



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-9678-TDI/853

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TEMPORAL DO
RETROESPALHAMENTO NA BANDA L DA COBERTURA DA
TERRA NA FLORESTA DO TAPAJÓS, PARÁ, UTILIZANDO
IMAGENS JERS-1**

Carlos Frederico de Angelis

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada pelos Drs. Corina da Costa Freitas e Dalton de Morisson Valeriano, aprovada e 05 de maio de 2000.

527.711.7 (811)

ANGELIS, C. F.

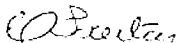
Análise do comportamento temporal do retroesalhamento na banda L da cobertura da terra na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, utilizando imagens JERS-1.

154p. – (INPE-9678-TDI/853).


1.Radar de Abertura Sintética (SAR). 2.JERS-1. 3.Análise multiemporal. 4.Floresta Tropical. 5.Estrutura de Florestas. 6.Floresta Nacional do Tapajós. I.Título.

Aprovado pela Banca Examinadora em
cumprimento a requisito exigido para a
obtenção do Título de **Mestre em**
Sensoriamento Remoto.

Drª Corina da Costa Freitas


Orientador/Presidente/INPE-SJC/SP

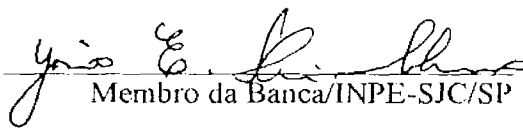
Dr. Dalton de Morisson Valeriano


Orientador/INPE-SJC/SP

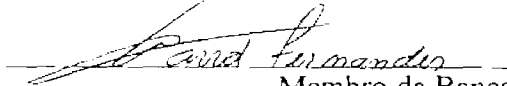
Dr. Luciano Vieira Dutra


Membro da Banca/INPE-SJC/SP

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro


Membro da Banca/INPE-SJC/SP

Dr. David Fernandes


Membro da Banca
Convidado ITA/CTA-SJC/SP

Candidato: Carlos Frederico de Angelis

São José dos Campos, 05 de maio de 2000.

A meus pais, João e Cida e à minha esposa, Alcione,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Dra. Corina pela sua dedicação e profissionalismo e por ter me dado a oportunidade de participar de um grupo tão seletivo em todo o mundo, que são os pesquisadores que trabalham com radares; ao Dr. Dalton pelo brilhantismo de suas idéias e disponibilidade; à coordenação acadêmica do curso de Sensoriamento Remoto na pessoa do Dr. Flávio Ponzoni, incluindo é claro, nossa querida e inesquecível Etel; ao CNPq pela concessão da bolsa e ao INPE pela excelência em instituição.

RESUMO

A evolução temporal do retroespalhamento para vários tipos de cobertura da terra na Floresta Nacional do Tapajós, estado do Pará, foi analisada através do uso de cinco imagens JERS-1 adquiridas entre 1993 e 1997 na estação seca. As amostras dos tipos de cobertura da terra estudadas foram identificadas após a análise de um conjunto de doze imagens Landsat/TM5 obtidas entre 1984 e 1999. Os seguintes tipos de cobertura da terra foram investigados: solo exposto, áreas agrícolas, pastagens, regenerações com idades entre 1 e 23 anos e floresta primária. Os resultados revelaram que o comportamento das regenerações é influenciado pelo uso anterior do solo e por atividades antrópicas como incêndios e corte seletivo de madeiras. Foi observado que o comportamento do retroespalhamento de regenerações novas que ocorreram a partir do abandono de florestas primárias desmatadas e áreas queimadas, diferem das regenerações jovens que ocorreram a partir do abandono de locais usados para fins agropecuários. O taxa de crescimento do retroespalhamento foi maior nas regenerações em locais ocupados anteriormente por florestas primárias que nas demais. O retroespalhamento entre regenerações antigas também comportou-se diferentemente dependendo se houve ou não corte seletivo de madeira. Na ausência de corte seletivo verificou-se um padrão oscilatório ou um padrão estável do retroespalhamento, dependendo da idade da regeneração, enquanto que na presença de corte seletivo constatou-se uma tendência progressiva no retroespalhamento. Este trabalho teve um caráter investigativo, cujo objetivo foi avaliar a possibilidade de utilizar a evolução temporal do retroespalhamento como fonte de dados para estudos que enfocam mudanças na cobertura da terra em ambientes de florestas tropicais. Os resultados deste trabalho podem ser aplicados na inferência do estado e na taxa de transição da cobertura da vegetação em ambientes de florestas tropicais, podendo assim melhorar a elaboração de modelos de produção de biomassa de regiões tropicais, e também melhorar os cálculos de balanço regional de Carbono. Além disso, acredita-se ser possível a elaboração de algoritmos classificadores de imagens de radar para ambientes de florestas tropicais, considerando a evolução da assinatura espectral como fonte de dados para a tomada de decisões na classificação. Para melhorar os resultados sugere-se o levantamento de mais amostras e se possível utilizar um número maior de imagens de radar.

A TEMPORAL BEHAVIOUR ANALYSIS OF THE LAND COVER L BAND BACKSCATTER IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, STATE OF PARÁ, BY USING JERS-1 IMAGES

ABSTRACT

The temporal evolution of the backscatter for several land cover types in the Tapajós National Forest, Brazilian Amazonia is analyzed using JERS-1 images. Five JERS-1 images were acquired in the dry season from 1993 to 1997. Samples of the studied land cover types were identified after the analysis of a Landsat5/TM data set of 12 images obtained from 1984 to 1999. The following land cover types were investigated: bare soil, agriculture, pastures, forest regrowth from one to 23 years old and primary forest. The results show that the behavior of the regrowth stands is influenced by the previous land use and by human impacts as fires and selective logging. It was observed that the backscatter behavior of young regrowth stands originated from abandoned slashed and burned areas differs from those originated from abandoned agriculture activities. The backscatter of the former increases in a faster rate than that of the latter. The backscatter of old regrowth stands also behaves differently depending on the occurrence or absence of selective logging. The first case presents an oscillating pattern, while the second presents either a progressive trend or a stable pattern depending on the age of the stand. This assignment had an investigating feature, whose goal was to verify the possibility of using the backscatter temporal evolution as data source in studies that focus the land cover changes in tropical areas. The results of this research can be applied to the inference of the states and transition rates of the vegetation cover in Tropical Rainfall Forests areas, which may improve biomass production models of tropical regions and refine the assessment of regional Carbon balance. Besides, with the results, may be possible to make a radar image classifier algorithm, that observes the backscatter temporal evolution to take the right decision in the classification. To improve the results it is suggested a higher number of samples and radar images.

SUMÁRIO

Pág.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Florestas tropicais	17
2.2 Estrutura de uma floresta tropical	18
2.3 Razões da alta diversidade e características gerais da amazônia.....	19
2.4 Sucessão secundária em florestas tropicais	21
2.5 Importância do estudo de florestas tropicais	22
2.6 Monitoramento de florestas tropicais por sensoriamento remoto.....	24
2.7 Radar de abertura real: princípio de funcionamento	26
2.8 Radar de abertura sintética (SAR)	28
2.9 A imagem SAR	29
2.10 Parâmetros envolvidos na aquisição de uma imagem SAR	30
2.10.1 Parâmetros do sistema sensor	30
2.10.2 Parâmetros do alvo	31
2.11 Coefficiente de retroespalhamento em ambiente de floresta tropical	33
2.12 Constante dielétrica e estado hídrico do alvo	35

2.13	Fluxo de carbono e biomassa	36
2.14	A plataforma JERS-1	38
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO		41
3.1	Área de estudo	41
3.1.1	Topografia, solos, clima e vegetação	41
3.2	Materiais	42
3.3	Método	44
3.3.1	Definição da área de estudo	45
3.3.2	Definição do conjunto de dados	45
3.3.3	Correção das imagens JERS-1	45
3.3.3.1	Correção bilinear	50
3.3.3.2	Correção pela normalização das médias	52
3.3.4	Definição das classes de estudo e levantamento do histórico de uso do solo das áreas amostradas	53
3.3.5	Registro das imagens e amostragem das classes de estudo	76
3.3.6	Determinação do coeficiente de retroespalhamento	77
3.3.7	Determinação do coeficiente de variação	77
3.3.8	Levantamento do comportamento pluviométrico da área de estudo	78
3.3.9	Análise pedológica da área de estudo.....	79
3.3.10	Avaliação da evolução do retroespalhamento e análise da separabilidade de classes.....	79

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
4.1 Correção das imagens JERS-1	81
4.2 Levantamento do comportamento pluviométrico e análise pedológica	93
4.3 Determinação do coeficiente de retroespalhamento e do coeficiente de variação das classes de estudo	95
4.4 Análise da evolução σ° para as áreas estudadas e avaliação da separabilidade de classes	103
4.4.1 Pastagens	103
4.4.2 Áreas em processo de desmatamento	103
4.4.3 Áreas com uso agrícola	104
4.4.4 Áreas com vegetação entre 1 e 5 anos de idade	104
4.4.5 Áreas com idade da vegetação entre 5 e 9 anos	106
4.4.6 Áreas com idade da vegetação entre 10 e 16 anos	107
4.4.7 Áreas com idade da vegetação entre 19 e 23 anos	108
4.4.8 Áreas de floresta primária	109
4.5 Análise da evolução do c. v. para as áreas estudadas	109
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APÊNDICE A - TABELAS DE VALORES DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS PRÓXIMAS A FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.....	121

APÊNDICE B - TABELAS COM INDICAÇÃO DE QUANTIDADE DE PIXELS	
AMOSTRADOS, MÉDIA EM INTENSIDADE E DESVIO PADRÃO DE	
CADA CLASSE AMOSTRADA NAS IMAGENS JERS-1.....	147

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais acumulam em sua vegetação uma grande quantidade de carbono que é retirado da atmosfera através do processo natural de crescimento da vegetação. Porém, atualmente, as taxas de conversão de florestas tropicais são altas e crescentes, principalmente no Brasil, onde cerca de 500 mil Km², ou 12,5 % da floresta original foram desmatados (INPA, 2000). O gás carbônico emitido nesta conversão, adicionado à parcela emitida pela queima de combustíveis fósseis, aumenta mais ainda a concentração de CO₂ na atmosfera. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera implica em um aumento do efeito estufa da Terra, com possível consequência sobre o padrão climático global.

Para quantificar a emissão de CO₂ por conversão de florestas tropicais é preciso monitorar o desmatamento, que emite carbono, e as regenerações, que fixam carbono. Para a realização de uma tarefa dessa complexidade em ambientes que abrangem grandes extensões de áreas como as florestas tropicais, a tecnologia que tem mostrado bons resultados na quantificação de desmatamento é o uso de sensoriamento remoto, principalmente com dados ópticos. Porém, esta tecnologia não tem se mostrado eficiente na quantificação de regenerações, uma vez que sua evolução, e conseqüentemente sua taxa de fixação de CO₂, varia em função de condições antecedentes do uso do solo e de condições atuais como o corte seletivo de árvores ou a ocorrência de incêndios.

Uma das alternativas ao uso de dados ópticos que tem apresentado bons resultados é o emprego de radares de abertura sintética (SAR). Trabalhos que utilizaram dados SAR de Banda L, como os de Luckman et al. (1997), indicaram a possibilidade da quantificação direta da biomassa de regenerações. Porém, como as imagens orbitais de radar ainda não são polarimétricas para a elaboração de diferentes composições, uma única observação para se estimar a biomassa de regenerações ainda é limitada.

Diante dessa situação, o objetivo principal desta pesquisa foi verificar se através de uma seqüência temporal de imagens JERS-1 é possível observar o comportamento espectral de regenerações. Para atingir este objetivo, foram necessários os seguintes objetivos específicos:

- Determinar e corrigir variações na radiometria das imagens;
- Descrever o comportamento das regenerações e associá-lo às condições de uso pretérito e atual;
- Examinar o comportamento de outros tipos de cobertura;
- Sugerir propostas para o desenvolvimento de uma metodologia para quantificar biomassa de regenerações.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Florestas Tropicais

"Suas terras são altas e existem nelas muitas serras e muitas montanhas vistosas se comparadas com a ilha de Tenerife. Todas são mais bonitas, possuem milhares de formas e todas são acessíveis e cheias de árvores de diferentes formas e tamanho e elas parecem tocar o céu. Eu imagino que elas nunca perdem a folhagem, como concluí, pois vejo-as sempre verdes e tão adoráveis como elas são na Espanha em maio, e algumas delas eram floridas enquanto outras produziam frutos e outras se encontravam em outro estágio, segundo sua natureza." Essas palavras foram descritas por Cristovão Colombo em 1493 e este é um dos primeiros relatos do contato do homem dito civilizado com as florestas tropicais das Américas. O termo floresta tropical pode ser atribuído às florestas sempre verdes das terras baixas e úmidas das regiões tropicais (Richards, 1981) e a esses ambientes também podem ser adicionadas as Florestas Tropicais Montanas. Além dessas, Terborgh (1992) classificou a Mata Atlântica, floresta sempre verde que habita a costa brasileira, como floresta tropical, devido às características da vegetação e do clima encontrado ao longo da costa brasileira.

Nas regiões de florestas tropicais as árvores constituem a maior parte da vegetação e desempenham papel principal no estágio de desenvolvimento da floresta e na colonização de solos e rochas expostas. Também constituem a maior parte da vegetação no entorno de lagos e áreas inundáveis (Terborgh, 1992). As árvores das florestas tropicais são numerosas em espécies e variam em altura, podendo atingir 60 metros ou mais, e 17 metros ou mais de circunferência de tronco. A diversidade de árvores presentes em uma floresta tropical é muito grande fazendo com que estes ambientes sejam habitados por comunidades com um grande número de co-dominantes, sendo que às vezes existem somente duas ou três dominantes (Richards, 1981). Embora haja numerosas espécies as árvores das florestas tropicais apresentam uma uniformidade em sua aparência e fisionomia, com exceção de alguns tipos como palmeiras e bambus.

Os principais constituintes de uma árvore em um ambiente de floresta tropical são raízes, troncos, galhos e copas e normalmente o crescimento desses elementos mantém uma proporção constante, podendo evoluir ou não ao mesmo tempo (Hallé et al., 1978). Por isso, uma árvore pode ser classificada segundo sua forma de desenvolvimento, e nas florestas tropicais a maioria das árvores apresentam arquitetura cuja diferenciação entre galhos e troncos é evidente. Nestas árvores o tronco desempenha papel principal na estrutura, determinando a altura do indivíduo e os galhos servem de ligação entre a copa e o tronco.

O estudo individual de uma árvore e seus constituintes pode ser ampliado e ao invés de se analisar a morfologia de um único indivíduo, pode-se analisar dois ou mais, ou então delimitar uma área na superfície e analisar o conjunto de árvores ali presente. Desta maneira, estar-se-á estudando a estrutura de uma formação florestal.

2.2 Estrutura de uma Floresta Tropical

A estrutura de uma floresta tropical é tridimensional pois ela possui evolução tanto em altura quanto em extensão (área). A quantidade de espaço ocupado por troncos, galhos, folhas, etc, a diferentes níveis determina o microclima interno e a energia disponível para outros organismos. A ocupação de uma grande extensão de área superficial controla a disponibilidade de suas reservas alimentares e os possíveis métodos de comunicação e locomoção, além de determinar as atividades e distribuição dos animais.

Nas florestas tropicais as árvores até atingirem uma certa altura, utilizam toda sua energia para o crescimento e consequentemente não possuem ainda seu sistema de reprodução ativado. Após atingir uma certa altura elas reordenam suas prioridades para produzir frutos e sementes. Neste nível há uma diminuição da taxa de crescimento dos troncos e um aumento na taxa de crescimento das copas, e com a maturação as árvores passam a gastar suas energias para a reprodução ao invés de crescerem.

Essa dinâmica de evolução vertical faz com que uma floresta tropical apresente vários estratos arbóreos, porém não muito bem definidos devido à alta densidade de indivíduos e a não ocorrência de espécies dominantes. As árvores que atingem maior estatura são

denominadas emergentes, e a ocorrência de indivíduos dessa natureza é baixa. Elas são geralmente espalhadas e o espaço existente entre uma emergente e outra permite a passagem da luz que atinge a folhagem situada abaixo de suas copas. Este nível é caracterizado por uma densa folhagem, a uma altura que pode variar entre 20 a 40 metros (Richards, 1983). Muitas espécies de árvores coexistem neste nível, e suas copas formam um dossel contínuo e ocupam todo o espaço disponível nessa altura. Abaixo desse segundo dossel, outras plantas possuem seu lugar na sequência vertical como árvores que germinaram de sementes lançadas pelas por outras árvores, arbustos e gramíneas.

Em uma floresta no estágio de maturação, as árvores de baixa estatura cujas copas se encontram abaixo do dossel principal, recebem pouca luz solar e se mantêm praticamente sem crescimento até que surja uma oportunidade de receberem luz, através da queda de alguma árvore de maior porte. Quando isso acontece, a pequena árvore passa a receber luz e então tem a oportunidade de evoluir e ocupar o espaço antes ocupado por outra árvore.

Diante dessa dinâmica de evolução vertical pode-se inferir que visto de cima, um dossel de uma floresta tropical se comporta homogeneamente a uma certa altura, porém essa continuidade é quebrada pela ocorrências de clareiras (*gaps*) aberto pela queda de árvores, ou pela existência de árvores emergentes que dispõem suas copas acima do dossel principal.

2.3 Razões da Alta Diversidade e Características Gerais da Amazônia

A área estimada ocupada pelas florestas tropicais em todo o mundo é de 19 milhões de Km² e as condições físico-químicas e a alta diversidade biológica são comuns à todas elas. A Floresta Amazônica, que ocupa áreas de seis países, é a maior floresta tropical contínua do mundo. Segundo o INPA (2000) esta floresta representa a vigésima parte da superfície terrestre, quatro décimos da América do Sul, três quintos do Brasil, um quinto da disponibilidade mundial de água doce, um terço das reservas mundiais de florestas latifoliadas e 69% dessa área pertence ao Brasil. A Amazônia abriga cerca de 50% da biodiversidade mundial, constituindo assim um banco genético de valor incalculável.

Nesta floresta 78% dos solos de terra-firme são ácidos e de baixa fertilidade. A quantidade estimada de espécies de árvores com diâmetro do tronco acima de 15 cm que habitam a Amazônia é de 5.000. O número estimado para a América do Norte é de 650 espécies. Em um hectare de floresta na Amazônia a diversidade pode variar entre 40 a 300 espécies e para a América do Norte os números variam entre 4 a 25. Existem mais tipos de pássaros, morcegos e outros animais nas regiões tropicais que se comparadas com as regiões temperadas (Leigh, 1985). A diversidade de animais reflete a estabilidade e a alta diversidade de plantas dos ambientes de florestas tropicais, pois é preciso uma grande produção de frutos, folhas, raízes, etc, para sustentar a cadeia primária da pirâmide de consumidores durante todo o ano (Hutchinson, 1959). Nas florestas tropicais a existência de muitos tipos de árvores pode ser atribuída a:

- Constante competição entre as espécies que permite um balanço entre especiação e extinção (Hubbel, 1979);
- Coexistência de diferentes espécies em diferentes habitats na floresta, como por exemplo, espécies características de vales, espécies adaptadas para topos de encostas, espécies que só reproduzem ao atingir o dossel superior, etc. (Ashton, 1969, 1977);
- Aparecimento de clareiras abertas na floresta por distúrbios naturais como a queda de uma ou mais árvores, provocada pela idade das árvores, ocorrência de fenômenos naturais como fortes ventos (tornados), terremotos, raios, etc. Skellman (1951) mostrou como a abertura de *gaps* pode propiciar o aparecimento de novas espécies num local onde já existem várias outras;
- Diferentes formas de reprodutividade das espécies devidos a diferentes modos de polinização e a grande variação no sucesso reprodutivo de ano para ano (Foster, 1985);
- Grande diversidade de insetos transmissores de doenças para as árvores não permite que a ocorrência de determinada espécie de árvore possa ser mais comum que as demais (Gillett, 1962).

2.4 Sucessão Secundária em Florestas Tropicais

Como uma floresta tropical está em estado de equilíbrio, ou seja, toda a sua produção é utilizada para o consumo interno, esses ambientes são considerados em estágio clímax (Richards, 1981). Quando uma árvore morre ela é repostada por outra não necessariamente da mesma espécie. Com isso a composição florística de uma pequena área pode variar ao longo dos anos, porém a composição média sobre uma grande área permanecerá a mesma. Portanto, embora haja mudança nos indivíduos a comunidade como um todo permanece.

Quando uma árvore morre e ou cai, uma clareira é aberta e isso desencadeia um importante processo na renovação florística de uma floresta e esse processo é denominado de sucessão secundária. Após a abertura de uma clareira, o local é ocupado por uma vegetação pioneira, que inicia-se com o crescimento de arbustos, que posteriormente são substituídos por arvoredos e depois por árvores. Esta dinâmica de substituição de indivíduos e espécies é sempre contínua e o resultado ao longo do tempo é a formação de uma floresta primária. A vegetação pioneira é segundo Ewel (1979) dominada somente por algumas espécies de rápido crescimento. Com a evolução natural a sucessão secundária ou floresta secundária passa a acumular tanto espécies características de estágios sucessionais como espécies de floresta primária. Esse conceito de sucessão secundária envolve além da sucessão acarretada por causas naturais, as sucessões decorrentes da retirada da floresta primária por atividades antrópicas.

Em comparação com uma floresta madura ou primária, a estrutura de uma floresta secundária é simples, embora idade, clima e quantidade de nutrientes presentes no solo possam interferir na evolução e conseqüentemente em sua estrutura. O acúmulo de biomassa nas regenerações é muito rápido, conseqüência do rápido crescimento das florestas secundárias. Os valores podem chegar, segundo Brown e Lugo (1990), a 100 toneladas por hectare durante os primeiros quinze anos de crescimento, porém esses valores podem ser diferentes se ocorrer algum distúrbio como fogo e corte seletivo de árvores. A produção de material para decomposição como folhas também é alta ficando

acima de 12 a 13 toneladas por hectare por ano em uma floresta secundária com idade entre 12 a 15 anos. O impacto disso na matéria orgânica do solo é significativo e explica porque os nutrientes são acumulados rapidamente em florestas secundárias.

As características da vegetação de uma floresta secundária com idade entre 60 e 80 anos, são semelhantes às de uma floresta primária tornando-se difícil a distinção entre ambas (Budowski, 1961). Contudo, alguns trabalhos em regiões tropicais têm sugerido que grandes áreas de florestas consideradas primárias podem ser sucessões secundárias devido à existência de material humano encontrado nos solos desses locais (Brown e Lugo, 1990).

Atualmente o aumento das áreas em estágios de sucessão secundária tem acontecido de maneira sistemática devido ao aumento do desflorestamento de florestas primárias. No processo de desmatamento na Amazônia brasileira, primeiro retira-se as árvores de grande valor comercial. Esta é uma atividade muito rentável e de baixíssimo investimento. Após a retirada do principal produto que valoriza a terra, a área perde seu valor comercial e normalmente é vendida para outras pessoas que logo em seguida retiram toda a vegetação que sobrou. Inicia-se então um processo de exploração agrícola e ou pecuário. Para o caso da agricultura, normalmente as culturas são pequenas e não visam a produção em grande escala, portanto a área que cada agricultor utiliza é pequena. Com o passar do tempo, devido às más condições do solo, a produtividade cai bastante e o local não atende mais às necessidades do agricultor. O local então é abandonado e inicia-se um processo regenerativo. O mesmo ocorre para as pastagens, porém as áreas utilizadas para essa atividade são maiores. Essa dinâmica de uso do solo influencia o crescimento da vegetação, pois o acúmulo de biomassa na regeneração fica comprometido pelo uso anterior do solo.

2.5 Importância do Estudo de Florestas Tropicais

As florestas tropicais têm papel fundamental na regulação do clima da região em que se encontram devido aos processos de conversão de energia que alimentam esses ecossistemas. Assim de toda a energia que entra em um ecossistema florestal, parte é consumida para alimentar os processos de crescimento da vegetação (fotossíntese),

parte é transformada em calor sensível e latente e parte é absorvida pelas plantas, ar e solo (Oke, 1987). Desta forma, um ecossistema florestal interage dinamicamente com a atmosfera que o envolve, influenciando e sendo influenciado pelo clima local e regional. Para o caso da floresta Amazônica, cujas dimensões somente para a parte brasileira atinge aproximadamente 5.033.072 Km², a influência sobre o clima excede a escala regional e interfere no clima de regiões bem distantes, como o caso da região Nordeste e Sudeste brasileira. A influência da floresta Amazônica sobre o clima da região Nordeste e Sudeste acontece sazonalmente, mais precisamente nos meses de verão, devido a interação do anticiclone que ocorre na alta troposfera, no verão, sobre a América do Sul, conhecido como Alta da Bolívia. Esse anticiclone tem influência no ciclo de chuvas da Região Sudeste, através de sua interação com os sistemas frontais que chegam a essa região. Esse fenômeno também influencia o regime de chuvas da Região Nordeste, pois segundo Gusmão (2000) o padrão de circulação de verão indica que, corrente abaixo da Alta da Bolívia, forma-se uma circulação ciclônica em altitude, que varia de posição e intensidade ao longo do verão, e cujo efeito mais marcante é a subsidência induzida em baixos níveis sobre a região Nordeste.

Além de influenciar o clima local e regional, as florestas tropicais são fundamentais para a sobrevivência da população local, pois é da floresta e dos rios ali presentes que os habitantes retiram a maior parte de seus alimentos. Além disso, as florestas tropicais possuem uma biodiversidade que ainda não foi totalmente catalogada. Dentre as espécies que compõem esse ecossistema, muitas têm propriedades medicinais e podem ser aproveitadas para a farmacopéia mundial. As florestas tropicais também desempenham papel importante na economia dos países que ela ocupa, devido a exploração comercial da madeira, frutos, pesca e subprodutos como o látex, folhas e raízes.

Como as florestas tropicais representam a maior parte das comunidades florestais, sua importância nos estudos de balanços globais de carbono torna-se evidente. A contribuição de florestas tropicais, mais precisamente a Amazônia, como fonte de emissão de carbono na atmosfera através do desmatamento, é atualmente fonte de estudo e recebe muita atenção da comunidade científica mundial. Os valores de emissão

de carbono na atmosfera são encontrados através do conhecimento da área desflorestada, multiplicado pela biomassa estocada na forma de carbono e por um fator de conversão de carbono orgânico em CO_2 durante a combustão (Victória et al., 1991). Em contrapartida sabe-se que o crescimento da vegetação funciona como um agente fixador de carbono, ou seja, o carbono na forma de CO_2 presente na atmosfera é absorvido pela vegetação e transformado em carbono orgânico, ficando estocado como biomassa viva. Os valores para o cálculo da biomassa estocada em regenerações podem ser obtidos através do uso das equações alométricas como por exemplo, aquelas levantadas por Deans et al. (1995) que utilizam como parâmetros de entrada a espécie da árvore, seu diâmetro à altura do peito e sua altura.

2.6 Monitoramento de Florestas Tropicais por Sensoriamento Remoto

Atualmente o monitoramento de florestas tropicais é feito através do uso de técnicas de sensoriamento remoto, que além de várias aplicações permite averiguar tanto áreas desmatadas como áreas em regeneração. A tecnologia atual permite obter-se imagens de alta resolução espacial, e devido a existência de vários sistemas sensores, pode-se considerar também alta resolução temporal. Estudos sistemáticos de florestas tropicais vêm sendo realizados desde a década de 70 através de produtos gerados pela série de satélites de monitoramento de recursos naturais terrestres Landsat/MSS e seus sucessores: Landsat/TM. Esses satélites operam na região do visível e do infra vermelho do espectro eletromagnético, sendo portanto, sensores passivos que captam a energia eletromagnética refletida pelos alvos situados sobre a superfície terrestre. As vantagens desse tipo de sensor são muitas e podem ser citadas algumas como a boa resolução espacial (30 m) e a disponibilidade de seis bandas espectrais diferentes para uma mesma área imageada. A possibilidade de se trabalhar com seis bandas espectrais diferentes facilita a interpretação e o reconhecimento de uma quantidade muito grande de alvos, e para o caso de florestas é possível relacionar a reflectância da vegetação com a quantidade de biomassa existente. Alves et al. (1997) utilizaram imagens TM do satélite Landsat 5 e verificaram a possibilidade de estimar a biomassa nas florestas primárias e secundárias de Rondônia. Para os cálculos foram utilizadas as equações alométricas propostas por Overman et al. (1994), Saldarriaga et al. (1988), Uhl et al. (1988) e Brown

et al. (1989). Os resultados encontrados indicaram que as florestas primárias acumulam biomassa que varia de 290 a 495 t.ha⁻¹ e as florestas secundárias acumulam biomassa que varia de 40 a 60 % dos valores das florestas primárias. Foi encontrado que a taxa de acúmulo de biomassa para as florestas secundárias varia de 6,6 a 8,7 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em regenerações de 3 a 18 anos de idade.

A principal desvantagem dos sensores ópticos é a completa inoperabilidade diante de condições climáticas adversas como nuvens, névoas ou neblinas, ou ainda a presença de fumaça sobre a área imageada. Em situações dessa natureza, a aquisição de imagens pelo sensor fica comprometida devido a pouca ou nenhuma energia que chega até a plataforma orbital. Para agravar essa situação, as regiões onde se localizam as florestas tropicais apresentam constante instabilidade atmosférica, fazendo com que a presença de nuvens seja uma característica marcante nesses ambientes. Esse fenômeno, junto com a baixa resolução temporal dos principais sensores ópticos Landsat, SPOT e recentemente o satélite sino-brasileiro CBERS ser em média de 15 dias, aumenta a probabilidade de uma imagem obtida sobre uma área de floresta tropical apresentar nuvens.

Para auxiliar nos estudos de florestas tropicais o radar tem se mostrado muito eficiente em alguns casos e está sendo muito utilizado pela comunidade científica mundial. Para Ulaby et al. (1981) existem três razões principais para utilização de radar como ferramenta para o sensoriamento remoto. A primeira é solucionar o problema de aquisição de imagens sobre áreas com condições atmosféricas adversas e eliminar a necessidade do sol como fonte de energia, a segunda é devido ao fato da energia eletromagnética contida na microonda penetrar mais profundamente na vegetação, e a terceira razão é simplesmente pelo fato da informação disponível no retroespalhamento da microonda ser diferente da informação disponível na região óptica do espectro eletromagnético. Assim, para aplicações em estudos de florestas tropicais o radar tem sido uma importante ferramenta, não só pela sua capacidade de reconhecer alvos ofuscados por nuvens ou fumaça, mas também pela sua sensibilidade à estrutura florestal. Um exemplo de aplicação de radares em florestas tropicais pode ser visto em Luckman et al. (1997) que utilizaram dados dos radares JERS-1, ERS-1 e SIR-C para

avaliar a relação entre σ^0 e a densidade de biomassa acima do solo para áreas de regeneração em florestas tropicais. Foi concluído que a banda L discriminou níveis de biomassa até o valor de 60 t.ha⁻¹.

2.7 Radar de Abertura Real: Princípio de Funcionamento

Berkowitz (1965) definiu um Radar ("Radio Detection and Ranging") como uma alternativa para estender a percepção humana em determinar a presença e a localização de objetos pelo uso de ecos de ondas de rádio. O radar é portanto, uma importante obra da revolução tecnológica que aconteceu no século XX e que aproveita da característica da energia eletromagnética se propagar pela atmosfera de uma maneira que possa ser controlada. Para aplicações de imageamento da superfície terrestre, o radar deve ser transportado por uma aeronave ou uma plataforma orbital e ter uma geometria de iluminação e visada laterais conforme esboçado na Figura 2.1.

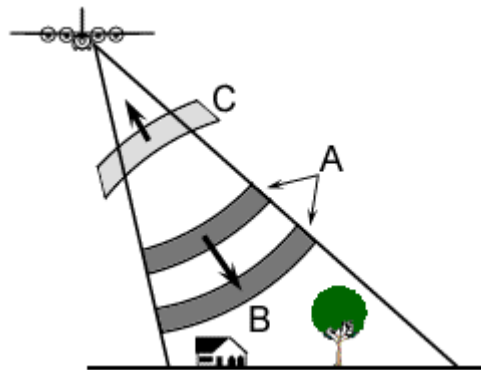


Fig. 2.1 - Geometria de aquisição de dados de um radar.

FONTE: Canada Centre for Remote Sensing (2000).

De acordo com a Figura 2.1, pulsos de onda eletromagnética na faixa de frequência de microondas são transmitidos na atmosfera através de uma antena em intervalos regulares (A). Esses pulsos são concentrados dentro de um feixe de energia (B) e após percorrer uma determinada distância e encontrar um alvo, parte dessa energia é espalhada de volta e captada novamente pela antena (C). Esse é o princípio básico de funcionamento de um radar cujo sinal retroespalhado pelo alvo e captado pela antena pode ser expresso pela forma simplificada da equação radar:

$$S = \frac{P_t * G^2 * \lambda^2 * \sigma}{(4\pi)^3 * R^4} \quad (2.1)$$

onde, S é a potência recebida, P_t é a potência do sinal transmitido, G é o ganho da antena, λ é o comprimento da onda transmitida, σ é a seção transversal do alvo, R é a distância do alvo ao radar.

O sinal transmitido pela antena utiliza a atmosfera como percurso e atinge e interage com o alvo. Parte desse sinal é absorvido e parte é refletido em diversas direções conforme algumas características físicas do alvo como forma geométrica, orientação em relação ao radar e propriedades dielétricas e também conforme as características do relevo e rugosidade da superfície. Portanto, do sinal transmitido, somente uma pequena parcela é retornada à antena do radar sendo que a potência desse sinal retornado normalmente é muito pequena, podendo assim misturar-se com o ruído existente nos circuitos eletrônicos do sistema de radar e não ser detectado.

Devido a existência desse ruído torna-se muito importante para uma correta interpretação do sinal recebido, conhecer a relação entre sinal recebido e ruído aleatório do sistema de radar. Essa relação é conhecida por relação sinal/ruído, e o valor da potência média do ruído (N_0) dado por Palme et al. (1996) como:

$$N_0 = K * T * B \quad (2.2)$$

onde, K é o valor da Constante de Boltzmann, T é a temperatura de referência (290 K) e B é a largura de banda equivalente de ruído do receptor do radar. Portanto a relação sinal/ruído pode ser expressa por:

$$\frac{S}{N} = \frac{P_t * G^2 * \lambda^2 * \sigma}{(4\pi)^3 * R^4 * N_0} \quad (2.3)$$

Para todos os tipos de radares imageadores, a resolução espacial, ou seja, a mínima área a ser distinguida no terreno é função da resolução em distância (*range*) que é função da largura do pulso transmitido, e da resolução em azimuth, que é função da

abertura azimutal do feixe da antena que por sua vez é função da abertura de irradiação da antena do radar. Portanto, quanto maior a antena maior será a abertura de irradiação e consequentemente maior será a resolução em azimute do radar, pois menor será a largura do feixe de microonda. Para o caso de radares de abertura real, normalmente a antena é pequena, pois o transporte de uma antena muito grande em um avião ou em uma plataforma orbital é praticamente inviável. Desta forma, o imageamento da superfície terrestre por radar de abertura real tem sua aplicação muito limitada.

2.8 Radar de Abertura Sintética (SAR)

A Figura 2.2 ilustra o conceito de iluminação e visada de um SAR.

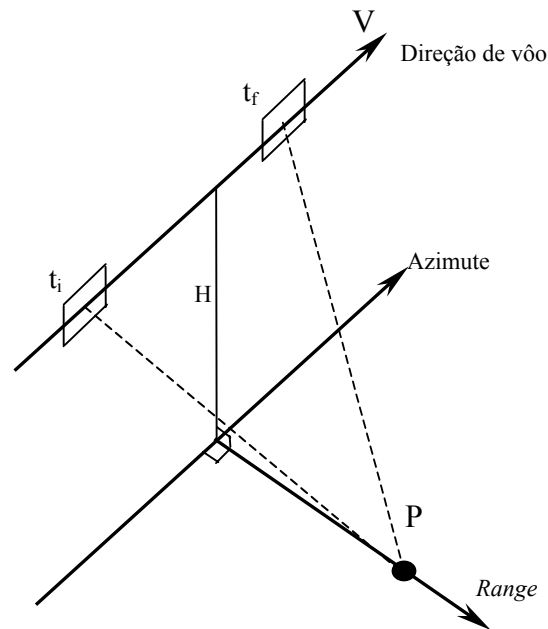


Fig. 2.2 - Esquema conceitual da simulação de uma antena sintética.

