Myrceugenia cucullata</i> D. Legrand	1	12,109	2,140	0,990	0,625	2,030	0,990	3,645
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Burret) D.Legrand & Kausel	1	12,109	0,051	0,990	0,625	0,048	0,990	1,663
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O. Berg	1	12,109	0,514	0,990	0,625	0,487	0,990	2,102
<i>Myrceugenia oxysepala</i> (Burret) D. Legrand e Kausel	4	48,438	0,498	1,980	2,5	0,472	1,980	4,952
<i>Myrcia hastschbachii</i> D. Legrand	1	12,109	0,022	0,990	0,625	0,021	0,990	1,636
<i>Myrcia</i> sp.	1	12,109	0,258	0,990	0,625	0,244	0,990	1,859
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	1	12,109	0,076	0,990	0,625	0,072	0,990	1,687
Myrtaceae	1	12,109	0,039	0,990	0,625	0,037	0,990	1,652
N.I	8	96,876	6,590	6,931	5	6,250	6,931	18,181
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	5	60,547	0,811	4,950	3,125	0,769	4,950	8,845
<i>Ocotea porosa</i> (Nees e Mart.) Barroso	1	12,109	1,083	0,990	0,625	1,027	0,990	2,642
<i>Plinia</i> sp.	1	12,109	0,043	0,990	0,625	0,040	0,990	1,655
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Urb.	2	24,219	2,320	1,980	1,25	2,200	1,980	5,431
<i>Schinus lentiscifolius</i> Marchand	2	24,219	0,717	1,980	1,25	0,680	1,980	3,910
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	5	60,547	7,263	4,950	3,125	6,887	4,950	14,963
<i>Solanum compressum</i> L. B. Sm. & Downs	1	12,109	0,099	0,990	0,625	0,094	0,990	1,709
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.- Hil.	4	48,438	0,711	3,960	2,5	0,675	3,960	7,135
<i>Solanum viscosissimum</i> Sendtn.	2	12,109	0,056	1,980	0,625	0,053	1,980	2,658
<i>Solanum</i> sp.	1	24,219	0,063	0,990	1,25	0,059	0,990	2,300
<i>Styrax leprosus</i> Hook. Et Arn.	1	12,109	0,507	0,990	0,625	0,481	0,990	2,096
<i>Tibouchina</i> sp.	2	24,219	0,105	1,980	1,25	0,100	1,980	3,330
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less	1	12,109	0,602	0,990	0,625	0,571	0,990	2,186
TOTAL	160	1.937,52	105,45	100	100	100	100	300

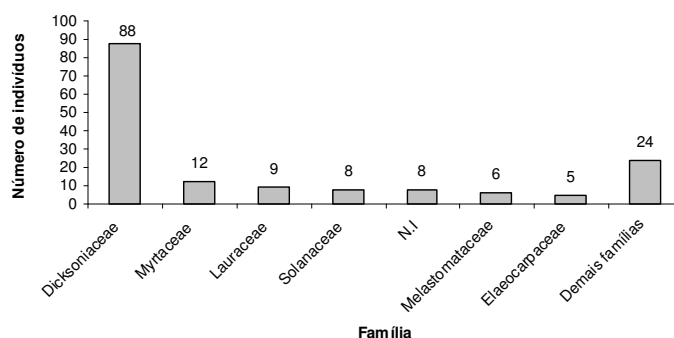


Figura 9 – Número de indivíduos por família presente no estrato 1, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

Neste estrato ocorreu a presença da espécie *O. porosa*, porém, com baixa densidade, aproximadamente 12 indivíduos por hectare, representando 2,64% de valor de importância.

Pelas famílias que apresentaram maior riqueza nas transecções 1 e 2 (Myrtaceae, Aquifoliaceae, Asteraceae, Lauraceae e Solanaceae), pode-se dizer que o Estrato 1 se trata de uma fisionomia em estágio secundário de sucessão.

O índice de diversidade de Shannon Weaver foi de 2,22 nats/ind. para o Estrato 1, sendo este valor considerado relativamente abaixo do descrito para esta tipologia florestal. Comumente os valores para Floresta Ombrófila Densa são acima de 3,0 nats/ind. (DIAS, 2005; TABARELLI & MANTOVANI, 1999; GUAPYASSÚ, 1994; PIELOU, 1975). No entanto, o remanescente florestal estudado está inserido em elevada altitude, fator que restringe a diversidade vegetal.

2.5.4 Estrato 2

Os 52 pontos inventariados totalizaram 545,46 m² de área amostral. Foram mensurados 216 indivíduos pertencentes a 28 espécies, 22 gêneros e 18 famílias botânicas. A densidade absoluta foi de 1.125,27 indivíduos por hectare, valor semelhante ao encontrado por RODERJAN (1994) com densidade de 1.394 ind/ha em um estudo da Floresta Ombrófila Densa no Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR.

A Figura 9 demonstra que os 72 pontos instalados foram suficientes para representar a composição florística do Estrato 2, essa curva evidencia que nos primeiros pontos a diversidade florística é relativamente baixa, podendo ser notado pela formação do patamar. Por meio do patamar também é possível dizer que por vários pontos não houve acréscimo de novas espécies. Em torno de 200 m² de área amostrada o número de espécies foi de aproximadamente 6, valor considerado baixo quando comparado com o Estrato 1, onde em 200 m² de área levantada o valor acumulado de espécies foi de aproximadamente 35, praticamente 6 vezes mais espécies.

O estrato 2 é representado pelos transectos 3 (três), 5 (cinco) e 6 (seis).

As famílias que apresentaram maior riqueza foram: Lauraceae e Solanaceae (5 spp.) espécies cada; Euphorbiaceae e Myrtaceae (2 spp.) espécies cada.

O valor de famílias que apresentaram só uma espécie ficou em torno de 77,8%.

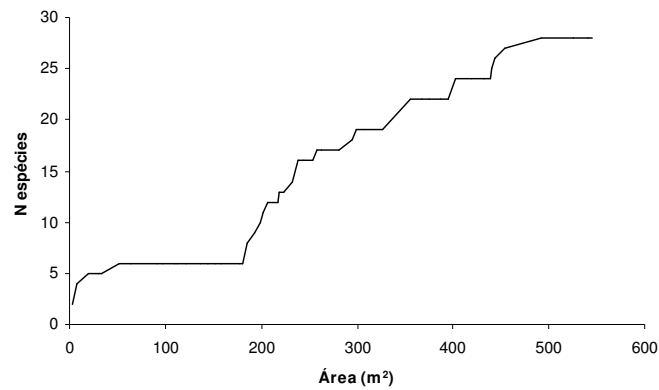


Figura 10 – Curva espécie/área do estrato contendo os transectos 3 – 5 – 6, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

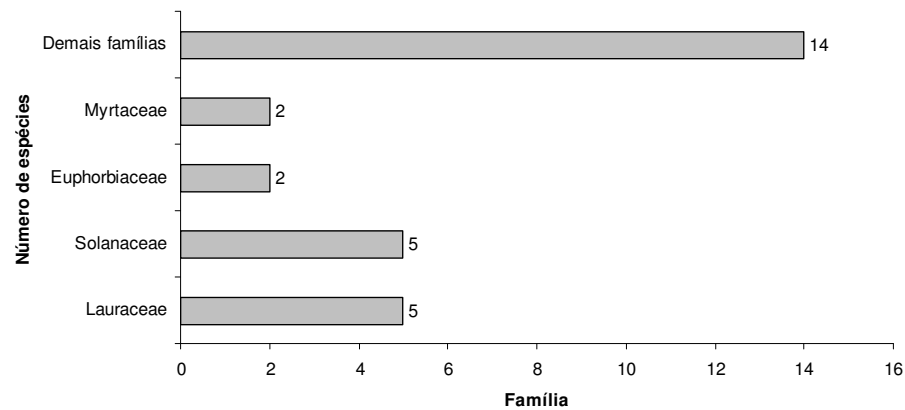


Figura 11 – Número de espécies por família presentes no estrato 2 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

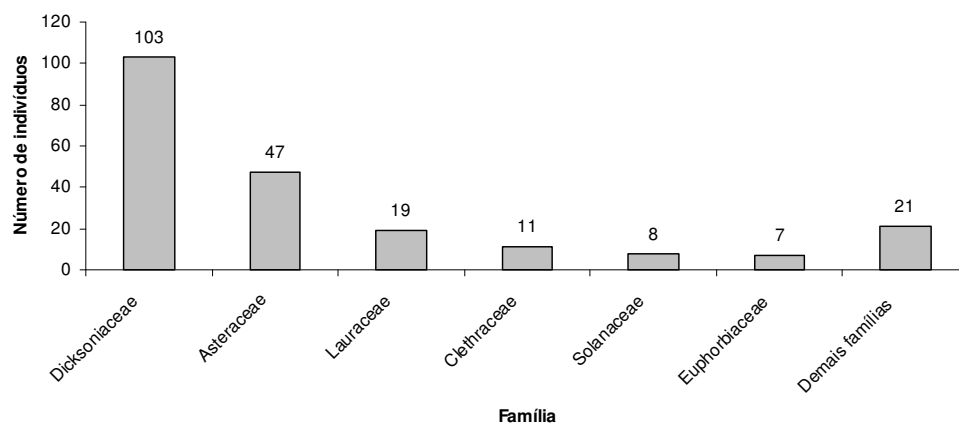


Figura 12 – Número de indivíduos por família presentes no estrato 2 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

As informações do perfil fitossociológico do Estrato 2 são apresentadas na tabela 4.

Duas espécies apresentaram maior frequência em relação às demais, sendo uma delas *D. sellowiana* com 32% de presença e a outra *V. discolor* com 21%. O xaxim também foi a espécie que resultou em maior número de indivíduos (103), ou seja, uma densidade de 536,59 ind./ha. Como foi a espécie com maior significância em termos populacionais, por consequência é de maior dominância, com 19,87 m².

As espécies mais importantes do Estrato 2 foram: *D. sellowiana*, com índice de valor de importância de 132,12%, *V. discolor* (66,94%), *Clethra scabra* Pers. (16,20%) e *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (14,85%). O somatório dos índices de valor de importância destas espécies foi de 230,11% de um total que chega a 300.

Tabela 4 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 2. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.

Espécie	N Indivíduos	DA Ind / ha	DoA m ² / ha	FA %	DR %	DoR %	FR %	IVI % 0-300
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk.	1	5,210	0,070	0,758	0,463	0,182	0,758	1,403
<i>Banara tomentosa</i> Clos	1	5,210	0,028	0,758	0,463	0,073	0,758	1,294
<i>Blepharocalix salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	1	5,210	0,015	0,758	0,463	0,039	0,758	1,260
<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees) Kosterm.	3	15,629	0,069	2,273	1,3889	0,180	2,273	3,842
<i>Clethra scabra</i> Pers.	11	57,305	1,062	8,333	5,0926	2,773	8,333	16,198
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	103	536,588	19,869	32,576	47,685	51,859	32,576	132,120
<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng	1	5,210	0,359	0,758	0,463	0,936	0,758	2,157
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1	5,210	0,070	0,758	0,463	0,182	0,758	1,403
<i>Inga lentiscifolia</i> Benth.	2	10,419	0,050	1,515	0,9259	0,131	1,515	2,572
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	2	10,419	0,086	0,758	0,9259	0,226	0,758	1,909
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	2	10,419	0,065	1,515	0,9259	0,170	1,515	2,611
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Burret) D.Legrand & Kausel	1	5,210	0,065	0,758	0,463	0,170	0,758	1,390
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. Ex Rpe./ & Schult.	1	5,210	0,013	0,758	0,463	0,035	0,758	1,256
N.I	1	5,210	0,033	0,758	0,463	0,085	0,758	1,305
<i>Ocotea cf. porosa</i> (Nees e Mart.) Barroso	1	5,210	3,986	0,758	0,463	10,404	0,758	11,624
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	1	5,210	0,017	0,758	0,463	0,043	0,758	1,264
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	11	57,305	1,127	6,818	5,0926	2,943	6,818	14,853
<i>Persea major</i> Kopp	3	15,629	0,309	1,515	1,3889	0,806	1,515	3,710
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	2	10,419	0,211	1,515	0,9259	0,549	1,515	2,991
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Urb.	6	31,258	0,324	4,545	2,7778	0,847	4,545	8,170
<i>Schinus lentiscifolius</i> Marchand	3	15,629	0,130	2,273	1,3889	0,339	2,273	4,001
<i>Solanum amulosum</i> Sendtn.	1	5,210	0,020	0,758	0,463	0,052	0,758	1,273
<i>Solanum</i> sp.	1	5,210	0,112	0,758	0,463	0,293	0,758	1,513
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	1	5,210	0,013	0,758	0,463	0,034	0,758	1,255
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.- Hil.	4	20,838	0,713	2,273	1,8519	1,862	2,273	5,986
<i>Solanum variabile</i> Mart.	1	5,210	0,035	0,758	0,463	0,091	0,758	1,312
<i>Styrax leprosus</i> Hook. Et Arn.	3	15,629	0,280	2,273	1,3889	0,730	2,273	4,392
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less	47	244,851	9,183	21,212	21,759	23,967	21,212	66,938
TOTAL	216	1.125,27	38,31	100	100	100	100	300

A espécie *V. discolor* foi a segunda colocada em termos fitossociológicos, demonstrando expressiva presença. Por meio destes resultados juntamente com os das

espécies *C. scabra* e *O. puberula*, pode-se dizer que o Estrato 2 apresenta evidências que o caracteriza como área em estágio inicial de sucessão. Estas espécies são bioindicadoras de fases iniciais de sucessão (LORENZI, 1992) e ainda as espécies lenhosas apresentaram-se com distribuição diamétrica de pequena amplitude. Também foram observados que a área sofreu ação antrópica, provavelmente ocorrência de fogo, não se sabe a intensidade, fator que restringiu a diversidade florística. Como faz muito tempo que o evento ocorreu, não há necessidade de recuperação da área afetada, pois o processo de restauração por meio da regeneração já se estabeleceu (resiliência).



Figura 13 – Imagem demonstrando alta incidência de *V. discolor*, copas de coloração de tonalidades mais esbranquiçadas, estrato 2 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Flavio Augusto Rolim, 2009.

O Estrato 2 possui grande parte da área coberta por taquara (*Merostachys* sp.). Este tipo vegetacional (taquaras) é característico de áreas que apresentaram clareiras por um determinado período de tempo (SANQUETA et al. 2005). Este gênero ocorre em áreas antropizadas ou não. A presença de taquara de forma muito densa pode restringir o processo sucessional, pois reduz de forma significativa a quantidade de luz que chega ao estrato inferior da mata (GUILHERME, 1999). Porém, é sabido que quando a incidência de luz é baixa, há ocorrência de formação de banco de sementes e plântulas, onde estas ficam a espera de clareiras para que possam se desenvolver. Esses estratos inferiores conseguem se regenerar após a floração em massa e morte deste bambu (LODOÑO, 2001), ou seja, não há necessidade de intervenções em relação a taquaras, este fenômeno se resolve naturalmente. Segundo Klein (1978) em encostas íngremes, entre altitudes superiores a 700m e inferiores a

1.200m, ocorrem espécies tolerantes a solos rasos, próprias de encostas abruptas e predomínio de taquarais.

O índice de diversidade de Shannon foi de 1,92 nats/ind. para o Estrato 2. Este baixo valor foi referente às características das transecções pertencentes a este estrato ou seja, o resultado é compatível, uma vez que o índice tem como base a composição florística e a densidade, neste caso, a maioria das espécies possuía apenas um indivíduo.



Figura 14 – Imagem demonstrando expressiva frequência de taquara (*Merostachys* sp.) e poucos indivíduos arbóreos, estrato 2 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.

2.5.5 Estrato 3

Observou-se que o número de pontos instalados no transecto 4 (Estrato 3) foi suficiente para representar a composição florística da área amostrada (Figura 14). Em menos de 140 m² de área instalada a suficiência amostral já havia sido atingida.

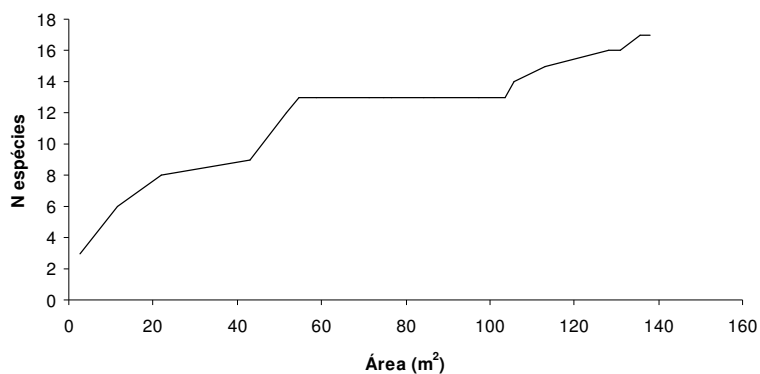


Figura 15 – Curva espécie/área do transecto 4 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

O Estrato 3 requer atenção, pois neste, também ocorrem as duas espécies ameaçadas de extinção citadas anteriormente (*D. sellowiana* e *O. porosa*), no entanto, a densidade de imbuias é consideravelmente superior a do Estrato 1.

Os 20 pontos amostrados levantaram uma área de 138 m². Foram mensurados 80 indivíduos pertencentes a 17 espécies, 15 gêneros e 11 famílias botânicas. A densidade absoluta foi de 1.637,78 indivíduos por hectare, valor semelhante ao trabalho de Aguiar (2003).

As famílias que apresentaram maior riqueza foram: Myrtaceae (4) espécies; Lauraceae e Aquifoliaceae (2) espécies cada. Praticamente 53% das famílias apresentaram apenas 1 indivíduo. Os resultados dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 3 são apresentadas na tabela 5.

Com o auxílio da Figura 15 é possível visualizar que a família Lauraceae é a segunda família mais expressiva em número de indivíduos. Dos 12 indivíduos levantados, 11 são pertencentes à espécie *O. porosa*, ou seja, praticamente 92% do total amostrado da família são imbuias.

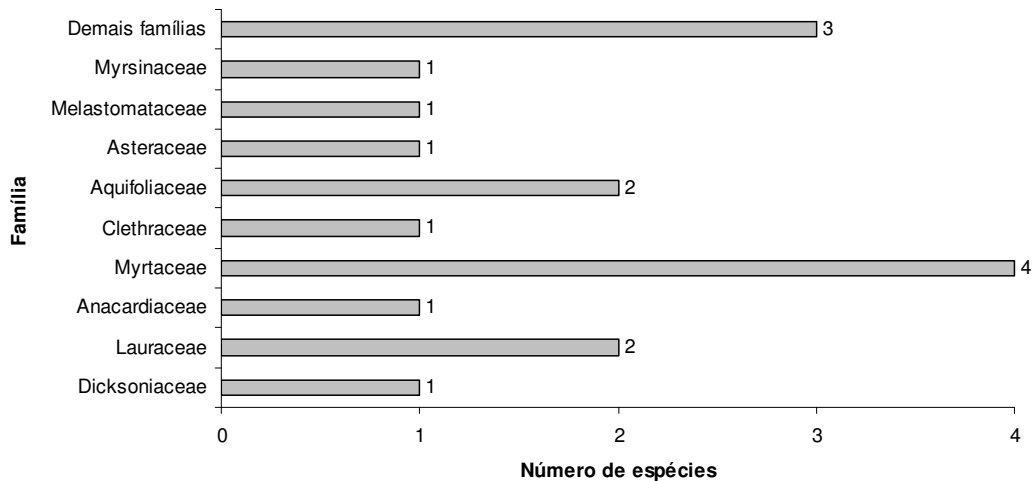


Figura 16 – Número de espécies por família presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

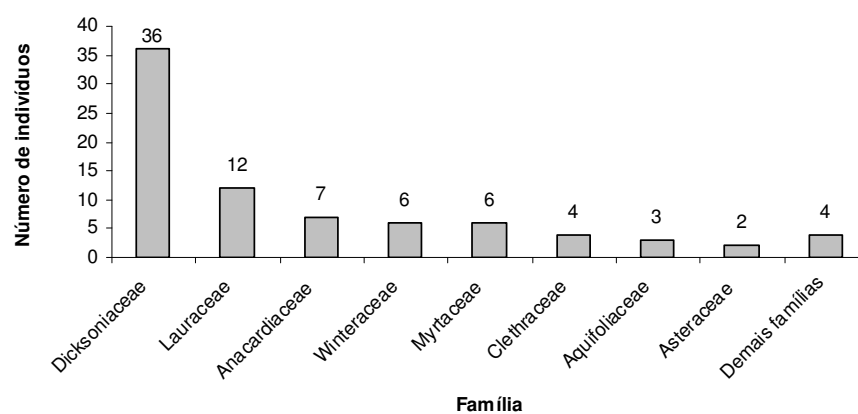


Figura 17 – Número de indivíduos por família presente no remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

Tabela 5 – Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 3, Fazenda Rio das Pedras. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.

Espécie	N	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
	Indivíduos	Ind / ha	m ² / ha	%	%	%	%	% 0-300
<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees) Kosterm.	1	20,472	0,788	1,724	1,250	1,344	1,724	4,318
<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	81,889	5,075	5,172	5,000	8,657	5,172	18,830
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	36	736,999	25,057	27,586	45,000	42,745	27,586	115,332
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	6	122,833	3,084	10,345	7,500	5,262	10,345	23,107
<i>Eugenia catharinae</i> O. Berg	1	20,472	0,108	1,724	1,250	0,184	1,724	3,158
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose	1	20,472	0,157	1,724	1,250	0,267	1,724	3,241
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	2	40,944	2,017	3,448	2,500	3,442	3,448	9,390
<i>Ilex teezens</i> Mart.ex Reissek	1	20,472	1,320	1,724	1,250	2,252	1,724	5,226
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	1	20,472	0,053	1,724	1,250	0,090	1,724	3,064
<i>Myrceugenia euosma</i> (O. Berg) D. Legrand	1	20,472	0,059	1,724	1,250	0,100	1,724	3,074
<i>Myrcia brasiliensis</i> Kiaersk.	1	20,472	0,493	1,724	1,250	0,841	1,724	3,815
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam) DC.	3	61,417	0,886	5,172	3,750	1,512	5,172	10,434
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	1	20,472	0,200	1,724	1,250	0,341	1,724	3,315
N.I	1	20,472	0,079	1,724	1,250	0,135	1,724	3,109
<i>Ocotea cf. porosa</i> (Nees e Mart.) Barroso	11	225,194	10,730	18,966	13,750	18,305	18,966	51,021
<i>Schinus lentiscifolius</i> Marchand	7	143,305	6,675	10,345	8,750	11,387	10,345	30,482
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less	2	40,944	1,838	3,448	2,500	3,135	3,448	9,084
TOTAL	80	1.637,78	58,62	100	100	100	100	300

As espécies que apresentaram maior frequência foram *D. sellowiana* com 27,59%; seguida por *O. porosa* (18,97%); *Drimys brasiliensis* Miers (10,34%) e *Schinus lentiscifolius* Marchand com 10,34%.

No Estrato 3, a espécie com maior densidade apresenta 737 indivíduos por hectare (*D. sellowiana*) e a segunda espécie com maior densidade é *O. porosa* com aproximadamente 225 indivíduos por hectares.

As espécies que melhor se destacaram em relação à dominância foram *D. sellowiana* com 25,06 m².ha⁻¹; *O. porosa* com 10,73 m².ha⁻¹; *S. lentiscifolius* com 6,67 m².ha⁻¹; *C. scabra* com 5,07 m².ha⁻¹ e *D. brasiliensis* com 3,08 m².ha⁻¹.

No Estrato 3 a espécie *D. sellowiana* teve a maior representatividade no índice de valor de importância (115,33%); seguida pela *O. porosa* (51,02%); *S. lentiscifolius* (30,48%); *D. brasiliensis* (23,11%). O somatório dos índices de valor de importância das espécies citadas anteriormente foi de 219,94% do total que atinge 300%.

A espécie *D. sellowiana* possui mais de 50% do valor total do índice de valor de importância. Outro dado importante é em relação a porcentagem que as espécies *D. sellowiana* e *O. porosa* representam para este estrato (66%), por meio disso, pode-se dizer que é de grande importância a necessidade de manter este ambiente preservado, apesar de apresentar um baixo índice. O índice de diversidade do Estrato 3 foi de 1,99 nats/ind., valor não muito expressivo.



Figura 18– Ilustração do tronco da espécie *O. porosa*. Espécie presente na lista do IBAMA, classificada como ‘Vulnerável’. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.



Figura 19 – Ilustração da presença de Xaxim (*D. sellowiana*). Espécie presente na lista do IBAMA, classificada como ‘Em perigo’. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC. Autor - Juliano Pereira Gomes, 2009.

2.5.6 Estrato 4

A Figura 19 representa a suficiência amostral do Estrato 4, onde observa-se que a composição florística da área levantada foi alcançada em torno de 110 m². Nos primeiros pontos ocorreu grande parte da diversidade amostrada do Estrato 4. A partir deste pré-suposto, pode-se dizer que na maioria dos pontos não houve acréscimo de novas espécies, esta afirmação é facilmente visualizada observando os patamares que a curva formou.

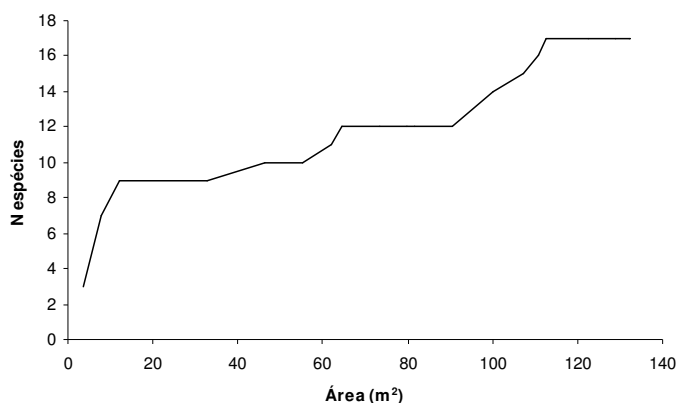


Figura 20 – Curva espécie/área do transecto 7, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

O total de área amostrada na transecção 7 (Estrato 4) foi de aproximadamente 132 m², sendo inventariados 20 pontos amostrais. Foi obtido informação de 80 indivíduos arbóreos pertencentes a 17 espécies, 14 gêneros e 13 famílias botânicas. A densidade absoluta foi de 1.616 indivíduos por hectare, valor semelhante a Aguiar (2003) e Roderjan (1994).

