



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE UMA FLORESTA
PRIMÁRIA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ, ATRAVÉS DE DADOS
ORBITAIS**

PATRÍCIA CUNHA DE OLIVEIRA BASTOS

Dissertação de Mestrado em Manejo Florestal, orientada pela Prof^a. Dr^a Maria de Nazaré
Martins Maciel, Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho e Prof. Dr. Fernando
Cristóvam da Silva Jardim.

UFRA
BELEM
2005

Bastos, Patrícia Cunha de Oliveira

Estimativa de Parâmetros estruturais de uma floresta primária no Município de Paragominas, Pará, através de dados orbitais / Patrícia Cunha de Oliveira Bastos. – Belém, 2005.

60f.: il.

Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005.

1.Sensoriamento Remoto. 2.Imagens de satélite.
3.Análise estatística. I. Título.

CDD 526.9823



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE UMA FLORESTA
PRIMÁRIA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ, ATRAVÉS DE DADOS
ORBITAIS**

PATRÍCIA CUNHA DE OLIVEIRA BASTOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais, Área de Concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Maria de Nazaré Martins Maciel

Co-Orientadores:

Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho

Prof. Dr. Fernando Cristóvam da Silva Jardim.

**BELÉM
2005**

Aos meus pais Nádía e Josué
e aos meus irmãos Marcelo e Maurício



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE UMA FLORESTA PRIMÁRIA
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ, ATRAVÉS DE DADOS ORBITAIS

PATRÍCIA CUNHA DE OLIVEIRA BASTOS

Aprovada em cumprimento ao
requisito exigido para a obtenção do
Título de Mestre em Manejo
Florestal.

BANCA EXAMIADORA

Dr. Orlando dos Santos Watrin
Embrapa – Amazônia Oriental

Prof. Dr. Waldenei Travassos de Queiroz
Universidade Federal Rural da Amazônia

Dr. Carlos Augusto Cordeiro Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia

Belém, 29 de março de 2005

AGRADECIMENTOS

Registro, nessa ocasião, meus agradecimentos sinceros às seguintes pessoas e instituições que colaboraram na execução deste trabalho:

- À Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, na pessoa do Reitor, Prof. Dr. Manuel Malheiros Tourinho, por esta oportunidade de crescimento profissional;
- À empresa Cikel Brasil Verde S/A, pelo apoio logístico e permissão para a realização da pesquisa na Fazenda Rio Capim;
- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Embrapa Amazônia Oriental, pela concessão dos dados de inventário florestal;
- Ao Projeto Bom Manejo (Embrapa/ITTO/CIFOR/Juruá Florestal Ltda./Cikel Brasil Verde S.A.), pelo apoio logístico para a realização da coleta de dados no campo;
- Ao Projeto Peteco (Embrapa/CNPq), por ter facilitado junto a Embrapa e a Cikel Brasil Verde S.A. a utilização dos dados de inventário florestal;
- À Prof^a. Dr^a. Maria de Nazaré Martins Maciel, pelos ensinamentos, incentivo e dedicação na orientação deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. Fernando Cristóvam da Silva Jardim e Dr. João Olegário Pereira de Carvalho, pela co-orientação, apoio e conhecimentos transmitidos;
- Ao Prof. Mário José Matos Tavares, à Roberta Veluci e à Prof^a Waldinett Torres pelas sugestões, ensinamentos, incentivo e amizade;
- Aos membros do Projeto Peteco, especialmente às Engenheiras Florestais, mestrandas da UFRA, Beatriz Quanz e Luciana France; à aluna do Curso de Engenharia Florestal (UFRA), Claudice Sousa Conceição e à aluna do Curso de Engenharia Ambiental

(UEPA), Eliana Harumi Hirai, que realizaram o inventário florestal, que originou o banco de dados utilizados neste trabalho;

- Aos parobotânicos da Embrapa Erly Pedroso e Nilson de Souza Carvalho, responsáveis pela identificação das árvores no campo;
- À equipe de Inventário Florestal Contínuo em Parcelas Permanentes da Cikel Brasil Verde S.A., nas pessoas dos parobotânicos Joaquim Gomes da Silva Neto (Loló) e Valdinar Ferreira de Sousa (Kariri);
- A todos os professores, funcionários e colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFRA, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;
- Quero agradecer, de forma especial, a uma pessoa que me mostrou o verdadeiro sentido da solidariedade e que me ajudou nesta conquista. Agradeço e sempre agradecerei à minha mãe, Nádia Cunha.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo estimar parâmetros estruturais de uma floresta tropical primária localizada no município de Paragominas, Estado do Pará, através do estudo do relacionamento entre dados de campo e dados orbitais obtidos pelo satélite ETM+/LANDSAT-7. Procedeu-se a caracterização florística-estrutural da floresta primária, através das variáveis biométricas: densidade das árvores, área basal, biomassa, volume e diversidade de espécies arbóreas, considerando indivíduos com DAP ≥ 10 cm. A partir da integração da imagem ETM+/Landsat-7 e dos dados de campo, foram feitos procedimentos estatísticos para correlacionar o grau de dependência linear entre as variáveis biométricas e as variáveis digitais, obtidas pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e reflectância das bandas ETM 3 (região do visível), ETM 4 (infravermelho próximo) e ETM 5 (infravermelho médio). Foram realizadas análises de regressão *Stepwise* para determinar, dentre as variáveis digitais estudadas, as que melhor explicassem cada variável biométrica. As imagens sintéticas resultantes da aplicação dos modelos de regressão ajustados para as variáveis biométricas foram classificadas pelo método de fatiamento, a partir das quais geraram-se mapas temáticos do volume, da biomassa e da área basal da floresta. Os resultados mostraram a existência de correlação entre as variáveis biométricas área basal, biomassa e volume e a variável digital índice de vegetação NDVI. A estimativa de parâmetros biométricos com emprego de dados orbitais associados a dados de campo apresentou-se eficiente, mostrando que os valores obtidos das imagens ETM+/Landsat-7 permitem caracterizar a estrutura da floresta primária em termos de biomassa, volume e área basal. As técnicas de sensoriamento remoto podem subsidiar ações ligadas ao manejo dos recursos naturais, podendo facilitar, sobretudo, a análise de mudanças estruturais que venham a ocorrer nos processos de exploração e conservação das áreas de floresta primária.

Palavras-chave: estrutura da floresta, floresta natural, dados orbitais, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, reflectância.

ESTIMATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF A PRIMARY FOREST IN THE MUNICIPALITY OF PARAGOMINAS FROM SATELLITE DATA

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze structural parameters of a primary tropical forest in the municipality of Paragominas, Pará State, Brazil, correlating field data to satellite data obtained from the ETM+/Landsat-7. Floristic composition and structure of the primary forest were characterized using the biometric variables: tree density, basal area, wood biomass, stem volume and tree species diversity, considering individuals > 10 cm dbh. Considering the integration of the ETM+/Landsat-7 image and the field data, statistical analyses were performed to correlate the degree of linear dependency between biometric and digital variables obtained from the Normalized Difference of Vegetation Index (NDVI) and reflectance of the bands ETM 3 (visible region), ETM 4 (near infrared) and ETM 5 (medium infrared). Stepwise regression analysis was performed to determine from those digital variables that best explain each biometric variable. The synthetic images which resulted from the application of the regression models that were tested from the biometric variables were classified by the slicing method. Then, thematic maps of volume, biomass and basal area of the forest were generated from those images. The results showed correlation between the biometric variables basal area, volume, biomass and the digital variable NDVI. The estimation of biometric parameters using satellite data associated to field data was efficient showing that the numbers obtained from ETM+/Landsat-7 images allow to characterization of the primary forest structure in terms of biomass, volume and basal area. Remote sensing techniques can improve management activities of natural resources, mainly allowing the analysis of changes on the logging processes and conservation of primary forest areas.

Key words: forest structure, natural forest, satellite data, Normalized Difference of Vegetation Index, reflectance.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1.OBJETIVO GERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1.CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO.....	3
3.2. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	6
3.3. ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DA FLORESTA ATRAVÉS DE DADOS ORBITAIS	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1.CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO ONDE ESTÁ LOCALIZADA A ÁREA DE ESTUDO.....	10
4.2.PRODUTOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	12
4.2.1. Imagens Orbitais e Material Cartográfico	12
4.2.2. Sistema de Processamento de Imagens	12
4.2.3. Equipamento Complementar	13
4.3. OBTENÇÃO DE DADOS DE CAMPO.....	13
4.3.1 Aquisição de Pontos de Controle	13
4.3.2. Levantamento da Vegetação	13
4.3.3. Cálculo das Variáveis Biométricas da Floresta	15
4.4. PRÉ- PROCESSAMENTO DE IMAGENS	16
4.4.1. Georreferenciamento	16
4.4.2. Conversão dos Números Digitais (DN) para Reflectância	17
4.5. PROCESSAMENTO DE IMAGENS	17
4.5.1. Geração de Imagens Índice de Vegetação	17
4.6. OBTENÇÃO DE VALORES DIGITAIS NA IMAGEM ETM+ E DERIVADAS	18
4.7. PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO	18
4.8. CLASSIFICAÇÃO DIGITAL	19

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1. RELAÇÃO ESPÉCIE-ÁREA	20
5.2. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	21
5.3. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	23
5.4. CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA FLORESTA PRIMÁRIA	26
5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
5.5.1. Análise de Correlação entre Variáveis	30
5.5.2. Análise de Regressão	31
5.6. MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO	34
6. CONCLUSÕES	38
7. RECOMENDAÇÕES	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
ANEXO 1 – LISTA DE ESPÉCIES OCORRENTES EM UMA ÁREA DE FLORESTA PRIMÁRIA, MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ	47
ANEXO 2 – RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA	55
ANEXO 3 – RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE VOLUME	56
ANEXO 4 – RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE ÁREA BASAL	57
ANEXO 5 - VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS – BIOMASSA	58
ANEXO 6 - VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS – VOLUME.....	59
ANEXO 7 - VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS – ÁREA BASAL	60

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1- Curva de reflectância típica de uma folha verde e sadia	4
2 - Localização da Fazenda Rio Capim, propriedade da CIKEL Brasil Verde S.A., município de Paragominas – Pará	10
3 – Croqui de distribuição espacial das parcelas inventariadas em uma Unidade de Trabalho de 1000 x 1000m, em uma área da Fazenda rio Capim, Propriedade da CIKEL Brasil Verde S.A, no município de Paragominas - Pará.....	14
4 - Curva Espécie-Área para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm em uma floresta primária município de Paragominas – Pará	21
5 - Espécies mais abundantes para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, em uma floresta primária município de Paragominas – Pará	23
6 - Distribuição dos valores médios, máximos e mínimos de reflectância nas bandas ETM + 3, em município de Paragominas – Pará	27
7 – Valores observados e valores estimados de biomassa (a), volume (b) e área basal (c)	33
8– Mapa da biomassa (BIO) de uma floresta primária, Município de Paragominas – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “BIO = 1057,3239-1306,89 NDVI-411,06 REF3”	35
9 – Mapa do volume (VOL) de uma floresta primária, Município de Paragominas – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “VOL = 191,212-186,935 NDVI-24,893 REF4”	36
10 – Mapa da área basal (AB) de uma floresta primária, Município de Paragominas – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “AB = 47,8029-46,7338 NDVI-6,2234 REF4”	37

LISTA DE TABELAS

	Pág.
1 - Número acumulado de espécies novas em relação à área amostrada em uma floresta primária, Paragominas – Pará	20
2 –Valores de Densidade, Área Basal, Volume, Biomassa e Diversidade de espécies em 36 unidades de amostra inventariadas ($DAP \geq 10cm$) em uma floresta primária, Paragominas – Pará	24
3 - Distribuição dos valores de reflectância nas bandas ETM+ 3, 4 e 5 e valores de NDVI, das 36 unidades amostrais levantadas em uma floresta primária, no município de Paragominas – Pará	29
4 – Coeficientes de correlação entre variáveis biométricas e digitais obtidos através de função linear, para uma floresta primária em Paragominas-Pará	30
5- Parâmetros dos Modelos de Regressão aplicados para as variáveis Biomassa (BIO), Volume (VOL) e Área Basal (AB) de uma floresta primária, Paragominas-Pará	32

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE UMA FLORESTA PRIMÁRIA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, ATRAVÉS DE DADOS ORBITAIS.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade humana vai além dos recursos disponibilizados para a sua sobrevivência. Assim, a busca incansável para supri-la fez com que o homem se voltasse à floresta, de modo a obter produtos que se enquadrem aos seus objetivos. A exploração desordenada destes recursos ocasionou, de certa maneira, um avanço tecnológico e científico, visando utilizar a floresta do modo mais eficaz possível.

Desta forma, embora as florestas tropicais representem 40% do total de florestas do planeta e guardem mais da metade das espécies existentes, os principais usos do solo, sob o ponto de vista econômico e de extensão espacial, incluindo a agricultura nas suas diversas formas, a pecuária, a urbanização e as atividades de extração de recursos naturais vêm alterando as coberturas de vegetação natural e seminatural da terra em uma escala global (MACIEL, 2002).

Há, também, uma grande pressão nos trópicos, visando a ocupação das áreas de florestas primárias remanescentes. As conseqüências deste processo de destruição das florestas tropicais são várias, incluindo desde a redução significativa da base de recursos genéticos (biodiversidade) da biosfera (HAINES-YOUNG *et al.*, 1993) até a alteração do clima global, pela emissão de CO₂ e água (WOODWELL, 1984) ou pela mudança do albedo da terra (VERSTRAETE *et al.*, 1990). Impactos significativos poderão também ser sentidos devido à degradação dos solos, alteração dos regimes hídricos e aumento do fluxo de sedimentos (TURNER *et al.*, 1994).

Essa degradação do espaço, no contexto amazônico, vem sendo motivo de preocupação de pesquisadores, entidades de pesquisa e governos, principalmente pela intensificação do processo de ocupação e exploração de seus recursos naturais verificados nas últimas décadas, sem o devido conhecimento dos ecossistemas da região (WATRIN & ROCHA, 1992). Tais preocupações se devem ao fato de que a Amazônia brasileira se destaca por possuir a maior floresta tropical intacta do planeta (SKOLE *et al.*, 1994), e abriga mais da metade das espécies vegetais do mundo (MORAN *et al.*, 1994).

Neste ecossistema, as espécies interagem, formando uma estrutura ecológica dinamicamente complexa, que precisa ser conhecida em detalhe, para permitir a elaboração e aplicação correta dos planos de manejo silvicultural, proporcionando o aproveitamento racional dos recursos florestais (CARVALHO, 1982).

Entretanto, devido à sua dimensão, à dificuldade de acesso e à necessidade de análise periódica, o emprego de técnicas convencionais de levantamento da vegetação na região amazônica, muitas vezes, torna-se proibitivo, ou dificultoso. Assim, torna-se necessário o uso do sensoriamento remoto, a partir de sensores orbitais, como ferramenta adequada nas atividades de detecção e avaliação dos recursos naturais desta região (MACIEL, 2002).

Neste sentido, tem-se presenciado nas duas últimas décadas um vertiginoso avanço de sistemas computacionais, que propiciaram o desenvolvimento e refinamento de poderosos conjuntos instrumentais voltados ao mapeamento, análise e representação de fenômenos do mundo real. Esse conjunto de tecnologias, conhecido genericamente como geoprocessamento, compreende, dentre outras coisas, o desenvolvimento e uso de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas.

Assim sendo, o presente trabalho desenvolvido em uma área de floresta primária na Amazônia Oriental vem, em seu contexto global, fornecer subsídios aos procedimentos de avaliação de parâmetros estruturais da floresta, por meio de dados do satélite Landsat – 7.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi estimar parâmetros estruturais de uma floresta primária em uma área no município de Paragominas, Estado do Pará, relacionando dados biométricos (campo), com dados orbitais obtidos pelas imagens Landsat-7.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar a composição florística e a estrutura da floresta primária, através das variáveis biométricas: densidade das árvores, área basal, biomassa, volume e diversidade das espécies;
- b) Avaliar a relação existente entre as variáveis biométricas e as variáveis digitais da imagem Landsat - 7 e imagens sintéticas;
- c) Estimar parâmetros biométricos da floresta, a partir de dados orbitais, considerando a aplicação de modelos de regressão;
- d) Gerar mapas temáticos de variáveis biométricas, a partir de imagens sintéticas geradas pela aplicação dos modelos de regressão ajustados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO

De acordo com Hoffer (1978), o processo físico que envolve a resposta espectral da vegetação apresenta-se bastante complexo, sendo função de fatores de diferentes naturezas. Tais fatores podem ser divididos em dois grandes grupos, denominados de fatores endógenos e exógenos da vegetação. Os fatores endógenos relacionam-se aos aspectos morfológicos, anatômicos e estruturais das folhas, enquanto que os exógenos estão ligados aos aspectos quantitativos e qualitativos da radiação eletromagnética incidente sobre a vegetação. A Figura 1 apresenta a curva de reflectância de uma folha verde sadia, seus fatores influentes e as bandas de absorção de radiação eletromagnética.

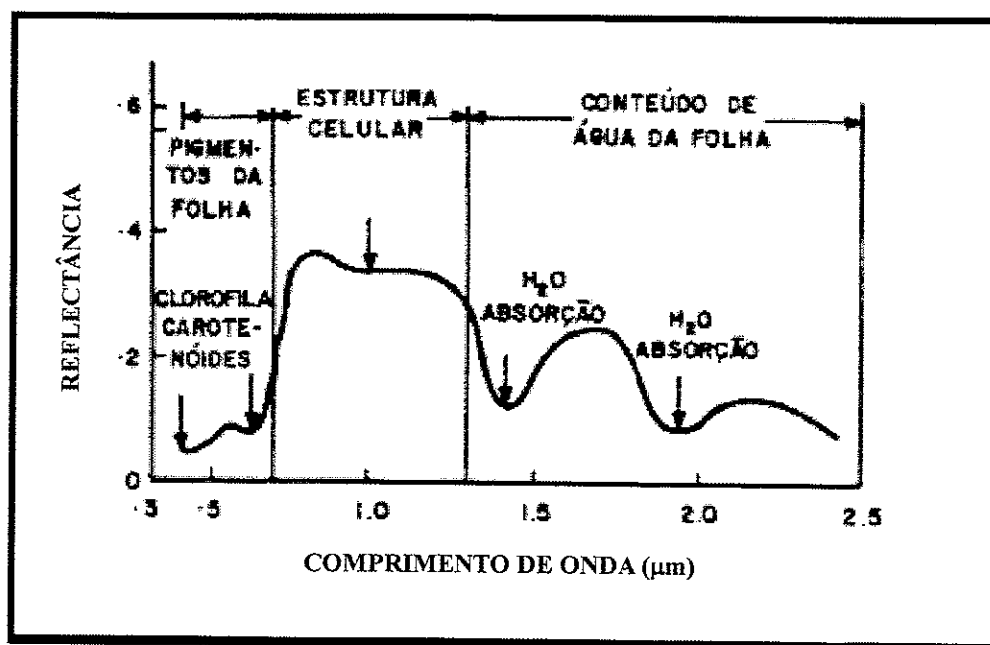


Figura 1- Curva de reflectância típica de uma folha verde e sadia.(Fonte adaptada de SWAIN e DAVIS (1978), p.232).

