



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

CESAR GUERREIRO DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE REFLECTÂNCIA DOS MANGUEZAIS DE
BRAGANÇA - PARÁ ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS
ESPECTROFOTOMÉTRICAS**

**BELÉM-PA
2009**

CESAR GUERREIRO DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE REFLECTÂNCIA DOS MANGUEZAIS DE
BRAGANÇA - PARÁ ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS
ESPECTROFOTOMÉTRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento as exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador (a): Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen

**BELÉM-PA
2009**

CESAR GUERREIRO DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE REFLECTÂNCIA DOS MANGUEZAIS DE
BRAGANÇA - PARÁ ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO E TÉCNICAS
ESPECTROFOTOMÉTRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento as exigências para a para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Data da Defesa: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Marcelo Cancela Lisboa Cohen – Orientador (a)
Doutor em Biologia Química
Universidade Federal do Pará

Prof. Claudio Fabian Szlafsztain
Doutor em Ciências Naturais (Geografia)
Universidade Federal do Pará

Profa. Clarisse Beltrão Smith
Mestrado em Botânica Tropical
Universidade Federal do Pará

Prof. José Souto Rosa Filho
Diretor da Faculdade de Oceanografia
Doutor em Oceanografia Biológica
Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal do Pará através da Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências, pelos conhecimentos transmitidos e por fornecerem infra-estrutura necessária ao desenvolvimento do trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica durante as etapas deste estudo.

- Agradeço imensamente a orientação do Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen, que disponibilizou total dedicação, acompanhando integralmente todas as etapas deste trabalho;
- A todos os pesquisadores envolvidos no Projeto “MUDANÇAS CLIMÁTICAS E FLUTUAÇÕES NO NÍVEL DO MAR DURANTE O HOLOCENO SUPERIOR NO NORTE DO BRASIL”, pela colaboração durante a realização do estudo;
- Ao Laboratório de Dinâmica Costeira (LADIC) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG/UFPA) pelo enorme apoio no cumprimento de todas as etapas deste trabalho;
- Por fim, a todos os amigos, sejam estes professores, alunos, funcionários, oceanógrafos ou não, que direta ou indiretamente colaboraram com esta jornada de graduação.

RESUMO

A costa brasileira possui a segunda maior área de manguezal continua do mundo, estimada em 1.38 milhões ha ao longo de aproximadamente 6.800 km (KJERFVE, 1993). Os mais exuberantes manguezais são encontrados no norte do Brasil (SZLAFSZTEIN, 2000). Entretanto, grande parte dessa área, contabilizada como manguezal, não é de fato vegetação manguezal. A dificuldade de individualização desses dois tipos de vegetação, através de imagens de satélites, de radar ou fusão de ambas, é atribuída à semelhança da resposta espectral a um mesmo nível de umidade na copa das florestas. Esse trabalho procura uma melhor individualização principalmente da vegetação de manguezal através das sutis diferenças nos níveis de reflectância obtidos a partir de imagens Landsat TM 5 processadas no programa Spring e de dados de campo dos índices de reflectância das folhas da vegetação do litoral paraense por meio de um *Spectrolino, Gretag MacBeath*. Os dados permitiram caracterizar os grupos de vegetação com base em suas refletâncias. As unidades campo herbáceo, terra firme e manguezal apresentaram valores de refletância em faixas facilmente identificáveis nas imagens de satélite. Porém, o manguezal apresentou uma clara variação nos níveis de refletância.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto. Reflectância. Manguezais.

ABSTRACT

The Brazilian coast possesses the second largest continuous mangroves area of the world, estimated in 1.38 million along approximately 6.800 km (KJERFVE, 1993). The most exuberant mangroves are found in the north of Brazil (SZLAFSZTEIN, 2000). However, great part of that area, counted as mangroves, it is not in fact mangrove vegetation. The difficulty on the individualization of those two vegetation types, through satellites images, radar or fusion of both, is attributed to the similarity of the spectral response to the same level of humidity in the canopy of the forests. This work aim a better individualization mainly of mangrove vegetation through the tenuous differences in the reflectance levels obtained from Landsat TM 5 image, processed over the Spring Software and based on field data of leaves reflectance from the Bragança coast obtained through a Spectrolino, Gretag MacBeath. The data allowed to characterize the vegetation groups based in their reflectance levels. The vegetal units, herbaceous field, terra firme and mangroves presented reflectance values easily identifiable in the satellite images. However, the mangrove unit presented a clear variation in the reflectance levels.

Key words: Remote Sensing. Reflectance. Mangroves

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Península Bragantina	14
Figura 2 – Domínios morfológicos da Planície Costeira Bragantina	18
Figura 3 – Mapa dos ambientes sedimentares da Planície Costeira Bragantina	19
Figura 4 – Estrutura foliar básica.....	28
Figura 5 – Comportamento Espectral de uma folha verde sadia.....	29
Figura 6 - Mapa de Localização dos Pontos de Coleta.	36
Figura 7 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 1.....	37
Figura 8 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 2.....	38
Figura 9 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 3.....	39
Figura 10 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 4.....	40
Figura 11 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 5.....	41
Figura 12 - Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 6.....	42
Figura 13 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 7.....	43
Figura 14 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 8.....	44
Figura 15 – Curvas espectrais de todas as vegetações amostradas.....	46
Figura 16 – Comparação entre o comportamento espectral das folhas em espécies de Manguezal.....	47
Figura 17 – Comparação entre o comportamento espectral das folhas de mangue e demais espécies coletadas.....	48
Figura 18 – Comparacao da Reflectancia Media por Bandas para os Manguezais de Alta e de Baixa Reflectancia.....	50
Figura 19 – Mapa Temático da Península Bragantina.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição topográfica das unidades de vegetação na Península de Bragança ...	16
Tabela 2 – Principais domínios morfológicos, suas unidades e área de abrangência.....	20
Tabela 3 – Principais características das unidades morfoestratigráficas.	21
Tabela 4 – Total de folhas analisadas.	45
Tabela 5 – Quantificação das Áreas individualizadas.	53

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO:	10
2 - JUSTIFICATIVA:	12
3 - OBJETIVO:	13
3.1 - METAS	13
4 - MATERIAIS E MÉTODOS:	14
4.1 - LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
4.1.1 - <i>Localização</i>	14
4.1.2 - <i>Vegetação</i>	15
4.1.3 - <i>Clima</i>	17
4.1.4 - <i>Geomorfologia</i>	17
4.2 - PROCESSAMENTO DE IMAGENS	24
4.2.1 - <i>Segmentação</i>	25
4.2.2 - <i>Classificação</i>	26
4.3 - TRABALHO DE CAMPO.....	27
4.4 - ANÁLISE ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO.....	27
4.4.1 - <i>Estudo da reflectância em folhas individuais</i>	27
4.4.2 - <i>Estudo da reflectância sobre o dossel</i>	31
4.4.3 - <i>Efeito da salinidade sobre a resposta espectral</i>	32
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 - DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	34
5.2 - ANÁLISE DA CURVA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO PARA CADA PONTO DE COLETA	37
5.2.1 - <i>Ponto 01</i>	37
5.2.2 - <i>Ponto 02</i>	38
5.2.3 - <i>Ponto 03</i>	39
5.2.4 - <i>Ponto 04</i>	40
5.2.5 - <i>Ponto 05</i>	41
5.2.6 - <i>Ponto 06</i>	42
5.2.7 - <i>Ponto 07</i>	43
5.2.8 - <i>Ponto 08</i>	44
5.3 - ANÁLISE INTEGRADA DOS TIPOS DE VEGETAÇÃO.....	45
5.4 - ANÁLISE POR UNIDADE VEGETAL	47
5.5 - COMPARAÇÃO DA RESPOSTA ESPECTRAL ENTRE AS FOLHAS DE MANGUE E DEMAIS ESPÉCIES COLETADAS	48
5.6 - DADOS ESPECTRAIS EXTRAÍDOS DA IMAGEM LANDSAT 5 – BANDAS 3, 4, 5.....	49
5.7 - MAPA TEMÁTICO E QUANTIFICAÇÃO DE CLASSES	51
6 - CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

INTRODUÇÃO:

A costa brasileira possui a segunda maior área de manguezal contínua do mundo, estimada em 1.38 milhões ha ao longo de aproximadamente 6800 km (KJERFVE, 1993). Os mais exuberantes manguezais são encontrados no norte do Brasil (SZLAFSZTEIN, 2000). Entretanto, grande parte dessa área, contabilizada como manguezal, é de fato vegetação de várzea, que é também inundada pela maré, porém, de água doce. A dificuldade na individualização desses dois tipos de vegetação, através de imagens de satélite, de radar ou fusão de ambas, é atribuída à semelhança da **resposta espectral** a um mesmo nível de umidade na copa dessas florestas.

A utilização do Sensoriamento Remoto é uma das mais eficientes técnicas para avaliação de biomassa e distribuição de manguezais (MOCHEL; POZONI, 2007). De fato, a delimitação da ocorrência de manguezais usando dados de sensores remotos não é tarefa de extrema dificuldade, considerando o contraste espectral entre esta unidade morfológica e a maioria dos outros tipos de coberturas continentais.

Entretanto, há ainda um grande problema para a identificação da composição das espécies dentro de uma mesma unidade vegetal. Esta dificuldade na separação das espécies está atrelada à mistura de padrões espectrais, resultado da coexistência de um variado número de espécies vegetais e, portanto de respostas espectrais distintas, em uma mesma unidade de área.

A vantagem na aplicação de procedimentos de identificação, em ambientes de manguezais, através de tecnologias de sensoriamento remoto, é a existência de uma menor diversidade de espécies vegetais nestes ambientes, comparativamente aos demais ambientes de florestas tropicais (MOCHEL; POZONI, op.cit).

Na península bragantina, por exemplo, ocorrerem três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) e *Laguncularia racemosa* (MATNI, 2006). Havendo a prevalência de *R. mangle* em áreas freqüentemente inundadas enquanto que *A. germinans* tendem a ocupar áreas topograficamente mais elevadas (MATNI, op.cit).

Esse trabalho procura uma melhor individualização principalmente da vegetação de manguezal e das sutis diferenças nos níveis de reflectância obtidos a partir de Imagens LANDSAT TM5 processadas com o programa Spring e de dados de campo dos índices de reflectância das folhas da vegetação do litoral paraense por meio de um espectrofotômetro Spectrolino, Gretag MacBeath.

Os resultados desse estudo permitirão uma melhor localização e quantificação das áreas de manguezais. Portanto, ajudará nas pesquisas em andamento sobre a atual dinâmica dos manguezais diante do aumento do nível do mar, assim como, aos estudos voltados para a reconstrução paleoambiental do litoral paraense.

1 - JUSTIFICATIVA:

Aprimorar a individualização das unidades de vegetação, assim como das espécies vegetais que colonizam os manguezais paraenses, possibilitando também uma melhor localização e quantificação das áreas de manguezais.

Em uma escala mais ampla, estudos desta natureza são importantes por permitirem uma análise comparativa das áreas de vegetações alagáveis ao redor do planeta buscando uma melhor compreensão de sua dinâmica e comprovação das respostas desses ecossistemas ao vigente cenário global de aumento de nível do mar.

2 - OBJETIVO:

Identificação de vegetação litorânea por meio das características espectrais de cada unidade vegetal.

2.1 - METAS

- a) Georeferenciamento e composição colorida das imagens de satélite;
- b) Identificação das faixas de reflectância das vegetações a partir de imagens de satélite;
- c) Obtenção em campo dos índices de reflectância das folhas das vegetações;
- d) Gerar um banco de dados com o perfil espectral de cada unidade vegetal identificada;
- e) Estabelecer comparação entre os resultados obtidos por meio da espectrofotometria e do processamento digital das imagens;
- f) Quantificar espacialmente as unidades de vegetação individualizadas;
- g) Elaboração de um mapa de cobertura vegetal baseado no estudo comparativo entre os índices de reflectância das vegetações.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1 - LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 - Localização

A área de estudo compreende parte da costa paraense, mais precisamente a Península Bragantina, nordeste do estado do Pará e está posicionada entre 47° - $46^{\circ} 45' W$ e 1° - $1^{\circ} 15' S$ (Figura 1). Esta área é coberta pela imagem órbita/ponto 222/61 do sensor TM do satélite Landsat 5

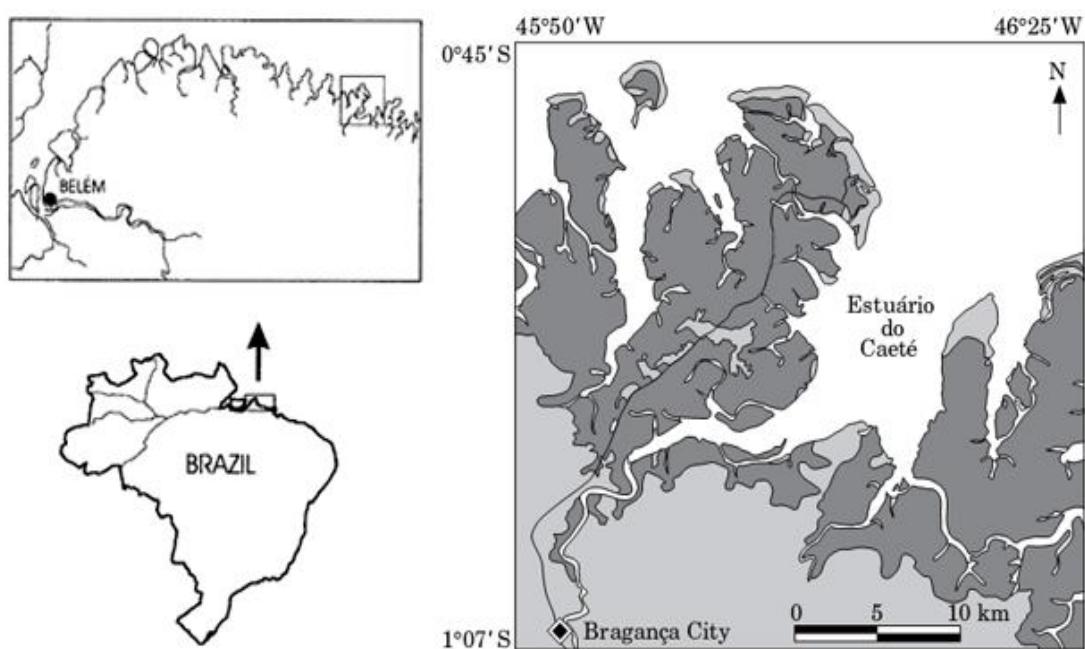


Figura 1 - Localização da Península Bragantina

Fonte: Modificado de DITTMAR ; LARA, 2000

3.1.2 - Vegetação

As penínsulas paraenses são colonizadas principalmente por manguezais com árvores de até 30 m de altura que se encontram sobre a planície costeira e limitada por paleo-falésias de 1 - 2 m de altura esculpida no planalto costeiro (COHEN, 2003; SOUZA FILHO, 1996).