FONTE: Adaptada de Palme et al. (1996).

A Figura 2.2 mostra que um ponto P começa a ser iluminado por um feixe de microondas no instante t_i . De acordo com a velocidade da plataforma que carrega a antena, esse ponto fica dentro da área de iluminação até o instante t_f . O tamanho sintético da antena pode ser calculado multiplicando a velocidade da antena pela

diferença entre t_f e t_i , isto é, $V \cdot (t_f - t_i)$. Com esse recurso cria-se uma antena com dimensões maiores que a antena física, melhorando a resolução em azimute se comparado com o radar de abertura real. Desta forma, pode-se conseguir uma resolução em azimute equivalente a metade do comprimento da antena, para qualquer comprimento de onda ou distância do alvo em relação à antena (Palme et al., 1996).

2.9 A Imagem SAR

Cada célula de resolução na cena imageada pode ser representada por um pixel e com isso pode-se montar uma matriz de linhas e colunas, sendo que o valor de cada pixel receberá uma tonalidade de cinza correspondente ao valor da potência refletida pela célula de resolução na cena. O conjunto desses pixels é a representação digital da cena imageada.

O sistema de transmissão, recepção e formação da imagem SAR é um sistema coerente que gera uma imagem da cena na forma complexa. Normalmente essa imagem complexa é representada pela sua componente real e imaginária denominadas I (*in phase*) e Q (*quadrature*).

Em duas células de resolução vizinhas pode haver elementos difusores de energia eletromagnética diferentes, isso faz com que a energia eletromagnética incidente no alvo que compõem essas células sofra espalhamentos diferentes fazendo com que a potência do sinal recebido seja diferente entre uma célula e outra. Esse efeito faz aparecer variações repentinas na intensidade da imagem e é conhecido como ruído *Speckle*. Quando uma imagem é obtida através de um *look*, a diferença entre um pixel e outro pode ser muito grande evidenciando o ruído *Speckle* na imagem comprometendo assim sua interpretação. Para amenizar esse problema, normalmente utiliza-se de um recurso no próprio processo de formação da imagem, denominado *multi-look* que através de um processo de integração gera imagens com menos *Speckle*.

As imagens *multi-look* podem ser representadas na forma de imagens em Amplitude, (A) ou em Intensidade (I). A imagem Amplitude de n *looks* é a média da amplitude de n imagens de um *look*. A imagem Intensidade de n *looks* é a média da amplitude ao

quadrado de n imagens de um *look*. As imagens em Amplitude e Intensidade de um *look* são obtidas através das respectivas expressões dadas por Palme et al. (1996):

$$A = \sqrt{U_i^2 + U_q^2} \quad (2.4)$$

$$I = U_i^2 + U_q^2 \quad (2.5)$$

onde, U_i e U_q representam os valores dos pixels nos canais I e Q.

2.10 Parâmetros Envolvidos na Aquisição de uma Imagem SAR

Como foi visto anteriormente, uma imagem SAR é o resultado da interação da energia eletromagnética com um alvo. Dessa interação, tanto alvo quanto energia eletromagnética possuem características próprias que definem o valor do retroespalhamento a ser captado pela antena.

2.10.1 Parâmetros do Sistema Sensor

A Figura 2.3 mostra os principais parâmetros envolvidos em uma aquisição de imagens por um SAR. Além dos parâmetros mostrados na figura, também fazem parte do processo aqueles pertencentes à equação radar (2.3): P_t , G e λ , e também a polarização da onda transmitida e recebida.

Para estudos de sensoriamento remoto encontrar o valor de σ é um dos objetivos mais importantes, pois é esse parâmetro que identifica a assinatura de cada alvo. Da equação radar conhece-se os parâmetros do sistema de radar e também o valor das potências transmitida e recebida pela antena, portanto, pode-se inferir o valor de σ de uma determinada célula de resolução. Desta forma, ao se fazer um imageamento sobre a superfície da terra e a partir disso fazer a identificação de cada alvo presente na cena, estar-se-á na verdade verificando qual a assinatura de cada alvo e verificando suas diferenças para uma possível identificação.

O valor de σ é, portanto, função de algumas propriedades do alvo e da onda incidente, e também é um valor para um alvo pontual. Essas características tornam difícil o cálculo analítico de seu valor. Como o sensoriamento remoto trabalha com células de resolução que formam áreas definidas na superfície terrestre, é possível obter o valor de um outro parâmetro conhecido como Coeficiente de Retroespalhamento (σ^0). Esse valor é obtido através da razão entre a potência retroespalhada por unidade de área em direção à antena pela potência incidente por unidade de área no alvo. Normalmente, os valores de σ^0 são expressos em decibéis (dB) obtidos pela expressão:

$$\sigma^0 (dB) = 10 * \log\left(\frac{Pot. \text{ retroespalhada} / m^2}{Pot. \text{ incidente} / m^2}\right) \quad (2.6)$$

Porém, σ^0 também pode ser interpretado como a seção transversal σ normalizada pela área de uma célula de resolução em dB. Neste caso σ^0 é dado por:

$$\sigma^0 = 10 * \log\left(\frac{\sigma}{Acr}\right) \quad (2.7)$$

onde Acr é a área de uma célula de resolução.

Portanto, estudos de sensoriamento remoto que utilizam microondas como aquisição de dados procuram focalizar o entendimento de σ^0 , pois é a partir desse parâmetro que se faz inferências sobre o alvo.

2.11 Coeficiente de Retroespalhamento em Ambiente de Floresta Tropical

O sinal registrado de uma cobertura florestal em uma imagem de radar é obtido através da interpretação do eco retornado após a interação da energia eletromagnética com os constituintes da floresta. Desta forma, vários tipos de retroespalhamento podem aparecer, e os principais são mostrados na Figura 2.4.

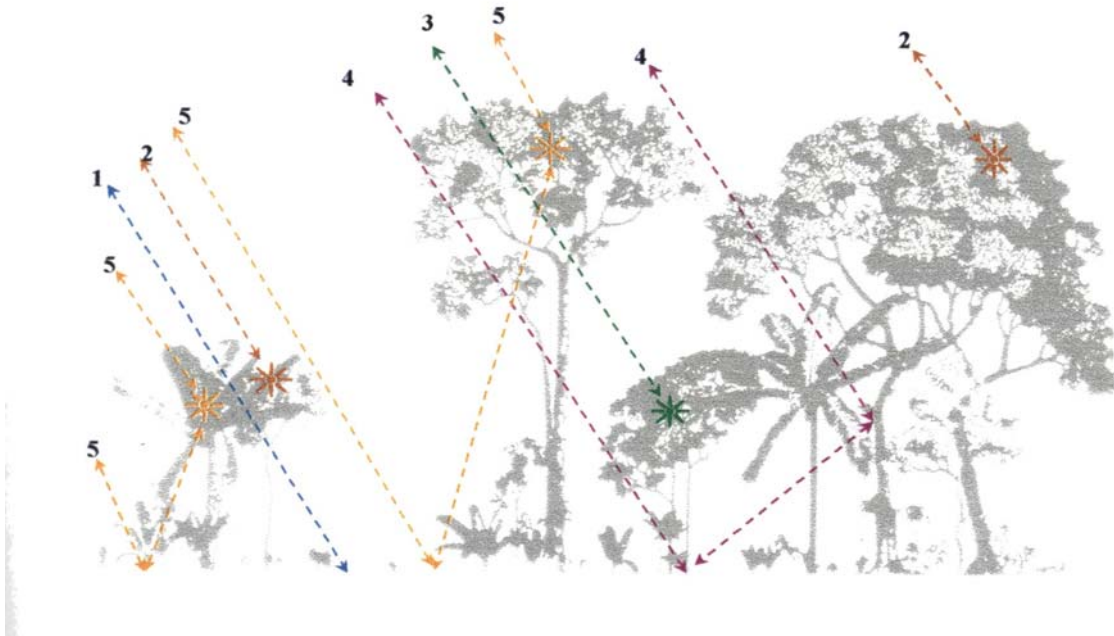


Fig. 2.4 - Tipos de retroespalhamento resultantes da interação da energia eletromagnética proveniente de um radar com a cobertura florestal.

FONTE: Adaptada de Wang (1989) e Oldeman (1990).

No esquema da Figura 2.4 existem cinco tipos dominantes de retroespalhamento:

- 1) Retroespalhamento direto da superfície do solo;
- 2) Retroespalhamento volumétrico do estrato de copas ou dossel superior e inferior;
- 3) Retroespalhamento volumétrico do dossel inferior atenuado pelo dossel superior;
- 4) Reflexão especular de canto ou "double bounce" entre troncos e solo;
- 5) Espalhamento múltiplo entre dosséis superior e inferior e solo.

Cada tipo de retroespalhamento, mostrado na Figura 2.4, ocorrerá com maior ou menor intensidade de acordo com as características do alvo e do sistema de radar. Da interação da onda incidente com a floresta, resultar-se-á um tipo de retroespalhamento que por sua vez produzirá um valor de σ° . Através do estudo do comportamento de σ° , é possível inferir sobre a natureza do alvo presente na superfície da terra. Ao estudar a floresta tropical em Rondônia, Hashimoto et al. (1996) verificaram a relação entre a altura média das árvores com os valores de σ° , e também os valores desse coeficiente para áreas urbanas e corpos de água em uma série multi-temporal de dados JERS-1. As datas de observação foram adquiridas entre os anos de 1993 a 1995. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 - Relação entre σ° e alvos de uma floresta tropical para imagens JERS-1

Alvos	Altura média (m)	σ° (db)
Floresta densa	20	-7,0 a -6,0
Floresta secundária I	8	-8,4 a -7,6
Floresta secundária II	4	-8,4 a -7,3
Área urbana	-	-2,0 a -1,0
Corpos de água	-	-17,0 a -15,0

Adaptada de Hashimoto et al. (1996).

Os resultados mostrados na Tabela 2.1, indicam que o coeficiente de retroespalhamento para os diversos alvos oscila dentro de uma faixa de valores. Essa variação de valores pode ser atribuída a vários fatores que estão associados às características dos alvos. Desta forma, para o caso de ambientes de florestas tropicais os fatores que mais podem contribuir para a variação nos valores de σ° é a estrutura da vegetação, e as condições hídricas da vegetação. A estrutura da vegetação interfere no valor de σ° devido aos vários tipos de retroespalhamento resultantes da interação da energia eletromagnética com a vegetação, conforme a Figura 2.4. As condições hídricas influenciam o Coeficiente de Retroespalhamento, pois a água é o principal fator que altera os valores da constante dielétrica de um alvo.

2.12 Constante Dielétrica e Estado Hídrico do Alvo

O material que constitui o alvo possui alguns parâmetros físicos importantes para a compreensão da interação da energia eletromagnética com o alvo. Dentre os principais pode-se citar a permitividade elétrica ou constante dielétrica (ϵ_r), a permeabilidade magnética, a temperatura e a condutividade. Desses parâmetros, o mais relevante é a constante dielétrica, pois na região espectral de microondas é o único que sofre alteração significativa em seu valor. ϵ_r é em geral um número complexo composto por uma parte real, ϵ_r' , e uma parte imaginária, ϵ_r'' . A constante dielétrica é então escrita pela expressão:

$$\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$$

Segundo De Loor (1985) a constante dielétrica está relacionada à capacidade de um material absorver menor ou maior quantidade de energia eletromagnética, atuando assim nos valores de σ° , uma vez que muita energia absorvida significa pouca energia refletida e vice versa.

A constante dielétrica é muito sensível à variação de água presente no material que compõe o alvo. McDonald et al. (1992) verificaram a relação entre a constante dielétrica de algumas espécies de árvores e os respectivos potenciais de água no interior das mesmas. Foi constatado que a constante dielétrica é afetada pela presença de água no interior das árvores, e seu valor diminuía nas horas de intensa radiação solar e aumentava quando o sol se punha. Porém, durante a atividade solar e na presença de jatos de água nas copas, a constante dielétrica diminuía seu valor

Salas et al. (1994) também investigaram mudanças diárias nas propriedades dielétricas de árvores utilizando bandas P (440MHz), L (1,25GHz) e C (5,3GHz). Verificaram que a água possui alta constante dielétrica enquanto que os demais constituintes da vegetação, por serem pobres condutores na faixa de microondas, possuem constante dielétrica próximas ao valor unitário. Portanto, concluíram que as propriedades dielétricas da vegetação são dominadas pelo conteúdo de água, e que a constante

dielétrica pode apresentar variação diária em seu valor devido às variações diárias no conteúdo de água no interior da árvores.

2.13 Fluxo de Carbono e Biomassa

As mudanças na superfície terrestre podem ocorrer devido a perturbações impostas por fenômenos naturais como terremotos, vulcões, ciclones, etc. e também por perturbações causadas pela ação antrópica. Enquanto que a maioria das mudanças devido a causas naturais transformam a paisagem somente em escala regional, as mudanças causadas pela ação antrópica atingem todo o globo. Para Houghton (1994) as mudanças no uso do solo refletem a história e talvez o futuro da humanidade. Elas estão ligadas ao desenvolvimento econômico e tecnológico e ao crescimento populacional. A agricultura tem sido a principal causa de mudanças no uso do solo, pois grandes áreas são destinadas ao uso agrícola incluindo nesse caso áreas de florestas tropicais. Devido a grande importância das florestas tropicais, uma das maneiras de amenizar e ou retardar a remoção de grandes áreas desses ambientes sobre a superfície da terra, é fazer uso de políticas de gerenciamento e investir em pesquisas que levantem dados sobre esses ambientes.

Um dos principais temas atuais na pauta da comunidade científica internacional diz respeito ao balanço global de carbono, pois a presença excessiva de CO₂ na atmosfera pode alterar de forma irreversível as condições climáticas do planeta. Através da respiração as comunidades florestais espalhadas pela superfície da terra participam dos fluxos globais de carbono em forma de CO₂ entre os diversos ecossistemas que utilizam a atmosfera como caminho. Assim, de um total de 700 Giga toneladas de carbono por ano (GtC/A) de CO₂ que passa pela atmosfera, as florestas liberam cerca de 60 GtC/A e fixam 61,4 GtC/A (IPCC, 1995). Deste balanço percebe-se que um total de aproximadamente 1,4 GtC/A é retido pelas comunidades florestais. Isto significa que esses ecossistemas são responsáveis pela retirada de CO₂ da atmosfera. Porém as alterações impostas na superfície motivadas pelo uso e ocupação do solo, promovem a retirada de parcelas significativas da cobertura florestal ou o crescimento de novas áreas florestais, interferindo no balanço anterior. Desta forma, segundo IPCC (1995) a

retirada de áreas de florestas tropicais sobre a superfície da terra libera cerca de 1,6 GtC/A. Os demais valores de fluxo de CO₂ e também todas as fontes e sumidouros desse elemento pode ser visto na Figura 2.5.

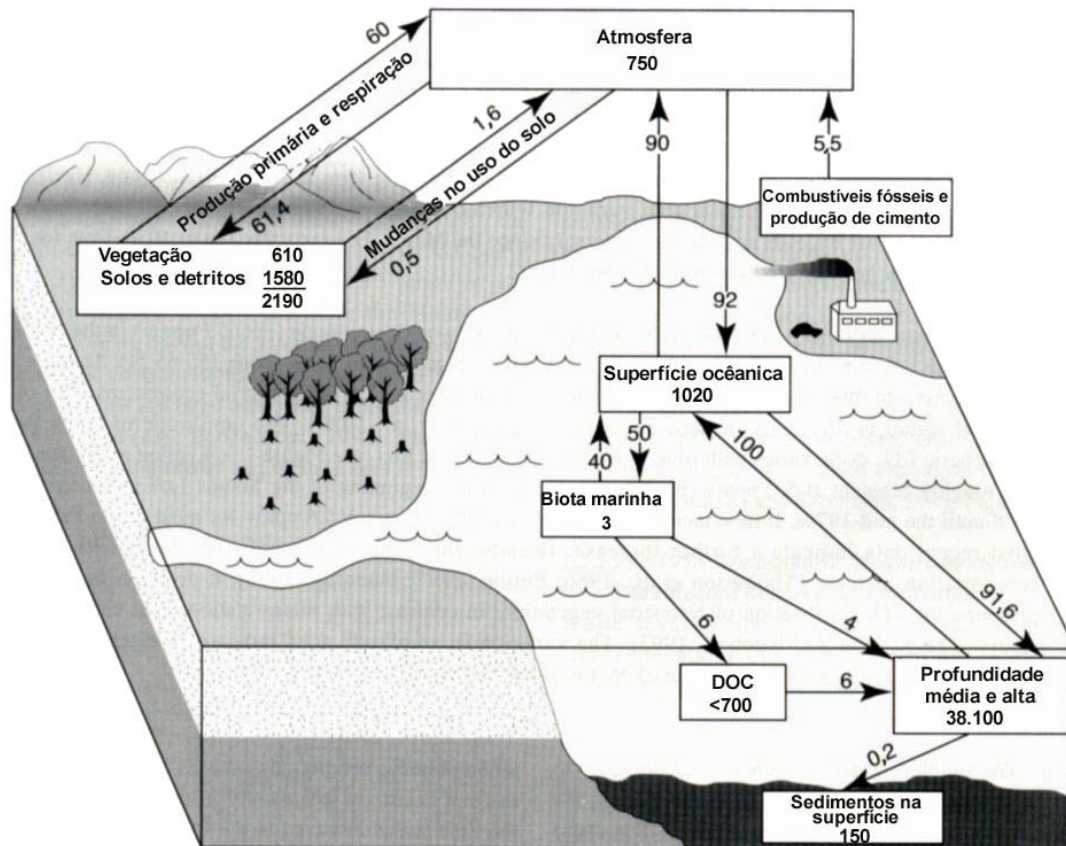


Fig. 2.5 - Ciclo global de carbono, mostrando os fluxos anuais de CO₂ entre os reservatórios e a participação devido a ações antrópicas com a atmosfera.

FONTE: IPCC (1995).

Muitos trabalhos têm sido apresentados mostrando as estimativas de emissão e ou retirada de CO₂ da atmosfera em florestas tropicais e regenerações. Fearnside e Guimarães (1996) fizeram uma estimativa do sequestro de carbono pelas florestas secundárias da Amazônia brasileira. Foi concluído que em 1990 as regenerações foram responsáveis pelo acúmulo de aproximadamente 29×10^6 toneladas de Carbono no ano, que corresponde a 0,7 toneladas de carbono por ano por hectare ($0,7 \text{ tCa}^{-1}\text{ha}^{-1}$). Grace et al. (1995) mediram o fluxo de carbono sobre uma floresta primária intacta no Brasil

nas estações seca e chuvosa. Foi encontrado que a floresta virgem é responsável pela retirada da atmosfera de cerca de $8,5 \pm 2,0$ mols por metro quadrado por ano de carbono, isso equivale a 102 g de carbono por metro quadrado por ano. Foi visto que o ganho fotossintético superou a perda por respiração em todas as estações.

A quantidade de carbono emitida ou fixada está diretamente ligada à quantidade de biomassa viva ou retirada da superfície. Portanto, para melhorar as estimativas de cálculos de fluxo de carbono é imprescindível melhorar a exatidão nas estimativas de biomassa. Devido a grande extensão de áreas de florestas tropicais, principalmente a Amazônia, os estudos de estimativa de biomassa vegetal têm utilizado de uma importante ferramenta que é o sensoriamento remoto.

Devido a constante cobertura de nuvens e a sensibilidade do radar diante da estrutura da floresta, muita ênfase tem sido dada ao uso desse tipo de sensor em ambientes de floresta tropical. Imhoff (1995) verificou que a estrutura do dossel, ou seja o tamanho de uma copa, sua densidade e a distribuição de seus galhos e folhas podem ter um forte efeito no retroespalhamento de um SAR. Experimentos utilizando as bandas P, C e L e com as quatro polarizações e também ângulos de incidência diferentes, confirmaram o efeito da estrutura do dossel no retroespalhamento. Le Toan et al. (1992) analisaram dados de banda P e L adquiridos sobre comunidades florestais entre 8 e 46 anos de idade. Foi constatado que a banda L possui boa correlação com os parâmetros florestais e que para a banda P, a intensidade do retroespalhamento está fortemente correlacionada com a biomassa da floresta.

2.14 A Plataforma JERS-1

O satélite JERS-1 (Japanese Earth Remote Sensing satellite) faz parte do programa espacial japonês administrado pela NASDA (National Space Development Agency of Japan's) e foi colocado em órbita dia 11 de fevereiro de 1992. O objetivo do programa foi utilizar um Radar de Abertura Sintética para mapear as regiões de florestas tropicais da terra em alta resolução. O satélite está a uma órbita polar síncrona com o sol (inclinação de $97,67^\circ$) e a uma altitude de 568 Km. Isso faz com que 659 revoluções

sejam dadas num período de 44 dias. A plataforma está equipada com um SAR e um sensor óptico. Inicialmente o SAR deveria adquirir imagens tanto na órbita descendente como ascendente, porém por problemas elétricos somente são adquiridas imagens no caminho descendente, ou seja, de norte para o sul (Chapman et al., 1999). A largura da faixa imageada é de 75 Km e a resolução em azimuth e em *range* é de 25 metros. A Tabela 2.2 mostra as características de operação do SAR utilizados na plataforma.

TABELA 2.2 - Parâmetros de operação do SAR

	JERS-1
Banda	L
Polarização	HH
Projeção	Ground
Swath (Azimute x Range)	60 x 60 Km
Resolução (Azimute x Range)	25 x 25 m
Tamanho do Pixel (Azimute x Range)	12,5 x 15,5 m
Número de looks	4
Ângulo de Incidência	35°

Adaptada de Chapman et al. (1995).

Atualmente o satélite está inoperante, porém a quantidade de dados coletados durante a vida útil produziu um acervo de imagens que ainda não foi totalmente analisado.

CAPÍTULO 3

MATERIAL E MÉTODO

3.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no estado do Pará e inclui parte da Floresta Nacional de Tapajós e arredores. As dimensões aproximadas são de 23 x 50Km e pode ser vista na Figura 3.1.

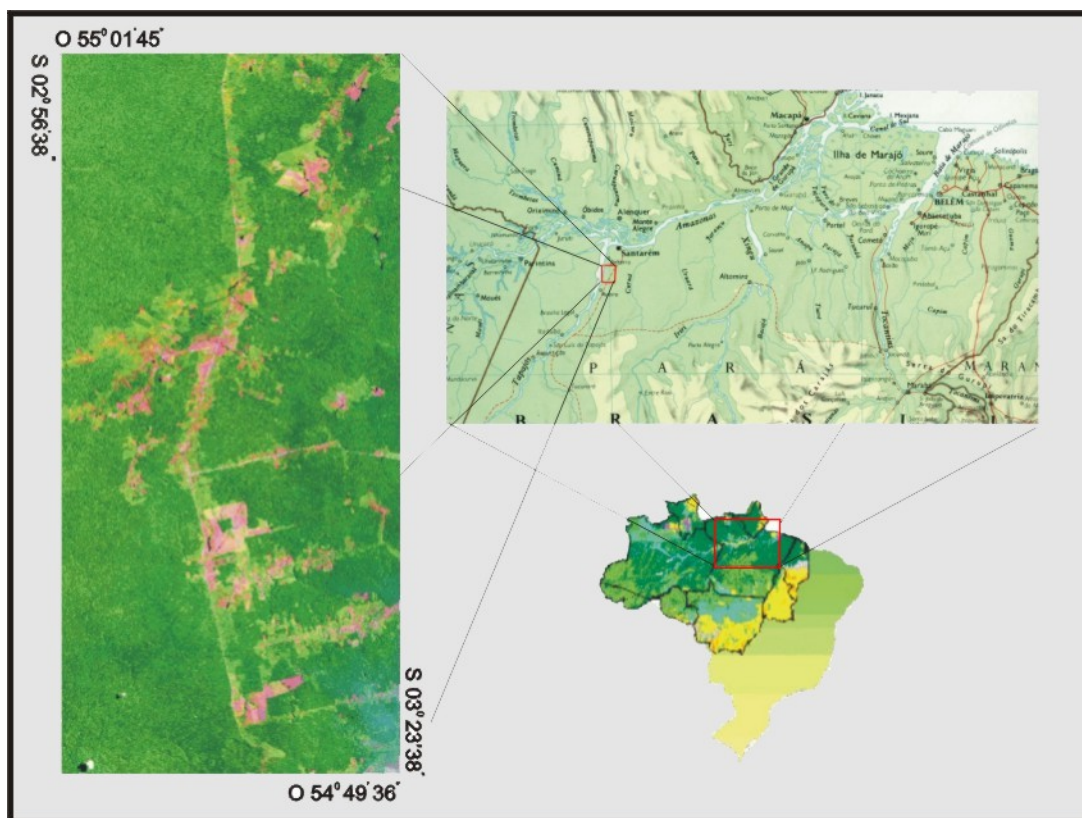


Fig. 3.1 - Localização da área de estudo.

3.1.1 Topografia, Solos, Clima e Vegetação

Segundo o PROJETO RADAMBRASIL (1976) a área apresenta em seu relevo extensas superfícies de formação tabular com rebordas erosivas, com alguns trechos que apresentam forte ou fraca declividade com toda a drenagem rumando à leste. O solo da área de estudo é ácido, velho e predominado pelo Latossolo Amarelo Distrófico com

matéria orgânica acumulada. A região apresenta comportamento climático característico das regiões tropicais, e possui duas estações distintas do ponto de vista pluviométrico. Os meses de Dezembro a Junho são predominantemente chuvosos enquanto que nos meses de Julho a Novembro prevalece a estação seca. A Tabela 3.1 mostra o comportamento pluviométrico médio mensal da estação meteorológica de Santarém, PA, localizada nas coordenadas 2° 26' 00" S e 54° 42' 00" W.

TABELA 3.1 - Valores médios mensais de precipitação na estação meteorológica de Santarém.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	NDC
Precipitação média (mm)	247	327	426	392	318	148	97	65	33	43	73	157	147

Fonte : Aneel (1999). NDC: número de dias chuvosos.

A vegetação da maior parte da área apresenta uma Floresta Tropical Densa com árvores emergentes e relevo dissecado em colinas e ravinas (Parrota et al., 1995). A área sofre um processo de antropismo que deixa como resultado diferentes classes de uso e do solo, dentre as quais pode-se destacar: floresta primária densa, áreas de diferentes estágios de regeneração florestal, pastagens, áreas agrícolas e solo exposto.

3.2 Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais para o desenvolvimento desse trabalho:

- Imagens JERS-1 órbita / ponto 405/306 adquiridas em:
26/06/93;
27/07/94;
10/10/95;
13/08/96;
31/07/97;
- Imagens TM órbita / ponto 227/62 adquiridas nos anos de 1984 a 1999;

- Conjunto de fotos aéreas obtidas em Outubro de 1996;
- Ambiente computacional IDL;
- Programa de Processamento de Imagens ENVI 3.2;
- Sistema de Informações Geográficas SPRING;
- Série de dados pluviométricos do período de 01/01/1993 a 31/12/1997.
- Levantamento de dados do Projeto RADAMBRASIL.

3.3 Método

A metodologia aplicada seguiu o roteiro indicado na Figura 3.2.

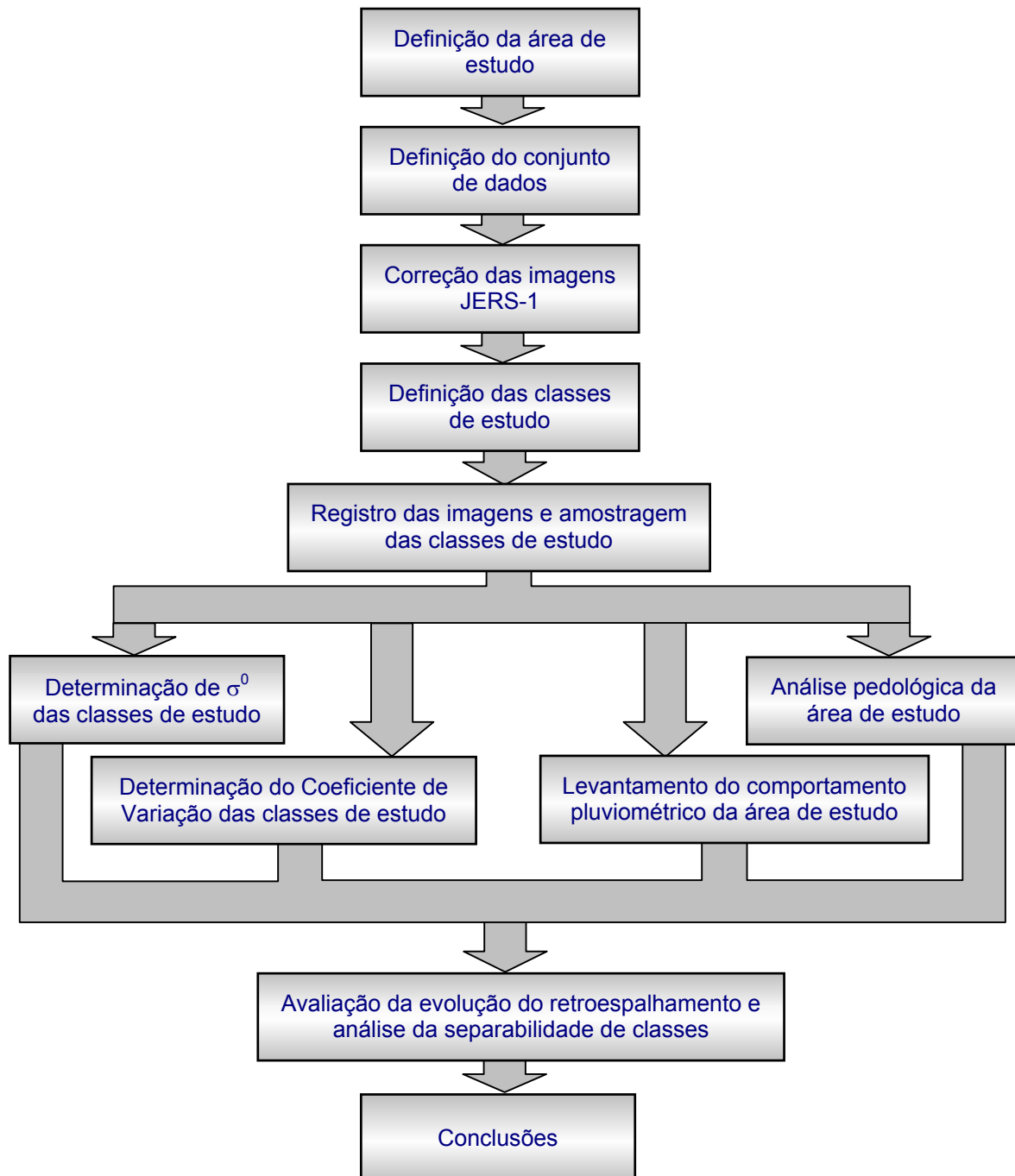


Fig. 3.2 - Fluxograma de atividades

3.3.1 Definição da Área de Estudo

Esta área de estudo foi escolhida por se tratar de um local onde já foram realizados diversos trabalhos ligados a vários projetos, dentre eles pode-se citar o TREES (Tropical Ecosystem Environment Observation by Satellite), SAREX (South America Radar Experiment) e ultimamente o GRFM (Global Rain Forest Mapping). Além de diversos outros trabalhos ligados às áreas de Biologia, Botânica, Engenharia Florestal, etc. Nos trabalhos que envolvem sensoriamento remoto, há tanto a utilização de dados ópticos quanto dados de radar e isso permitiu a disponibilização de muitos dados que complementados por informações de campo auxiliaram no desenvolvimento dessa pesquisa.

3.3.2 Definição do Conjunto de Dados

Foram adquiridas cinco imagens JERS-1 para avaliar a evolução temporal do Coeficiente de Retroespalhamento de classes de uso do solo na Floresta Nacional de Tapajós. Para auxiliar esta avaliação utilizou-se de um conjunto de treze imagens Landsat5/TM, obtidas uma a cada ano no período entre 1984 e 1999. Do conjunto de imagens TM não constam as imagens de 1992, 1994 e 1998, por possuírem excessivo recobrimento de nuvens. Também foram utilizados dados de campo coletados em trabalhos anteriores. Estes dados consistem de informações sobre o uso da terra, levantamentos de biomassa de floresta primária e de regenerações em diversos estágios de crescimento, e também fotos de campo e fotos aéreas de parte da área de estudo.

3.3.3 Correção das Imagens JERS-1

Um dos objetivos da correção das imagens foi eliminar possíveis distorções impostas por fatores externos ao sistema de aquisição de dados. A correção se fez necessária neste tipo de estudo multi-temporal, pois foi preciso assegurar que as imagens possuissem a mesma qualidade radiométrica, evitando assim que um alvo apresentasse comportamento diferente em cada imagem.

Uma imagem chega ao usuário com correções e calibração feitas em seu processamento original, porém para o caso dessa pesquisa percebeu-se algumas distorções que faziam com que a radiometria entre uma imagem e outra não fosse adequada para um estudo multi-temporal. A partir dessa constatação fez-se uma análise para verificar se realmente havia distorções que pudessem comprometer os resultados dessa pesquisa, e depois de constatadas algumas diferenças na radiometria das imagens, fez-se dois tipos de correções em todas elas. Optou-se por uma que se considerou sendo a mais adequado a essa pesquisa. Um tipo de correção foi a aplicação de um método bilinear desenvolvido exclusivamente para este trabalho e que poderá ser aplicado para outros tipos de estudo multi-temporais que envolvam imagens de radar. O outro tipo foi através da normalização das médias de todas as imagens tomando como referência a imagem de 1997.

Para fazer as correções supôs-se que a área de estudo é homogênea, uma vez que a maior parte dela é constituída por uma grande floresta primária em um relevo plano. Desta forma, utilizou-se as imagens em Intensidade para se fazer um levantamento dos valores médios de cada linha e cada coluna para todas as imagens. Como cada imagem é uma matriz com 3.000 colunas e 5.900 linhas, os valores médios em intensidade para cada linha e coluna foram calculados através da média aritmética dos valores encontrados em cada pixel. A Figura 3.3 mostra uma imagem com a indicação de linhas e colunas e as equações para cálculos das médias das colunas $\overline{C}_j, (j = 0,1,...,2999)$ e das médias das linha $\overline{L}_i, (i = 0,1,...,5899)$.

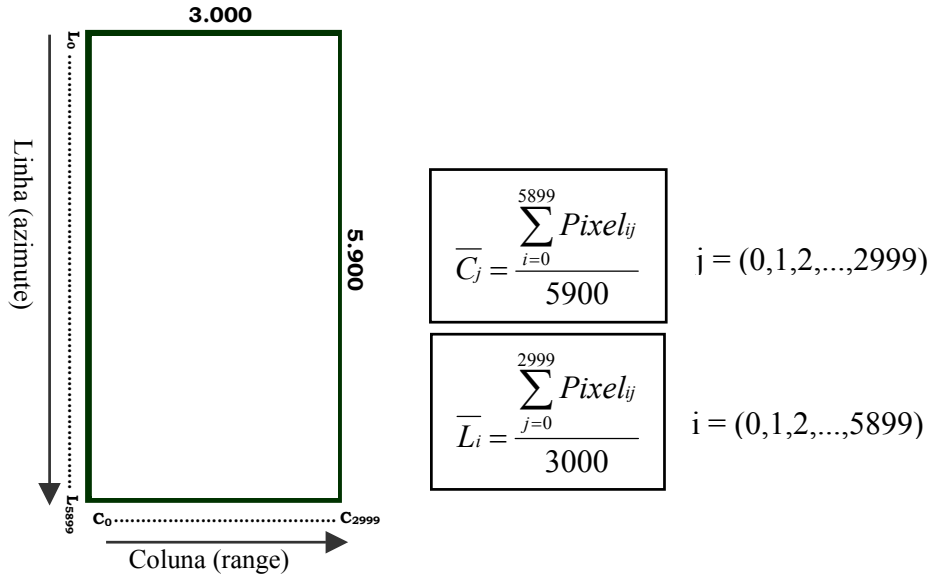


Fig. 3.3 - Ilustração da formação matricial de cada imagem e expressões utilizadas para cálculo das médias aritméticas de linhas e colunas.

A partir dos valores médios de cada linha e cada coluna traçou-se um gráfico para analisar visualmente se esses valores assumiam alguma tendência crescente ou decrescente em relação à distância da antena, para o caso de uma análise em *range*, e em relação à linha da vôo da plataforma, para o caso de uma análise em azimute. Os resultados desses gráficos podem ser vistos nas Figuras 3.4 e 3.5.