No intervalo do espectro eletromagnético (EEM) correspondente à região do visível (0,4 a 0,7 μm), evidencia-se, no geral, baixa reflectância decorrente de uma alta absorção de radiação eletromagnética (REM), por parte dos pigmentos fotossintetizantes, tais como clorofilas (verdes), carotenos (amarelos), xantofilas (amarelos) e as antocianinas (vermelhos), sendo que as concentrações destes pigmentos podem variar de planta para planta e de espécie para espécie (KUMAR, 1972; HOFFER, 1978; RICHARDS, 1986). Na banda centrada aproximadamente em 0,45 μm (azul), há absorção de radiação eletromagnética por todos os pigmentos, ocasionando valores muito baixos de reflectância nesta faixa espectral. Uma absorção menor na região do verde ocasiona um pico de reflectância em 0,55 μm , responsável pela coloração esverdeada da maioria das folhas. A banda do vermelho (0,65 μm), correspondente a de máxima absorção, sendo que, apenas a clorofila absorve radiação eletromagnética (KUMAR, 1972; HOFFER, 1978; RICHARDS, 1986; SZEKIELDA, 1988). Conforme Hoffer (1978), geralmente, os carotenos e as xantofilas são mascarados pela clorofila, mas durante o processo de senescência, os pigmentos amarelos tornam-se dominantes com o desaparecimento da clorofila, proporcionando uma coloração amarelada às folhas.

Na região do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μ m), a reflectância espectral da vegetação é dominada pela complexa estrutura interna da folha, sendo pouco afetada pelos pigmentos e pelo conteúdo de água (KUMAR, 1972; HOFFER, 1978; RICHARDS, 1986; SZEKIELDA, 1988). Gausman (1974) mencionou que a alta reflectância espectral das folhas nesta região é o resultado da interação da radiação incidente com a estrutura do mesófilo e que, fatores externos à folha, como disponibilidade de água, por exemplo, podem causar alterações na relação água-ar no mesófilo, e, por conseguinte, alterar a reflectância.

Na Figura 1 observa-se na região do infravermelho próximo um platô com altos níveis de reflectância (45- 50%), devido ao espalhamento da radiação eletromagnética pela estrutura interna, e baixíssimos níveis de absorção (menos de 5%) (KUMAR, 1972; HOFFER, 1978). Folhas com parênquima lacunoso mais compacto espalham menos a radiação eletromagnética incidente, apresentando menores valores de reflectância que folhas cujo parênquima possui mais espaços intercelulares. A alta reflectância observada nessa faixa é muito importante para que a folha mantenha o equilíbrio em balanço de energia e não se superaqueça, evitando assim, a destruição da folha. Segundo Kumar (1972), apesar dos níveis de reflectância no infravermelho próximo serem altos para a vegetação em geral, há variações de espécie para espécie.

No intervalo correspondente à região do infravermelho médio (1,3 a 2,6 μ m), a reflectância espectral das folhas é dominada por uma forte absorção de água, principalmente nas chamadas bandas de absorção, em 1,4 μ m, 1,9 μ m e 2,7 μ m (KUMAR, 1972; HOFFER, 1978; RICHARDS, 1986; SZEKIELDA, 1988). Os picos de reflectância ocorrem em 1,6 μ m e 2,2 μ m, entre as bandas de absorção. Quando o conteúdo de água na folha diminui, a reflectância nesta região aumenta.

No estudo do comportamento espectral de dosséis são exploradas, principalmente, as relações entre alguns parâmetros biofísicos e a reflectância espectral. Segundo Kumar (1972), as variações na reflectância de um dossel dependerão da quantidade de folhas dentro do mesmo, de suas orientações espaciais e da própria arquitetura do dossel, das condições geométricas de iluminação e de visada e das características espectrais dos elementos que o compõe.

Um dossel é constituído por muitos elementos da própria vegetação, assim como folhas, troncos, galhos, flores, etc. Um fluxo de radiação incidente sobre qualquer um destes elementos está sujeito a dois processos: reflexão e transmissão através do elemento. O destino do fluxo radiante incidente sobre um destes elementos é então dependente das características do fluxo

(comprimento de onda, ângulo de incidência e polarização) e das características destes elementos (propriedades superficiais, estrutura celular e composição química). Pelo fato de a folha ser o principal componente dentro do dossel, sob o ponto de vista do processo de interação mencionado, algumas considerações para folhas também são válidas para os dosséis. Silva e Ponzoni (1995) apresentaram algumas considerações sobre a comparação entre a reflectância espectral de folhas isoladas e a reflectância espectral de dosséis. De um modo geral, a reflectância espectral de folhas isoladas é superior àquela dos dosséis dos quais estas fazem parte, devido à presença de sombras no interior do dossel.

De acordo com Goel (1988), o fluxo solar incidente dentro do dossel em direção ao solo e depois em direção ao sensor, não depende somente das propriedades de espalhamento e absorção dos elementos da vegetação, mas também de suas densidades e orientações espaciais. Um elemento da vegetação existente dentro do dossel recebe dois tipos de radiação: a radiação solar que não é interceptada por qualquer outro elemento e a radiação solar que é interceptada e então espalhada por vários elementos. Da mesma forma, o sensor recebe vários tipos de fluxos: um fluxo espalhado somente uma vez por um único elemento (espalhamento único), um fluxo espalhado várias vezes por muitos elementos (espalhamento múltiplo), mas que não atingiu o solo e, finalmente, um fluxo refletido pelo solo, que atinge o sensor sem ser interceptado, é então espalhado na direção do sensor.

3.2. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Um índice de vegetação é um resultado numérico gerado por algumas combinações algébricas de bandas espectrais de sensores remotos e que podem trazer informações úteis sobre a vegetação observada em uma imagem (RICHARDS, 1986).

O desenvolvimento de metodologias para determinação de índices de vegetação teve seu maior incremento a partir da operacionalização, na década de 80, do sensor TM da série LANDSAT, com a finalidade inicialmente de acompanhar o desenvolvimento de culturas agrícolas. Esses índices tiveram seu uso estendido também para o mapeamento da vegetação e para sua avaliação com relação a desfolhamentos, colheitas e cortes rasos (SZEKIELDA, 1988). Diversos estudos têm demonstrado correlações significativas entre tais índices e parâmetros da vegetação, como o Índice de Área Foliar (LO, 1986; RUNNING *et al.*, 1989), funções fisiológicas dos dosséis, como capacidade fotossintética, produtividade e estresses (MYNENI *et*

al., 1995), além da biomassa (SANTOS, 1988).

O princípio dos índices de vegetação consiste na exploração do comportamento espectral da vegetação na região do vermelho, que apresenta baixa reflectância, e na região do infravermelho próximo, que apresenta alta reflectância (SHIMABUKURO e SMITH, 1995), este fenômeno está ligado ao processo de fotossíntese das plantas. Com o aumento quantitativo da vegetação, a reflectância na região do vermelho tende a diminuir, enquanto no infravermelho próximo tende a aumentar. Os índices de vegetação exploram este dinamismo, caracterizado por contrastes nos valores de reflectância destas duas bandas (JACKSON e HUETE, 1991; MYNENI *et al.*, 1995).

A escolha das bandas a serem utilizadas dependerá dos objetivos do trabalho, do objeto de estudo e da experiência do usuário (SHIMABUKURO e SMITH, 1995). No entanto, as bandas que têm se mostrado mais valiosas e assim mais utilizadas, são as relativas ao vermelho e ao infravermelho próximo (HUETE, 1988; BARET e GUYOT, 1991; MYNENI *et al.*, 1995). Devido à sua extensa aplicabilidade e simples implementação, vários índices de vegetação foram criados e modificados ao longo dos últimos anos.

Pearson e Miller (1972), utilizando dados de radiometria para estimar a fitomassa de gramíneas, sugeriram o Índice de Vegetação Razão Simples (SR), como resultante da relação entre resposta espectral no infravermelho próximo e no vermelho.

O uso do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para monitoramento da vegetação foi apresentado por Rouse *et al.* (1973), pelo qual o NDVI é resultante da relação da diferença entre infravermelho próximo e o vermelho e da adição do infravermelho próximo e do vermelho.

Robinove (1982) recomenda que os índices de vegetação devam ser obtidos a partir do emprego de valores de reflectância, que variam de 0 a 1, em substituição aos valores dos números digitais encontrados comumente as imagens de satélite. Estes valores podem ser discretizados dentro do intervalo 0 a 255, de modo que apresentem a mesma amplitude das imagens em valores de nível de cinza ou dentro do intervalo 0 a 1 ou 0 a 100, representando frações ou porcentagens da resposta da vegetação de um determinado "pixel".

Guyot e Gu (1994) demonstraram a necessidade da transformação de números digitais em valores de reflectância antes da interpretação de dados multiespectrais. Estes autores utilizaram dados do LANDSAT e do SPOT, com diferentes calibrações e bandas espectrais, para

obtenção de valores de NDVI para área e data específicas. Assim, como observado em Robinove (1982), foi verificado que os valores de NDVI calculados a partir de valores digitais apresentam erros, onde um mesmo valor de NDVI obtido por valores digitais pode corresponder a diferentes valores de NDVI obtidos em campo.

3.3 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS DA FLORESTA ATRAVÉS DE DADOS ORBITAIS

Estudos envolvendo relações entre parâmetros estruturais de florestas e parâmetros radiométricos existentes em imagens orbitais têm se tornado cada vez mais freqüentes (SANTOS, 1988; ARDÖ, 1992; SOUSA, 1997). Nesse contexto, os estudos desenvolvidos em florestas plantadas são mais freqüentes que aqueles em florestas naturais, principalmente nos casos de ambientes tropicais, haja vista a grande complexidade fitossociológica destas informações. Relações altas e negativas entre volume de madeira em povoamentos de coníferas e valores de radiância de imagens TM/LANDSAT foram mencionados por Horler e Ahern (1986), Ardö (1992) e Trotter *et al.* (1997), tendo a banda TM 5 se mostrado a mais sensível à variação do volume de madeira.

Zerbini e Santos (1993) aplicaram imagens transformadas para estimar biomassa foliar em floresta tropical, a partir de imagens TM/LANDSAT, em associações com dados de biomassa obtidos em campo. Os resultados mostraram que o NDVI para as áreas de floresta apresentou-se como bom discriminador das variações estruturais da floresta, na área de estudo.

Sousa e Ponzoni (1998) realizaram estudo visando o desenvolvimento metodológico para estimativas de parâmetros dendrométricos a partir de dados orbitais em áreas de reflorestamento. No estudo, foi avaliada a sensibilidade das bandas do satélite TM/LANDSAT 5 e de índices de vegetação para detecção de alterações no volume de madeira em reflorestamentos adultos e densos de *Pinus* sp. Acrescenta-se, ainda, que os povoamentos tiveram intervenções de desbaste. As análises realizadas com os dados orbitais mostraram fracas correlações com o volume de madeira.

Araújo (1999) analisou a utilização de imagens TM/LANDSAT e JERS-1 para quantificação de biomassa em áreas de contato floresta/savana, na região centro-norte do Estado de Roraima. Os resultados indicaram a existência de correlação significativa entre biomassa e

dados sensorizados, especialmente na análise das formações florestais, onde a variável referente aos valores digitais da banda TM4 do LANDSAT foi a que melhor se correlacionou com o parâmetro biofísico analisado.

Bernardes (1998) utilizou valores digitais, calculados a partir da aplicação de um modelo linear de mistura espectral e índices de vegetação, para analisar floresta primária e estágios sucessionais no interior e proximidades da Floresta Nacional de Tapajós, estado do Pará. Os valores digitais foram comparados e analisados com parâmetros biofísicos e indicaram elevada correlação com área basal e biomassa.

Nesses estudos, é comum a aplicação de testes estatísticos com o objetivo de avaliar o grau de correlação entre estes parâmetros, através de abordagens que incluem a análise individual da ação de um parâmetro específico sobre outro (variável independente versus variável dependente).

Freqüentemente são ajustados modelos entre parâmetros biofísicos e parâmetros radiométricos, de forma que seja possível inferir sobre as características de um dossel florestal a partir de dados de imagens orbitais. Santos *et al.* (1998) observaram correlação direta entre o retroespalhamento de uma imagem JERS-1 e valores de biomassa de áreas de floresta primária e sucessão secundária da Amazônia, com um $R^2 = 0,429$. Esta função teve melhor desempenho combinando-se as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/LANDSAT, obtendo-se, assim, um $R^2 = 0,774$ ($r = 0,88$).

A partir do emprego de imagens TM/LANDSAT, Amaral *et al.* (1996) obtiveram relações lineares para a sucessão secundária de áreas abandonadas na Amazônia, entre o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e IAF, e o NDVI e área basal, com $R^2 = 0,77$. Tais foram bem superiores aos obtidos por Box *et al.* (1989), ou seja, $R^2 = 0,0547$ para IAF e NDVI, e um $R^2 = 0,118$ entre NDVI e biomassa. Em florestas de *Pinus spp.*, Jakubauskas e Price (1997) obtiveram $R^2 = 0,62$ para a relação IAF e NDVI, e de $R^2 = 0,59$ para a relação biomassa e NDVI. Por outro lado, Kazmierczak (1992) observou, para *Pinus spp.* e *Araucaria angustifolia*, que a melhor variável para relacionamento foi a área basal, com a banda 5 do TM/LANDSAT, para ambos os povoamentos, mas com ajustes fracos: $R^2 = 0,3594$ para *Araucaria angustifolia* e $R^2 = 0,6593$ para *Pinus spp.*

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO ONDE ESTÁ LOCALIZADA A ÁREA DE ESTUDO

Localização: O estudo foi realizado na fazenda Rio Capim, que possui uma área de 140.658 ha pertencente a Cikel Brasil Verde S/A, localizada no município de Paragominas, entre as coordenadas geográficas $03^{\circ}30'$ e $03^{\circ}45'$ de latitude Sul e $48^{\circ}30'$ e $48^{\circ}45'$ de longitude Oeste (Figura 2), distante cerca de 320 km de Belém, Estado Pará.

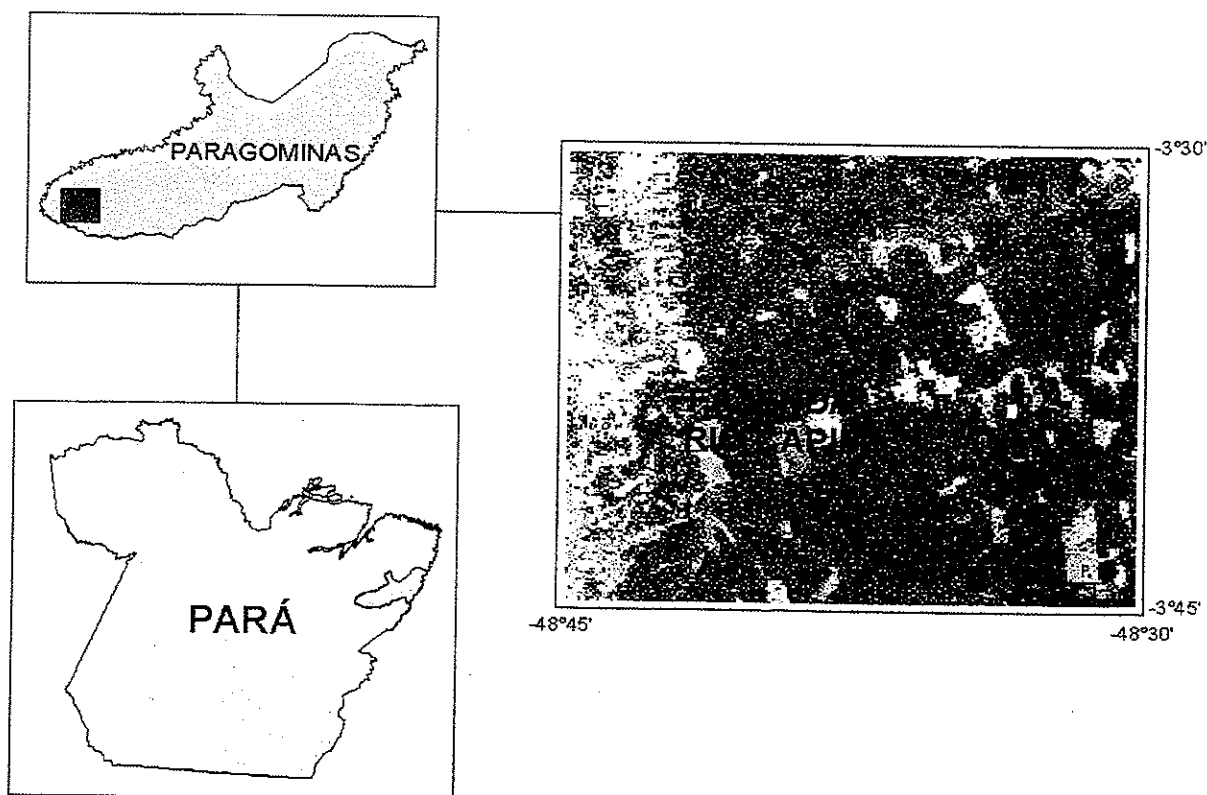


Figura 2 - Localização da Fazenda Rio Capim, propriedade da CIKEL Brasil Verde S.A., no município de Paragominas - Pará.