Ao norte os manguezais são limitados por dunas onde atualmente estão ocorrendo os processos marinhos (SOUZA FILHO, op.cit.). A tabela 1 mostra as distribuições topográficas das unidades de vegetação na Península de Bragança.

A vegetação da Península encontra-se representada pela floresta costeira Amazônica (>3 m acima do nível médio do mar), restinga (~3 m acima do nível médio do mar, próximo ao litoral), planície herbácea (entre 3 e 2,4 m) e manguezais que se encontram topograficamente distribuídos entre as cotas de 2,4 m, limitados pela planície herbácea, e 1 m acima do nível médio do mar, limitado por sedimentos mais arenosos da zona de intermaré (COHEN et al., 2005).

Na península bragantina ocorrerem três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) e *Laguncularia racemosa* (MATNI, 2006).

Rhizophora mangle é espécie mais abundante na região. *Avicennia germinans* a segunda mais abundante ocorrendo principalmente em áreas mais altas. *Laguncularia racemosa* é a espécie menos freqüente, aparecendo principalmente em áreas de recolonização (clareiras e áreas degradadas) (MATNI, op.cit.).

A distribuição das espécies de mangue está relacionada à freqüência de inundação (LUGO, 1974). *R. mangle* desenvolve-se melhor em áreas de freqüente inundação, enquanto *A. germinans* é capaz de sobreviver em áreas pouco inundadas (TOMLINSON, 1986).

Matni (2006) constatou que, há de fato, na Região Bragantina a prevalência de *R. mangle* em áreas freqüentemente inundadas enquanto *A. germinans* tendem a ocupar áreas topograficamente mais elevadas.

Tabela 1 - Distribuição topográfica das unidades de vegetação na Península de Bragança

Unidade de Vegetação	Vegetação	Área (Km²)	Topografia e Maré (elevação acima do nível médio do mar – m)	Sedimento
Floresta Costeira Amazônica	<i>Coccoloba latifolia</i> , <i>Himatanthus articulata</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Protium heptaphyllum</i> , <i>Ouratea castanaefolia</i> , <i>Ouratea microdonta</i> , <i>Tapirira guianensis</i> , <i>Myrcia fallax</i> , <i>Myrcia sylvatica</i> , <i>Eugenia patrisii</i> .	1	>3.0 (nunca inundado pela maré)	Areia
Restinga	<i>Chrysobalanus icaco</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Byrsonima crassifolia</i> .	2	>3.0 (próximo ao litoral)	Areia
Planície Herbácea	<i>Sporobolus virginicus</i> (Poaceae) e a <i>Eleocharis geniculata</i> (Cyperaceae)	7	2.4-3.0 (supra-maré)	Lama-Areia
Manguezal degradado	Raízes e troncos mortos de <i>Avicennia</i> e <i>Rhizophora</i>	3	2.2 – 2.5 (Inundado apenas pelas marés de sizígea)	Lama
Manguezal	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> .	168	1.0 – 2.4 (entre o nível do mar médio e a média da maré alta de sizígea)	Lama

Fonte: (COHEN *et al.*, 2005a)

3.1.3 - Clima

O clima local é do tipo Am (Tropical Úmido e Monções), que segundo a classificação de KÖPPEN é caracterizado por ser quente e úmido (clima equatorial amazônico), com pequena amplitude térmica mensal (em torno de 3°C), oscilando entre 25°C a 28°C. Portanto, a região caracteriza-se por um clima tropical quente e úmido. Um período mais seco com menos chuva ocorre de junho a novembro. As estações meteorológicas costeiras de Belém apresentam a temperatura média mensal máxima de 26.5°C (novembro) e a mínima de 25,4°C (março). A precipitação anual média registrada é 2.277 mm em Belém e 3.216 mm em Soure, Ilha do Marajó (FISCH, 1998).

3.1.4 - Geomorfologia

Toda a linha costeira do norte do Brasil é dominada por macromarés com feições geomorfológicas características, com extensos depósitos de planície de maré (manguezais), com estuários, baixios, pântanos salinos, chêniers, dunas, praias e leques de lavagens associados (SOUZA FILHO, 1996).

Uma das características marcante da linha de costa paraense e maranhense é que estas apresentam penínsulas recortadas por canais de maré, dominadas por macro marés (~4 m) com correntes que atingem até 1,5 ms⁻¹ durante a maré de sizígia (COHEN, 1999).

O termo Planície Costeira Bragantina (NE do Pará) designa a faixa costeira do Município de Bragança, que se estende da Ponta do Maiaú até a foz do Rio Caeté, perfazendo uma área de 1.570 km e cerca 40 km de linha de costa (SOUZA FILHO, OP.CIT).

Souza Filho (1995) compartimentou a Planície Costeira Bragantina segundo sua forma, natureza dos sedimentos, estratigrafia e vegetação dominante em três diferentes domínios morfológicos: Planície Costeira, Planície Aluvial e Planície Estuarina (Figura 2).

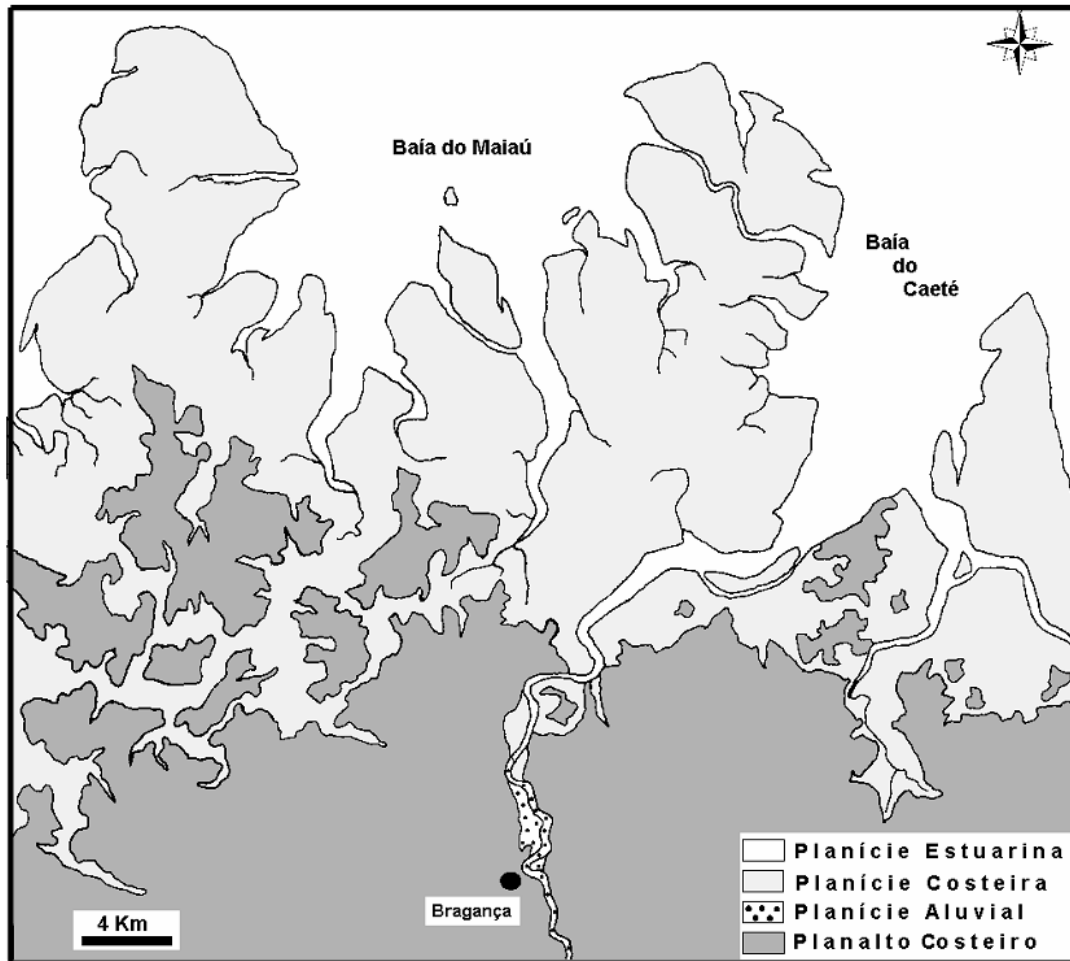


Figura 2 – Domínios morfológicos da Planície Costeira Bragantina
 Fonte: (SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 1996)

Ainda no referido trabalho, Souza Filho (1995) definiu onze unidades morfoestratigráficas e cinco fácies estratigráficas na Planície Costeira Bragantina. As distribuições espaciais e as principais características destas unidades estão dispostas respectivamente na Figura 3 e nas Tabelas 2 e 3.

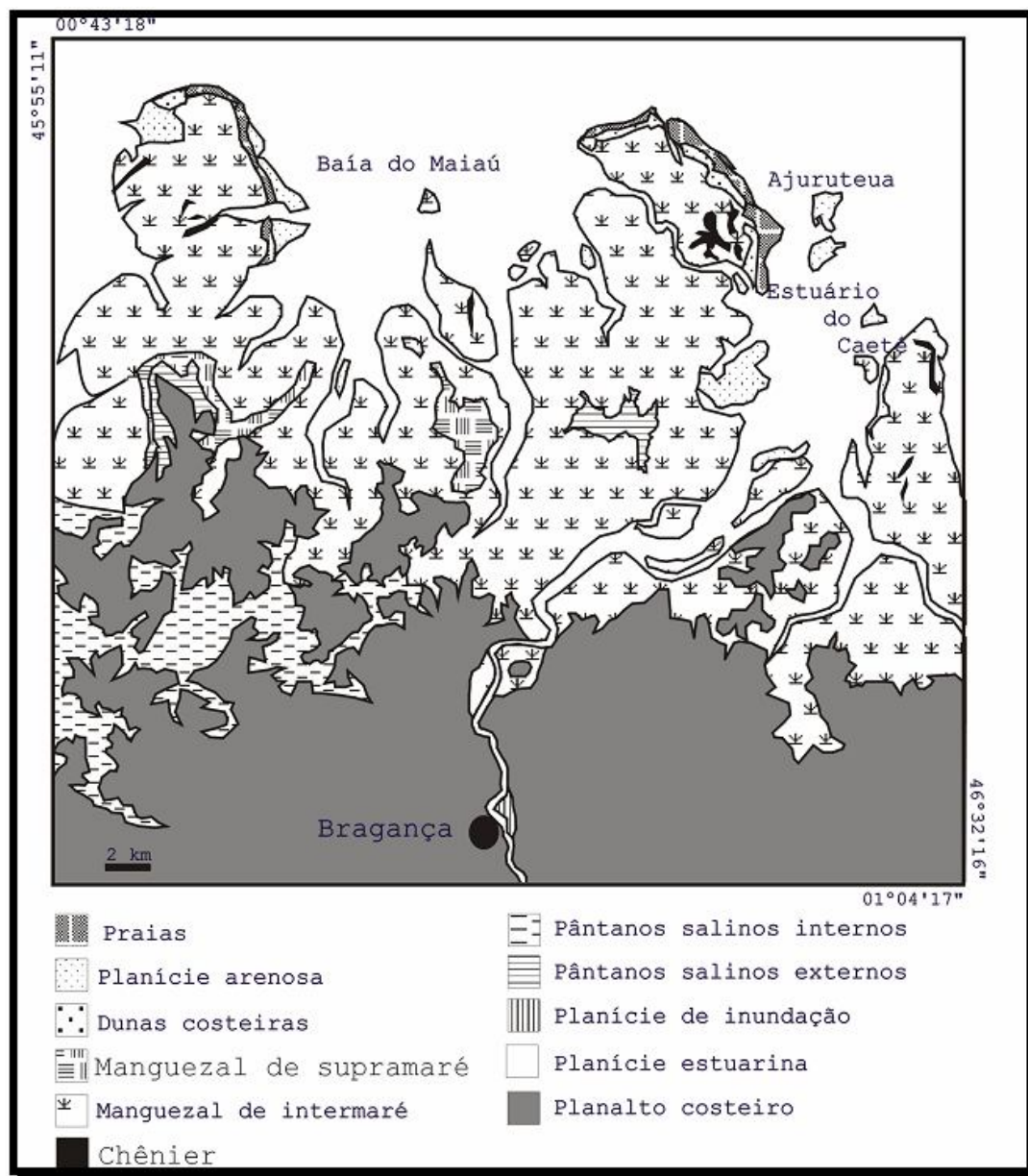


Figura 3 – Mapa dos ambientes sedimentares da Planície Costeira Bragançina

Fonte: SOUZA FILHO, 1996.