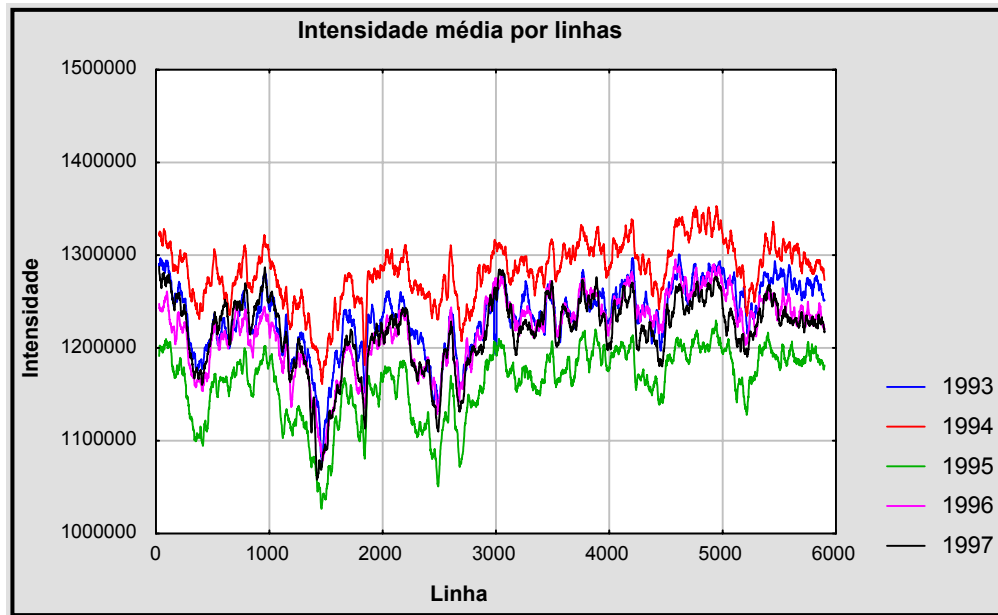


Fig. 3.4 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por linhas das imagens originais.

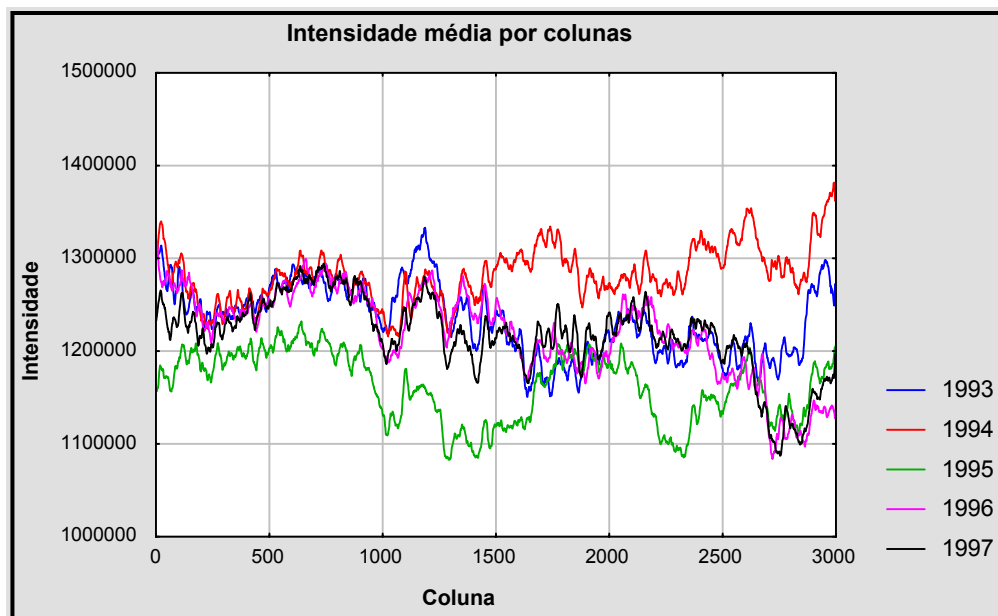


Fig. 3.5 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por colunas das imagens originais.

Com os valores médios de linhas e colunas levantou-se uma reta de regressão para cada curva. Com isso foi possível estimar a inclinação de cada uma e testar estatisticamente se a inclinação era significativa, ou seja, se era maior que zero. A Tabela 3.2 mostra a

equação da reta de regressão para cada curva e o resultado do teste t para verificar a significância da inclinação da reta.

TABELA 3.2 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas das imagens originais e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	COLUNAS (Graus de liberdade = 998)	LINHAS (Graus de liberdade = 5898)
1997	$Y = 1.264.453 - 31.x$ $t^*_{\beta_1} = -40,3712$	$Y = 1.199.977 + 6.x$ $t^*_{\beta_1} = 18,119$
1996	$Y = 1.284.298 - 43.x$ $t^*_{\beta_1} = -57,695$	$Y = 1.182.626 + 13.x$ $t^*_{\beta_1} = 43,657$
1995	$Y = 1.188.073 - 7.x$ $t^*_{\beta_1} = -21,6595$	$Y = 1.131.612 + 10.x$ $t^*_{\beta_1} = 34,824$
1994	$Y = 1.257.804 + 16.x$ $t^*_{\beta_1} = 24,665$	$Y = 1.257.030 + 9.x$ $t^*_{\beta_1} = 30,942$
1993	$Y = 1.272.255 - 25.x$ $t^*_{\beta_1} = -32,4557$	$Y = 1.202.869 + 11.x$ $t^*_{\beta_1} = -35,866$

Para que as retas possam ser consideradas com inclinação zero, com coeficiente de confiança de 95%, o valor $|t^*_{\beta_1}| = 1,96$. Portanto da tabela conclui-se que todas elas apresentam inclinação significativa e, considerando que a área seja homogênea, a inclinação das retas deveria ser zero. Porém, influências como diferentes classes de uso do solo e também influências climáticas, podem fazer com que as inclinações das retas ocorram, e portanto, a área não possa ser considerada homogênea. Para verificar isso, dividiu-se cada imagem estudada em quatro partes diferentes. Desta forma, uma mesma imagem foi dividida em duas partes, norte e sul, com 3.000 colunas e 2950 linhas para cada, e outras duas partes leste e oeste, com 1500 colunas e 5900 linhas para cada. Para cada parte da imagem foram levantados os gráficos das médias em intensidade das linhas e colunas e também as equações e resultados do teste de significância da inclinação de cada uma. Após a análise dos resultados obtidos aplicou-se dois tipos de correções, denominados aqui de correção bilinear e correção pela normalização das médias. A análise final sobre o comportamento do coeficiente de retroespalhamento das classes foi efetuado utilizando-se os dados corrigidos pelo método de correção considerado mais apropriado para as imagens aqui consideradas.

3.3.3.1 Correção Bilinear

A partir da reta de regressão de linhas e colunas foi possível transformar os valores originais de cada pixel que compõe a imagem, e com isso obter uma nova imagem cuja reta de regressão para linhas e colunas apresentasse inclinação zero. Portanto, cada pixel foi multiplicado por dois fatores de correção: um para linhas e outro para colunas.

Um exemplo genérico de uma correção bilinear, que depois foi aplicado ao conjunto de imagens, pode ser descrito a partir da Figura 3.6

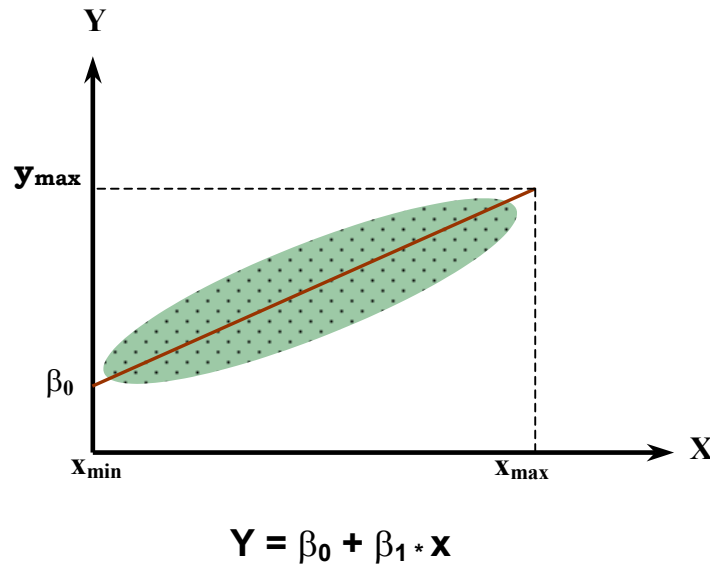


Fig. 3.6 - Reta de regressão genérica obtida a partir de uma nuvem de pontos.

A nuvem de pontos dispersos no eixo cartesiano XY pode produzir uma reta de regressão cuja equação pode ser vista na própria Figura 3.6 Um valor médio \bar{Y} , obtido a partir dos valores de Y que compõem a nuvem de pontos, ou da média da imagem, pode ser usado para traçar uma reta com inclinação zero ao longo do eixo das abscissas. Esse procedimento é exemplificado na Figura 3.7.

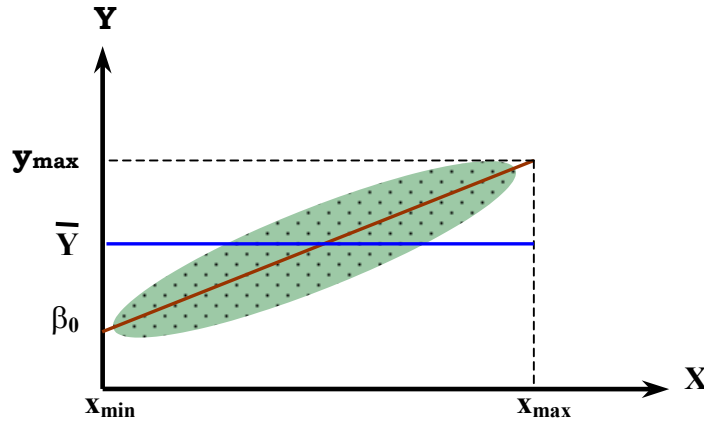


Fig. 3.7 - Reta com inclinação zero obtida a partir do valor médio da imagem.

Após estabelecidas as duas retas, pode-se modificar cada valor de Y utilizando um fator, aqui chamado de fator de correção, de modo que produza uma nova nuvem de pontos, porém com reta de regressão apresentando inclinação zero. Portanto, os fatores de correção (FC) para linhas e colunas foram obtidos pela expressão:

$$FC_k = \frac{\bar{Y}}{Y_k}$$

onde:

$k = i$ ou j ,

$i = 0, 1, 2, \dots, 2999$, representa o número da coluna,

$j = 0, 1, 2, \dots, 5899$, representa o número da linha,

\bar{Y} é o valor médio obtido pela reta de regressão da linha ou coluna,

Y_k é o valor da intensidade média da linha ou coluna k .

Como pode ser verificado nos gráficos das Figuras 3.6 e 3.7, além das inclinações significativas, as imagens apresentam médias diferentes. Isso faz com que, por exemplo, a imagem de 1995 apareça com a radiometria sempre abaixo das demais tanto para linhas quanto para colunas. Desta forma, fez-se uma correção bilinear de cada imagem tomando-se como referência a imagem de 1997. Para isso multiplicou-se ao valor de cada pixel, um fator de correção de linhas e outro de colunas e também o valor da razão

entre a média da imagem de 1997 e a imagem que se estava corrigindo. As equações utilizadas na correção nas imagens de cada ano foram:

$$\mathbf{1997: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = (\mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mathbf{FC}_{i \text{ Lin}97} * \mathbf{FC}_{j \text{ Col}97}) \quad (3.1)$$

$$\mathbf{1996: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = (\mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mathbf{FC}_{i \text{ Lin}96} * \mathbf{FC}_{j \text{ Col}96}) * \mu_{1997} / \mu_{1996} \quad (3.2)$$

$$\mathbf{1995: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = (\mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mathbf{FC}_{i \text{ Lin}95} * \mathbf{FC}_{j \text{ Col}95}) * \mu_{1997} / \mu_{1995} \quad (3.3)$$

$$\mathbf{1994: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = (\mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mathbf{FC}_{i \text{ Lin}94} * \mathbf{FC}_{j \text{ Col}94}) * \mu_{1997} / \mu_{1994} \quad (3.4)$$

$$\mathbf{1993: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = (\mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mathbf{FC}_{i \text{ Lin}93} * \mathbf{FC}_{j \text{ Col}93}) * \mu_{1997} / \mu_{1993} \quad (3.5)$$

onde:

$$i = 0, 1, 2, \dots, 5899,$$

$$j = 0, 1, 2, \dots, 2999,$$

$\mathbf{FC}_{i \text{ Lin}}$ é fator de correção para a linha i ,

$\mathbf{FC}_{j \text{ Col}}$ é o fator de correção para a coluna j ,

μ_t é a média da imagem em intensidade da data t ($t = 1993, 1994, 1995, 1996, 1997$).

3.3.3.2 Correção pela Normalização das Médias

A correção pela normalização das médias consistiu em fazer com que todas as imagens apresentassem uma mesma média. Para isso extraiu-se a média de cada imagem e tomou-se a imagem de 1997 como referência. Portanto, a radiometria da imagem de 1997 ficou preservada e as demais foram alteradas através da multiplicação do valor de cada pixel que as compunham, por um fator obtido pela razão entre a média da imagem de 1997 e a média da imagem que foi corrigida. Para se fazer isso aplicou-se as seguintes equações:

$$\mathbf{1996: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = \mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mu_{1997} / \mu_{1996} \quad (3.6)$$

$$\mathbf{1995: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = \mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mu_{1997} / \mu_{1995} \quad (3.7)$$

$$\mathbf{1994: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = \mathbf{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mu_{1997} / \mu_{1994} \quad (3.8)$$

$$\text{1993: Pixel}_{ij \text{ corrigido}} = \text{Pixel}_{ij \text{ original}} * \mu_{1997} / \mu_{1993} \quad (3.9)$$

onde:

$$i = 0, 1, 2, \dots, 5899,$$

$$j = 0, 1, 2, \dots, 2999,$$

μ_t é a média da imagem em intensidade da data t ($t = 1993, 1994, 1995, 1996, 1997$).

3.3.4 Definição das Classes de Estudo e Levantamento do Histórico de Uso do Solo das Áreas Amostradas

Para definir as classes de estudo considerou-se um dos objetivos principais deste trabalho que é o acompanhamento multi-temporal de classes de uso e ocupação do solo na Amazônia. A partir deste propósito, e de posse de informações de observação em campo e do conjunto de imagens TM, definiu-se quais amostras seriam analisadas em todas as imagens de radar. Do total de amostras verificou-se que treze delas estavam bem definidas nas imagens do acervo de dados. A partir da definição das amostras, levantou-se um histórico de como o solo foi usado nesses locais a partir de 1984. Da análise do histórico do uso de cada amostra, foi possível definir qual a idade da vegetação presente em cada área amostrada. A Tabela 3.3 mostra o uso do solo em cada ano de observação para as áreas escolhidas e também o número de pixels amostrados no ano de 1995.

TABELA 3.3 - Levantamento do uso do solo para as áreas amostradas.

ÁREA	PIXELS	84	85	86	87	88	89	90	91	93	95	96	97
Amostra 1	1424	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 2	918	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 3	1970	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 4	348	F	F	F	F	F	F	F	F	F	AP	AP	AP
Amostra 5	419	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	AP	AP	AP
Amostra 6	1028	F	F	F	F	F	F	F	AP	AP	AP	AP	AP
Amostra 7	779	F	RD	RG	RG	AP	AP	RG	RD	RG	RG	RG	D
Amostra 8	660	F	F	RD	AP	AP	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 9	490	F	F	F	F	F	F	F	F	RG	RG	RG	RG
Amostra 10	1960	RD	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 11	1175	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	RG	RG	RG	RG
Amostra 12	2309	RG	RG	RG	RD	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG
Amostra 13	1066	RD	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG	RG

RG= em processo de regeneração, RD= recém desmatado, F= floresta primária, AP= agricultura ou pastagem, D= em processo de desmatamento.

De posse das idades da vegetação presente em cada área escolhida, verificou-se que seria possível analisar o comportamento do retroespalhamento para as seguintes classes de uso do solo:

- Solo exposto;
- Áreas agrícolas;
- Pastagens;
- Áreas em processo de desmatamento
- Regenerações com idades entre 1 e 5 anos sem uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 1 e 5 anos com agricultura como uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 1 e 5 anos com pecuária como uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 5 e 9 anos com pouco uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 5 e 9 anos com perturbações causadas por fogo;

- Regenerações com idades entre 10 e 14 anos com perturbações causadas por fogo;
- Regenerações com idades entre 10 e 14 anos com corte seletivo de madeira;
- Regenerações com idades entre 12 e 16 anos sem uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 19 e 23 anos sem uso anterior do solo;
- Regenerações com idades entre 19 e 23 anos com corte seletivo de madeira;
- Floresta primária natural;
- Floresta primária em área de manejo florestal;
- Floresta primária em área sujeita a incêndios acidentais.

A Figura 3.8 mostra a área de estudo e a localização das áreas amostradas para levantamento da resposta espectral.

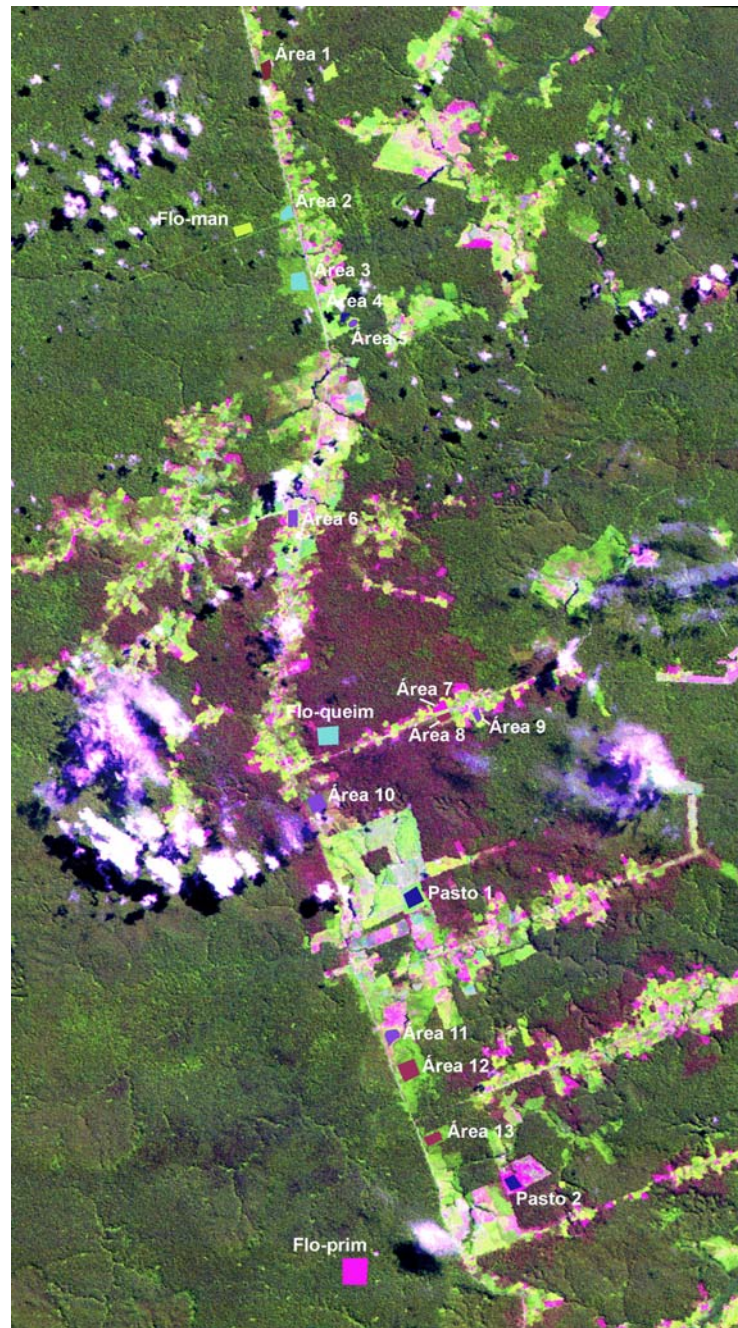


Fig. 3.8 - Localização das áreas para extração de σ^0 . A figura foi elaborada a partir da composição colorida das bandas 3, 4 e 5 de uma imagem TM de 1993.

Ilustrações do aspecto da cobertura da terra de algumas amostras analisadas são apresentadas nas Figuras 3.9 a 3.16. Nestas ilustrações os locais amostrados estão denominados como Área x, onde x é o número da amostra. As Amostras 7, 8 e 9 não podem ser vistas pois se localizavam fora da linha de vôo.

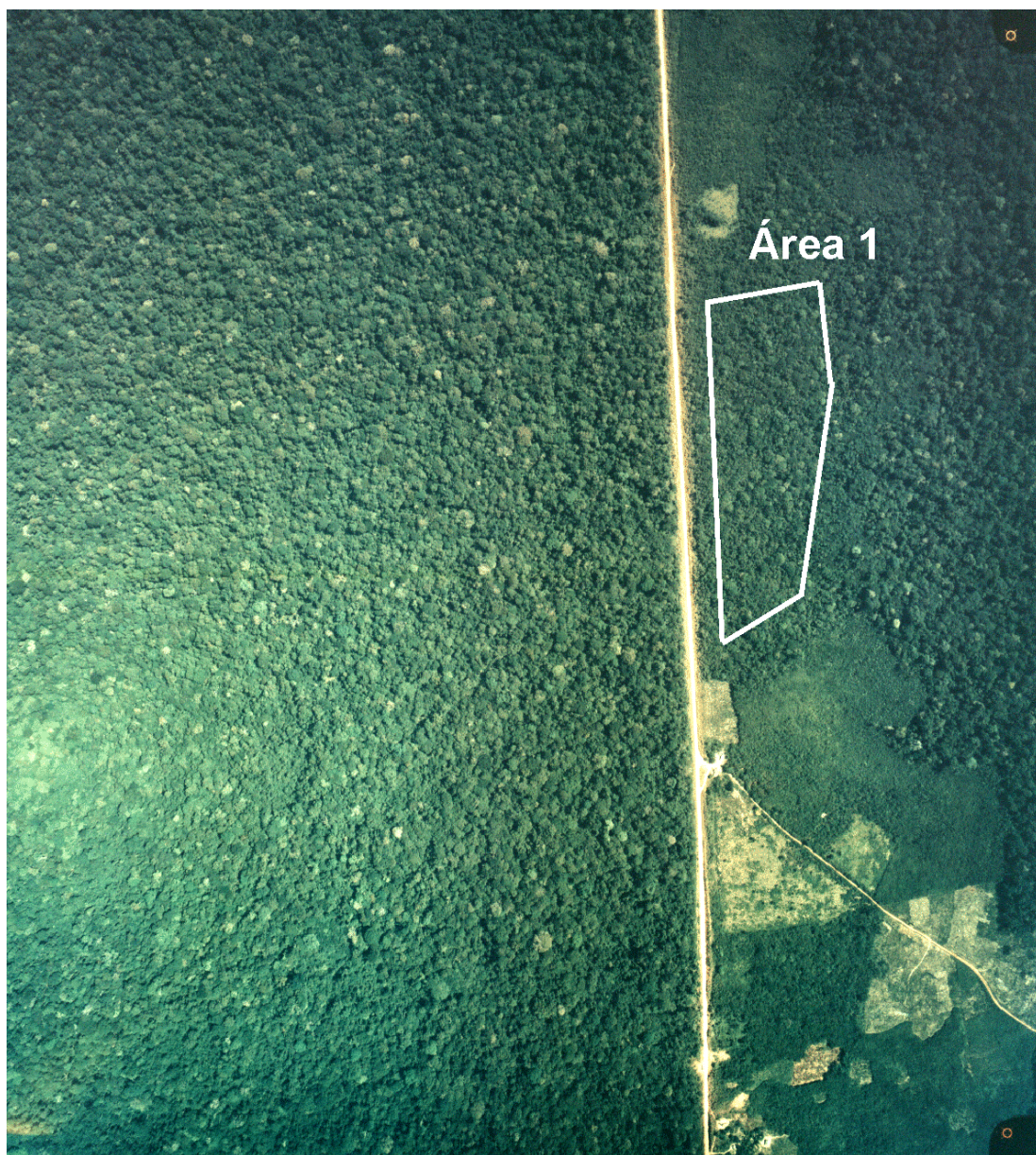


Fig. 3.9 - Foto aérea da Amostra 1.

A Figura 3.9 mostra a vegetação da Amostra 1, que era constituída por uma regeneração de 14 anos na data da aquisição da foto. Esta área foi desmatada no início do anos 80 e depois abandonada, portanto a única ocupação da área antes da regeneração foi uma floresta primária. Segundo informações coletadas com um morador local, não houve corte seletivo de madeira e pela análise das imagens TM, não se registrou incêndios no período de 1984 a 1997.



Fig. 3.10 - Foto aérea das Amostras 2 e 3 e da floresta primária com corte seletivo de madeira (Flo-prim-man).

Na Figura 3.10 para a Amostra 2, a idade da regeneração na época de aquisição da foto é de 21 anos, e o desmatamento inicial do local ocorreu no início dos anos 70 e logo após se deu o abandono da área. Trata-se de uma regeneração bem antiga e inserida dentro da FLONA, porém houve no local um programa de corte seletivo permitido pela administração da floresta. Não houve registro de incêndios ao longo do tempo estudado. A Amostra 3 foi desmatada juntamente com a Amostra 2, porém seu abandono foi total e não houve corte seletivo de madeira. Trata-se de uma regeneração cuja ocupação anterior do solo foi uma floresta primária. A floresta primária em área de manejo sofreu corte de madeira supervisionado pela administração da FLONA até o final dos anos 80. As três classes mostradas na Figura 3.10 não apresentaram evidências de incêndio nas imagens TM.



Fig. 3.11 - Foto aérea das Amostras 4 e 5.

A Figura 3.11 apresenta as Amostras 4 e 5 sendo que até 1993 a Amostra 4 era ocupada por uma floresta primária e a Amostra 5 consistia de uma regeneração de pelo menos dez anos de idade em 1992. A partir de 1994, iniciou-se um processo de exploração do local com o desmatamento conjunto de ambas as áreas. Na data da foto o local era ocupado por uma vegetação de pequeno porte, talvez já se recuperando do recente desmatamento. Em um trabalho de campo realizado em 1999, verificou-se que a Amostra 5 foi usada para fins agrícolas, mais precisamente como cultura de pimenta, de 1996 ao início de 1999, e a Amostra 4 era usada como pastagem.

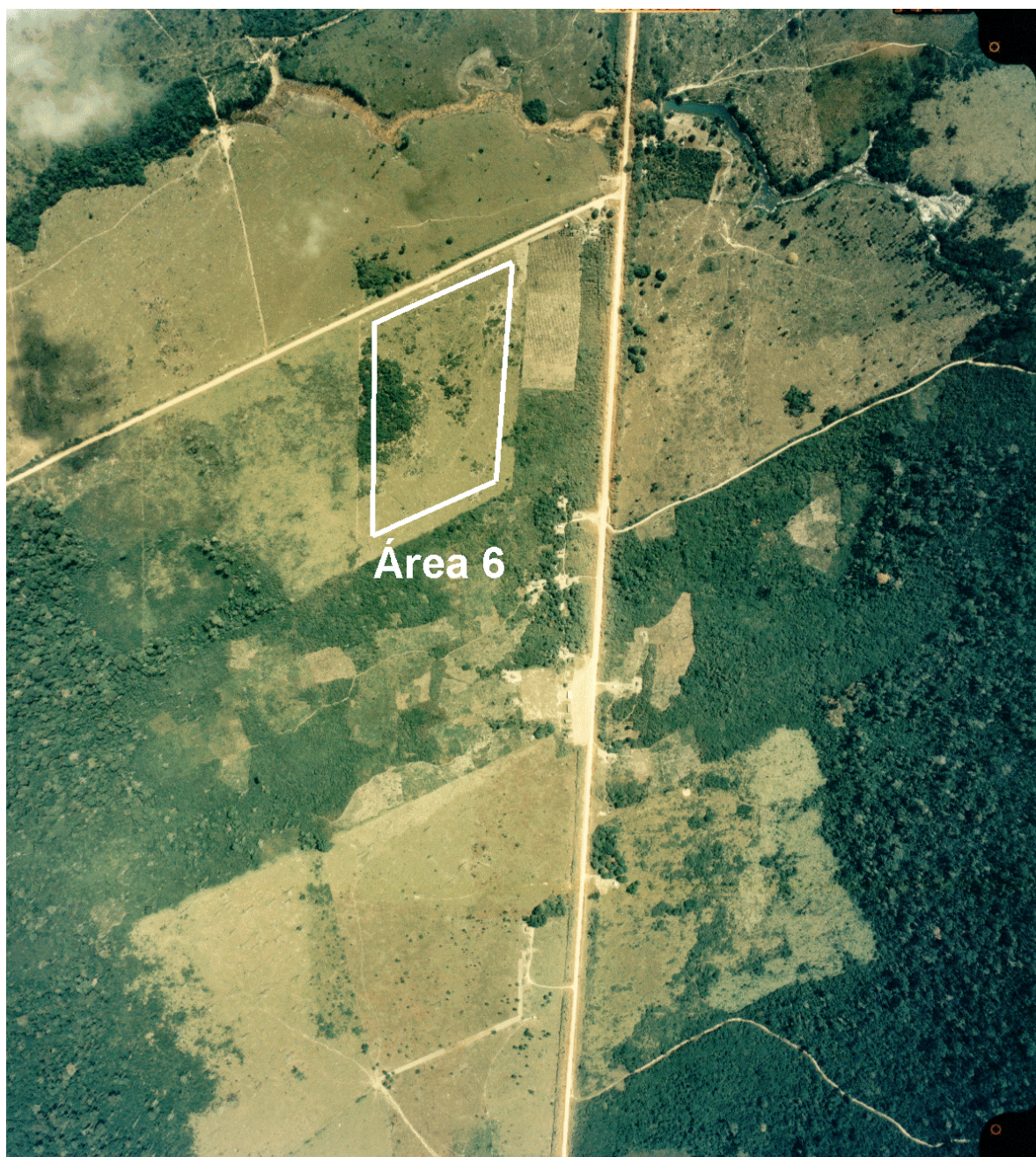


Fig. 3.12 - Foto aérea da Amostra 6.

No período de estudo o solo da Amostra 6 na Figura 3.12 foi aproveitado por atividades agrícolas, porém parte da área amostrada apresentava uma regeneração secundária de médio porte na data da foto. Foi observado em campo que para atividades agrícolas, os colonos do local utilizam o solo para um determinado cultivo e após a colheita, abandonam o local e depois de alguns meses o queimam e voltam a plantar.



Fig. 3.13 - Foto aérea da Amostra 10.

Na Figura 3.13 a regeneração da Amostra 10 possui 12 anos de idade. Em 1984 verificou-se que o local estava recém desmatado e a partir daí iniciou-se um processo de regeneração. Esta amostra juntamente com as Amostras 7, 8 e 9, sofreram um incêndio com data provável em 1992. Além disso, este local é sujeito a corte seletivo de madeiras para atender as necessidades dos colonos. Esses fatores podem ter favorecido para que o desenvolvimento natural da regeneração fosse afetado. Uma comparação visual da estrutura do dossel dessa amostra com a Amostra 13 (Figura 3.16), cuja idade da regeneração é a mesma, pode evidenciar as diferenças entre uma regeneração perturbada por fogo e corte seletivo de madeira e outra só com corte seletivo.



Fig. 3.14 - Foto aérea da Amostra 11.

Nessa foto da Figura 3.14 a regeneração da Amostra 11 tem de dois a três anos de idade. Trata-se de um local usado como pastagem com data anterior a 1984. Desde 1984 o local foi usado em atividades antrópicas. Porém a partir de 1993 verificou-se um aumento na vegetação o que sugeriu um processo de regeneração. Esta regeneração foi verificada até 1997. O local também está em uma área sujeita a incêndios, porém não foi verificado nenhuma ocorrência de fogo antes ou durante o período de estudo.



Fig. 3.15 - Foto aérea da Amostra 12.

A regeneração da Amostra 12 na Figura 3.15 possui sete anos de idade. Verificou-se que a área era uma regeneração até 1988 quando foi cortada e novamente abandonada. Iniciou-se então outro processo de regeneração e não percebeu-se a ocorrência de incêndios.

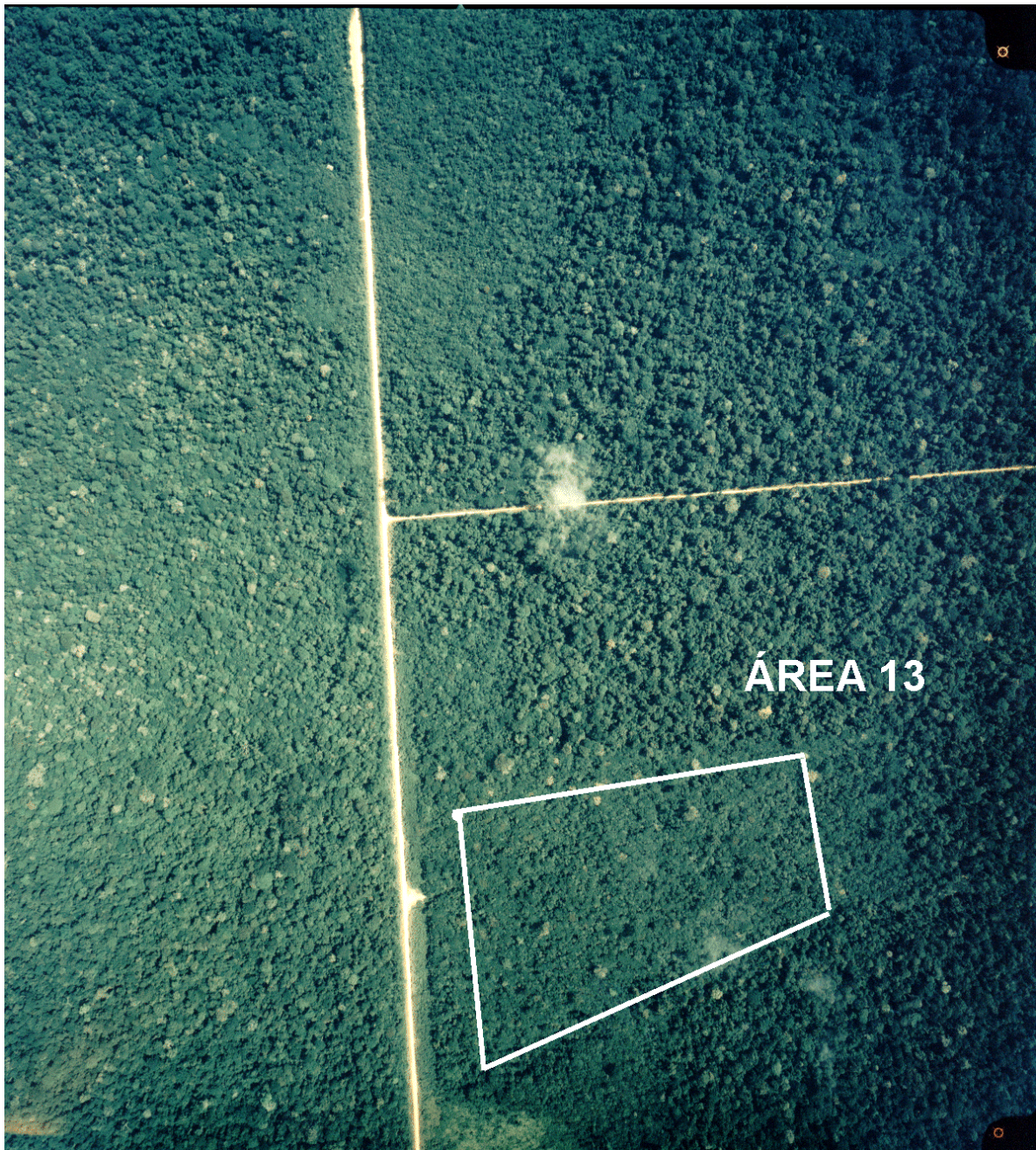


Fig. 3.16 - Foto aérea da Área 13.

Na data da foto da Figura 3.16 o local possuía uma regeneração com 12 anos de idade. Em 1984 o local era ocupado por uma regeneração interpretada como nova (provavelmente um ou dois anos), e desde esta data o local não foi mais desmatado. Trata-se porém de uma área cujo corte seletivo de madeira é muito provável e que não foi atingida por nenhum incêndio de grandes proporções.