Clima: O clima da região, onde está inserida a área de estudo, é caracterizado por possuir períodos de elevados índices de precipitação pluviométrica, 250mm mensais, e períodos de baixos índices, chegando a alcançar até dois meses sem precipitação. Segundo a classificação de Köppen, o clima dominante na região é do tipo “Am” (tropical chuvoso, com chuvas de monção). Com base na análise de dados oriundos da estação meteorológica de Paragominas, o período chuvoso tem início em novembro/dezembro, prolongando-se a março/abril com precipitação pluviométrica anual de 1.800 a 2.100 mm. A temperatura média anual varia de 24 a 26 °C. A umidade relativa é alta, com valores entre 80 e 85% (SUDAM, 1993).

Relevo: A área apresenta uma topografia que vai de plana a suavemente ondulada, com altitude média de 20m em relação ao nível do mar. Situa-se no Domínio Morfoestrutural dos Planaltos em Seqüências Sedimentares Não Dobradas, caracterizados por superfícies estruturais aplainadas, na forma de extensos chapadões, com altitudes médias em torno de 200 m, tais áreas são limitadas por planaltos dissecados sob a forma de cristas, interflúvios tabulares e desenvolvidos em rochas sedimentares constituídas de argilitos, da Formação Ipixuna, do período Cretáceo Superior e pertencente à Bacia do Grajaú e por planícies aluviais (SOMBROEK, 1986).

Solo: Os principais solos na região do município de Paragominas são: Latossolos Amarelos; Argissolos Amarelos; Plintossolos; Gleissolos; e Neossolos (SILVA, 1997). Os solos apresentam fertilidade muito baixa, condicionados pela baixa reserva de nutrientes essenciais a diversas culturas, principalmente cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além de alta saturação por alumínio. Os Latossolos Amarelos de textura média e muito argilosa são dominantes nos municípios próximos ao da área de estudo, e os Latossolos e Argissolos encontrados em áreas de relevo plano e suave ondulado, sem presença de concreções lateríticas, possuem boas propriedades físicas como profundidade, drenagem, permeabilidade e friabilidade. Já os Latossolos e Argissolos que não apresentam também concreções lateríticas na massa do solo, necessitam de correções para o uso agrícola (MORAIS CRUIA *et. al.*, 1999).

Hidrografia: A área do projeto é banhada pela bacia do rio Capim, que limita a área a noroeste, e o do rio Surubijú, que faz limite ao sul (WATRIN & ROCHA, 1992).

Vegetação: Segundo IBGE (1992), os seguintes ambientes fitoecológicos são definidos na área de estudo:

- Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, também conhecida como Floresta Equatorial Úmida de Terra Firme. Este tipo é caracterizado por fatores tropicais e elevadas temperaturas e de altas precipitações bem distribuídas durante o ano, o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco;
- Floresta Ombrófila Aberta Mista de Cipó e Palmeira; e
- Floresta Ombrófila Aluvial, conhecida também como Floresta Equatorial Úmida de Várzea. Trata-se de uma formação ribeirinha ou floresta ciliar que ocorre ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias. É formada por algumas palmeiras, muitas lianas lenhosas e herbáceas, além de grande número de epífitas e poucas parasitas.

4.2 PRODUTOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

4.2.1 Imagens Orbitais e Material Cartográfico

Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-7 bandas 3, 4 e 5, sensor ETM +, órbita-ponto 223-063, adquirida em 27/08/2002 e cartas topográficas do DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) SA-22-Z-D-V e SA-22-Z-D-II em escala de 1:100.000, objetivando principalmente dar suporte cartográfico às informações obtidas a partir das imagens digitais.

4.2.2 Sistema de Processamento de Imagens

Para as etapas de pré-processamento e processamento dos dados digitais, foi empregado o programa *Environment for Visualizing Images* (ENVI 3.2).

4.2.3 Equipamento Complementar

Para o auxílio no deslocamento em campo, bem como na alocação adequada dos pontos de amostragem na imagem georreferenciada, foi utilizado o *Global Positioning System* (GPS), instrumento que fornece a localização por coordenadas geográficas.

4.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CAMPO

As atividades desenvolvidas no campo foram divididas em duas etapas sequenciais: aquisição de pontos de controle e levantamento da vegetação.

4.3.1 Aquisição de Pontos de Controle

Visando o georreferenciamento da imagem, foram coletadas as posições geográficas de pontos de controle, através de GPS, procurando-se coletar pontos de fácil identificação na imagem e que a cobrissem por completo.

4.3.2 Levantamento da Vegetação

Em uma área de floresta primária de 100 ha (Unidade de trabalho - UT 02 da Unidade de Produção Anual - UPA 07), na Fazenda Rio Capim, foram estabelecidas, aleatoriamente, 36 parcelas quadradas de 0,25 ha (Figura 3). Nessas parcelas foram inventariadas todas as árvores com $DAP \geq 10\text{cm}$. O diâmetro foi medido a 1,30 m do solo ou em outra posição no fuste, livre de defeitos. Nas árvores com sapopemas, a medição foi feita em um ponto acima da influência das mesmas.

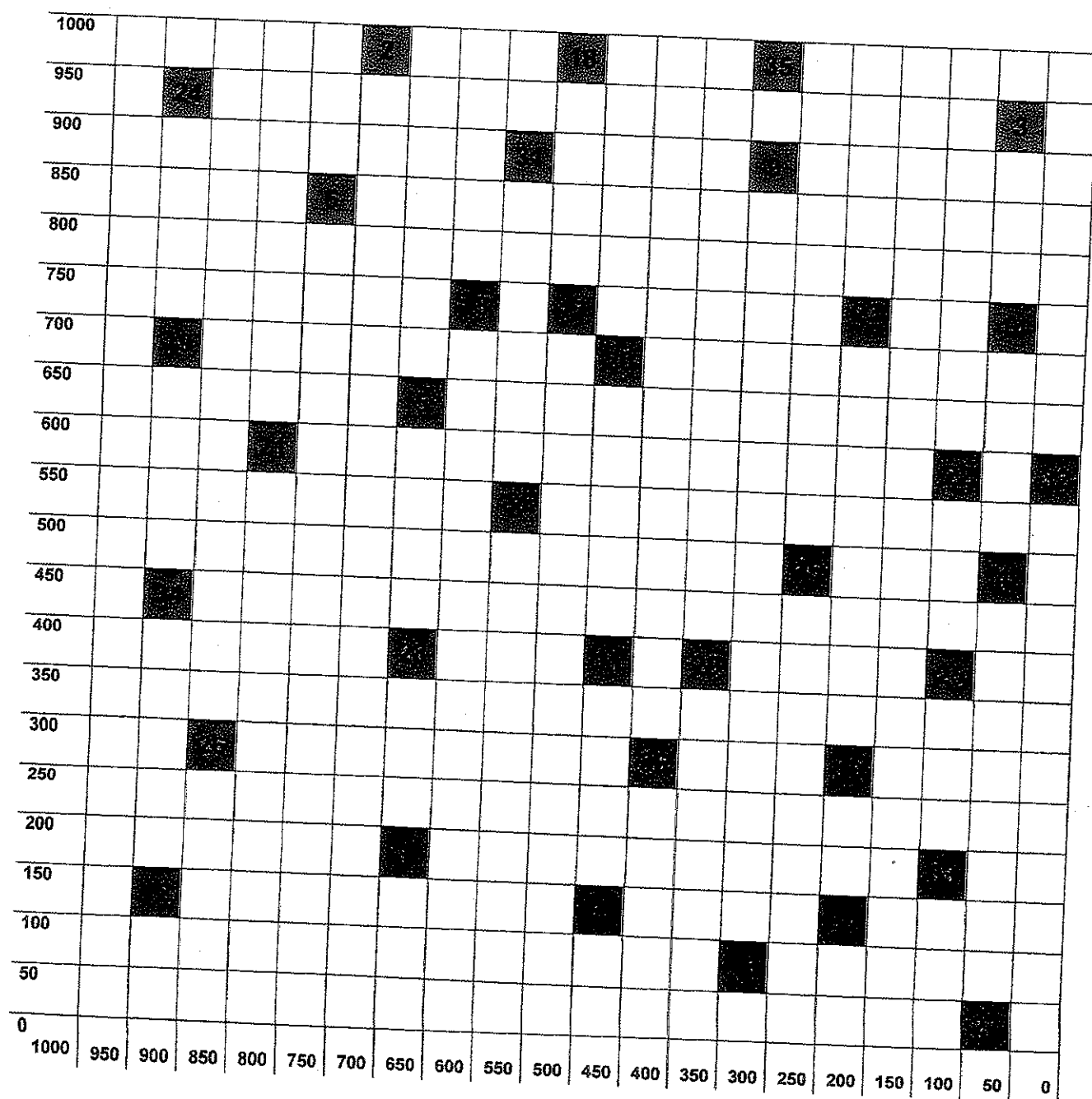


Figura 3 – Croqui da distribuição espacial das parcelas inventariadas em uma Unidade de Trabalho de 1000 x 1000m, em área da Fazenda Rio Capim, propriedade da CIKEL Brasil Verde S.A., no município de Paragominas - Pará.

4.3.3 Cálculo das Variáveis Biométricas da Floresta

As variáveis biométricas estudadas foram: densidade, área basal, biomassa, volume e diversidade de espécies, sendo os cálculos realizados considerando todos os indivíduos levantados nas unidades de amostra (parcelas amostrais). A densidade foi definida como o número de árvores por unidade de área (1 ha), enquanto a área basal foi computada como sendo a somatória das áreas transversais de todas as árvores existentes em um hectare, sendo expressa em m^2/ha .

A biomassa da vegetação, definida como sendo o peso seco de material vivo por unidade de área, foi estimada através do método indireto que consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil medição e que não requeira a destruição do material vegetal. De acordo com Brown *et al.* (1989), a biomassa é estimada utilizando-se equações matemáticas que descrevem a relação entre peso seco e outras variáveis independentes da árvore, como DAP e altura total.

Para a análise da biomassa, utilizaram-se as equações definidas por Higuchi *et al.* (1998), como sendo as mais adequadas para vegetação de floresta tropical úmida de terra firme, pois produzem estimativas confiáveis desta variável, com desvios inferiores a cinco por cento (5%).

Para o cálculo da biomassa, obtida em kg/ha , levou-se em consideração as seguintes condições:

- Para indivíduos com $10\text{ cm} \leq \text{DAP} < 20\text{ cm}$, utilizou-se a seguinte equação:

$$\ln P = -1,754 + 2,665 \ln \text{DAP}$$

- Para indivíduos com $\text{DAP} \geq 20\text{ cm}$, estimou-se a seguinte fórmula:

$$\ln P = -0,151 + 2,170 \ln \text{DAP}$$

onde;

P = peso da massa fresca de cada árvore.

O volume foi calculado para árvores com $\text{DAP} \geq 20\text{ cm}$, considerando que não há equações para a região amazônica que considere diâmetros a partir de 10 cm. Utilizou-se a equação definida por Baima *et al.* (2001), para florestas de terra firme, similares as existentes no município de Moju, que é a seguinte:

$$\ln V = -7,49337 + 2,086952 \ln \text{DAP}$$

onde;

V = volume com casca (m³).

DAP = diâmetro a 130 cm do solo (cm).

Para a análise de diversidade florística foi utilizado o Índice de Shannon-Weaver (H') (1949), dado por:

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

onde,

$p_i = n_i/N$, a porção da abundância da i-ésima espécie em relação ao total de espécies.

4.4 PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS

4.4.1 Georreferenciamento

O georreferenciamento foi realizado através dos pontos de controle coletados em campo e com o registro imagem-mapa. A maioria dos pontos de controle foi adquirida por GPS, porém, visando a distribuição regular de pontos em toda a imagem, houve a necessidade de aquisição destes pontos, através de carta topográfica. Através dos dez pontos de controle utilizados foi gerado um erro menor que um "pixel" (RMS=0,6).

O polinômio de transformação implementado foi o de 1º grau e a reamostragem dos "pixels" na imagem foi realizada pelo método do vizinho mais próximo, visando manter as características radiométricas da imagem original, devido a menor alteração dos níveis de cinza da imagem de saída, o que é desejável para as condições de processamento posterior.

4.4.2 Conversão dos Números Digitais (DN) para Reflectância

De acordo com Rosa (1995), nas análises de sensoriamento remoto é importante o conhecimento de radiância, que é a quantidade de radiação que deixa determinada superfície por

unidade de área, em uma direção de medida, incluindo tanto a radiação emitida como a radiação refletida pelos alvos. Desta forma, pode-se obter subsídios para calcular a reflectância.

- Transformação dos valores de DN em valores de radiância:

$$L_{\lambda} = L_{\min\lambda} + (L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}) \cdot Q_{\text{cal}} / Q_{\text{calmax}}$$

onde,

L_{λ} = radiância espectral, em $\text{mw.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{mm}^{-1}$;

Q_{cal} = radiância calibrada e reescalada para o intervalo 0 a 255, em unidades de número digital;

$L_{\min\lambda}$ = radiância espectral correspondente ao $Q_{\text{cal}} = 0$, em $\text{mw.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{mm}^{-1}$;

$L_{\max\lambda}$ = radiância espectral correspondente ao $Q_{\text{cal}} = 255$, em $\text{mw.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{mm}^{-1}$;

Q_{calmax} = valor máximo de radiância, reescalada para número digital.

- Transformação dos valores de radiância a valores de reflectância

$$\rho = (\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2) / (E_{\text{sol}\lambda} \cdot \cos \theta_s)$$

onde,

ρ = reflectância medida em nível do satélite, adimensional;

L_{λ} = radiância espectral no detetor, em $\text{mw.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{mm}^{-1}$;

d = distância Terra-Sol, em unidades astronômicas;

$E_{\text{sol}\lambda}$ = irradiância solar exoatmosférica média, em $\text{mw.cm}^{-2}.\text{mm}^{-1}$;

θ_s = ângulo zenital solar, em graus.

4.5 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

4.5.1 Geração de Imagem - Índice de Vegetação

A fim de promover a melhor caracterização das formações florestais da área de estudo, foi empregado o índice de vegetação NDVI, que é dado pela seguinte fórmula:

$$NDVI = \left(\frac{IVP - VM}{IVP + VM} \right)$$

onde,

IVP = reflectância na banda referente ao infravermelho próximo;

VM = reflectância na banda referente ao vermelho;

Neste trabalho, para a obtenção da imagem NDVI, foram empregadas as bandas ETM+ 3 (vermelho) e ETM+ 4 (infravermelho próximo).

4.6. OBTENÇÃO DOS VALORES DIGITAIS NA IMAGEM ETM+ E DERIVADAS

As unidades de amostra de campo foram sobrepostas às imagens originais e sintéticas, sendo então extraídos os valores digitais correspondentes às mesmas. As unidades amostrais também foram sobrepostas às imagens de reflectância e imagens NDVI, onde, de maneira análoga ao procedimento anterior, foram extraídos os valores digitais médios dos "pixels" correspondentes a cada uma das unidades amostrais de campo de 50 x 50 m.

4.7 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

Visando avaliar a capacidade de utilização de imagens de satélite para a caracterização quantitativa da floresta, procurou-se estabelecer a relação entre os dados de campo e os valores extraídos das imagens, empregando os procedimentos estatísticos descritos a seguir.

Inicialmente procedeu-se a uma análise de correlação entre as variáveis biométricas e digitais, a fim de determinar o grau de dependência linear entre elas, empregando-se função linear e exponencial, definidas por:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \epsilon_i \longrightarrow \text{linear}$$

$$y_i = \alpha \cdot e^{\beta x_i} + \epsilon_i \longrightarrow \text{exponencial, que linearizando tem-se:}$$

$$\ln y_i = \ln \alpha + \beta x_i + \ln \epsilon_i$$

Nestes modelos tem-se que:

y_i = variável dependente referente aos valores de densidade, área basal, biomassa, volume e diversidade na i -enésima observação;

x_i = variável independente na i -enésima observação referente aos valores de reflectância, índice de vegetação, proporção e textura.

α, β = coeficientes de regressão;

ϵ_i = erro aleatório com média zero e variância constante.

Os dados de campo foram relacionados às imagens através de modelo de regressão, função estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas para que se possa fazer a previsão de uma variável com base em outra(s) (NETER e WASSERMAN, 1974). Na análise de regressão, uma variável aleatória y , denominada dependente, é relacionada à outra variável x , independente. No caso, as variáveis: densidade, área basal, biomassa, volume e diversidade foram consideradas variáveis dependentes e os valores digitais extraídos das imagens reflectância, índice de vegetação e proporção correspondentes às unidades amostrais, considerados variáveis independentes.

Visando avaliar a utilização conjunta dos dados oriundos de todas as imagens geradas, foram efetuadas análises de regressão múltipla. Na determinação da variável ou variáveis que melhor expliquem a variação em y , foi empregado o método de regressão *Stepwise* e, posteriormente, procedeu-se à análise de resíduos. Os resíduos, por sua vez, foram definidos como a diferença entre os valores observados (y) e os valores estimados ($\hat{y}$) pela regressão. Tal procedimento é, portanto, uma maneira simples e efetiva de detectar deficiências no modelo empregado na análise de regressão (CHATERJEE e PRICE, 1977).

As análises foram feitas utilizando-se o pacote estatístico STATISTICA (STATSOFT, 2001).

4.8 CLASSIFICAÇÃO DIGITAL

A classificação de imagens digitais consiste em identificar nas mesmas os diferentes alvos, fenômenos ou feições que apresentam padrões espectrais similares e atribuí-los a uma determinada classe. Assim sendo, os modelos ajustados foram aplicados e as imagens sintéticas resultantes foram classificadas através de fatiamento, que consiste em realçar os "pixels" cujas intensidades se situam dentro de um intervalo especificado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, analisaram-se os resultados do trabalho de campo, caracterizando a floresta primária, para definir os parâmetros biométricos, que são necessários para relacionar as informações de campo com as orbitais. Posteriormente, são apresentados os resultados alcançados com as técnicas de processamento de imagens aplicadas à imagem ETM+/Landsat-7 (índice de vegetação e reflectância). Finalmente, são apresentados os resultados obtidos com a integração dos dados a partir da análise estatística da relação existente entre os dados de campo e os valores oriundos das diferentes imagens.

5.1 RELAÇÃO ESPÉCIE - ÁREA

Na relação espécie-área definida para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, detectou-se a ocorrência de 198 espécies na amostragem de 9 ha (Tabela 1).