Domínios Morfológicos	Unidades Morfológicas	Área (Km2)	Área %
Planalto Costeiro	-----	493	
Planície Aluvial	Canal Meandrante	3,1	0,25
	Planície de Inundação		
	Diques Marginais		
Planície Estuarina	Canal Estuarino (funil estuarino, segmento retilíneo, segmento meandrante, canal de curso superior)	462	42,70
	Córregos de maré		
	Planície de inundação		
Planície Costeira	Pântano Salino (Interno e externo)	82,7	7,70
	Manguezal (Supramaré e Inter-maré)	471	43,61
	Chenier	5,5	0,50
	Planície Arenosa	49	4,53
	Dunas Costeiras	6,4	0,60
	Praia	-----	-----

Tabela 1 – Principais domínios morfológicos, suas unidades e área de abrangência.

Fonte: SOUZA FILHO, 1996.

Unidades Morfoestratigráficas	Características dos Sedimentos	Morfologia	Tempo de Inundação	Vegetação
Planície de Inundação	Lama cinza oliva claro rica em fragmentos orgânicos e fitoturbações	Áreas planas limitadas por levees e pelo planalto costeiro	Somente durante os períodos de grandes cheias	Herbácea (Aleucharías sp.)
Levee	Areia lamosa cinza oliva claro, fitoturbada e rica em fragmentos orgânicos	Diques vegetados ao longo do canal fluvial	Somente durante os períodos de grandes cheias	Mangue sp. Aleucharías sp
Barra de Canal	Areias fina a média de cor amarelo pálido, com marcas onduladas	Barras arenosas longitudinais de meio de canal e barras arenosas em pontal	Constantemente inundados	_____
Manguezal de Supramaré	Lama superficial oxidada, cinza acastanhada, fitoturbada com marcas e fragmentos orgânicos. Seguida de lama cinza médio, intercalada com fragmentos de matéria orgânica	Planície de supramaré, colonizada por mangue de pequeno porte	Inundação irregular durante as marés de sizígia mais altas (5-6m)	Mangue
Pântano Salino	Camada superficial rica em fragmentos orgânicos pretos acastanhados escuros, seguida de lama oxidada de cor marrom amarelada e por lama cinza médio, maciça, com areias formando acamamento lenticular	Planície de supramaré encaixada em uma paleo rede de drenagem colmatada, limitada pelo planalto costeiro e recortada por córregos de marés	Inundação irregular durante as marés de sizígia mais altas (5-6m) e durante todo o período chuvoso	Herbácea (Aleucharías sp.)
Manguezal de Inter-maré	Lama superficial oxidada, cinza acastanhada, seguida de lama cinza médio, sem estruturação aparente, fitoturbada com marcas e fragmentos orgânicos	Planície de inter-maré colonizada por mangue de grande porte	Inundado regularmente pela maré semidiurna	Mangue
Planície Arenosa	Areias quartzosas, finas, cinza muito claro, com estruturação maciça, estratificação plano-paralela, cruzada tangencial de pequeno porte, acamamento flaser e clastos de argila retrabalhados	Extensas áreas planas, recortadas por canais de marés, com “sand waves”, (mega) ondulações e barras expostas durante a maré baixa	Inundado regularmente pela maré semidiurna	_____
Barra em Pontal	Areias quartzosas, finas, cinza muito claro, intercaladas com lama, formando estrutura heterolítica inclinada...	Forma lunada	Constantemente inundados	_____
Dunas Costeiras	Areias quartzosas, muito fina, amarelo pálido, com estratificação cruzada tabular de grande porte e estratificação oblíqua	Dunas longitudinais e piramidais	_____	Arbustiva
Chênier	Areias quartzosas cinza amarelado a cinza muito claro, finas a muito finas, com estrutura mosqueada no topo e cruzada de médio porte na base	Cordões com cristas irregulares e cordões com cristas alongadas, limitados por manguezais	Inundado somente no período chuvoso	Arbustiva
Praia	Areias quartzosas finas, com fragmentos de conchas, cinza muito claro, com estratificação plano-paralela	Extensas áreas planas, inclinadas 2° rumo ao mar, recortadas por sistema de calha e crista (“ridge e runnel”)	Inundado regularmente pela maré semidiurna	_____

Tabela 2 – Principais características das unidades morfoestratigráficas.
Fonte: SOUZA FILHO, 1996.

3.1.4.1 - Planície Aluvial

É representada pelos depósitos sedimentares associados ao Rio Caeté. Estende-se a sul do limite da maré na planície estuarina, à altura de Bragança, abrangendo uma área 3.1 km, sendo subdividida em três de unidades (SOUZA FILHO, 1995 ; SOUZA FILHO, 1996): **Canal Fluvial**, canal meandrante, com depósitos de barras em pontal e longitudinais, encaixados no Planalto Costeiro, **Planície de Inundação**, limitada por diques marginais (levees) e pelo Planalto Costeiro, sendo colonizadas por campos herbáceos, inundados somente durante os períodos de grandes cheias, quando o transbordamento dos canais permite acumulação dos sedimentos mais finos e **Diques Marginais** (levees), elevações longitudinais acima da planície de inundação, adjacente ao canal fluvial, vegetados por mangues e vegetação herbácea sendo rompidos durante os períodos de grandes cheias, no momento do transbordamento.

3.1.4.2 - Planície Estuarina

Limitada a sul pela planície aluvial no limite superior da influência das marés, a norte pela zona de predominância dos processos marinhos. É margeada pela planície costeira em sua porção distal e pelo Planalto Costeiro na proximal, ocupando uma área de 462 km. Três unidades morfológicas são observadas (SOUZA FILHO, 1995 ; SOUZA FILHO, 1996): **Canal Estuarino**, varia da porção distal para a proximal, refletindo progressivamente a influência das marés ao longo do canal estuarino. É compartimentado em quatro padrões morfológicos distintos (*funil estuarino, segmento retilíneo, segmento meandrante e canal de curso superior*). **Córregos de Maré**, eles recortam a planície costeira e apresentam forma meandrante a retilínea, com largura máxima de 100 m. Em direção ao continente, são bifurcados, rasos, estreitos e com substrato lamoso; em direção ao mar, os mesmos são singulares e largos, com fundo arenoso. São freqüentes barras em pontal. **Planície de Inundação**, ocorre ao longo do funil estuarino e dos segmentos retilíneos e meandantes, onde são observados depósitos lamosos. No canal de curso superior, as planícies de inundação são constituídas por sedimentos pelíticos fitoturbados, ricos em matéria orgânica. Às margens desse trecho, ocorrem estreitas franjas de manguezal, seguidas por gramíneas e palmeiras que colonizam a planície de inundação e desaparecem quando entram em contato com o Planalto Costeiro.

3.1.4.3 - Planície Costeira

É o mais extenso dos domínios morfológicos, abrangendo uma área de 615,7 km. É limitada ao sul por falésias mortas de 1 a 2 m de altura, esculpida no Planalto Costeiro e, a norte pela zona onde predominam os processos marinhos. Compreende desde as amplas planícies de maré até os cordões duna-praia dominadas pelos processos oceanográficos. Seis unidades foram identificadas nesse domínio (SOUZA FILHO, 1995, SOUZA FILHO, 1996): **Pântano Salino**, os pântanos salinos ou “Campos de Bragança” ocupam uma área de 82,7 km. Estão sob influência do domínio de supramaré e encaixados em uma rede de drenagem colmatada, alimentada principalmente por sedimentos finos fluviais e oriundos da planície de maré lamosa. **Manguezais**, constituem extensas planícies lamosas de até 20 km de largura, situadas entre os níveis de maré alta de sizígia e a média das marés, ocupando uma área de 466,8 km. São constituídos por sedimentos lamosos colonizados por três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) e *Laguncularia racemosa* (Matni, 2006). Baseado nas marés, altimetria relativa e porte da vegetação de mangue, estes depósitos foram divididos em: a) *Manguezal de supramaré*, topograficamente mais elevado, com menos porte arbóreo e influenciado pelas marés somente durante os períodos de sizígia e; b) *Manguezal de intermaré*, topograficamente mais baixo, maior porte arbóreo, com frentes de progradação colonizadas por mangues jovens que bordejam a planície costeira. **Chenier**, são antigos cordões duna-praia isolados na planície lamosa. Ocupam uma área de 5,5 km e são constituídos por cordões duna-praia (dune-beach ridges) de até 3 m de altura e leques de lavagem que dão forma irregular aos corpos. Comumente apresentam formas alongadas de cordões de praia (beach ridges), com ou sem leques de lavagem, de até 1 m de altura, 200 m de largura e 2 km de comprimento. Sua formação é condicionada às oscilações do nível do mar, com o recuo da linha de costa, em regime de transgressão, associada à progradação dos depósitos lamosos. **Planície Arenosa**, localiza-se na porção distal da planície costeira (49 km²), margeando os depósitos de manguezal e dunas costeiras. Esta área é dominada por baixios arenosos a partir do limite das marés baixas de quadratura até a zona de inframaré. Geralmente, esta área apresenta um gradiente baixo (1:100), que, por vezes, é quebrado pela presença de barras arenosas de até 3 m de altura. As areias formam megaondulações, ondulações de cristas retas, lunadas, rombóides e lingóides, além de sand waves e fundos planos. **Dunas Costeiras**, são limitadas a sul por manguezais de intermaré e a norte pela planície arenosa, perfazendo uma área de 6,4 km. Os cordões de dunas mais frequentes são formados por dunas fixadas por campos

arbustivos, que constituem cristas paralelas à linha de costa, produzidas pela estabilização de dunas longitudinais e piramidais de aproximadamente 7 m e 5 m de altura, respectivamente. As dunas são o resultado do retrabalhamento dos sedimentos arenosos da zona de intermaré, que expostos durante a maré baixa, são transportados pelo vento, causando a migração destes depósitos em direção aos manguezais. Atualmente estão sendo erodidas por ondas e correntes de marés e/ou dissipadas, constituindo falésias ao longo da linha de costa. **Praia**, as praias bordejam a planície de maré lamosa (manguezal de intermaré), sendo recortada pelos canais de maré. São representadas por cordões arenosos (beach ridges) lineares, que migram em direção ao continente sobre depósitos de manguezais, constituindo uma costa retrogradacional. É subdividida em: a) *Pós-praia*: com 200 m de extensão é limitada em direção ao mar pelo nível de maré alta (escarpa de praia) e, em direção ao continente, por dunas costeiras. É representada por uma superfície aproximadamente horizontal, sobre a qual se desenvolvem pequenas dunas e; b) *Estirâncio*: representa a face de praia propriamente dita e está limitada pelos níveis de maré alta e baixa, correspondendo à zona de intermaré. Constitui uma zona levemente inclinada em direção ao mar (2-3°), muito extensa (~ 700 m), onde se observa um sistema de cristas e calhas (“ridges e runnels”), dispostas paralelamente a linha de costa e interligados por canaletas (“gaps”).

3.2 - Processamento de Imagens

Imagens Landsat TM 5 formadas pela composição de três bandas (RGB 543) foram criadas e processadas usando o sistema de processamento de imagens Spring. As inseridas foram agrupadas sob a composição colorida (5R4G3B), definida por Souza Filho (2000) como a melhor para análise de manguezais. Durante o processamento, para a determinação dos limites de cada unidade vegetal e sua posterior classificação foram utilizados os processos de segmentação e classificação da imagem presentes no software Spring.

O processamento de imagens digitais inclui:

- Composição em cor da Imagem;
- Determinar o limite e classificação das unidades de vegetação;
- Obtenção dos índices de reflectância ao longo do espectro do visível nas unidades de vegetação identificadas na área de estudo;

- Aquisição de fotografias da região costeira visando à verificação dos resultados obtidos através das análises de imagens de satélite para validar a classificação da cobertura vegetal. Estes locais foram posicionados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG);
- Seleção das áreas para o trabalho de campo.

3.2.1 - Segmentação

Para Gonzales et al (1987) o processo de segmentação consiste na separação da imagem em partes ou regiões significativas. Uma região consiste de um conjunto de pixels contíguos que apresentam as mesmas características espectrais e espaciais com relação a um determinado atributo extraído e usado posteriormente durante o processo de análise.

Ainda segundo os mesmos autores as técnicas de segmentação encontram-se baseadas em dois fatores principais: a **similaridade**, que envolve o agregamento de pixels em função da sua semelhança com os pixels vizinhos e a **descontinuidade**, relacionada com a mudança abrupta dos valores de cinza. Fundamentado sobre esse contexto, a segmentação de imagens pode ser realizada de três formas: crescimento de regiões, detecção de bordas e a combinação de ambas.