As famílias que apresentaram maior riqueza foram: Aquifoliaceae (3) espécies; Lauraceae (2). Praticamente 71% das famílias apresentaram apenas 1 indivíduo. As informações do perfil fitossociológico do Estrato 4 são apresentadas na tabela 6.

Três espécies apresentaram maior frequência em relação às demais, *D. sellowiana* com 18,46% de presença, *C. scabra* com 15,38% e *Ilex theezans* Mart.ex Reissek com 10,77%. Assim como os demais estratos, a espécie *D. sellowiana* apresentou alta densidade, contendo aproximadamente 444 indivíduos por hectare. Também foi a espécie que resultou em maior área basal e conseqüentemente foi a mais dominante (12,46 m²). Posteriormente ao xaxim, outras espécies apresentaram consideráveis dominâncias, sendo elas: *Ilex dumosa* Reissek (15,93 m²), *C. scabra* (1,47 m²) e *I. theezans* (1,34 m²).

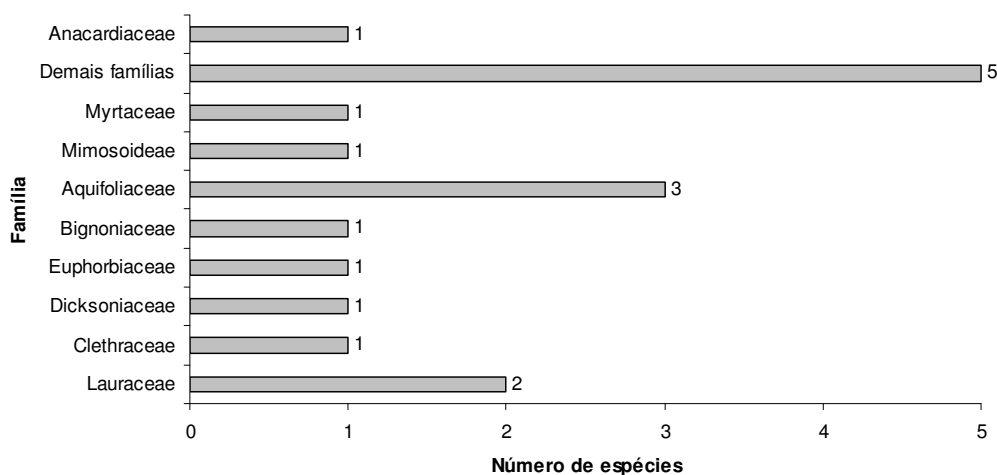


Figura 21 - Número de espécie por família presente no estrato 4 do remanescente florestal, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

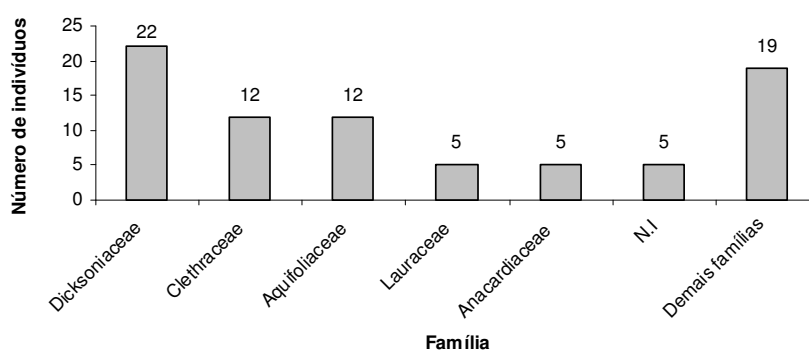


Figura 22 – Número de indivíduos por família presente no estrato 4 do remanescente florestal, da fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

As espécies mais importantes do Estrato 4 foram *D. sellowiana* (81,23%), *I. dumosa* (53,46%), *C. scabra* (34,53%), *I. theezans* (24,56%) e *Schinus lentiscifolius* (14,97%). O somatório dos índices de valor de importância das espécies citadas anteriormente foi de 208,75% de um total que chega a 300%.

O Estrato 4 foi o que menos apresentou indivíduos da espécie *D. sellowiana*, no entanto foi o estrato em que as espécies geralmente obtiveram maiores quantidades de indivíduos, apenas quatro espécies apresentaram somente 1 indivíduo.

O Estrato 4 foi o que apresentou maior índice de diversidade em relação aos demais, 2,41 nats/ind.. Este valor está diretamente relacionado com a densidade de indivíduos que as espécies presentes neste estrato apresentaram, pois se sabe que quanto maior a diversidade

(composição florística) e o número de indivíduos por espécie conseqüentemente maior será o índice de diversidade de Shannon (H').

Tabela 6 - Resultado dos parâmetros fitossociológicos do Estrato 4. DA= Densidade Absoluta; DoA= Dominância absoluta; FA= Frequência Absoluta; DR= Densidade Relativa; DoR= Dominância Relativa; FR= Frequência Relativa; IVI= Índice de Valor de Importância.

Espécie	N	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
	Indivíduos	Ind / ha	m ² / ha	%	%	%	%	% 0-300
<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees) Kosterm.	2	40,407	0,262	3,077	2,500	0,742	3,077	6,319
<i>Citronela paniculata</i> (Mart.) Howard	1	20,204	0,387	1,538	1,250	1,095	1,538	3,883
<i>Clethra scabra</i> Pers.	12	242,442	1,465	15,385	15,000	4,147	15,385	34,532
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	22	444,478	12,461	18,462	27,500	35,266	18,462	81,228
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	2	40,407	0,371	3,077	2,500	1,050	3,077	6,627
<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng	1	20,204	0,297	1,538	1,250	0,842	1,538	3,630
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose	3	60,611	0,155	3,077	3,750	0,438	3,077	7,265
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	3	60,611	15,933	4,615	3,750	45,095	4,615	53,461
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	1	20,204	0,135	1,538	1,250	0,383	1,538	3,171
<i>Ilex teezans</i> Mart.ex Reissek	8	161,628	1,338	10,769	10,000	3,788	10,769	24,557
<i>Inga lentiscifolia</i> Benth.	4	80,814	0,250	6,154	5,000	0,709	6,154	11,863
<i>Myrcia brasiliensis</i> Kiaersk.	3	60,611	0,113	4,615	3,750	0,321	4,615	8,686
N.I	5	101,018	0,931	6,154	6,250	2,634	6,154	15,038
<i>Persea major</i> Kopp	3	60,611	0,520	4,615	3,750	1,470	4,615	9,836
<i>Schinus lentiscifolius</i> Marchand	5	101,018	0,364	7,692	6,250	1,031	7,692	14,974
<i>Solanum amulosum</i> Sendtn.	1	20,204	0,031	1,538	1,250	0,086	1,538	2,875
<i>Styrax leprosus</i> Hook. Et Arn.	4	80,814	0,319	6,154	5,000	0,903	6,154	12,057
TOTAL	80	1.616,28	35,33	100	100	100	100	300

2.6 CONCLUSÃO

Os quatro estratos estudados apresentaram diferentes características estruturais. Apesar da semelhança da composição florística, esta diferença ocorre devido à variação do número de indivíduos por hectare.

O Estrato 2 do remanescente florestal se caracteriza como estágio inicial, ou seja, nível inferior de sucessão em relação aos demais. Apresentou índice de Shannon Weaver de 1,92 nats/ind.

Para os estratos 1, 3 e 4, o índice de Shannon foi, respectivamente, 2,22 nats/ind., 1,99 nats/ind. e 2,41 nats/ind. Esses estratos apresentam-se em estado intermediário de sucessão, desta forma pode-se dizer que o remanescente está progredindo sucessionalmente a um estágio climático.

3 CAPÍTULO II: CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO ATRAVÉS DE LÓGICA FUZZY, EM IMAGENS ORTOFOTO, CBERS E SPOT PARA AUXÍLIO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REMANESCENTES FLORESTAIS

3.1 INTRODUÇÃO

Geotecnologias como Topografia; Sistema de Posicionamento Global (GPS); Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) destacam-se atualmente como ferramentas para a gestão do espaço rural e urbano. Essas geotecnologias possibilitam a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas e oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algoritmos específicos.

O SIG surge como alternativa moderna e veloz, que pode auxiliar sobremaneira a pesquisa ecológica, pois considera a posição das árvores simultaneamente aos seus atributos associados. É uma tecnologia que tem sido reportada como extremamente vantajosa pela sua capacidade de abranger grandes áreas.

Para sustentar um SIG, tem se utilizado imagens ou fotografias aéreas de sensores remotos. Imagens de satélite permitem uma visão global, regional ou local do ambiente, cooperando na identificação de distintos usos do espaço terrestre, permitindo também o acompanhamento de mudanças ao longo do tempo. Sendo assim, os sensores orbitais têm auxiliado o planejamento estratégico na recomposição e monitoramento da superfície terrestre.

No monitoramento de grandes áreas, como no caso do Brasil, é desejável o desenvolvimento de metodologias que possibilitem a análise e monitoramento de fragmentos em grandes escalas com vistas à otimização de tempo e recursos. Para isso são utilizados programas computacionais de classificação de imagens digitais.

A técnica de Classificação de Imagem Orientada a Objeto consiste em segmentar a imagem em unidades semelhantes de pixels, transformando a imagem de estrutura matricial em uma imagem de estrutura vetorial. Neste caso, os vetores são objetos formados por agrupamentos de pixels vizinhos e semelhantes. Dessa forma, a análise dos objetos permite relacionamentos de herança (hierarquia, subclasses e superclasses), vizinhança e forma,

permitindo ao sistema introduzir características de cognição peculiares a um analista de interpretação de imagens, o qual utiliza elementos como: tonalidade, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização para auxiliar a interpretação da imagem. Para análise de grande quantidade de variáveis que possuem unidades diferentes, é introduzida a lógica Fuzzy, através das funções de pertinência, a qual oferece um grande potencial para a padronização e valorização gradual dos dados, sendo contrário aos operadores Booleanos.

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho é realizar uma classificação orientada a objeto através da lógica Fuzzy, de remanescentes florestais, utilizando diferentes imagens digitais, localizados no município de Ponte Alta do Norte - SC

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo geral

Realizar uma classificação orientada a objeto utilizando lógica Fuzzy em três diferentes imagens digitais, de remanescentes florestais localizados no município de Ponte Alta do Norte – SC, para quantificar sua expressão como Florestas de Alto Valor de Conservação (FAVC).

3.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho foram:

Cruzar informações entre os levantamentos fitossociológicos realizados em campo e as imagens digitais de fotografias aéreas e do sensor SPOT e CBERS;

Utilizar a técnica de classificação de imagem orientada a objeto para classificar as tipologias florestais identificadas no Capítulo I;

Utilizar como classificador, funções de pertinência através das regras da lógica Fuzzy;

Comparar os melhores resultados entre dois níveis de segmentação da classificação orientada a objeto;

Comparar os resultados entre as imagens digitais do SPOT, CBERS e ortofoto;

Quantificar, sobre a melhor classificação, as tipologias florestais identificadas no Capítulo I, para dimensionar a expressão da FACV.

3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.3.1 Aplicação do sensoriamento remoto

As imagens obtidas por sensores remotos, qualquer que seja seu processo de formação, registram a energia proveniente dos objetos da superfície observada. Independentemente da resolução e escala, as imagens apresentam os elementos básicos de análise e interpretação, a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas, ou fenômenos. Estes elementos são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, a interpretação de uma imagem de satélite da superfície terrestre é baseada nesses elementos e o que muda são seus significados (FLORENZANO, 2007).

De acordo com Muchoney e Haack (1994), as imagens obtidas por sensores a bordo de satélites orbitais têm evidenciado grande potencial para detectar mudanças na cobertura florestal sobre grandes áreas geográficas. Vários algoritmos de detecção de mudanças têm sido desenvolvidos, sendo que a técnica da razão de bandas tem se destacado devido à sua simplicidade de execução e eficiência.

Quando se pretende utilizar o sensoriamento remoto para a obtenção de informações da cobertura vegetal de uma região, deve-se levar em conta a interação da energia solar com a vegetação. Esta interação se dá principalmente através dos pigmentos contidos nas folhas. A clorofila, por exemplo, absorve bem a energia na faixa do comprimento de onda entre 0,45 e 0,67 μm . Porém, há uma diferenciação de absorção entre a clorofila “a” e “b”, apesar de sua estrutura ser basicamente a mesma. A clorofila “a” não absorve a luz na região do verde, enquanto a curva de absorção da clorofila “b” é deslocada em direção à luz verde, mais ou menos até 0,53 μm (MOREIRA, 2005).

A reflectância da cobertura vegetal na banda vermelha (aproximadamente entre 0,6 e 0,7 μm) é baixa, aparecendo nas imagens em tons de cinza escuros, devido à absorção da clorofila presente nas folhas. Contudo, no infravermelho próximo (aproximadamente entre 0,8 e 0,9 μm) proporciona alta reflectância com tons de cinza claros devido a dispersão causada pela estrutura das folhas (LILLESAND & KIEFER, 1994). Por isso, sensores que trabalham nessa faixa de comprimento de onda, conseguem captar alterações ocasionadas por algum tipo de estresse.

Os sensores são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar informações que possam ser

transformadas num passível de interpretação quer seja na forma de imagem, na forma gráfica ou de tabelas (MOREIRA, 2005).

Existem vários tipos de sensores operando em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Dependendo do tipo, o sensor capta uma ou dados de uma ou mais regiões do espectro.

O sensor eletrônico multiespectral TM, do satélite Landsat-5, por exemplo, é um sistema de varredura que capta dados em diferentes faixas espectrais (três na região do visível e quatro na região do infravermelho) (FLORENZANO, 2007).

Já o satélite SPOT, opera em dois diferentes módulos: o módulo multiespectral e o módulo pancromático. No módulo multiespectral o sistema opera em três bandas espectrais do espectro eletromagnético, que permitem a aquisição de dados sobre a superfície da Terra nas regiões do visível e infravermelho próximo, com resolução espacial de 20 x 20 metros. No módulo pancromático a resolução espacial é de ordem de 10 x 10 metros (MOREIRA, 2005).

Temos também o satélite CBERS-1 que apresenta 3 instrumentos denominados: Câmera CCD (Charge Coupled Device), IRMSS (Infrared MSS) e WFI (Wide Field Image); os quais podem fazer observações ópticas da área global e transmitir remotamente dados de sensoriamento para as estações receptoras na Terra. A câmera CCD de alta resolução apresenta 4 bandas espectrais do visível ao infravermelho próximo (0,45 μm a 0,89 μm) e uma banda pancromática (0,51 a 0,75 μm) (BENSEBAA et al. 2003).

3.3.2 Classificação de imagens

Uma maneira de tornar a interpretação de imagens mais simples consiste em realizar a classificação digital da imagem, que consiste em separa grupos de pixels com características espectrais similares em classes de uso ou cobertura do solo (CENTENO, 2009). O objetivo geral do procedimento de classificação de imagem é categorizar todos os pixels da imagem em classes ou temas (LILLESAND & KIEFER, 1994).

Existem dois métodos possíveis para a classificação de imagens orbitais. O primeiro, denominado classificação automática, se fundamenta em algoritmos que matematicamente definem padrões que caracterizam classes de cobertura na imagem. É muito utilizado quando o objetivo é classificar grandes áreas com poucas classes, pois o processo é mais rápido. No segundo método, denominado interpretação visual, são identificados, na imagem, padrões de cor, textura, estrutura, forma, além de informações auxiliares de cunho espacial. Esses padrões definem as características das classes de cobertura que, então são digitalizadas

diretamente sobre a imagem em meio digital (AVERY & BERLIN, 1985). Este tipo de classificação é geralmente utilizado quando o objetivo é classificar uma área menor com maior precisão.

Alguns trabalhos utilizaram a interpretação visual como método de classificação (FOODY & CURRAN, 1994; THENKABAIL et al., 2003, VIEIRA et al., 2003; SILVA & FERREIRA, 2004). Alguns parâmetros como cor, textura e tonalidade apareceram como prioritários para a separação das classes (SILVA & FERREIRA, 2004). Outro elemento amplamente empregado na divisão das classes de vegetação são as bandas do vermelho e infravermelho próximo, pois é a faixa do espectro em que a vegetação reflete melhor. Neste tipo de classificação é importante o uso de uma chave de interpretação para determinar exatamente os parâmetros utilizados e guiar melhor o trabalho do intérprete.

3.3.3 Segmentação

A segmentação tem sido alvo de um grande número de pesquisas na área de análises de imagem, onde diferentes estudos têm sido elaborados na área de segmentação. Entretanto, poucos são os resultados que levam a produtos de qualidade. Uma destas razões é que a segmentação da imagem, em áreas de grande diversidade de objetos, pode gerar um vasto número de possíveis soluções. Outra razão é que em vários casos, as regiões de interesse são heterogêneas, desta forma a informação necessária para fazer o discernimento das regiões (objetos) não é possível (BAATZ & SCHÄPE, 2000).

A segmentação subdivide uma imagem em suas partes ou objetos constituintes, e o nível até a qual essa subdivisão deve ser realizada depende da escala e/ou do problema a ser resolvido, ou seja, a segmentação deve parar quando os objetos de interesse na aplicação tiverem sido isolados (MOREIRA, 2005). Pode-se dizer, o processo é essencialmente empírico e deverá se ajustar a diferentes tipos de imagens e que o melhor resultado da segmentação é aquele que fornecerá informações mais precisas para os futuros processamentos de classificação.

A classificação baseada na metodologia de dados orientados a objeto baseia-se no princípio de analisar não apenas um pixel isoladamente, mas dividir a imagem em pequenos segmentos, considerados objetos na imagem, os quais são extraídos da imagem original por meio de técnicas de segmentação. Tais objetos são posteriormente analisados como unidades, sendo possível levar-se em conta fatores de forma, textura e outras variáveis espaciais que não

podem ser consideradas numa análise pixel a pixel. Existem várias opções para efetuar a segmentação de uma imagem (GONZALES & WOODS, 2000).

Uma técnica que busca gerar objetos utilizando informações espectral e espacial é a segmentação multi-resolução, implementada no software Definiens.

Segundo Benz et al (2004), a segmentação multi-resolução inicia com um pixel formando uma região, sendo que, a cada etapa, um par de objetos é fundido para formar um objeto maior, com base num critério de homogeneidade. Ao mesmo tempo, busca-se alcançar uma heterogeneidade mínima no processo de agregação. O resultado do processo de segmentação leva a objetos primitivos como uma primeira aproximação a objetos do mundo real. O analista estabelece os pesos a serem considerados nos critérios de semelhança, especificando valores para forma e cor, bem como um parâmetro de escala. O parâmetro de escala influencia o tamanho médio do objeto, sendo que um valor de escala maior conduz a objetos maiores. Os critérios de semelhança e do parâmetro de escala devem ser escolhidos com base nas resoluções espacial (forma) e espectral (cor) da imagem. Os objetos gerados na imagem segmentada estão inter-relacionados, de modo que cada objeto da imagem possui um contexto (vizinhança). O aspecto semântico de cada objeto no terreno passa a ser avaliado de acordo com suas propriedades geométricas (posição, tamanho e outras propriedades derivadas) e temáticas. A hierarquia de objetos resultante da segmentação multi-resolução é a base do conhecimento para a classificação dos objetos.

3.3.4 Classificação orientada a objeto

O processo de classificação orientada a objeto utiliza os *polígonos* gerados na segmentação como *objetos de imagem*. As características espectrais, de forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir destes descritores os *objetos* podem ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas (DEFINIENS, 2009).

Um objeto é uma entidade capaz de ser individualizada, única, entretanto com pelo menos as mesmas propriedades da classe que lhe deu origem. Pode haver um processo de especialização em que classes derivadas herdaram atributos das classes básicas, acrescentando novas propriedades que serão específicas destas novas classes. Tem-se então um objeto complexo que é formado por agrupamento de objetos de tipos distintos. Cada um dos objetos da imagem pode ser descrito por meio de classes que possuem uma relação hierárquica, onde subclasses derivadas herdaram comportamentos das classes superiores (CAMPOS, 2002).

A idéia geral da abordagem da classificação orientada a objetos é aplicar técnicas de classificação em grupos homogêneos de pixels. De acordo com Ribeiro et al. (2002), a metodologia de dados orientados a objeto possibilita uma classificação de imagem melhor do que a classificação pixel a pixel. Pode-se salientar como vantagem o fato do processamento da segmentação não trabalhando somente com o pixel individualmente, mas com regiões homogêneas. O mesmo autor fez a classificação orientada a objeto pelo método da distância mínima e utilizando a lógica Fuzzy ambos no software Definiens (eCognition) e relatou que o resultado da classificação realizada pelo método Fuzzy mostrou-se mais eficiente porque supriu as falhas na classificação realizada pelo procedimento convencional.

Os processamentos para a classificação da imagem são elaborados além do valor de brilho, podendo-se utilizar a forma (área, perímetro), textura, tipologia com relação a outras camadas ou níveis dos objetos e informações adicionais como atributos na análise da imagem através da orientação por objeto (DEFINIENS, 2009).

3.3.5 Lógica Fuzzy

A classificação de imagens de sensoriamento remoto tem sido uma das principais fontes de dados para os sistemas de informação geográfica e importante processamento para a produção de mapas temáticos, contudo a extração automática das classes tem encontrado alguns problemas no que se refere à acurácia nos resultados alcançados. Desse modo a lógica Fuzzy proporciona mais um modelo, dentre muitos, que auxilia a classificação automática de imagens (JENSEN, 1996).

A introdução dos conjuntos Fuzzy para lidar com conceitos inexatos foi primeiramente introduzida por Zadeh em 1965. O conjunto Fuzzy é uma metodologia de caracterização de classes, que por várias razões não tem ou não pode definir limites rígidos (bordas) entre classes. Essas classes definidas de maneira inexata são chamadas de conjunto Fuzzy. O emprego de um conjunto Fuzzy é recomendado sempre que for necessário lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (BURROUGH & McDONNELL, 1998).

Pode-se recorrer ao conceito de *função de pertinência* (Fp) para distinguir formalmente um conjunto, onde função de pertinência é uma função que dado o valor de um atributo z , ela determina se o elemento estudado pertence ou não a um determinado conjunto em análise (CÂMARA et al., 2001).

Os métodos de *máxima verossimilhança*, *mínima distância*, *classificação hierárquica* e *k-means* tradicionalmente utilizados para classificação de imagens e sensores remotos utilizam a informação de forma booleana (0 ou 1), o que restringe a aplicação a imagens de alta resolução. Neste caso, um pixel qualquer é representado pertencendo ou não a uma determinada classe a . Contudo, no processo de classificação digital a incerteza está sempre presente, podendo ser maior ou menor, independente de qual for a regra de decisão. O processo de decisão é essencial quando se deseja associar determinado pixel à determinada classe (JANSEN, 1996). Estes modelos convencionais dispõem de um conjunto de elementos de entrada e uma metodologia que permite encontrar localizações ou zonas que satisfarão um conjunto de critérios. Se o critério é definido segundo regras determinísticas, o modelo incide em aplicar operadores de lógica booleana em um conjunto de dados de entrada (CÂMARA et al. 2001). Entretanto, as regras determinísticas expressam o conhecimento de forma muito severa.

Para avaliar a qualidade e comparar o resultado obtido da classificação Fuzzy com métodos tradicionais como o método da máxima verossimilhança, Wang (1990) elaborou uma matriz de erro, a qual avaliou e concluiu que a teoria Fuzzy ao ser implementada por algoritmos de classificação proporciona uma melhora na acurácia da classificação e permite a acurácia da classificação por pixels independentes. Outra vantagem, é que o método permite a diferenciação de pixels homogêneos com pixels mistos e também sua representação.

A melhora ocorre porque um determinado pixel, ao ser representado, irá pertencer com uma graduada intensidade a uma determinada classe a , com outra intensidade a uma classe b e com possíveis intensidades a possíveis outras classes. No método booleano um pixel qualquer é representado pertencendo exclusivamente a uma classe a (WANG, 1990).

Um classificador Fuzzy apresenta quatro componentes: um processador de entrada (ou fuzzificador), um conjunto de regras lingüísticas, um método de inferência Fuzzy e um processador de saída (ou defuzzificador), gerando um número real como saída. Inferência Fuzzy é o método que interpreta as variáveis de entrada e, baseado em algum conjunto de regras, designa valores para a saída. O processo de inferência Fuzzy envolve funções matemáticas que definem o grau de pertinência de um elemento a um conjunto Fuzzy, chamadas funções de pertinência, operadores Fuzzy (E corresponde ao operador de mínimo e OU corresponde ao operador de máximo) e regras SE-ENTÃO, em que a parte SE da regra é chamada de premissa e a parte ENTÃO é chamada de conseqüente (PEDRYCZ & GOMIDE, 1998).

3.3.6 Floresta de alto valor de conservação (FAVC)

Florestas de Alto Valor de Conservação (FAVC) é toda floresta que possui algum valor ambiental ou social. Esses valores podem incluir, entre outros, presença de espécies raras, áreas de recreação ou recursos coletados por população local. Quando estes valores são considerados de caráter excepcional ou de importância crítica, a área florestal pode ser definida como Floresta de Alto Valor de Conservação (JENNINGS et al, 2003).

O conceito de FAVC é baseado na idéia de que quando uma área florestal possui um valor de caráter excepcional ou de importância crítica, devem existir salvaguardas adicionais para garantir que o valor não esteja sendo degradado ou afetado negativamente pelo manejo. Significa que atividades de manejo devem ser planejadas e implementadas de uma maneira que garanta que os valores sejam mantidos e aumentados. A identificação dessas áreas é, portanto, o primeiro passo para o desenvolvimento de um manejo apropriado para a mesma (JENNINGS et al, 2003).

A chave para o conceito de FAVC é a identificação e manutenção de Altos Valores de Conservação (AVC).

3.4 METODOLOGIA

3.4.1 Caracterização da área de estudo

A área definida para o estudo foi remanescentes de florestas nativas circundada com reflorestamentos de *P. taeda* (27° 07' 06,42'' S e 50° 27' 12,46'' N), no município de Ponte Alta do Norte – SC. A altitude do local é variável ficando dentro das isométricas 800 e 1.200 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfb", mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, não apresentando estação seca definida. As geadas são freqüentes, em média mais de quinze dias por ano (SANTA CATARINA, 1986).