Além das amostras descritas anteriormente, também foram analisadas as Amostras 7, 8 e 9 e também áreas de floresta primária e pastagens. Para a Amostra 7, verificou-se que o local teve o desmatamento inicial em 1985 e que até 1991 houve períodos com crescimento da vegetação que indicaram um processo de regeneração e também períodos que indicaram retirada da vegetação. Porém pode-se afirmar que em 1991 houve uma mudança brusca na vegetação que apontava para um desmatamento, e a partir daí verificou-se um processo de regeneração. Na análise das imagens TM percebeu-se que em 1997 houve uma alteração na vegetação indicando outro desmatamento. A Amostra 7 está inserida em um local cuja ocorrência de incêndios é muito comum e verificou-se que ela foi atingida por um fogo que ocorreu provavelmente em 1992.

Na Amostra 8 foi constatado que até 1985 a área era ocupada por uma floresta primária que foi cortada em 1986. Em 1987 e 1988 o local foi utilizado por atividades antrópicas e então abandonado. A amostra está em uma região que sofre incêndios e assim como a Amostra 7, foi atingida pelo mesmo fogo de 1992.

Na Amostra 9 uma floresta primária ocupou o local até provavelmente 1992. Em 1993 verificou-se que o local estava recém desmatado e depois foi totalmente abandonado. Por estar na região susceptível a fogo, também foi atingida pelo incêndio de 1992.

As áreas de pastagens escolhidas para amostragens apesar de serem sempre utilizadas para a mesma finalidade, possuem uma forma diferente de uso. Esses locais são caracterizados por ocuparem grandes extensões da superfície sendo que dentro de cada área ocorre subdivisões da mesma. Isto é feito para que enquanto o gado utiliza de uma subdivisão, outra está sendo formada e após o esgotamento da primeira, a criação é

transferida para segunda, e assim sucessivamente com várias subdivisões. Portanto na aquisição de amostras para avaliação pode-se estar amostrando uma porção da superfície cuja pastagem está nos estágios iniciais, intermediários, ou finais de crescimento, ou até mesmo um pasto com a vegetação já consumida pela criação de bovinos.

As florestas amostradas possuem características distintas, pois embora sejam primárias, estão localizadas em regiões que sofrem influências diferentes. A área da floresta primária amostrada está inserida dentro da FLONA e não foi verificada nenhuma ocorrência de incêndios nem corte seletivo de madeira. A floresta primária em área de manejo sofreu corte de madeira supervisionado pela administração da FLONA até o final dos anos 80, porém não houve a ocorrência de incêndios no local. A floresta primária em área de queimada está localizada fora da FLONA em um local sujeito a queimadas e corte seletivo de madeira. Verificou-se que neste local houve a ocorrência do mesmo incêndio que atingiu as Amostras 7, 8, 9 e 10.

O levantamento do histórico da ocupação de cada área escolhida para amostragem, pôde auxiliar na explicação da evolução do retroespalhamento da classe de uso do solo ali presente e também na análise da separabilidade de diferentes classes. Além do histórico de uso é muito importante considerar a dinâmica da ação antrópica presente na região estudada.

Por se tratar de uma região cortada por uma rodovia nacional, a BR 163, e por ter sofrido um processo de ocupação decorrente de políticas fundiárias favoráveis ao assentamento de colonos, a área de estudo se encontra em um constante processo de antropização. A exploração dos recursos naturais da área começou a ser explorada a partir da segunda metade da década de 30 com a instalação da Companhia Ford Industrial do Brasil em Belterra (Amorim, 1995). Na segunda metade da década de 40, aconteceu uma estagnação no processo de colonização devido à paralização das atividades da empresa. Porém na década de 70 houve uma retomada neste processo, e teve como consequência o assentamento de colonos ao longo da BR163.

As atividades atuais no uso do solo exercidas pelos colonos na região são as mesmas do início da ocupação na década de 70, ou seja, a exploração madeireira, a criação de gado e o cultivo de uma agricultura de subsistência. Em alguns locais houve a exploração intensiva do solo para cultivo de lavouras com produtos destinados à exportação, como por exemplo a pimenta. A exploração madeireira deixa como resultado o aparecimento de áreas em processo de desmatamento ou regeneração e que formam classes diferentes de uso do solo. Destas formas diferenciadas de exploração pode-se citar:

- Retirada total da floresta primária que cobre determinada área e conseqüente abandono do local;
- Retirada seletiva de algumas árvores da floresta natural com a preservação das demais;
- Retirada total da floresta secundária originária de áreas abandonadas e conseqüente abandono do local;
- Retirada seletiva de algumas árvores de florestas secundária com a preservação das demais;
- Retirada total da floresta primária e conseqüente uso do solo para atividades agrícolas;
- Retirada total da floresta primária e conseqüente uso do solo para atividades pecuárias;
- Retirada total da floresta secundária e conseqüente uso do solo para atividades agrícolas;
- Retirada total da floresta secundária e conseqüente uso do solo para atividades pecuárias;
- Incêndios em áreas com floresta primária, floresta secundária ou pastagens com conseqüente abandono do local.

Uma vez definidas as áreas para amostragem, utilizou-se uma nomenclatura adequada para facilitar a manipulação das mesmas e melhor compreender os gráficos levantados. Como essas áreas foram escolhidas ao longo da BR 163 e também às margens dos ramais abertos para o assentamento de colonos, utilizou-se uma seqüência de posicionamento seguindo uma lógica geográfica no sentido norte-sul. Assim, para cada área amostrada, utilizou-se de um indexador que foi sendo incrementado à medida que se caminhava para o sul. Portanto, os locais foram chamados de Amostra 1, Amostra 2, Amostra 3, e assim sucessivamente até Amostra 13, e foram amostrados em todos os anos que compõe o mosaico de imagens JERS-1. Como o estudo envolve a dinâmica temporal e a idade da vegetação presente no local, utilizou-se também na nomenclatura o ano da amostragem e a idade da respectiva vegetação levantada pelo histórico da ocupação. Desta forma definiu-se que o Coeficiente de Retroespalhamento e o Coeficiente de Variação para a Amostra1-93-12 por exemplo, é o valor obtido na amostragem da Amostra 1, para o ano de 1993, cuja idade da vegetação no local é de 12 anos. Assim procedeu-se para as demais áreas e com isso obteve-se uma maneira mais apropriada para a manipulação e compreensão das classes de uso e ocupação do solo.

Além das treze áreas geográficas, foram acrescentadas mais alguns locais que ao longo dos anos de estudo mereceram atenção devido à aparente estabilidade da vegetação ali presente e os fenômenos ali acontecidos. Trata-se de locais cujo uso é sempre o mesmo, ou seja, possuem sempre a mesma classe, mas mesmo assim verificou-se como se comportam diante da energia eletromagnética emitida pelo radar. Essas classes complementares foram:

- Duas pastagens em relevo plano, chamadas de Pasto1-93 até Pasto1-97 e Pasto2-93 até Pasto2-97;
- Floresta primária, chamada de Flo-prim-93 até Flo-prim-97;
- Floresta primária em área de manejo florestal ou corte seletivo de árvores, chamada Flo-man-93 até Flo-man-97;

- Floresta primária em área com risco de incêndios acidentais, chamada de Flo-queim-93 até Flo-queim-97.

3.3.5 Registro das Imagens e Amostragem das Classes de Estudo

As imagens JERS-1 foram processadas na NASDA com o mínimo de correções impostas no processamento, ou seja, três *looks*. Para cada imagem JERS-1, procurou-se uma imagem TM correspondente para o registro. Portanto, cada imagem JERS-1 recebeu uma imagem óptica correspondente, com exceção do ano de 1994 que não constava no mosaico de imagens TM. Para solucionar esta carência foi feito o registro da TM de 1993 na imagem JERS-1 de 1994. Essa solução não interferiu nos resultados, pois somente o delineamento da área amostrada foi feito na imagem TM, porém o levantamento da média e do desvio padrão da quantidade de pixels amostrados foi feito na imagem JERS-1, e portanto não houve comprometimento dos valores encontrados.

Para a coleta de pontos de controles confiáveis nas imagens de radar optou-se por concentrar a escolha ao longo da BR163 e seus ramais de acesso. Isto ocorreu devido a natureza homogênea da cena imageada, que fez com que o registro das imagens ficasse comprometido nas áreas mais distantes ao eixo rodoviário.

Os erros encontrados nos registros não excederam dois pixels nas regiões de amostragem de pixels, fazendo com que a confiança dos resultados nesta etapa possa ser considerada excelente para o estudo.

A amostragem dos pixels de cada área que foi levantado o coeficiente de retroespalhamento foi feita de forma que a mesma quantidade de pixels fossem coletados para cada área em cada imagem. Porém devido às distorções impostas pelo registro das imagens TM nas imagens JERS-1, isto não foi possível. Para evitar a introdução de incertezas nesta etapa, procurou-se amostrar sempre um número próximo ou igual de pixels para cada área em cada ano. Os valores de pixels amostrados em cada classe e em cada imagem podem ser vistos nas Tabelas A.2.1 a A.2.5 do Anexo 2.

Toda a coleta de informações relacionadas à radiometria das imagens foi feita com valores em Intensidade. Como as imagens originais possuíam valores em Amplitude foi

necessário sua transformação. A expressão aplicada foi elevar ao quadrado o valor em amplitude de cada pixel que forma a imagem ($I = A^2$). Portanto, cinco novas imagens foram criadas e a partir delas foi feito a amostragem das áreas de estudo.

3.3.6 Determinação do Coeficiente de Retroespalhamento

O valor de σ^0 para uma determinada amostra em cada imagem JERS-1, foi estudado utilizando-se dados de intensidade média de amostras dessa classe. Assim para obter-se o valor estimado de σ^0 da classe j , utilizou-se a expressão:

$$\hat{\sigma}_j^0(dB) = 10 \log(\bar{I}_j) + K \quad (3.10)$$

onde \bar{I}_j é o valor médio dos níveis de cinza em intensidade da amostra da classe j ($j=1,2,\dots,c$ com c sendo o número de classes), e K é a constante de calibração do sensor, cujo valor a ser aplicado depende do ano de aquisição da imagem. A Tabela 3.4 mostra os valores da constante de calibração para as imagens JERS-1 com processamento feito pela NASDA.

TABELA 3.4- Valores do fator de correção das imagens JERS-1.

Data da imagem	Constante de calibração K (db)
01/02/1992 - 14/02/1993	-70,0
15/02/1994 - 31/10/1996	-68,5
31/10/1996 -	-68,3

Fonte: Adaptada de CHAPMAN et al., 1999

O valor de \bar{Y}_j é obtido a partir da média aritmética dos pixels amostrados.

3.3.7 Determinação do Coeficiente de Variação

O CV, ou desvio padrão normalizado pela média, é obtido através da razão entre o desvio padrão e a média dos pixels que compõem esta classe. O Coeficiente de Variação em Intensidade pode ser calculado pela expressão:

$$CV_j = \frac{s_j}{\bar{I}_j} \quad (3.11)$$

onde, s_j é o desvio padrão da classe j e \bar{I}_j é o valor médio em intensidade da classe j . Para cada classe foi calculado o respectivo valor do coeficiente de variação, e juntamente com os valores de σ^0 , foram utilizados para discutir a separabilidade de classes.

3.3.8 Levantamento do Comportamento Pluviométrico da Área de Estudo

A quantidade de água presente na vegetação é uma das principais causas da variação da constante dielétrica deste alvo. Para verificar se as classes de estudo estavam sendo influenciadas pela presença de água precipitada em dias e meses que antecederam a aquisição das imagens JERS-1, foi feito um levantamento junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com o objetivo de se conhecer o comportamento pluviométrico da região. Desse levantamento foi obtido uma tabela com os valores da precipitação média mensal da Estação Meteorológica de Santarém, obtidos a partir do início de funcionamento da estação, ou seja, 1968 até 1998. Esses valores médios foram tomados como referência para o comportamento pluviométrico da região. Além desses valores médios mensais, foi levantada uma série histórica de dados de precipitação com o valor em milímetros da precipitação ocorrida desde o dia 01/01/1993 até o dia 31/12/1998. Essa série de valores diários foi levantadas para as quatro estações meteorológicas mais próximas à FLONA. As estações consultadas e suas coordenadas geográficas podem ser vistas na Tabela 3.5.

TABELA 3.5- Estações meteorológicas próximas à flona.

Estação meteorológica	Localização geográfica
Santarém	Latitude: 02°25'56" Longitude: 54°41'41"
Barragem-conj.4	Latitude: 02°48'54" Longitude: 54°17'17"
Curuai	Latitude: 02°16'06" Longitude: 55°28'28"
Sítio São Pedro	Latitude: 03°53'00 " Longitude: 54°19'19"

Os valores diários dos anos de 1993 a 1998 de precipitação encontrados em cada estação podem ser vistos nas Tabelas de A.1.1 a A .1.24 do Anexo 1. Com os valores da precipitação diária foi possível calcular a precipitação em cada mês e com isso compará-la com o valor tomado como referência do comportamento pluviométrico da região. As informações climáticas permitiram calcular os valores de precipitação acumulada em cada mês do ano e também da precipitação acumulada média mensal tomada como referência. Com isso foi possível avaliar se um determinado ano ou período que antecedeu a aquisição de uma imagem estava mais seco ou mais úmido em relação à média. Isso foi feito para tentar explicar as causas das diferenças na radiometria das imagens.

3.3.9 Análise Pedológica da Área de Estudo

O tipo de solo também é um fator que pode influenciar nos valores da constante dielétrica da vegetação, uma vez que a capacidade de armazenar água de um tipo de solo pode variar com a de outro. Para averiguar a ocorrência de diferentes tipos de solo na área da FLONA, verificou-se em Hernandez Filho (1993) os tipos de solo presentes na região de estudo. Foi constatado que o Latossolo Amarelo Distrófico predomina na área de estudo, e portanto, as alterações na constante dielétrica da vegetação introduzidas por tipos diferentes de solos, foram desconsideradas.

3.3.10 Avaliação da Evolução do Retroespalhamento e Análise da Separabilidade de Classes

Para se fazer uma avaliação da evolução do retroespalhamento das classes de estudo, é preciso além do valor médio em intensidade dos pixels amostrados, calcular o intervalo de confiança para o verdadeiro valor da média em intensidade (μ_j) de uma classe, ao nível de significância de $\alpha\%$.

Para cada classe calculou-se um valor médio e um desvio padrão e com isso pode-se calcular um intervalo de confiança para o verdadeiro valor da média em intensidade de cada uma. Supondo que a média amostral possui distribuição Gaussiana, o intervalo de

confiança para o verdadeiro valor da média em intensidade (μ_j) de uma classe, ao nível de significância de $\alpha\%$, pode ser obtido através da expressão:

$$\bar{I} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{s_j}{\sqrt{n_j}} \leq \mu_j \leq \bar{I} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{s_j}{\sqrt{n_j}} \quad (3.12)$$

onde, \bar{I}_j é o valor médio amostral em intensidade da classe j, s_j é o desvio padrão da classe j, n_j é o número de pixels amostrados da classe j, μ_j é o verdadeiro valor da média em intensidade da classe j e $Z_{\alpha/2}$ é o valor obtido na tabela de valores da distribuição gaussiana para a confiança de $(1-\alpha)\%$.

O intervalo de confiança (3.12) refere-se aos valores em intensidade e para se calcular o intervalo de confiança para σ_j^0 , é necessário transformar os resultados de intensidade para potência (dB), através da expressão (3.10). Para o cálculo do I.C. para σ_j^0 , usou-se a expressão:

$$10.\log(I_{\min}) + K \leq \sigma_j^0 \leq 10.\log(I_{\max}) + K \quad (j = 1, 2, 3, \dots, c) \quad (3.13)$$

onde,

$$I(\min) = \bar{I} - Z_{\alpha/2} \cdot \frac{s_j}{\sqrt{n_j}} \quad (3.14)$$

$$I(\max) = \bar{I} + Z_{\alpha/2} \cdot \frac{s_j}{\sqrt{n_j}} \quad (3.15)$$

e σ_j^0 é o verdadeiro valor do coeficiente de retroespalhamento da classe j.

Com os valores de σ^0 e do CV das classes amostradas, juntamente com as conclusões obtidas na análise do comportamento pluviométrico e da análise pedológica da área de estudo, pôde-se avaliar a evolução da assinatura das diferentes classes estudadas. Foram feitos gráficos que mostram o comportamento do Coeficiente de Retroespalhamento e do Coeficiente de Variação para grupos de classes, e gráficos que mostram a evolução destes dois coeficientes enfocando as idades das classes ao longo dos cinco anos estudados. Os resultados encontrados e todos os gráficos levantados são mostrados no Capítulo 4 desta dissertação.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Correção das Imagens JERS-1

Uma vez constatado que a imagem inteira apresentou retas de regressão para linhas e colunas com inclinação significativa, avaliou-se se partes da imagem também apresentavam o mesmo comportamento. Para isso dividiu-se cada imagem em quatro partes: leste, oeste, norte e sul, e estimou-se as retas de regressão de médias em intensidade de linhas e colunas e plotou-se o gráfico para cada uma. Os gráficos das Figuras 4.1 a 4.8 mostram essas dispersões e as Tabelas 4.1 a 4.4 mostram as equações de cada reta levantada e também o resultado do teste estatístico t para significância da inclinação da reta. Após isso, analisou-se se a correção das inclinações de cada reta das imagens originais seria um procedimento correto ou não. A conclusão para isso veio após comparar se, por exemplo, a reta das colunas da parte norte foi igual a reta das colunas da parte sul.

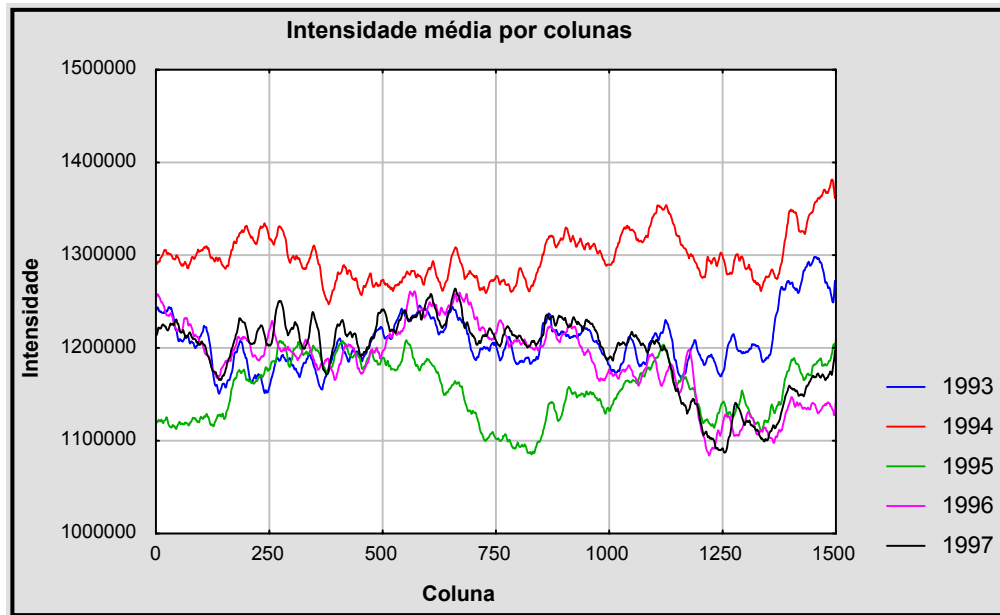


Fig. 4.1 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por colunas para a parte leste das imagens originais.

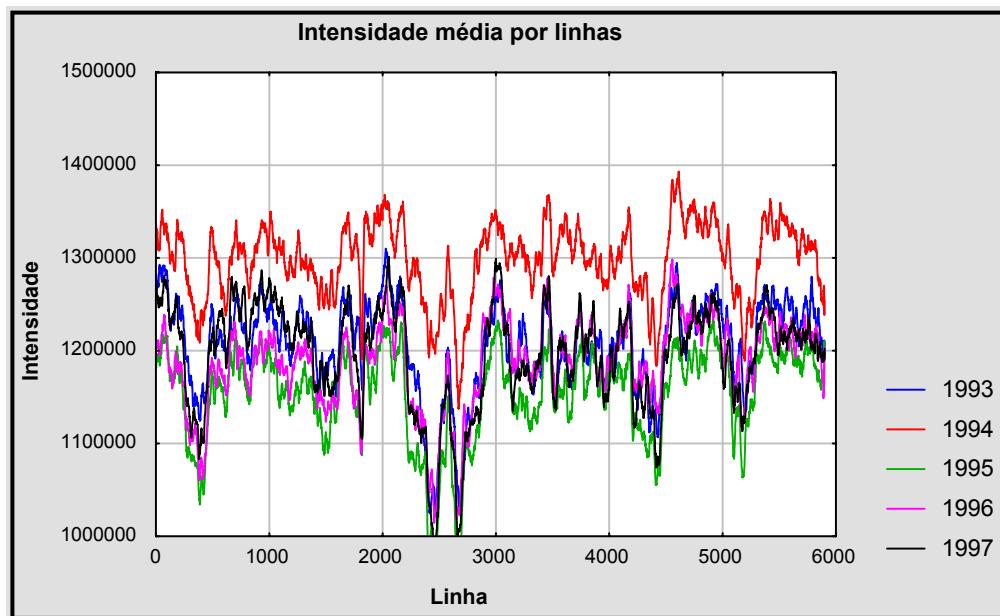


Fig. 4.2 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por linhas para a parte leste das imagens originais.

TABELA 4.1 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas da parte leste das imagens originais e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	Colunas (Graus de liberdade = 998)	Linhas (Graus de liberdade = 5898)
1997	$Y = 1.239.241 - 58.x$ $t^*_{\beta_1} = -26,6043$	$Y = 1.200.287 - 2.x$ $t^*_{\beta_1} = -3,1287$
1996	$Y = 1.235.414 - 64.x$ $t^*_{\beta_1} = -30,1198$	$Y = 1.159.938 + 9.x$ $t^*_{\beta_1} = 22,8973$
1995	$Y = 1.157.674 - 5.x$ $t^*_{\beta_1} = -2,4694$	$Y = 1.139.933 + 5.x$ $t^*_{\beta_1} = 10,4605$
1994	$Y = 1.285.752 + 16.x$ $t^*_{\beta_1} = 8,9757$	$Y = 1.289.853 + 3.x$ $t^*_{\beta_1} = 7,1183$
1993	$Y = 1.190.433 + 22.x$ $t^*_{\beta_1} = 11,0308$	$Y = 1.204.155 + 1.x$ $t^*_{\beta_1} = 2,0515$

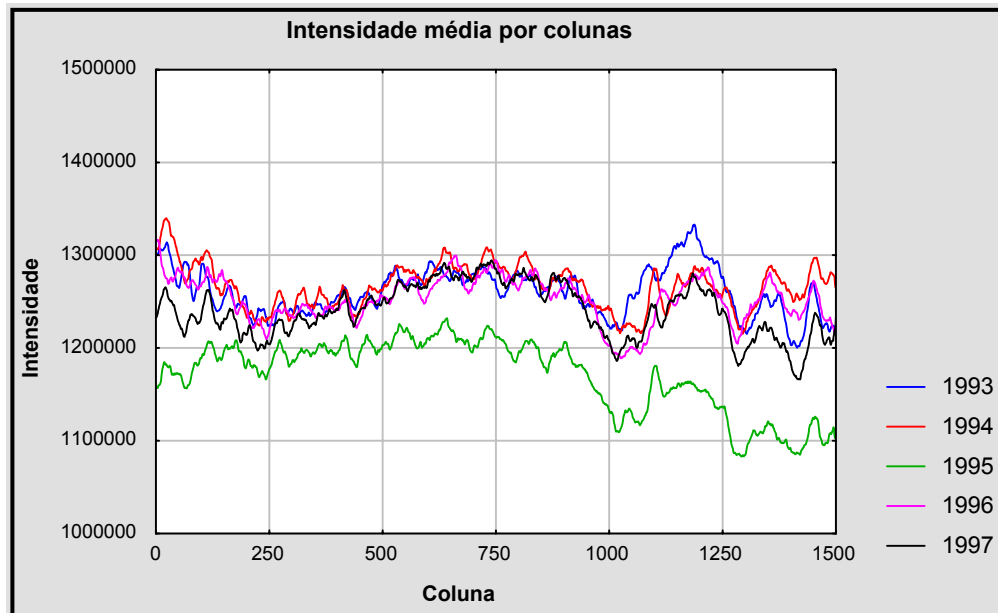


Fig. 4.3 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por colunas para a parte oeste das imagens originais.

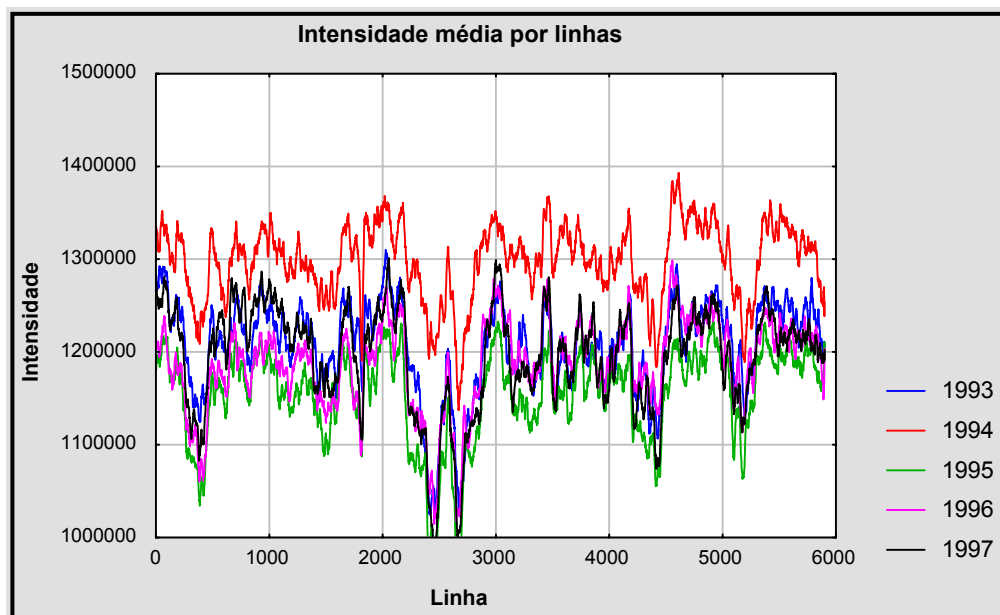


Fig. 4.4 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por linhas para a parte oeste das imagens originais.

TABELA 4.2 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas da parte oeste das imagens originais e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	Colunas (Graus de liberdade = 998)	Linhas (Graus de liberdade = 5898)
1997	$Y = 1.249.902 - 13.x$ $t^*_{\beta_1} = -6,5661$	$Y = 1.199.663 + 14.x$ $t^*_{\beta_1} = 29,9758$
1996	$Y = 1.262.809 - 12.x$ $t^*_{\beta_1} = -6,8821$	$Y = 1.205.310 + 16.x$ $t^*_{\beta_1} = 39,6276$
1995	$Y = 1.217.894 - 63.x$ $t^*_{\beta_1} = -32,0156$	$Y = 1.123.287 + 16.x$ $t^*_{\beta_1} = 40,9802$
1994	$Y = 1.274.387 - 10.x$ $t^*_{\beta_1} = -5,6518$	$Y = 1.224.204 + 14.x$ $t^*_{\beta_1} = 37,7419$
1993	$Y = 1.266.091 - 6.x$ $t^*_{\beta_1} = -3,1852$	$Y = 1.201.578 + 20.x$ $t^*_{\beta_1} = 51,8598$

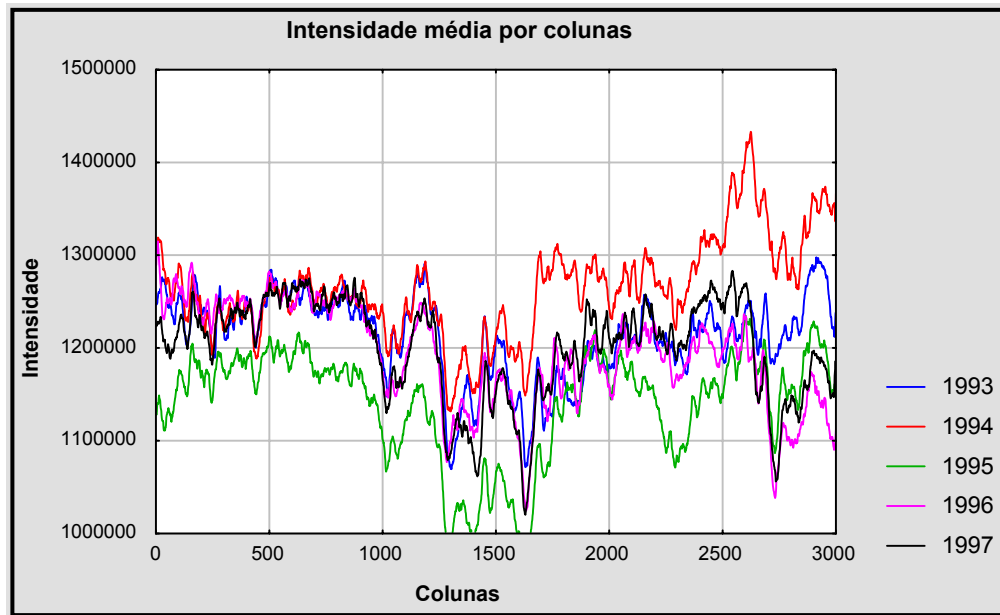


Fig. 4.5 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por colunas para a parte norte das imagens originais.

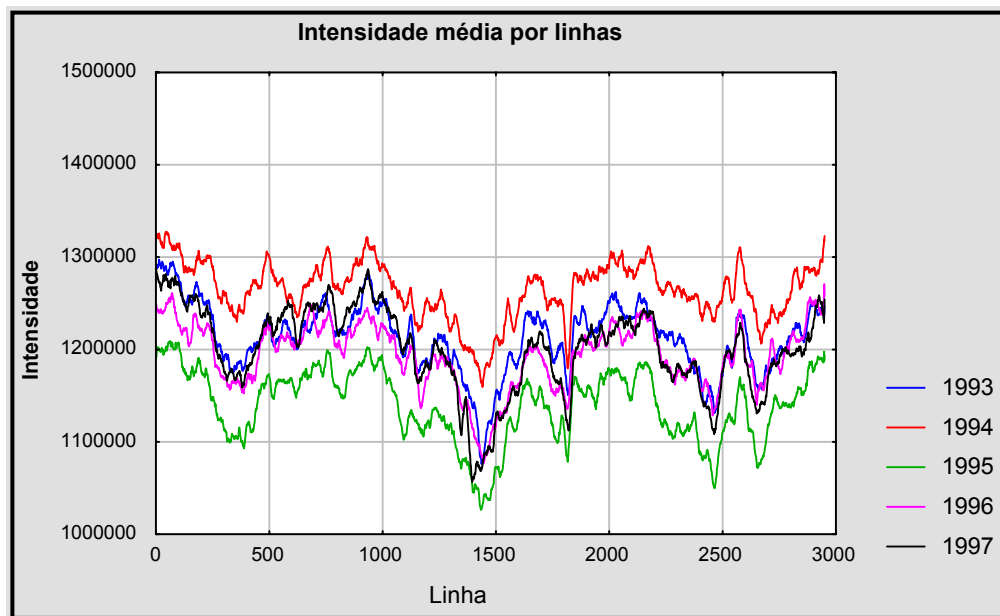


Fig. 4.6 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por linhas para a parte norte das imagens originais.

TABELA 4.3 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas da parte norte das imagens originais e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	Colunas (Graus de liberdade = 998)	Linhas (Graus de liberdade = 5898)
1997	$Y = 1.225.659 - 17.x$ $t^*_{\beta_1} = -14,0924$	$Y = 1.230.325 - 20.x$ $t^*_{\beta_1} = -18,8149$
1996	$Y = 1.252.340 - 39.x$ $t^*_{\beta_1} = -37,1905$	$Y = 1.203.388 - 7.x$ $t^*_{\beta_1} = -7,6338$
1995	$Y = 141.417 - 1.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,8657$	$Y = 1.158.501 - 13.x$ $t^*_{\beta_1} = -14,0117$
1994	$Y = .218.172 + 31.x$ $t^*_{\beta_1} = 28,2233$	$Y = 1.275.135 - 7.x$ $t^*_{\beta_1} = -9,2599$
1993	$Y = 1.227.410 - 10.x$ $t^*_{\beta_1} = -9,1072$	$Y = 1.231.643 - 13.x$ $t^*_{\beta_1} = -14,3159$

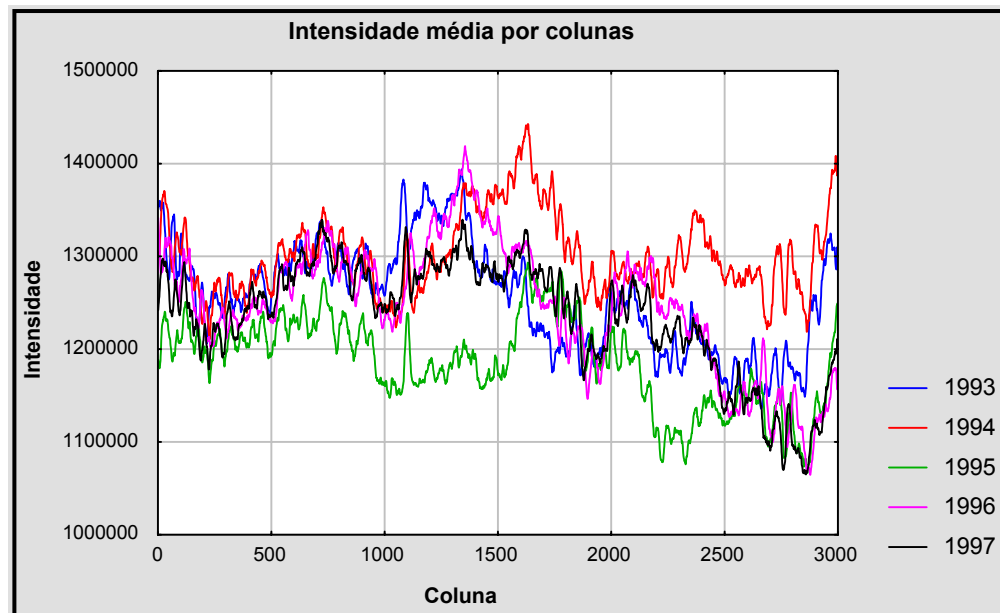


Fig. 4.7 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por colunas para a parte sul das imagens originais.

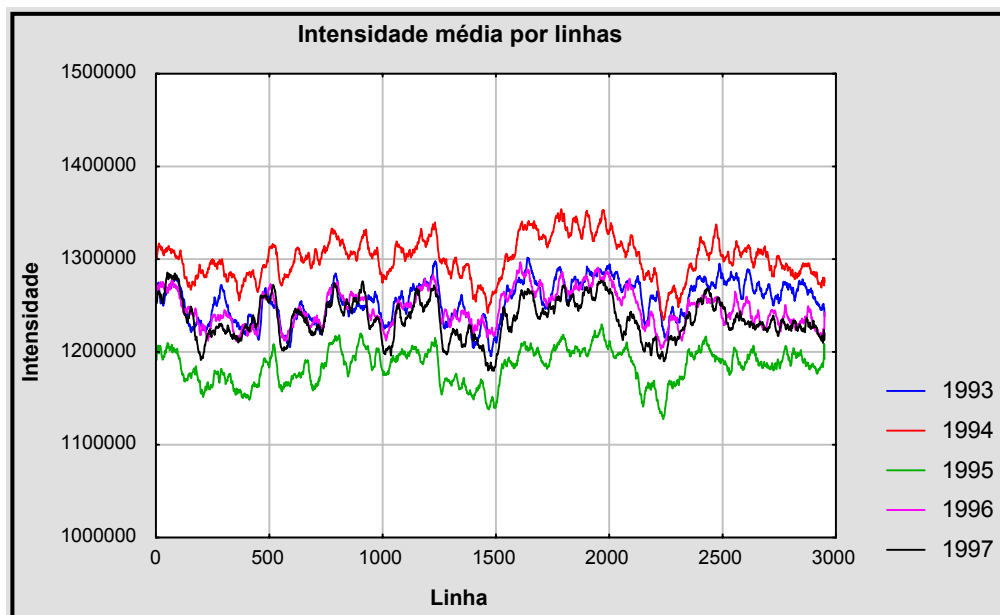


Fig. 4.8 - Gráfico da dispersão dos valores médios em intensidade por linhas para a parte sul das imagens originais.