Na segmentação das imagens utilizadas neste estudo aplicou-se o método de crescimento de regiões uma vez que o mesmo permite extrair um rico conjunto de atributos e selecionar amostras mais representativas de cada classe (NASCIMENTO, 1997). Durante o processo a imagem é partida em regiões homogêneas, cada uma contendo um único rótulo. A técnica é iniciada com a definição do “pixel semente” que agrupa os demais vizinhos próximos semelhantes obedecendo a limiares como similaridade e área de pixels. Enquanto a similaridade é determinada por um parâmetro de tolerância T (que representa a distância euclidiana entre os vetores associados a cada segmento), a área mínima para cada região é dada pela constante A (número de pixels).

Segundo Batista (1994), para haver o agrupamento de pixels os seguintes critérios devem ser atendidos:

- 1) R_i = vizinho mais próximo de R_j ;
- 2) R_j = vizinho mais próximo de R_i ;
- 3) $\text{dist}(R_i, R_j) < \text{limiar de similaridade}$.

Onde: $\text{dist}(R_i, R_j)$ é a distância Euclidiana entre R_i e R_j .

Obedecidas as condições acima, cada região R_j (com valor de pixel menor que o limiar de área) cria um segmento $R_k = R_j \times R_i$ onde R_i é o vizinho mais próximo de R_j . No final tem-se a descrição da imagem com cada região possuindo um rótulo.

A definição desses parâmetros é uma etapa fundamental para o processo de segmentação; quanto maior o valor atribuído a similaridade menor será o número de distinções, ou seja, pixels representativos de diferentes regiões serão incorretamente agrupados. Caso ocorra o oposto (valores muito baixos) haverá um grande detalhamento na imagem, segmentando áreas homogêneas.

3.2.2 - Classificação

Com as técnicas de sensoriamento remoto é possível realizar estudos sobre determinada área ou objeto sem manter contato direto com o mesmo. Partindo desse princípio, identificar feições ou atributos homogêneos nas imagens torna-se um dos objetivos principais em Processamento Digital de Imagens-PDI, sendo para isso necessário a aplicação de técnicas classificatórias.

A classificação consiste em extrair da imagem informações de objetos reais (solo, água, vegetação...) e agrupá-las em temas baseados no conjunto da refletância fornecida pelos materiais que compõem o pixel (CRÓSTA, 1992). O resultado final desse processo é uma imagem temática, onde esses temas representam características da superfície. Com relação ao tipo de treinamento aplicado, a classificação pode ser **supervisionada** ou **não-supervisionada**.

A classificação **não-supervisionada** é um processo realizado por algoritmos de agrupamento em que cabe ao programa atribuir a cada pixel da imagem uma classe espectral específica, considerando padrões de similaridade (NASCIMENTO, 1997). Para isso, o interprete não necessita conhecer a região previamente. Já na classificação **supervisionada**, são adquiridas pelo usuário amostras significativas de feições encontradas no terreno (treinamento) e a partir delas, os pixels que apresentam o mesmo comportamento espectral são incorporados às classes (FONSECA, 2000).

Ainda os classificadores podem ser do tipo pixel a pixel ou por regiões. No primeiro caso, as informações homogêneas são identificadas apenas com base na informação isolada fornecida pelo pixel, enquanto que no segundo tipo uma partição da imagem em regiões, utilizando a segmentação, antecede o agrupamento dessas áreas. Logo, todos os pixels presentes nestes setores serão associados à mesma classe.

3.3 - Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado em Bragança no mês de outubro. Uma caracterização descritiva das principais unidades vegetais foi desenvolvida com a determinação das espécies vegetais típicas em cada unidade. Documentação fotográfica da floresta, assim como, medidas de GPS foram tiradas.

3.4 - Análise espectral da vegetação

Os locais para coleta das amostras de folhas foram previamente selecionados tendo como base os resultados do processamento das imagens de satélite. Para cada unidade de vegetação foram delimitadas três parcelas de 30 x 30 metros de acordo com o gradiente topográfico. Em cada compartimento foi registrada a estatura da vegetação, diâmetro dos troncos e salinidade da água intersticial, além da retirada de 20 amostras de folhas da copa da árvore de cada espécie identificada nas unidades de vegetação. As amostras de folhas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em caixas de gelo. Todas as medidas de reflectância das folhas foram realizadas em no máximo 8 horas após a sua amostragem. Estudos mostram que as folhas mantêm suas características espectrais pelo menos até 10 h após a sua amostragem (PONZONI, 1997).

Os índices de reflectância das amostras de folhas foram obtidos através de um espectrofotômetro Spectrolino, Gretag MacBeath.

3.4.1 - Estudo da reflectância em folhas individuais

Para a individualização de alvos vegetais a partir da utilização do sensoriamento remoto, são as folhas são os elementos vegetais de principal interesse. Pois são elas que determinam, por meio de características morfológicas e bioquímicas, os comprimentos de onda absorvidos, refletidos e transmitidos (AFFONSO, 2004). Basicamente a estrutura foliar apresenta três tecidos: epiderme, mesófilo fotossintético e tecido vascular (Figura 4).

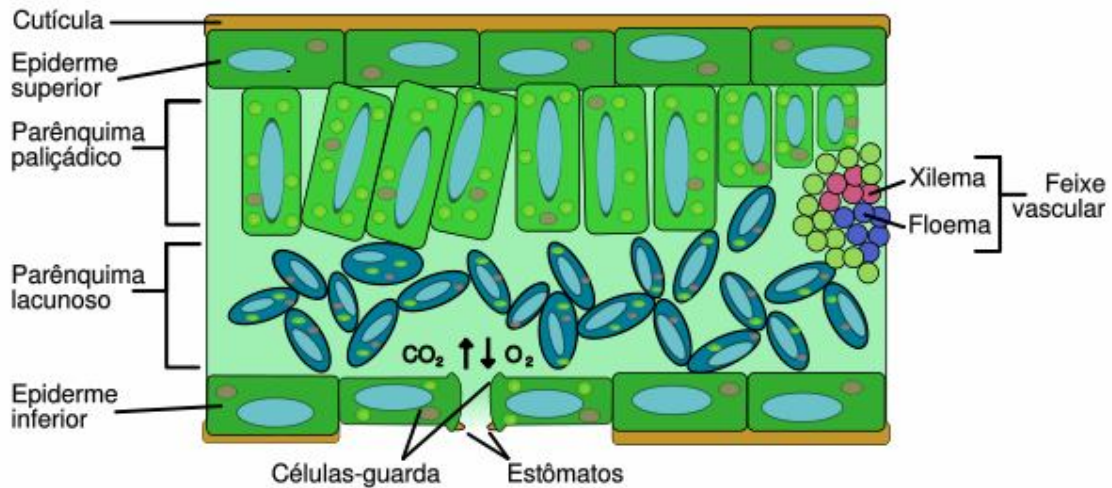


Figura 4 – Estrutura foliar básica. Fonte: Modificado de McKenna, 2007.

Quando comparamos os comprimentos de onda da radiação e o tamanho das estruturas internas foliares, notamos que as ultimas apresentam dimensões maiores e, portanto capazes de promover desvios na trajetória da energia radiante, caracterizando um espalhamento no interior da folha. Dentre esses constituintes foliares que influenciam na reflectância estão a celulose, os pigmentos, as estruturas celulares e os espaços ocupados pela água e ar.

Ao incidir sobre a folha, uma pequena parte da energia radiante é refletida pela camada superficial enquanto uma maior porção é transmitida para o mesófilo esponjoso onde, dependendo do ângulo de incidência, os raios são refletidos nas paredes celulares.

A figura 5 apresenta o comportamento de uma folha verde sadia com relação aos intervalos do espectro eletromagnético fornecido pela radiação incidente.

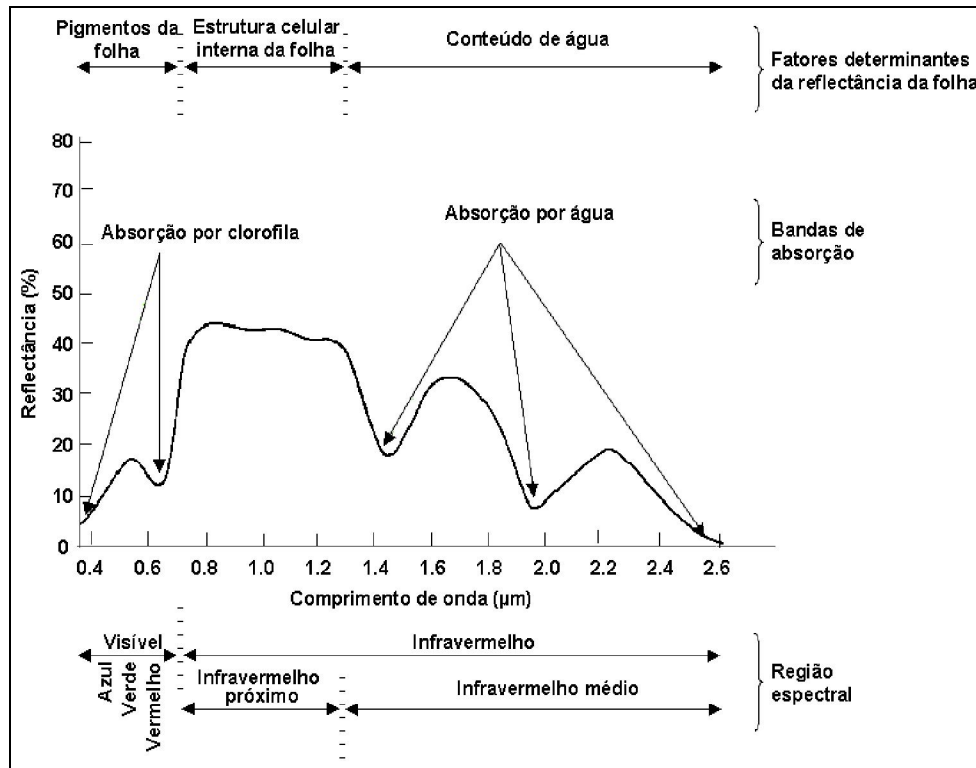


Figura 5 – Comportamento Espectral de uma folha verde sadia (Fonte: Affonso, 2004).

Com base na análise do gráfico, serão descritos a seguir os comportamentos espectrais de uma folha sadia em três intervalos da radiação incidente: visível (0,4 – 0,7 μm), infravermelho próximo (0,7 – 1,3 μm) e infravermelho médio (1,3 – 2,6 μm).

Os valores de reflectância são relativamente baixos na região do visível, com um único pico próximo a 20% no intervalo entre 0,5 e 0,6 μm correspondente à cor verde. A curva possui ainda duas depressões nas faixas do azul (0,4 - 0,5 μm) e vermelho (0,6 - 0,7 μm) que representam a absorção da radiação por pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a* e *b*, carotenos e xantofilas). Nesta seção, o comportamento espectral da folha é governado pela fotossíntese.

Na passagem para o infravermelho próximo, ocorre um aumento considerável da reflectância que se mantém quase constante durante todo o intervalo. Isto se deve a dois fatores: o primeiro é a ausência de pigmentos capazes de absorver a radiação eletromagnética nestes comprimentos de onda e o segundo diz respeito ao espalhamento interno sofrido pela REM em função da disposição da estrutura morfológica foliar (GATES, 1965).

Segundo Affonso, 2004, o conteúdo de água presente na folha é responsável pelo comportamento espectral na região do infravermelho médio, sendo as depressões apresentadas (1,45 e 1,95 μm), locais com grande concentração do líquido.

Para Ponzoni, 2001, ainda existem outros fatores que influenciam na interação com radiação eletromagnética, como a maturação, o estresse da planta e o déficit hídrico.

A capacidade para a realização da fotossíntese aumenta desde a emergência até a fase de maturidade fisiológica da planta, a partir desse ponto ocorre um declínio da taxa fotossintética até a maturação completa do vegetal. Devido à íntima relação existente, a absorvância também é reduzida no estágio completo de maturação, favorecendo a reflexão na faixa do visível. Para o infravermelho próximo, esse fenômeno também é evidente, pois as folhas velhas apresentam grande quantidade de estruturas celulares internas que refletem a REM.

Quanto às situações de estresse, estas podem estar relacionadas com o ataque de pragas, poluição ou outros agentes capazes de: modificar o conteúdo de pigmentos fotossintetizantes, ocasionarem necroses, introduzir substâncias estranhas no organismo ou provocarem desequilíbrio hídrico foliar.

Quando a planta é submetida a um déficit hídrico, uma série de reações ocorrem em seu interior para restaurar a estabilidade, uma delas é o fechamento dos estômatos. Essa situação proporciona uma perda menor de água, ocasionando a diminuição da taxa fotossintética em razão da menor absorção de CO_2 do meio. A redução da fotossíntese faz com que parte da energia que deveria ser absorvida passe a ser refletida, favorecendo assim o estudo da resolução espectral.

3.4.2 - Estudo da reflectância sobre o dossel

As seções anteriores tratavam apenas do comportamento espectral em folhas individuais, onde toda radiação emitida pela fonte interage unicamente com o alvo de estudo, caracterizando um ambiente ideal. Porém para estudar a reflectância vegetal utilizando sensoriamento remoto é necessário compreender o processo de interação entre a REM e os diversos tipos de dosséis (PONZONI, 2002).