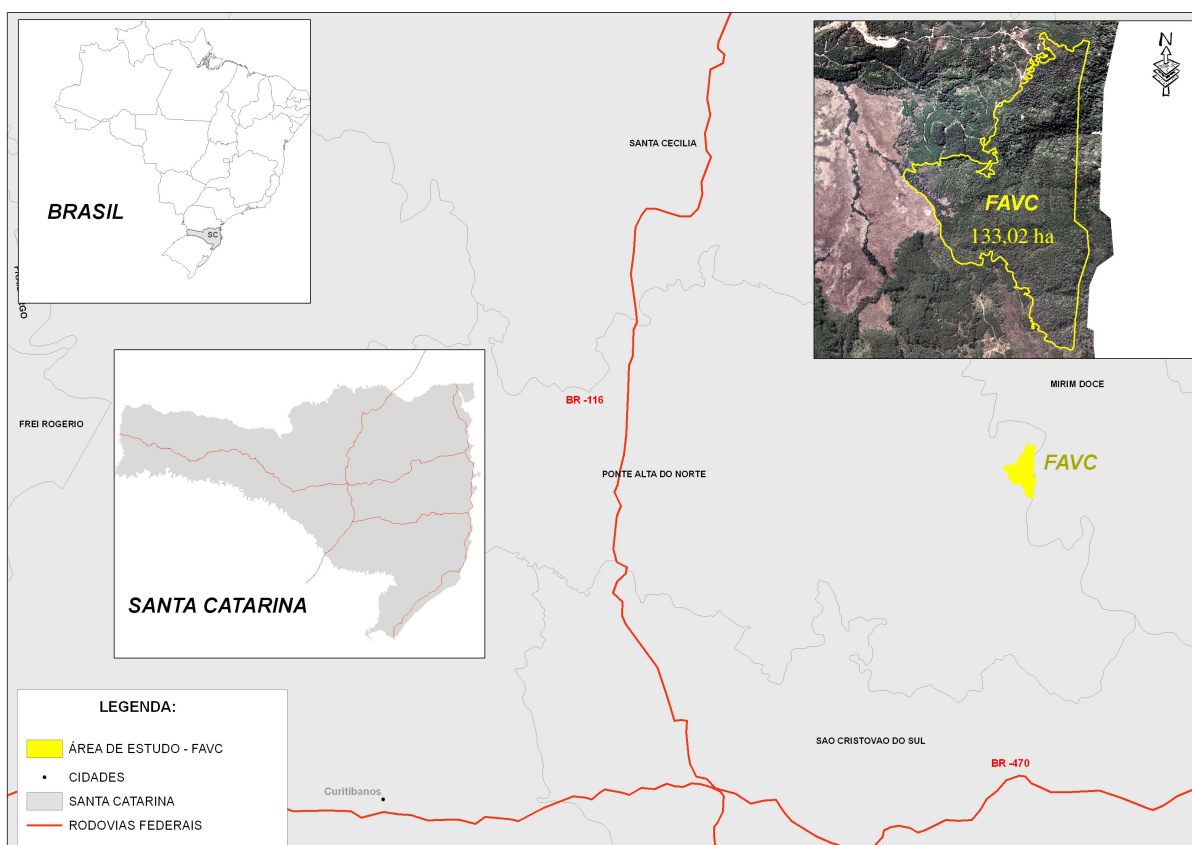


Figura 23 – Localização da área de estudo. Fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

3.4.2 Material

3.4.2.1 Material cartográfico e imagens orbitais

Foi utilizado a base cartográfica elaborada a partir de voo 1:30.000, a qual gerou os produtos de: Ortofotocarta, Uso do Solo, mapa de Hidrografia, mapa Viário e mapa Altimétrico, atualmente utilizados pela empresa.

Para a extração da informação foram utilizadas a ortofoto, a imagem do satélite SPOT, e a imagem do satélite CBERS, as quais possuem as características espectrais e geométricas como pode ser observada na tabela 7, a seguir.

Tabela 7 - Características das imagens do satélite SPOT e CBERS.

SATÉLITE	RESOLUÇÃO GEOMÉTRICA (m.)	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	
		BANDA	(μm)
SPOT	20	2	0,50 - 0,59 (verde)
		3	0,61 - 0,68 (vermelho)
		4	0,79 - 0,89 (infravermelho próximo)
	10	Pan	0,51 - 0,73
CBERS	0.7	Pan	0,45 - 0,90

A imagem do satélite SPOT foi cedida pela empresa Senografia – Sensoriamento Remoto LTDA, sediada em Curitiba – PR.

A imagem do satélite CBERS está disponível gratuitamente em meio eletrônico, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no endereço eletrônico <http://www.inpe.br/>.

3.4.2.2 Programas computacionais

Para a etapa de pré-processamento da imagem foi utilizado o software ENVI 4.5.

Na segmentação, utilização da lógica Fuzzy e classificação das imagens de satélite foi utilizado o programa Definiens.

No processamento das variáveis dendrométricas e análise dos parâmetros estatísticos foi utilizado o Excel 2003.

O suporte de SIG para armazenamento, visualização e manipulação dos dados foi utilizado o ArcGis 8.3.

Na correção dos dados levantados em campo com GPS foi utilizado o Pathfinder Office 2.9.

3.4.2.3 Equipamentos

Para o levantamento das amostras de vegetação foi utilizado o GPS da Trimble GEOXT, o qual possui pós processado precisão de até 50 centímetros.

3.4.3 Métodos

Para auxiliar a compreensão da seqüência metodológica empregada no estudo, são apresentadas na figura 24, as principais fases da pesquisa.

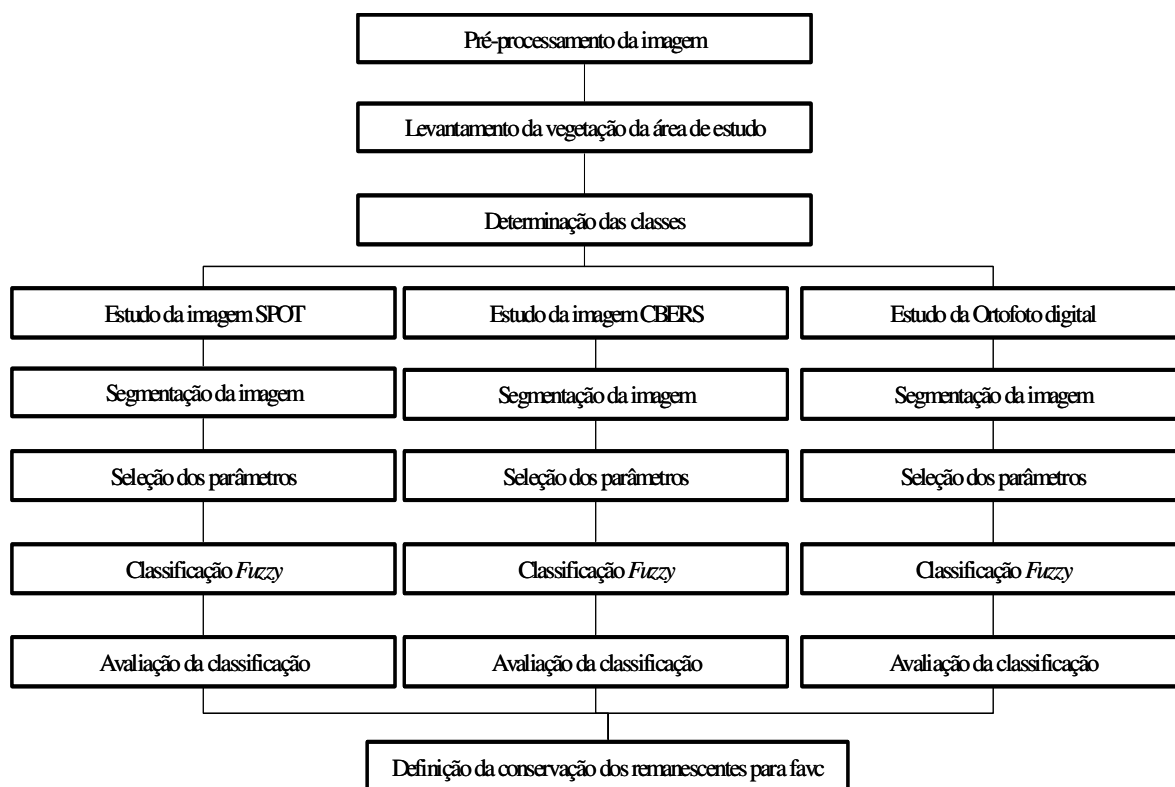


Figura 24 – Organograma de etapas dos procedimentos na metodologia.

3.4.3.1 Pré-processamento da imagem

Nesta etapa a imagem do satélite SPOT foi georreferenciada com base na ortofoto. Também foi realizada a fusão do SPOT das bandas 2, 3 e 4 com a pancromática e com a informação espectral das bandas multiespectrais usando o método de fusão por substituição com base no sistema IHS. Partindo do sistema RGB original, a imagem foi transformada a um novo espaço de cores com 3 bandas, duas correspondentes a representação segundo componentes cromáticas, e a terceira banda segundo um eixo acromática. A banda correspondente ao eixo acromático foi substituída pela banda pancromática, e se fez a transformação inversa para o espaço RGB.

Para a imagem CBERS, foi realizado o georreferenciamento também com base na ortofoto. O mesmo método de fusão foi utilizado para combinar as bandas da Câmera

Imageadora CCD, entretanto não se obteve um bom resultado devido aos ruídos carregados pela câmera CCD.

Como a ortofoto possui origem de vôo métrico esta não foi trabalhada nesta etapa.

3.4.3.2 Levantamento da vegetação da área em estudo

Através de levantamento florístico utilizando-se a amostragem por transectos foram identificados os diferentes estágios da vegetação da área em estudo. A técnica de amostragem por transectos é uma técnica que permite levantamentos rápidos de vegetação e em áreas extensas, permitindo uma análise da estrutura vertical e horizontal da floresta em estudo (Capítulo I).

3.4.3.3 Determinação das classes

As classes foram determinadas de acordo com a estratificação realizada no Capítulo I da dissertação. As classes encontradas foram:

- estratos 1 (transectos 1 e 2);
- estrato 2 (transectos 3, 5 e 6);
- estrato 3 (transecto 4) e
- estrato 4 (transecto 7).

3.4.3.4 Estudo das imagens

- Segmentação Multi-resolução

A formulação básica da segmentação orientada a regiões contempla que uma região completa da imagem é conhecida como R . Podendo-se imaginar a segmentação como um processo de particionar R em n regiões $R_1, R_2, \dots, R_n$, tal que:

- (a) $\cup R_i = R$, onde todos os pixels devem pertencer a uma única região,
- (b) R_i é uma região conexa, $i = 1, 2, \dots, n$,
- (c) As regiões devem ser disjuntas, tal que, $R_i \cap R_j = \emptyset$ para todo i e j , $i \neq j$,
- (d) $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$ para $i = 1, 2, \dots, n$, e

(e) $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$ para $i \neq j$,

em que $P(R_i)$ é um predicado lógico sobre os pontos do conjunto R_i e o $\emptyset$ é o conjunto vazio. A condição (a) indica que a segmentação deve ser completa, ou seja, cada pixel deve pertencer a uma região. A condição (b) requer que os pixels de uma região sejam conexos. A condição (c) indica que as regiões devem ser disjuntas. A condição (d) trata das propriedades que devem ser satisfeitas pelos pixels em uma região segmentada, por exemplo, $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$ se todos os pixels em R_i possuírem a mesma intensidade. Finalmente, a condição (e) indica que as regiões R_i e R_j são diferentes no sentido do predicado P (GONZALES & WOODS, 2000).

Os algoritmos que trabalham com crescimento em regiões, como no software utilizado para fazer a segmentação, iniciam com um limitado número de pontos de crescimento que são conhecidos como “sementes”, e a partir deste pixel outros pixels vão sendo agregados. A quantidade de pixels que vão ser agregados à semente e constituir o tamanho do objeto dependem de uma regra que é definida pelo tamanho da escala no momento de segmentar a imagem. Quanto maior for a escala, maior é o tamanho dos objetos formados. A regra que define se um pixel vai ser agregado ou não a semente é elaborada em função da tonalidade de cada pixel e da forma com que estes estão localizados (DEFINIENS, 2009).

O mesmo autor descreve que a heterogeneidade espectral ou de cor é composta pela soma dos desvios padrão dos valores de brilho para uma dada banda ponderados pelos pesos para cada banda, sendo:

$$h_e = \sum w_c * \sigma_c$$

Onde:

h_e = heterogeneidade espectral

σ_c = desvio padrão dos valores de brilho da banda

w_c = peso para cada banda

A segmentação de imagens dentro de um dado número de regiões é um problema heurístico com um grande número de possíveis soluções. A experiência de utilizar três diferentes níveis permite extrair objetos da imagem em diferentes definições segundo resultados de Antunes (2003) e Definiens (2009). Os segmentos em diferentes definições ou camadas permitem a relação hierárquica entre super-objetos e sub-objetos.

Para encontrar a melhor utilização de cada classe por nível, a escolha da diferenciação entre três níveis baseou-se em comparar segmentos puros com segmentos não puros (misturados) e com segmentos intermediários entre puros e misturados.

Desta forma, foram utilizados diferentes índices de escala. A segmentação ficou dividida em:

a) Multi-resolução Inferior

Objetivo de segmentar ao nível do pixel ou de grupo de pixels bem semelhantes. O objetivo deste nível foi fornecer a textura para os níveis superiores.

b) Multi-resolução Intermediária

Objetivo de segmentar ou agrupar os pixels de uma maneira que não ocorra mistura de tonalidades díspares.

c) Multi-resolução Superior

Objetivo de segmentar ou agrupar os pixels de uma maneira onde ocorra mistura de tonalidades díspares.

- Amostragem

Uma classificação onde são utilizados algoritmos de maxver, do paralelepípedo e da distância mínima até a média, o processo de aquisição das amostras de treinamento requer que as amostras adquiridas sejam as mais homogêneas possíveis Jensen (1996). Contudo ao utilizar classificadores baseados na lógica Fuzzy, as amostras não precisam ser homogêneas, e podem ser amostradas de forma a conter heterogeneidade de pixels.

A escolha das amostras (Figura 25) ocorreu através do levantamento florístico em campo, realizando-se a metodologia da amostragem por transectos (Capítulo I).

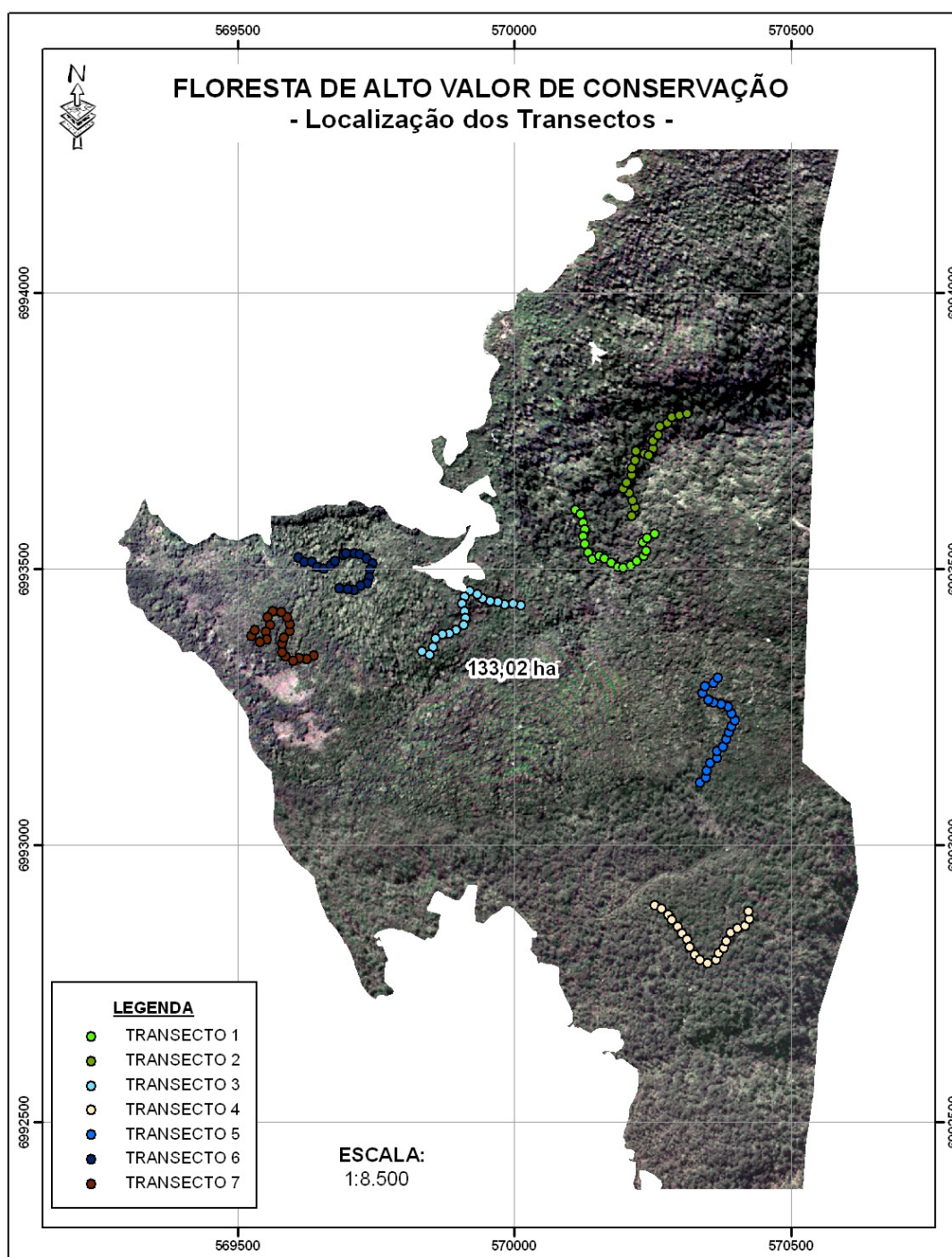


Figura 25 - Localização das transecções no remanescente florestal. Cada transecto representado por uma cor diferente.

Como identificado e descrito no Capítulo I desta dissertação, o levantamento amostral ocorreu através de 7 transectos e gerou a caracterização de 4 estratos. Desta forma, foi elaborada a sobreposição dos transectos georreferenciados em campo com as imagens de satélite. Na posição do cruzamento do transecto georreferenciado com a imagem segmentada

obteve-se os *objetos-amostra*. Ou seja, no encontro do transecto com o segmento obteve-se um segmento definido como amostra e que recebeu a denominação *objeto-amostra*.

- Definição dos Parâmetros de Discriminação das Classes

O algoritmo (classificador) utilizado para realizar uma classificação seleciona quais objetos devem ser associados a uma determinada classe, todavia, esta seleção utiliza regras em uma faixa de valores que variam com o parâmetro empregado. Neste trabalho, intitulam-se *Parâmetros* qualquer característica que um objeto apresenta e que pode ser utilizado para separar este objeto de outro objeto. Estes parâmetros podem ser o valor de: brilho de uma única banda, brilho da união de várias bandas, textura, relação da forma dos objetos, variância entre outros.

Nesta pesquisa foram definidos os parâmetros comparando-se as informações extraídas dos objetos amostras de cada classe, sendo assim observou-se quais características entre o valor do brilho, forma e textura, diferenciaram melhor uma classe da outra

Ao comparar classe com classe em um histograma foi realizado o cálculo do valor de sobreposição, figura 26. Em a existe uma sobreposição entre a classe A e a classe B, enquanto em b esta sobreposição não ocorre.

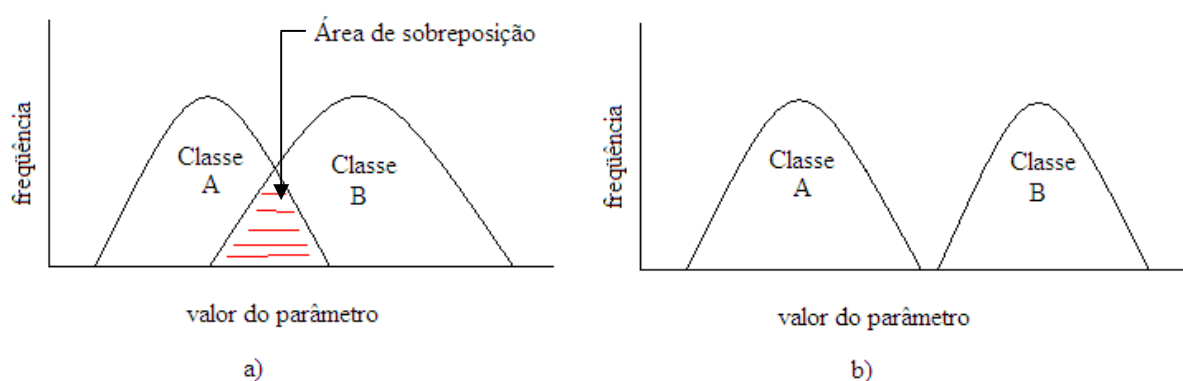


Figura 26 – Áreas de sobreposição entre as classes.

Por se tratar de uma classificação de tipologia florestal, os parâmetros como valor de brilho e textura foram os que menos apresentaram sobreposição, e estão descritos abaixo:

a) Parâmetros relativos ao valor de brilho dos objetos

$$\bar{c}_k(v) := \bar{c}_k(P_v) = \frac{1}{\#P_v} \sum_{(x,y) \in P_v} c_k(x,y)$$

O valor de brilho médio dos objetos, para uma banda, foi calculado através da equação:

Onde:

$\bar{c}_k(v)$ = valor médio de brilho dos pixels de uma banda k dentro de uma imagem objeto v ,

k = refere-se a uma banda,

v = objeto qualquer v ,

P_v = conjunto de pixels de uma imagem objeto v ,

$\#P_v$ = número total de pixels contidos em um objeto v ,

$c_k(x,y)$ = o valor do brilho de um pixel em uma posição (x,y)

(x,y) = coordenada de localização dos pixels

O valor de brilho médio dos objetos, para várias bandas, foi calculado através da equação:

$$\bar{c}(v) = \frac{1}{W^B} \sum_{k=1}^K W_k^B \bar{c}_k(v)$$

Onde:

$\bar{c}(v)$ = valor médio do brilho das bandas dentro de uma imagem objeto v ,

W_k^B = peso do brilho da banda k

b) Parâmetros relativos ao desvio padrão do valor de brilho dos objetos

O desvio padrão é calculado a partir dos valores de todas as camadas com n pixels que formam uma imagem objeto.

$$\sigma_k(v) = \sigma_k(P_v) = \sqrt{\frac{1}{\#P_v} \left(\sum_{(x,y) \in P_v} c_k^2(x,y) - \frac{1}{\#P_v} \sum_{(x,y) \in P_v} c_k(x,y) \sum_{(x,y) \in P_v} c_k(x,y) \right)}$$

Onde:

$\sigma_k(v)$ = desvio padrão do valor de brilho da banda k de uma imagem objeto v

c) Parâmetros relativos ao valor de textura dos objetos

Todas as características relativas a textura são baseadas na análise do sub-objeto¹.

Para este trabalho utilizamos a textura sobre a informação espectral dos sub-objetos com base no desvio padrão das bandas. Esse parâmetro refere-se à informação espectral fornecida pelas bandas da imagem. A equação para cálculo da textura baseada no desvio padrão do sub-objeto foi:

$$stddev = \sqrt{\frac{1}{\#S_v} \left(\sum_{u \in S} (\bar{c}_k(u))^2 - \frac{1}{\#S_v} \sum_{u \in S} \bar{c}_k(u) \sum_{u \in S} \bar{c}_k(u) \right)}$$

Onde:

$Stddev$ = textura baseada no desvio padrão do sub-objeto

$\#S_v(d)$ = números de sub-objetos de uma imagem objeto v a distância d

$\bar{c}_k(u)$ = intensidade média do valor de brilho da banda k de uma imagem sub-objeto u

3.4.3.5 Classificação Fuzzy

A elaboração das funções de pertinência requer que a curva de pertinência a ser empregada abranja todas as amostras coletadas. Como este trabalho tem o objetivo de separar tipologias florestais muito semelhantes, as classes são muito parecidas e ocorre a sobreposição entre classes (figura 26) em praticamente todas as classes, definiu-se montar uma função de pertinência para cada parâmetro de cada *objeto-amostra*; ao invés de utilizar uma média das amostras por classe e misturar as informações de cada *objeto-amostra* de uma determinada classe. Dessa forma, o estudo de utilização de funções de pertinência para separar classes estabelece uma forma muito abstrata de elaboração, pois é necessário identificar as funções

¹ Sub-objeto é referente ao objeto no nível inferior de segmentação.

que melhor caracterizam as amostras de cada classe para cada parâmetro, além da interação das classes entre si.

Matematicamente, um conjunto Fuzzy pode ser definido como: dado o universo de amostras ou objetos 'Z', um conjunto Fuzzy 'A' neste universo 'Z' é um conjunto de pares ordenados:

$$A = (Z, FP^F_A(O_z)) \text{ para todo } O_z \in Z$$

Onde:

$FP^F_A(O_z)$ = função de pertinência do conjunto 'A'

O valor da função $FP^F_A(O_z)$ pode ser entendido como o grau de compatibilidade do objeto O_z com o conjunto 'A', sendo que o objeto O_z pertence ao universo 'Z' ($O_z \in Z$). A função $FP^F_A(O_z)$ é o número entre 0 e 1, assumindo o valor 1 quando o grau de compatibilidade entre o conjunto 'A' e o objeto O_z for completa, assumindo um valor entre 1 e 0 quando este grau de compatibilidade não for total, e assumindo o valor 0 quando não houver nenhuma compatibilidade entre o objeto e o conjunto de análise (CÂMARA et al. , 2001).

Ao caracterizarmos formalmente um conjunto, recorreremos ao conceito de *função de pertinência (FP)*, onde a função de pertinência é uma função que dado o valor de um atributo x (ou z), ela determina se o elemento avaliado pertence ou não a um determinado conjunto de análises.