Tabela 1 - Número acumulado de espécies em relação à área amostrada em uma floresta primária, Paragominas - Pará.

DAP ≥ 10 cm		DAP ≥ 10 cm	
Unidade de Amostra (0,25 ha)	Nº Acumulado de Espécies Novas	Unidade de Amostra (0,25 ha)	Nº Acumulado de Espécies Novas
1	43	19	179
2	66	20	182
3	88	21	185
4	100	22	187
5	116	23	188
6	124	24	188
7	130	25	190
8	134	26	191
9	141	27	193
10	149	28	193
11	156	29	195
12	157	30	196
13	162	31	196
14	168	32	197
15	170	33	197
16	174	34	197
17	177	35	197
18	177	36	198

A curva espécie-área (Figura 4) apresentou-se bastante íngreme até a décima quarta parcela, correspondendo aos primeiros 3,5 ha. Desta forma, houve, neste intervalo, um aumento expressivo no número de espécies, atingindo 168, o que corresponde a 84,85% do total das espécies levantadas. Entre as unidades 14 e 29, foi observada uma variação menos acentuada na curva, podendo-se esperar 195 espécies, o que representa, aproximadamente, 98,48% do número total de espécies. A partir da vigésima nona unidade de amostra (7,25 ha) a curva tende a se estabilizar.

Desta forma, considerou-se que a tendência da estabilidade da curva espécie-área foi suficiente para cobrir a variação florística da área estudada.

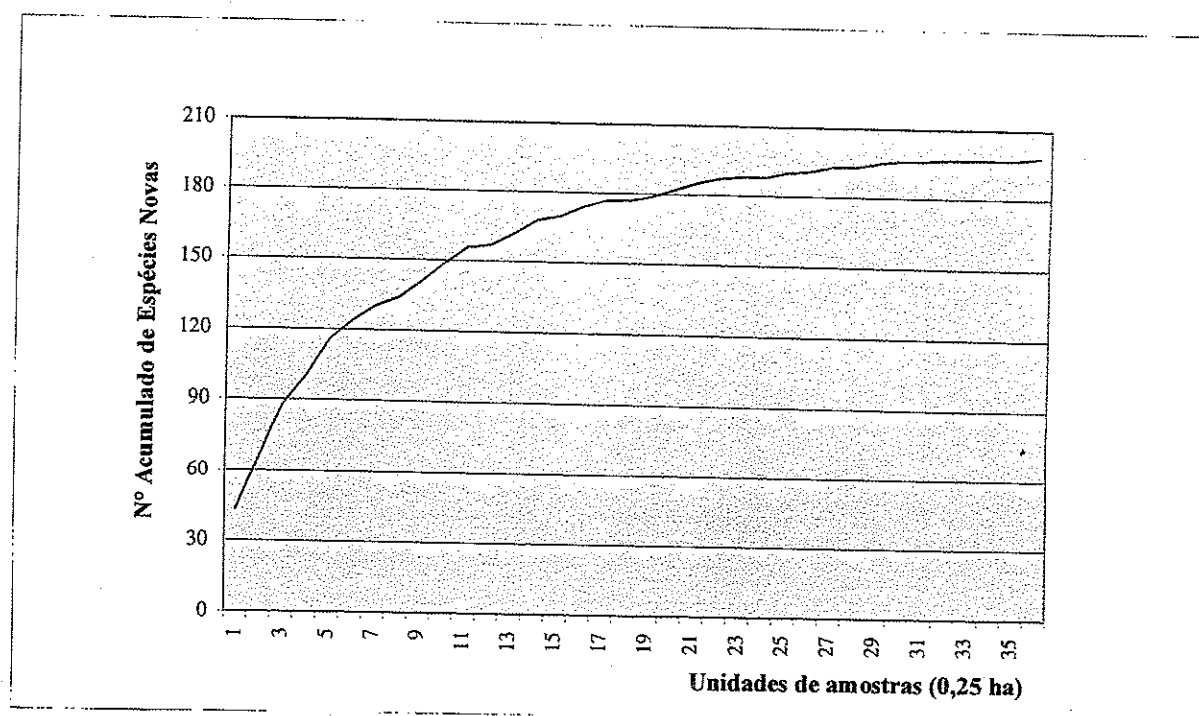


Figura 4 - Curva Espécie-Área para indivíduos com DAP ≥ 10 cm, em uma floresta primária no município de Paragominas – Pará.

5.2 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Na área amostrada ocorreram 4.461 indivíduos, pertencentes a 243 espécies, distribuídas em 147 gêneros e 51 famílias, com destaque a Leguminosae mimosaceae que, apesar

de apresentar um número de indivíduos relativamente menor que as famílias Sapotaceae e Leguminosae caesalpiniaceae, representa grande importância para a composição florística da área de estudo, contribuindo com 21 espécies (8,64% do total), sendo em termos de riqueza, a família mais importante. Em termos de riqueza de espécies, seguem uma ordem de importância a família Sapotaceae com 18 (7,40%), Leguminosae caesalpiniaceae com 16 (6,58%), Moraceae com 14 (5,76%) e Leguminosae papilionaceae com 13 (5,35%).

Whitmore (1990) cita que a dominância da família Leguminosae destaca-se por apresentar várias espécies em florestas neotropicais. Vários trabalhos comprovam essa afirmativa, tais como observado por Rodrigues *et al.* (1997), que em levantamentos em áreas nos municípios de Acará e Tailândia (PA), verificaram a dominância da família Leguminosae (*sensu lato*), registrando 37 espécies (20,79% do total).

A falta de padronização nos diversos trabalhos realizados na Amazônia em relação ao DAP mínimo torna difícil a comparação de resultados. Pinheiro (2004), analisando indivíduos com $DAP \geq 20$ cm, em uma área vizinha a desta pesquisa, no município de Paragominas (PA), registrou 2.326 indivíduos, em 163 espécies, 109 gêneros e 45 famílias. Em uma floresta primária de terra firme no município de Moju (PA), Maciel (2002) levantou 1.207 indivíduos, $DAP \geq 10$ cm, registrando a ocorrência de 92 espécies, distribuídas em 69 gêneros e 34 famílias. Em levantamento feito por Silva *et al* (1998), na reserva florestal da EMBRAPA, também no município de Moju (PA), foram encontradas cerca de 52 famílias e 270 espécies, considerado indivíduos com $DAP > 15$ cm. Nessa mesma área, Soares *et al* (1998) inventariaram todos os indivíduos com $DAP \geq 5$ cm, e registraram 1.158 indivíduos pertencentes a 169 espécies, 120 gêneros e 45 famílias. Por outro lado, Costa *et al.* (1998) registraram 4.239 indivíduos, 72 espécies, 53 gêneros e 24 famílias, considerado $25 \text{ cm} \leq DAP \leq 45 \text{ cm}$.

No presente estudo, dos 4.461 indivíduos registrados, 49,41% do total estão distribuídos em apenas 7 espécies, que foram as mais abundantes (Figura 5): *Eschweilera amazonica* R. Knuth (jatereu) com 555 indivíduos (12,44%), *Pouteria* sp (abiu), com 394 (8,83%), *Rinorea flavescens* (Aubl.) Kuntze (canela-de-jacamim), com 340 indivíduos (7,62%),

Eperua bijuga Mart. ex Benth (cocão), com 332 (7,44%), *Eschweilera blanchetiana* (O. Berg) Miers (matamatá-preto), com 288 (6,45%) indivíduos, *Inga* sp. (ingá) com 182 indivíduos (4,08%) e, *Protium* sp (breu), com 113 (2,53%).

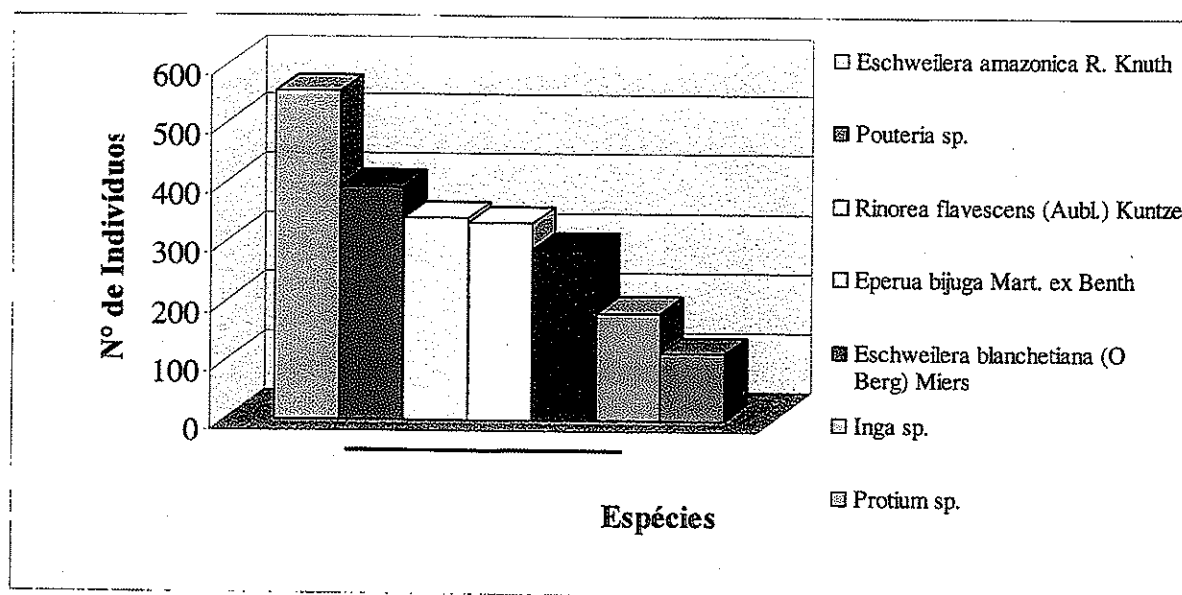


Figura 5 - Espécies mais abundantes para indivíduos com DAP ≥ 10 cm, em floresta primária no município de Paragominas, Pará..

Analisando a densidade das famílias, Lecythidaceae é a que possui maior número de indivíduos (967), o que correspondendo a 21,67% do total, resultado este bem próximo àquele verificado por Pinheiro (2004) que encontrou 26,17% do total de espécies para esta família. Ribeiro *et al.* (1999) afirmam que nem sempre a família com maior abundância é a que detém a maior riqueza de espécies, além de que existe o predomínio de poucas famílias com maior número de indivíduos como expressão de dominância na área. Assim, no presente estudo, a família Leguminosae (sensu lato) apresentou maior número de espécies e a família Lecythidaceae, o maior número de indivíduos, entre todas as espécies analisadas (ANEXO 1).

5.3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Os resultados obtidos para as variáveis densidade, área basal, biomassa, volume e diversidade de espécies nas 36 unidades amostrais, considerando indivíduos com DAP ≥ 10 cm,

encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de Densidade, Área Basal, Volume, Biomassa e Diversidade de espécies em 36 unidades de amostra ($DAP \geq 10\text{cm}$), em uma floresta primária, Paragominas – Pará

Parcela	Densidade (Nº de ind/ha)	Área Basal m^2/ha .	Volume m^3/ha .	Biomassa (ton/ha)	Diversidade (Shannon-Weaver)
1	520	29,5478	118,1912	534,4161	2,950
2	524	23,4380	93,7519	393,6625	3,291
3	516	29,4957	117,9827	537,9939	3,281
4	420	27,4043	109,6173	518,3505	3,404
5	508	31,4112	125,6449	586,1648	3,396
6	516	38,4330	153,7319	766,1778	3,423
7	484	22,9884	91,9537	406,6667	3,572
8	468	25,3968	101,5870	463,1764	3,035
9	520	19,4089	77,6356	303,6752	3,206
10	516	17,4096	69,6386	249,0772	3,581
11	480	28,5402	114,1606	531,1498	3,530
12	520	21,6728	86,6912	358,0658	3,223
13	520	23,5512	94,2046	403,1458	3,337
14	492	30,3461	121,3844	578,5698	3,438
15	412	32,6601	130,6403	646,5935	3,227
16	444	22,3233	89,2933	387,9240	3,220
17	500	29,5198	118,0793	546,5977	3,561
18	564	27,7789	111,1158	484,2353	3,166
19	532	32,4188	129,6751	607,7903	3,423
20	520	22,8156	91,2623	385,4882	3,636
21	512	27,3331	109,3325	484,5991	3,455
22	516	18,6627	74,6506	278,8328	3,103
23	532	26,1399	104,5597	459,8117	3,387
24	508	23,9771	95,9085	410,4741	3,395
25	536	26,0572	104,2290	457,8812	3,615
26	416	29,4721	117,8883	567,9266	2,894
27	516	29,0009	116,0036	544,0159	3,320
28	440	24,0848	96,3393	429,4324	3,076
29	508	30,2219	120,8876	544,3028	3,555
30	464	29,8016	119,2065	566,2750	3,270
31	536	30,4022	121,6086	563,7633	3,357
32	440	26,0060	104,0240	480,8500	3,078
33	532	21,2079	84,8316	343,8555	3,572
34	448	25,3826	101,5302	461,4725	3,183
35	536	28,6629	114,6516	513,9335	3,621
36	428	28,7310	114,9241	555,1140	3,298
$\bar{x}$	495,6667	26,7140	106,8560	481,9850	3,3354
s	40,3683	4,3683	17,7779	107,2088	0,1966

Para a variável densidade, observa-se que a amplitude de valores, nas unidades de amostra levantadas, está entre 412 a 564 ind/ha, caracterizando valores médios de 495,6667 ind/ha ($S = 39,8037$). Maciel (2002), para a variável densidade, em levantamento no município de Moju (PA), observou que a amplitude de valores nas unidades de amostra levantadas estava entre 186 a 511 ind/ha, para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm. Carvalho (1999) encontrou valores variando de 140 a 302 ind/ha, para indivíduo com $DAP \geq 30$ cm na Floresta Nacional do Tapajós (PA). Maciel (1998), analisando indivíduos com $DAP \geq 25$ cm na Floresta Nacional de Caxiuanã, PA, encontrou valores entre 99,71 árv/ha a 168,67 árv/ha.

Em relação à área basal das árvores, observou-se que a média foi de, aproximadamente, 26,71 m²/ha, para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, com valores variando entre 17,41 e 38,43 m²/ha. Maciel (2002), no município de Moju (PA), analisando indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, encontrou valores entre 10,48 a 32,45 m²/ha. Na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA), Maciel (1998), analisando indivíduos com $DAP \geq 25$ cm, encontrou valores entre 15,63 e 26,6 m²/ha. Carvalho (1999) encontrou valores variando de 30,99 a 70,33 m²/ha, para indivíduos com $DAP \geq 30$ cm na Floresta Nacional do Tapajós (PA). Resultados superiores foram observados por Barros (1986), que encontrou um valor médio de 29,8 m²/ha, analisando indivíduos com $DAP \geq 5$ cm em floresta no Planalto de Curuá- Una, PA.

Na área de estudo, a variável volume apresentou valores entre 69,6386 e 153,7319 m³/ha, para indivíduos com $DAP \geq 20$ cm. Maciel (2002), no município de Moju (PA), analisando indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, encontrou valores entre 135,28 e 450,99 m³/ha. Também no município de Moju (PA), o volume encontrado por Costa *et al* (1998), variou entre 30,52 e 42,51 m³/ha, para indivíduos com $DAP \geq 45$ cm. Na Floresta Nacional do Tapajós (PA), Carvalho (1999) encontrou valores entre 475,62 e 1.164,45 m³/ha, para indivíduo com $DAP \geq 30$ cm. Silva *et al* (1985), analisando indivíduos com $DAP > 45$ cm, encontraram volumes inferiores a 113 m³/ha, na Floresta Nacional do Tapajós, PA.

Com relação à biomassa, encontrou-se, em média, 481,98 ton/ha, para indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, com valores variando entre 249,07 e 766,18 ton/ha. Maciel (2002), no município

de Moju (PA), analisando indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, encontrou uma amplitude de 104,24 a 342,38 ton/ha de biomassa total na área amostrada. Bernardes (1998) encontrou, na Floresta Nacional do Tapajós (PA), um valor médio de 267 ton/ha. Araújo (1999) encontrou valores considerados baixos, de 108,75 e 127,85 ton/ha, afirmando que este comportamento se deve às características da formação florestal estudada, composta por indivíduos com altura média de 14 m e de 23,20 m de diâmetro. Zerbini e Santos. (1993) estimaram a fitomassa de uma floresta densa de terra firme no município de Oriximiná (PA), encontrando valores entre 480 e 198 ton/ha para indivíduos com $DAP \geq 7$ cm.

A diversidade florística, determinada pelo Índice de Shannon-Weaver (H'), variou entre 2,89 e 3,64, mostrando que na área de estudo a diversidade de espécies é, relativamente baixa, em relação aos padrões amazônicos. Valores semelhantes foram encontrados por Pinheiro (2004), que obteve um índice de 3,8, para uma área vizinha, na mesma floresta, onde foi realizado este estudo. Maciel (1998), em uma floresta de terra firme em Caxiuanã, Pará, encontrou valores variando entre 3,5 e 3,82. Barros (1986), para a região de Curuá-Una, PA, encontrou índice de diversidade de 3,32. Um baixo valor no índice de diversidade, segundo Wilson *et al.* (1996) indica que uma ou poucas espécies são altamente abundantes e, por outro lado, um alto valor neste índice indica que muitas espécies são igualmente abundantes nas comunidades.

O comportamento de tais resultados comprovam a heterogeneidade de florestas na Amazônia, em relação a densidade, área basal, volume, biomassa e diversidade de espécies.

5.4 CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA FLORESTA PRIMÁRIA

A Figura 6 mostra os valores médios, máximos e mínimos de reflectância nas bandas ETM+ 3, 4 e 5, referentes as 36 unidades amostrais inventariadas. De uma forma geral, observa-se, para o conjunto de imagens, um comportamento espectral típico de coberturas vegetais, com respostas baixas na região do visível (banda ETM+ 3), apresentando um valor de reflectância médio de 0,1708, aumentando no infravermelho próximo (banda ETM+ 4), com reflectância

média de 0,5578, e tornando a diminuir na banda do infravermelho médio (banda ETM+ 5), com reflectância média de 0,2011.