Ainda segundo o autor, a reflectância obtida com amostras de folhas isoladas é estimada pelo fator de reflectância hemisférica diferentemente da emitida por dosséis, onde prevalece o fator bidirecional. No caso de imagens geradas em sensores orbitais o fator de reflectância bidirecional passa a ser denominado fator de reflectância aparente ou simplesmente fator aparente, devido à interferência atmosférica.

Tanto as amostras individuais de folhas quanto o dossel apresentam a mesma curva padrão para o comportamento espectral (Figura 7) alterando somente a intensidade da reflectância, que assume valores maiores no conjunto vegetal.

Segundo Asrar (1989), os principais fatores que afetam a resposta espectral de um dossel em relação a sua arquitetura são: (1) a distribuição espacial da vegetação; (2) o índice de área foliar (IAF); (3) distribuição angular das folhas (DAF) e (4) distribuição dos elementos da vegetação.

O dossel é um arranjo de vários constituintes vegetais (folhas, galhos, frutos, etc.) que compõem a chamada copa das árvores, apresentando diversos tipos fisionômicos como florestas, culturas agrícolas, formações de porte herbáceo, etc. A distribuição espacial desses constituintes, assim como suas densidades e orientações definem a arquitetura da vegetação. Para alguns modelos de reflectância, o dossel pode se formado por sub-dosséis arranjados regularmente ou aleatoriamente seguindo uma orientação específica (PONZONI, 2001).

Quando o dossel ou sub-dossel é dito homogêneo, sua densidade é considerada uniforme sendo definida pelo índice de área foliar (IAF), obtido na relação: área que o vegetal ocupa/solo (área) disponível. Esse índice é um dos principais parâmetros da vegetação, sendo requerido para modelos de crescimento vegetal e evapotranspiração, podendo ser ainda relacionado à biomassa (PONZONI, 2002).

A distribuição angular das folhas (DAF) influencia na resposta espectral do dossel devido a diferentes fatores, tais como a proporção de sombras sobre diferentes folhas, a disposição predominantemente horizontal e a diferença na reflectância das partes dorsais e ventrais das mesmas. O ângulo de inserção foliar regula o grau de penetração da radiação no

interior da copa da planta e de acordo com esse parâmetro, as plantas são classificadas em: erectófitas, o ângulo de inserção é mais ou menos paralelo ao caule; planófila, o ângulo se aproxima de 90° em relação ao caule; intermediária, parte das folhas possui ângulos de ambas as inserções anteriores (MOREIRA, 2003).

Ainda vale ressaltar que cada dossel possui características próprias e desenvolve-se sobre diferentes tipos de solo em condições ambientais diversas, logo como ocorre com qualquer outro objeto de estudo, as técnicas de sensoriamento estão sujeitas às chamadas ambigüidades onde os efeitos ocasionados por fatores ou parâmetros distintos podem atribuir valores iguais na reflectância, dando uma mesma “aparência” nas imagens mesmo se tratando de coberturas diferentes (PONZONI, 2001). Por esse motivo ressalta-se o conhecimento da área por meio de amostras coletadas em campo, no sentido de validar os dados obtidos com o processamento digital.

3.4.3 - Efeito da salinidade sobre a resposta espectral

Manguezais são florestas intertidais que colonizam substrato salino ao longo de litorais tropicais e subtropicais. Frequentemente as espécies de manguezal são diferencialmente distribuídas no espaço, seguindo um padrão de orientação, zonação, paralelo à costa (DUKE ET AL. 1998). Estas zonas são em geral monoespecíficas ou fortemente dominadas por uma ou duas espécies, e sujeitas a frequência de inundação e a um tempo de imersão relativo a maré.

A característica mais notável das espécies de manguezal é a habilidade de tolerar NaCl (PARIDA ET AL., 2003). Espécies de manguezal respondem morfológica, fenológica e fisiologicamente diferente a salinidade, e as diferenças entre as espécies são responsáveis pela zona particular que elas ocupam dentro do ecossistema de manguezais (BALL, 1996). Assim, exclusões competitivas ao longo de gradientes de salinidade tendem a ocorrer dentre as espécies de manguezal (DUKE ET AL., 1998).

O crescimento de varias espécies pode ser afetado por ausência ou excesso de NaCl no substrato (DOWNTON, 1982; CLOUGH, 1984; BURCHETT ET AL., 1989; PEZESHKI ET AL., 1990; BOLA E PIDSLEY, 1995). Alta salinidade causa estresse hiperiônico e hiperosmótico e as conseqüências destes podem ser morte de planta (HASEGAWA ET AL., 2000). Os efeitos prejudiciais de altas concentrações de sal são variados, podendo levar a morte da planta e/ou diminuição da produtividade. Já é reconhecido, através de estudo comparativo, que de fato há direta relação entre alta

concentração de sal e a diminuição do crescimento vegetal, da atividade fotossintética, do transporte de elétrons e do conteúdo de clorofila (PARIDA ET AL. 2003).

Assim, a salinidade intersticial é fator importante no comportamento espectral de alvos vegetais. Esta variável é responsável por alterações em mecanismos fotossintéticos e fisiológicos, que acabam por alterar as respostas espectrais do alvo. Além disso, a colonização de uma dada região, por um grupo vegetal, também é limitada pela salinidade intersticial. A alta concentração de sal contribui de forma indireta com a prevalência de um sinal espectral, por determinar a colonização da espécie mais adaptada a este estresse salino, caso, por exemplo, de *Avicennia* em relação à *Rhizophora*.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos até o presente são referentes à individualização das unidades vegetais por meio das suas características texturais, espacialização e quantificação através de mapas e construção do banco de dados contendo o perfil espectral de cada unidade vegetal observada.

Baseado nas características texturais das unidades de vegetação foi possível diferenciar cinco unidades vegetais: - manguezal, planície herbácea, manguezal degradado, restinga e Terra Firme. Essas unidades na Península de Bragança foram previamente descritas por (COHEN, 2003).

Um mapa temático (Figura 6), espacializando e quantificando cada unidade vegetal foi construído e a Tabela 5 mostra os valores em km² para cada unidade diferenciada.

O banco de dados contem os perfis espectrais dos seguintes tipos de vegetação: *Rhizophora*, *Avicennia* (representantes da vegetação típica de manguezais), *Cyperaceae*, *Sesuvium*, *Rubiaceae* e *Poaceae* (vegetação típica de zonas de campo herbáceo), *Anarcadium occidentale*, *Arecaceae* e *Chysobalanus icaco* (representante de vegetação de restinga).

4.1 - Descrição e Localização dos Pontos de Amostragem

Na área de estudo, ao longo da estrada que leva a vila de Ajuruteua foram definidos oito pontos de coleta. A Campanha foi realizada no dia 22/09/2007 e teve aproximadamente 8 h de duração. A descrição de cada ponto de coleta é apresentada a seguir.

O ponto 01 (coordenadas: 0° 55' 37"S 46° 42' 12"W. às 11h20min) corresponde a um bosque colonizado predominantemente por *Avicennia*. A altura arbórea média atingiu 8 m, com diâmetro do tronco em torno de 15 cm e o espaçamento entre árvores variou de 2 a 4 m. O sedimento foi caracterizado como lama arenosa com salinidade intersticial por volta de 80‰.

O ponto 02 (coordenadas: 0° 54' 35"S 46° 40' 51"W. às 12h03min) foi caracterizado como Campo Herbáceo com arbustos isolados de *Avicennia*. A salinidade da água intersticial foi de 120‰. Uma lama arenosa avermelhada predomina com cristais de sal na superfície.

Ponto 03 (coordenadas: 0° 52' 25"S 46° 39' 00"W. às 12h28min) mostrou sedimento areno-argiloso amarelo claro com salinidade de ~ 50‰. O local é densamente

colonizado por *Rhizophora*, ocorrendo escassas *Avicennias* de grande porte. A estatura das árvores atinge cerca de 13m.

No ponto 04 (coordenadas: 0° 50' 41''S 46° 38' 39''W. às 12h54min), a vegetação mostrou-se semelhante ao ponto 3, ocorrendo, entretanto árvores de estaturas maiores, aproximadamente 17m. O sedimento é constituído por uma lama arenosa com salinidade intersticial de 40‰.

Os pontos 05 (coordenadas: 0° 49' 54''S 46° 36' 36''W. Hora: 13h36min) e 06 (coordenadas: 0° 50' 14''S 46° 36' 40''W) possuem as mesmas características. Ambos localizam-se na zona de Restinga onde predomina a vegetação herbácea, representada principalmente por *Cyperaceae* que habita um substrato formado por sedimentos predominantemente arenosos.

Ao ponto 07 (coordenadas: 0° 58' 09''S 46° 44' 16''W. às 13h53min) podem ser atribuídos os mesmos aspectos da vegetação encontrada no ponto 04, porém, com a ocorrência de *Cyperaceae* próximo a estrada.

Por último, no ponto 08 (coordenadas: 0° 58' 17''S 46° 44' 20''W. às 14h06min) ocorreu o predomínio da cobertura vegetal de terra-firme.

Segue a baixo o mapa com a localização espacial dos pontos de coleta ao longo da Península de Bragança (Figura 6).

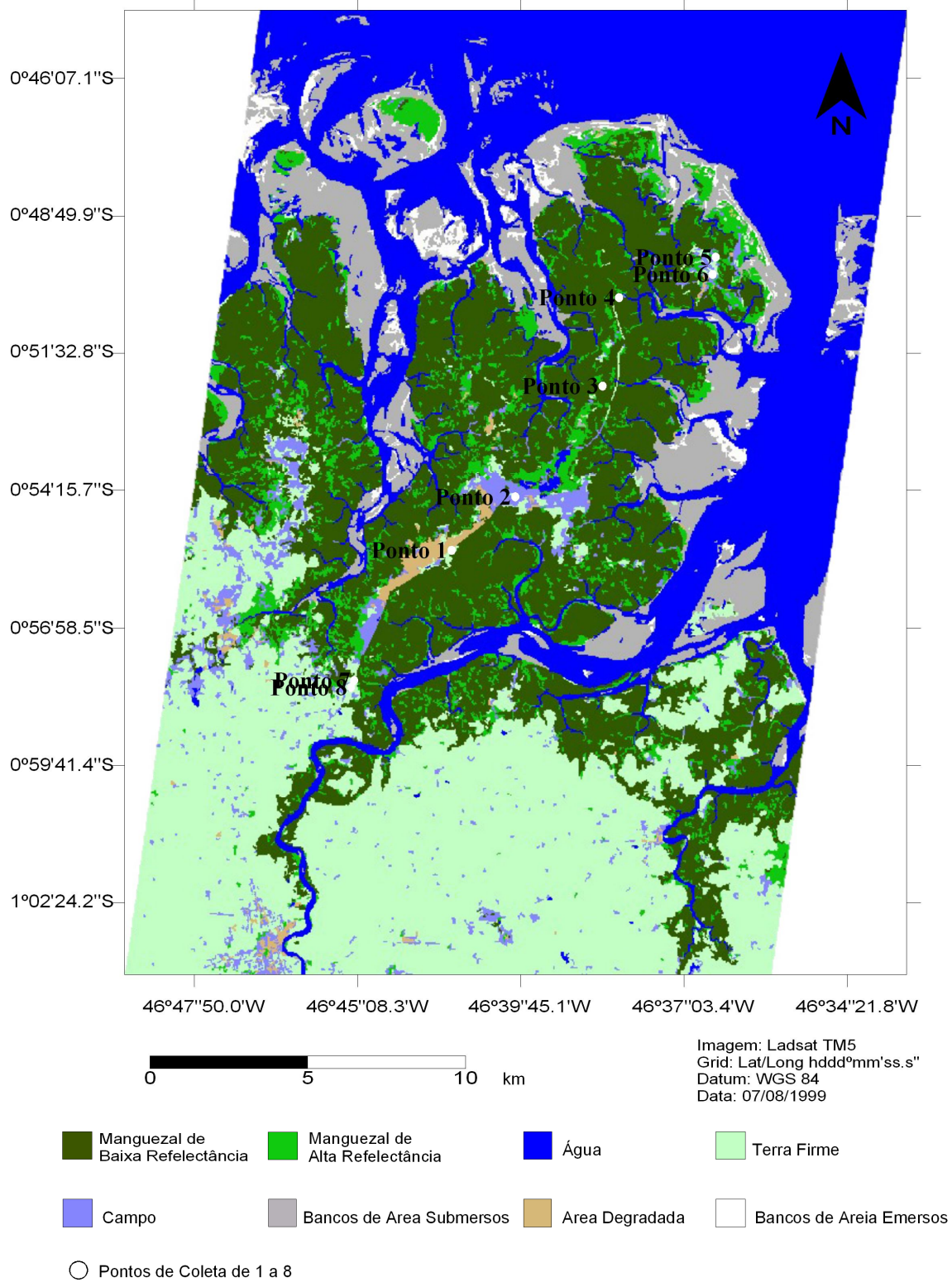


Figura 6 - Mapa de Localização dos Pontos de Coleta.