A metodologia utilizada para construção das funções de pertinência foi estatística, onde se utilizou recurso estatístico como valores de média, máximos, mínimos e variância para elaborar as funções de pertinência.

Segundo Stel e Torrie (1960), a estatística descreve de forma eficiente a variabilidade de um conjunto de dados, e que a sua distribuição é uma ferramenta matemática que tem como função prever a ocorrência de um fenômeno, baseado na coleta de um número limitado de informações. Desta forma, foi constatado que a elaboração das funções de pertinência poderia ser eficiente, ao se utilizar uma análise estatística para gerar os valores que compõem uma função de pertinência, concordando também com Rolim (2003).

Com isto, foram extraídas das amostras as estatísticas de média, variância, valor máximo e valor mínimo (anexo 01). As funções de pertinência elaboradas foram baseadas no valor de brilho e da textura dos objetos amostras. Para cada *objeto-amostra* foi elaborado uma

função de pertinência com base no valor de brilho e outra com base na textura, como mostrado a seguir:

a) Funções de Pertinência com base no valor de brilho:

Para encontrar o valor médio de brilho do objeto, em valor máximo de valor Fuzzy ou seja 1 (um), foi utilizada a equação abaixo:

$$f_{(1)} = \bar{c}(v)$$

onde:

$f_{(1)}$ = função de pertinência, para valor de brilho, onde receberá o maior valor, ou seja 1,

$\bar{c}(v)$ = valor médio do brilho das bandas dentro de uma imagem objeto v .

Para Conhecer o limite inferior do valor de brilho do objeto, que na função de pertinência receberá o valor Fuzzy 0,1, utilizou-se a equação abaixo:

$$f_{(inferior)} = \bar{c}(v) - \sigma_k(v)$$

Onde:

$f_{(inferior)}$ = função de pertinência, para valor de brilho, onde receberá no limite inferior o valor de 0,1,

$\sigma_k(v)$ = desvio padrão do valor de brilho da banda k de uma imagem objeto v .

Para Conhecer o limite superior do valor de brilho do objeto, que na função de pertinência, também, receberá o valor Fuzzy 0,1 utilizou-se a equação abaixo:

Onde:

$$f_{(superior)} = \bar{c}(v) + \sigma_k(v)$$

$f_{(superior)}$ = função de pertinência, para valor de brilho, onde receberá no limite superior o valor de 0,1.

b) Funções de Pertinência com base no valor de textura:

Para encontrar o valor de textura do objeto, em valor máximo de valor Fuzzy ou seja 1 (um), foi utilizada a equação abaixo:

$$f\alpha_{(1)} = Stddev$$

onde:

$f\alpha_{(1)}$ = função de pertinência, para textura, onde receberá o maior valor, ou seja 1,

$Stddev$ = textura baseada no desvio padrão do sub-objeto.

Para Conhecer o limite inferior da textura do objeto, que na função de pertinência receberá o valor Fuzzy 0,1, utilizou-se a equação abaixo:

$$f\alpha_{(inferior)} = Stddev - (\overline{Stddev_{(a)}} - Stddev_{min(a)})$$

Onde:

$f\alpha_{(inferior)}$ = função de pertinência, para textura, onde receberá no limite inferior o valor de 0,1,

$\overline{Stddev_{(a)}}$ = média do desvio padrão do sub-objeto de uma classe a,

$Stddev_{min(a)}$ = menor valor do desvio padrão do sub-objeto de uma classe a.

Para Conhecer o limite superior da textura do objeto, que na função de pertinência receberá o valor Fuzzy 0,1, utilizou-se a equação abaixo:

$$f\alpha_{(superior)} = (Stddev_{max(a)} - \overline{Stddev_{(a)}}) + Stddev$$

Onde:

$f\alpha_{(superior)}$ = função de pertinência, para textura, onde receberá no limite superior o valor de 0,1,

$Stddev_{max(a)}$ = maior valor do desvio padrão do sub-objeto de uma classe a.

Entretanto, como no nível superior a segmentação abrangia algumas classes com apenas um ou dois objetos, não foi possível aplicar as equações acima descritas e para este caso a equação utilizada para o limite inferior e para o limite superior foram:

$$f\alpha_{(inferior)} = Stddev - (\overline{Stddev_{(T)}} - Stddev_{min(T)})$$

$$fa_{(superior)} = (Stddev_{max(T)} - \overline{Stddev_{(T)}}) + Stddev$$

Onde:

(T) = todas as classes em estudo naquele nível.

Foi possível aplicar esta metodologia, porque os objetos deste estudo possuem os valores de desvio padrão muito semelhantes e quando parametrizados em uma função de pertinência como a equação da figura 25, o valor central (média) é que vai balizar para determinado objeto receber ou não um valor alto (próximo de um) e a calda apenas irá distribuir valores baixos, tanto para o limite inferior, quanto para o limite superior. Ou seja, o eixo central da função da figura 25, irá deslocar para cima ou para baixo, conforme o valor médio a ser inserido.

A equação escolhida para receber os valores desta análise (figura 27), foi padronizada e utilizada para todas as classes. Esta equação foi escolhida, pois apresenta uma faixa gradual de valores e que abrange curvas semelhantes as das amostras.

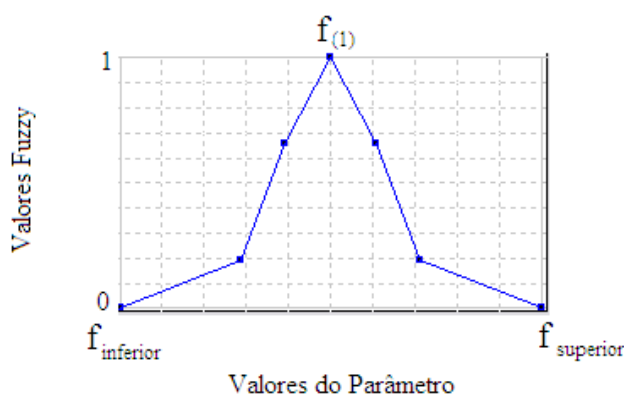


Figura 27 – Função Fuzzy escolhida para receber os valores da análise.

Câmara et al (2001) e Ortega (2001) descrevem que assim como nos conjuntos booleanos, os conjuntos Fuzzy podem ser manipulados utilizando métodos lógicos para selecionar e combinar dados provenientes de vários conjuntos. As operações básicas sobre conjuntos Fuzzy são similares além de serem uma generalização das operações da lógica binária. Estas operações podem ser utilizadas de forma a se obter um dado resultante da sobreposição de vários dados Fuzzy. O operador utilizado no trabalho foi o Fuzzy OR (União).

Fuzzy OR é como o OR Booleano, onde o valor de pertinência de saída é controlado pelos valores máximos dos conjuntos de entrada, ou seja: o produto é o resultado do maior valor (máximo) das funções de pertinência para uma variação do atributo dos elementos, usado como parâmetro para classificação. Este operador foi utilizado para retornar o valor máximo em funções de pertinência de mesmo parâmetro, como por exemplo para parâmetros de valor de brilho, a equação abaixo ilustra o operador OR:

$$Vf = (Vf_a) OR (Vf_b)$$

Se: $Vf_a > Vf_b$, temos que:

$$Vf = Vf_a$$

Onde:

Vf_a = Valor de Fuzzy para um conjunto a,

Vf_b = Valor de Fuzzy para um conjunto b,

OR = Operador Fuzzy OR,

Vf = Valor de Fuzzy resultante da operação.

Para extrair o valor da união entre a função de pertinência com base no valor de brilho e a função de pertinência com base na textura, foi utilizada uma expressão de média aritmética, como ilustra a equação abaixo:

$$Vf = (Vf_a) ma (Vf_b)$$

$$Vf = (Vf_a + Vf_b) / 2$$

Onde:

Vf_a = Valor de Fuzzy para um conjunto a,

Vf_b = Valor de Fuzzy para um conjunto b,

ma = expressão de média aritmética,

V_f = Valor de Fuzzy resultante da operação.

3.4.3.6 Avaliação da classificação

Para avaliar rigorosamente o resultado de uma classificação seria necessário conhecer a verdadeira classificação de todos os seus pixels, fato este impossível na prática. Uma alternativa consiste em efetuar uma avaliação amostral, ou seja, analisar a correta classificação para apenas algumas regiões na imagem. As amostras devem ser representativas, seguindo critérios similares àqueles utilizados para amostras de treinamento. A seleção das amostras foram realizadas de maneira aleatória e distribuídas em toda a imagem.

A metodologia de amostragem utilizada foi a aleatória simples (CHUVIECO 1990) onde se escolheu regiões distribuídas ao acaso na imagem como pode ser visualizado na figura 28.

Uma vez definidas as amostras, as mesmas foram comparadas com a classificação de cada pixel. A estimativa da acurácia da classificação pode ser encarada como um problema estatístico de teste de hipótese. A estratégia consiste em verificar a veracidade de duas hipóteses e aceitar a hipótese nula caso exista suficiente evidência a favor dela. O problema pode ser formulado com as seguintes hipóteses (ARONOFF 1982)

H_0 : a acurácia da imagem temática é menor da requerida.

H_1 : a acurácia da imagem temática é igual ou superior à requerida.

Contando o número de pixels corretamente classificados, uma estimativa da qualidade do resultado é facilmente obtida por:

$$Q = nc / nt$$

Onde:

Q = qualidade do resultado;

nc = número de pixels corretamente classificados;

nt = número total de pixels nas amostras.

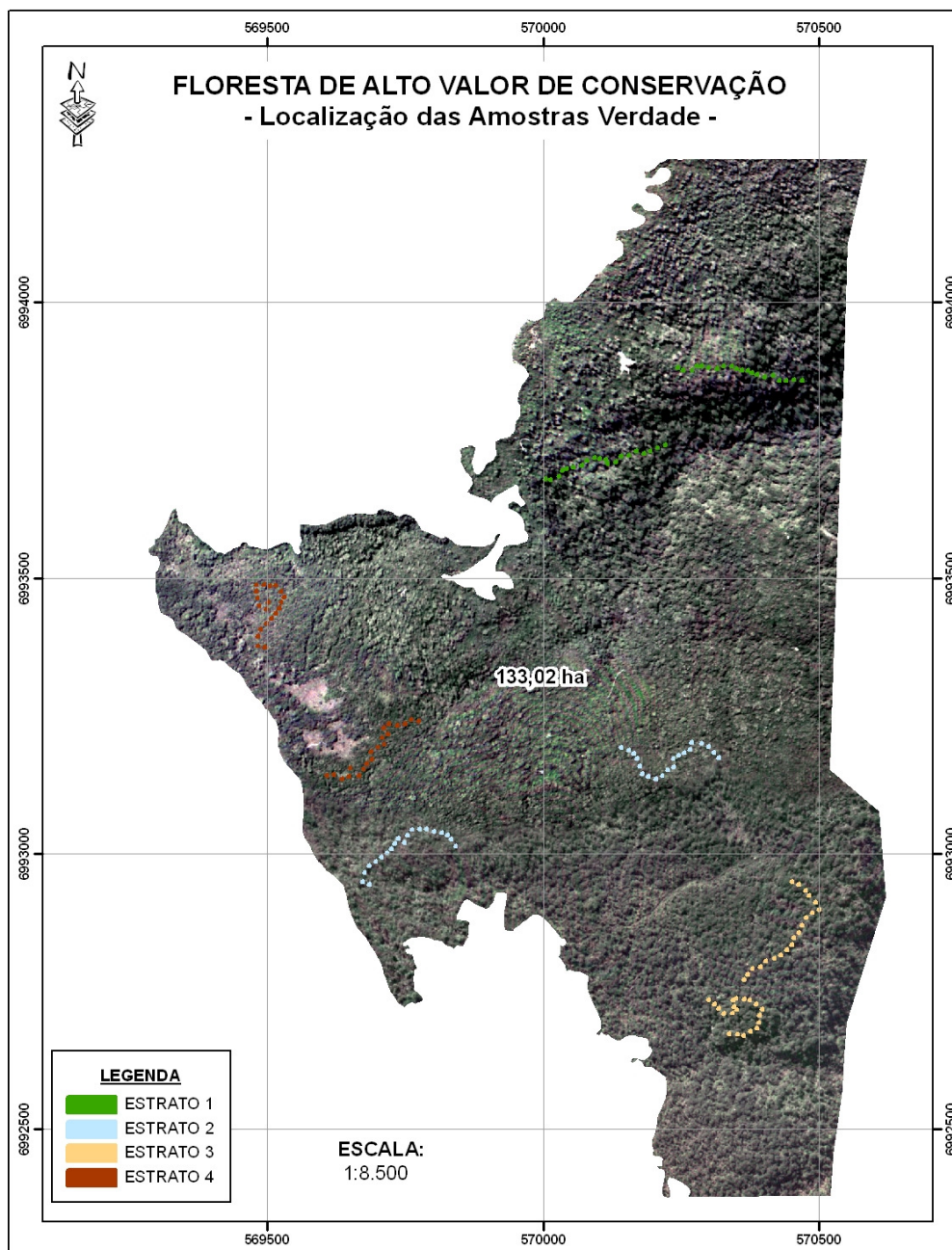


Figura 28 – Localização das amostras verdade na área de estudo, fazenda Rio das Pedras, Ponte Alta do Norte, SC.

O mapa temático é aceito se a qualidade global (Q) for igual ou superior a um determinado valor.

- Matriz de Confusão

A matriz de confusão é uma forma de representar as contradições entre a verdade de campo e o resultado do processo de classificação. Nesta matriz são confrontadas duas situações: as linhas correspondem à classe correta e as colunas à classe estimada no processo de classificação. Cada célula armazena o valor de pixels que deveriam ser classificados como a classe especificada na linha e que foram classificados segundo a classe especificada na coluna. Numa situação ideal, onde todos os pixels são classificados corretamente, a matriz apresentará valores apenas na diagonal. No entanto, na maioria dos casos isto não ocorre e a quantidade de pixels incorretos é o total de pixels que aparecem fora da diagonal principal (CENTENO, 2009).

A estimativa global da qualidade pode ser calculada como a soma da diagonal principal dividida pelo total de pixels nas amostras, ou seja, a soma de todas as células.

No resultado da classificação distinguem-se dois tipos principais de erro: erros de omissão e erros de inclusão. Os erros de omissão são pixels pertencentes a uma determinada classe que foram erroneamente classificados como sendo de outra, ou seja, foram omitidos da classe. Estes erros podem ser avaliados para cada classe dividindo o número de pixels incorretamente classificados da classe pela soma parcial da linha da mesma classe:

$$Eom_{(i)} = \frac{SL_{(i)} - M_{(i,i)}}{SL_{(i)}}$$

Onde:

$Eom_{(i)}$ = erro de omissão;

$SL_{(i)}$ = soma parcial da linha i ;

$M_{(i,i)}$ = elemento da diagonal da linha i .

Já os erros de inclusão correspondem aos pixels que, sendo na realidade de outra classe, foram incluídos na classe considerada. Este erro pode ser medido por

$$Ein_{(i)} = \frac{SC_{(i)} - M_{(i,i)}}{SC_{(i)}}$$

Onde:

$Ein_{(i)}$ = erro de inclusão;

$SC_{(i)}$ = soma parcial da coluna i ;

$M_{(i,i)}$ = elemento da diagonal na coluna i .

Os erros de omissão e inclusão são elementos que servem para avaliar o quanto uma classe foi sub- ou superestimada. A primeira estatística, erros de omissão, serve para descrever com que precisão uma determinada classe foi definida. Já a taxa de erros de inclusão indica quanto uma classe foi superestimada. Isto leva ao conceito de *exatidão do ponto de vista do produtor* (criador) do mapa temático e *exatidão do ponto de vista do usuário*.

Os erros de omissão (avaliados na linha) estão associados à exatidão do ponto de vista do produtor:

$$EP = \frac{M_{(i,i)}}{SL_{(i)}} * 100$$

EP = exatidão do ponto de vista do produtor;

$M_{(i,i)}$ = elemento da diagonal na coluna i .

$SL_{(i)}$ = soma parcial da linha i ;

O erro, do ponto de vista do usuário é dado por:

$$EU = \frac{M_{(i,i)}}{SC_{(i)}} * 100$$

Onde:

EU = erro do ponto de vista do usuário;

$M_{(i,i)}$ = elemento da diagonal na coluna i .

$SC_{(i)}$ = soma parcial da coluna i .

- Coeficiente Kappa

O sucesso atingido numa classificação também pode ser medido comparando o mapa temático produzido com um mapa temático resultante de uma classificação completamente

aleatória. Considera-se que quanto melhor for a qualidade do mapa temático, maior será a diferença entre ele e um mapa temático produzido de maneira aleatória. Esta diferença pode ser medida pelo coeficiente Kappa proposto por COHEN (1960):

$$k = \frac{N * \sum_{i=1}^M M_{(i,i)} - \sum_{i=1}^M SL_{(i)} * SC_{(i)}}{N^2 - \sum_{i=1}^M SL_{(i)} * SC_{(i)}}$$

Onde:

k = coeficiente kappa;

N = número de pixels de verificação;

M = número de classes;

$SC_{(i)}$ = soma parcial da coluna i ;

$SL_{(i)}$ = soma parcial da linha i .

Quanto maior o valor do índice kappa, o resultado será melhor.

Para se ter uma idéia da correspondência entre o desempenho do classificador e o índice kappa, a tabela 8 pode ser usada como referência.

Tabela 8 – Relação entre os valores do índice kappa e o desempenho da classificação (MOREIRA 2005):

Índice Kappa	Desempenho da classificação
< 0	péssimo
$0 < k \leq 0,2$	mau
$0,2 < k \leq 0,4$	razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	bom
$0,6 < k \leq 0,8$	muito bom
$0,8 < k \leq 1,0$	excelente

3.4.3.7 Definição de conservação dos remanescentes para FAVC

Com base nos mapas temáticos gerados, para a ORTOFOTO, para a imagem SPOT e para a imagem CBERS, foram identificados o grau de conservação que cada imagem define e a forma de manejo para as diferentes classes levantadas, gerando desta forma um suporte a

decisão de quais áreas receberão o manejo específico com sua classificação para transformar ou manter uma FAVC.

Para avaliar a área de estudo e definir se o remanescente se enquadrava ou não como uma FAVC, utilizou-se o manual de Jennings et al, 2003.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Segmentação multi-resolução

Os índices a serem utilizados deverão ser extraídos a partir da cognição do usuário, pois se observou que os índices obtidos e utilizados em uma segmentação sempre irão variar conforme o tipo de imagem utilizada, características dessa imagem, bandas utilizadas e objetivo da segmentação.

Desse modo, foi necessário que a metodologia de segmentação fosse reavaliada consecutivamente. A reavaliação foi elaborada através de uma análise visual na qualidade dos objetos formados, para a obtenção do melhor produto da segmentação. A qualidade dos objetos foi conferida, objetivando encontrar o melhor resultado de acordo com a descrição conceitual definida no item *Segmentação multi-resolução*.

Tabela 9 – Resultados de escala para a segmentação das imagens.

IMAGEM	SEGMENTAÇÃO	ESCALA
ORTOFOTO	Multi-resolução nível inferior	1
	Multi-resolução nível intermediário	100
	Multi-resolução nível superior	150
SPOT	Multi-resolução nível inferior	1
	Multi-resolução nível intermediário	10
	Multi-resolução nível superior	50
CBERS	Multi-resolução nível inferior	1
	Multi-resolução nível intermediário	37
	Multi-resolução nível superior	150

Para as três imagens (SPOT, CBERS e ORTOFOTO) a segmentação Multi-resolução nível Inferior teve como objetivo fornecer a textura (informação da variância) para os outros

níveis superiores. A imagem ORTOFOTO resultou em 4.081.581 objetos (figura 29), SPOT 221.709 objetos (figura 30) e a imagem CBERS 1.802.130 objetos (figura 31).

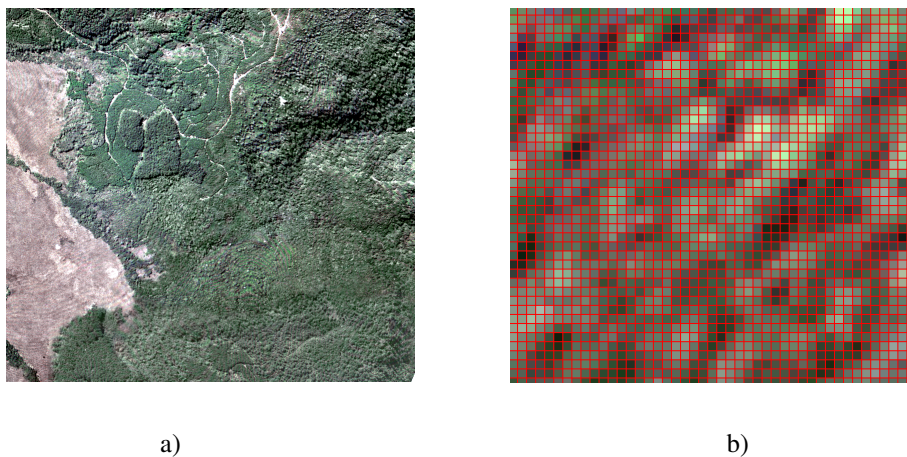


Figura 29 – a) Imagem ORTOFOTO pura e b) zoom da ORTOFOTO segmentada para o nível inferior.

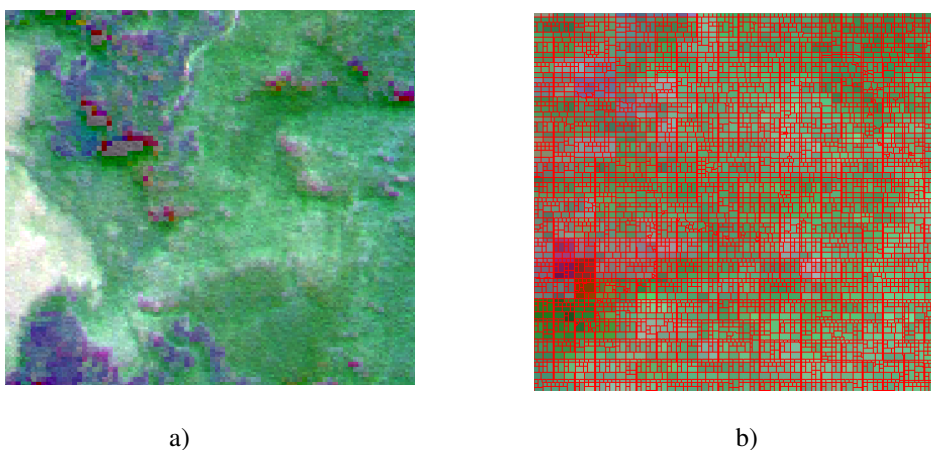


Figura 30 – a) Imagem SPOT pura e b) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível inferior.

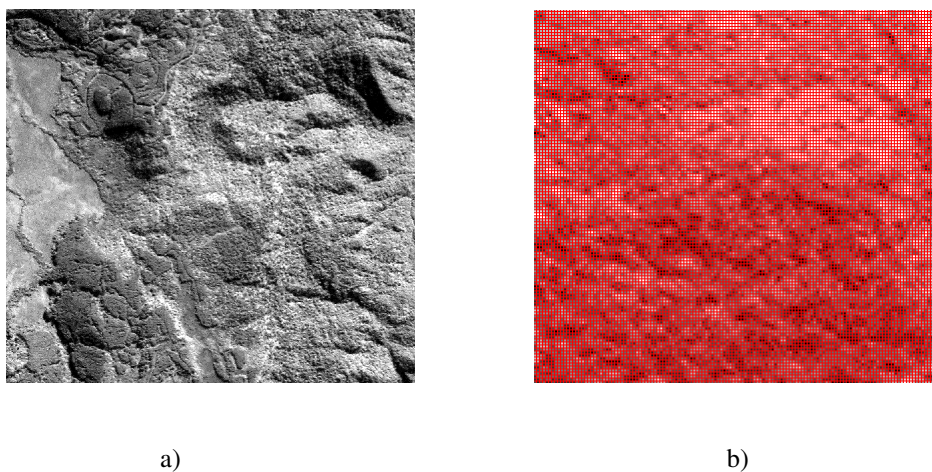


Figura 31 – a) Imagem CBERS pura e b) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível inferior.

A segmentação Multi-resolução nível intermediário para a imagem ORTOFOTO resultou em 1.287 objetos (figura 32), para a imagem SPOT 4.289 objetos (figura 33) e para a imagem CBERS 10.286 objetos (figura 34).

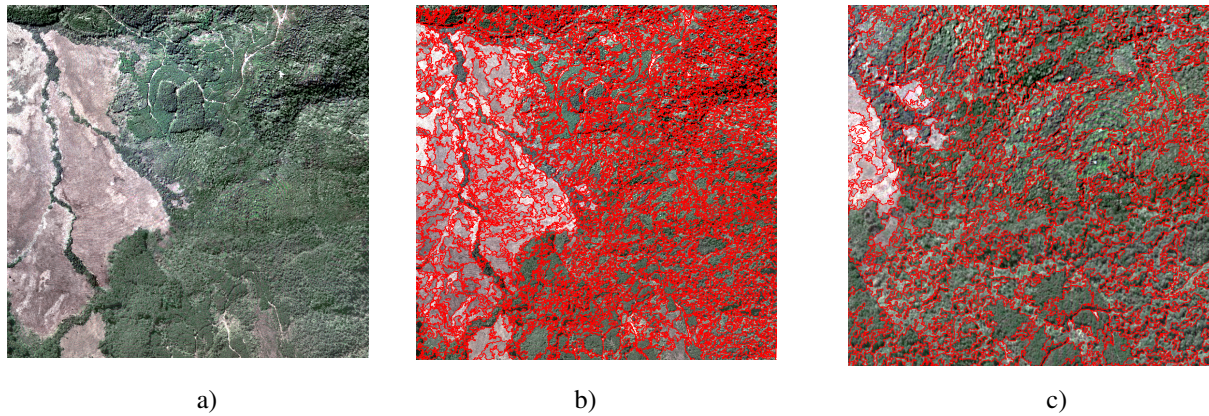


Figura 32 – a) Imagem ORTOFOTO pura, b) imagem ORTOFOTO segmentada e c) zoom da imagem ORTOFOTO segmentada para o nível intermediário.