Foi observada uma grande amplitude de valores de reflectância dentro das unidades amostrais, especialmente na banda ETM+ 4, com valores variando entre 0,3237 e 0,7968 (Tabela 3). Isso é devido, potencialmente, à heterogeneidade florística e estrutural existente entre as unidades de amostra. Segundo Kumar (1972), apesar dos níveis de reflectância no infravermelho próximo serem altos para a vegetação, de um modo geral, há variações destas respostas, de espécie para espécie, pois a reflectância espectral das folhas nesta região é o resultado da interação da radiação incidente com a estrutura interna das folhas. Além disso, as variações na reflectância de um dossel dependerão também da quantidade de folhas dentro do mesmo, de suas orientações espaciais e de sua arquitetura.

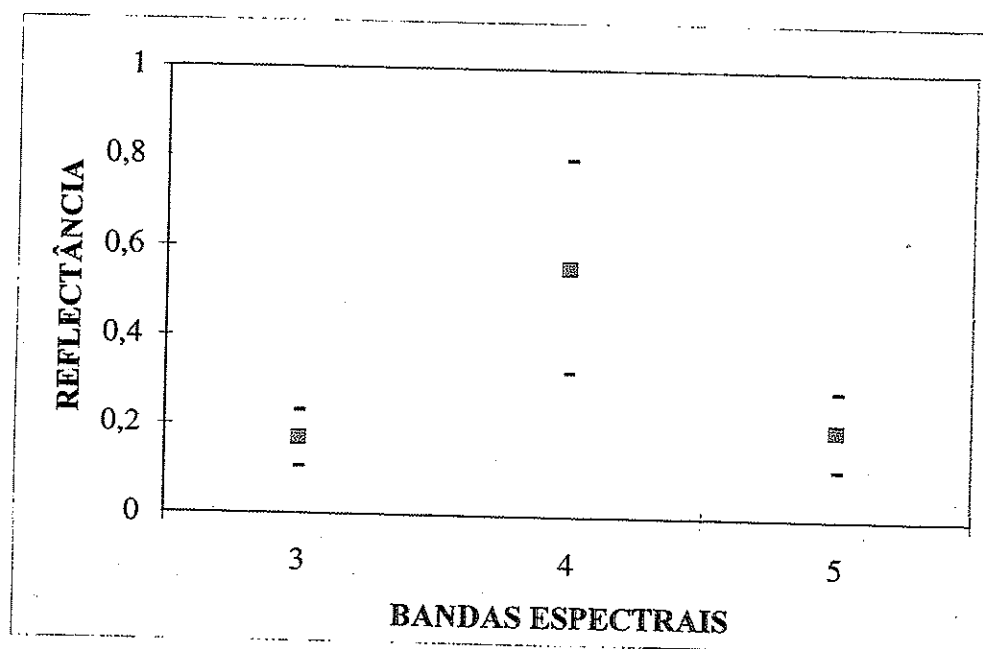


Figura 6 - Distribuição dos valores médios, máximos e mínimos de reflectância nas bandas ETM+ 3, 4 e 5 referentes às 36 unidades amostrais em uma floresta primária, em Paragominas - Pará.

Na análise dos dados oriundos da imagem NDVI (Tabela 3), observou-se um valor médio de 0,37 referente às unidades de amostra. Verificou-se que os maiores valores de NDVI foram encontrados nas unidades amostrais 10, 22 e 9 (Tabela 3), sendo estas caracterizadas pelos mais baixos valores de biomassa, volume e área basal (Tabela 2). Observou-se também que os mais baixos valores de NDVI encontram-se nas unidades amostrais 6, 15 e 19, que apresentam altos valores de biomassa, volume e área basal. Bernardes (1998) e Maciel (2002) também observaram que em áreas florestais há um decréscimo no valor de índice de vegetação, com o aumento da biomassa, volume e área basal.

Araújo (1999) encontrou, para floresta secundária, um valor de índice de vegetação de 0,47 e verificou que a partir de um determinado estágio de crescimento, esse valor tende a diminuir, chegando a um valor médio para floresta madura (primária) de 0,36, mais baixo que o da floresta em construção (secundária), apesar da maior biomassa. Os resultados encontrados devem-se a grande proporção de sombra na floresta primária, e também à sua menor capacidade fotossintética, ocasionando menor resposta espectral dessa vegetação primária em relação às áreas em sucessão secundária.

Tabela 3 - Distribuição dos valores de reflectância nas bandas ETM+ 3, 4 e 5, e valores de NDVI, das 36 unidades amostrais levantadas em uma floresta primária, no município de Paragominas - Pará.

UNIDADES DE AMOSTRA	REFLECTÂNCIA			NDVI
	BANDA ETM+ 3	BANDA ETM+ 4	BANDA ETM+ 5	
1	0,1568	0,5760	0,2578	0,2931
2	0,2071	0,5935	0,1943	0,4261
3	0,1819	0,6412	0,2540	0,3230
4	0,2323	0,5967	0,2136	0,3804
5	0,1991	0,6269	0,2867	0,2732
6	0,1335	0,3237	0,1655	0,2162
7	0,1602	0,5378	0,1655	0,4305
8	0,1739	0,5545	0,1943	0,3980
9	0,1876	0,6659	0,1751	0,5004
10	0,1659	0,5101	0,1105	0,6319
11	0,1568	0,5330	0,1943	0,3734
12	0,1320	0,4367	0,1270	0,4689
13	0,2312	0,6863	0,2226	0,4168
14	0,1634	0,4693	0,2328	0,2814
15	0,1140	0,5091	0,2424	0,2570
16	0,1728	0,5656	0,1655	0,4584
17	0,1056	0,4309	0,1799	0,3036
18	0,1510	0,4813	0,1751	0,3755
19	0,1714	0,4528	0,2059	0,2679
20	0,1905	0,5998	0,1799	0,4559
21	0,1850	0,7009	0,2328	0,3842
22	0,1953	0,7113	0,1847	0,5063
23	0,1659	0,4661	0,1655	0,3884
24	0,1634	0,6264	0,2072	0,4118
25	0,1659	0,5349	0,1828	0,3946
26	0,1697	0,5083	0,1943	0,3347
27	0,1240	0,4743	0,1886	0,3386
28	0,2304	0,6142	0,2040	0,4050
29	0,1653	0,5945	0,2650	0,2841
30	0,1650	0,5569	0,2290	0,2881
31	0,1888	0,5569	0,2521	0,2794
32	0,2105	0,7968	0,2723	0,3967
33	0,1396	0,5342	0,1366	0,4977
34	0,1703	0,5394	0,1843	0,3989
35	0,1590	0,4821	0,1751	0,3700
36	0,1648	0,5927	0,2232	0,3609
$\bar{x}$	0,1708	0,5578	0,2011	0,3770
s	0,02998	0,09219	0,04065	0,08627

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente são apresentados os resultados obtidos pela análise de correlação entre as variáveis independentes (variáveis digitais) e as variáveis dependentes (variáveis biométricas) obtidas com o emprego de função linear. Em seguida são apresentados os resultados oriundos da análise de regressão com os modelos que melhor explicam a dependência entre as variáveis.

5.5.1 Análise de Correlação Entre Variáveis

A matriz de correlação, relacionando as variáveis independentes (variáveis digitais) com as variáveis dependentes (variáveis biométricas), através de função linear (Tabela 4), possibilitou a determinação do grau de dependência linear entre essas variáveis.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação entre variáveis biométricas e digitais obtidos através de função linear, para uma área de floresta primária em Paragominas - Pará.

	DEN	AB	Vol	Bio	Div	REF 3	REF 4	REF 5	NDVI
DEN	1								
AB	-0,1044198	1							
Vol	-0,1281203	0,99929	1						
Bio	-0,2073827	0,992987	0,995795	1					
Div	0,4033085	0,019172	0,013386	-0,0165	1				
REF 3	-0,1410716	-0,30249	-0,29999	-0,29367	-0,19781	1			
REF 4	-0,1752329	-0,41598	-0,4164	-0,40821	-0,25257	0,702643	1		
REF 5	-0,2269978	0,534057	0,52865	0,530874	-0,24397	0,319087	0,477347	1	
NDVI	0,1109171	-0,95909	-0,95578	-0,95169	0,06575	0,239308	0,310593	-0,66022	1

DEN – densidade (n° ind/ ha); AB - área basal (m² / ha); BIO – biomassa (ton / ha); VOL – volume (m³ / ha); div – diversidade; REF3 – reflectância na banda ETM +3; REF4 – reflectância na banda ETM+ 4; REF5 – reflectância na banda ETM+ 5; NDVI – índice de vegetação por diferença normalizada.

Através da função linear, observam-se altas correlações negativas (inferiores a - 0,7) entre as variáveis biométricas AB, BIO e VOL e a variável digital NDVI, conforme pode-se verificar em destaque na Tabela 4. Esses resultados eram esperados uma vez que, no item 5.4, já

se evidenciou que as unidades amostrais com altos valores para essas variáveis biométricas, apresentavam também baixos valores de NDVI, como é o caso das unidades amostrais 6, 15 e 19 (Tabela 3). Por outro lado, os menores valores de área basal, biomassa e volume foram verificados nas unidades amostrais 10, 22 e 9, que apresentaram altos valores de NDVI.

Os resultados alcançados neste trabalho ratificam os evidenciados por outros autores para floresta primária na Amazônia. Bernardes (1998) encontrou correlações altas e negativas do índice de vegetação SAVI com biomassa (-0,82), bem como com área basal (-0,73). Araújo (1999), estudando a variável biomassa, também verificou alta correlação negativa desta com o índice de vegetação SAVI (-0,88). Maciel (2002), observou altas correlações negativas do índice de vegetação com biomassa (-0,83), área basal (-0,73) e volume (-0,85).

As variáveis biométricas densidade (DEN) e diversidade (DIV) não apresentaram fortes correlações com nenhuma variável digital estudada, mostrando a independência das mesmas. A análise da matriz de correlação mostrou ainda a alta correlação entre algumas das variáveis independentes, o que é devidamente esperado, dado o aspecto de redundância das informações, o mesmo acontecendo entre algumas variáveis dependentes.

5.5.2 Análise de Regressão

Visando relacionar os dados de campo com a utilização conjunta dos dados oriundos das imagens geradas, efetuaram-se análises de regressão múltipla pelo método *Stepwise*, podendo-se assim, determinar a variável ou variáveis independentes que melhor explicassem a variação de cada variável dependente. Ressaltam-se que, as variáveis densidade, área basal, biomassa, volume e diversidade foram consideradas variáveis dependentes e os valores digitais de reflectância e o índice de vegetação, correspondentes às unidades amostrais, foram considerados variáveis independentes.

Na Tabela 5 e nos Anexos 2, 3 e 4 são apresentados os resultados obtidos pela regressão *stepwise* para as variáveis dependentes de biomassa (BIO), volume (VOL) e área basal (AB), onde observando-se bons ajustes para as mesmas

Tabela 5- Parâmetros dos Modelos de Regressão aplicados para as variáveis Biomassa (BIO), Volume (VOL) e Área Basal (AB) de uma floresta primária, no município de Paragominas-Pará.

VARIÁVEL DEPENDENTE	MODELO DE REGRESSÃO	R ² ajustado	F	S _{xy}
Biomassa (BIO)	1057,3239 - 1306,89.NDVI - 411,06.REF3	0,91	189,82**	58,30
Volume (VOL)	191,212 - 186,935.NDVI - 24,893.REF4	0,93	238,48**	12,59
Área basal (AB)	47,8029 - 46,7338.NDVI - 6,2234.REF4	0,93	238,48**	1,29

** Valor Altamente Significativo a 99% de Probabilidade.

Para a variável biomassa (BIO), o modelo ajustado foi capaz de explicar 91% da variação existente ($R^2 = 0,91$). Usando regressão linear simples, Araújo (1999) constatou que os dados de biomassa em uma floresta primária foram melhor explicados através do índice de vegetação SAVI, com $R^2 = 0,78$ e $F = 61,4$. Entretanto, estes valores foram inferiores aos encontrados neste trabalho, quando se ajustou um modelo de regressão múltipla (com duas variáveis), onde a regressão *stepwise* mostrou que o índice de vegetação NDVI foi o que melhor explicou a variação da biomassa observada. A introdução do atributo espectral reflectância da banda ETM+3 (REF3) pôde adicionar mais informações ao modelo, pois conforme apresentado no Anexo 2, seu coeficiente é significativo, estatisticamente.

Para a variável volume (VOL), o modelo ajustado foi capaz de explicar 93% ($R^2 = 0,93$) da variação existente, através das variáveis digitais NDVI e REF4, conforme apresentado na Tabela 5 e no Anexo 3. No tocante, para a variável área basal (AB) obteve-se um bom ajuste ($R^2 = 0,93$) através das variáveis NDVI e REF4 (Tabela 5 e Anexo 4).

A análise de resíduos dos modelos ajustados para as variáveis BIO, VOL e AB, mostrou que estes estão normalmente distribuídos, com média zero e variância constante (Anexos 5, 6 e 7).

Examinando-se a Figura 7 (7a, 7b e 7c), percebe-se que alguns pontos ficaram fora do limite de confiabilidade (95%), apresentando sub ou superestimação dos valores estimados em relação aos observados, problema que potencialmente seria minimizado com o aumento do número de unidades amostrais levantadas em campo.

Para as variáveis dependentes densidade (DEN) e diversidade (DIV) não foi possível ajustar nenhum modelo de regressão, pois nenhuma variável digital estudada foi capaz de

explicar a variação da densidade e diversidade observada em campo. Este comportamento era de se esperar, já que todas as variáveis digitais testadas apresentaram baixas correlações com estas variáveis biométricas de interesse neste trabalho.

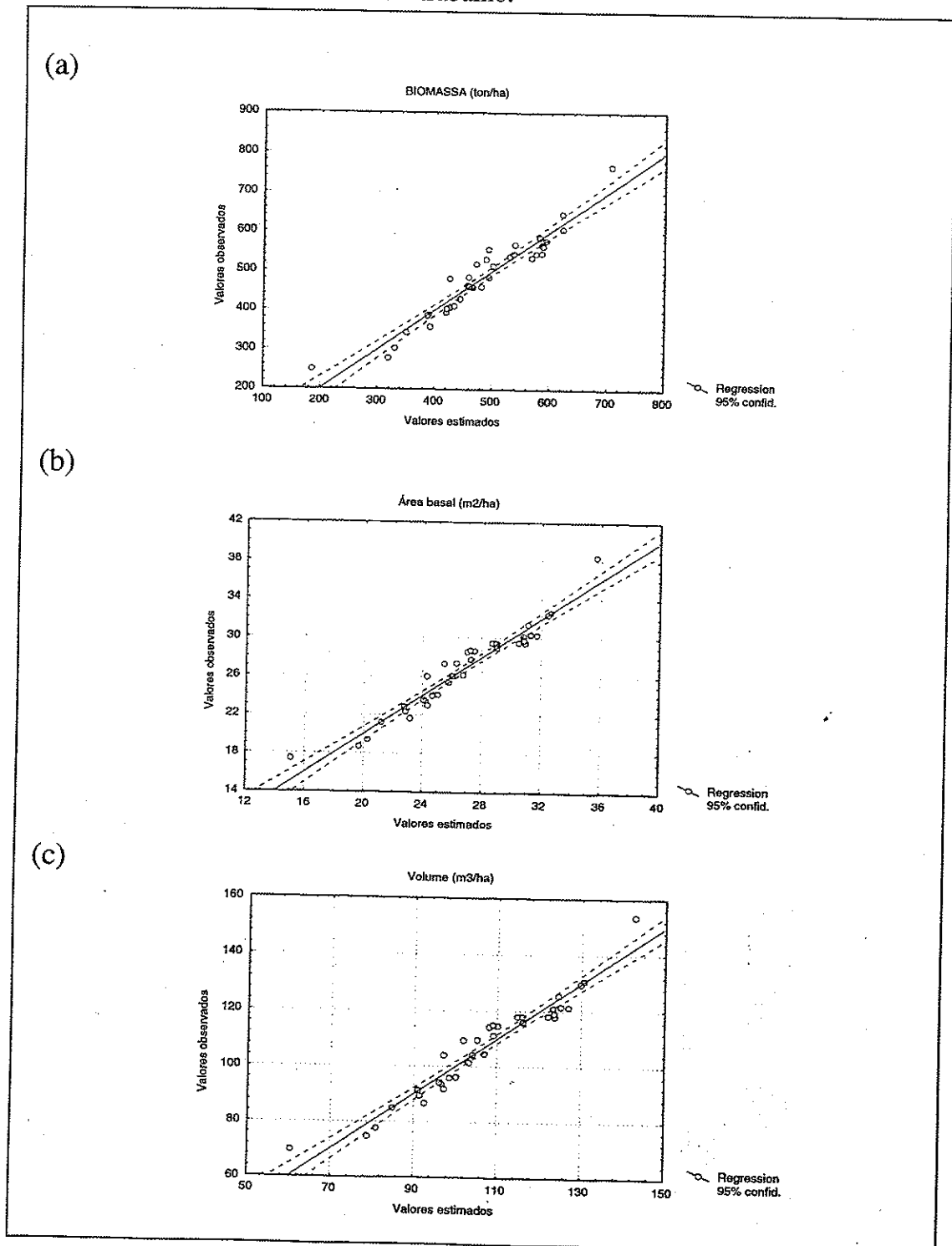


Figura 7 – Valores observados e valores estimados de biomassa (a), volume (b) e área basal (c).

5.6 MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO

Neste estudo se propunha inicialmente, apresentar o mapeamento da floresta primária em função da aplicação dos modelos ajustados para todas as variáveis biométricas analisadas, porém, em virtude da obtenção de ajustes satisfatórios, o mapeamento foi efetuado somente para as variáveis biomassa, volume e área basal. A aplicação de cada modelo gerou uma nova imagem, onde cada "pixel" passou a representar a quantidade estimada da variável em questão.

Visando reduzir a quantidade de pontos isolados observados nas imagens classificadas e, conseqüentemente, promover uma maior uniformidade nas classes definidas para as três variáveis biométricas analisadas, aplicou-se um filtro de moda. Os intervalos de classe foram definidos em função da amplitude de valores observados em campo. Assim, produziram-se os mapas temáticos de biomassa, de volume e de área basal da floresta primária, os quais são apresentados nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente.