4.2 - Análise da Curva Espectral da Vegetação para cada Ponto de Coleta

4.2.1 - Ponto 01

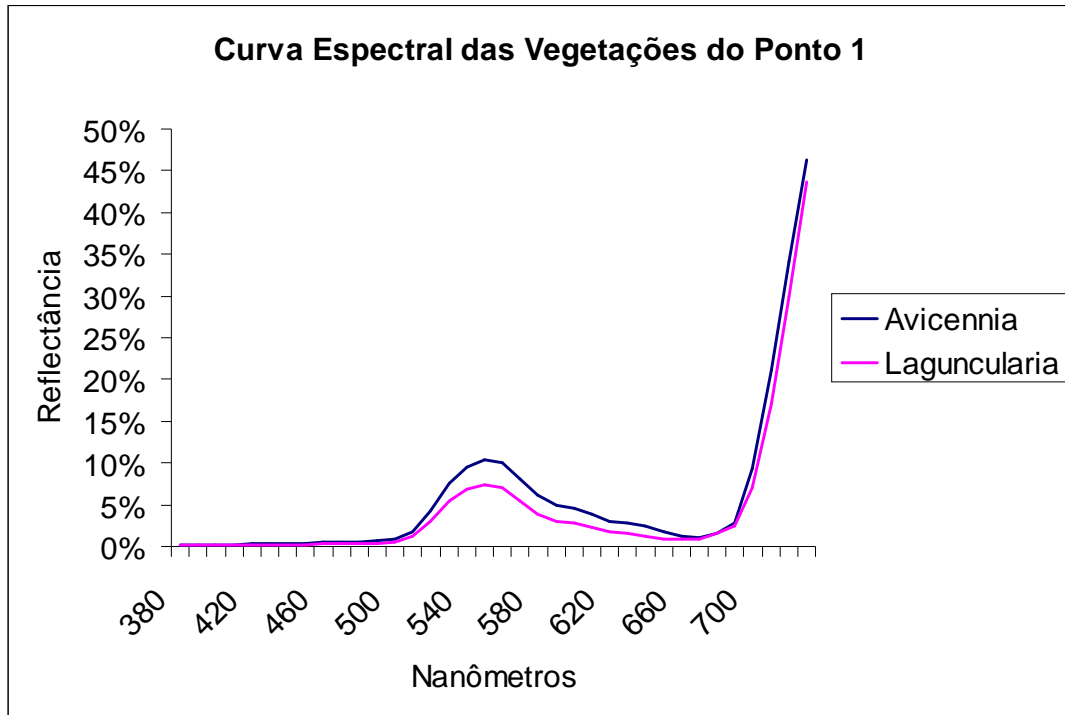


Figura 7 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 1

Um total de 30 amostras foi coletado neste ponto, 27 de *Avicennia* e 3 de *Laguncularia*. As curvas apresentam o comportamento correspondente aos alvos vegetais. Entretanto, foram notadas sensíveis diferenças na intensidade de energia refletida. Entre 380 e 490 nm, ambas as espécies compartilham valores de refletância muito baixo. Isto pode ser explicado pela absorção da energia radiante inerente aos pigmentos fotossintetizantes. As mais sensíveis diferenças ocorrem entre os comprimentos de onda entre 490 e 670nm, com *Avicennia* alcançando valores mais altos de refletância em torno de 10%, enquanto que a *Laguncularia* exibe valores máximos de 8%. No infravermelho próximo (700 nm em diante), a diferença entre as duas espécies diminui, porém há a permanência de valores mais altos para *Avicennia* (Figura 7).

4.2.2 - Ponto 02

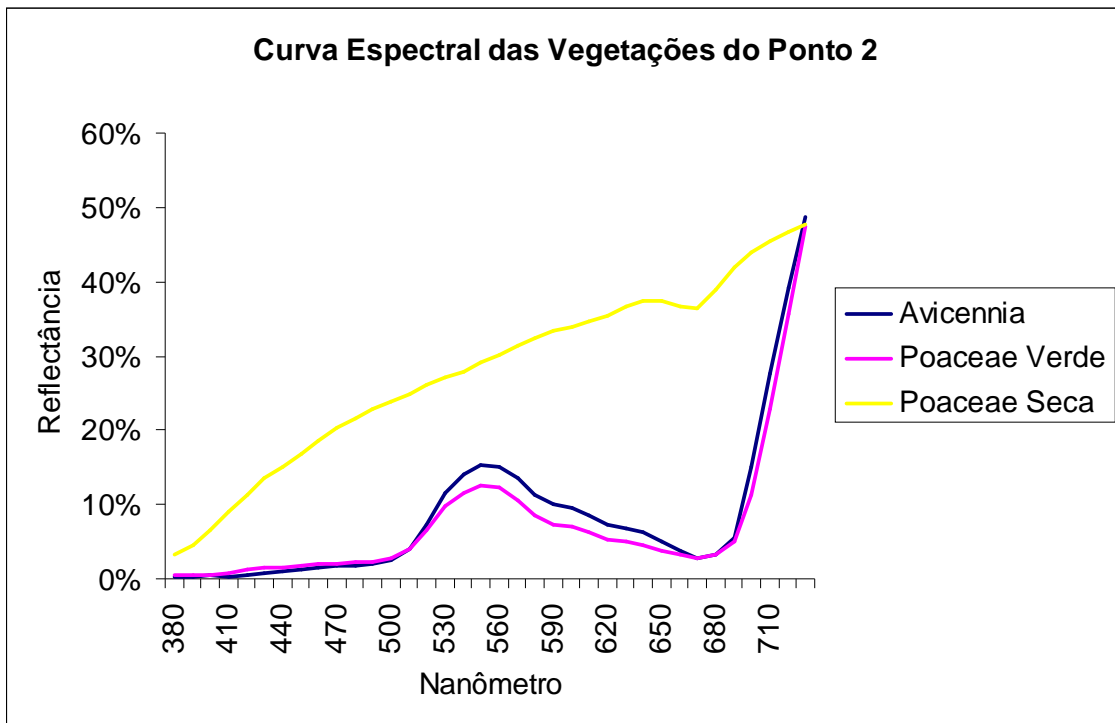


Figura 8 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 2.

Para o Ponto 02 foram coletadas 9 folhas de *Avicennia* e 15 de *Poaceae* (havendo uma seca). Foram extraídas médias para as folhas verdes de *Poaceae* e para as folhas de *Avicennia*, contrapondo-se esses resultados com os valores de reflectância da folha seca de *Poaceae*.

Até o comprimento de onda de 490 nm, a curva espectral para a *Poaceae* mantém o mesmo comportamento da *Avicennia*, entretanto houve sempre uma prevalência da curva de *Poaceae* de se manter levemente acima dos valores de *Avicennia*. Esta última por sua vez reflete uma quantidade superior de energia a partir de 500 nm, com pico máximo de aproximadamente 15% em torno de 550 nm. A partir de 680 nm os valores de reflectância de ambas assumem valores muito próximos. Na entrada do infravermelho, temos novamente uma pequena ascensão dos valores de reflectância da *Avicennia* sobre a *Poaceae*.

Em contraste, temos o comportamento espectral da *Poaceae* seca. A reflectância dessa folha aumenta ao longo do intervalo adotado no gráfico, pois não desenvolve mais atividade fotossintética, responsável pela absorção da radiação em comprimentos de onda presentes no visível e possui um número maior de estruturas celulares que refletem a energia radiante em várias direções (Figura 8).

4.2.3 - Ponto 03

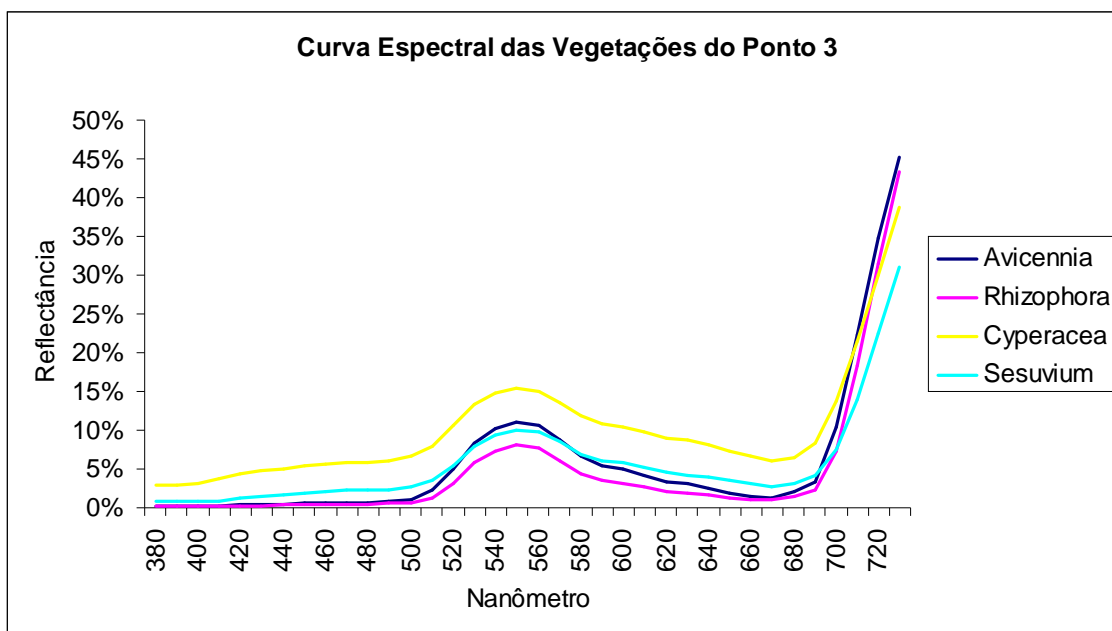


Figura 9 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 3.

Neste ponto foram retiradas amostras de *Rhizophora* (9 folhas), *Avicennia* (6 folhas), *Cyperaceae* (3 folhas) e *Sesuvium* (3 folhas).

Na faixa do visível (400 até 700 nm) a *Cyperaceae* apresentou valores de reflectância média mais alto que as demais taxa, com máximo de 16%. A *Avicennia* e o *Sesuvium* vêm em seguida refletindo quantidades bem próximas de radiação, com valores médios de 11 e 10%, respectivamente. As folhas de *Rhizophora* tiveram a menor média de reflectância, atingindo valor máximo de aproximadamente 8% (Figura 9).

Os gêneros de Manguezal (*Avicennia* e *Rhizophora*) ultrapassam a *Cyperaceae* na faixa do infravermelho com o predomínio de intensidades mais altas para a *Avicennia*.

4.2.4 - Ponto 04

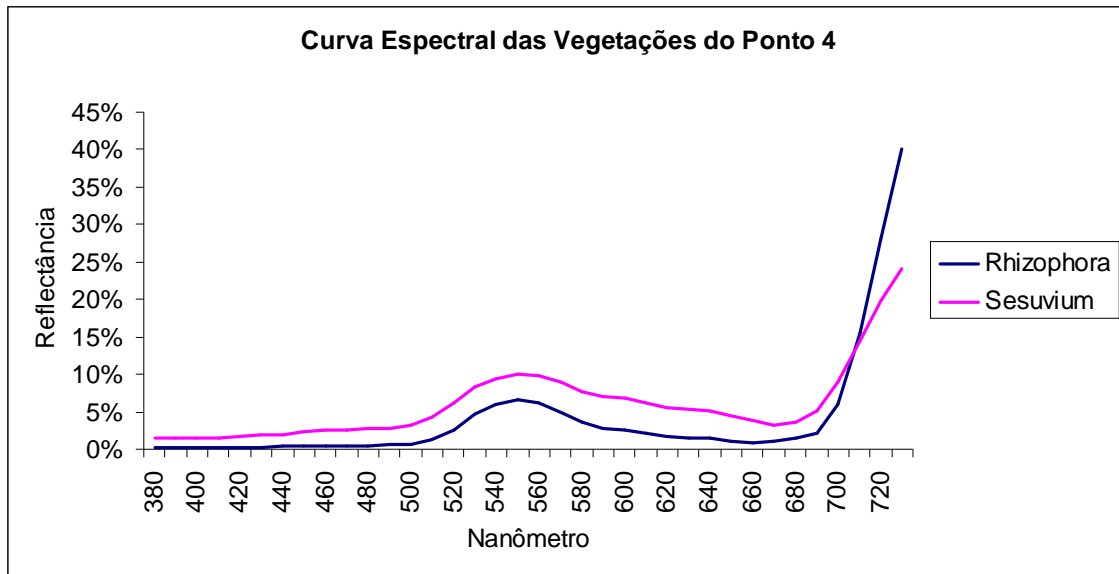


Figura 10 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 4.

Resultados obtidos para dez amostras de *Rhizophora* e *Sesuvium* indicam uma reflectância menor para a *Rhizophora* no intervalo do visível, com valor médio de 7%, ascendendo no início do infravermelho chegando a 40%. Os valores médios de reflectância para o *Sesuvium* foram de 10% no visível e aproximadamente 25% no infravermelho (Figura 10).