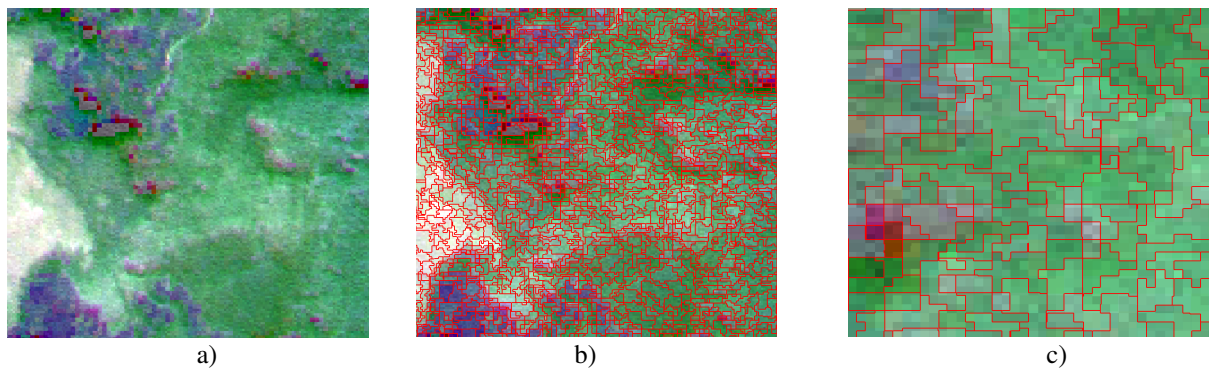


Figura 33 – a) Imagem SPOT pura, b) imagem SPOT segmentada e c) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível intermediário.

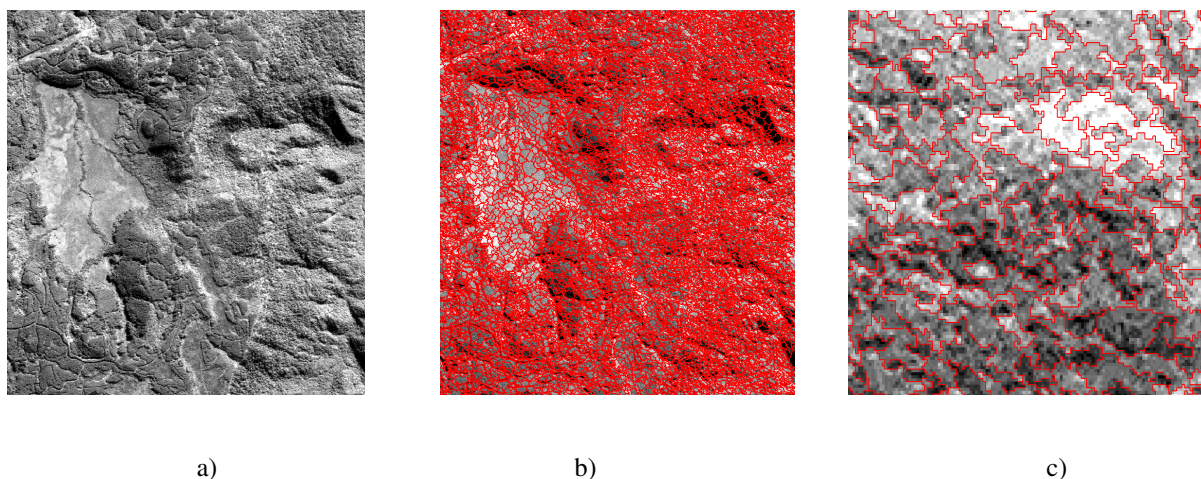


Figura 34 – a) Imagem CBERS pura, b) imagem CBERS segmentada e c) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível intermediário.

A segmentação Multi-resolução nível superior para a imagem ORTOFOTO resultou em 1.287 objetos (figura 35), para a imagem SPOT 305 objetos (figura 36) e para a imagem CBERS 312 objetos (figura 37).

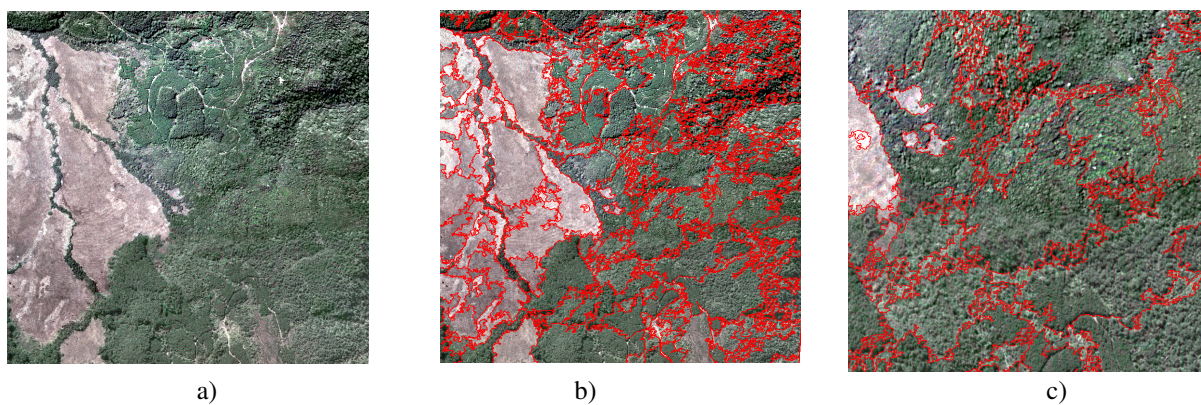


Figura 35 – a) Imagem ORTOFOTO pura, b) imagem ORTOFOTO segmentada e c) zoom da imagem ORTOFOTO segmentada para o nível superior.

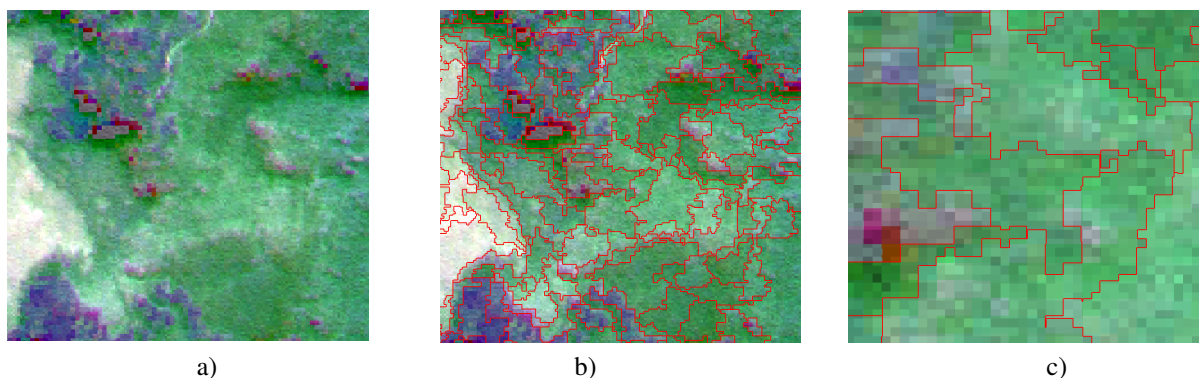


Figura 36 – a) Imagem SPOT pura, b) imagem SPOT segmentada e c) zoom da imagem SPOT segmentada para o nível superior.

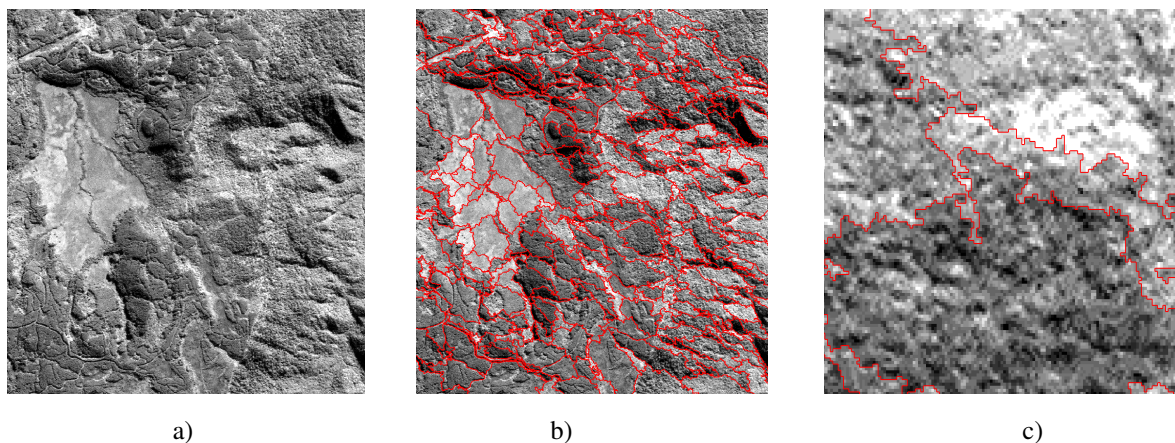


Figura 37 – a) Imagem CBERS pura, b) imagem CBERS segmentada e c) zoom da imagem CBERS segmentada para o nível superior.

3.5.2 Discriminação das classes através dos parâmetros

O parâmetro de *forma* inicialmente foi analisado, porém, por se tratar de uma classificação de tipologia florestal, o mesmo não contribuiu para separar as classes.

Já o parâmetro NDVI (Normalised Difference Vegetation Index – índice de vegetação) não pôde ser utilizado nas imagens do estudo porque a imagem ORTOFOTO apresenta a origem de um filme fotográfico que foi escaneado não sendo possível trabalhar com as bandas separadas. Para a imagem SPOT, como já descrito na metodologia, foi realizada a fusão das bandas 2, 3 e 4 com a pancromática com a informação espectral das bandas multiespectrais usando o método de fusão por substituição com base no sistema IHS. E a imagem CBERS apresenta somente uma banda pancromática.

O parâmetro *hierarquia* não satisfazia nenhuma condição.

Com relação ao parâmetro *atributo temático*, foi inserido inicialmente curvas de nível e rede hidrográfica, entretanto, o estrato da vegetação não diferiu por cotas altimétricas e por localização ciliar e desta forma, esses parâmetros foram descartados.

Segundo Baatz & Schäpe (2000), deve-se utilizar suficientemente o mínimo possível de parâmetros para separar as classes, evitando dessa forma uma quantidade de grandes informações, podendo levar a uma falta de controle nas operações com as funções de pertinência. Desta forma, manteve-se o mínimo possível de parâmetros em cada classe, utilizando parâmetros de *brilho* e *textura* somente.

Os valores referentes aos parâmetros estudados estão no anexo 1.

3.5.3 Avaliação das classificações

3.5.3.1 Resultado Ortofoto

- Nível superior

Tabela 10 – Matriz de confusão para imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.

Matriz Confusão Ortofoto Superior		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	280	40	0	0	320
	Estrato II	0	286	8	26	320
	Estrato III	0	0	320	0	320
	Estrato IV	0	40	0	280	320
Soma Parcial		280	366	328	306	1280

Na tabela 10, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Para o nível superior, a imagem ORTOFOTO foi que apresentou maior valor de qualidade global, ou seja, $Q = 91,1\%$.

Esta estimativa global, no entanto, não permite maiores conclusões, como por exemplo, qual classe foi melhor classificada ou quais classes encontram-se associadas à maior confusão e são responsáveis pela maior parcela de erros. Uma melhor avaliação é obtida através da matriz de confusão.

Tabela 11 – Resultado da matriz de confusão para imagem ORTOFOTO nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	91,1%	0,13	0,00	0,88	1,00	0,88	Excelente
II		0,11	0,22	0,89	0,78		
III		0,00	0,02	1,00	0,98		
IV		0,13	0,08	0,88	0,92		

Analisando a matriz de confusão, dos 320 pixels da classe ‘*estrato I*’, 280 pixels da classe *estrato I* foram classificados corretamente e 40 pixels da classe *estrato II* foram confundidos. Já a classe ‘*estrato II*’, 286 pixels foram classificados corretamente, enquanto que 8 pixels da *estrato III* e 26 da *estrato IV* foram confundidos. Na classe ‘*estrato III*’ todos os 320 pixels foram corretamente classificados como *estrato III*. E para a última classe ‘*estrato IV*’, 280 pixels foram corretamente classificados enquanto que apenas 40 pixels foram atribuídos à classe *estrato II*.

Para a classe ‘*estrato I*’ e *estrato IV*, tivemos como Erro de omissão - Eom = 0,13, para a classe ‘*estrato II*’ Eom = 0,11 e para a classe ‘*estrato III*’ não houve erro de omissão. Esses valores serviram para avaliar o quanto a classe foi subestimada. Serviu para descrever com que precisão uma determinada classe foi definida. Desse modo, notamos que a classe ‘*estrato III*’ foi a classe que não apresentou omissão de pixels, enquanto as classes ‘*estrato I*’ e ‘*estrato IV*’ apresentaram os maiores erros de omissão.

Já para o erro de inclusão, a classe ‘*estrato II*’ apresentou valor de Ein = 0,22, foi a classe mais superestimada, enquanto que para as outras classes aproximadamente não houve superestimação de valores de pixels.

O ponto de vista do produtor (EP) foi medido pela taxa de pixels corretamente classificados em cada classe. Quanto maior seu valor maior o sucesso da qualidade do mapa. A classe ‘*estrato III*’, do ponto de vista do produtor foi a que melhor atingiu a correta classificação de todos os pixels.

No resultado do ponto de vista do usuário (EU), que interessa se pode confiar no produto e se o total de pixels representados como uma determinada classe na imagem temática realmente corresponde a esta classe, a classe melhor classificada foi do ‘*estrato I*’ (EU = 1), seguida de ‘*estrato III*’ (EU = 0,98) e ‘*estrato IV*’ (EU = 0,92), sendo que a classe ‘*estrato II*’ (EU = 0,75) apresentou o pior resultado.

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,88, ou seja, apresentou um desempenho excelente.

- Nível intermediário

Tabela 12 – Matriz de confusão para imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível intermediário.

Matriz Confusão Ortofoto Intermediario		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	318	2	0	0	320
	Estrato II	28	184	108	0	320
	Estrato III	86	90	144	0	320
	Estrato IV	38	282	0	0	320
Soma Parcial		470	558	252	0	1280

Na tabela 12, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Tabela 13 – Resultado da matriz de confusão para imagem ORTOFOTO nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	50,5%	0,01	0,32	0,99	0,68	0,34	Razoavel
II		0,43	0,67	0,58	0,33		
III		0,55	0,43	0,45	0,57		
IV		1,00	0,00	0,00	0,00		

Para o nível intermediário, a imagem ORTOFOTO apresentou valor de qualidade global igual a 50,5%, valor bem inferior ao nível superior.

Analisando a matriz de confusão, para a classe ‘*estrato I*’, a grande maioria dos pixels da classe *estrato I* foram classificados corretamente (318 pixels) sendo somente 2 pixels da classe *estrato II* foram confundidos. Na classe ‘*estrato II*’ houve maior confusão, 184 pixels foram classificados corretamente, enquanto que 108 pixels da *estrato III* e 28 da *estrato I* foram confundidos. Para o ‘*estrato III*’ apenas 144 pixels foram classificados corretamente. E

para a última classe ‘*estrato IV*’, 282 pixels foram corretamente classificados enquanto que apenas 38 pixels foram atribuídos à classe *estrato I*.

Notamos que a classe ‘*estrato I*’ foi a classe que não apresentou omissão de pixels, enquanto que todas as outras classes apresentaram elevados erros de omissão.

Já para o erro de inclusão, a classe ‘*estrato II*’ apresentou valor de $E_{in} = 0,67$, seguida da classe ‘*estrato III*’ e ‘*estrato I*’, a classe ‘*estrato IV*’ não apresentou superestimação de valores de pixels.

A classe ‘*estrato I*’, do ponto de vista do produtor foi a que melhor atingiu a correta classificação de todos os pixels.

No resultado do ponto de vista do usuário, as classe ‘*estrato I*’ e ‘*estrato III*’ apresentaram resultados semelhantes ($EU = 0,68$) e ($EU = 0,57$), sendo que a classe ‘*estrato IV*’ ($EU = 0$) apresentou o pior resultado.

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,34, ou seja, apresentou um desempenho razoável.

3.5.3.2 Resultado SPOT

- Nível superior

Tabela 14 – Matriz de confusão para imagem SPOT segmentação multi-resolução nível superior.

Matriz Confusão SPOT Superior		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	9	19	12	0	40
	Estrato II	6	27	0	7	40
	Estrato III	4	6	30	0	40
	Estrato IV	0	10	0	30	40
Soma Parcial		19	62	42	37	160

Na tabela 14, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Tabela 15 – Resultado da matriz de confusão para imagem SPOT nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	60,0%	0,78	0,53	0,23	0,47	0,47	Bom
II		0,33	0,56	0,68	0,44		
III		0,25	0,29	0,75	0,71		
IV		0,25	0,19	0,75	0,81		

A qualidade global da classificação na imagem SPOT nível superior foi $Q = 60\%$.

Analisando a matriz de confusão, dos 40 pixels da classe ‘*estrato I*’, 19 pixels da classe *estrato II* foram confundidos, sendo que nas classes *estrato I* e *estrato III* também houve confusão, 9 e 12 pixels respectivamente. Para a classe ‘*estrato II*’, 27 pixels foram classificados corretamente, enquanto que 6 pixels da *estrato I* e 7 da *estrato IV* foram confundidos. Na classe ‘*estrato III*’ 30 pixels foram corretamente classificados como *estrato III*. E para a última classe ‘*estrato IV*’, também 30 pixels foram corretamente classificados enquanto que apenas 10 pixels foram atribuídos à classe *estrato II*.

Todas as classes apresentaram Erro de omissão, sendo que na classe ‘*estrato I*’ o erro foi maior, $Eom = 0,78$.

Já para o erro de inclusão, a classe ‘*estrato II*’ e ‘*estrato I*’ apresentaram valores semelhantes, $Ein = 0,56$ e $Ein = 0,53$, respectivamente. Foram as classe mais superestimadas.

Houve um empate no resultado do ponto de vista do produtor (EP), ‘*estrato III*’ ($EU = 0,75$) e ‘*estrato IV*’ ($EU = 0,75$), seguida de ‘*estrato II*’ ($EU = 0,68$) e ‘*estrato I*’ ($EU = 0,23$) que apresentaram piores resultado.

Para o ponto de vista do usuário (EU), a classe ‘*estrato IV*’ ($EU = 0,81$) apresentou o melhor resultado.

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,47, ou seja, apresentou um desempenho bom.

- Nível intermediário

Tabela 16 – Matriz de confusão para imagem SPOT segmentação multi-resolução nível intermediário.

Matriz Confusão SPOT Intermediário		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	18	15	5	2	40
	Estrato II	6	21	0	13	40
	Estrato III	14	4	22	0	40
	Estrato IV	6	17	0	17	40
Soma Parcial		44	57	27	32	160

Na tabela 16, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Tabela 17 – Resultado da matriz de confusão para imagem SPOT nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	48,8%	0,55	0,59	0,45	0,41	0,32	Razoavel
II		0,48	0,63	0,53	0,37		
III		0,45	0,19	0,55	0,81		
IV		0,58	0,47	0,43	0,53		

A qualidade global da classificação na imagem SPOT nível intermediário foi $Q = 48,8\%$, ou seja, apresentou uma qualidade inferior a imagem SPOT nível superior.

Analisando a matriz de confusão, dos 40 pixels da classe ‘*estrato I*’, 18 pixels da classe *estrato I* foram classificados corretamente, sendo que nas classes *estrato I* e *estrato III* e *estrato IV* houve confusão, 15, 5 e 2 pixels respectivamente. Para a classe ‘*estrato II*’, 21 pixels foram classificados corretamente, enquanto que 6 pixels da *estrato I* e 13 da *estrato IV* foram confundidos, na classe *estrato III* não houve confusão. Na classe ‘*estrato III*’ 22 pixels foram corretamente classificados como *estrato III*. E para a última classe ‘*estrato IV*’, 17 pixels foram corretamente classificados sendo também 17 pixels confundidos para a classe *estrato II*.

Todas as classes apresentaram Erro de omissão semelhante, sendo que na classe ‘*estrato IV*’ o erro foi maior, $Eom = 0,58$.

Já para o erro de inclusão, a classe '*estrato II*' apresentou maior valor $E_{in} = 0,63$.

Os resultados do ponto de vista do produtor (EP) foram semelhantes demonstrando uma classificação com um resultado intermediário.

O resultado do ponto de vista do usuário (EU) apresentou melhor classificação para a classe '*estrato III*' $EU = 0,81$ enquanto que para as outras classes a classificação teve resultado satisfatório apenas.

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,32, ou seja, apresentou um desempenho razoável.

3.5.3.3 Resultado CBERS

- Nível superior

Tabela 18 – Matriz de confusão para imagem CBERS segmentação multi-resolução nível superior.

Matriz Confusão CBERS Superior		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	35	45	0	0	80
	Estrato II	41	39	0	0	80
	Estrato III	0	4	61	15	80
	Estrato IV	0	0	0	80	80
Soma Parcial		76	88	61	95	320

Na tabela 18, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Tabela 19 – Resultado da matriz de confusão para imagem CBERS nível superior. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	67,2%	0,56	0,54	0,44	0,46	0,56	Bom
II		0,51	0,56	0,49	0,44		
III		0,24	0,00	0,76	1,00		
IV		0,00	0,16	1,00	0,84		

A imagem CBERS foi que apresentou um valor de qualidade global de $Q = 67,2\%$.

Analisando a matriz de confusão, dos 80 pixels da classe '*estrato I*', apenas 35 pixels da classe *estrato I* foram classificados corretamente, sendo que 45 pixels da classe *estrato II* foram confundidos. Já a classe '*estrato II*', 39 pixels foram classificados corretamente, enquanto que 41 pixels da *estrato I* foram confundidos, demonstrando uma dificuldade de separar a classe '*estrato I*' da classe '*estrato II*' nessa imagem. Na classe '*estrato III*' 65 pixels foram corretamente classificados como *estrato III*. E para a última classe '*estrato IV*', todos os 80 pixels foram corretamente classificados.

A única classe que não apresentou erro de omissão foi '*estrato IV*', ou seja, não apresentou omissão de pixels. Todas as outras classes apresentaram erros de omissão.

Já para o erro de inclusão, a classe '*estrato I*' e '*estrato II*' apresentaram valores semelhantes, $E_{in} = 0,54$ e $E_{in} = 0,56$ respectivamente.

A classe '*estrato IV*', do ponto de vista do produtor foi a que melhor atingiu a correta classificação de todos os pixels.

No resultado do ponto de vista do usuário (EU) a classe melhor classificada foi do '*estrato III*' (EU = 1), seguida de '*estrato IV*' (EU = 0,84).

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,56, ou seja, apresentou um desempenho bom.

- Nível intermediário

Tabela 20 – Matriz de confusão para imagem CBERS segmentação multi-resolução nível intermediário.

Matriz Confusão CBERS Intermediario		Classes Estimadas na Classificação				Soma Parcial
		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV	
Classes Corretas	Estrato I	46	23	11	0	80
	Estrato II	12	64	0	4	80
	Estrato III	29	34	14	3	80
	Estrato IV	24	14	4	38	80
Soma Parcial		111	135	29	45	320

Na tabela 20, temos o resultado geral da matriz de confusão e seus índices.

Tabela 21 – Resultado da matriz de confusão para imagem CBERS nível intermediário. Q= Qualidade global; Eom= Erro de Omissão; Ein= Erro de Inclusão; EP= Exatidão do Ponto de Vista do Produtor; EU= Exatidão do Ponto de Vista do Usuário; K= Índice Kappa.

Estratos	Q	Eom	Ein	EP	EU	K	Desempenho da classificação pelo ÍNDICE KAPPA
I	50,6%	0,43	0,59	0,58	0,41	0,34	Razoavel
II		0,20	0,53	0,80	0,47		
III		0,83	0,52	0,18	0,48		
IV		0,53	0,16	0,48	0,84		

A imagem CBERS foi apresentou um valor de qualidade global de $Q = 50,6\%$, resultado inferior para a mesma imagem, porém com segmentação multi-resolução nível superior.

Analizando a matriz de confusão, dos 80 pixels da classe '*estrato I*', 46 pixels da classe *estrato I* foram classificados corretamente. Para a classe '*estrato II*', 64 pixels foram classificados corretamente. Na classe '*estrato III*' apenas 14 pixels foram corretamente classificados como *estrato III*, sendo que para as classes *estrato I*, *estrato II* e *estrato IV* os valores de pixels confundidos foram 29, 34 e 3 respectivamente. E para a última classe '*estrato IV*' , apenas 38 pixels foram corretamente classificados.

Todas as classes apresentaram erros de omissão.

Já para o erro de inclusão, a classe '*estrato I*', '*estrato II*' e '*estrato III*' apresentaram valores semelhantes, $Ein = 0,59$, $Ein = 0,53$ e $Ein = 0,52$ respectivamente.

A classe '*estrato I*', do ponto de vista do produtor foi a que melhor atingiu a correta classificação de todos os pixels, seguida da classe '*estrato II*' que apresentou valor semelhante.

No resultado do ponto de vista do usuário (EU) a classe melhor classificada foi do '*estrato IV*' ($EU = 0,84$). Todas as outras classes apresentaram classificação inferior semelhante.

O valor Kappa apresentou o resultado de 0,34, ou seja, apresentou um desempenho razoável.

3.5.4 Avaliação dos resultados entre os níveis

O mapa elaborado para a imagem ORTOFOTO nível superior foi o que apresentou maior índice Kappa, sendo seguido pela imagem CBERS superior e após a imagem SPOT

superior. Verificamos que todas as classificações para a segmentação multi-resolução no nível superior apresentaram melhores resultados, demonstrando que a segmentação já pode ser considerada uma maneira de melhorar ou piorar o resultado final do mapa temático.