Considerando estes mapas, pode-se observar que, para as três variáveis biométricas analisadas, as unidades de mapeamento dominantes referem-se aos valores intermediários. Dessa forma, as classes mais representativas para biomassa, volume e área basal foram de, respectivamente, 400 a 600 ton / ha, 90 a 120 m³ / ha e 20 a 30 m² / ha, mostrando que a área de estudo apresenta um grande potencial florestal.

Os mapas gerados neste trabalho fornecem informações valiosas, as quais podem subsidiar ações ligadas ao monitoramento e manejo florestal, propiciando tomadas de decisão com bases ecológicas, tomando-se como fundamento a análise estrutural da vegetação para o aproveitamento ordenado e permanente da floresta. Esses mapas são úteis na avaliação de áreas de potencialidades madeireiras, bem como, ao planejamento de inventários florestais, melhorando, sobretudo, a eficiência da alocação de amostras, o que resulta na redução dos custos do trabalho.

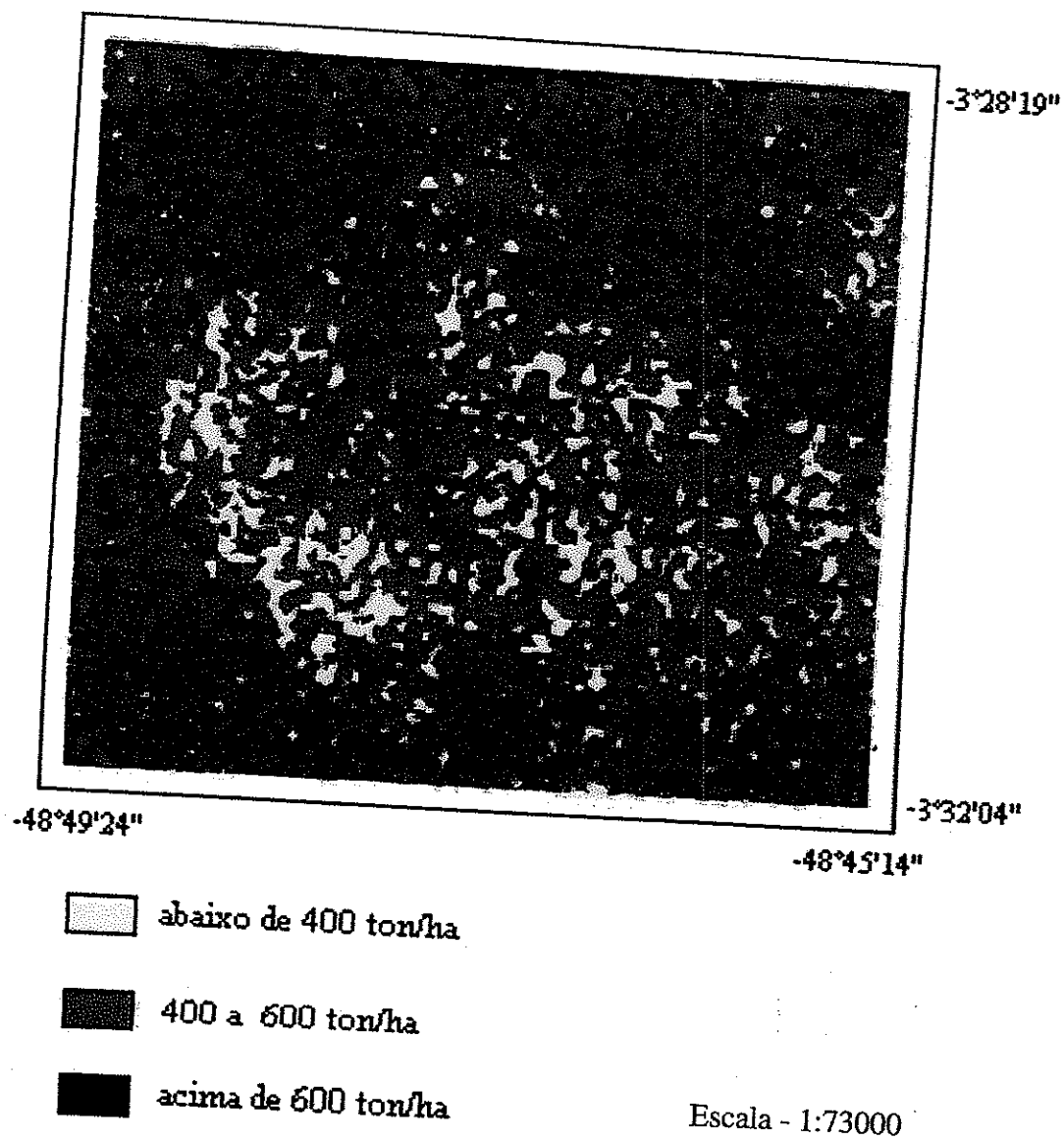


Figura 8– Mapa da biomassa (BIO) de uma floresta primária, Município de Paragominas – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “BIO = $1057,3239 - 1306,89 \text{ NDVI} - 411,06 \text{ REF3}$ ”

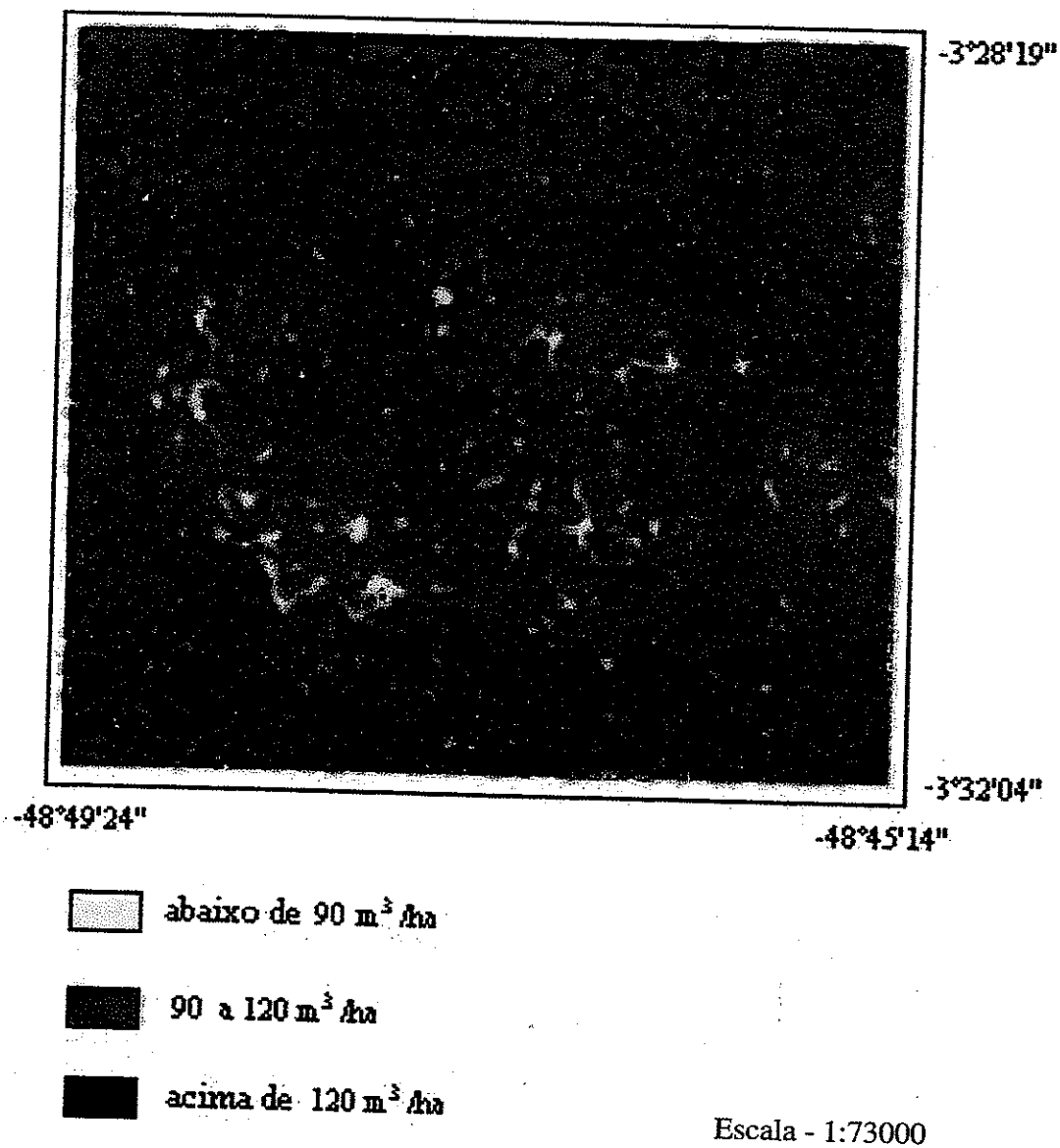


Figura 9 – Mapa do volume (VOL) de uma floresta primária, Município de Paragominas – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “VOL = 191,212-186,935 NDVI-24,893 REF4”.

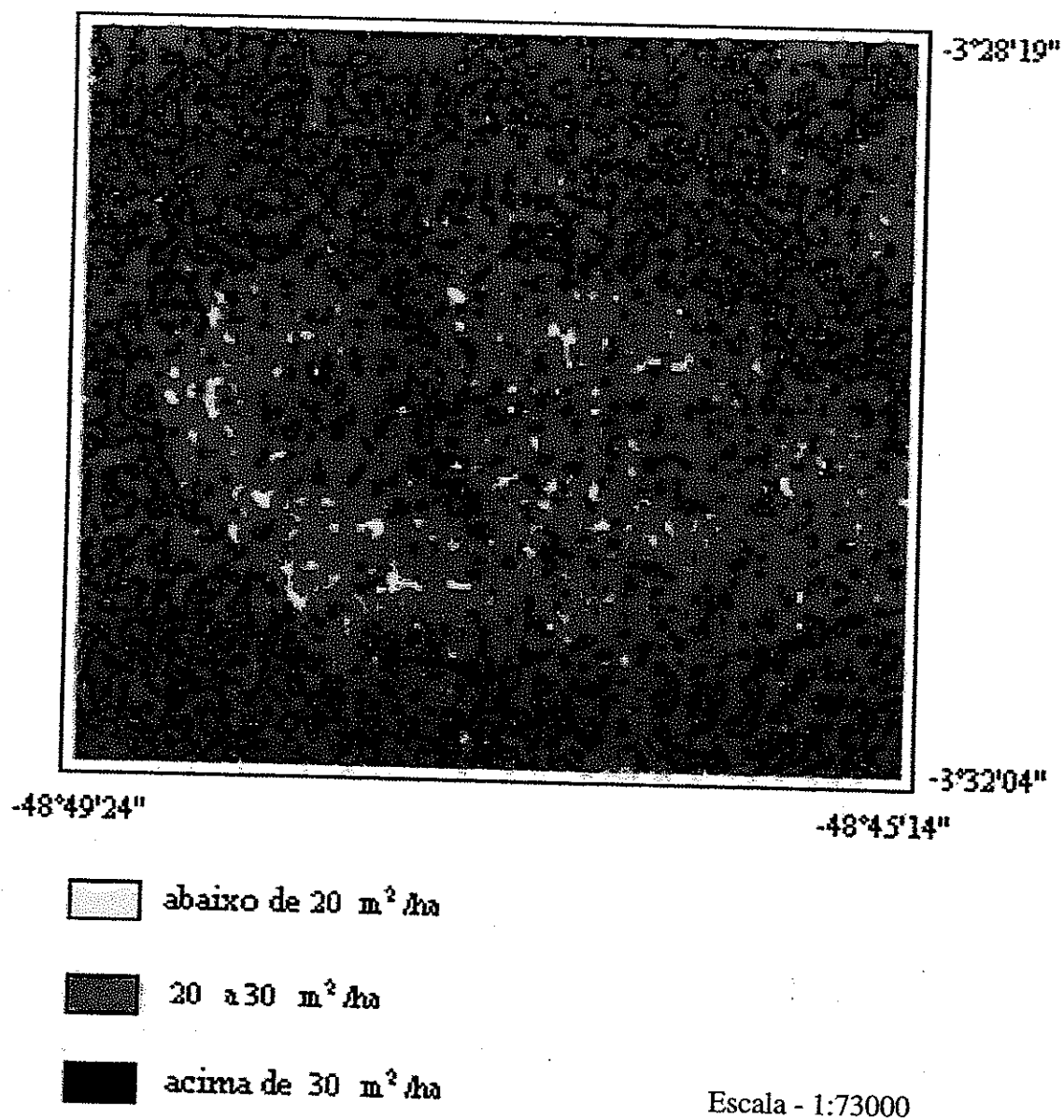


Figura 10 – Mapa da área basal (AB) de uma floresta primária, Município de Paragomias – Pará, obtido a partir de imagem sintética gerada pela aplicação do modelo “AB = 47,8029-46,7338 NDVI-6,2234 REF4”.

6. CONCLUSÕES

Tendo como elementos balizadores os resultados obtidos neste trabalho, de uma maneira geral, a metodologia proposta atendeu aos objetivos previamente estabelecidos, sendo importante destacar alguns aspectos conclusivos:

- ✓ A área de floresta estudada apresenta uma alta riqueza e baixa diversidade florística, conforme os padrões amazônicos. As famílias Leguminosae (Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae), Sapotaceae e Moraceae são as mais ricas em espécies, devendo, portanto, ter prioridade nos sistemas silviculturais a serem implantados na floresta estudada e em florestas com características florísticas e estruturais similares;
- ✓ O índice de vegetação NDVI mostrou-se como bom discriminador, caracterizando bem a heterogeneidade da floresta primária em termos de biomassa, volume e área basal;
- ✓ Existe alta correlação negativa entre área basal, biomassa e volume e os valores de NDVI. As variáveis densidade e diversidade de espécies não apresentam forte correlação com nenhuma variável digital estudada, portanto através das variáveis digitais utilizadas não é possível estabelecer estimativas de densidade e diversidade através de modelos de regressão com o emprego de imagens do satélite ETM+/LANDSAT- 7;
- ✓ A estimativa de parâmetros biométricos, com emprego de imagens do satélite ETM+/LANDSAT- 7 associadas a dados de campo, apresenta-se satisfatória, mostrando que os valores obtidos a partir da análise das imagens orbitais propiciam a caracterização da floresta primária em termos de biomassa, volume e área basal;
- ✓ A utilização da análise integrada de dados de campo e de dados orbitais, pode facilitar,

sobretudo, uma análise de possíveis mudanças estruturais que porventura aconteçam nos processos de exploração e conservação de áreas de floresta primária;

- ✓ O presente estudo reforça ainda mais o emprego das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente em nível orbital, considerando que, atualmente, encontram-se em disponibilidade sensores com melhores resoluções espacial e espectral, que tornam possíveis avaliações qualitativa e quantitativa mais detalhadas da floresta amazônica.

7. RECOMENDAÇÕES

- ✓ Recomenda-se o estabelecimento de maior número de pontos amostrais em ocasião do inventário florestal visando a formação de um banco de dados que melhor represente as variabilidades encontradas intra-classes;
- ✓ Sugere-se o emprego de sensores de alta resolução, bem como multisensores, que tornem possíveis melhores avaliações qualitativa e quantitativa da Floresta Amazônica;
- ✓ Sugere-se a continuação desta pesquisa em áreas submetidas à extração seletiva onde possa-se avaliar a sensibilidade de Imagens-Índice na detecção de alterações dos parâmetros biométricos da floresta, através de uma série temporal de imagens orbitais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S.; SOARES, J. V.; ALVES, D. S.; MELLO, E. M. K.; ALMEIDA, S. A. S.; SILVA, O. F.; SILVEIRA, A. M. Relações entre índice de área foliar (IAF), área basal e índice de vegetação (NDVI) em relação a diferentes estágios de crescimento secundário na Floresta Amazônica em Rondônia. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais, Salvador, 1996. CD-ROM.

ARAÚJO, L.S. **Análise da cobertura vegetal e de biomassa em áreas de contato floresta/savana a partir de dados TM/LANDSAT e JERS-1.** São José dos Campos. 129p. (INPE-7253-TDI/696). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999.

ARDÖ, J. Volume quantification of coniferous forest compartments using spectral radiance recorded by Landsat Thematic Mapper. **Int. J. Remote Sensing**, v.13, n.9, p.1779-1786, 1992.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, v.35, p.161-173, 1991.

BARROS, P. L. C. de. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no Planalto de Curuá-Una, Amazônia Brasileira.** Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 147 p. 1986.

BAIMA, A.M.V.; SILVA, S.M.A. da; SILVA, J.N.M. **Equações de volume para florestas tropicais de terra firme em Moju, PA.** In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. (eds.): **A Silvicultura na Amazônia Oriental - Contribuições do Projeto Embrapa/DFID.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p.367-381.

BERNARDES, S. **Índices de vegetação e valores de proporção na caracterização de floresta tropical primária e estádios sucessionais na área de influência da Floresta Nacional do Tapajós - Estado do Pará.** São José dos Campos. 97 p. (INPE-6890-TDI/651). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.

BOX, E. O.; HOLBEN, B. N.; KALB, V. Accuracy of the AVHRR Vegetation Index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ flux. **Vegetatio**, v. 80, p. 71-90, 1989.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

CARVALHO, J. O. P. de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no estado do Pará.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1982. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – UFPR, 1982.

- CARVALHO, A. E. F. B. de. **Estrutura fitossociológica e pós-estratificação multidimensional de uma área na Flona do Tapajós - Pará**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 173p. 1999.
- CHATTERJEE, S.; PRICE, B. **Regression analysis by example**. New York, John Wiley, 1977. 228p.
- COSTA D.H.M.; FERREIRA, C.A. P.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.do C. A.; CARVALHO, J. O. P. **Potencial madeireiro de floresta densa no município de Moju, estado do Pará**. DOC. 121. Embrapa. 1998.
- DENICH, M. **Composição florística de capoeira baixa o município de Igarapé-açu no Estado do Pará**. Belém: Embrapa – CPATU, 1986. 16p. (embrapa – CPATU. Documento, 39).
- GAUSMAN, H. W. Leaf reflectance of near-infrared. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 40(2): 183-191. 1974.
- GOEL, N.S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. **Remote Sensing Reviews**, v. 4, n. 1, p.1-212, 1988.
- GUYOT, G.; GU, X.F. Effect of radiometric corrections on NDVI-determined from SPOT HRV and Landsat-TM data. **Remote Sensing of Environment**, v. 49 n.30, p.169-180, Sept., 1994.
- HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R; COUSINS, S. Landscape Ecology and Spatial Information Systems. in: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. **Landscape ecology and spatial information systems**. Bristol, Taylor and Francis, 1993. Cap.1, p.3-8.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. **Biomassa da Parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-Firme da Amazônia**. ACTA AMAZONICA. 1998.
- HOFFER, R.M., Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: Swain, P.H.; Davis, S.M. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York, McGraw-Hill, 1978. 396p.
- HORLER, D. N. H.; AHERN, F. J. Forestry information content of Thematic Mapper data. **Int. J. Remote Sens.**, v.7, n.3, p. 405-428, 1986.
- HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, Aug. 1988.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. Manuais técnicos em Geociências / **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro. n. 1, 1992.