4.2.5 - Ponto 05

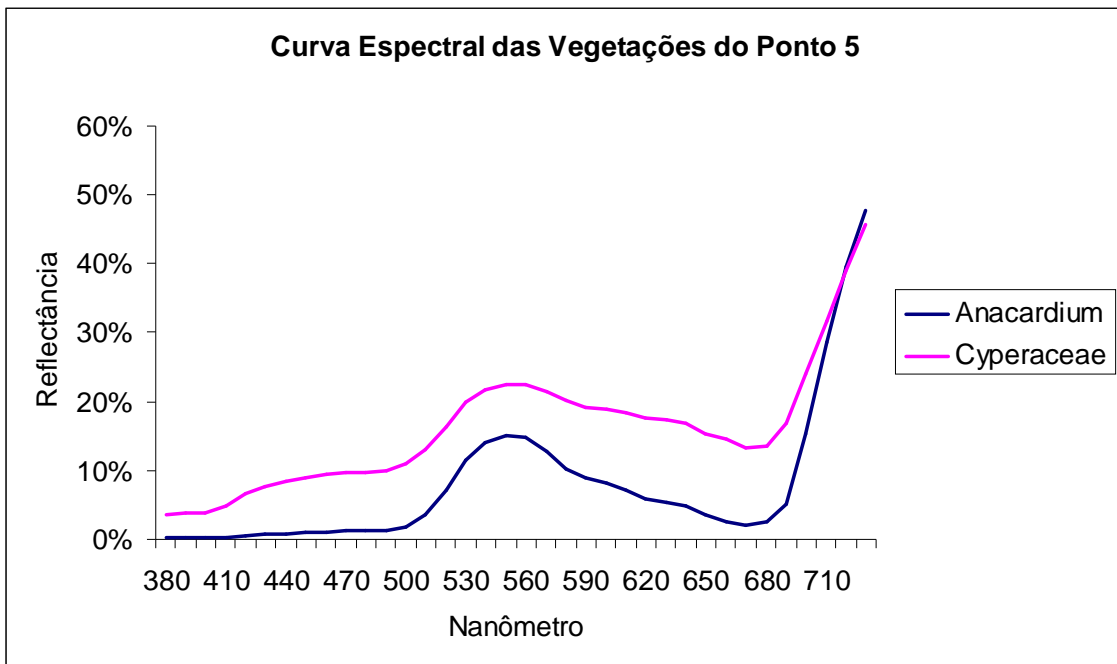


Figura 11 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 5.

O gráfico foi elaborado com base em 10 amostras de *Anacardium* e 10 de *Cyperaceae*. Nele é possível observar que a *Cyperaceae* apresenta valores médios de reflectância maiores que o do *Anacardium*. As folhas das *Cyperaceae* refletiram valores médios de 21 e 45% para as faixas do visível e infravermelho, respectivamente. O *Anacardium* que alcança valor médio máximo de 15% entre os comprimentos de onda 550 e 560 nm, apresentou um aumento em relação à *Cyperaceae* no início do infravermelho atingindo valor médio de 46% (Figura 11).

4.2.6 - Ponto 06

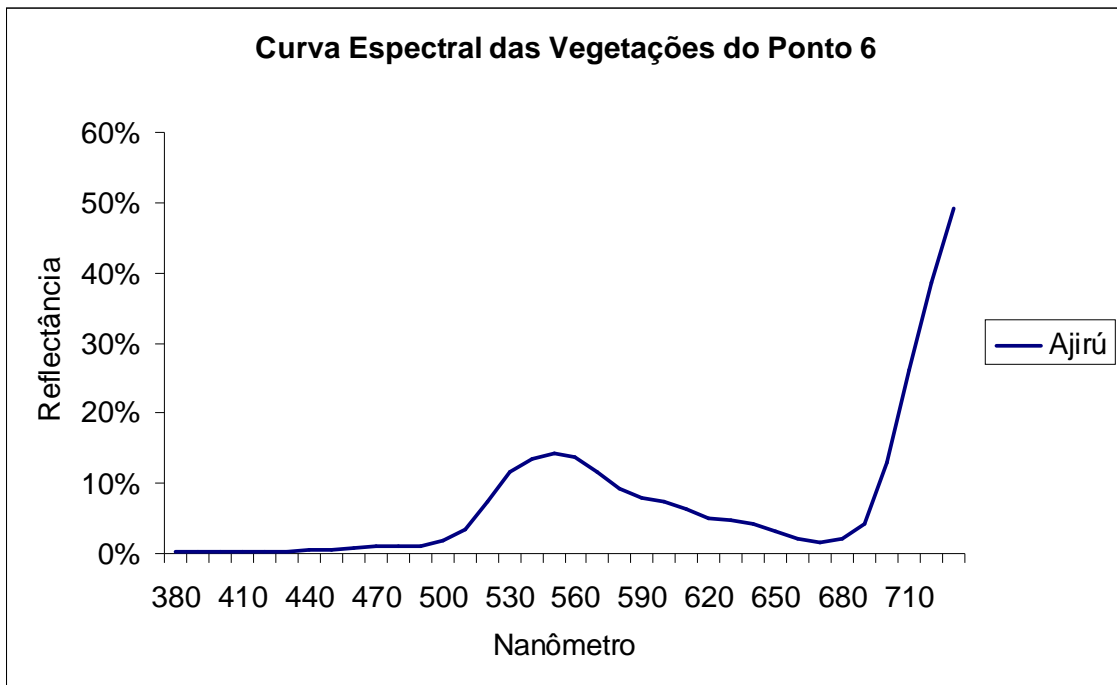


Figura 12 - Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 6.

Para o Ponto 06, foram coletadas 15 amostras de folhas de Ajiru (nome científico: *Chysobalanus icaco L*). Os picos de reflectância nesta espécie atingiram 15 e 50% para a região do visível e infravermelho, respectivamente (Figura 12).

4.2.7 - Ponto 07

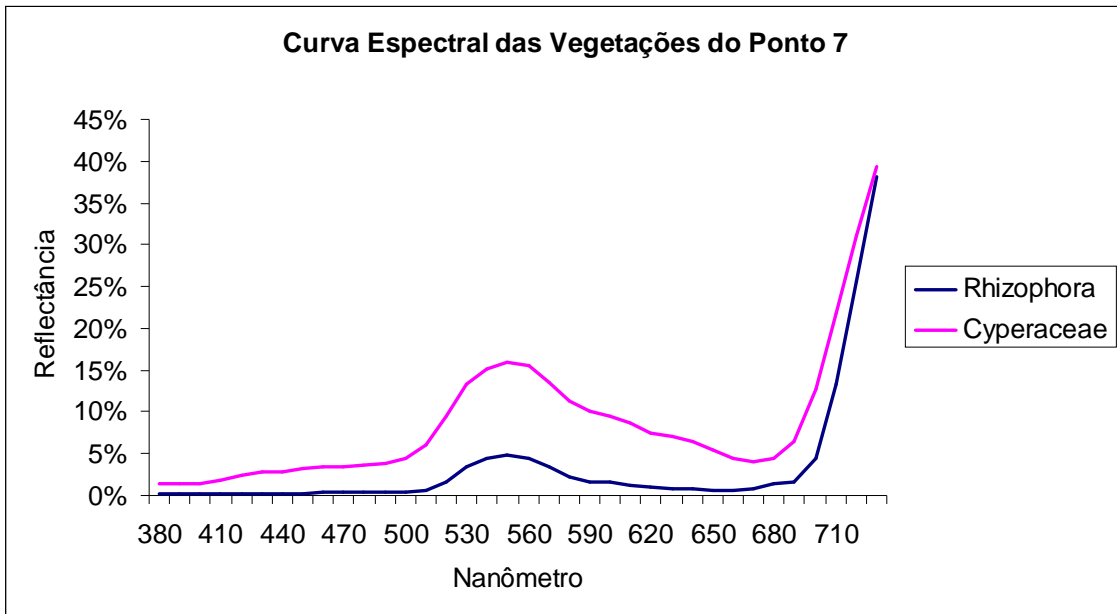


Figura 13 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 7.

Para o Ponto 07 foram coletadas dez amostras de folhas de *Rhizophora* e cinco de *Cyperaceae*. De acordo com o gráfico, os valores médios de reflectância para a *Cyperaceae* são maiores do que da *Rhizophora* ao longo de todo o espectro do visível, porém ocorre uma ascensão dos valores médios de reflectância da *Rhizophora* quando chega à faixa do infravermelho. Os máximos valores médios de reflectância são de 5% (visível) e 38% (Infravermelho) na *Rhizophora*, e de 16% (visível) e 39% (infravermelho) para a *Cyperaceae* (Figura 13).

4.2.8 - Ponto 08

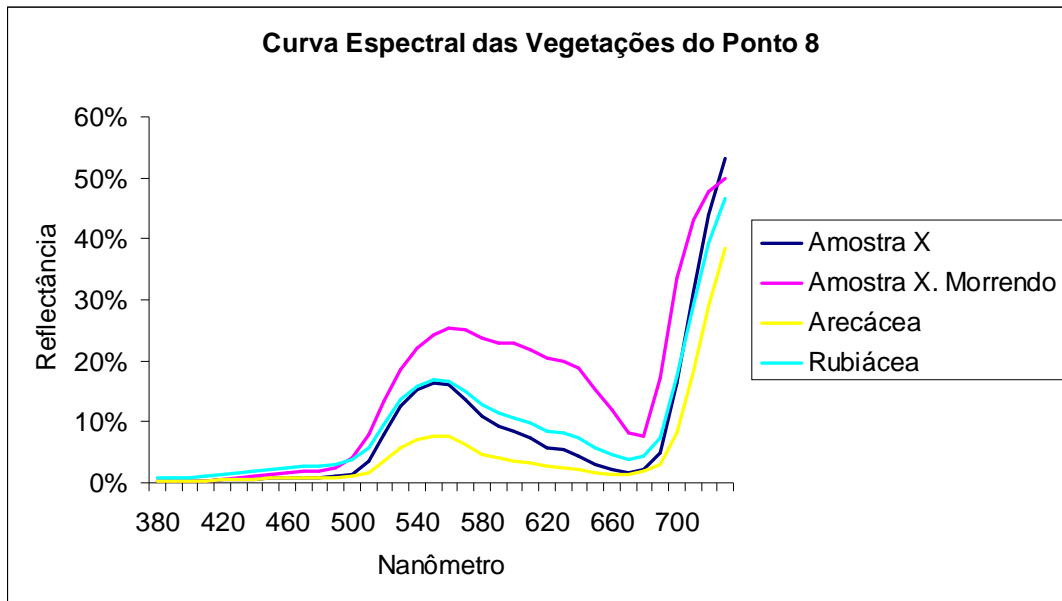


Figura 14 – Comportamento espectral das folhas coletadas no ponto 8.

A amostragem realizada no Ponto 08 foi constituída de 47 folhas distribuídas entre *Arecaceae* (popular Buriti) – 20 folhas, *Rubiáceae* – 20 folhas, além de uma espécie desconhecida definida como Amostra X – 6 folhas verdes e 1 quase seca.

Os resultados para a *Rubiáceae* e Amostra X, ficaram com a segunda maior média de reflectância, alcançando picos de aproximadamente 17%, e a menor intensidade registrada ocorreu nas folhas de *Arecaceae* com apenas 8%. As três primeiras famílias apresentaram valores semelhantes na faixa do infravermelho, com a *Arecaceae* mantendo a última posição (Figura 14).

A amostra X apresenta um comportamento espectral anômalo, provavelmente resultado da menor presença de pigmentos fotossintetizantes no seu tecido vegetal.

4.3 - Análise integrada dos tipos de vegetação.

A visualização integrada do comportamento espectral das unidades de vegetação foi obtida através da média aritmética dos grupos analisados.

Para construção da curva média total de cada grupo vegetal foi analisado um total de 184 folhas, seguindo a organização da tabela abaixo (Tabela 4).

Média Total – <i>Avicennia</i>	42 Folhas
Média Total – <i>Rhizophora</i>	29 Folhas
Média Total – <i>Laguncularia</i>	3 Folhas
Media Total – <i>Cyperaceae</i>	18 Folhas
Média Total – <i>Poaceae</i>	14 Folhas
Média Total – <i>Rubiaceae</i>	20 Folhas
Média Total – <i>Sesuvium</i>	13 Folhas
Media Total – <i>Anacardium</i>	10 Folhas
Média Total – <i>Arecaceae</i>	20 Folhas
Média Total – <i>Chrysobalanus icaco</i>	15 Folhas
TOTAL	184 Folhas

Tabela 3 – Total de folhas analisadas.

A análise estatística indica que os tipos vegetais amostrados podem ser individualizados com base em suas reflectâncias na faixa do comprimento de onda entre 500 e 580 nm (Figura 15).

A vegetação de manguezal apresentou os mais baixos índices de reflectância, representada pelas *Rhizophora* (~6%) e *Laguncularia* (~7%). Entretanto, dentro desta mesma unidade vegetal, *Avicennia* tende a apresentar níveis mais altos de reflectância (12%). A

vegetação de campo exibiu os mais altos valores: *Cyperaceae* (~20%), *Poaceae* (~12%), *Sesuvium* (~10%) e *Rubiaceae* (17%). A vegetação de restinga, *Anacardium*, Ajiru e *Arecaceae* mostrou comportamento intermediário, com os respectivos valores, 14%, 14% e 8%.