TABELA 4.4 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas da parte sul das imagens originais e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	Colunas (Graus de liberdade = 2998)	Linhas (Graus de liberdade = 2948)
1997	$Y = 1.302.936 - 45.x$ $t^*_{\beta_1} = -38,9897$	$Y = 1.239.007 - 2.x$ $t^*_{\beta_1} = -3,7050$
1996	$Y = 1.316.381 - 46.x$ $t^*_{\beta_1} = -33,9380$	$Y = 1.247.463 - 0,096.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,157$
1995	$Y = 1.234.726 - 33.x$ $t^*_{\beta_1} = -34,9716$	$Y = 1.179.319 + 4.x$ $t^*_{\beta_1} = 6,5010$
1994	$Y = 1.297.435 + 2.x$ $t^*_{\beta_1} = 2,0954$	$Y = 1.298.299 + 2.x$ $t^*_{\beta_1} = 2,5540$
1993	$Y = 1.317.098 - 41.x$ $t^*_{\beta_1} = -35,9682$	$Y = 1.240.527 + 10.x$ $t^*_{\beta_1} = 16,7610$

Uma análise nas Tabelas 4.3 e 4.4 mostra que não se pode afirmar que a resposta da parte norte é igual a resposta da parte sul. Isso pode ser constatado através da comparação das inclinações das retas das linhas e colunas. A imagem de 1993 da parte norte, apresentou uma reta de regressão para linhas com inclinação negativa enquanto a

mesma reta da imagem da parte sul apresentou uma inclinação positiva, ambas com valores t^* estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%. Um fato como esse indica que não se pode afirmar que a reta da parte sul é igual a reta da parte norte. Outros indícios dessa não igualdade podem ser encontrados na equação da reta das colunas da parte norte e sul das imagens de 1995 e 1994. Em 1995, enquanto a parte norte tem uma inclinação que pode ser considerada estatisticamente igual a zero, a parte sul tem inclinação negativa.

Além da verificação dos resultados dos testes t , aplicou-se um teste F proposto por Neter e Wasserman (1974) pág. 164, e para verificar a igualdade entre as duas retas (norte/sul, leste/oeste). Os resultados encontrados nos testes F confirmaram que as retas de regressão de linhas e colunas da parte norte não podem ser consideradas iguais às mesmas retas da parte sul, o mesmo ocorrendo para as partes leste e oeste. Portanto, se a parte norte (leste) se comporta diferentemente da parte sul (oeste) não se pode considerar a área de estudo homogênea e por isso talvez não seja conveniente corrigir as inclinações das retas de regressão de linhas e colunas.

As diferenças encontradas em cada imagem podem ter sido causadas por diversos fatores, entre eles diferenças climáticas existentes entre uma data e outra, movimentos de atitude na plataforma que carrega o sensor, diferenças na cobertura do solo impostas por mudanças no uso do solo, etc. Foi visto no Capítulo 2 desse trabalho como a água interfere na constante dielétrica da vegetação e conseqüentemente nos valores de σ^0 . Uma análise mais detalhada das condições climáticas da área de estudo foi feita na seção 4.5 deste capítulo, e revelou que há indícios de que o comportamento pluviométrico da área de estudo influencia na radiometria original das imagens, porém acredita-se que esta interferência somente afeta a média total da imagem e não a inclinação das retas de regressão das linhas e colunas. Assim, a inclinação de uma reta poderia ser então atribuída a uma chuva isolada que possa ter ocorrido momentos antes da aquisição da imagem, embora todas as estações meteorológicas consultadas não indicarem a ocorrência de nenhuma precipitação num período de pelo menos sete dias antes da aquisição da imagem. Como casos isolados dessa natureza são muito difíceis de se prever, optou-se por uma correção que normalizasse as médias das imagens a

partir de uma imagem de referência. Desta forma, utilizou-se a imagem de 1997 como referência e calculou-se o valor da intensidade média de toda a imagem. O valor da média da imagem de 1997 juntamente com o valor da média da imagem a ser corrigida, foram utilizados nas expressões de (3.6) a (3.9).

Após a correção das imagens, levantou-se novamente a média de linhas e colunas e verificou-se como ficaram os gráficos dos valores de intensidade média por linhas e colunas. O resultado pode ser visto nas Figuras 4.9 e 4.10.

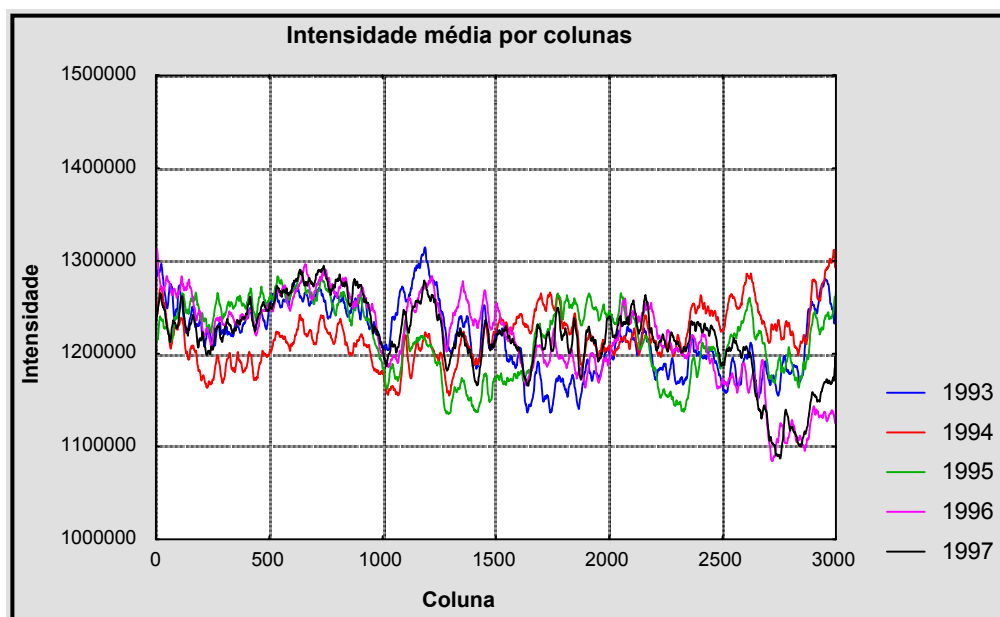


Fig. 4.9 - Gráfico da dispersão da intensidade média por colunas para as imagens corrigidas pelo método de normalização de médias.

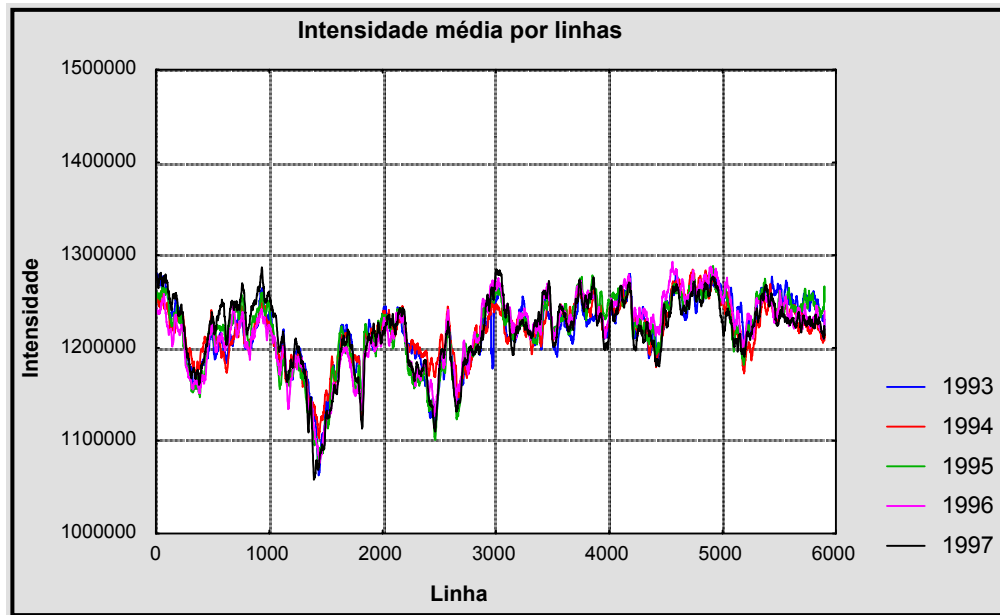


Fig. 4.10 - Gráfico da dispersão da intensidade média por linhas para as imagens corrigidas pelo método de normalização de médias.

A correção aplicada simplesmente fez com que todas as imagens possuissem a mesma média e isso garantiu que as áreas amostradas nas imagens de 1993, 1994, 1995 e 1996 tivessem sua radiometria referenciada às áreas amostradas na imagem de 1977.

Apesar dos testes estatísticos apontarem para a diferença entre retas, aplicou-se também a correção bilinear em todas as imagens e com isso pôde-se comparar os resultados entre os dois métodos. Após a correção das imagens utilizando as equações de (3.1) a (3.3.3.4) do Capítulo 3, levantou-se novamente a média de linhas e colunas e verificou-se como ficaram os gráficos dos valores de intensidade média por linhas e colunas. O resultado pode ser visto nas Figuras 4.11 e 4.12.

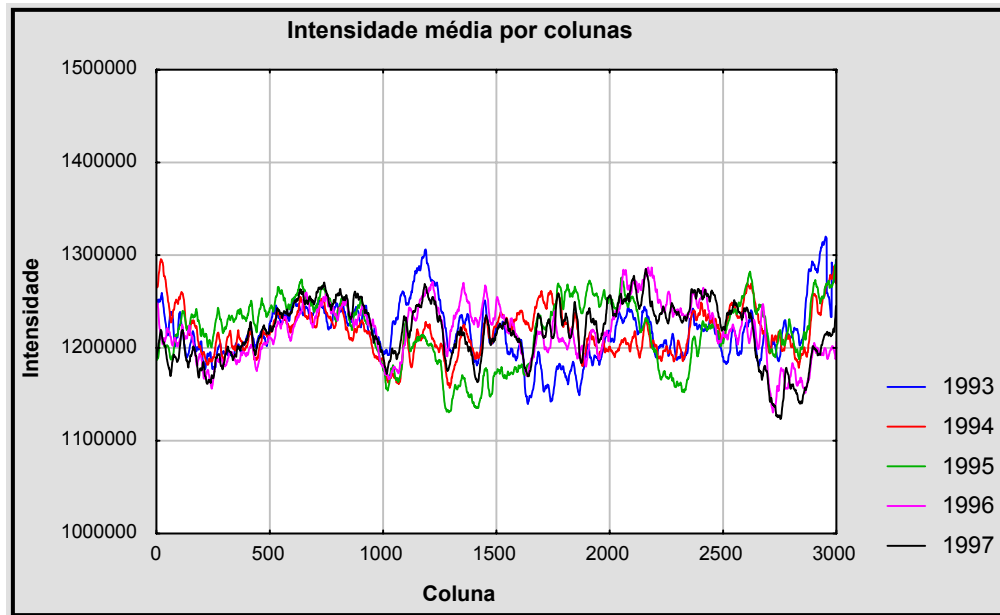


Fig. 4.11 - Gráfico da dispersão da intensidade média por colunas para as imagens corrigidas pelo método bilinear.

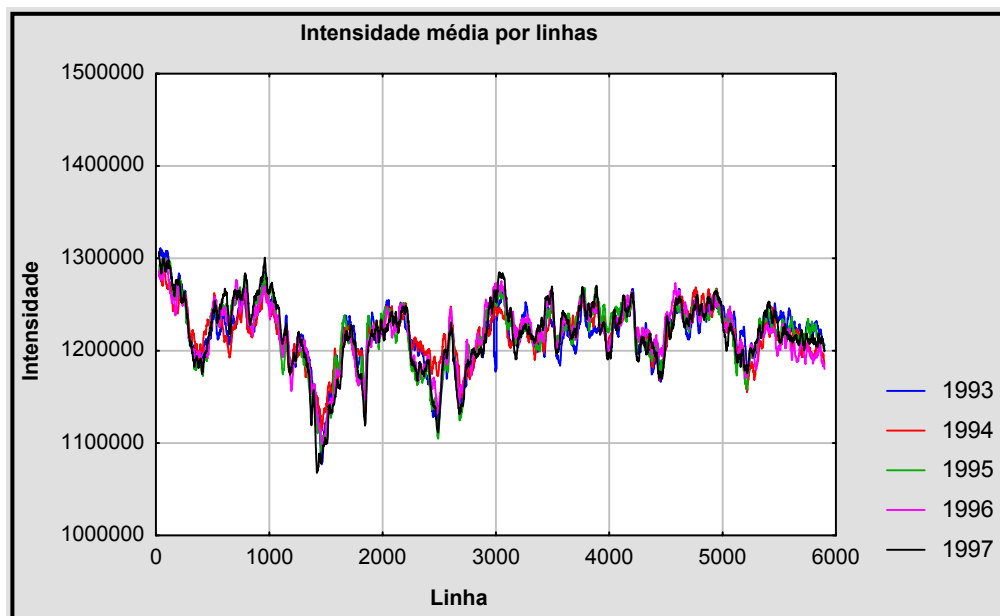


Fig. 4.12 - Gráfico da dispersão da intensidade média por linhas para as imagens corrigidas pelo método bilinear.

Com os valores médios das linhas e colunas das imagens corrigidas aplicou-se o teste t nos valores de β_1 e verificou-se se as inclinações das novas retas não foram significativas, comparando os respectivos valores de t com o valor de $t^*_{95\%} = 1,96$. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.5 e revelam que todas as inclinações são estatisticamente não significativas.

TABELA 4.5 - Equações das retas de regressão para as linhas e colunas das imagens corrigidas e respectivos valores t^* de β_1 (inclinação da curva).

	Colunas (Graus de liberdade = 2998)	Linhas (Graus de liberdade = 5898)
1997	$Y = 1.218.224 - 0,213.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,2758$	$Y = 1.218.345 - 0,149.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,442$
1996	$Y = 1217.740 + 0,031.x$ $t^*_{\beta_1} = 0,042$	$Y = 1.218.810 - 0,272.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,921$
1995	$Y = 1.217.512 + 0,256.x$ $t^*_{\beta_1} = 0,3076$	$Y = 1.217.190 + 0,239.x$ $t^*_{\beta_1} = 0,757$
1994	$Y = 1.217.142 + 0,511.x$ $t^*_{\beta_1} = 0,807$	$Y = 1.218.790 - 0,299.x$ $t^*_{\beta_1} = -1,128$
1993	$Y = 1.217.927 - 0,023.x$ $t^*_{\beta_1} = -0,291$	$Y = 1.216.823 + 0,363.x$ $t^*_{\beta_1} = -1,231$

A diferença principal entre os dois tipos de correções foi que no método por normalização de médias a inclinação das retas de regressão de linhas e colunas se manteve com o mesmo comportamento das imagens originais, enquanto que no método bilinear as inclinações foram removidas. Porém para ambas as correções as médias são normalizadas utilizando como referência a imagem de 1997.

Para esse trabalho utilizou-se a correção pelo método da normalização de médias, uma vez que foi constatada a não homogeneidade da área. Com isso supôs-se que as inclinações das retas de regressão para as médias de linhas e colunas são produzidas pelo comportamento espectral dos alvos localizados dentro da cena imageada. Com essa correção esperou-se minimizar os efeitos causados por condições climáticas, por modificações temporais nos parâmetros do sensor, por diferenças no processamento das imagens.

4.2 Levantamento do Comportamento Pluviométrico e Análise Pedológica

A partir dos valores médios de precipitação mensal, apresentados na Tabela 3.1 e dos valores mensais de precipitação contidos nas Tabelas de A.1.20 a A.1.24, pôde-se observar o comportamento das condições climáticas da área de estudo, usando como referência a Estação Meteorológica de Santarém. Desta forma, foi feito um acompanhamento dos valores de precipitação mensal desta estação para os anos de 1993 a 1997 em relação à precipitação média. Também foram levantados os desvios entre cada mês e a média e os valores acumulados de precipitação para cada mês. Esse valor acumulado foi obtido somando a precipitação de um mês com o subsequente e assim sucessivamente. Esse procedimento foi realizado para constatar se a radiometria das imagens poderia ou não estar sendo influenciada pelas condições climáticas. A Tabela 4.6 mostra o resultado obtido com essa análise.

TABELA 4.6 - Valores de precipitação média, precipitação acumulada média, precipitação mensal, precipitação acumulada mensal e desvio da precipitação mensal em relação à precipitação média.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ndc
Precipitação média mensal	247	327	426	392	318	148	97	65	33	43	73	157	147
Precipitação média acumulada	247	574	1000	1392	1710	1858	1955	2020	2053	2096	2169	2326	
Precipitação mensal em 1993	158	277	260	296	180	74	131	51	34	23	155	129	130
Desvio em relação a média de 1993	88	50	165	95	137	73	34	13	2	19	83	27	17
Precipitação acumulada em 1993	158	435	695	991	1171	1245	1376	1427	1461	1484	1639	1768	
Precipitação mensal em 1994	426	356	216	NC	NC	163	122	65	23	29	100	41	129
Desvio em relação a média de 1994	179	30	209	NC	NC	15	25	0,2	10	13	27	115	18
Precipitação acumulada em 1994	426	782	998	1390*	1708*	1871	1993	2058	2081	2110	2210	2251	
Precipitação mensal em 1995	277	325	213	NC	NC	158	22	21	20	12	62	94	101
Desvio em relação a média de 1995	30	2	2	NC	NC	10	74	43	12	30	10	64	46

Precipitação acumulada em 1995	277	602	815	994*	1312*	1470	1492	1513	1533	1545	1607	1701	
Precipitação mensal em 1996	289	243	495	647	306	97	136	25	20	0	28	4	149
Desvio em relação a média de 1996	42	83	69	255	11	50	39	39	12	42	44	153	2
Precipitação acumulada em 1996	289	532	1027	1674	1980	2077	2213	2238	2258	2258	2286	2290	
Precipitação mensal em 1997	388	124	477	169	185	31	42	57	0	0	4	4	129
Desvio em relação a média de 1997	141	202	51	223	132	116	54	7,4	32	43	69	152	18
Precipitação acumulada em 1997	388	512	989	1158	1343	1374	1416	1473	1473	1473	1477	1481	

FONTE: Adaptado de Aneel (2000).

ndc: número de dias chuvosos

NC: não coletado

*: Substituído pela Precipitação média mensal do mês correspondente.

Na Tabela 4.6 os valores de precipitação mensal nos meses de abril e maio de 1994 e 1995 não foram coletados e para suprir essa falta utilizou-se os valores da precipitação média mensal. A análise dos resultados dessa tabela indica que o ano de 1994 teve um comportamento climático bem semelhante ao comportamento médio da estação. Os anos de 1993, 1995 e 1997 tiveram um comportamento abaixo da média e o ano de 1996 ficou acima da média. Esses resultados podem indicar como se encontrava o teor de umidade no solo no período de aquisição de uma imagem. Para avaliar se as condições climáticas interferiram ou não na radiometria das imagens, utilizou-se o gráfico da Figura 4.13 e tomando como referência a imagem de 1994, comparou-se esta com as demais. Verificou-se que os anos de 1993, 1995 e 1997 apresentaram retroespalhamento menor que a imagem de 1994. Isso era de se esperar uma vez que as condições hídricas foram inferiores que a média. Porém a imagem de 1996 deveria apresentar um retroespalhamento maior que a imagem de 1994 e isso não aconteceu. Isso indica que algum outro fator está interferindo na radiometria da imagem, como por exemplo chuva isolada na parte leste da imagem. Fatos como chuvas isoladas não podem ser detectados, uma vez que a Estação Meteorológica de Santarém usada como base fica a pelo menos 80 Km do local.

Após analisar as condições climáticas da área de estudo, tem-se fortes indícios de que as condições hídricas influenciaram na resposta espectral de todas as imagens, fazendo com que cada uma tivesse um comportamento distinto. Os efeitos dessa influência foi um dos motivos que levou-se à aplicação de uma correção nas imagens.

Da análise pedológica da área de estudo, concluiu-se que todos os locais amostrados estão sobre um mesmo tipo de solo, e isto faz com que a influência do solo nos valores de retroespalhamento seja minimizada.

4.3 Determinação do Coeficiente de Retroespalhamento e do Coeficiente de Variação das Classes de Estudo

A partir das imagens corrigidas pelo método da normalização de médias e dos valores médios e do desvio padrão em intensidade de cada amostra, calculou-se o Coeficiente de Retroespalhamento e seu respectivo intervalo de confiança e também o Coeficiente de Variação. Os resultados encontrados foram dispostos na forma de gráficos que podem ser vistos nas Figuras 4.13 e 4.14.

Os valores de σ° para o gráfico da Figura 4.13 foram dispostos de forma que as classes cujos valores mais baixos aparecem no início do eixo das abcissas e depois segue-se uma seqüência progressiva nestes valores. Essa seqüência progressiva coincide com a evolução da idade de cada classe até chegar-se à floresta primária, com valores de σ° estáveis. O mesmo procedimento foi aplicado para os valores de CV e com isso tem-se a mesma posição de σ° e CV para as mesmas classes.

Também foram feitos gráficos para σ° e para CV com as áreas agrupadas por idade da vegetação, que podem ser vistos nas Figuras 4.14 e 4.16 respectivamente. Com isto foi possível observar as diferenças e semelhanças para classes com mesma idade e também analisar a evolução dos coeficientes para regenerações com idades que evoluem progressivamente.

Mais dois tipos de gráficos foram levantados sendo que o da Figura 4.16 foi obtido a partir dos valores dispostos no gráfico da Figura 4.15. Para isso calculou-se os valores

médios de σ° do conjunto de amostras de cada idade de regeneração e também das demais classes. O mesmo procedimento foi feito para o gráfico da Figura 4.18, onde os valores médios de CV foram obtidos a partir dos valores dispostos na Figura 4.17. Para os gráficos das Figuras 4.17 e 4.18 a média das amostras de classes de mesma idade foram renomeadas para facilitar a compreensão dos resultados.

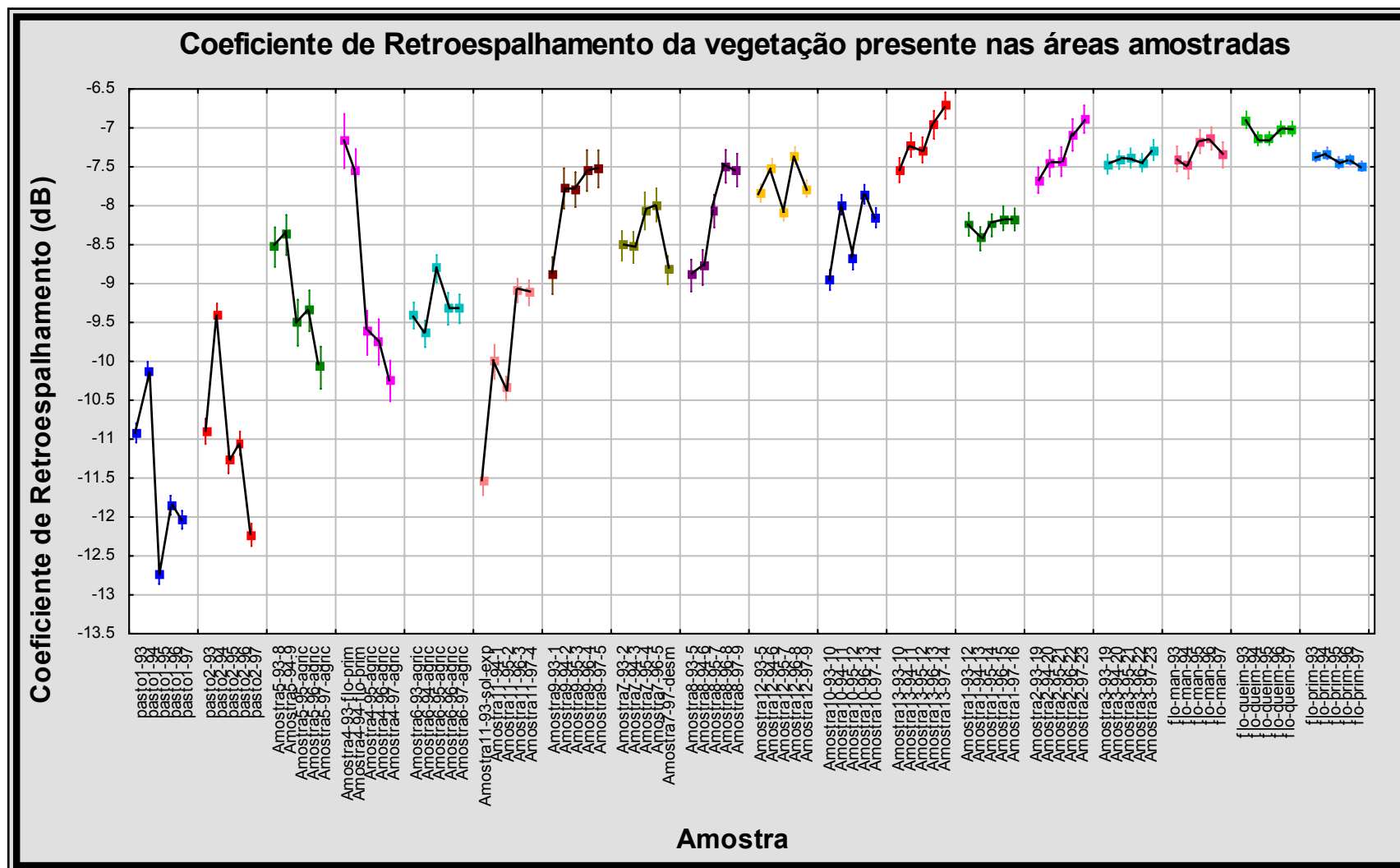


Fig. 4.13 - Evolução de σ° para a vegetação presente nas áreas amostradas nos anos de 1993 a 1997.

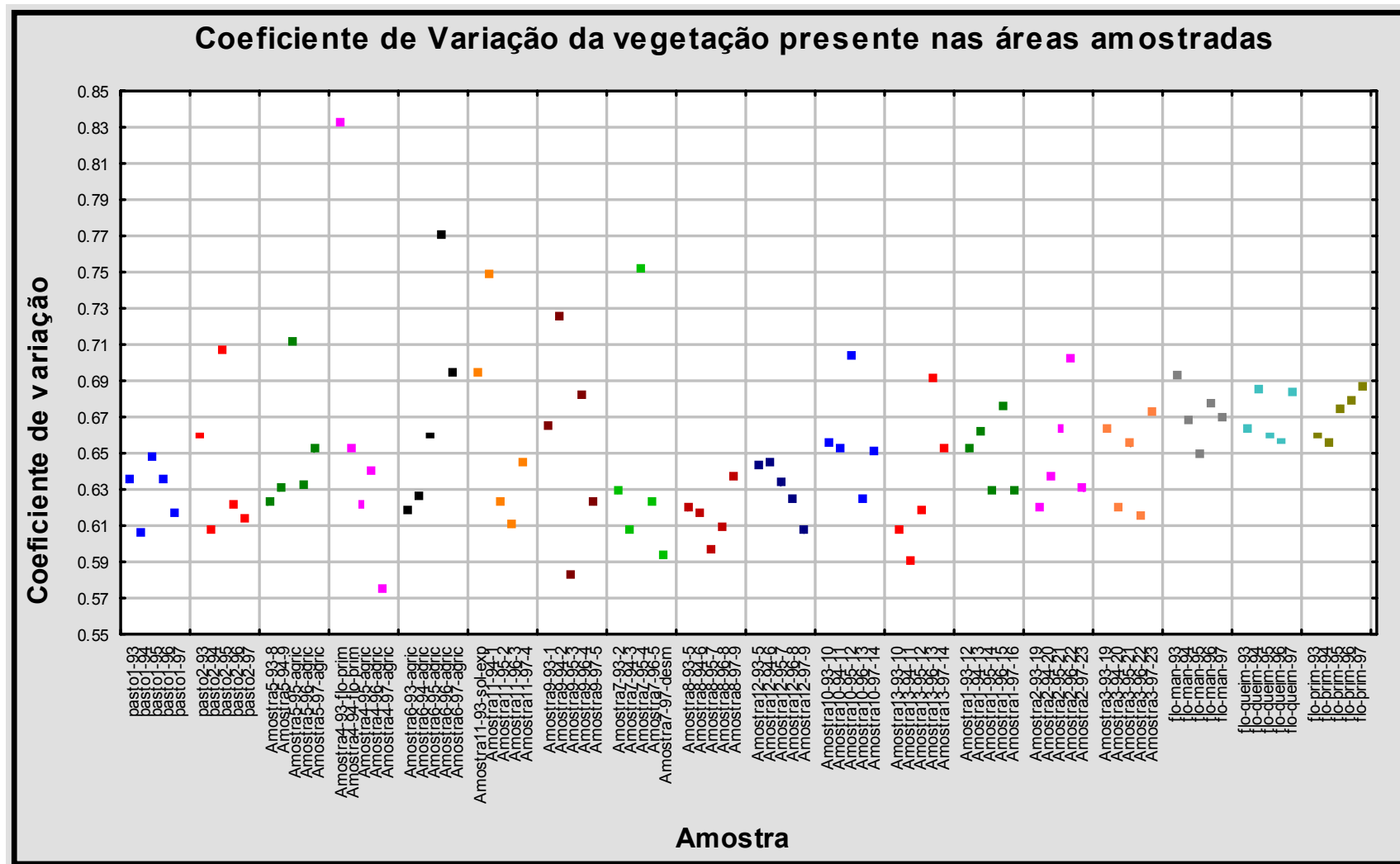


Fig. 4.14 - Evolução do Coeficiente de Variação para a vegetação presente nas áreas amostradas nos anos de 1993 a 1997.

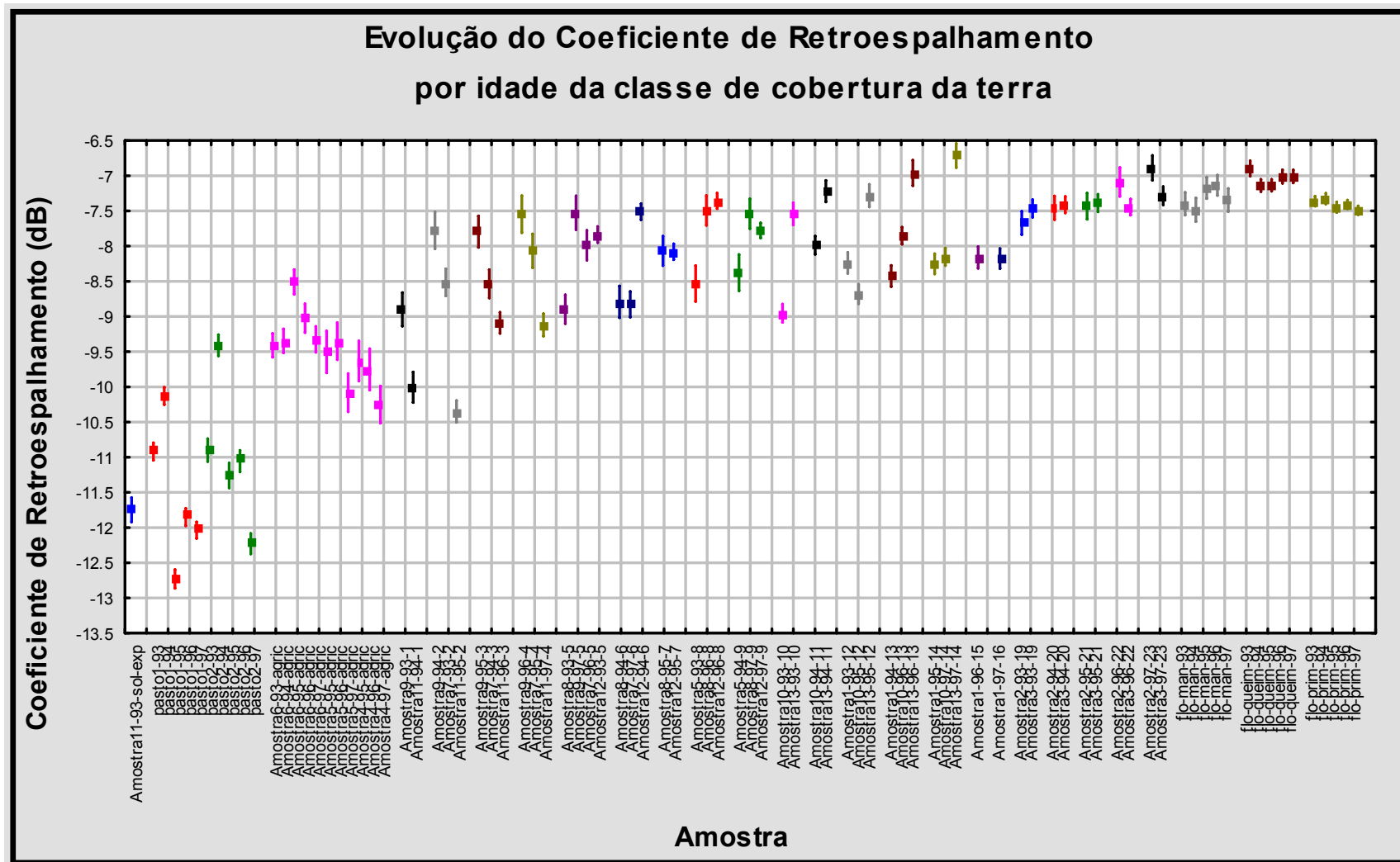


Fig. 4.15 - Evolução de σ^0 para a idade da vegetação presente nas áreas amostradas nos anos de 1993 a 1997.

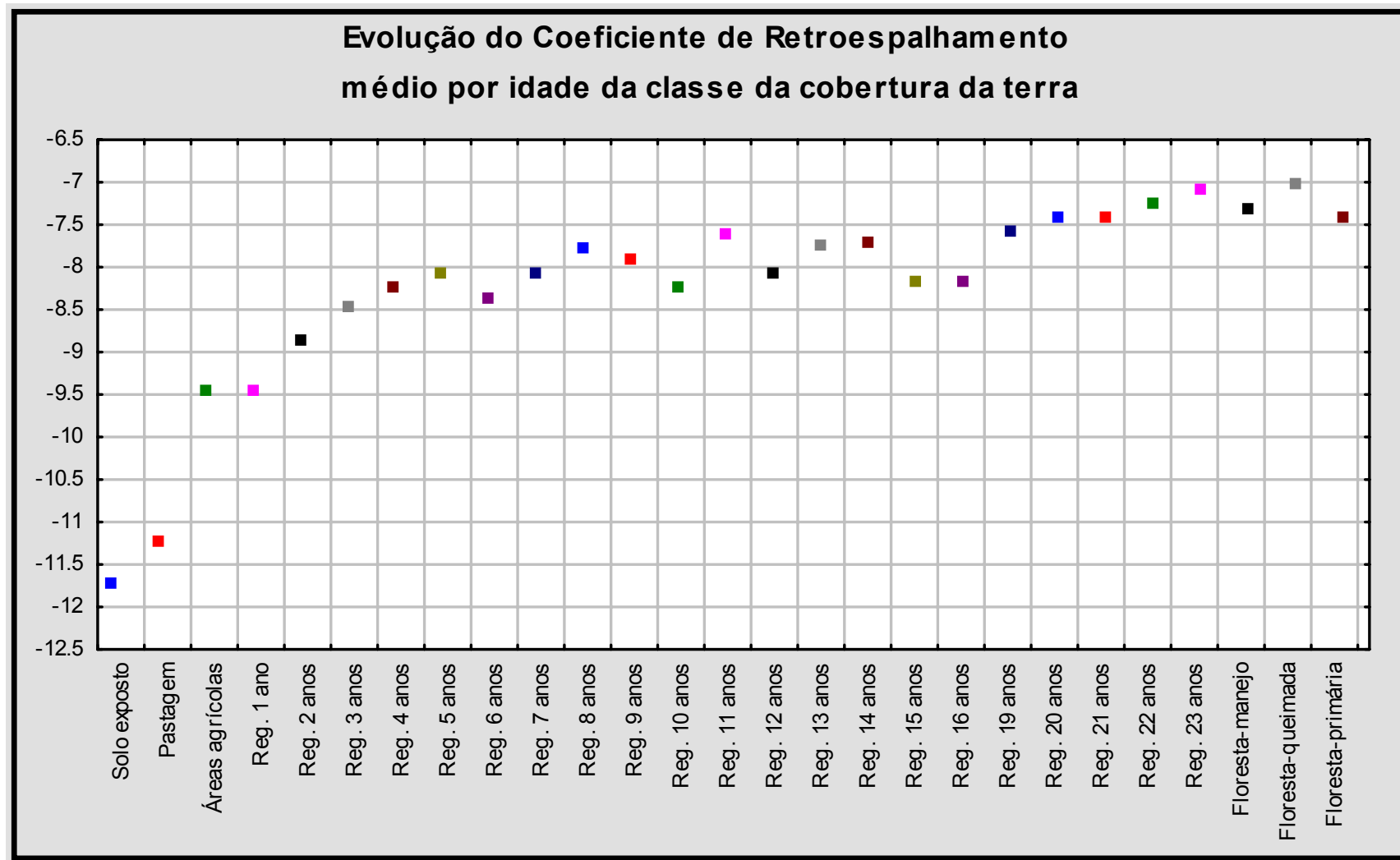


Fig. 4.16 - Valores médios de σ^0 para cada tipo de classe de uso do solo na região da Floresta Nacional de Tapajós.