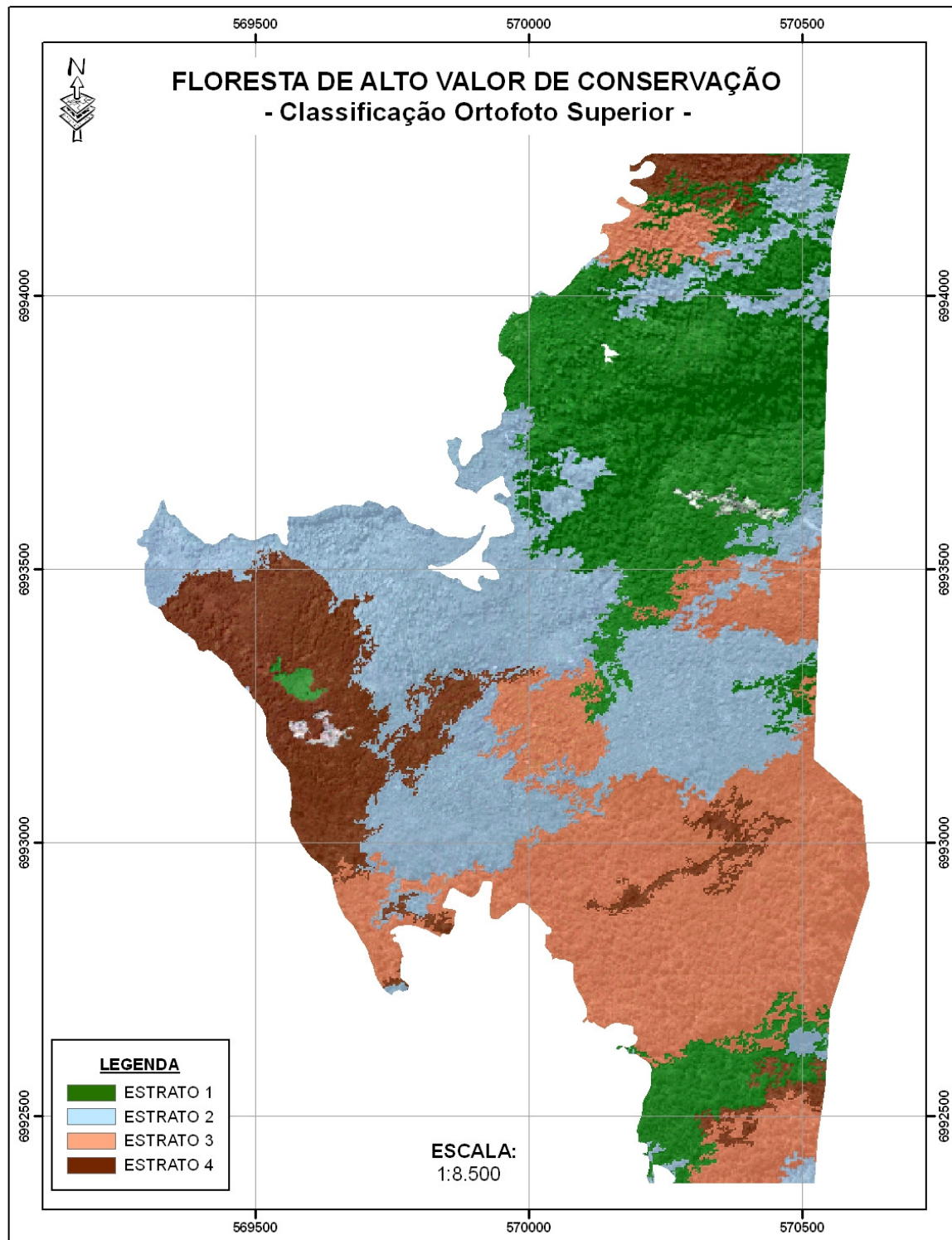


Figura 38 – Classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.

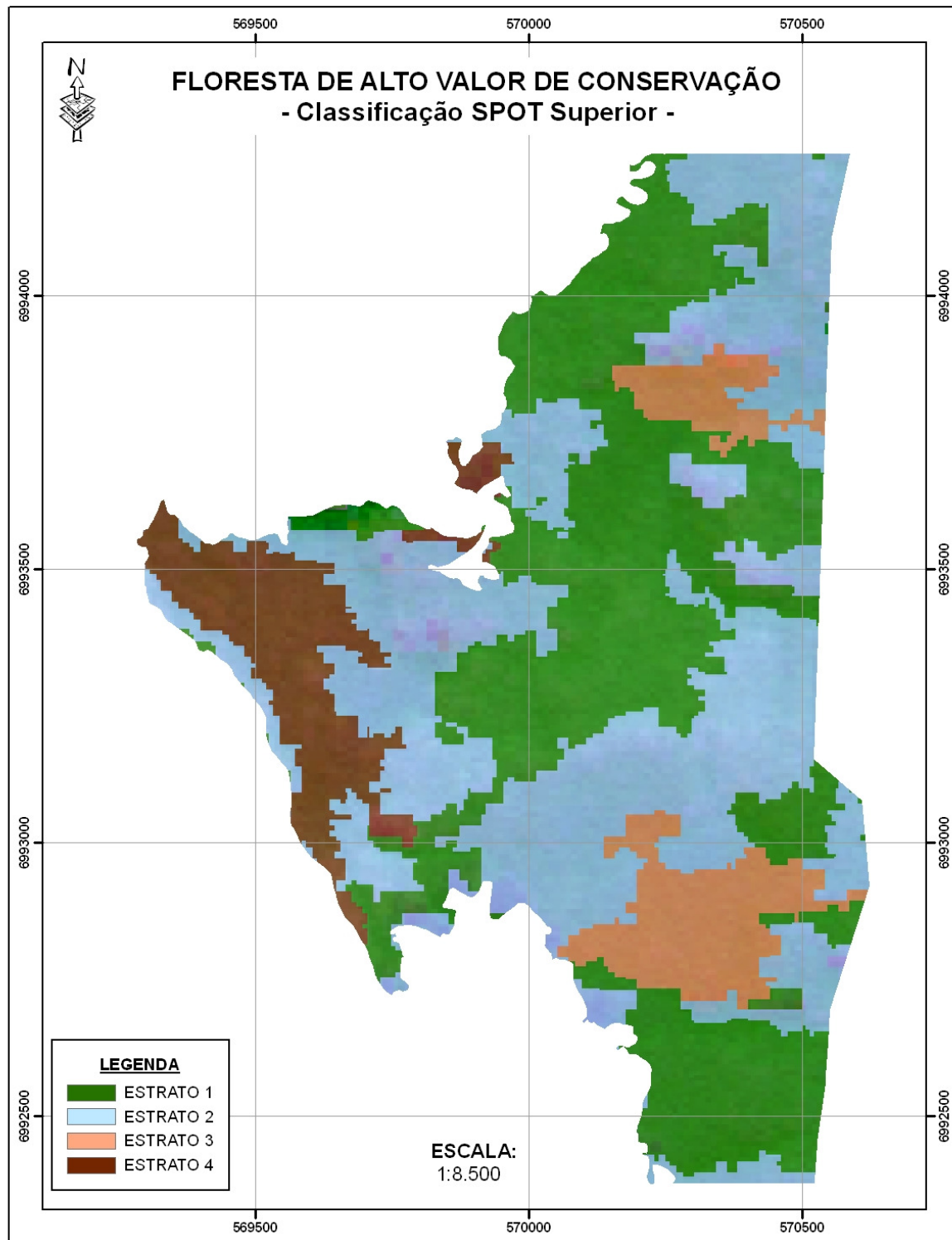


Figura 39 – Classificação imagem SPOT segmentação multi-resolução nível superior.

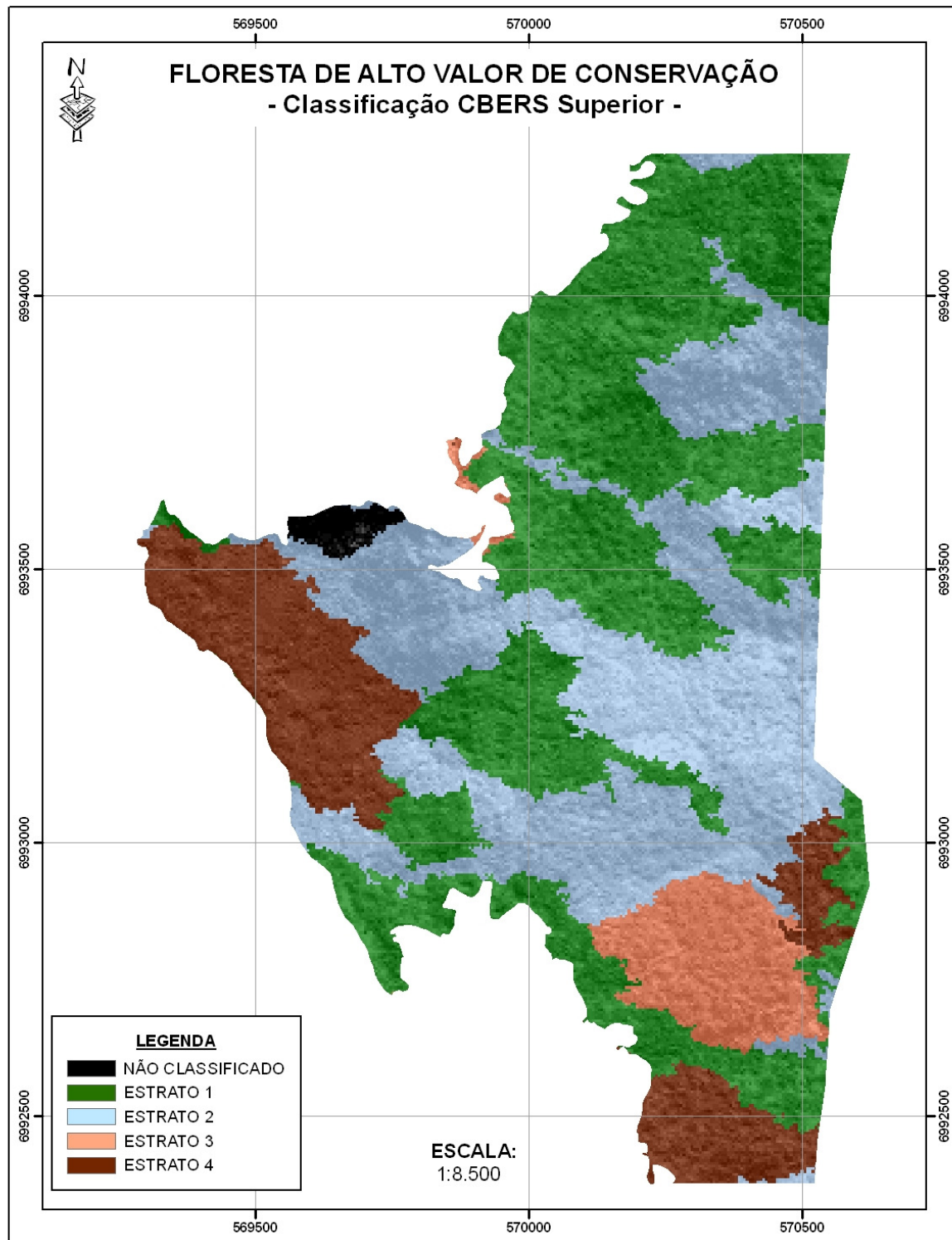


Figura 40 – Classificação imagem CBERS segmentação multi-resolução nível superior.

Para a segmentação multi-resolução nível intermediário o melhor resultado foi equivalente para as imagens ORTOFOTO e CBERS e a imagem SPOT apresentou o pior resultado de classificação.

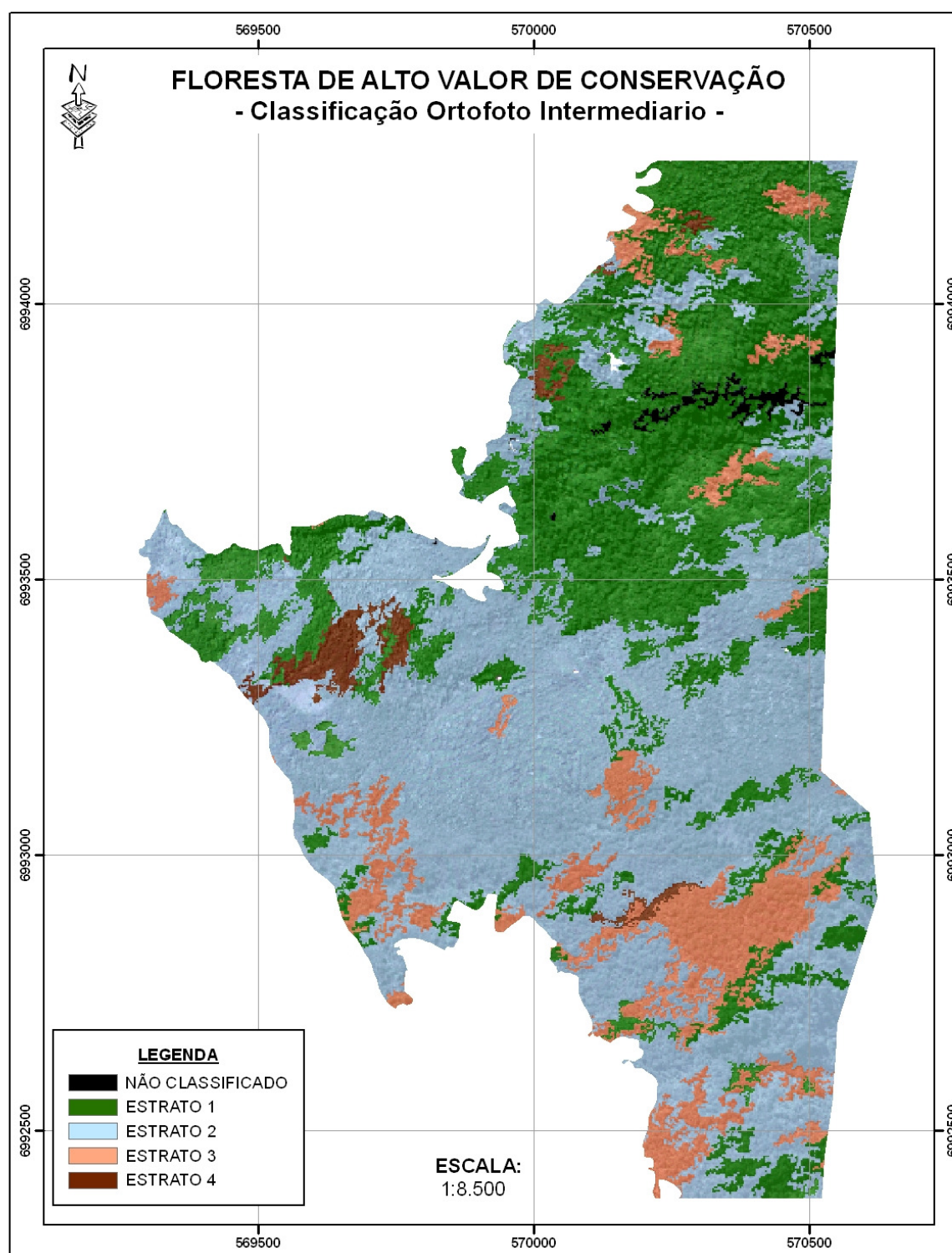


Figura 41 – Classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível intermediário.

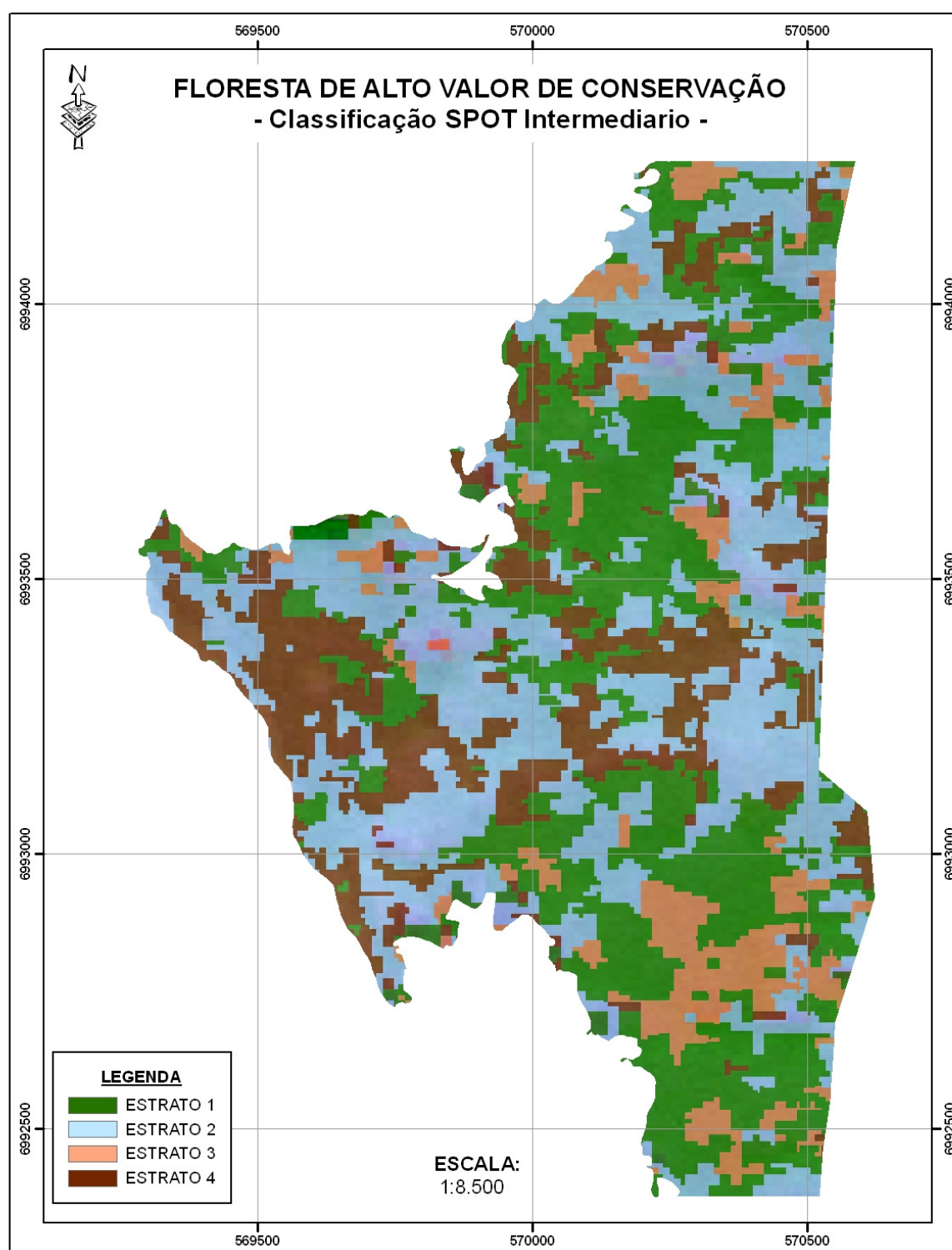


Figura 42 – Classificação imagem SPOT segmentação multi-resolução nível intermediário.

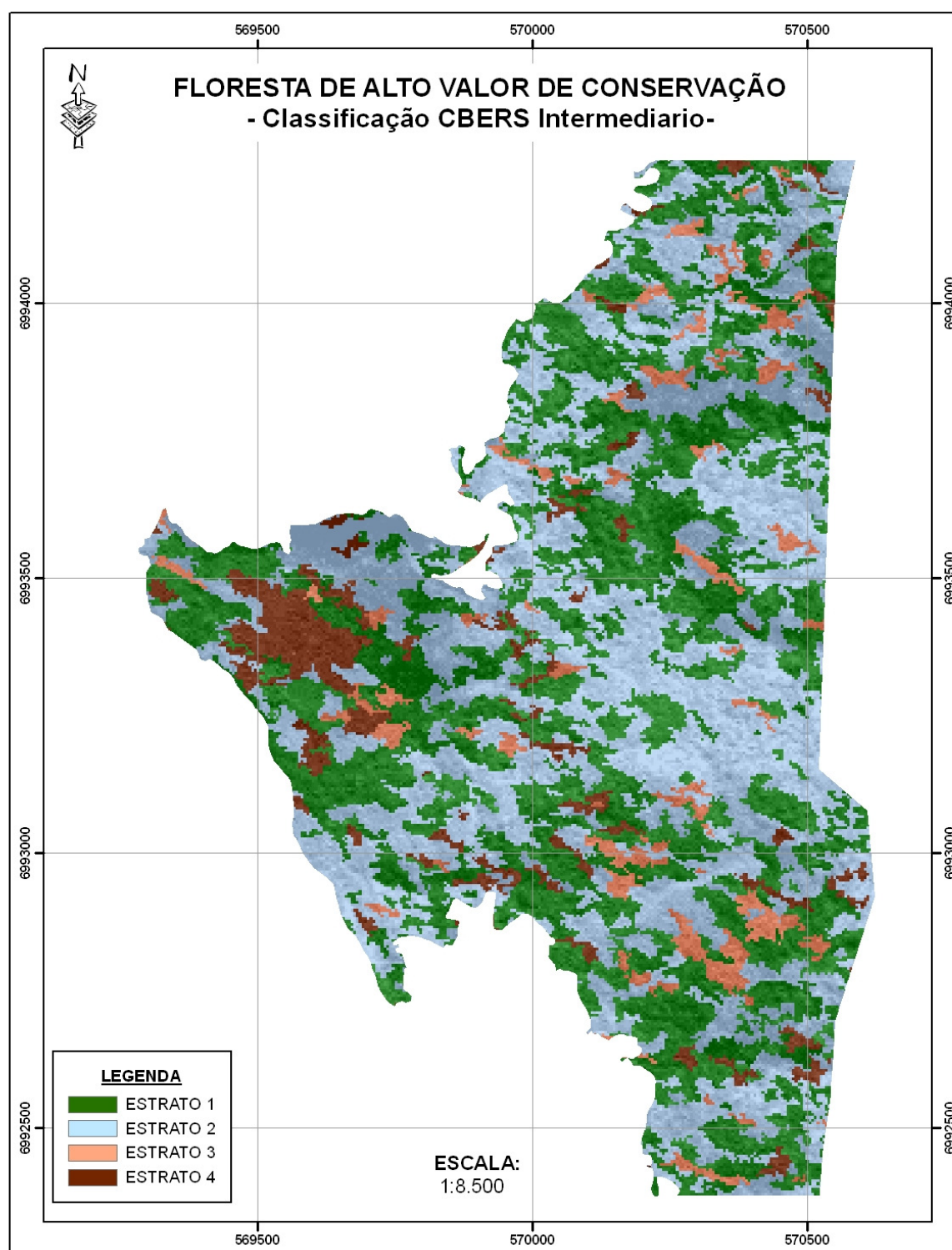


Figura 43 – Classificação imagem CBERS segmentação multi-resolução nível intermediário.

3.5.5 Resultado final da classificação para FAVC

A imagem ORTOFOTO com segmentação multi-resolução nível superior foi a que apresentou melhor resultado de classificação. Desse modo, a área em estudo ficou embasada na classificação da ORTOFOTO para o nível superior.

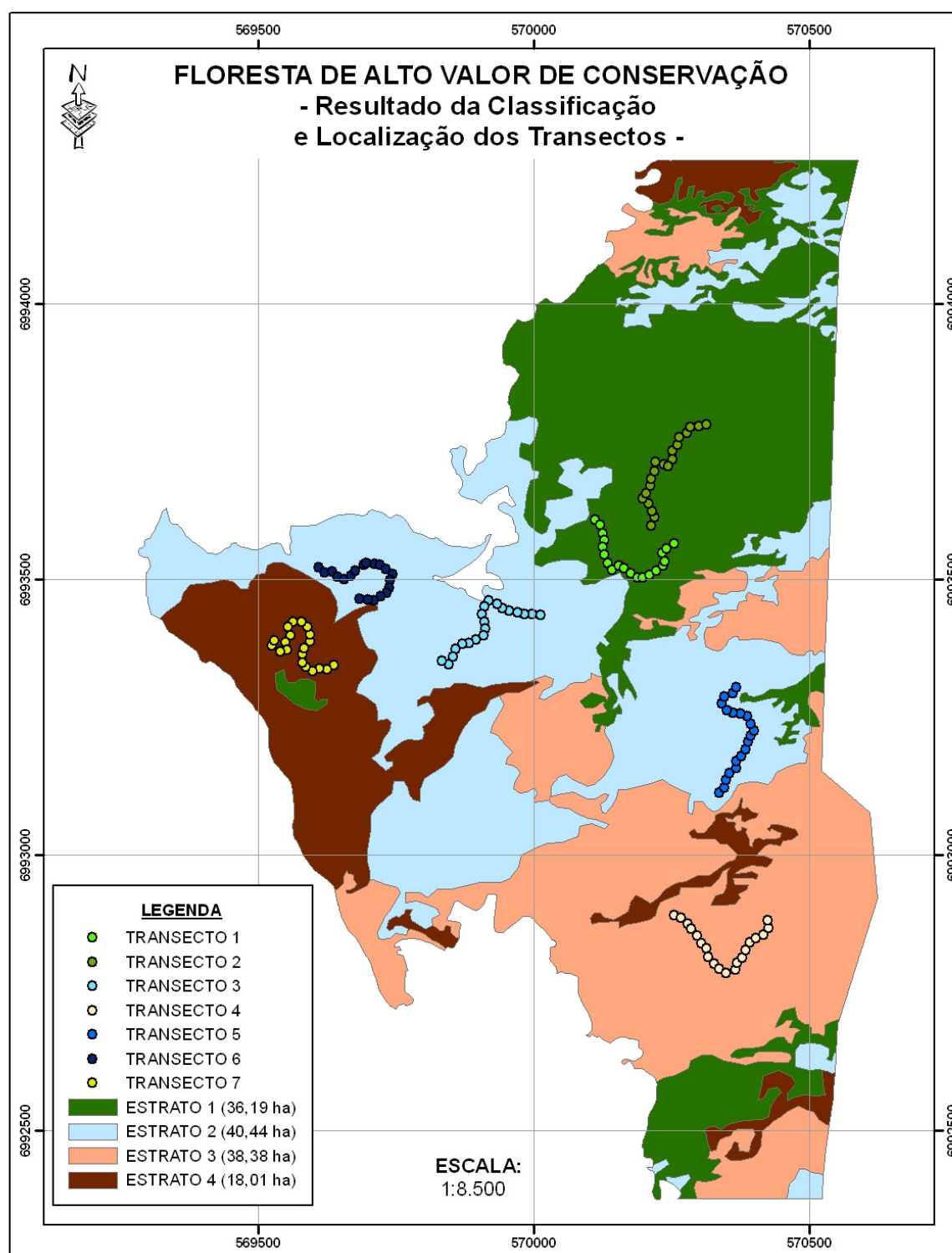


Figura 44 – Resultado da classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior com os transectos coletados em campo.