- JACKSON, R.D.; HUETE, A.R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, p.185-200, 1991.
- JAKUBAUSKAS, M. E.; PRICE, K. P. Empirical relationships between structural and spectral factors of Yellowstone lodgepole pine forest. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.63, n.12, p.1375-1381, 1997.
- KAZMIERCZAK, M. L. **Estimativa de variáveis dendrométricas em florestas homogêneas a partir de dados LANDSAT TM**. São José dos Campos, 186p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992.
- KUMAR, R. **Radiation from plants-reflection and emission: a review**. Lafayette, Purdue University, 1972. 88p.
- LO, C. P. **Applied remote sensing**. New York, Longman, 1986. 393p.
- MACIEL, M. N. M. **Levantamento da Cobertura Vegetal e Estudo Fitossociológico da Floresta Nacional de Caxiuanã - PA**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 118p. 1998.
- MACIEL, M. de N. M. **Estimativa de Parâmetros Estruturais de uma Floresta Primária na Amazônia Oriental através de Dados Orbitais**. Curitiba, 2002. (Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná, 2002).
- MORAIS CRUIA, A.P. de O., VEIGA, J. B. Da; LUDONINO, R. M.R.; SIMÃO NETO, M.; TOURRAND, J.F. **Caracterização dos sistemas de produção da agricultura familiar de Paragominas – PA: a pecuária e propostas de desenvolvimento**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999, 55p (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 5).
- MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E.; MAUSEL, P.; WU, Y. Integrating Amazonian Vegetation, Land-use, and satellite data. **BioScience**, v. 44, n.5, p.329-38. 1994.
- MYNENI, R. B.; HALL, F. G.; SELLERS, P. J.; MARSHAK, A. L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v.33, n. 2, p.481-486, Mar., 1995.
- NETER, J.; WASSERMAN W. **Applied linear statistical models - regression, analysis of variance and experimental designs**. Homewood, IL: Richard D. Irwin, 1974. 842 p.
- PEARSON, P. L.; MILLER, L. D. **Remote sensing of standing crop biomass for estimating of the productivity on the shortgrass prairie**. IN: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 8., Ann Arbor, 2-6 Oct. 1972. Proceeding. Ann Arbor, ERIM, 1972, p. 1355-1379.
- PINHEIRO, K. A.O. **Fitossociologia de uma área de preservação permanente na Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA**. Belém. 2004.

- RIBEIRO, R. J.; HIGUCHI, J. Dos S.; AZEVEDO, C. P. Estudo fitossociológico as regiões de Carajás e Marabá – Pará, Brasil. *Acta Amazônica*. V.29, n.2, p. 207-222, 1999.
- RICHARDS, J. A. *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 281p.
- ROBINOVE, C. J. *Computation of physical values for Landsat digital data*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 48, n. 5, p. 781-784, 1982.
- RODRIGUES, I. A.; PIRES, J.M.; WATRIN, O dos S.; CORDEIRO, M. Dos R. *Levantamento fitossociológico em área sob influência da rodovia PA – 150 nos municípios de Acará e Tailândia, PA*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1997. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa, 197).
- ROSA, R. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Ed. EDUFU. 3ª edição. Uberlândia, 1995.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. IN: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM*, 3., 1973. *Proceedings*. Washington, 1973, v. 1, Sec. A. p. 309-317.
- RUNNING, S. W.; RAMAKRISHNA, R. N.; PETERSON, D. L.; BAND, L. E.; POTTS, D. F.; PIERCE, L. L.; SPANNER, M. A. Mapping regional forest evapotranspiration and photosynthesis coupling satellite data with ecosystem simulation. *Ecology*, v.70, n. 4, p.1090-1101, Ago., 1989.
- SANTOS, J. R. *Biomassa aérea da vegetação de cerrado: estimativa e correlação com dados do sensor "Thematic Mapper" do satélite LANDSAT*. Curitiba. 156 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). - Universidade Federal do Paraná, 1988.
- SANTOS, J. R.; PARDI LACRUZ, M. S.; KEIL, M.; KUX, H. J. H.; XAUD, M. R. Análise da imagem JERS-1 para estimativa da biomassa aérea de florestas tropicais no sudoeste da Amazônia. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 9., Santos, 1998. *Anais*. São Paulo, Fábrica da Imagem Multimídia, 1998. Sessão oral. CD-ROM.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. Fraction images derived from Landsat TM and MSS data for monitoring reforested areas. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v. 21, n.1, p.67-74, 1995.
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J. do C.A.; CARVALHO, J. O. P. de. *Inventário florestal de uma área experimental na floresta Nacional de Tapajós*. Curitiba: Embrapa – CNPF, 1985. (Embrapa – CNPF. Boletim de pesquisa Florestal, 10 / 11).
- SILVA, E.L.S.; PONZONI, F.J. Comparação entre a reflectância hemisférica de folhas e a reflectância bidirecional de um dossel. *Revista Árvore*, 19(4):466-478, 1995.

- SILVA, R. das C. **Contribuição de levantamento de solo a caracterização dos sistemas naturais e ambientais na região de Paragominas – Estado do Pará**: Belém; Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1997. 107 p. (Dissertação de mestrado em Agronomia) – FCAP, 1997.
- SILVA, R. C. V. M.; FERREIRA, G. C. Levantamento Preliminar da Espécies Arbustivas e Arbóreas ocorrentes na Reserva Florestal da EMBRAPA, localizada o Município de Moju, Estado do Pará. **Congresso acional de Botânica. Salvador – Ba. 1998**
- SOARES, M. H. M.; CARVALHO, J. O P. de. **Diversidade florística em uma área de 200 hectares de floresta natural, no município de Moju no Pará**. EMBRAPA / FUNTEC. Pará. 1998.
- SKOLE, D. L.; CHOMENTOWSKJ, W. H.; SALAS, W. A.; NOBRE, A. D. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. **BioScience**, v. 44, n. 5, p. 314-322, May, 1994.
- SOMBROEK, M.G. Soil of the Amazonregion. H. SIOLI, (Ed). **The Amazon Basin: Landscape Ecology and Hidrology of a Mighty River**. p. 122-135, 1986.
- SOUSA, C. L. **Avaliação de imagens-índice e imagens proporção para detecção de alteração no volume de madeira em florestas implantadas**. São José dos Campos. 125p. (INPE-6398-TDI/614). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.
- SOUSA, C. L.; PONZONI, F. J. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em florestas implantadas de Pinus spp. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. **Anais**, Santos, 1998. CD-ROM.
- STATSOFT. STATISTICA. <<http://www.statsoft.com.br/statisti.htm>>. Mar. 2001.
- SUDAM /EMBRAPA. SNLCS. Estudos climáticos do estado do Pará, classificação (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwaide, Mather), 1993.
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York, McGraw-Hill, 1978. 396p.
- SZEKIELDA, K. **Satellite monitoring of the earth**. New York, John Wiley, 1988. 326p.
- TROTTER, C. M.; DYMOND, J. R.; GOULDING, C. J. Estimation of volume timber in a coniferous plantation forest using Landsat TM. **Int. J. Remote Sens.**, v. 18, n. 10, p.2209-2223. 1997.
- TURNER, B.L.; MEYER, W.B, SKOLE, D. Global land-use/landcover change: Towards ao integrated study. **Ambio**, v. 23, n. 1, p.91-95, 1994.

- VERSTRAETE, M. M.; BELWARD, A. S.; KENNEDY, P. J. The Institute for Remote Sensing Applications contribution to the global change research program. "Remote sensing and global change". In: ANNUAL CONFERENCE OF REMOTE SENSING SOCIETY, 160, Swansea. **Proceedings**. Swansea University College, 1990. p.4-12.
- WATRIN, O. S.; ROCHA, A. M. Á. **Levantamento da vegetação natural e do uso da terra no município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/LANDSAT**. Belém, 1992.
- WILSON, J. B.; WELLS, T. C.; TRUERNAN, I. C.; JONES, G.; ATKINSON, M.D.; CRAWLEY, M. J.; DOOD, M.E.; SILVERTOWN, J. Are there assembly rules for plant species abundance? An investigation in relation to soil resources and successional trends. *Journal of Ecology*. n. 84. p. 527 – 538. 1996.
- WHITMORE, T. C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris, UNESCO and The Paragon Publishing Group, 1990. p.67-89.
- WOODWELL, G.M. **The role of terrestrial vegetation in the global carbon cycle: measurement by remote sensing**. New York, Wiley, 1984.
- ZERBINI, N.J.; SANTOS, J.R. Estimativa de fitomassa aérea em região de floresta tropical com uso de dados TM/Landsat 5 e HRV/SPOT 1. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7.**, Curitiba, 1993. *Anais*. São José dos Campos, INPE, 1993, v. 2, p. 275-280.

ANEXO 1

LISTA DE ESPÉCIES OCORRENTES EM UMA ÁREA DE FLORESTA PRIMÁRIA, MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ

Nome Vulgar	Família	Espécie
Abiu	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.
Abiu-branco	Sapotaceae	<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni
Abiu-casca-doce-vermelho	Sapotaceae	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (DC.) Eyma
Abiu-casca-fina	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.
Abiu-casca-grossa	Sapotaceae	<i>Pouteria bilocularis</i> (H.Winkl.) Baehni
Abiu-cutite	Sapotaceae	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.
Abiu-mutiti	Sapotaceae	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.
Abiurana	Sapotaceae	<i>Micropholis</i> sp.
Abiurana-branca	Sapotaceae	<i>Micropholis guyanensis</i> (DC.) Pierre
Abiurana-rosadinha	Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre
Abiurana-vermelha	Sapotaceae	<i>Pouteria krukovii</i> (A.C.Sm.) Baehni
Abiu-rosadinho	Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre
Abiu-seco	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.
Abiu-vermelho	Sapotaceae	<i>Pouteria krukovii</i> (A.C.Sm.) Baehni
Açacu	Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.
Acapu	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.
Acapuri	Euphorbiaceae	<i>Micrandropsis scleroxylon</i> (W.A.Rodrigues) W.A.Rodrigues
Acariquara	Olcaceae	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.
Acariquarana	Violaceae	<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.
Açoita-cavalo	Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i> Willd.
Amapá-amargoso	Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber
Amapá-doce	Moraceae	<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke
Amapá	Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg
Amburana	Leguminosae-papilionoideae	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.
Anani	Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.
Andiroba	Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.
Andirobarana	Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.
Angelim	Leguminosae-mimosoidae	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke
Angelim-da-mata	Leguminosae-papilionoideae	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke
Angelim-rajado	Leguminosae-mimosoidae	<i>Pithecellobium racemosum</i> Ducke
Anil	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.
Araçá-da-mata	Myrtaceae	<i>Eugenia paraensis</i> O.Berg
Araracanga	Apocynaceae	<i>Aspidosperma megalocarpum</i> Müll.Arg.
Araracanga-branca	Apocynaceae	<i>Aspidosperma sandwithianum</i> Markgr.

Araracanga-verde	Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i> sp.
Araracanga-vermelha	Apocynaceae	<i>Aspidosperma centrale</i> Markgr.
Arataciú	Euphorbiaceae	<i>Sagotia racemosa</i> Baill.
Arataciurana	Euphorbiaceae	<i>Pausandra densiflora</i> Lanj.
Araticum	Annonaceae	<i>Annona montana</i> Macfad.
Aroeira	Anacardiaceae	<i>Astronium gracile</i> Engl.
Ata-branca	Annonaceae	<i>Guatteria amazonica</i> R.E.Fr.
Axixá	Sterculiaceae	<i>Sterculia pilosa</i> Ducke
Axuá	Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.
Axuarana	Humiriaceae	<i>Vantanea guianensis</i> (Aubl.) Ducke
Bacaba	Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.
Bacuri-da-mata	Clusiaceae	<i>Rheedia acuminata</i> (Ruiz. & Pav.) Planch. & Triana
Barbatimão	Leguminosae-mimosoidae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.
Barrote-preto	Burseraceae	<i>Protium</i> sp.
Breu	Burseraceae	<i>Protium</i> sp.
Breu-barrote	Burseraceae	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze
Breu-branco	Burseraceae	<i>Protium nitidum</i> Engl.
Breu-sucuruba	Burseraceae	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.
Breu-vermelho	Burseraceae	<i>Protium suberratum</i> (Engl.) Engl.
Burra-leiteira	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> sp.
Cabelo-de-cutia	Connaraceae	<i>Rourea</i> sp.
Cacau	Sterculiaceae	<i>Theobroma speciosa</i> Willd. ex Spreng.
Cacau-da-mata	Sterculiaceae	<i>Theobroma speciosa</i> Willd. ex Spreng.
Café-bravo	Flacourtiaceae	<i>Casearia guianensis</i> (Aubl.) Urb.
Caferana	Rubiaceae	<i>Coussarea paniculata</i> (Vahl) Standl.
Cajarana	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.
Cajuaçu	Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i> Hancock ex Engl.
Cajuarana	Simaroubaceae	<i>Simaba cuspidata</i> Spruce ex Engl.
Canela	Lauraceae	<i>Ocotea acutangula</i> (Miq.) Mez
Canela-de-jacamim	Violaceae	<i>Rinorea flavescens</i> (Aubl.) Kuntze
Canela-de-veado	Melastomataceae	<i>Miconia guianensis</i> (Aubl.) Cogn.
Caneleira	Flacourtiaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth
Capitiú	Siparunaceae	<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A.DC.
Capoeiro-preto	Violaceae	<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.
Caqui	Ebenaceae	<i>Diospyros</i> sp.
Caqui-preto	Ebenaceae	<i>Diospyros praetermissa</i> Sandwith
Caraipé	Chrysobalanaceae	<i>Licania paraensis</i> Prance
Carapanaúba	Apocynaceae	<i>Aspidosperma rigidum</i> Rusby

Carapanaúba-amarela	Apocynaceae	<i>Aspidosperma carapanauba</i> Pichon
Casca-seca	Chrysobalanaceae	<i>Licania paraensis</i> Prance
Chichuá	Celastraceae	<i>Maytenus pruinosa</i> Reissek
Cocão	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Eperua bijuga</i> Mart. ex Benth.
Coerana	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.
Conduru	Moraceae	<i>Brosimum lanciferum</i> Ducke
Conduru-de-sangue	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão
Copaíba	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne
Coroa-de-espinho	A identificar	A identificar sp.
Cubarana	Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.
Culhão-de-bode	Apocynaceae	<i>Spongiosperma grandiflorum</i> (Huber) Zarucchi
Cunário	Connaraceae	<i>Connarus</i> sp.
Cupiúba	Celastraceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
Embauba	Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> sp.
Embauba-branca	Cecropiaceae	<i>Cecropia leucocoma</i> Miq.
Embaubarana	Cecropiaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.
Embauba-vermelha	Cecropiaceae	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.
Envira	Annonaceae	<i>Duguetia</i> sp.
Envira-amarela	Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp.
Envira-branca	Annonaceae	<i>Guatteria amazonica</i> R.E.Fr.
Envira-cana	Annonaceae	<i>Guatteria ovalifolia</i> R.E.Fr.
Envira-preta	Annonaceae	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.
Envira-quiabo	Sterculiaceae	<i>Sterculia speciosa</i> K.Schum.
Envira-surucucu	Annonaceae	<i>Duguetia echinophora</i> (R.E.Fr.)
Envira-surucucu-branca	Annonaceae	<i>Guatteria amazonica</i> R.E.Fr.
Envira-vermelha	Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.
Escorrega-macaco	Rubiaceae	<i>Capirona huberiana</i> Ducke
Farinha-seca	Flacourtiaceae	<i>Lindackeria paraensis</i> Kuhl.
Fava	Leguminosae-mimosoidae	<i>Parkia</i> sp.
Fava-arara-tucupi	Leguminosae-mimosoidae	<i>Parkia multijuga</i> Benth.
Fava-atanã	Leguminosae-mimosoidae	<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke
Fava-barbatimão	Leguminosae-mimosoidae	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.
Fava-bolacha	Leguminosae-mimosoidae	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke
Fava-bolota	Leguminosae-mimosoidae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.
Fava-de-rosca	Leguminosae-mimosoidae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.
Fava-folha-fina	Leguminosae-mimosoidae	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.
Fava-rosca	Leguminosae-mimosoidae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.
Fava-timborana	Leguminosae-mimosoidae	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.
Faveira-branca	Leguminosae-mimosoidae	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.
Faveira-folha-fina	Leguminosae-mimosoidae	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.