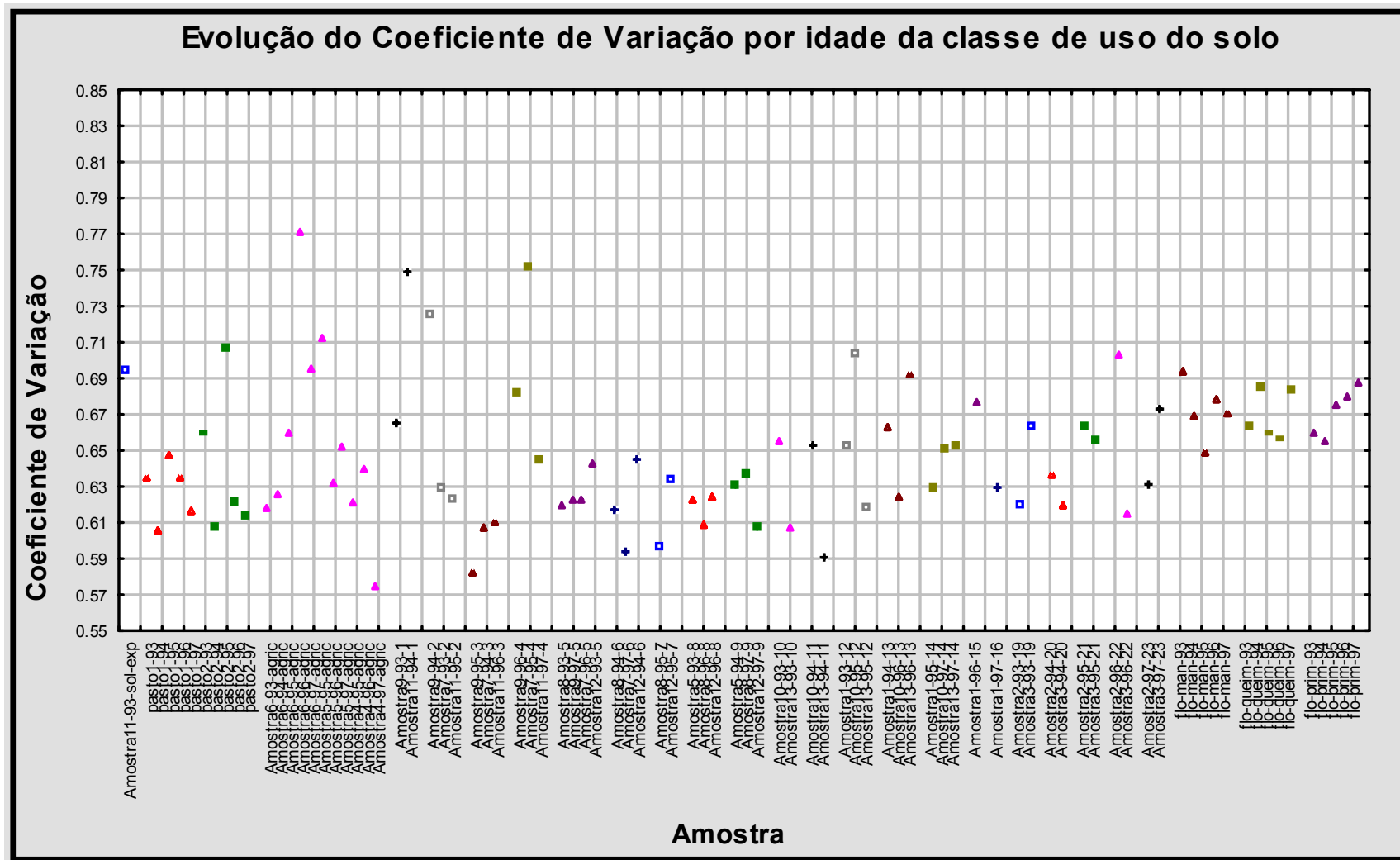


Fig. 4.17 - Evolução do Coeficiente de Variação para a idade da vegetação presente nas áreas amostradas nos anos de 1993 a 1997.

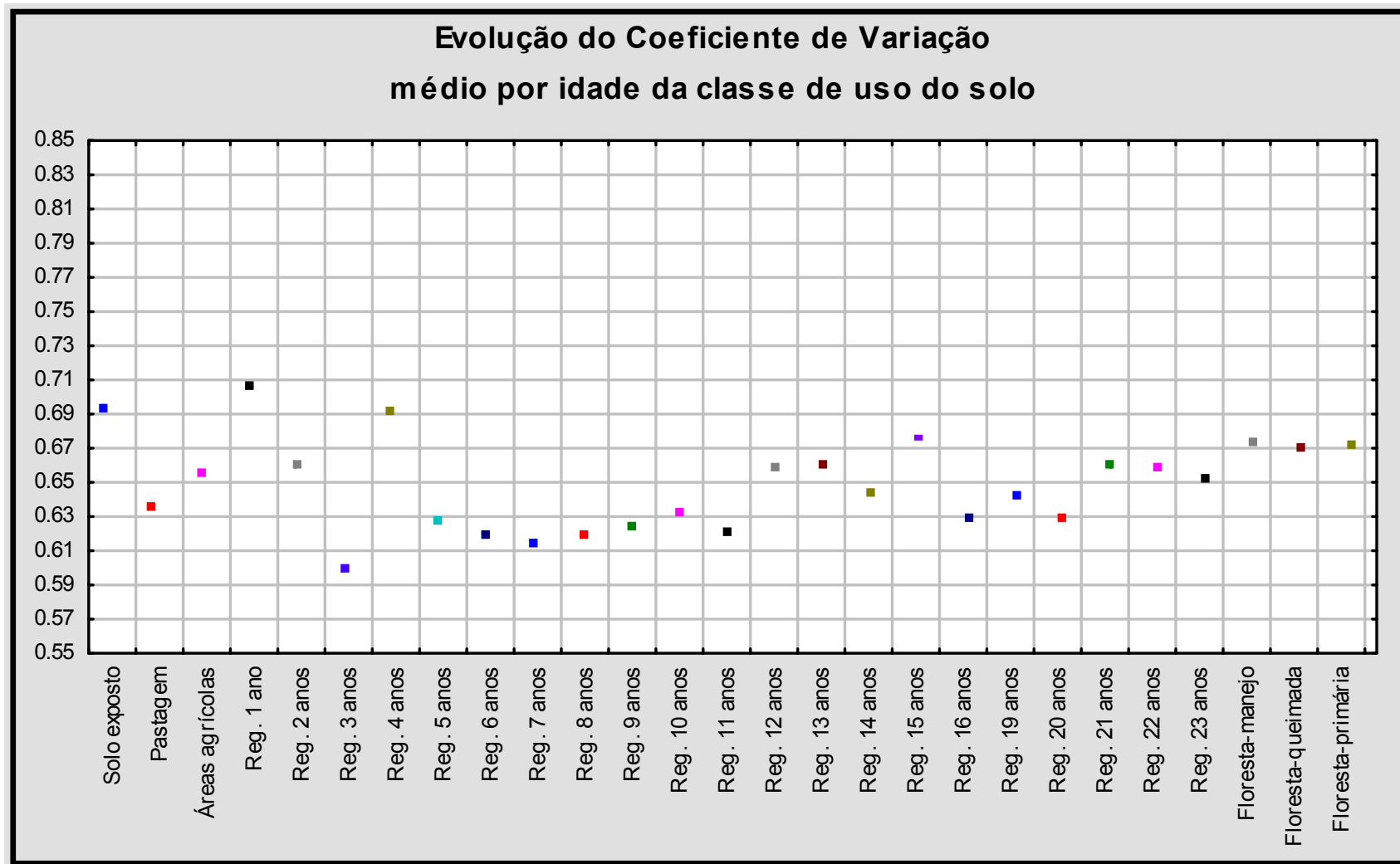


Fig. 4.18 - Valores médios de CV para cada tipo de classes de uso do solo na região da Floresta Nacional de Tapajós.

4.4 Análise da Evolução σ° para as Áreas Estudadas e Avaliação da Separabilidade de Classes

A partir do gráfico da Figura 4.13 e do histórico do uso e ocupação do solo de cada área amostrada foi possível analisar a resposta espectral das várias classes estudadas. Verificou-se que cada classe possuiu um comportamento distinto indicando que existe a possibilidade de separabilidade entre elas, e que classes iguais podem ter respostas diferentes, indicando que algum componente externo à vegetação causa a variação na resposta espectral.

4.4.1 Pastagens

Para as pastagens verificou-se que em um estudo multi-temporal a resposta espectral desta classe segue um comportamento aleatório, pois as diferenças encontradas ao longo do período de estudo foram grandes. A faixa de valores de σ° encontrados variou de aproximadamente -13 dB a -9,6 dB. Esta variação aconteceu pois as pastagens são cultivadas sazonalmente, ou seja, enquanto um pasto está sendo formado, outro está sendo utilizado pelo gado. Para pastos já esgotados o sinal retroespalhado é muito pequeno e visto que todas as imagens JERS-1 utilizadas nesta pesquisa foram obtidas na estação seca, o valor de σ° para tais locais tendem a ser menores ainda, podendo ser confundido com os valores de σ° de solo exposto, como o caso da Amostra11-93-solo-exp. Já os valores maiores de σ° para esta classe significa que o pasto está com a vegetação crescida. Portanto a variação da altura e do volume da vegetação que constitui um pasto é que imprime as variações na resposta espectral desta classe. Em um estudo também feito em floresta tropical, no estado de Rondônia, Hashimoto et al. (1996) também encontraram variações no Coeficiente de Retroespalhamento para pastagens com alturas de vegetação diferentes. Foi calculado o valor de σ° para gramíneas com altura de 10 e 50 cm e os valores de σ° encontrados variaram entre -13,2 dB a -7,9 dB.

4.4.2 Áreas em Processo de Desmatamento

Para áreas em processo de desmatamento, como nos casos da transição entre a Amostra4-94-flo e Amostra4-95-agric, Amostra5-94-9 e Amostra5-95-agric e

Amostra7-96-5 e Amostra7-97-desm, verificou-se um comportamento caracterizado pela diminuição de σ° entre uma data e outra. Isto é de se esperar, pois com a retirada de árvores da superfície a parcela de energia que retorna ao radar diminui. Verificou-se porém, que os valores de σ° não diminuíram ao ponto de indicar uma retirada total da vegetação sobre a superfície local. Isto indica que o local ainda apresenta uma vegetação que foi verificada como sendo culturas agrícolas para as Amostras 4 e 5 e não identificada para a Amostra7.

4.4.3 Áreas com Uso Agrícola

Na Região Amazônica ainda não é comum a existência de uma agricultura extensiva, mas sim de uma agricultura familiar feita para atender as necessidades diárias do morador local. É costume deste morador plantar um certo cultivo em um determinado ano e depois de realizada a colheita, o local utilizado para a lavoura é abandonado e depois de algum tempo, o local é incendiado e volta a ser cultivado. Aparentemente, áreas destinadas à agricultura familiar, como é o caso da Amostra 6, apresentam valores de σ° que ficam em torno da faixa entre -10 dB e -9 dB cujo comportamento segue um padrão aleatório, ou seja, um ano pode estar alto, no ano seguinte pode cair, voltando a subir no terceiro ano, e assim por diante.

4.4.4 Áreas com Vegetação entre 1 e 5 Anos de Idade

A análise do gráfico da Figura 4.13 mostra que os valores de σ° para as Amostras 7, 9 e 11 aumentam à medida que aumenta a altura e o volume da vegetação. Porém verificou-se que o aumento não é igual para as três classes e cada uma teve um comportamento diferente. Os valores de σ° em cada ano para cada área pode ser visto na Tabela 4.7.

TABELA 4.7 - Valores de σ° para as amostras 7, 9 e 11 de 1993 a 1997.

	Amostra 11		Amostra 9		Amostra 7	
	σ°	Idade	σ°	Idade	σ°	Idade
1993	-11,74 dB	0	-9,09 dB	1	-8,71 dB	1
1994	-10,19 dB	1	-7,96 dB	2	-8,73 dB	2
1995	-10,54 dB	2	-7,98 dB	3	-8,26 dB	3
1996	-9,28 dB	3	-7,73 dB	4	-8,18 dB	4
1997	-9,11 dB	4	-7,51 dB	5	-8,82 dB	5

Pelos valores contidos na Tabela 4.7 percebe-se que a evolução dos valores de σ° não foi igual para todas as classes. As variações existentes podem ser explicadas em parte pelo uso anterior do solo. A Amostra 11 foi a área que apresentou maior variação nos valores de σ° . Pelos valores encontrados, pode-se inferir que os valores de σ° acompanharam o crescimento da vegetação, porém como o solo foi usado intensivamente antes de se dar o abandono da pastagem que existia no local, o crescimento da biomassa não foi semelhante ao crescimento da biomassa da amostra 9, que não teve uso anterior do solo, e portanto, apresentou um crescimento rápido do primeiro para o segundo ano de idade e em seguida parece ter-se estabilizado. Das três classes analisadas, cada área teve uma utilização diferente para o solo. A Amostra 11 foi a mais utilizada de todas, onde a utilização para fins pecuários foi observada a partir de 1984, data da primeira imagem TM. Este uso intenso pode ser a causa dos baixos valores de σ° encontrados para esta classe, uma vez que o crescimento da vegetação ficou comprometido pela lixiviação dos nutrientes do solo. Já a Amostra 9 refletiu um maior crescimento da vegetação que pode ser devido ao fato de que até 1991 o local era ocupado por uma floresta primária, que após ser cortada o local foi abandonado, iniciando logo em seguida o processo de regeneração. Isto fez com que o solo ainda mantivesse quantidade considerável de nutrientes que alimentou a nova vegetação do local. Na Amostra 7 o desmatamento da floresta primária foi feito em 1985 e depois disso, até 1991 o solo parece ter sido usado para fins de agricultura de subsistência. A partir de 1992 deu-se início ao processo regenerativo e em 1997 registrou-se uma queda acentuada no valor de σ° indicando um desmatamento.

As Amostras 7 e 9 foram afetadas por um incêndio que ocorreu provavelmente em 1992, porém não há indícios de que o fogo tenha influenciado na resposta espectral destas áreas, pois a provável data do incêndio coincidiu com os momentos imediatamente anteriores ou posteriores ao início da regeneração.

4.4.5 Áreas com Idade da Vegetação entre 5 e 9 Anos

A vegetação presente nas Amostras 8 e 12 possuem a mesma idade, porém a resposta de ambas é diferente. Pelo gráfico da Figura 4.13 verifica-se que a Amostra 8 teve um crescimento progressivo nos valores de σ° , enquanto que a Amostra 12 apresentou um comportamento aleatório. Características distintas de uso e ocupação do solo anteriores à data de início dos estudos estão presentes em cada uma delas. A Amostra 8 foi ocupada até 1985 por uma floresta primária que foi cortada em 1986, depois disso o solo foi utilizado para agricultura ou pecuária por dois anos e então abandonado, tornando assim uma regeneração. Já a Amostra 12 era uma regeneração até 1986, foi cortada em 1987 e em seguida abandonada. Pelo histórico de cada área verificou-se que as duas foram utilizadas antes de se dar início ao processo de regeneração que faria com que cada uma delas tivesse a idade de 5 anos em 1993, portanto não explicando a grande diferença entre ambas. Um segundo fator além do uso anterior do solo que pode ter contribuído para que houvesse a diferença de comportamento espectral entre esses dois tipos de regeneração, foi a ocorrência do incêndio com data provável de 1992 na Amostra 8. Este local apresentou valores de σ° com crescimento progressivo e variação de aproximadamente 1,5 dB entre o quinto e o nono ano de idade, sendo que o valor de σ° para cinco anos de idade ficou em torno de -9 dB. Para uma regeneração sem corte seletivo de madeiras e sem a ocorrência de fogo, o valor de σ° deveria ser maior, porém com a queima da vegetação o Coeficiente de Retroespalhamento tornou-se menor. Iniciou-se, a partir do incêndio, um novo processo de regeneração no qual não houve retirada total da vegetação mas sim a perda de parte do dossel e a morte de muitas árvores. O crescimento da nova vegetação se deu com a presença de muitas árvores vivas com porte da regeneração anterior, ou seja, 5 anos de idade.

O fogo não ocorreu na Amostra 12 e pode-se verificar pelo gráfico da Figura 4.13 que logo após o incêndio, ou seja em 1993, o valor do Coeficiente de Retroespalhamento

para a Amostra 8 foi muito inferior ao respectivo valor da Amostra 12. Com isto as duas classes assumiram comportamento distintos, pois enquanto a regeneração da Amostra 8 teve de se recuperar das consequências do fogo, a vegetação da Amostra 12 seguiu seu processo regenerativo normal. Os valores de σ° encontrados na Amostra 12 apresentaram um comportamento aleatório, isto é, não seguiram um crescimento progressivo. Os valores se alternaram de uma data para outra, ficando a faixa de variação entre os valores de - 8,2 dB a -7,5 dB, portanto uma diferença de 0,7 dB. Esse comportamento reflete a dinâmica de crescimento de uma regeneração sem influências antrópicas, cuja taxa de produção primária de biomassa é muito alta e a renovação de árvores, ou seja, a morte de uma e o nascimento de outra, também é muito rápida. Essa dinâmica altera os processos de retroespalhamento ora minimizando, ora aumentando o efeito *double bounce*.

4.4.6 Áreas com Idade da Vegetação entre 10 e 16 Anos

Nesta faixa de idade foram encontradas duas regenerações com idades variando de 10 a 14 anos, como no caso das Amostras 10 e 13, e uma regeneração com idade entre 12 e 16 anos (Amostra 1). Para os três casos houve uma retirada da floresta primária que ocupava a área amostrada e logo em seguida deu-se o abandono do local. Portanto as três áreas foram desmatadas quase que na mesma época e logo em seguida abandonadas. Pelo gráfico da Figura 4.13, verificou-se que apesar de terem idades semelhantes, a resposta espectral de cada uma das três áreas foi distinta. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que em cada local houve uma interferência humana diferente enquanto o processo regenerativo estava em andamento. A Amostra 10 sofreu o incêndio que ocorreu em 1992, e isto fez com que a vegetação no local sofresse um retardamento no processo regenerativo. A morte de árvores e a queima de parte do dossel alterou a estrutura da vegetação, abrindo clareiras e imprimindo um comportamento aleatório nos valores de σ° . Os valores oscilaram na faixa de -9.1 dB a -8,0 dB, portanto com uma diferença de 1,1 dB.

Verificou-se assim que o valor de σ° nos anos de 1993 a 1997 foram inferiores aos respectivos valores da Amostra 13, que apresentou um crescimento de σ° progressivo com o decorrer do tempo. Na Amostra 13 não houve a ocorrência de fogo, porém como

está situada num local onde a retirada de madeira para a fabricação de casas, cercas, etc. é muito comum, o local pode ter sofrido corte seletivo de árvores. Isto fez com que o efeito de *double bounce* aumentasse o retroespalhamento do sinal emitido em direção ao radar e fez os valores de σ° para esse tipo de regeneração apresentarem um crescimento progressivo, sendo que para 10 anos de idade o valor foi de - 7,7 dB e para 14 anos de idade o mesmo valor foi de -6,7 dB.

A Amostra 1 teve um crescimento de menos que 0,5 dB para os anos de 1993 até 1997, sugerindo com isso que a vegetação no local não sofreu grandes transformações. Isso foi confirmado com a verificação nas imagens TM que não revelou a ocorrência de nenhum incêndio significativo, e também com a constatação em campo que a área não sofreu corte seletivo de árvores. Portanto, a regeneração está ocorrendo naturalmente. Esse tipo de regeneração apresentou uma variação de 0,5 dB nos valores de σ° sendo que o menor valor foi de -8,6 dB e maior de -8,1 dB. Por não ter sofrido ação antrópica, esse tipo de regeneração seguiu um processo natural de evolução e isso fez com que os valores de σ° se mantivessem com um crescimento progressivo, porém com uma variação muito baixa entre o primeiro e o último valor.

4.4.7 Áreas com Idade da Vegetação entre 19 e 23 Anos

As duas áreas amostradas cuja vegetação apresentou idade entre 19 e 23 anos foram as Amostras 2 e 3. Nestes locais o desmatamento inicial ocorreu no início dos anos 70 e em seguida estabeleceu-se o processo de regeneração. A Amostra 3 não sofreu nenhum tipo de ação antrópica (incêndio ou corte seletivo de árvores). O mesmo não ocorreu na Amostra 2, pois no local foi feito um programa de manejo florestal que permitiu a retirada de certos tipos de árvores, porém não houve ocorrência de incêndios.

O resultado da participação humana em uma das regenerações foi refletido nos valores de σ° da vegetação da Amostra 2. Para a regeneração que não sofreu interferência em seu processo natural, como o caso da Amostra 3, não verificou-se variação significativa nos valores do Coeficiente de Retroespalhamento, permanecendo a resposta espectral estável. Esse tipo de regeneração apresentou valores de σ° bem semelhantes durante todos os anos. Esses valores também foram semelhantes aos valores de σ° para floresta primária, indicando que a estrutura da vegetação de uma regeneração desse porte

fornece resposta igual à da floresta primária. Portanto, há fortes indícios de que possa ser difícil separar regenerações antigas de florestas primárias, utilizando o retroespalhamento em radar com Banda L.

Para a Amostra 2, cuja vegetação sofreu manejo florestal, os valores de σ° tiveram um crescimento progressivo com o decorrer do tempo. Esse fenômeno pode ser atribuído ao fato da existência de pequenas clareiras abertas pelo corte das árvores selecionadas. A faixa de valores de σ° foi de -7,8 dB até - 6,8 dB, portanto uma diferença de 1 dB.

4.4.8 Áreas de Floresta Primária

As áreas de floresta primária amostradas, revelaram comportamento espectral diferentes para os três tipos de floresta primária amostrados. A análise do gráfico da Figura 4.16 revela que as médias amostradas são diferentes, e uma análise no gráfico da Figura 4.13 também comportamentos diferentes ao longo do tempo estudado.

A amostragem para a floresta primária atingida por incêndio, revelou valores de σ° que não podem ser afirmado como estáveis, pois os parâmetros encontrados podem apresentar médias diferentes de um ano para outro. Isso indica uma alteração na estrutura florestal, cujo reflexo pode ser percebido pelo radar. Esse tipo de classe apresentou variações nos valores de σ° sugerindo a ocorrência de algum distúrbio na estrutura da vegetação. Apesar da variação ficar na faixa de valores entre -7,2 dB a -6,9 db, percebe-se claramente que os valores não são tão estáveis quanto os valores de floresta primárias intactas.

A amostra de floresta primária em área de corte seletivo de madeira também mostrou um comportamento característico e se analisando os anos de 1994, 1995, 1996 e 1997, verificou-se que o comportamento da resposta espectral imprime aumento progressivo nos valores de σ° . Esse comportamento também foi registrado nas áreas de regenerações com corte seletivo.

4.5 Análise da Evolução do C. V. para as Áreas Estudadas

A Figura 4.14 mostra a dispersão dos valores do Coeficiente de Variação da vegetação encontrada nas áreas amostradas. Pela análise visual do gráfico não é possível definir

qualquer relação entre a evolução de σ° com a evolução de C. V. Portanto, o Coeficiente de Variação não foi considerado de fundamental importância para o estudo da separabilidade entre classes diferentes.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do retroespalhamento das classes obtidas neste trabalho possuem uma certeza muito grande, pois as idades das classes não foram estimadas por parâmetros como altura ou área da copa de árvores, mas sim através de um acompanhamento de cada etapa da vida da vegetação no local amostrado. Por isso, acredita-se que os resultados encontrados, mesmo que preliminares, possam ser utilizados como referência para futuros trabalhos. Das áreas amostradas e analisadas foi possível justificar as seguintes classes de uso do solo:

- Solo exposto;
- Áreas agrícolas;
- Desmatamento;
- Regeneração de até 4 anos de idade em área com uso anterior destinado à pecuária;
- Regeneração de até 5 anos de idade sem uso anterior;
- Regeneração de até 5 anos de idade em área com uso anterior dedicado à agricultura;
- Regeneração entre 5 a 9 anos em área atingida por fogo;
- Regeneração entre 5 a 9 anos em área sem influência antrópica;
- Regeneração de 10 a 14 anos em área atingida por fogo;
- Regeneração de 10 a 14 anos em área com corte seletivo de madeira;
- Regeneração de 12 a 16 anos em área sem ação antrópica;
- Regeneração de 19 a 23 anos em área de corte seletivo de madeira;

- Regeneração de 19 a 23 anos em área sem ação antrópica;
- Floresta primária intacta;
- Floresta primária em área com corte seletivo de madeira;
- Floresta primária em área de queimada.

Ao contrário de se analisar uma única imagem de radar e a partir dela fazer uma classificação da cobertura da terra, este método utilizou uma seqüência temporal de imagens para fazer o acompanhamento da evolução do retroespalhamento de várias classes de uso do solo. Os resultados obtidos indicam que uma análise multitemporal fornece informações úteis para a discriminação de classes, quando comparadas com as informações obtidas se somente uma imagem fosse analisada.

A distinção entre solo exposto e pastagens ficou comprometida neste trabalho devido ao fato de somente uma amostra de solo exposto ter sido feita. Pôde-se avaliar o comportamento de pastagens em relação às áreas agrícolas e verificou-se que há a possibilidade de separação entre ambas, pois os valores de σ^0 das áreas agrícolas oscilam dentro de uma faixa de valores superiores aos das pastagens. Porém, quando se tenta separar áreas agrícolas de regenerações novas, corre-se o risco de confundi-las.

Para a vegetação com idade mais avançada, também pode ser possível identificar padrões de comportamento que facilitem a separação das classes. Isso pode ser verificado no caso das florestas primárias, cujo comportamento das três amostras revelou resultados diferentes. Portanto, analisando a evolução dos valores de σ^0 das florestas primárias constatou-se indícios de ser possível identificar áreas de floresta primária intactas, áreas de floresta primária que sofreram ou estão sofrendo corte seletivo de madeira e áreas de floresta primária em locais cuja ocorrência de incêndios acidentais e corte seletivo de madeira é comum.

Regenerações com mais de dez anos de idade que sofrem corte seletivo de madeira também se destacam das demais devido ao seu comportamento característico. Percebeu-se nas Amostras 2 e 13 um aumento progressivo nos valores de σ^0 com o decorrer do tempo, e esse comportamento não foi registrado para nenhuma outra classe. O mesmo

comportamento foi registrado na amostra de floresta primária com corte seletivo de madeira. Como essas respostas apresentaram a mesma característica de aumentar os valores de σ° de uma data a outra, pode-se suspeitar que a retirada de árvores é que imprime esse tipo de resposta.

Foi percebido através da Amostra 1 que regenerações com idade entre 12 e 16 anos em processo normal de evolução, isto é, sem retirada de madeira e sem a ocorrência de fogo possui valores de σ° inferiores aos valores de regenerações com as mesmas características, porém com idade entre 19 e 23 anos (Amostra 3). Isso pode ser um indício da possibilidade de separar estes dois tipos de regenerações.

As regenerações com idades entre 1 e 9 anos e a regeneração com idade entre 10 e 14 anos que sofreu um incêndio em seu passado, apesar da diferença de idades, apresentam uma confusão muito grande, tornando-se difícil a extração de um padrão de comportamento para cada tipo. Analisadas individualmente cada classe tem uma característica que explica sua resposta, porém quando analisadas em conjunto com as demais a separabilidade não pode ser constatada.

Alguns locais que sofreram desmatamento foram identificados através da aplicação deste método de análise. O exemplo é o caso da Amostra 7-97-desm, que teve seu valor de σ° reduzido bruscamente se comparado com o ano anterior. Isso indica que locais com retirada de vegetação podem ser identificados pela comparação do valor de σ° com os valores dos anos anteriores.

Esta pesquisa teve um caráter investigativo, pois através de um banco de dados de imagens e informações de campo tentou-se encontrar padrões para o retroespalhamento de alguns tipos de cobertura da terra e assim verificar a possibilidade de separá-las umas das outras. A busca por essa separação tem como finalidade a elaboração de classificadores digitais de imagens que possam discriminar o maior número de classes possíveis. Assim, com a metodologia empregada nesta pesquisa, e um número maior de amostras, acredita-se ser possível fazer uma caracterização de diferentes tipos de cobertura da terra e assim elaborar um algoritmo capaz de auxiliar a classificação de uma imagem de radar. Esse algoritmo poderia ser caracterizado por regras de decisão para realizar a classificação baseada no comportamento de todos os valores do

Coeficiente de Retroespalhamento, obtidos através de uma segmentação feita em uma imagem referência. Assim a mesma segmentação seria transferida para as demais, e de acordo com o comportamento da evolução dos valores de σ° , seria atribuída a cada região uma classe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, D.S.; Soares, J.V.; Amaral, S.; Mello, E.M.K.; Almeida, S.A.S.; Silva, O.F.;
Silveira, A.M. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western
Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v.3, p. 451-461, 1997.
- Amorim, A.T.S. **A dominação norte americana no Tapajós: A Companhia Ford
Industrial do Brasil**. Santarém: Ed. Santarém, 1995. 119p.
- Aneel. **Inventário pluviométrico do Brasil**. [on line]. <http://www.aneel.gov.br>, 1999.
- Ashton, P.S. A contribution of rain forest research to evolutionary theory.
Annals of Missouri Botanical Garden. 1977, v.64, p.694-705.
- Ashton, P.S. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of
recent research. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.1, p.155-196, 1969.
- Berkowitz, R. S. **Modern radar**. Analysis, evaluation, and system design. New York:
John Willey & Sons, 1965.
- Brown, S.; Gillespie, A.J.R; Lugo, A. Biomass estimation methods for tropical forests
with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v.35, p. 881-902, 1989.
- Brown, S.; Lugo, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**.
v. 6, p.1-32, 1990.
- Budowski, G. **Studies on forest succession in Costa Rica and Panama**. New Haven.
CT: 189p. Ph.D. dissertation, Yale University, 1961.
- CCRS. **Fundamentals of remote sensing Tutorial**. [on line]
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>, 2000.
- Chapman, B.; Alves, M; Freeman, A. Validation and Calibration of JERS-1 SAR
Imagery. **Final Report of JERS-1/ERS-1 System Verification Program**. NASDA,
v. 1, p. 75-81, 1995.

- De Loor, G.P. Dielectric properties of wet materials. **IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing**, v. GE-21, n. 3, jul.1985.
- Deans, J.D.; Moran, J.; Grace, J. Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous rain forest in Cameroon. **Forest Ecology and Management**. v.88, n.3, p. 215-225, Nov.1996.
- Ewel, J.J.; Secondary forests: the tropical wood resource of the future. In: Chavarria, N. Simposio Internacional sobre las Ciencias Florestales y su Contribución al Desarrollo de la América Tropical . San José, 1979. **Anales**. Costa Rica: Concit/Interciencia/SCITEC. p. 53-60, 1979.
- Fearnside, P.M.; Guimarães, W.M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**. v. S16, p.1-20, 1996.
- Foster, R.B. Famine on Barro Colorado Island. In: Leigh Jr, E.G.; Rand, S.R.; Windsor, D.M. **The ecology of a tropical rain forest. Seasonal rhythms and long terms changes**. Washington DC: Smithsonian Institution Press, 1985.
- Gillet, J.B. Pest Pressure, an underestimated factor in evolution. **Systematic Association Publications**, v. 4, p.37-46, 1962.
- Grace, J.; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A.C.; Meir, P.; Miranda, H.S.; Nobre, C.; Moncrieff, J.; Massheder, J.; Malhi, Y.; Wright, I.; Gash, J. Carbon Dioxide Uptake by an Undisturbed Tropical Rain Forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993. **Science**, v. 270, p.778-780, 1995.
- Gusmão, A. M. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), Universidade de São Paulo (USP). **Alta da Bolívia**. [on line]. <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/17.html>, 2000.
- Hallé. F.; Oldeman, R.A.A.; Tomlinson, P.B. **Tropical trees and forests**. An: architectural Analysis. New York: Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, 1978.

- Hashimoto, Y.;Tsuchia, K.Iijima, T. Normalized Backscattering Radar Cross Section of Tropical Rain Forest in Rondonia, Northern Brazil. **Advance in Space Research**. 31st, COSPAR'96, v.19, n.9, p. 1425-1428, 1997.
- Hernadnez Filho, P.; Shimabukuro, Y. E.; Lee, D. C. L.; Santos, C. P.; Almeida, R, R. **Projeto de inventário florestal na floresta nacional do Tapajós**. São José dos Campos: INPE, 1993.
- Houghton, R.A. The worldwide extent of land-use change. **BioScience**, v. 44, n. 5, p. 305-313, 1994.
- Hubbel, S.P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, v. 203, p.1299-1309, 1979.
- Hutchinson, G.E. Homage to Santa Rosalia, or, Why are there so many kinds of animals? **American Naturalist**, v.93,p.145-159, 1959.
- Imhoff, M.L. A theoretical analysis of the effect of forest structure on synthetic aperture radar backscatter and the remote sensing of biomass. **IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing**. v. 33, n.2, p.341-352, 1995.
- (INPA). **Amazônia**: Informações científicas. <http://www.inpa.gov.br> , 2000.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 1994 (IPCC) -. **Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS 92 emission scenarios**. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
- Le Toan, T.; Beaudoin, A.; Riou, J. Guyon, D. Relating Forest Biomass to SAR Data. **IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing**. v. 30, n.2, p.403-411, 1992.
- Leigh Jr, E.G. Introduction: Why are there so many kinds of tropical trees? In: Leigh Jr, E.G.; Rand, S.R.; Windsor, D.M: **The ecology of a tropical rain forest**. Seasonal rhythms and long terms changes. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1985.

- Luckman, A.; Baker, J.; Kuplich, T.M.; Yanasse, C.C.F.; Frery, A.C. A study of the relationship between radar backscatter and regeneration tropical forest biomass for spaceborne SAR instruments. **Remote Sensing of Environment**, v.60, p.1-13, 1997.
- McDonald, K.C.; Zimmermann, R.; Way, J.; Oren, R. An investigation of relationship between tree water potential and dielectric constant. **Proc. IGARSS'92**, Clear Lake, TX: 26-29 May.1992, p. 523-525.
- Neter, J.; Wasserman, W. **Applied linear statistical models**. Illinois: Richard D. Irwin, 1974.
- Oke, T. R. **Boundary layer climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2ed, 1987.
- Oldeman, R.A.A. **Forests**: elements of silvology. Berlin: Springer-Verlag. : 1990.
- Overman, J.P.M.; Witte, H.J.L.; Saldarriaga, J.G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. **Journal of Tropical Ecology**. v.10, p.207-218, 1994.
- Palme, U. W.; Mura, J.C.; Novo, E.M.L.M.; Soares, J.V.; Kux, H. Curso Sensoriamento Remoto por Radares. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 8, Salvador, abril, 1996. **Anais**: São Paulo: Image Multimidia, 1996.
- Parrota, J.A; Francis, J.K; Almeida, R.R. **Trees of the Tapajós**: a photographic field guide. United States Department of Agriculture, Forest Service. 1995.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Folha S/A 21 - Santarém**: Levantamento de Recursos Naturais, DNPM, Rio de Janeiro, v. 10. 1976.
- Richards, P.W. The three-dimensional structure of tropical rain forest. In: Sutton, S.L.; Whitmore, T.C.; Chadwick, A.C. **Tropical rain forest**: ecology and management. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983.
- Richards, P.W.; **The tropical rain forest. An ecological study**. Cambridge: Cambridge University press, 1981.