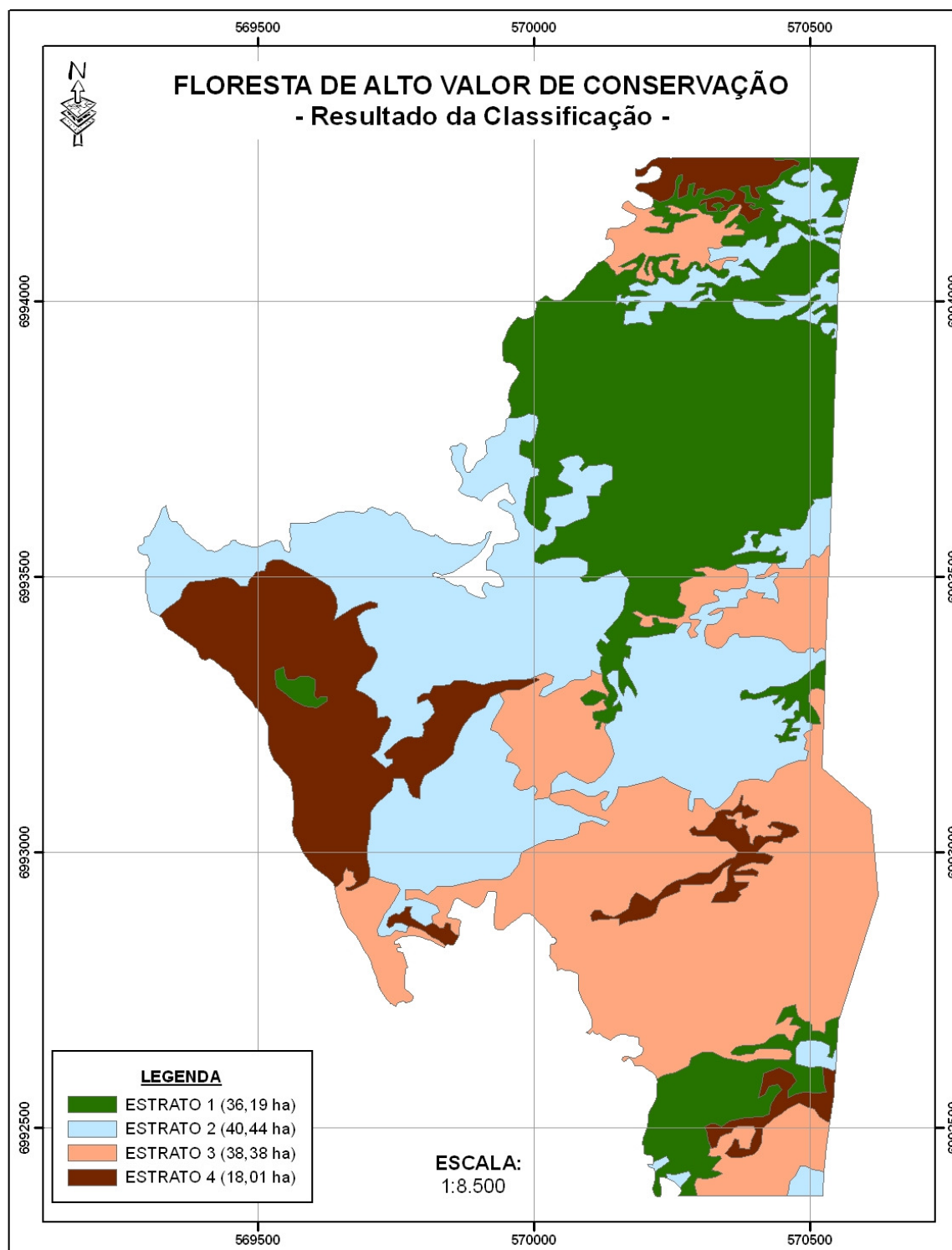


Figura 45 – Resultado da classificação imagem ORTOFOTO segmentação multi-resolução nível superior.

No capítulo I, identificamos os estratos 1 (transecto 1 e 2), estrato 2 (transectos 3,5 e 6), transecto 3 (estrato 4) e transecto 4 (estrato 7). No capítulo II, quantificamos esta

estratificação. Temos uma área de 36,19 ha para o estrato 1; 40,44 ha para o estrato 2; 38,38 ha para o estrato 3 e 18,01 ha para o estrato 4.

Os estratos avaliados no estudo se enquadram nas seguintes definições de Jennings et al (2003):

- FAVC1: são consideradas áreas contendo concentração significativa de valores relativos à biodiversidade em nível global, regional ou nacional (ex. endemismo, espécies ameaçadas, refúgios de biodiversidade).

- FAVC1.2: espécies ameaçadas ou em perigo de extinção; um dos aspectos mais importantes do valor da biodiversidade é a presença de espécies ameaçadas ou em perigo de extinção. Áreas florestais que contém população de espécies ameaçadas ou em perigo de extinção são claramente mais importantes para manter os valores de biodiversidade que aquelas que não as possuem, simplesmente porque estas espécies são mais vulneráveis a contínua perda de habitat, caça, doenças, etc.

O remanescente se enquadra porque apresentou, nos 4 estratos, espécies ameaçadas de extinção. No estrato 1 e no estrato 3 temos a presença de *D. sellowiana* com elevada densidade, e *O. porosa* com elevada densidade somente no estrato 3. Já no estrato 2 e 4 temos a presença de *D. sellowiana* também com elevada densidade. As duas espécies estão na lista do IBAMA (2010), sendo o xaxim considerada como espécie ‘Em Perigo’ e a imbuia como espécie ‘Vulnerável’.

- FAVC3: áreas situadas dentro de ou que contenham ecossistemas raros, ameaçados ou em perigo de extinção. Ecossistemas florestais, mesmo que estejam extremamente perturbados ou degradados, atualmente raros ou muito reduzidos, e quando exemplares intactos sejam muito raros (ex. mata atlântica do Brasil).

A área de estudo é referente a um remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana, uma área de transição para a Floresta Ombrófila Mista, no município de Ponte Alta do Norte divisa com Mirim Doce – SC. Portanto, é um remanescente de Floresta Atlântica, ou seja, uma área que deve ser preservada.

Os estratos 1, 2 e 4, possuem uma importante representação ecologia (Capítulo I) e compõem uma área de 92,58 ha, 69,6% da área total de estudo, indicando também sua expressividade em termos de área de uma FAVC.

3.6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Segmentação:

Para este trabalho a segmentação multi-resolução nível superior apresentou melhor resultado de classificação.

Parâmetros

Os parâmetros valor de brilho e textura apresentaram maior eficiência para separar as classes das imagens em estudo.

Classificador Fuzzy

A elaboração de uma função de pertinência para cada amostra, ao invés do uso da média de todas as amostras, mostrou-se eficiente para classificar a imagem e separar as classes de tipologia florestal para a imagem da ORTOFOTO no nível superior. Estudos mais aprofundados devem ser realizados para identificar a melhor escolha da função de pertinência, dada a sua variabilidade a escolha ocorreu de forma cognitiva.

Resultado da Classificação

A imagem que apresentou a pior classificação foi a SPOT, pois sua resolução é de 20 metros, inferior as outras imagens, por isso tentou-semelhorar a imagem realizando uma fusão.

A classificação orientada a objeto permitiu elaborar um mapa temático de alto índice Kappa, com o uso da imagem ORTOFOTO com segmentação multi-resolução nível superior. Desta forma, as informações extraídas desta imagem e classificada por esta metodologia são eficientes para serem inserida em um SIG para auxiliar na avaliação das áreas de remanescentes florestais da empresa.

Na disponibilidade de ORTOFOTOS com boa qualidade, o mapeamento deve ser feito com a mesma. Para novas áreas adquiridas, onde não terão ORTOFOTOS da mesma, pode-se então utilizar as imagens CBERS, pois estas estão disponíveis gratuitamente na internet e apresentaram boa qualidade de classificação com segmentação multi-resolução nível superior. Já a imagem SPOT, apresentou qualidade de classificação semelhante, porém não é disponibilizada gratuitamente.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Estrato 1, área localizada em vale com encostas úmidas, é de significativa importância para o remanescente florestal, que faz divisa entre os municípios de Ponte Alta do Norte e Mirim Doce, porque contempla espécies constantes na lista de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. Uma com expressiva densidade a *D. sellowiana* – xaxim, classificada como ‘Em Perigo’ e a outra está entre as espécies com menor frequência a *O. porosa* – imbuia classificada como ‘Vulnerável’.

Com uma diversidade florística relativamente baixa o estrato 2 apresentou espécies como *V. discolor*, *C. scabra* e *O. puberula* que o caracterizou como estágio inicial, ou seja, nível inferior de sucessão em relação aos demais. Possui grande parte da área coberta por taquara, indicando que apresenta clareiras por um determinado período de tempo. A presença de taquara de forma muito densa, parece restringir o processo sucessional, pois reduz de forma significativa a quantidade de luz que chega ao estrato inferior da mata. Porém, é sabido que quando a incidência de luz é baixa, há ocorrência de formação de banco de sementes e plântulas, onde estas ficam a espera de clareiras para que possam se desenvolver. Observando o mapa temático gerado, há presença dos estratos ecologicamente mais estruturados conexo ao estrato 2, o que evidencia o enriquecimento do estrato 2 pelos estratos 1,3 e 4. Desta forma, não há necessidade de intervenções em relação a taquaras, este fenômeno se resolve naturalmente.

O estrato, 3 apresentou as espécies *D. sellowiana* e *O. porosa*, porém, a última com densidade superior ao estrato 1. Pode-se dizer que é de grande importância a necessidade de manter este ambiente preservado já que estas espécies são consideradas ameaçadas, portanto, são áreas que podem fornecer propágulos destas espécies para áreas adjacentes.

Já o estrato 4 possui uma elevada diversidade e também apresentou a espécie ameaçada de extinção *D. sellowiana* com uma elevada densidade.

Os estratos 1, 3 e 4 apresentam-se em estado intermediário de sucessão, evidenciando que o remanescente está progredindo sucessionalmente em direção a um estágio climácico.

Pelo fato de ocorrerem duas espécies ameaçadas de extinção no levantamento realizado e do remanescente florestal pertencer a Floresta Ombrófila Densa Montana, pode-se dizer que o remanescente florestal inserido na Fazenda Rio das Pedras pode ser considerado uma FAVC.

Sendo assim, sugere-se um manejo semelhante para toda a área de 133,02 ha. A área deve ser identificada em campo, demarcada e deve ser isolada para que não ocorra a entrada de animais como gado e também evite a entrada do homem para caçar. Deve ser realizado um monitoramento periódico dos remanescentes, para avaliar seu estado de recuperação e evolução. Mesmo o estrato 2, apresentando-se em um pior estado de conservação que os demais, não deve ser realizado outro tipo de manejo, pois as sementes dos outros estratos são carregadas pelo vento e pelos animais para o estrato e a própria natureza se encarrega da recuperação da área.

A aplicação do sensoriamento remoto como ferramenta para estudo ambiental de análise de cobertura vegetal, utilizando a metodologia de classificação orientada a objeto através da lógica Fuzzy, visando contribuir para o manejo de fragmentos florestais, mostrou-se adequada. Dessa forma, a empresa pôde quantificar seus remanescentes florestais de FAVC sem a necessidade de um levantamento de campo total da área, utilizando amostragem por transectos juntamente com análise de imagens de satélite e ortofoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O. T. **Comparação entre métodos de quadrantes e parcelas na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual “Carlos Botelho” – São Miguel Arcanjo, SP.** 2003. 137 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ANTUNES, A. F. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objetos em imagem de alta resolução.** 2003. 147 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003

AQUINO, F. G. **Estrutura e dinâmica populacional de três espécies arbóreas em fisionomias florestais na estação ecológica do Panga (Uberlândia - MG).** 2000, 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

APG II (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, **141**: 399-436.

ARONOFF , S. Classification accuracy: a user approach. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.8, n.8, p. 1299-1307, 1982.

AUSTIN, M.P.; GREIG-SMITH, P. The application of quantitative methods to vegetation survey. **Journal of Ecology**, London, v.56, n.3, p.827-844, 1968.

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. 4th edition. **Interpretation of aerial photographs**. Burgess Publishing Company: Minneapolis, 1985, 554 p.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, Wichmann-Verlag, **Proceedings...** Wichmann-Verlag: Heidelberg, v. 12, 2000.

BENSEBAA, K.; BANON, G. J. F.; FONSECA, L. M. G. On-orbit spacial resolution estimation of CBERS-1 CCD imaging system. In: **WORKSHOP DOS CURSOS DE**

COMPUTAÇÃO APLICADA AO INPE 3. (WORCAP), 2003, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos. INPE, p. 205 – 210, 2003. CD-ROM.

BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J.R.S.; GAMA, J.R.V; OLIVEIRA, A.D. Estrutura e valoração de uma floresta de várzea alta na Amazônia. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.88-102, 2002.

BENTES-GAMA, M. de M. **Estrutura, valoração e opções de manejo sustentado para uma floresta de várzea na Amazônia**. 2000, 206 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFLA. Lavras, 2000.

BENZ, U. C.; HOFMANN, P.; WILHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. Multi-resolution, object-oriented Fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Enschede, v. 58, p. 239-258, 2004.

BLASCHKE, T, LANG, S, LORUP, E, STROBL, J & ZEIL, P. **Object oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications**. Environmental information for planning. Vol 2. Metropolis-Verlag. 2000

BLUM, C. T. **A Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, PR – Caracterização Florística, Fitossociológica e Ambiental de um Gradiente Altitudinal**. 2006. 195 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BLUM, C. T.; SANTOS, E. P. dos; HOFFMANN, P.; SOCHER, L. G. Análise florística e estrutural de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana no Morro dos Perdidos, Serra de Araçatuba, PR. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – EVINCI, 10., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. 127p.

BRAUN-BLANQUET, J. B. **Fitosociologia**: base para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 829 p.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecological Monographs**, v. 27, p. 325-349, 1957.

BURROUGH, P.A. & McDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**, 2nd Edition. Oxford: Oxford University Press.,1998. 352p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2001. 345 p.

CAMPOS, M. A. A.; ROLIM, F. A.; LIGNAU, C. Segmentação multiresolução e lógica Fuzzy na classificação automática de imagens ikonos. In: GISBRASIL, 2002, 8, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fatorgis, 2002. Seção Mostra do Talento Científico – Planejamento e Uso do Solo. – 1 CD-ROM.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto de imagens digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2009. 219 p.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Rialp, 1990. 453 p.

COHEN, J. A coefficient of agreement of nominal scales. **Educational and psychological measurement**, v. 20, p. 37-46, 1960.

CONCEIÇÃO, M.C.A. **Análise estrutural de uma floresta de várzea no Estado do Pará**. Curitiba, 1990. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 1990.

CORAIOLA, M. **Caracterização estrutural de uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no município de Cássia – MG**. 1997, 196 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 1997.

COTTAM, G.; CURTIS, J.T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, Washington, DC, v.37, n.13, p.451-460, 1956.

CURTIS, J.T.; McINTOSH, R.P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, Washington, DC, v. 31, n.3, 1950. p. 434-50.

DAUBENMIRE, R. Plant communities. **A textbook of plant synecology**. New York: Harper e Row, Publishers, 1968. 300p.

DIAS, A.C. **Composição Florística, fitossociológica, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho - SP, Brasil**. 2005. 184 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DEFINIENS. Understanding Images. Image Analysis Software for Earth Sciences. Disponível em <[http:// www.definiens.com](http://www.definiens.com)>. Acesso em 14 jul. 2009.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN Jr. Laury; RUDRAN, Rudy & VALLADARES-PADUA, Cláudio(Orgs.). **Métodos de estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba : Editora UFPR, 2003. cap. 17, p. 455-479.

FELFILI, J. M. & VENTUROLI, F. Tópicos em análise de vegetação. **Comunicações técnicas florestais**, Brasília, v.2 n.2, 34 p. 2000.

FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R. (Coords.). 1984. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Manual 4. Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil, 62pp.

FINOL, H. Nuevos parâmetros a considerar-se en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Merida, v. 14, n. 21, p. 24-42, 1971.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 102 p.

FONT-QUER, P. **Dicionário de Botânica**. Barcelona: Labor, 1975. 1.244 p.

FOOD, G. M.; CURRAN, P. J. Estimation of Forest Extent and Regenerative Stage Using Remotely Sensed Data. **Journal of Biogeography**. V. 21, n. 3, p. 223 - 244.1994.

FRAGA, L. L.; SILVA, L. B. da; SCHMITT, J. L. Composição e distribuição vertical de pteridófitas epifíticas sobre *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dickssomaceae), em floresta ombrófila mista no sul do Brasil. **Biota Neotrópica**, Campinas, vol. 8, n. 4, p. 123 – 129. 2008.

FRANÇA, G. S. & STEHMANN, J. R. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasil. Bot.** São Paulo, v. 27, n.1, p. 19-30. jan-mar. 2004.

GENTRY, A.H.. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero, & J.L. Luteyn (eds.). **Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests**. The New York Botanical Garden. New York. 1995. Pp. 103 – 126.

GOMIDE, G.L.A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá**. 1997, 179 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 1997.

GONZALES, R.C.; WOODS, R.E. **Processamentos de Imagens Digitais**. Ed. Edgard Blücher. São Paulo – SP, 2000. 509 p

GORENSTEIN, M. R. **Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em Floresta Estacional Semidecidual**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GUAPYASSÚ, M. S. dos. **Caracterização Fitossociológica de três fases sucessionais e**

uma floresta ombrófila densa. 1994. 195 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

GUILHERME, F. A. G. **Efeitos do regime de inundação e de bambus na dinâmica da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecídua no sul de Minas Gerais.** Lavras, 1999. 73f. Dissertação (Mestrado em Manejo Ambiental) - Universidade Federal de Lavras.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas.** Curitiba: Ed. UFPR, 1998. 162 p.

HUNTER JÚNIOR, M. L. **Wildlife forests, and forestry:** principles of managing forests for biological diversity. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 370 p.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2010. Portaria Nº 37-N de 3 de abr. de 1992. Lista oficial de flora ameaçada de extinção. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>>. Acesso em 10 de maio de 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Série Manuais Técnicos em Geociências – Número 1). Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1992. 92 p.

JARDIM, M.A.G.; VIEIRA, I.C.G. Composição florística e estrutura de uma floresta de várzea do estuário amazônico, Ilha do Combu, Estado do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Botânica, v. 17, n.2, p. 333-354, 2001.

JARENKOW, J. A. **Composição florística e estrutura da Mata com Aracária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1985. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1985.

JENNINGS, S.; NUSSBAUM, R.; JUDD, N. e EVANS, T. **Guia para Florestas de Alto Valor de Conservação.** Preparado pela ProForest South Suíte, Frewin Chambers Frewin Court, Oxford OX1 3HZ, UK. 1º edição. Dez. 2003. 104 p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing:** a remote sensing perspective. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall , 1996. 379 p.

JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasil. Bot.** São Paulo, v. 26, n.4, p. 475-487.out-dez. 2003.

KENT, M; COKER, P. **Vegetation, Description and Analysis.** London: Behaven Press, 1992. 363 p.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. da C.; MANTOVANI, A. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n.1, p. 35-47, 2010.

KLEIN, R. M. 1978. **Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, Brasil, 24 p.

KOZERA, C.; DITTRICH, V. A. de O.; SILVA, S. M. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. Curitiba, PR, BR. **Floresta**, Curitiba, v.36, n.2, p. 225-237, 2006.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre estructura florística de la parte sur-oriental Del Bosque Universitario “El Caimital” Estado Barinas. **Rev. Forest. Venez.**, Mérida, vol.7, n. 10-11, p. 77-119, 1964.

LEAK, W. B. An expression of diameter distribution for unbalanced, uneven-aged stands and forests. **Forest Science**, Praha, v. 10, n.1, 1964.

LILLESANN, T. M. & KIEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. 4. ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2000. 724 p.

LODOÑO, X. Evaluation of bamboo resources in Latin America. **INBAR Working Paper**, Cali, n. 35, 2001.

LONGHI, S.J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze, No Sul do Brasil**. 1980, 198 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 1980.

LONGHI, S.J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na Subbacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo – RS**. 1997, 198 p. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 1997.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. São Paulo. Ed. Plantarum, vol.1. 1992.

MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba. 2003. 309 p.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton, Princeton University Press, 1988. 179 p.

MARQUES, M. C. M.; SILVA, S. M. & SALINO, A. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta higrófila da Bacia do Rio Jacaré-Pepira, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** São Paulo, v. 17, n.4, p. 495-506. 2003.

MARTINS, F.R. **O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga**. São Paulo, 1979. 239 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1979.

_____. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. **Pesquisas - série Botânica**, São Leopoldo, n. 40, p. 103-164, 1989.

_____. **Estrutura de uma floresta mesófila**. 2ª ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1993, 246 p.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: OEA/PRDECT, 1982. 168 p.

MAYAUX, P.; ACHARD, F.; MALINGREAN, J. Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: a comparison with other approaches. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 25, n.1, p. 37-52, 1998.

MEDEIROS, M. C. M. P. de M. **Caracterização fitofisionômica e estrutural de áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil**. 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2009.

MEYER, H. A. Management without rotation. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 41, p.126-132, 1943.

_____. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 50, p.85-92, 1952.

_____. **Forest mensuration**. State College, Pa.: Renns Valley Publishers, 1953.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 241 p.

MORELLATO, L.P.C.; HADDAD, C.F.B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, Washington, DC, v. 32, p. 786-792, 2000.

MUCHONEY, D. M.; HAACK, B. N. Change detection for monitoring forest defoliation. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.60, n.10, p.1243-51, 1994.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

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

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. New York : John Wiley & Sons, 1996.

ORLÓCI, L.; ANAND, M.; PILLAR, V. Biodiversity analysis: issues, concepts, techniques. **Community Ecology**, Budapest, v. 3, n. 2, p. 217-236, 2002.

ORTEGA, N.R.S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. São Paulo, 2001. 152 f. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2001.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE F. (1998) **An Introduction To Fuzzy Sets - Analysis And Design**. MIT Press, 1998. 434 p.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997. 316 p.

PIELKE, R.A.; LEE, T.L.; COPELAND, J.H.; EASTMAN, J. L.; ZIEGUER, C.L.; FINLEY, C.A. Use of USGS-provided data to improve weather and climate simulations. **Ecological Applications**, Washington, DC., v.7, n.1, p. 3-21, 1997.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**, New York: John Wiley. 1975. 165 p.

_____. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley. 1977. 385 p.

PILLAR, V. **Descrição de comunidades vegetais**. Departamento de Botânica, UFRGS. 2002. 6 p.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 2000. 252 p.

PIRES-O'BRIEN, M. J. & O'BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de informação e documentação, Belém, 1995. 400 p.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR. Curitiba, 1999. 172 p.

PORTES, M.C.G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma floresta Ombrófila Densa Altomontana do Morro do Anhangava, Quatro Barras – PR. **Revista Floresta**, v. 31, n. 1-2, p. 22-31, 2001.

PROCHNOW, M. **O parque nacional das Araucárias e a Estação Ecológica da Mata**

Preta: Unidades de Conservação da Mata Atlântica. Rio do Sul: APREMAVI, 2009. 72 p.

PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de & OLIVEIRA FILHO, T. de. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, p. 01-14, 1999.

QUEIROZ, M.H. **Approche phytoécologique et dynamique de formation végétales secondaires développées après aband des activités agricoles, dans le domaine de la forêt ombrophile dense de Versant (Fôret Atlantique)** à Santa Catarina – Brésil. Nancy, 1994. 251 p. Tese (Doutorado). École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forests, 1994.

RABELO, F.G. **Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do rio Amazonas-Amapá-Brasil**. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1999. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – FCAP, 1999.

RIBEIRO, S. R. A.; SANTOS, D. R. dos; CENTENO, J. S. Aplicação de metodologia de dados orientado a objeto na classificação de uma área urbanizada, utilizando uma imagem digital obtida por meio de tecnologia do laser scanner. **Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente** - SP, p.144-149, 2002.

RICKLEFS, R. E. A Flora arbórea dos cerrados do estado de São Paulo. **Hoehnea**, São Paulo, v. 19, p. 151 – 163, 1992.

RODERJAN, C V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.24, p. 75-92, 2002.

RODERJAN, C. V. **O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR – Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos**. 1994. 119 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

ROLIM, F.A. **Classificação orientada a objeto em imagens de alta resolução para auxílio ao monitoramento ambiental em uma microbacia hidrográfica**. 2003. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação de monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 203-215.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.

SANQUETTA, C.R.; DALLA CORTE, A.P.; VULCANIS, L.; BERNI, D.M.; BISCAIA, A.G. **Estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas em um experimento de controle de taquaras (Bambusoideae) no sul do Paraná, Brasil**. Curitiba: Floresta (no prelo a). 2005.

SARMIENTO, G. **The Ecology of Neotropical Savannas**. Harvard University Press, Cambridge. 1984. 162 p.

SCHORN, L. A. **Levantamento florístico e análise estrutural em três unidades edáficas em uma Floresta Ombrófila Densa Montana no estado do Paraná**. 1992. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A. & MELLO, J. M.de. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. *In*: SCOLFORO, J.R.S. (org.) **Manejo Florestal**. UFLA/FAEPE, Lavras, p. 189-246, 1998.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 341 p.

SEHNEM, A. Cisteáceas. **Flora Ilustrada Catarinense** – CIAT. p. 1 – 114, 1978.

SILVA JÚNIOR, M. C. Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do Código Florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.15, n.1, p.139-146, 2001.

SILVA, V. V. da; FERREIRA, A. M. M. Caracterização dos estágios de sucessão ecológica secundária da Mata Atlântica no médio vale do Rio Paraíba do Sul fluminense. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 3, p. 469 – 478, set/dez 2004.

SOUZA, P.F. de. **Terminologia Florestal – glossário de termos e expressões florestais**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1973. 304 p.

STEL, R.G.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures on statistics**. New York: McGraw-Hill, 1960. 481 p.

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

TABARELLI, M.; VILLANI, J.P.; MANTOVANI, W. Aspectos da sucessão secundária em trecho da floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.99 –112, 1993.

TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.; BEDÊ, L. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 132–138, 2005.

TACHER, S. I. L. et al. Caracterización del uso tradicional de la flora espontánea en la Comunidad Lacandona de Lacanhá Chiapas, Méico. **Interciencia**, Caracas, v.27, n.10, p. 512-520, 2002.

TANIZAKI, K. & MOULTON, T. P. A Fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a Perda de Biodiversidade. In: **Bergallo, H. G.; Rocha, C. F. D.; Alves, M. A. S. & Van Sluys, M. (Orgs.)**. A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Ed. UERJ/FAPERJ, 2000.

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

TRYON, R. M.; STOLZE, R. G. Pteridophyta of Peru. Part I. 1. Ophioglossaceae - 12. Cyatheaceae. **Fieldiana, Botany, new series**, v. 20, p. 1-145, 1989.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. & LIMA, J. C. **Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123p.

VIEIRA, I. C. G., ALMEIDA, A. S., DAVIDSON, E. A., STONE, T.A., CARVALHO, C. J. R.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, Saint Paul, v. 87, p. 470-481, 2003.

WANG, F. Improving Remote Sensing Image Analysis through “Fuzzy” Information Representation. **Fotogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 56, p. 1163 – 1169, 1990.

WILSON, E.O. Biodiversidade. In: **WILSON, E.O.; PETER, F.M. (Ed.)**. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, p. 3 – 24, 1997.

ZEVALLOS, P.; MATTHEI, O. Caracterización del bosque nativo del fundo Escuadrón, Concepción, Chile. **Revista BOSQUE Univ. Austral de Chile**, Valdivia, v.15, n. 1, 1994.

ANEXOS

Anexo 1 – Estatísticas de média, variância, valor médio e valor mínimo das amostras.

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA ORTOFOTO NO NÍVEL SUPERIOR								
AMOSTRA	nº da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-3	1	43,27	34,8	19,41	78,07	8,47	38,82	0,00
T1-3	2	54,62	32,84	24,63	87,46	21,78	46,59	2,67
T1-3	3	118,39	25,88	7,17	144,27	92,51	14,34	0,00
T1-3	4	97,03	34,95	35,34	131,98	62,08	57,30	13,38
T2-3	1	39,51	36,47	39,10	75,98	3,04	61,06	17,14
T2-3	2	81,28	38,69	36,21	119,97	42,59	58,17	14,25
T2-3	3	33,15	30,74	18,13	63,89	2,41	36,26	0,00
T2-3	4	88,91	38,09	38,06	127,00	50,82	60,02	16,10
T3-3	1	71,80	29,29	7,79	101,09	42,51	15,58	0,00
T3-3	2	92,56	32,62	46,13	125,18	59,94	68,09	24,17
T4-3	1	95,87	23,82	20,88	119,69	72,05	41,76	0,00
T4-3	2	79,53	19,18	3,59	98,71	60,35	7,18	0,00
T4-3	3	106,64	21,12	18,70	127,76	85,52	37,40	0,00
T5-3	1	97,50	26,77	26,32	124,27	70,73	48,28	4,36
T5-3	1	91,78	23,97	16,39	115,75	67,81	32,78	0,00
T6-3	1	109,85	39,66	27,57	149,51	70,19	49,53	5,61
T6-3	2	138,89	28,94	6,32	167,83	109,95	12,63	0,00
T6-3	3	96,74	30,92	47,51	127,66	65,82	69,47	25,55
T7-3	1	117,33	33,21	22,94	150,54	84,12	44,90	0,98
T7-3	2	96,12	29,48	17,78	125,60	66,64	35,56	0,00
VALOR MÁXIMO				47,51				
VALOR MÍNIMO				3,59				
VALOR médio				25,55				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA ORTOFOTO NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO								
AMOSTRA	n° da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-2	1	55,92	32,67	32,67	88,59	23,25	36,39	28,96
T1-2	2	106,18	27,51	27,51	133,69	78,67	31,23	23,80
T1-2	3	44,62	28,03	28,03	72,65	16,59	31,75	24,32
T1-2	4	60,98	30,86	30,86	91,84	30,12	34,58	27,15
T1-2	5	128,15	26,22	26,22	154,37	101,93	29,94	22,51
T1-2	6	79,51	33,65	33,65	113,16	45,86	37,37	29,94
T1-2	7	132,92	28,2	28,2	161,12	104,72	31,92	24,49
T1-2	8	88,79	27,54	27,54	116,33	61,25	31,26	23,83
VALOR MÁXIMO		132,92		33,65				
VALOR MÍNIMO		44,62		26,22				
VALOR médio		88,77		29,94				
T2-2	1	80,38	30,49	30,49	110,87	49,89	37,92	23,07
T2-2	2	83,60	32,98	32,98	116,58	50,62	40,41	25,56
T2-2	3	21,65	19,90	19,90	41,55	1,75	27,33	12,48
T2-2	4	83,83	34,75	34,75	118,58	49,08	42,18	27,33
VALOR MÁXIMO		83,83		34,75				
VALOR MÍNIMO		21,65		19,90				
VALOR médio		52,74		27,33				
T3-2	1	108,03	21,47	21,47	129,50	86,56	26,40	16,54
T3-2	2	57,57	26,47	26,47	84,04	31,10	31,40	21,54
T3-2	3	108,19	22,34	22,34	130,53	85,85	27,27	17,41
T3-2	4	60,17	31,33	31,33	91,50	28,84	36,26	26,40
T3-2	5	93,80	26,48	26,48	120,28	67,32	31,41	21,55
T3-2	6	72,35	23,59	23,59	95,94	48,76	28,52	18,66
VALOR MÁXIMO		108,19		31,33				
VALOR MÍNIMO		57,57		21,47				
VALOR médio		82,88		26,40				
T4-2	1	94,82	21,40	21,40	116,22	73,42	23,18	19,63
T4-2	2	118,04	17,85	17,85	135,89	100,19	19,63	16,08
T4-2	3	76,88	19,61	19,61	96,49	57,27	21,39	17,84
T4-2	4	87,57	20,56	20,56	108,13	67,01	22,34	18,79
T4-2	5	104,34	19,66	19,66	124,00	84,68	21,44	17,89
T4-2	6	109,71	20,92	20,92	130,63	88,79	22,70	19,15
VALOR MÁXIMO		118,04		21,40				
VALOR MÍNIMO		76,88		17,85				
VALOR médio		97,46		19,63				
T5-2	1	84,00	27,66	27,66	111,66	56,34	33,03	22,30
T5-3	2	115,25	24,36	24,36	139,61	90,89	29,73	19,00
T5-4	3	104,93	25,64	25,64	130,57	79,29	31,01	20,28
T5-5	4	106,96	20,10	20,10	127,06	86,86	25,47	14,74
T5-6	5	70,80	18,09	18,09	88,89	52,71	23,46	12,73
T5-7	6	99,69	16,93	16,93	116,62	82,76	22,30	11,57
T5-8	7	81,37	20,66	20,66	102,03	60,71	26,03	15,30
T5-9	8	73,74	23,83	23,83	97,57	49,91	29,20	18,47
T5-10	9	105,38	26,76	26,76	132,14	78,62	32,13	21,40
T5-11	10	114,06	23,20	23,20	137,26	90,86	28,57	17,84
VALOR MÁXIMO		115,25		27,66				
VALOR MÍNIMO		70,80		16,93				
VALOR médio		93,03		22,30				
T6-2	1	139,22	32,00	32,00	171,22	107,22	36,01	28,00
T6-2	2	104,16	32,48	32,48	136,64	71,68	36,49	28,48
T6-2	3	146,52	24,47	24,47	170,99	122,05	28,48	20,47
VALOR MÁXIMO		146,52		32,48				
VALOR MÍNIMO		104,16		24,47				
VALOR médio		125,34		28,48				
T7-2	1	87,72	26,24	26,24	113,96	61,48	29,19	23,30
T7-2	2	132,40	25,97	25,97	158,37	106,43	28,92	23,03
T7-2	3	98,67	31,86	31,86	130,53	66,81	34,81	28,92
VALOR MÁXIMO		132,40		31,86				
VALOR MÍNIMO		87,72		25,97				
VALOR médio		110,06		28,92				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA SPOT NO NÍVEL SUPERIOR								
AMOSTRA	nº da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-3	1	45,56	4,12	4,24	49,68	41,44	7,08	1,40
T1-3	2	34,72	2,605	1,29	37,33	32,12	2,59	0,00
T1-3	3	37,78	1,742	1,82	39,52	36,04	3,65	0,00
T1-3	4	47,27	3,67	3,86	50,94	43,60	6,70	1,02
T1-3	5	40,14	2,56	0,96	42,70	37,58	1,91	0,00
T1-3	6	33,66	5,13	6,48	38,79	28,53	9,32	3,63
T2-3	1	32,88	3,41	2,87	36,29	29,47	5,71	0,02
T2-3	2	39,38	2,86	1,73	42,24	36,52	3,46	0,00
T3-3	1	40,15	8,72	6,18	48,87	31,43	9,03	3,34
T3-3	2	31,88	6,37	6,64	38,25	25,51	9,48	3,80
T3-3	3	38,31	3,81	3,19	42,12	34,50	6,03	0,35
T4-3	1	33,00	2,84	2,66	35,84	30,16	5,32	0,00
T4-3	2	30,09	3,39	2,75	33,48	26,70	5,50	0,00
T5-3	1	54,89	4,12	3,79	59,01	50,77	6,63	0,95
T5-3	2	48,56	4,64	3,94	53,20	43,92	6,78	1,10
T5-3	3	39,10	4,44	6,13	43,54	34,66	8,97	3,29
T6-3	1	34,27	4,36	4,74	38,63	29,91	7,59	1,90
T6-3	2	27,54	5,29	5,66	32,83	22,25	8,50	2,81
T7-3	1	45,64	5,02	5,35	50,66	40,62	8,19	2,51
T7-3	2	43,69	3,80	4,49	47,49	39,89	7,33	1,65
VALOR MÁXIMO				6,64				
VALOR MÍNIMO				0,96				
VALOR médio				3,80				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA SPOT NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO								
AMOSTRA	n° da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-2	1	35,17	1,38	1,38	36,55	33,79	2,43	0,32
T1-2	2	34,34	1,15	1,15	35,49	33,19	2,21	0,10
T1-2	3	37,49	1,14	1,14	38,63	36,35	2,20	0,09
T1-2	4	34,97	2,17	2,17	37,14	32,80	3,22	1,11
T1-2	5	46,77	3,25	3,25	50,02	43,52	4,31	2,20
T1-2	6	45,14	2,59	2,59	47,73	42,55	3,65	1,54
T1-2	7	40,21	2,04	2,04	42,25	38,17	3,10	0,99
T1-2	8	32,26	1,89	1,89	34,15	30,37	2,95	0,84
VALOR MÁXIMO		46,77		3,25				
VALOR MÍNIMO		32,26		1,14				
VALOR médio		39,52		2,20				
T2-2	1	25,86	2,07	2,07	27,93	23,79	3,25	0,89
T2-2	2	31,35	1,77	1,77	33,12	29,58	2,95	0,59
T2-2	3	32,1	1,28	1,28	33,38	30,82	2,46	0,10
T2-2	4	36,96	2,37	2,37	39,33	34,59	3,55	1,20
T2-2	5	30,34	0,57	0,57	30,91	29,77	1,13	0,00
T2-2	6	30,46	1,89	1,89	32,35	28,57	3,07	0,71
T2-2	7	34,84	1,61	1,61	36,45	33,23	2,79	0,43
T2-2	8	33,03	0,98	0,98	34,01	32,05	1,95	0,00
T2-2	9	38,28	2,28	2,28	40,56	36,00	3,46	1,10
T2-2	10	35,86	1,30	1,30	37,16	34,56	2,48	0,12
T2-2	11	39,27	2,92	2,92	42,19	36,35	4,10	1,75
T2-2	12	37,51	1,34	1,34	38,85	36,17	2,52	0,16
VALOR MÁXIMO		39,27		2,92				
VALOR MÍNIMO		25,86		0,57				
VALOR médio		32,57		1,75				
T3-2	1	40,97	2,03	2,03	43,00	38,94	4,07	0,00
T3-2	2	44,75	2,38	2,38	47,13	42,37	4,59	0,18
T3-2	3	44,76	1,99	1,99	46,75	42,77	3,98	0,00
T3-2	4	33,42	5,65	5,65	39,07	27,77	7,85	3,45
T3-2	5	25,50	1,28	1,28	26,78	24,22	2,56	0,00
T3-2	6	32,20	2,14	2,14	34,34	30,07	4,27	0,00
T3-2	7	36,38	1,24	1,24	37,62	35,14	2,49	0,00
T3-2	8	39,86	1,96	1,96	41,82	37,90	3,92	0,00
VALOR MÁXIMO		44,76		5,65				
VALOR MÍNIMO		25,50		1,24				
VALOR médio		35,13		3,45				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA SPOT NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO								
AMOSTRA	nº da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T4-2	1	32,99	1,76	1,76	34,75	31,23	2,79	0,72
T4-2	2	30,53	1,12	1,12	31,65	29,41	2,15	0,09
T4-2	3	34,14	2,10	2,10	36,24	32,04	3,13	1,07
T4-2	4	31,35	0,97	0,97	32,32	30,38	1,94	0,00
T4-2	5	31,09	1,74	1,74	32,83	29,35	2,77	0,70
T4-2	6	34,46	2,67	2,67	37,13	31,79	3,70	1,64
T4-2	7	33,29	0,82	0,82	34,11	32,48	1,63	0,00
T4-2	8	29,54	1,53	1,53	31,07	28,01	2,56	0,50
T4-2	9	27,89	2,40	2,40	30,29	25,49	3,43	1,37
T4-2	10	25,58	1,52	1,52	27,10	24,06	2,55	0,49
T4-2	11	32,03	2,88	2,88	34,91	29,15	3,91	1,85
T4-2	12	35,79	2,16	2,16	37,95	33,63	3,19	1,13
VALOR MÁXIMO		35,79		2,88				
VALOR MÍNIMO		25,58		0,82				
VALOR médio		30,69		1,85				
T5-2	1	53,67	1,95	1,95	55,62	51,73	3,46	0,43
T5-2	2	51,74	1,16	1,16	52,90	50,58	2,32	0,00
T5-2	3	57,73	3,65	3,65	61,38	54,08	5,17	2,13
T5-2	4	54,10	1,25	1,25	55,35	52,85	2,50	0,00
T5-2	5	51,81	2,64	2,64	54,45	49,17	4,16	1,12
T5-2	6	51,80	3,09	3,09	54,89	48,71	4,61	1,57
T5-2	7	47,14	2,04	2,04	49,18	45,10	3,56	0,52
T5-2	8	47,19	4,01	4,01	51,20	43,18	5,53	2,49
T5-2	9	44,13	4,20	4,20	48,33	39,93	5,71	2,68
T5-2	10	44,07	2,23	2,23	46,30	41,84	3,75	0,71
VALOR MÁXIMO		57,73		4,20				
VALOR MÍNIMO		44,07		1,16				
VALOR médio		50,90		2,68				
T6-2	1	41,96	2,33	2,33	44,29	39,63	3,46	1,20
T6-2	2	37,36	1,99	1,99	39,35	35,37	3,13	0,86
T6-2	3	33,60	3,44	3,44	37,04	30,16	4,58	2,31
T6-2	4	35,55	2,26	2,26	37,81	33,29	3,39	1,12
T6-2	5	30,40	3,22	3,22	33,62	27,18	4,35	2,08
T6-2	6	20,86	1,21	1,21	22,07	19,65	2,34	0,07
T6-2	7	37,27	3,48	3,48	40,75	33,80	4,61	2,34
VALOR MÁXIMO		41,96		3,48				
VALOR MÍNIMO		20,86		1,21				
VALOR médio		31,41		2,34				
T7-2	1	45,58	2,47	2,47	48,05	43,11	3,33	1,61
T7-2	2	42,62	2,28	2,28	44,90	40,34	3,14	1,42
T7-2	3	46,91	3,01	3,01	49,92	43,90	3,87	2,15
T7-2	4	41,52	1,80	1,80	43,32	39,72	2,66	0,94
T7-2	5	60,82	1,34	1,34	62,16	59,48	2,20	0,48
T7-2	6	44,69	1,30	1,30	45,99	43,40	2,15	0,44
T7-2	7	42,80	2,46	2,46	45,26	40,34	3,32	1,60
T7-2	8	49,18	1,89	1,89	51,07	47,29	2,75	1,04
T7-2	9	41,51	2,73	2,73	44,24	38,78	3,59	1,87
T7-2	10	48,29	2,30	2,30	50,59	45,99	3,16	1,45
T7-2	11	55,23	2,37	2,37	57,60	52,86	3,23	1,52
T7-2	12	50,25	2,95	2,95	53,20	47,30	3,81	2,10
VALOR MÁXIMO		60,82		3,01				
VALOR MÍNIMO		41,51		1,30				
VALOR médio		51,17		2,15				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA CBERS NO NÍVEL SUPERIOR								
AMOSTRA	nº da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-3	1	46,17	4,02	3,67	50,19	42,15	4,40	2,94
T1-3	2	42,47	3,61	2,92	46,08	38,86	3,65	2,19
T2-3	1	44,00	4,21	3,84	48,21	39,79	4,56	3,11
T3-3	1	36,34	2,93	2,39	39,27	33,41	3,11	1,66
T3-3	2	40,58	3,55	2,93	44,13	37,03	3,66	2,20
T3-3	3	44,22	3,15	2,50	47,37	41,08	3,23	1,77
T4-3	1	40,53	3,52	3,01	44,05	37,01	3,74	2,29
T5-3	1	47,09	4,00	3,75	51,09	43,09	4,48	3,03
T6-3	1	38,80	3,32	2,38	42,12	35,48	3,11	1,65
T7-3	1	41,56	2,97	2,65	44,53	38,59	3,38	1,93
VALOR MÁXIMO				3,84				
VALOR MÍNIMO				2,38				
VALOR médio				3,11				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA CBERS NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO								
AMOSTRA	n° da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T1-2	1	40,76	2,90	2,90	43,66	37,86	3,70	2,09
T1-2	2	45,64	1,89	1,89	47,53	43,76	2,69	1,08
T1-2	3	39,92	2,75	2,75	42,67	37,17	3,55	1,95
T1-2	4	45,57	2,69	2,69	48,26	42,88	3,49	1,89
T1-2	5	40,53	2,45	2,45	42,98	38,08	3,25	1,65
T1-2	6	45,79	2,48	2,48	48,27	43,31	3,28	1,67
T1-2	7	44,87	2,46	2,46	47,33	42,41	3,27	1,66
T1-2	8	42,46	2,22	2,22	44,68	40,25	3,02	1,41
T1-2	9	47,36	2,48	2,48	49,84	44,88	3,28	1,68
T1-2	10	43,46	2,09	2,09	45,55	41,37	2,89	1,29
T1-2	11	44,75	3,07	3,07	47,82	41,68	3,87	2,27
T1-2	12	39,45	2,37	2,37	41,82	37,09	3,17	1,56
T1-2	13	37,21	2,33	2,33	39,54	34,88	3,13	1,52
T1-2	14	40,76	1,47	1,47	42,23	39,29	2,27	0,66
T1-2	15	37,08	1,79	1,79	38,87	35,29	2,59	0,99
VALOR MÁXIMO		47,36		3,07				
VALOR MÍNIMO		37,08		1,47				
VALOR médio		42,22		2,27				
T2-2	1	35,77	1,60	1,596	37,37	34,17	2,18	1,01
T2-2	2	41,16	2,46	2,457	43,62	38,70	3,04	1,87
T2-2	3	35,72	2,02	2,015	37,74	33,71	2,60	1,43
T2-2	4	40,7	2,26	2,258	42,96	38,44	2,84	1,67
T2-2	5	45,73	2,00	2,004	47,73	43,73	2,59	1,42
T2-2	6	43,83	2,36	2,355	46,19	41,48	2,94	1,77
T2-2	7	40,93	2,63	2,633	43,56	38,30	3,22	2,05
T2-2	8	45,58	1,65	1,645	47,23	43,94	2,23	1,06
T2-2	9	39,32	2,14	2,136	41,46	37,18	2,72	1,55
T2-2	10	40,99	1,97	1,965	42,96	39,03	2,55	1,38
T2-2	11	42,55	2,41	2,405	44,96	40,15	2,99	1,82
T2-2	12	39,24	2,76	2,763	42,00	36,48	3,35	2,18
T2-2	13	40,87	1,77	1,773	42,64	39,10	2,36	1,19
VALOR MÁXIMO		45,73		2,76				
VALOR MÍNIMO		35,72		1,60				
VALOR médio		40,73		2,18				
T3-2	1	36,77	2,18	2,18	38,95	34,59	2,61	1,75
T3-2	2	43,28	2,14	2,14	45,42	41,14	2,57	1,71
T3-2	3	45,18	1,77	1,77	46,95	43,41	2,20	1,34
T3-2	4	37,85	2,30	2,30	40,15	35,56	2,73	1,87
T3-2	5	40,58	1,91	1,91	42,49	38,67	2,34	1,48
T3-2	6	45,81	2,08	2,08	47,89	43,73	2,51	1,65
T3-2	7	40,65	1,94	1,94	42,59	38,71	2,37	1,51
T3-2	8	44,09	2,63	2,63	46,72	41,46	3,06	2,20
T3-2	9	40,12	2,09	2,09	42,21	38,04	2,52	1,66
T3-2	10	36,88	2,37	2,37	39,25	34,51	2,80	1,94
T3-2	11	40,57	2,13	2,13	42,70	38,44	2,56	1,70
T3-2	12	36,16	2,04	2,04	38,20	34,12	2,47	1,61
T3-2	13	44,91	2,57	2,57	47,48	42,34	3,00	2,14
VALOR MÁXIMO		45,81		2,63				
VALOR MÍNIMO		36,16		1,77				
VALOR médio		40,99		2,20				

AMOSTRAS DA IMAGEM PAN DA CBERS NO NÍVEL INTERMEDIÁRIO								
AMOSTRA	nº da AMOSTRA	Valores Originais dos OBJETOS			Valores alterados para montar a			
		VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	VALORES DE BRILHO		VALORES DE TEXTURA	
		Média	Desvio padrão	Média do desvio padrão do sub-objeto (nível inferior)	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior
T4-2	1	36,77	1,56	1,56	38,33	35,21	2,05	1,07
T4-2	2	41,52	2,35	2,35	43,87	39,17	2,85	1,86
T4-2	3	38,37	2,27	2,27	40,64	36,10	2,76	1,78
T4-2	4	39,24	2,54	2,54	41,78	36,70	3,04	2,05
T4-2	5	42,02	2,24	2,24	44,26	39,78	2,73	1,74
T4-2	6	37,72	1,96	1,96	39,68	35,76	2,45	1,47
T4-2	7	41,77	2,41	2,41	44,18	39,36	2,90	1,92
T4-2	8	43,57	2,27	2,27	45,84	41,30	2,76	1,77
VALOR MÁXIMO		43,57		2,54				
VALOR MÍNIMO		36,77		1,56				
VALOR médio		40,17		2,05				
T5-2	1	43,79	1,42	1,42	45,21	42,37	2,14	0,71
T5-2	2	49,89	2,40	2,40	52,29	47,49	3,11	1,68
T5-2	3	45,08	2,85	2,85	47,93	42,23	3,56	2,14
T5-2	4	48,47	2,69	2,69	51,16	45,78	3,40	1,98
T5-2	5	41,10	2,20	2,20	43,30	38,90	2,91	1,48
T5-2	6	47,41	2,62	2,62	50,03	44,79	3,33	1,91
T5-2	7	53,26	1,55	1,55	54,81	51,71	2,26	0,84
T5-2	8	46,91	2,58	2,58	49,49	44,33	3,29	1,87
T5-2	9	52,46	2,69	2,69	55,15	49,77	3,41	1,98
T5-2	10	46,12	2,02	2,02	48,14	44,11	2,73	1,30
T5-2	11	49,02	2,37	2,37	51,39	46,65	3,09	1,66
T5-2	12	43,74	2,64	2,64	46,38	41,10	3,35	1,93
T5-2	13	44,93	2,35	2,35	47,28	42,59	3,06	1,63
T5-2	14	40,98	2,68	2,68	43,66	38,30	3,39	1,96
T5-2	15	45,61	1,84	1,84	47,45	43,77	2,55	1,12
VALOR MÁXIMO		53,26		2,85				
VALOR MÍNIMO		40,98		1,42				
VALOR médio		47,12		2,14				
T6-2	1	35,36	2,34	2,34	37,70	33,02	2,78	1,90
T6-2	2	42,20	2,32	2,32	44,52	39,88	2,76	1,89
T6-2	3	37,83	1,85	1,85	39,68	35,98	2,28	1,41
T6-2	4	35,78	1,72	1,72	37,50	34,06	2,16	1,28
T6-2	5	33,51	1,47	1,47	34,98	32,04	1,90	1,03
T6-2	6	35,21	1,89	1,89	37,10	33,32	2,33	1,45
T6-2	7	34,23	1,91	1,91	36,14	32,32	2,35	1,47
T6-2	8	40,78	2,19	2,19	42,97	38,59	2,63	1,75
T6-2	9	35,94	1,51	1,51	37,45	34,43	1,95	1,08
T6-2	10	38,78	2,21	2,21	40,99	36,57	2,65	1,78
VALOR MÁXIMO		42,20		2,34				
VALOR MÍNIMO		33,51		1,47				
VALOR médio		37,86		1,90				
T7-2	1	42,04	2,21	2,21	44,25	39,83	2,99	1,43
T7-2	2	41,65	0,94	0,94	42,59	40,71	1,73	0,16
T7-2	3	41,44	2,51	2,51	43,95	38,93	3,29	1,73
T7-2	4	38,88	1,72	1,72	40,60	37,16	2,51	0,94
T7-2	5	42,78	2,16	2,16	44,94	40,62	2,94	1,38
T7-2	6	40,81	2,28	2,28	43,09	38,53	3,06	1,50
T7-2	7	41,14	1,82	1,82	42,96	39,32	2,60	1,03
T7-2	8	40,67	1,93	1,93	42,60	38,74	2,71	1,14
VALOR MÁXIMO		42,78		2,51				
VALOR MÍNIMO		38,88		0,94				
VALOR médio		40,83		1,73				