Freijó	Boraginaceae	<i>Cordia goeldiana</i> Huber
Freijó-branco	Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i> DC.
Freijó-cinza	Boraginaceae	<i>Cordia goeldiana</i> Huber
Freijorana	Boraginaceae	<i>Cordia scabrifolia</i> A.DC.
Gema-de-ovo	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Eperua bijuga</i> Mart. ex Benth.
Goiabão	Sapotaceae	<i>Pouteria bilocularis</i> (H.Winkl.) Baehni
Goiabarana	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.
Goiabinha	Myrtaceae	<i>Myrciaria</i> sp.
Gombeira	Leguminosae-papilionoideae	<i>Swartzia aptera</i> DC.
Gombeira-falsa	Leguminosae-papilionoideae	<i>Swartzia</i> sp.
Gombeira-vermelha	Leguminosae-papilionoideae	<i>Swartzia grandifolia</i> Bong. ex Benth.
Guajará-bolacha	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> (Pierre) T.D.Penn.
Guariúba	Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.
Inajá	Arecaceae	<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.
Inajarana	Bombacaceae	<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.
Ingá	Leguminosae-mimosoidae	<i>Inga</i> sp.
Ingá-branco	Leguminosae-mimosoidae	<i>Inga micradenia</i> Spruce ex Benth.
Ingá-costela	Leguminosae-mimosoidae	<i>Inga capitata</i> Desv.
Ingá-vermelho	Leguminosae-mimosoidae	<i>Inga paraensis</i> Ducke
Ingá-xixica	Leguminosae-mimosoidae	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.
Inharé	Moraceae	<i>Helicostylis</i> sp.
Inharé-amarelo	Moraceae	<i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist
Inharé-preto	Moraceae	<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby
Jaca-brava	Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp.
Janitá	Moraceae	<i>Sahagunia racemifera</i> Huber
Jarana	Lecythidaceae	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori
Jataúba	Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
Jatereu	Lecythidaceae	<i>Eschweilera amazonica</i> R.Knuth
Jatobá	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
João-mole	Nyctaginaceae	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.
Juruparana	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Eperua</i> sp.
Jurupari	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Eperua grandiflora</i> (Aubl.) Benth.
Jutaí	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Macrolobium latifolium</i> Vogel
Jutaí-açu	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
Jutaí-mirim	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber
Jutaí-pororoca	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith
Jutairana	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Cynometra spruceana</i> Benth.
Lacre	Clusiaceae	<i>Vismia</i> sp.
Lacre-branco	Clusiaceae	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.
Lacre-vermelho	Clusiaceae	<i>Vismia japurensis</i> Reichardt

Louro	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.
Louro-amarelo	Lauraceae	<i>Aniba</i> sp.
Louro-canela	Lauraceae	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.
Louro-pimenta	Lauraceae	<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.
Louro-preto	Lauraceae	<i>Ocotea baturitensis</i> Vatimo-Gil
Louro-rajado	Proteaceae	<i>Panopsis</i> sp.
Louro-vermelho	Lauraceae	<i>Ocotea rubra</i> Mez
Macacaúba	Leguminosae-papilionoideae	<i>Platymiscium filipes</i> Benth.
Maçaranduba	Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.
Macucu	Chrysobalanaceae	<i>Licania heteromorpha</i> Benth.
Mamorana	Bombacaceae	<i>Bombax paraensis</i> Ducke
Mamorana	Bombacaceae	<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns
Mandioqueira	Vochysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Ducke
Maparajuba	Sapotaceae	<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.
Maparanã	Euphorbiaceae	<i>Drypetes variabilis</i> Uittien
Mapatirana	Cecropiaceae	<i>Pourouma</i> sp.
Maproneia	Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.
Marajá	Arecaceae	<i>Bactris maraja</i> Mart.
Marfim-preto	Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.
Maria-preta	Sapindaceae	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.
Marupá	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.
Mata-calado	Lacistemaceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (Bergius) Rusby
Matamatá	Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i> sp.
Matamatá-branco	Lecythidaceae	<i>Eschweilera odora</i> (Cambess.) Miers
Matamatá-ci	Lecythidaceae	<i>Eschweilera amazonica</i> R.Knuth
Matamatá-jibóia	Lecythidaceae	<i>Eschweilera paniculata</i> (O.Berg) Miers
Matamatá-preto	Lecythidaceae	<i>Eschweilera blanchetiana</i> (O. Berg) Miers
Matamatá-vermelho	Lecythidaceae	<i>Eschweilera amara</i> (Aubl.) Nied
Melancieira	Leguminosae-papilionoideae	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke
Mirindiba-doce	Euphorbiaceae	<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke
Morototó	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerf. & Frodin
Muiracatiara	Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> Ducke
Muirapiranga	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Eperua schomburgkiana</i> Benth.
Muirapuama	Olcaceae	<i>Ptychopetalum olacoides</i> Benth.
Muirarema	Leguminosae-mimosoidae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.
Muiraticanga-paparana	Moraceae	<i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist
Muiratinga	Moraceae	<i>Perebea guianensis</i> Aubl.
Muiratinga-de-folha-peluda	Moraceae	<i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist
Muiratinga-folha-lisa	Moraceae	<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg
Muirauá	Melastomataceae	<i>Mouriri plasschaerti</i> Pulle

Mumbaca	Arecaceae	<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.
Munguba	Bombacaceae	<i>Bombax globosum</i> Aubl.
Munguba-da-terra-firme	Bombacaceae	<i>Bombax globosum</i> Aubl.
Munguba-grande	Bombacaceae	<i>Bombax globosum</i> Aubl.
Murta	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.
Muruci-da-mata	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss.
Murupita	Euphorbiaceae	<i>Sapium marmieri</i> Huber
Mururé	Moraceae	<i>Brosimum acutifolium</i> Huber
Mutamba	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Mutamba-preta	Tiliaceae	<i>Luehea grandiflora</i> Mart.
Mututi	Leguminosae-papilionoideae	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl
Pajurá	Chrysobalanaceae	<i>Couepia bracteosa</i> Benth.
Pajurá-da-mata	Chrysobalanaceae	<i>Couepia bracteosa</i> Benth.
Pama	Moraceae	<i>Perebea mollis</i> (Poepp. & Endl.) Huber
Paparola	Violaceae	<i>Paypayrola grandiflora</i> Tul.
Papatterra	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.
Papo-de-mutum	Quiinaceae	<i>Lacunaria jenmanii</i> Ducke
Parapará	Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don
Passarinheira	Flacourtiaceae	<i>Casearia</i> sp.
Pau-amarelo	Rutaceae	<i>Euxylophora paraensis</i> Huber
Pau-branco	Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus</i> sp.
Pau-de-cobra	Ochnaceae	<i>Ouratea aquatica</i> (Kunth) Engl.
Pau-de-colher	Apocynaceae	<i>Lacmellea aculeata</i> (Ducke) Monach.
Pau-de-remo	Rubiaceae	<i>Chimarrhis turbinata</i> DC.
Pau-de-serra	Ochnaceae	<i>Ouratea polygyna</i> Engl.
Pau-jacaré	Flacourtiaceae	<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eich.
Pau-para-tudo	Simaroubaceae	<i>Simaba cedron</i> Planch.
Pau-pombo	Anacardiaceae	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) Mitchell
Pau-santo	Leguminosae-papilionoideae	<i>Zollernia paraensis</i> Huber
Pente-de-macaco	Tiliaceae	<i>Apeiba albiflora</i> Ducke
Pepino-da-mata	Apocynaceae	<i>Ambelania</i> sp.
Pequiarana	Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.
Pimenta-de-jacu	Rubiaceae	<i>Psychotria deflexa</i> DC.
Pimenta-longa	Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.
Piquiá	Caryocaraceae	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.
Piquiarana	Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.
Pitomba	Sapindaceae	<i>Talisia longifolia</i> (Radlk.) Benth.
Pracuúba-da-terra-firme	Meliaceae	<i>Trichilia lecointei</i> Ducke
Preciosa	Lauraceae	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez
Puruí	Rubiaceae	<i>Duroia sprucei</i>

Quina	Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.
Quinarana	Apocynaceae	<i>Geissospermum sericeum</i> (Sagot) Benth. & Hook.f.
Saboeiro	Leguminosae-mimosoidae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip
Sapucaia	Lecythidaceae	<i>Lecythis usitata</i> Miers.
Seringarana	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> sp.
Seringarana-branca	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> sp.
Seringarana-preta	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i> sp.
Seringueira	Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> Müll.Arg.
Sucupira-babona	Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.
Sucupira-preta	Leguminosae-papilionoideae	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff
Sucuúba	Apocynaceae	<i>Himatanthus sucuuba</i> (Spruce ex Müll.Arg.) Woodson
Sumaúma	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
Sumaúma-da-terra-firme	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
Tachi-preto	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali myrmecophyla</i> Ducke
Tachirana	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali paraense</i> (Huber) Zarucchi & Herend.
Tamanqueira	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
Tamanqueira-branca	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
Tamanqueiro	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
Tamaquaré	Clusiaceae	<i>Caraipa excelsa</i> Ducke
Tanibuca	Combretaceae	<i>Terminalia</i> sp.
Tarumã	Verbenaceae	<i>Vitex triflora</i> Vahl
Tatajuba	Moraceae	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.
Tatapiririca	Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
Tauari	Lecythidaceae	<i>Couratari</i> sp.
Taxi	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali myrmecophyla</i> Ducke
Taxi-branco	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Sclerolobium guianensis</i>
Taxi-preto	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali myrmecophyla</i> Ducke
Taxi-preto-folha-graúda	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali myrmecophyla</i> Ducke
Taxi-preto-folha-miúda	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali multijuga</i> Benth.
Taxirana	Leguminosae-caesalpinioideae	<i>Tachigali paraense</i> (Huber) Zarucchi & Herend.
Tento	Leguminosae-papilionoideae	<i>Ormosia</i> sp.
Tento-folha-graúda	Leguminosae-papilionoideae	<i>Ormosia discolor</i> Spruce ex Benth.
Tento-folha-miúda	Leguminosae-papilionoideae	<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd
Timborana	Leguminosae-mimosoidae	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.
Tipi	Sapindaceae	<i>Talisia longifolia</i> (Radlk.) Benth.
Três-folhas	Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A.Juss.) Radlk
Trichilha	Meliaceae	<i>Trichilia micrantha</i> Benth.
Uchirana	Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.
Ucuúba	Myristicaceae	<i>Virola</i> sp.
Ucuúba-da-terra-firme	Myristicaceae	<i>Virola michellii</i> Heckel

Ucuúba-folha-peluda	Myristicaceae	<i>Virola divergens</i> Ducke
Ucubarana	Myristicaceae	<i>Iryanthera grandis</i> Ducke
Uruazeiro	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken
Urucu-da-mata	Bixaceae	<i>Bixa arborea</i> Huber
Urucurana	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea</i> sp.
Uxi	Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.
Uxi-liso	Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.
Uxirana	Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.
Virola	Myristicaceae	<i>Virola</i> sp.
Xixuá	Celastraceae	<i>Maytenus pruinosa</i> Reissek

ANEXO 2

RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA

- CONJUNTO DE DADOS GERAIS

VARIÁVEL DEPENDENTE: BIOMASSA (BIO)

R MÚLTIPLO: 0,959179633

R² MÚLTIPLO: 0,920025567

R² AJUSTADO: 0,915178632

Nº DE CASOS: 36

F (2, 33) = 189,8159 p < 0,000000

ERRO PADRÃO DA ESTIM.: 31,223615614

N=36	β	ERRO. PAD. DE β	t (33)	PROB.
Interc.	1057,32	58,3060	18,1341	0,000000
NDVI	-1306,89	79,7243	-16,3926	0,000000
REF3	-411,06	169,1865	-2,4297	0,020719

- ANÁLISE DE VARIÂNCIA

EFEITOS	GL	SQ	SQM	F	PROB.
Regressão	370108,5	2	185054,2	189,8159	0,000000
Resíduo	32172,2	33	974,9		
Total	402280,7				

ANEXO 3

RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE VOLUME

- CONJUNTO DE DADOS GERAIS

VARIÁVEL DEPENDENTE: VOLUME (VOL)

R MÚLTIPLO: 0,967103785

R² MÚLTIPLO: 0,935289731

R² AJUSTADO: 0,931367897

Nº DE CASOS: 36

F (2, 33) = 238,4827 p < 0,000000

ERRO PADRÃO DA ESTIM.: 12,591305798

N=36	β	ERRO. PAD. DE β	t (33)	PROB.
Interc.	191,212	5,183492	36,8886	0,000000
NDVI	-186,935	9,481398	-19,7160	0,000000
REF4	-24,893	8,872702	-2,8056	0,008357

- ANÁLISE DE VARIÂNCIA

EFEITOS	GL	SQ	SQM	F	PROB.
Regressão	10091,56	2	5045,779	238,4827	0,000000
Resíduo	698,21	33	21,158		
Total	10789,77				

ANEXO 4

RESULTADO DA REGRESSÃO STEPWISE PARA ESTIMATIVA DE ÁREA BASAL

- CONJUNTO DE DADOS GERAIS

VARIÁVEL DEPENDENTE: ÁREA BASAL (AB)

R MÚLTIPLO: 0,967103785

R² MÚLTIPLO: 0,935289731

R² AJUSTADO: 0,931367897

Nº DE CASOS: 36

F (2, 33) = 238,4827 p < 0,000000

ERRO PADRÃO DA ESTIM.: 1,149941319

N=36	β	ERRO. PAD. DE β	t (33)	PROB.
Interc.	47,8029	1,295873	36,8886	0,000000
NDVI	-46,7338	2,370350	-19,7160	0,000000
REF4	-6,2234	2,218176	-2,8056	0,008357

- ANÁLISE DE VARIÂNCIA

EFEITOS	GL	SQ	SQM	F	PROB.
Regressão	630,7224	2	315,3612	238,4827	0,000000
Resíduo	43,6380	33	1,3224		
Total	674,3605				

ANEXO 5

VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS – BIOMASSA

Nº	Valores Observados	Valores Estimados	Resíduos
1	534,4161	568,2795	-33,8633
2	393,6625	420,5981	-26,9356
3	537,9939	530,8070	7,1869
4	518,3505	472,4232	45,9272
5	586,1648	582,3814	3,7834
6	766,1778	706,7807	59,3971
7	406,6667	426,6615	-19,9948
8	463,1764	457,2368	5,9396
9	303,6752	331,3950	-27,7198
10	249,0772	186,0693	63,0079
11	531,1498	489,4386	41,7112
12	358,0658	392,2982	-34,2325
13	403,1458	421,1579	-18,0121
14	578,5698	593,8596	-15,2897
15	646,5935	621,8355	24,7580
16	387,9240	390,2594	-2,3354
17	546,5977	586,6093	-40,0116
18	484,2353	494,5787	-10,3434
19	607,7903	622,5582	-14,7679
20	385,4882	387,6154	-2,1271
21	484,5991	459,4523	25,1468
22	278,8328	319,7120	-40,8792
23	459,8117	481,6451	-21,8334
24	410,4741	434,0435	-23,5694
25	457,8812	466,4774	-8,5963
26	567,9266	539,9709	27,9557
27	544,0159	537,2375	6,7783
28	429,4324	444,1637	-14,7313
29	544,3028	577,0264	-32,7236
30	566,2750	586,6417	-20,3667
31	563,7632	588,5901	-24,8268
32	480,8500	426,9555	53,8945
33	343,8555	350,7672	-6,9117
34	461,4725	460,2160	1,2565
35	513,9335	501,8228	12,1107
36	555,1140	493,8961	61,2178
Mínimo	249,0772	186,0693	-40,8792
Máximo	766,1778	706,7807	63,0079
Média	481,9850	481,9850	-0,0000
Mediana	484,4172	477,0342	-7,7540

ANEXO 6

VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS - VOLUME

Nº	Valores Observados	Valores Estimados	Resíduos
1	118,1912	122,0815	-3,89024
2	93,7519	96,7888	-3,03695
3	117,9827	114,8707	3,11204
4	109,6173	105,2536	4,36368
5	125,6449	124,5274	1,11754
6	153,7319	142,7433	10,98860
7	91,9537	97,3462	-5,39256
8	101,5870	103,0003	-1,41328
9	77,6356	81,0954	-3,45978
10	69,6386	60,3864	9,25222
11	114,1606	108,1413	6,01927
12	86,6912	92,6847	-5,99358
13	94,2046	96,2165	-2,01187
14	121,3844	126,9247	-5,54031
15	130,6404	130,5013	0,13904
16	89,2933	91,4459	-2,15256
17	118,0793	123,7329	-5,65358
18	111,1158	109,0332	2,08260
19	129,6751	129,8582	-0,18304
20	91,2623	91,0641	0,19820
21	109,3325	101,9341	7,39839
22	74,6507	78,8605	-4,20988
23	104,5597	106,9940	-2,43427
24	95,9085	98,6472	-2,73877
25	104,2290	104,1308	0,09818
26	117,8883	115,9836	1,90478
27	116,0036	116,1011	-0,09750
28	96,3393	100,2100	-3,87074
29	120,8876	123,2961	-2,40851
30	119,2065	123,4868	-4,28030
31	121,6086	125,1228	-3,51418
32	104,0240	97,2174	6,80662
33	84,8316	84,8829	-0,05122
34	101,5302	103,2147	-1,68448
35	114,6516	110,0495	4,60203
36	114,9241	108,9897	5,93442
Mínimo	69,6386	60,3864	-5,99358
Máximo	153,7319	142,7433	10,98860
Média	106,8560	106,8560	0,0000
Mediana	109,4749	106,1238	-0,79816

ANEXO 7

VALORES ESTIMADOS E RESIDUAIS – ÁREA BASAL

Nº	Valores Observados	Valores Estimados	Resíduos
1	29,54780	30,52036	-0,97256
2	23,43797	24,19720	-0,75924
3	29,49568	28,71767	0,77801
4	27,40433	26,31341	1,09092
5	31,41122	31,13184	0,27938
6	38,43298	35,68583	2,74715
7	22,98842	24,33656	-1,34814
8	25,39676	25,75008	-0,35332
9	19,40890	20,27384	-0,86494
10	17,40965	15,09659	2,31306
11	28,54015	27,03534	1,50482
12	21,67279	23,17119	-1,49839
13	23,55116	24,05413	-0,50297
14	30,34610	31,73117	-1,38508
15	32,66009	32,62533	0,03476
16	22,32334	22,86147	-0,53814
17	29,51983	30,93322	-1,41339
18	27,77894	27,25829	0,52065
19	32,41878	32,46454	-0,04576
20	22,81558	22,76603	0,04955
21	27,33313	25,48353	1,84960
22	18,66266	19,71513	-1,05247
23	26,13993	26,74850	-0,60857
24	23,97712	24,66181	-0,68469
25	26,05724	26,03269	0,02455
26	29,47208	28,99589	0,47619
27	29,00090	29,02528	-0,02437
28	24,08482	25,05250	-0,96769
29	30,22191	30,82404	-0,60213
30	29,80162	30,87169	-1,07007
31	30,40216	31,28070	-0,87855
32	26,00600	24,30434	1,70165
33	21,20791	21,22071	-0,01281
34	25,38255	25,80367	-0,42112
35	28,66289	27,51239	1,15051
36	28,73103	27,24743	1,48360
Mínimo	17,40965	15,09659	-1,49839
Máximo	38,43298	35,68583	2,74715
Média	26,71401	26,71401	0,0000
Mediana	27,36873	26,53096	-0,19954