- Salas, W.A.; Ranson, J.K.; Rock, B.N.; Smith, K.T. Temporal and spatial variations in dielectric constant and water status of dominant forest species from New England. **Remote Sensing of Environment**, v.47, p.109-119, 1994.
- Saldarriaga, J.G.; West, D.C.; Tharp, M.L.; Uhl, C. Long term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v.76, p.938-958, 1988.
- Skellman, J.G.; Random Dispersal in Theoretical Populations. **Biometrika**, v.38, p.196-218, 1951.
- Terborgh, J. **Diversity and the tropical rain forest**. New York: Scientific American Library, 1992.
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, v.76, p.663-681, 1988.
- Ulaby, F. T.; Moore, R. K.; Fung, A. K. **Microwave remote sensing: active and passive**. Norwood, MA: Artech house, 1981, vol. 1.
- Victória, R.L.; Brown, I.F.; Martinele, L.A.; Salati, E. A Amazônia Brasileira e seu papel no aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. In: Val. A.L.; Figliuolo, R.; Feldeberg, E. ed. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: INPA, v.1, 1991.
- Wang, Y. **Radar modeling of tropical mangal forest stand**. Santa Barbara: 55p. Thesis (Master of Arts in Geography), 1989.
- Wehener, D.R. **High resolution radar**. Norwood: Artech House, 1987.

APÊNDICE - A

**TABELAS DE VALORES DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÕES
METEOROLÓGICAS PRÓXIMAS A FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.**

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1993

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00354000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 18 Lat: 03°53'00" Long: 54°19'19"

Dia	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	14,1	0,1	25,9	0,1	37,5	0		0	0	0	0	0	-
2	0	0	3,8	1,2	1,8	0	0	0	0	0	0	0	-
3	0	3,2	3,6	6,3	1	0	0	0	0	0	0	0	-
4	0,5	41,8	15,4	9,5	3,8	2,2	0	2	0	0,5	17	0,2	-
5	0	17,8	47,3	2,4	0	0	0	0	1,3	2,8	4,6	0	-
6	0	18,2	2,4	0,2	4,2	0	0	0	1,6	0	12,8	0	-
7	0,6	1,1	0,7	12	2,3	0	0	1,6	0	0	3,8	0	-
8	0	3,1	0,6	25,1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9	27,7	0,5	2,8	0,9	0	0	2,9	0	0	23,6	0	0	-
10	1,4	13,3	0,9	25,4	0		0	0	1,1	0	9,2	0,6	-
11	1,3	23,6	0	0	0		3,3	0	0	0	0,8	1,7	-
12	3,1	14,2	1,5	0	10,8		4,5	0	0	0	1	0	-
13	24,5	39,4	3,5	0,5	0		0	0	0	7,6	0	10,5	-
14	0	0,5	0	0,2	0		0	0	0,4	0	2	0,7	-
15	1	1,2	0,8	5,4	3		7	0,5	0	2,8	29,3	0	-
16	8	39,7	0	3,7	3,7		0,8	5,8	0	2	17,2	0	-
17	0	64,3	13,7	1	0,8		0	0	0	8,8	1	0,8	-
18	4,3	22,9	5,9	2,5	11,6		0	0	0	1,8	0	6,1	-
19	37,2	2	23,4	2,9	9,3		5,2	0	0	0	0	3,8	-
20	4,6	0	15	0	0,5		0	0	0	0	0	27	-
21	0	7,5	4,9	0	0		0	0	0	0	53	4,3	-
22	4,2	0,9	0,2	0	7		0,4	5,2	0	4	26,8	0	-
23	1	5,6	7	0	2		0	4,8	3	1,2	0	0	-
24	0	4,2	5,4	6,2	0		0	0	0	0	0	6,5	-
25	0	18	2,6	4,9	0		0	3	0	0	3,5	11,6	-
26	42,3	0	1,8	19,7	0,2		0	17	0	3,2	0	25,2	-
27	0	13,2	0	9	0		3,1	0	3,2	0	0	23,8	-
28	0,7	34,7	6,6	6,5	0,4		0,4	0	0	0	4,1	36,5	-
29	0	-	27,3	38,8	0		0	0	1,4	0	0	0,8	-
30	0,2	-	1	13,7	0		0	0	0	0	0	11,4	-
31	8,6	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	5	-
TOTAL	185,3	391	224	198,1	99,9			39,9	12	58,3	186,1	176,5	
MAXIMA	42,3	64,3	47,3	38,8	37,5			17	3,2	23,6	53	36,5	
DIA	26	17	5	29	1			26	27	9	21	28	-
NDC	19	25	26	24	17	-	-	8	7	11	15	18	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub_Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1994

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00354000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 18 Lat: 03°53'00" Long: 54°19'19"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	31,1	34,2	8,7	0,5	21,2	1	8,9	0	0	9,5	0	6,4	-
2	0,4	0,3	0	10,6	20,4	5,9	8,4	0	0	4	0	0	-
3	10	13,9	9,2	1,1	9,2	0	0	0	0	0	0	0	-
4	3,9	0	15	0,7	0	0	7,2	0	0	0	0	10,2	-
5	4	1,1	79,3	17,7	3,8	0	0,2	2,8	0	0	0	0	-
6	16,9	12,3	12,8	3,4	2,7	0	10	0	7,6	9,8	0	0	-
7	19,1	18,6	38	0	14	0	22,2	0,4	0	0	0	0	-
8	3,6	4	3,4	0,9	8	0	21	0	21,4	8	0	29,9	-
9	7,5	1,7	1,8	32	0	0	0	0	0	7,8	0	0	-
10	10	41,7	16,8	12,1	0	0	0	0	5,4	33,1	0	0	-
11	0,4	32,5	0	0,7	16,2	0	0	0	0	0	0	9,2	-
12	1	5,9	4,1	10,4	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13	15,4	1	0	4,1	43	1,2	0,2	1,2	0	0	0	0,2	-
14	1,9	6,2	55,6	21	0	0	0	0	0,2	0	0	0	-
15	0,6	3,8	0	1,2	8,1	0	0	0,2	0	0	0,4	0	-
16	13,4	3	2	0	6,1	0	5,2	0	0	0	0	2,4	-
17	17,3	30	33,8	2,9	23	0	0	0	0	47,5	0	0	-
18	4,2	0,3	0	3,5	0	1	0	1,2	0	24,7	0	0	-
19	0	21,6	8,7	0	4,5	2,4	0,8	0	0	0	0	4,8	-
20	21,7	9,9	3	0	2,4	0	0,4	0	0	0	0	2,2	-
21	2,9	12	8,8	30,8	32,7	5	0	0	0	7,5	33,2	2,4	-
22	4,6	6,8	6,8	0	2,5	1,8	0	0	0	0	81,2	1	-
23	22,5	16,2	37	4,4	0	0	0	0	0	0	4	0	-
24	0,7	16,1	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	1	-
25	0,5	0	12,3	1,2	0	0	0	1,4	6	0	10,4	4	-
26	0,8	0,5	0,6	0	0	0	1,6	1,2	0	3,8	2,8	0	-
27	0	16,7	2,7	1,6	0	0	0	2,8	0	0	0,2	8,4	-
28	0	0	6,5	0,1	0	0	1,8	0	0	0	1,6	2	-
29	0	-	1,6	0,9	141,6	0	43	0	0	0	4,3	4	-
30	10,5	-	1,4	10,2	0	0	24	0	3,4	0	4,2	1,8	-
31	21	-	29	-	0	-	0	0,4	-	0	-	9,8	-
TOTAL	245,9	310,3	399,1	172,4	359,4	18,3	154,9	11,6	44	155,7	142,3	99,7	
MAXIMA	31,1	41,7	79,3	32	141,6	5,9	43	2,8	21,4	47,5	81,2	29,9	
DIA	1	10	5	9	29	2	29	5	8	17	22	8	-
NDC	27	25	26	24	17	7	15	9	6	10	10	17	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub_Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1995

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00354000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 18 Lat: 03°53'00" Long: 54°19'19"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0,4	4	0	3,7	6,8	22,2	0	9,3	0	0	0	0,5	-
2	1,2	9,2	17	7,9	0	11,8	0	0	0	0,6	13,7	0	-
3	4,4	15,8	3,8	7,3	2,6	7,2	2,3	0	0	0	10,8	0	-
4	19,5	0	5,4	1,1	18,3	0,2	1,4	0	0	0	0	0	-
5	48,4	0	0,2	20,9	1	0	2,3	1,6	0,3	0	0	57,9	-
6	0,4	0	0,8	1,9	0	21	0	0	0	0	0	3,7	-
7	1,8	5,9	8,4	6,9	7,3	0	0	0	0	0,3	0	2,4	-
8	2	6	0	8,8	0	3,4	0	5,7	0	0	0	0	-
9	3	6,8	8,6	33,3	1,9	0	0	0	0	0	30,3	0	-
10	9,9	3	5,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,9	-
11	0	0	2,4	10	2,9	0	0	0	0	0	0	0,1	-
12	22,4	9,9	20,4	0	0	0	0,2	0	0	8,1	0	0	-
13	0,4	0	16,7	71,3	0	0	0	0	5,7	0	3,5	0,9	-
14	12,5	0	88,7	66,4	0	0	0	0	1,4	0	0	0,7	-
15	10,4	17,4	0,5	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0,3	70,2	-
16	0	0	5,7	5,5	2	0	0	0	0	0	0,3	1,9	-
17	1,6	0	14,7	0	0	0	10,6	0	6,2	0	37,7	0	-
18	0	9,4	5,5	15,8	10,7	0	0	3,6	0	0	1,2	2	-
19	0	27,4	0	0	17,1	0	0,3	0	0	0	4,7	0	-
20	0	3,9	3,2	31,3	9,5	0	0	0	0	0	0	5,3	-
21	0	6,5	0	32	0	0	0	1,7	0	0	0	2,1	-
22	0	23,5	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0,7	8	-
23	1,7	2,9	0	6,8	41,2	15,8	0	17,2	0	7,6	0	0	-
24	0,4	9,4	117,6	8,8	0	0	0	0	0	7	0	0	-
25	2,3	5,6	1,2	6,7	17,8	11,5	0	0	1,6	6,4	0,3	0	-
26	2,8	2,6	0	6,5	0,6	0	0	0	0	0	51,8	5,6	-
27	9,8	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	-
28	26,4	0	0	7	2,2	0	0	0	0	0	0	0	-
29	12,7	-	0	12,8	6	15,4	0	0	0	0	27,2	8,9	-
30	0	-	0	0	36,6	0	0	0	0	0	16	0	-
31	8,2	-	46,6	-	5,9	-	0	0	-	0,3	-	24,8	-
TOTAL	202,6	169,2	372,9	375,3	193	108,5	17,1	39,1	15,2	30,3	198,5	195,9	1917,6
MAXIMA	48,4	27,4	117,6	71,3	41,2	22,2	10,6	17,2	6,2	8,1	51,8	70,2	375,3
DIA	5	19	24	13	23	1	17	23	17	12	26	15	13/Abr
NDC	23	18	20	25	20	9	6	6	5	7	14	17	170

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1996

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00354000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 18 Lat: 03°53'00" Long: 54°19'19"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	18,2	6,5	2	0	0,8	8	2	0,8	0	0	0	5,6	-
2	0,3	7,9	11,1	4,6	35,5	3,1	17,2	0	0	2,3	0	3,7	-
3	0,7	5,7	3,2	0	0	0	0	0,3	0	3,8	0	0	-
4	4,2	0	6,9	0	169	11,1	0	0	0	0	0	3,8	-
5	15,2	11,9	16,5	6,9	13,2	5	0	0	0	0	0	0	-
6	10,9	16	3,4	0	52,9	0	0	0	9,2	1,2	0	0	-
7	44,8	8,3	26,4	0	4,1	0,5	0	1,2	0	18,4	17,6	0	-
8	1,3	3,1	19,1	21,1	0,6	0	0	0	0	49,8	0	0	-
9	3,2	4,7	0	26	0	0	0	0	3	0	0	1	-
10	0,5	9,2	5,4	0,6	0	0	0	0	0	6,4	0	0	-
11	0	0,9	2,4	28,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12	1,5	1	9,6	25,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13	1,2	0,4	4,7	0	0	0	0	0	1,7	0	21,7	0,6	-
14	16	15,2	14	2,1	0	0	0	0,5	0	0	46,3	11,3	-
15	3,3	15	9	0	2	0	7,1	0	0	0	0	0,5	-
16	28,6	5,1	9,8	26,5	0	0	4,9	0	0	0	2,5	0	-
17	2,9	12,5	2,9	51,5	6,4	0	0	0	0	0	0	2,6	-
18	1	16,9	0	4,2	0,4	0	0	0,7	0	0	0	0,6	-
19	0	20,7	45,1	68	0	0	0	0,3	0,5	0	0	0	-
20	53,1	0	0	0	0	0	0	1,4	14,5	0	0,6	2	-
21	0	22,9	0	9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22	6,4	0	14,7	0	0	0	0	0	0	0	19,6	0	-
23	6,8	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	-
24	32,6	3,5	0	0	1,3	0	0	0	0	0	1,9	0	-
25	0	16,9	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	-
26	0	3,4	26,8	13,4	0	0	0	0,6	0	0	3,3	0	-
27	0	0	0	0	19,7	0	0	0,5	0	0	0	1,1	-
28	0	9,6	0	0	0	0	0	0	0	0	8,6	0	-
29	0	3,8	16,9	1,1	0	0	0	1,1	6,4	0	0	0	-
30	16,8	-	0	0,9	38,3	0	17,8	6,5	0	0	0	0	-
31	34,3	-	0	-	0	-	6,1	0,2	-	0	-	21,1	-
TOTAL	303,8	221,1	253,7	290,1	344,2	27,7	57,3	14,1	35,3	81,9	124,3	53,9	1807,4
MAXIMA	53,1	22,9	45,1	68	169	11,1	17,8	6,5	14,5	49,8	46,3	21,1	344,2
DIA	20	21	19	19	4	4	30	30	20	8	14	31	04/Mai
NDC	23	24	21	16	13	5	7	12	6	6	10	12	155

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1997

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	1,5	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2	11,3	0	21,3	0,7	23,4	0	0	0	0	0	0	0	-
3	0	0,2	37,3	0,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	-
4	0,2	1,4	8,6	0,3	7,3	0	5,2	0	0	0	0	0	-
5	15,8	5,6	31,4	3	29,1	2,2	0	0	1,4	0	0	0	-
6	0,3	0	4,9	3,2	19	0	0	0	0	0	0	0	-
7	0,3	4,2	12,9	3,4	10,5	0	0	0	0	11,5	0	0	-
8	53	5,2	2	19	4,1	0	0	4,4	0	10,4	0	0	-
9	0,1	6,5	0	1,6	4,8	11,8	0	0,4	0	10	0	0	-
10	3,5	0,4	0	1,3	13,2	6	0	0	0	0	0	0	-
11	11,6	12,1	3,7	0,1	0	0,1	0	68,1	0	0	0	0	-
12	0	1,9	9,6	12,2	0,4	0	0	11,1	0	0	0	0	-
13	0	0	0,2	44,6	27,3	0	0	0	0	0	56,3	0	-
14	0	0,1	0,4	12,4	0	0	0	0,5	0	0	0	0	-
15	21,8	6	15,7	0,6	0	0	0	0,4	0	0	17,6	0	-
16	14,4	0	3,4	8,7	0	0	0,1	0	0	0	0	0	-
17	2	0	6,2	12,4	0	0	0	0,8	0	0	0	0	-
18	5,1	0	1,5	0	1	0	0	0	0	0	0	7,2	-
19	22	26,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0,6	0	1,9	-
20	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6,7	-
21	2,3	0	8,4	1,2	0	0	0	0	0	0	1,4	0	-
22	10,4	8,6	37,1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23	5,2	12,1	23,8	52,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24	4,4	0	4,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	3,5	-
25	0,5	3	0,3	7,1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	-
26	0	18,2	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27	0,8	0	54,4	0	1,2	0	0	1,2	0	0	0	4,8	-
28	5,6	0	2,5	13,4	0	0	0	0	0	0	22,8	0	-
29	6,2	-	28,7	0,3	1,8	0	2,4	0	0	0	1	0	-
30	4,8	-	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31	37,1	-	14,8	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	240,2	114,4	338,8	240,1	145,3	20,1	7,7	86,9	1,4	32,5	99,1	24,1	1350,6
MAXIMA	53	26,3	54,4	52,3	29,1	11,8	5,2	68,1	1,4	11,5	56,3	7,2	338,8
DIA	8	19	27	23	5	9	4	11	5	7	13	18	27/Mar
NDC	25	18	27	24	15	4	3	8	1	4	5	5	139

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1998

Estação: SÍTIO SÃO PEDRO Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	15	17,5	0	-
2	0	0	2,1	4,8	16,1	7,3	0	0	0	0	0	15,6	-
3	0	14,1	0,9	4,8	7,7	0	0	0	0	0	0	0	-
4	0,7	0,4	0	0	3,1	0	0	0	0	0	24,9	0	-
5	1,2	0,1	5,7	0,9	14	0,8	0	0	0	0	0	0	-
6	0,1	0,5	0	28,8	4,3	0	0	0	0	0	0	0	-
7	0	0,8	4,3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-
8	0	0	0	0	32,7	0	0	0	0	0	3,6	0	-
9	1,1	2	23,3	4,7	0	0	29,4	0	0	0	9,7	0	-
10	0,1	0	7	3,2	1,3	0	8	0	0	0	3,9	3	-
11	24	0	9,9	4,9	0	0	4,5	0	0	2,7	0	0	-
12	0	0	7,9	44,9	0	0,2	4,8	0	0	0	0	0	-
13	0,1	0	0	7	0,7	0	0	0	0	34	0	0	-
14	33,7	0	0	1	0	7,1	16,5	0,5	0	6,4	16	0	-
15	18,1	0,5	8	0	11,3	0	0,3	0,6	0	17,5	0	0	-
16	7,5	8,9	15	2,2	13,4	0	0	0	0	2,2	0	16,5	-
17	0,8	0	43,2	0,8	0,9	14,2	11	0	0	13,2	0	0	-
18	8,3	2,4	1,7	0	5,1	2,3	0,7	0	0	0	0	0	-
19	1,1	1,5	0	8,2	2,6	0	0	0	0	3,1	0	0	-
20	15,9	4,6	17	5	3,4	0	1,1	0	0	0	56,3	0	-
21	4,5	11,9	3,7	3,9	0	0	0	5	0	12,4	0	2,7	-
22	15,9	16	3,6	0	13,3	0	0	0	6,7	1	0	0	-
23	9,8	2,1	0	0	15,3	0	0	0	1,3	17,2	0	8	-
24	0,2	7,2	3,4	0	2,8	0,7	0	0	0	1,2	0	4	-
25	7,5	1,3	11	13,6	0	0	0	0	3,9	0	0,7	8,5	-
26	0,8	20,6	44,3	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0	-
27	2,9	0,9	65	2,2	0	0,5	0	0	1,6	0	0	1	-
28	1,6	2,5	11,5	0	0	12,9	0	0	0	0	85,2	0	-
29	2,6	-	1,4	0	0	0	0,8	0	0	0	16,1	27,3	-
30	0	-	16,7	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	-
31	6,9	-	0	-	0	-	0	12,9	-	0	-	0,8	-
TOTAL	165,4	98,3	306,6	140,9	150,4	46	77,1	24,5	13,5	125,9	234,2	87,4	1470,2
MAXIMA	33,7	20,6	65	44,9	32,7	14,2	29,4	12,9	6,7	34	85,2	27,3	306,6
DIA	14	26	27	12	8	17	9	31	22	13	28	29	27/Mar
NDC	24	19	22	17	20	9	10	5	4	12	11	10	163

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub_Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1993

Estação: CURUAI Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	100	56,6	10	0	0	1,6	0	0	0	0	-
2	0	0	0	3,8	9,9	0	0	0	0	0	0	0	-
3	10	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	-
4	0	4,5	0	0	63,6	0	0	0	0	0	0	0	-
5	0	0	3,7	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6	7,8	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	-
7	29,9	9,9	0	0	0	0	4	10	0	0	9	0	-
8	0	0	0	7	0,5	0	0	0	0	0	0	0	-
9	36,6	0	2	67,7	0	20	0	0	0	0	0	0	-
10	0	54,5	0	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	-
11	0	0	0	6	0	0	4,5	0	0	0	0	0	-
12	1,3	66,8	0	5,3	0	0	0,3	0	0	0	15,2	0	-
13	0	0	62,3	10	0	13,5	0	0	0	17,8	0	6,6	-
14	0	0	0	1,4	6,6	0	0	0	0	0	0	0,6	-
15	0	0	0	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
16	0	10	21,1	0	10	0	26	37,1	0	0	63,9	0	-
17	50	0	44,1	0	0	0	35,5	0	0	0	0	0	-
18	0	0	0	0,9	0	0	50	0	0	8,7	0	0	-
19	0	80	0	0,3	0	10	30	7,7	0	0	0	0	-
20	0	0	0	0	40,9	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	0	0	1,1	30	0	0	0	0	0	0	0	-
22	0	0	20	81,7	1,5	0	0	0	0	0,5	0	0	-
23	0	12,7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	-
24	0	0	0	10,9	0	2,5	10	0	0	0	10,5	0	-
25	5,5	0	30,5	10	0	19,8	8,5	0	0	0	22,7	0	-
26	0	3	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	-
27	0,4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	-
28	0	30	10	86,6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29	0	-	9,9	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	-
30	0	-	5,1	6	0	0	0	0	0	8	25,5	0	-
31	58,7	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	200,2	271,4	318,7	370,7	250,6	68,3	172,8	56,4	0	35	146,8	11,7	1902,6
MAXIMA	58,7	80	100	86,6	70	20	50	37,1	0	17,8	63,9	6,6	100
DIA	31	19	1	28	3	9	18	16	1	13	16	13	01/Mar
NDC	9	9	12	18	12	6	11	4	0	4	6	3	94

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1994

Estação: CURUAI Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	0	0	0	9,9	9,2	0	0	0	0	0	-
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3	191,4	50	20,5	17,1	0	0	0	7,8	0	0	0	0	-
4	68	120	0	4,4	7,8	0	0	2,8	0	39,5	0	0,3	-
5	0	30	0	22,2	0	0	207,7	0	0	11	0	1,1	-
6	0	10	30	1,8	0	0	0,7	0	20	0	0	0	-
7	0	0,5	50	12,4	24	31,1	5,5	31,2	0	9	0	0	-
8	0	8	0	6,6	0	0	12,7	0	0	0	1,8	1,5	-
9	0		0	154,4	0	19,5	0	0	0	0	0	0	-
10	7		18	0	0	11,5	0	0	0	65,5	0	0	-
11	0	118,1	0	0	0	0	33,9	0	6	0	0	0	-
12	0	40	50	0	22,2	0	0	17,2	0	0	0	0	-
13	0	0	30,3	8,6	0	0	53	0	0	0	0	0	-
14	0	0	30	9,2	0	0	10	0	0	0	0	0	-
15	91,1	58	0	8,2	8,6	0	14	0	0	0	0	16,1	-
16	0	0	50,3	0	0	0	0	7,2	0	12,4	0	0	-
17	0	10	0	5,4	0	0	31,8	9,5	0	0	0	0	-
18	9,9	0	20	3,2	88,5	0	0	0	0	0	0	0	-
19	21,9	0	0	0	2,3	2	0	0	0	0	0	0	-
20	0	0	10,3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	-
21	0	70,3	16,5	0	27	0	0	0	0	0	19,5	0	-
22	40	0,3	24,5	18,6	0	0	0	0	8	0	0	69,5	-
23	20	0	77,5	0	0	0	0	18,2	0	0	0	21,8	-
24	50,3	30,3	0	0	30	5,6	0	8,8	0	0	0	0	-
25	0	0	32,7	13,2	16,5	9,9	2,7	0	0	0	37,7	0	-
26	0	10,5	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27	0	0	10,5	0	37	0	0	0	0	0	0	30,3	-
28	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	43	0	-
29	0,1	-	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	-
30	0	-	4,3	0	0	0	0	0	0	0	51	0	-
31	0	-	9,8	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	499,7		510,9	285,3	265,9	92,5	381,2	102,7	34	137,4	153	140,6	
MAXIMA	191,4		77,5	154,4	88,5	31,1	207,7	31,2	20	65,5	51	69,5	
DIA	3		23	9	18	7	5	7	6	10	30	22	-
NDC	10	-	19	14	11	8	11	8	3	5	5	7	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1995

Estação: CURUAÍ Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	52,8	2,4	0	2,6	30	19,7	0	0	0	0	0	0	-
2	7,7	35,7	0	0	17,8	38,8	0	0	0	0	25,8	0	-
3	2,8	8,8	0	41,4	-AC-	41,7	0	0	0	0	0	0	-
4	56,7	0	0	0	159,9	5	6,1	0	0	0	0	0	-
5	0	0	0	33,8	0,5	9,3	0	0	0	0	0	0	-
6	31,1	0	5,5	0	0	39,5	0	0	0	0	0	0	-
7	19,9	0	0	9,5	0	17,8	0	0	0	0	0	0	-
8	21,4	6	0	4,3	45,7	0	9,4	0	0	0	0	0	-
9	-AC-	11,8	0	-AC-	60,7	0	5	0	0	0	0	0	-
10	118,2	0	9,9	47,8	60,8	0	6	0	0	0	0	25,8	-
11	0	0,6	0	2	0,8	0	7	0	0	0	0	0	-
12	0	0	0	4,5	0	0	32	0	0	0	0	0	-
13	7,8	0	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14	29,4	0	0	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15	3,8	11,4	115,8	10	0	0	2	0	0	0	0	1,7	-
16	0	54,4	0	112,2	59,5	4,4	0	0	0	0	0	0	-
17	-AC-	9	54,8	0	60,1	0	0	0	0	0	11,8	0	-
18	37,8	10	0	0	29,2	0	13	0	0	0	0	0	-
19	0	33,9	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	-
20	19,9	30	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	50,9	0	0	81,1	7,7	0	0	28,1	0	0	0	-
22	0	40,1	0	12	1,3	0	3	0	0	0	0	0	-
23	10,8	0,7	0	-AC-	11,7	0	0	1,5	0	0	4,7	0	-
24	0	5	44,3	-AC-	13,6	0	0	0	0	0	0	31,8	-
25	36,7	0	0,1	132,8	2,2	31,8	0	0	0	0	0	21,2	-
26	21,9	0	60	12	4,4	0	0	0	0	0	4,5	0	-
27	0	0	4,3	21,1	3,4	0	0	0	0	0	0	0	-
28	3,3	0	0	30,1	3,5	39,9	0	0	0	0	0	0	-
29	-AC-	-	0	10,8	19,9	0	0	0	0	0	65,8	49	-
30	50,9	-	0	0	23,4	15	0	0	0	0	0	0	-
31	0	-	42	-	14,4	-	0	0	-	14	-	8	-
TOTAL		310,7	351,1			270,6	83,5	1,5	28,1	14	112,6	137,5	
MAXIMA		54,4	115,8			41,7	32	1,5	28,1	14	65,8	49	
DIA		16	15			3	12	23	21	31	29	29	-
NDC	-	16	10	-	-	12	9	1	1	1	5	6	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1996

Estação: CURUAÍ Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	0	0	0	-AC-	0	45	0	0	0	-AC-	-
2	0	0	37	0	0	7,5	30,2	0	0	0	0	35,4	-
3	0	0	22,6	0	0	-AC-	59	0	0	0	0	0	-
4	0	0	-AC-	0	0	-AC-	23,7	0	0	0	0	0	-
5	0	0	-AC-	23,8	0	69	0	0	0	0	0	0	-
6	58,1	10	-AC-	0	22,9	-AC-	0	0	0	0	0	0	-
7	79	0	151,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8	0	0	1,7	0	23,3	0	0	0	0	0	0	0	-
9	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10	18	129,9	19,8	0	12,2	61,7	0	0	0	0	0	0	-
11	0	0	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12	0	0	-AC-	0	0	0	10,3	0	0	0	0	0	-
13	0	0	125,4	103,8	42,7	0	0	0	0	0	0	0	-
14	0	43,8	0	152,2	68	0	0	0	0	0	0	0	-
15	0	60	63,5	0	-AC-	0	0	0	0	0	15,6	0	-
16	0	19	-AC-	0	83	37,1	42	0	0	0	-AC-	0	-
17	39,4	36,1	139,1	0	0	0	0	0	0	12,2	-AC-	0	-
18	42	-AC-	0	10	31,7	0	0	0	0	0	108,6	0	-
19	0	48	0	0	0	6,2	0	28	0	0	0	0	-
20	68	11,7	0	0	0	16	0	0	12,2	0	0	0	-
21	0	11,7	10,7	0	0	0	30,3	0	0	0	2,9	0	-
22	0	0	66,6	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	52,2	-
23	5,9	0	0	-AC-	0	1,3	0	0	0	0	-AC-	0	-
24	0	0	0	73,1	0	2	-AC-	0	0	0	37	0	-
25	0	-AC-	30	50	0	0,1	-AC-	0	0	0	0	0	-
26	0	17,1	-AC-	-AC-	0	0	188	0	0	0	0	0	-
27	0	0	77	-AC-	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	-
28	72,1	0	0	-AC-	-AC-	0	0	0	0	0	5,2	0	-
29	0	0	0	168,8	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	-
30	9	-	44,5	20	117,5	0	0	52,1	0	0	0	0	-
31	5	-	18,3	-	33,5	-	20,1	0	-	0	-	0	-
TOTAL	396,5							125,1	12,2	12,2			
MAXIMA	79							52,1	12,2	12,2			
DIA	7							30	20	17			-
NDC	10	-	-	-	-	-	-	3	1	1	-	-	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1997

Estação: CURUAÍ Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	0	0	28	0	0	0					-
2	0	0	0	0	2,6	0	0	0					-
3	37	0	16,4	0	0	0	19	0					-
4	0	3,5	6,8	0	0	18	0	0					-
5	77,7	9,7	-AC-	0	0	0,9	0	0					-
6	0	0	73	0	30	0	0	0					-
7	0,6	3,7	61,8	0	-AC-	0	0	0					-
8	-AC-	14,2	-AC-	0	-AC-	0	0	0					-
9	30,2	30	32,2	0	-AC-	0	0	14,4					-
10	0	9	0	0	119	0	0	0					-
11	0	38	-AC-	-AC-	-AC-	0	0	0					-
12	10	0	150	320	12,2	0	0	0					-
13	0	-AC-	19	0	23,3	0	0	54,5					-
14	0	58	22,2	0	0	4,2	0	0					-
15	45,5	22,2	54,4	0	58,8	0	0	0					-
16	0	0	-AC-	0	0	0	18,6	0					-
17	0	0	-AC-	0	0	0	0	0					-
18	83,6	0	151,1	0	0	0	0	0					-
19	0	11,9	0	14,4	0	0	0	0					-
20	0	0	7,2	0	22,2	0	8,6	0					-
21	27,7	0	2,5	0	0	0	0	0					-
22	-AC-	33,5	-AC-	0	0	2,5	10,4	0					-
23	-AC-	-AC-	31,1	0	71,5	14,4	0	0					-
24	192,5	31,3	41,6	0	0	12,2	0	0					-
25	0	0	0	0	0	0	0	0					-
26	0	3,2	0	0	-AC-	0	0	0					-
27	22	0	4	0	-AC-	0	0	0					-
28	172,7	0	9,6	45,4	137	0	0	0					-
29	0	-	0	0	0	0	0	0					-
30	0	-	0	2,9	0	0	0	0					-
31	0	-	0	-	0	-	0	0	-		-		-
TOTAL						52,2	56,6	68,9					
MAXIMA						18	19	54,5					
DIA						4	3	13					-
NDC	-	-	-	-	-	6	4	2	-	-	-	-	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N^o de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1998

Estação: CURUAÍ Código: 00255000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°16'06" Long: 55°28'28"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1		2,6	1,8	0	8,7	9,1	0	1,7	0	0	0	0	-
2		0	14,2	0,9	0,2	0	0	9	0	0	0	11,1	-
3		0	0	1,5	0	0	7,3	0	0	0	15	0	-
4		0	5,3	21,3	15,7	0	8,6	0	0	0	0	0	-
5		12	1,9	34,3	23,2	2,2	0	0	0	0	0	0	-
6		0	0	0	10,7	0	0	0	0	0	0	0	-
7		0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	-
8		0	21,8	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	-
9		0	72,3	0	25,8	0	0	0	0	0	2,5	0	-
10		0	20	0	4,3	0	3,2	0	0	0	0	0	-
11		0	0,8	22,3	0	0	39,7	0	0	0	0	0	-
12		0	0	31,1	0	13,2	0	0	0	1,1	0	0	-
13		0	0	2,3	0	1,7	0	0	0	33,2	0	0	-
14		2,9	0	0	7,3	11,7	0	0	0	0	0	0	-
15		0	78,1	0	1,2	19,3	0	0	0	2,8	0	0	-
16		0	109,6	0	32,6	4,3	0	0	35,3	13,2	0	0	-
17		0	8,4	6,4	5,8	2,5	0	0	0	0	0	0	-
18		0	24,6	0,4	15,7	3,5	1,5	0	0	0	0	0	-
19		0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	-
20		0	36,6	20,2	0	0	1,4	0	0	0	0	0	-
21		12,4	0	12,9	7	1	0	0	0	0	0	0	-
22		22,4	3,9	17,9	15,2	2,1	0	0	0	0	0	0	-
23		3,2	0	0	24,9	0	0	0	0	0	0	4,5	-
24		4,4	0	0	13,6	39	0	0	0	0	0	0	-
25		0	5,5	0	0	19	0	0	0	0	0	24,1	-
26		25,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27		0	23,2	4,1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28		9,1	0	1	0	35	23	0	0	0	81	2,9	-
29		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30		-	2	8,8	11,9	0	0	1,9	0	0	0	0	-
31		-	0	-	0	-	2,7	0	-	0	-	0	-
TOTAL		94,2	430	185,4	232,8	163,6	88	12,6	35,3	50,3	100,3	42,6	
MAXIMA		25,2	109,6	34,3	32,6	39	39,7	9	35,3	33,2	81	24,1	
DIA		26	16	5	16	24	11	2	16	13	28	25	-
NDC	-	9	17	15	18	14	9	3	1	4	4	4	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N^o de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1993

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0,6	30	11	0	0	0		0	0	0	13,2	-
2	0	29,7	5,3	0	7,7	0	0	4	0	0	0	0	-
3	0	7,1	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	6,9	0	-
4	38,4	0	39,6	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5	0	0	14,1	13,3	0	0	0	0	0	0	3,2	0	-
6	0	0	0	0	0	0	-AC-	0	15,4	0	0	0	-
7	14,2	0	0	12,7	4,2	9	-AC-	0	0	0	0,2	0,3	-
8	0,6	5,4	53,4	31,8	0	0	22,7	0	0	0,8	0	0	-
9	0	5	20,4	0	0	0	0	7,6	0	0	1	0	-
10	0	10	13,3	9,1	0	0	0	0	0	0	1	0	-
11	1,5	1,3	37,1	0	0	3,4	0	0	41,8	0	0	0	-
12	0	23,1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	-
13	23,2	0	21,5	23,5	20,2	0	0	0	0	0	0	0	-
14	0	0	2,8	0	0	0	0	6,4	0	0	6,6	0	-
15	0	0,5	0	14,6	0	0	0	0	0	0	1,4	0	-
16	0	0	16,4	25,4	0	0	66,2	0	4,2	0	0	0,2	-
17	0	51	51	24,5	2	2	4,3	0	0	1,4	0	3,8	-
18	24,6	24,7	5,4	11,7	0,8	0	0	0	0	0	6,8	0	-
19	7,1	2,1	51	5,2	33,5	0	0	4,5	0	3,4	0	0	-
20	0,5	0	41,1	19,4	2,4	0	0	0	0	0	1,5	1	-
21	5,7	1,5	0	0	1,8	0	62,1	0	0	0	1,5	7,6	-
22	0	0	11,8	0	1	0	0	0	0	0	0	0,3	-
23	0	0,2	10,4	20,6	0,6	15	0	0	0	0	0	0,7	-
24	0,8	0	3,9	3,6	0,8	0	0	0	0	0	0	2,3	-
25	19,5	60,8	8,6	14,7	0	0	0	0	0	0	0,6	22	-
26	0	51,6	0,4	20	4	0	1,9	0	0	0	0	18,4	-
27	0	0	30,9	20,5	0	0	0	5	0	0	0	1,4	-
28	23	0	0	41,2	0	0	0	0	0	0	0	3,8	-
29	0	-	83,8	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0,8	-
30	0	-	4,3	10	0	0	0	0	0	0	0	20	-
31	0	-	17,2	-	0	-	0	0	-	0	-	23	-
TOTAL	159,1	274,6	583,1	355,3	79	29,4			61,4	6,1	30,7	119,3	
MAXIMA	38,4	60,8	83,8	41,2	33,5	15			41,8	3,4	6,9	23	
DIA	4	25	29	28	19	23			11	19	3	31	-
NDC	12	16	26	21	12	4	-	-	3	4	11	17	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1994

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	5,3	5	0	10	10	0	0	0	0	9,8	0	2,8	-
2	8,5	20	16,8	8	8,2	0	0	0	0	1,2	0	0	-
3	44,5	64	0	12,6	0	0	0	15	0	0	0	0	-
4	20	0	20,2	31	0	3,8	3	32,2	0	0	0	0	-
5	3	0	0	13,4	8,6	0	0	0	0	0	0	3	-
6	6,5	0	52	0	16,6	0	5,9	0	0	20,4	0	0	-
7	23,4	64	0,5	12,6	15	11,8	0,2	0	16	0	0	0	-
8	0	4,6	2,8	0	17	0	7,2	0	0	8,4	0	0	-
9	0	40	2,4	10	0	4,4	0	0	0	0	0	0	-
10	2,6	0,6	35	0,6	0	0	0,3	15	0	38,2	0	0	-
11	0	14,4	1	4	0,4	0	0	5,6	0	0	0	0	-
12	14	10	4,9	13,6	20	0	0	0	0	0	0	4,1	-
13	0	12	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14	3,8	15	4,6	8,2	1,8	0	0	0	0	0,2	0	6,2	-
15	0	5,4	0	15	0	0	16	0	0	0	0	0	-
16	4,2	37	16,4	7,6	4,2	0	0	31,6	0	0	0	0	-
17	3	45	0	4,8	0,3	13,5	0	0	0,4	34	0	0	-
18	0,3	0	1	20	14,6	0	0	0,3	0	2	0	0	-
19	0	0	0	7,4	0	1	5	0	0	0	0	0	-
20	65,2	22	40	0,7	25	0	6	5,6	0	0	0	0	-
21	0	0,9	0	3	3	0	0	0	0	0	7,6	0	-
22	5,4	12	13,6	9	7,8	13	0	0	0	0	0,2	0	-
23	12,6	0	4,6	12	0	0	0	0,5	0	0	0	0	-
24	9,2	1	0	8	6,2	49	0	0	0	0	13,9	0	-
25	7	0	26	10	0,4	0	0	0	0	0	10	0	-
26	5,2	2,6	1	2,8	0	0	0	0,6	0	0	34	0	-
27	5,6	5,6	0	0	2,4	18,2	0	0	0	0	0	0	-
28	3,6	0	0	0	49,4	0	0	0	0	0	0	0	-
29	0	-	0	9,2	4	0	3	0	0	0	37	0	-
30	10	-	0	16,4	8	10	0	4,6	90,8	0	2,8	0	-
31	11,6	-	34,2	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	274,5	381,1	277	259,9	222,9	124,7	46,6	111	107,2	114,2	105,5	16,1	
MAXIMA	65,2	64	52	31	49,4	49	16	32,2	90,8	38,2	37	6,2	
DIA	20	3	6	4	28	24	15	4	30	10	29	14	-
NDC	23	20	18	26	21	9	9	10	3	8	7	4	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1995

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0,4	0	19,9	0	0	1,2	0	0	0	0	0,2	0,7	-
2	15	21,4	0	53	0	0	0	0	3,5	0,2	0	0	-
3	0	0	6	14,8	132	0	0	0	0	0	0	0	-
4	3	40	0	19	0	0,8	0	0	0	0	0,3	0	-
5	17,9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,6	1,6	-
6	0,6	0	48,2	14,4	0	2,2	1,8	0	0	0	0	22	-
7	0	33	0,4	0	26,5	0	0	0	0	0	11	0	-
8	2,6	0	0	0	9,8	3,2	0	0	0	0	0	0	-
9	6,8	0	3,8	16,6	0	4,2	0	0	0	0	0	0	-
10	15,5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	-
11	0	0	0,6	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12	17	15,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13	0	0,1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14	0	2,5	47	0,6	0	1	0,2	0	0	0	0	0	-
15	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104,4	-
16	0	0	0	0	11	1,8	0	3	0	0	1	0	-
17	0	0	0	0	54,5	2,5	0	0	0	0	0	0	-
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
19	0	0	0	0	30,8	0	0	0	0	0	0	0	-
20	0	33	0	0	40	0	1,2	12	0	0	0	0	-
21	21,4	25	0	0	20	3,2	1	10	0	0	0	7,4	-
22	0	28	0	0	41,6	1,2	0	16	0	0	0	0	-
23	0	26	0	121	66	0	0	0	0	0	0	0	-
24	0	33	0	10,8	6,2	0,4	0,6	0	0	0	0	0	-
25	0	0	0	0	3	0	0,4	0	0	0	0	0	-
26	13	0	0	0	2	0,8	0	0	0	0	0	20,8	-
27	0	0	52,6	0	29	2,8	1	0	0	0	0	14,8	-
28	0,6	0	1,9	0	16,4	1,8	0	0	0	0	0	0	-
29	10	-	0	0	14,8	0	0	0	0	0	0	7,2	-
30	12	-	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31	0	-	0	-	14	-	0	0	-	0	-	22	-
TOTAL	135,8	275,7	208,2	255,8	517,6	27,1	7,2	41	3,5	0,2	13,3	200,9	1686,3
MAXIMA	21,4	40	52,6	121	132	4,2	1,8	16	3,5	0,2	11	104,4	517,6
DIA	21	4	27	23	3	9	6	22	2	2	7	15	03/Mai
NDC	14	13	11	9	17	14	8	4	1	1	6	9	107

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1996

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0,7	10,6	13,7	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	-
2	5,8	20,8	18,7	2,5	2,3	0	0	0	0	0	0	0	-
3	8,6	18,6	18,8	0	0	0	78	0	0	0	0	0	-
4	29,2	18	66,2	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	-
5	7,4	11	8,4	21,2	23,3	21,3	0	0	0	0	0	0	-
6	0	7	21,5	56,3	0	5,9	0	0,6	0	0	0	0	-
7	0	15,7	10,2	0	1,1	0	54,8	0	0	0	0	0	-
8	0,4	0	14,4	0	6,3	0	0	0	0	0	0	0	-
9	4,6	1,8	10	0	16,5	0	0	1,5	0	0	0	0,8	-
10	0,8	10,4	2,6	0	8,4	0	0	0	0	5,7	0	0	-
11	0,4	0	0	53,5	0	0	0	0	0	0	0	3,5	-
12	0	0	25,5	44,5	3,1	0	0	0	0	0	0	0	-
13	0	0	12,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14	37	14,2	3,7	0	0	0	22,5	0	0	0	2,4	0	-
15	42,2	21	31,1	11,8	0	0	12,1	1	0	0	0	0	-
16	16,8	20,8	72,2	40,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17	2,6	54,8	0	6,8	16,1	0	0	0	0	0	0	0	-
18	0	9,6	48,7	15,8	0	3,2	0	0	0	0	0	0	-
19	30	6,2	42,4	36,8	0	2,1	22	1,1	0	0	0	0	-
20	34	0	0,3	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	0	0	23,3	0	0	0	0	0	1,3	0	0	-
22	24,6	0	0	37,6	0	0	0	0	0	0	0	12,1	-
23	4,2	0	27,6	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	-
24	1	0	0,4	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25	0	46,7	0	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26	1,8	0	0	6,1	0	0	0	0	0	0	1	0	-
27	0	0	1,8	0	45,4	0	0	0	0,5	0	0	20,8	-
28	0	36,6	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	-
29	19	13,7	0	5,3	0	0	18,5	0	0	0	0	0	-
30	0,5	-	0	0	0	22	9,5	0,5	0	0	0	15,8	-
31	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	20,4	-
TOTAL	271,6	337,5	450,6	380,2	122,5	79,5	219,6	5,6	0,5	7	3,4	73,4	1951,4
MAXIMA	42,2	54,8	72,2	56,3	45,4	25	78	1,5	0,5	5,7	2,4	20,8	450,6
DIA	15	17	16	6	27	28	3	9	27	10	14	27	16/Mar
NDC	21	18	21	17	9	6	8	7	1	2	2	6	118

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1997

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	20,4	0	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2	29,1	0	19,2	0	0	5,1	0	0	0	0	0	0	-
3	0	18,4	0	0	10,6	0	13,3	1	0	0	0	0	-
4	0,8	11,7	6,5	69	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5	0	0	2	69	12,9	0	0	0	0	0	0	0	-
6	2,5	4,5	0	0	25,2	0	0	0	0	0	0	0	-
7	10,2	3,3	4,2	24	73,3	0	0	0,5	0	0	0	0	-
8	15,1	0	1,5	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	-
9	8,2	22,2	4,5	4,1	10	0	0	0	0	0	0	0	-
10	5,7	30,2	0	5,3	14	0	0	3	0	0	0	0	-
11	0	15,1	10	0	0	0	0	21,5	0	0	0	0	-
12	4,2	0	12,6	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0	-
13	0	0	10,5	35,4	0	0	0	5,9	0	0	0	0	-
14	0	1,2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-
15	0	20,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
16	0	1,6	28,1	10	0	0	0	0	0	0	10,8	0	-
17	4,6	7,7	50,3	3,2	0	0	0	0	0	0	4,3	0	-
18	0	0,9	0	10	0	0	0	0	0	0	10,4	0	-
19	4,3	0	0	1	0	0	0	0	0,8	0	0	0	-
20	3,9	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	9,5	0	-
21	16,7	22,7	10,2	14	10,5	0	0	0	0	0	0	0	-
22	6,5	1	6,4	42,2	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23	6,9	17	5,6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24	0,5	0	0,6	0,8	0	20,5	0	0	0	0	0	0	-
25	-AC-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	-
26	7	1,9	0	43,1	0	0	0	0	0	0,6	0	0	-
27	27,6	0	0	27,3	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28	9,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29	10,5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30	50,9	-	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1,2	-
31	0	-	0	-	0	-	0	7,4	-	0	-	0	-
TOTAL		179,6	177,9	365,4	157,3	27,4	13,3	41,1	0,8	0,6	50	2,9	
MAXIMA		30,2	50,3	69	73,3	20,5	13,3	21,5	0,8	0,6	15	1,7	
DIA		10	17	4	7	24	3	11	19	26	30	25	-
NDC	-	16	16	16	8	4	1	7	1	1	5	2	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1998

Estação: BARRAGEM-CONJ.4 Código: 00254005 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°48'54" Long: 54°17'17"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	5,6	0	10,5	31,3	0	0	0	0	0	12,2	-
2	0	0,5	5,8	0	9,2	10,1	0	0	0	0	0	0	-
3	0	0,8	1,6	60,5	0	7,3	7,3	0	0	0	0	0	-
4	0	10	3,2	90,6	5,2	0	0	0	0	0	0	0	-
5	4,8	0	0	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	-
6	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7	0	0	0	0	19,1	0	0	0	0	0	0	0	-
8	0	0	83,6	0	14	0	9,5	0	0	0	0	0	-
9	0	0,9	40	0	0	0	0	0	0	0	10,3	0	-
10	3,2	0,5	44,8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11	7,2	0,1	4,8	37	0	32,3	0	0	0	0	0	0	-
12	0	0	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0	0	-
13	0	0	0	0	0	0	36,8	0	0	0	0	0	-
14	0	0	0	0,8	10,7	0	0	0	0	11	0	0	-
15	0	0	0	10,7	10,1	0	0	0	0	0	0	0	-
16	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17	0	0	15,5	37,5	10,4	0	0	0	0	0	0	0	-
18	0	0	0	0	24,6	0	0	0	0	0	0	0	-
19	0	10,5	0	0	0	24,9	0	0	0	0	0	22,1	-
20	6,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21	0	11,5	2,4	5,2	0	0	21	0	0	0	0	22,4	-
22	0	0	4	6,5	37,7	0	0	0	0	0	0	0	-
23	0	0	0	0	0	0	0	0	30,5	0	0	0	-
24	0	5	0	0	0	14,4	0	0	4	0	0	0	-
25	2,2	6	4,1	16,1	0	0	0	0	0	0	0	4,5	-
26	0	0	0	0	2,7	15,2	0	0	0	0	52,8	0	-
27	0	3	0	0	0,3	2	0	0	0	0	0	0	-
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29	0	-	43,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,2	-
31	12,9	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	36,9	48,8	319,1	273,6	162,5	137,5	74,6	0	34,5	11	63,1	69,4	1231
MAXIMA	12,9	11,5	83,6	90,6	37,7	32,3	36,8	0	30,5	11	52,8	22,4	319,1
DIA	31	21	8	4	22	11	13	1	23	14	26	21	08/Mar
NDC	6	11	14	11	14	8	4	0	2	1	2	5	78

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1993

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	48,9	0	21,6	0	0	31,8	0	0	0	1	-
2	0	0	0,5	0	22,3	0	0	0	0	0	0	0	-
3	0	0,8	17,5	0	0	0	0	6,4	0	0	0	0	-
4	0	0	0	23,6	1,9	0	0	0	0	0	0	0	-
5	0	6	0	9,9	6,3	9,4	0	0	0	0,9	43,1	0	-
6	0	6	0	19,8	0	0	5,5	0	0	0	0	0	-
7	5,8	0	0	0	6,6	0	0	0	0	0	0	0	-
8	63,3	0	4,4	6,3	0	0	0	0	2	0	0	0	-
9	1,9	42,8	2	0	0	0	0	0	0	0	9,7	0	-
10	0	40,9	0	2,8	0	0	0	0	0	0	69,4	0	-
11	0	20,7	0	3,4	0	0	32	0	0	0	0	0	-
12	8	1,2	0	0	9	0	8,2	0	0	0	0	0	-
13	8	15,9	0	0,8	0	0	0	2,2	0	12,5	0	0	-
14	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	6	-
15	20,7	0	2,2	7	18,2	16	32,5	9,8	0	0	3,6	0	-
16	4,5	0	0	9,8	9,5	0	3,2	0	0	0	0,4	0	-
17	0	29,4	17,3	1,8	20,9	0	7,8	0	0	10,3	0	0	-
18	0,2	3	7,4	3,2	42	0	17,4	0,9	0	0	1,2	6,9	-
19	17,7	6,7	16	10	13	0	0	0	0	0	0	0	-
20	0	0	6,8	0	0	10,5	0	0,5	0	0	0	30,3	-
21	0	0	0,7	25,9	7,3	11,2	7,2	0	0	0	0	0,5	-
22	21,5	0	9,2	20	0	9	0	0	0	0	1	0	-
23	0	0	34,1	15,7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24	0	0	20	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	-
25	5,4	47,5	15,6	6,3	0	0	0	0	0	0	4,8	0,9	-
26	1,7	23,8	17	20	0	0	8,3	0	1,2	0	0	4,2	-
27	0	19,7	13	32,8	0	0	0	0	9,6	0	0	9	-
28	0	12,2	0	64	0	8,1	2,4	0	0	0	0	26,7	-
29	0	-	27,7	13,2	0	10	0	0	0	0	0	1,9	-
30	0	-	0	0	0	0	0	0	22,1	0	22,7	20,7	-
31	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	21	-
TOTAL	158,7	276,6	260,3	296,3	180,2	74,2	131,5	51,6	34,9	23,7	155,9	129,1	1773
MAXIMA	63,3	47,5	48,9	64	42	16	32,5	31,8	22,1	12,5	69,4	30,3	69,4
DIA	8	25	1	28	18	15	15	1	30	13	10	20	10/Nov
NDC	12	15	18	20	13	7	11	6	4	3	9	12	130

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1994

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0,5	9,2	0			3,1	10,3	0	0	0	0	0	-
2	2,7	12,5	3,2			6,3	3,9	0	0	0	0	0	-
3	19,4	16	6,3			0,7	0	6,6	0	0	0	0	-
4	4,4	1,2	0		0	0	2,2	1,8	2,1	0	0	1,9	-
5	22,7	4,6	33,3		0	28,5	3,6	2,6	7,9	0	0	0	-
6	0,1	41,1	20,3		0	0	5,8	6,6	1,7	2,3	0	0	-
7	16,8	24,1	64,9		9,6	0	4,6	0	0	0	0	0	-
8	1,2	4,7	8,4		20,1	7,8	1,9	0	6,2	0	0	0	-
9	1	1,2	0,8		32,2	2	0	0	4,4	16,1	0	0	-
10	6,9	0	39,8		2,1	18,1	41,7	10,7	0	0	0	0	-
11	0	5,3	0		0,2	11,5	21,7	1,7	0	0	0	0	-
12	1,4	7	21,7		3,7	4,5	16,8	3,5	0	0	0	1,6	-
13	6,9	64,8	9,1		0	22,4	0,7	0	0	0	0	0	-
14	17,3	61,6	8,5		0	0	7,1	2,6	0	0	0	0	-
15	0	9,7			2,5	0	0	17	0	0	0	0	-
16	33,4	21,4			0	0,2	0	7	0	0	0	0	-
17	1,7	30,7			6,2	0	0	0	0	9,8	0	0	-
18	26,9	1,8			17,1	0	0	0	0	0	0	0	-
19	6	9,5			2,9	0	0,7	0	0	0	0	0	-
20	4,1	0,2			12,6	9,9	0,4	2,9	0	0	0	0	-
21	12,4	1,2			38,5	0	0	0	0	0	0	0	-
22	90,8	13,3			2,7	0	0	0	0	0	0	0	-
23	41,4	0			1	0	0	0	0	0	1	21,6	-
24	1,2	6,7			0,3	0,1	0	0	0	0,9	0	0	-
25	13,7	0			0,1	0	0	0	0	0	4,6	8	-
26	0	5,8			0	0	0	0	0	0	0	0,3	-
27	10,8	3,2			0	19,9	0,8	2,2	0	0	3,9	0	-
28	22,2	0			0	0,7	0	0	0	0	8,4	0	-
29	1,9	-			16,6	9,4	0	0	0	0	60,5	0	-
30	4,4	-			0	18,7	0	0	0,7	0	22,1	0	-
31	54,2	-		-	0	-	0	0	-	0	-	7,8	-
TOTAL	426,4	356,8	216,3			163,8	122,2	65,2	23	29,1	100,5	41,2	
MAXIMA	90,8	64,8	64,9			28,5	41,7	17	7,9	16,1	60,5	21,6	
DIA	22	13	7			5	10	15	5	9	29	23	-
NDC	28	24	11	-	-	17	15	12	6	4	6	6	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N^o de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1995

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	1,8	0				0	0,1	0	0	1,2	0	-
2	0	5,7	0,2				0	0	15,5	0	0	0	-
3	1,6	46,3	0,2				6,4	0	0	0	0	0	-
4	7,1	0	0			0	0	0	0	0	0	0	-
5	3,7	0	0,6			58,4	0,7	0	0	0	0	0,8	-
6	4,4	0	22,2			3,2	0,1	0	0	0	0	0	-
7	33,5	0,8	0			4	0	0	0	0	0	2,4	-
8	1,8	21,8	0			0	0	12,6	0	0	0	0	-
9	76,3	7,2	0,4			0	0	0	0	0	0	0	-
10	14,5	1	9,6			0	0	0,2	0	0	0	0	-
11	0	0,1	14,2			0,8	0	0	0	0	0	0	-
12	14,7	1,4	10,4			1,6	0,3	0	0	0	0	0	-
13	0	1,2	0			0	0	0	0	0	0	0	-
14	0	1,2	1,5			0,2	0	0	0	0	0	0	-
15	11	1	0			0,5	0	0	0	0	0	58,7	-
16	0	11,2	0			0,5	0	0	0	0	0	18,3	-
17	8,9	0	5			0	0	0	0	0	0	0	-
18	6,7	39,6	82,8			0	0,1	0	0	0	1,9	0	-
19	0	13,5	0			0	0,5	0	0	0	0	0	-
20	0	45,5	0,9			0	0	0	0	0	0	0	-
21	2,9	17,9	0			9,2	0	0	0	0	0	0	-
22	0	38,5	0			19,3	0	0	5,3	0	0	4,1	-
23	2	16,8	0			38,7	4,1	8,4	0	0	0	0	-
24	0	20,1	20,5			3,6	0	0	0	12,9	0,2	0	-
25	0,7	31,4	0			0	0	0	0	0	0	3,1	-
26	0	0,8	0			0,1	10,3	0	0	0	54,4	1	-
27	0	0	45,5			0	0,1	0	0	0	0	0	-
28	50,8	0	-SO-			18,5	0	0	0	0	0	0	-
29	15,2	-	-SO-			0	0	0	0	0	4,2	2,7	-
30	15,1	-	-SO-			0	0	0	0	0	0,3	0	-
31	6,4	-	-SO-	-		-	0	0,5	-	0	-	3,5	-
TOTAL	277,3	324,8	213,2			158,4	22,6	21,8	20,8	12,9	62,2	94,6	
MAXIMA	76,3	46,3	82,8			58,4	10,3	12,6	15,5	12,9	54,4	58,7	
DIA	9	3	18			5	26	8	2	24	26	15	-
NDC	19	22	14	-	-	14	9	5	2	1	6	9	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1996

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	2,6	0	1,2	2,4	0,4	26,8	0	0	0	0	0	0	-
2	0	0	17,3	5,9	20	0	1,5	2,1	0	0	0	3,1	-
3	0	0,9	0	3,5	0,7	0	38,5	3,5	0	0	0	0	-
4	0	5,8	44,7	0	10	0	0	0,6	6,4	0	0	0	-
5	13,7	10,5	71,9	14	24,9	38,6	0	2,6	0	0	0	0,2	-
6	0,1	1,3	41,1	0	0	16,8	0	1,4	0	0	0	0	-
7	35,2	0,9	2	0,3	19,2	0	0	0	0	0	0	0	-
8	2,7	11	0	64,7	2,3	0	0	0	0	0	0	0	-
9	3,3	3,1	14,4	6,2	4,5	0	0	0,4	0	0	0	0	-
10	0,9	21	0	13,4	15,2	0	0	0	0	0	0	0	-
11	0	13,5	0	0	120,9	1,4	0	0	0	0	0	0	-
12	1,6	0	9	68,7	0	0	0,6	0	0	0	0	0	-
13	0	14,5	27,2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	-
14	0,2	2,8	0	29,5	0	0	1	0	0	0	0	0	-
15	30,8	47,8	0,8	78,6	4,1	0,2	58,4	0	0	0	0	0	-
16	17,1	8,2	10,8	54,7	0	0	8,9	0	0	0	0	0	-
17	0	14,7	56,8	17,4	31,8	0	3	0	0	0	0	0	-
18	12,2	33,1	0	65,2	0,2	0	0	2,8	0	0	0	0	-
19	2,3	31,9	7	67,4	0	1	0	0	4	0	0	0	-
20	24,9	0	0,3	2,7	7,4	7,8	0	5,4	0	0,1	0	0	-
21	0,1	0	0	72,6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22	0	2,7	79,1	7,7	0	0,3	0	0	0	0	5,1	0	-
23	116,7	0	0,2	6,8	0	3,2	2,4	3,4	0	0	0	0	-
24	0	0	0	0,4	0	0	0,8	0	0	0	7,2	0	-
25	0	19,6	23,2	15,2	0	0,2	8,4	0	0	0	0	0	-
26	0	0	56,2	27,7	0	0	0	0	0	0	0	0,1	-
27	7,6	0	0,8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28	12,9	0	10,4	0	2,7	0	0	0	0	0	15,8	0	-
29	0	0,1	0,6	4,2	4,2	0	0	0	9,8	0	0	0,1	-
30	4,3	-	6,2	0	37,8	1,3	13,3	0	0	0	0	0,2	-
31	0,3	-	13,8	-	0	-	0	3	-	0	-	0,2	-
TOTAL	289,5	243,4	495	647,2	306,3	97,6	136,8	25,2	20,2	0,1	28,2	3,9	2293,4
MAXIMA	116,7	47,8	79,1	78,6	120,9	38,6	58,4	5,4	9,8	0,1	15,8	3,1	120,9
DIA	23	15	22	15	11	5	15	20	29	20	28	2	11/Mai
NDC	20	19	23	24	17	11	11	10	3	1	4	6	149

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1997

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	5,1	0	0	3,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0	-
2	0	0,2	37,8	0	30,3	16,2	0	0	0,4	0	0	0	-
3	0	0	39,8	0	30,8	0	0,2	0	0	0	0	0	-
4	0	3,7	1,4	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	-
5	7,5	12,7	57,8	7,2	0	4,8	0	0	0,1	0	0	0	-
6	0	12,9	88,1	2,7	33,6	0,2	0	0	0	0	0	0	-
7	0	1,5	0,6	0	8,5	0	0	0	0	0	0	0	-
8	0	0,6	0	3,6	2,1	0	0	0	0	0	0	0	-
9	6,6	3,9	16,4	1,4	1,8	0	0	10,3	0	0	0	0	-
10	0,6	6,5	4,6	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11	0	2,4	7,4	0	0	0	0	25,4	0	0	0	0	-
12	0	17	33,6	1,3	12,2	0	0	21,9	0	0	0	0	-
13	18,2	1,4	0	64,8	2,5	0	0	0	0	0	0	0	-
14	0	1,8	3,7	3,4	9,5	0,5	0	0	0	0	0	0	-
15	0	2,3	29,7	1,9	0	0	12,4	0	0	0	0,8	0	-
16	0	0,1	13,9	1,2	0	0	8	0	0	0	0	0	-
17	7	0,2	18,4	5,2	0,6	0	-AC-	0	0	0	2	0	-
18	8,1	0,4	16	5,3	0,4	0	-AC-	0	0	0	0	0	-
19	59	28	1,3	0	0	0	-AC-	0	0	0	0,1	0	-
20	0	3,9	17	1,4	0	0	7,7	0	0	0	0	3,8	-
21	1	0	24,8	0	11,8	0	-AC-	0	0	0	0	0	-
22	4,4	8,2	38,4	0	0	9,1	14,3	0	0	0	0	0,4	-
23	10,6	15,6	2	15,6	0	0	0	0	0	0	1,1	0	-
24	2,3	1,1	1	19,6	11,2	0,2	0	0	0	0	0	0	-
25	91,2	0	0,4	0,6	3,7	0,3	0	0	0	0	0	0	-
26	2,3	0	0	8,3	18,7	0	0	0	0	0	0	0	-
27	17,2	0	15,4	0	6,1	0	0	0	0	0	0	0	-
28	17,8	0	7,5	1,2	0	0,2	0	0	0	0	0	0	-
29	79	-	0	19,6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	-
30	30,6	-	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31	19,6	-	0,6	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
TOTAL	388,1	124,4	477,6	169	185,3	31,5	42,4	57,6	0,5	0	4	4,2	
MAXIMA	91,2	28	88,1	64,8	33,6	16,2	14,3	25,4	0,4	0	2	3,8	
DIA	25	19	6	13	6	2	22	11	2	1	17	20	-
NDC	19	21	25	21	19	8	5	3	2	0	4	2	-

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N° de dias de chuva

M.M.E

DNAEE - CGRH : MICROSSISTEMA DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

MSDHD (Sub Sistema de Dados Diários)

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS (em milímetros) - 1998

Estação: SANTARÉM Código: 00254000 Entidade: DNAEE Altitude: 0,0000

Local.: SANTARÉM Uf: PARÁ Sb: 17 Lat: 02°25'56" Long: 54°41'41"

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1	0	0	0	0	9,4	15,7	0	0	0	0	0	0	-
2	0	1	0	13,3	11,4	0	0	0	0	0,1	0	7,3	-
3	0	3,1	1,3	0,3	19,6	10	0,4	0	0	0	0	0	-
4	0	4,6	7,2	26	49,2	24	3,5	0	0	0	0	0	-
5	0	0	0,1	32,2	7,6	1,4	0	0	0	0	0	0	-
6	0	1,4	0	0	6,6	2,9	0	0	0	0	0	0	-
7	0	0	0	2,8	0,5	2,9	3,3	0	0,1	0	0	0	-
8	0	0	28	0,2	25,2	8,1	0	0	0	0	2,6	0	-
9	0	0	29	0,3	7,8	1,2	1,2	0	0	0	9,2	0	-
10	0	0	67	0,2	16,4	0	0	0,2	0	0	0,1	0	-
11	0	0	3,8	35,2	0	0	1,6	0	0	0	0	0	-
12	0	0	0	0,2	3,4	37,4	0	0	0	0	0	0	-
13	0	0	0	0	0,7	12,4	0	0	0	0	0	0	-
14	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	-
15	0	0	0	2,8	0,5	3,1	0	0	0	0,5	0	0	-
16	0	0	13	2,2	39,9	9,8	0	0	0	0	0	0	-
17	0,4	0	75	9,7	1,3	0	0	0	23	0	0	0	-
18	0	0	41,5	1,6	16,2	19,7	9,5	0	0	0	0	0	-
19	0,6	0	1,2	0,7	9,4	0	0	0	0	0	0	0	-
20	0,2	0,5	23,3	4,1	0	18,6	12,1	0	0	0	0	0	-
21	0	4	0	4,4	17,4	0,2	0	0	0	0	0,1	21	-
22	0,8	1,8	1,5	3,2	10,1	15	0	0	0	0	0	4	-
23	0,6	0,6	1	0,1	27,1	13	0	0	0,5	0	0	2,4	-
24	0	2	0,2	0	2,8	1,1	0	0	0	0	0	0,2	-
25	2,6	0	9,3	3,8	0,4	4,5	0	0	0,3	0	0	7,5	-
26	19,3	0	9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27	0	0	2,3	5,8	6,2	35,2	0	0	0	0	0	0	-
28	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	7,8	0	0	0	0	0	0	-
29	0	-	1,1	0,7	1,1	1,3	0	0	0	0	123	0	-
30	0	-	0,1	5,3	16,4	0	0,1	0,9	0	0,1	0	0	-
31	3,4	-	0	-	0	-	4,2	0,2	-	0	-	1,8	-
TOTAL	28,1	19,2	315,4	155,5	306,8	264,3	35,9	1,3	23,9	0,7	135	44,2	1330,3
MAXIMA	19,3	4,6	75	35,2	49,2	37,4	12,1	0,9	23	0,5	123	21	315,4
DIA	26	4	17	11	4	12	20	30	17	15	29	21	17/Mar
NDC	9	10	21	24	26	23	9	3	4	3	5	7	144

OBS: □* = estimado, D = duvidoso, branco = real, AC = acumulado, SO = sem observação, RS/RC = régua seca/caída, - = não coletado NDC = N^o de dias de chuva

APÊNDICE - B

**TABELAS COM INDICAÇÃO DE QUANTIDADE DE PIXELS AMOSTRADOS,
MÉDIA EM INTENSIDADE E DESVIO PADRÃO DE CADA CLASSE
AMOSTRADA NAS IMAGENS JERS-1.**

Tabela B.1 - Quantidade de pixels amostrados, média em intensidade e desvio padrão de cada classe na imagem de 1993.

1993			
	Pixels amostrados	Média em intensidade	Desvio Padrão
Pasto 1	1898	547319,751496	347275,005097
Pasto 2	1205	549984,980070	363068,314589
Amostra 1	1369	1014701,595262	661174,251492
Amostra 2	1026	1156626,501173	716311,040286
Amostra 3	2065	1212525,638172	805229,833977
Amostra 4	416	1301993,644766	1084256,981617
Amostra 5	434	949563,275580	590753,402906
Amostra 6	981	774905,348684	479356,415091
Amostra 7	779	952690,986351	598798,209241
Amostra 8	660	872569,580498	540123,951490
Amostra 9	567	872714,839231	581556,755907
Amostra 10	1858	860673,480434	564576,928707
Amostra 11	1175	473907,789579	329396,092106
Amostra 12	2309	1112953,691470	715766,424278
Amostra 13	1091	1191438,890639	723878,624034
Flo-prim	6508	1241354,119705	819638,169185
Flo-man	1342	1231573,671668	855271,061314
Flo-queim	2731	1381984,826380	917647,264934

Tabela B.2 - Quantidade de pixels amostrados, média em intensidade e desvio padrão de cada classe na imagem de 1994.

1994			
	Pixels amostrados	Média em intensidade	Desvio Padrão
Pasto 1	1776	656503,463456	398158,599637
Pasto 2	1188	775036,912520	470790,376612
Amostra 1	1398	972382,177343	644148,838852
Amostra 2	1040	1215391,040783	774412,380303
Amostra 3	2065	1227548,422253	760960,812863
Amostra 4	416	1192104,890991	777394,810263
Amostra 5	434	984263,106495	619982,620859
Amostra 6	981	733912,502431	459811,575210
Amostra 7	665	948123,040613	575471,728535
Amostra 8	544	894104,395285	551144,908703
Amostra 9	567	1129967,114707	820189,900996
Amostra 10	1858	1075382,988095	701810,811211
Amostra 11	860	676127,145667	506535,417757
Amostra 12	2309	1199670,494412	773809,459684
Amostra 13	1066	1283274,297011	756760,956402
Flo-prim	5365	1251728,231060	820999,003999
Flo-man	1147	1207571,477373	807386,128033
Flo-queim	4550	1306922,145728	896043,780050

Tabela B.3 - Quantidade de pixels amostrados, média em intensidade e desvio padrão de cada classe na imagem de 1995.

1995			
	Pixels amostrados	Média em intensidade	Desvio Padrão
Pasto 1	1754	360696,094579	233671,646955
Pasto 2	1151	506240,052169	358031,146238
Amostra 1	1398	1011848,997563	636409,731745
Amostra 2	918	1222109,491877	811257,405948
Amostra 3	1970	1234217,863630	807794,507787
Amostra 4	348	737447,203552	458161,801186
Amostra 5	419	759792,183025	541052,700139
Amostra 6	1028	890168,171138	587787,003659
Amostra 7	712	1056644,770272	794446,467731
Amostra 8	585	1056042,657001	630027,525041
Amostra 9	490	1124984,735786	654902,920601
Amostra 10	1858	916461,435951	645910,422355
Amostra 11	1175	624226,897066	389048,236066
Amostra 12	2309	1052380,464341	665968,061330
Amostra 13	1066	1264724,499993	781124,202433
Flo-prim	5834	1217250,919329	822912,891586
Flo-man	1352	1296197,444371	842154,492047
Flo-queim	4446	1307598,665067	862790,006362

Tabela B.4 - Quantidade de pixels amostrados, média em intensidade e desvio padrão de cada classe na imagem de 1996.

1996			
	Pixels amostrados	Média em intensidade	Desvio Padrão
Pasto 1	1938	441766,654799	280673,816766
Pasto 2	1198	530647,466575	329770,272042
Amostra 1	1397	1033091,656099	699269,045532
Amostra 2	854	1323134,432903	929598,887730
Amostra 3	2093	1218043,310135	749143,378548
Amostra 4	348	717560,596231	459565,430794
Amostra 5	419	786547,249161	496776,014593
Amostra 6	1028	790703,230856	610009,409355
Amostra 7	621	1075743,861507	669935,163861
Amostra 8	601	1205517,412243	733799,721556
Amostra 9	490	1191317,600032	813758,820757
Amostra 10	1914	1109101,308757	692336,872560
Amostra 11	1175	834148,492977	508731,700007
Amostra 12	2309	1242811,467557	775957,388552
Amostra 13	1066	1362614,555124	943681,853793
Flo-prim	8533	1227963,085807	834647,541686
Flo-man	1593	1308194,184047	888388,557081
Flo-queim	3425	1345401,637048	884104,285717

Tabela B.5 - Quantidade de pixels amostrados, média em intensidade e desvio padrão de cada classe na imagem de 1997.

1997			
	Pixels amostrados	Média em intensidade	Desvio Padrão
Pasto 1	2027	423180,355937	260845,082251
Pasto 2	1298	404907,085083	248578,520888
Amostra 1	1424	1029399,927970	647091,915568
Amostra 2	918	1385554,050279	872495,932307
Amostra 3	1970	1264124,808627	852287,412753
Amostra 4	348	639095,255365	367039,468897
Amostra 5	419	664762,263276	433033,420726
Amostra 6	1028	790491,361875	549543,939111
Amostra 7	779	886472,717928	526665,513386
Amostra 8	660	1192280,663286	759430,319815
Amostra 9	490	1196944,087372	744791,834023
Amostra 10	1960	1034858,860441	673277,576124
Amostra 11	1175	828497,573348	533964,959433
Amostra 12	2309	1128209,597690	684375,898172
Amostra 13	1066	1442128,248190	941137,394605
Flo-prim	8753	1204670,818887	828652,646382
Flo-man	1207	1246395,222886	836463,957607
Flo-queim	4004	1346073,520273	921314,718234