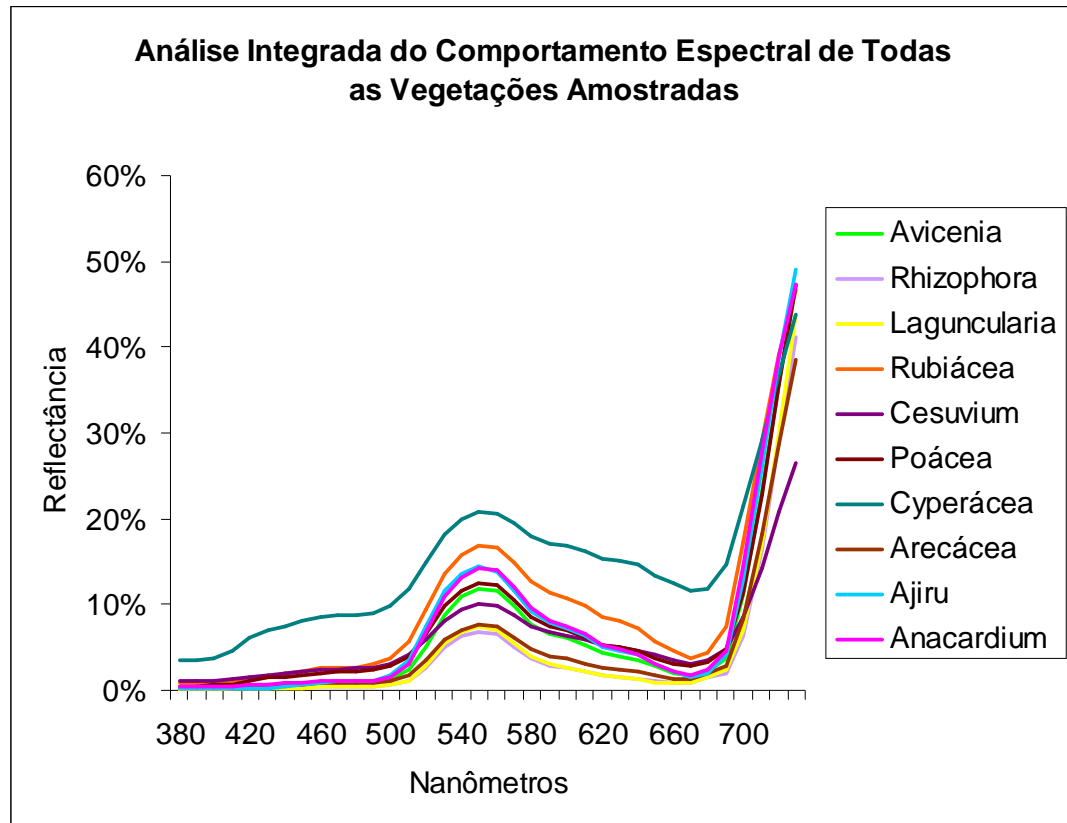


Figura 15 – Curvas espectrais de todas as vegetações amostradas.

4.4 - Análise por Unidade Vegetal

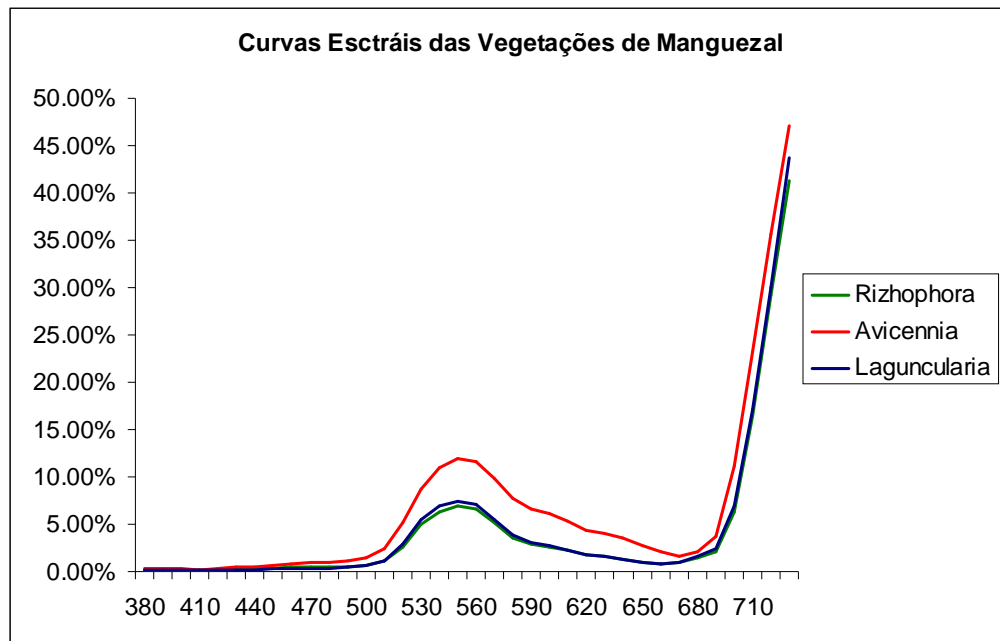


Figura 16 – Comparação entre o comportamento espectral das folhas em espécies de Manguezal.

As amostras de folhas de árvores típicas de manguezal totalizaram 74 folhas. A *Avicennia* apresentou os maiores valores de reflectância, seguida pela *Laguncularia* e por último a *Rhizophora* (Figura 16). Este resultado também obtido por Mochel e Pozoni (2007), explica as diferentes colorações que as folhas exibem. Sendo a *Avicennia* detentora de uma tonalidade verde mais clara, a reflectância (12%) no comprimento de onda correspondente a essa cor (530 – 580 nm) tende a ser alta.

Outros gêneros de manguezal tais como a *Laguncularia* e a *Rhizophora* já apresentam um aspecto mais escuro, característica de uma baixa reflectância na região do verde. Isto também pode ser função da intensa atividade fotossintética que essas plantas realizam, ou a presença de um número maior de pigmentos, como as clorofilas. Já para o infravermelho todas as amostras geraram resultados semelhantes.

4.5 - Comparação da Resposta Espectral entre as Folhas de Mangue e demais Espécies Coletadas

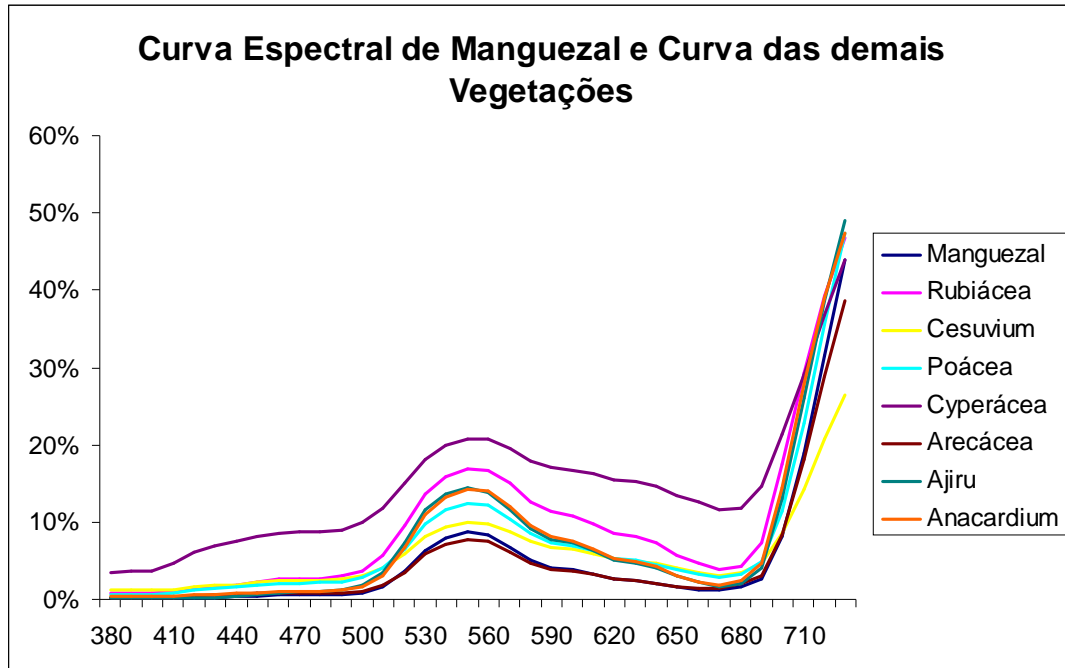


Figura 17 – Comparação entre o comportamento espectral das folhas de mangue e demais espécies coletadas.

Para a composição desse gráfico foi extraída a média de valores de reflectância das amostras de folhas do Mangue. Assim, comparativamente o manguezal apresenta baixos valores de reflectância, com a média de 8% na faixa do visível, enquanto que as folhas de *Cyperaceae*, vegetação típica de campos herbáceos, mostram valores de 20%. Por outro lado, os valores médios de reflectância, na faixa do visível, obtidos para as folhas de *Arecaceae*, palmeiras típicas de regiões de restinga, também atingem cerca de 8%, estando desta forma, muito próximos das médias dos manguezais, principalmente se esses manguezais forem dominados por *Rhizophora*. Entretanto, se as árvores de *Avicennia* predominam na área de mangue, os valores de reflectância serão bastante distintos em relação a vegetação de Restinga, sendo de 8 % para *Arecaceae* e de 12 % para *Avicennia* (Figura 17).

Segundo Ponzoni, 2002, essas características espectrais podem ser percebidas nas imagens orbitais. Em geral, a tonalidade exibida pelas áreas de mangue é mais escura, devido ao contato da vegetação com a água, o arranjo da copa das árvores e a diferença espectral entre suas folhas.

4.6 - Dados Espectrais Extraídos da Imagem Landsat 5 – Bandas 3, 4, 5

Na busca por uma melhor individualização principalmente da vegetação de manguezal e das sutis diferenças nos níveis de reflectância obtidos a partir de Imagens LANDSAT TM5. Valores de reflectância foram extraídos com o programa Spring visando a melhor caracterização e compreensão do perfil espectral das classes de Manguezal de Alta Reflectância e Manguezal de Baixa Reflectância. A aquisição da assinatura espectral destas classes é obtida através da seleção de pixels amostrais nas zonas da imagem que representam as classes de interesse.

No total foram extraídas 100 assinaturas espectrais, 50 para cada classe, totalizando 100 pixels diferentes. A obtenção das “assinaturas espectrais” nos permite visualizar para cada ponto amostral escolhido, a reflectância e o comprimento de onda, em cada uma das bandas que formam a imagem.

Os valores de reflectância obtidos passaram por análise estatística e o resultado está exposto sob forma gráfica na Figura de 16. Para a composição do gráfico foi extraída a media das reflectâncias e dos comprimentos de onda em cada banda da imagem Landsat.

Outra importante variável, a significância estatística, foi obtida por meio do tratamento estatístico (teste t) dos dados de reflectância e comprimento de onda, para as classes de Alta e de Baixa reflectância. Esta variável foi extraída com a intenção de confirmar ou não que estes grupos, são de fato, grupos estatisticamente distintos, baseado na comparação das características espectrais nas bandas 3, 4 e 5.

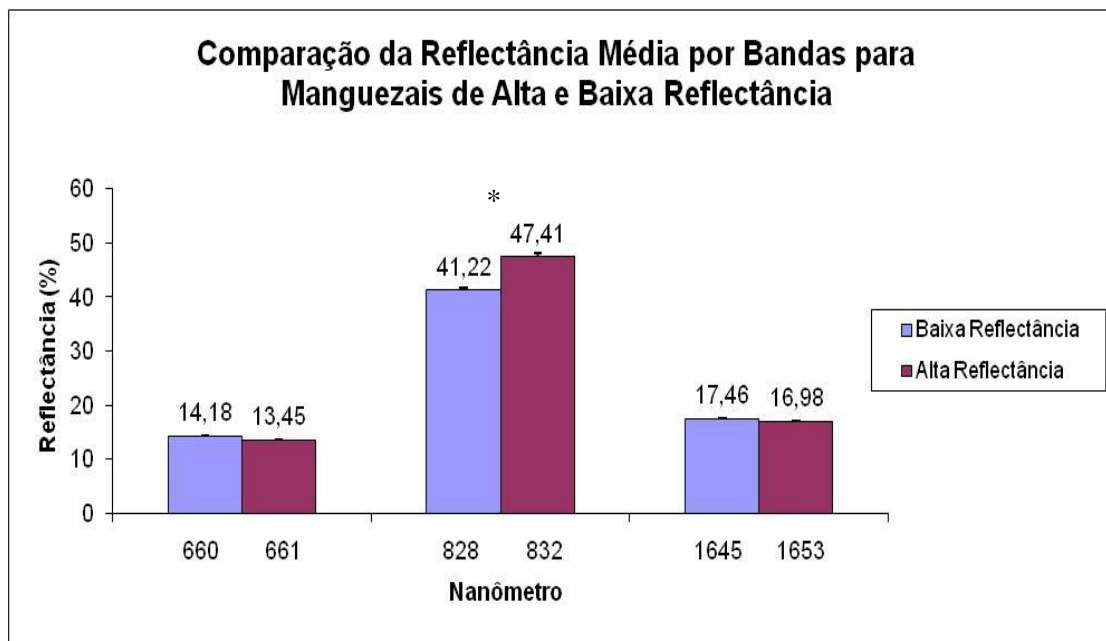


Figura 18 – Comparação da Reflectância Média por Bandas para os Manguezais de Alta e de Baixa Reflectância. (*p < 0,0001)

O resultado comparativo entre as classes de manguezal de Alta e de Baixa Reflectância mostrou que a banda 4 é a que melhor distingue as duas classes, apresentando respectivamente ~47 e 41 por cento de reflectância, corroborando com Ponzoni, 2001. Este resultado se representa comportamento padrão esperado para alvos vegetais, por ser a banda 4, dentro da composição 3, 4, 5 a maior responsável pela determinação pela resposta espectral da vegetação.

A análise estatística, através do teste-T dados independentes, comparando as classes de Alta e de Baixa reflectância e a resposta espectral para a banda 4, mostrou um nível de significância extremamente significativo, *p < 0,0001, indicando que de fato as Classes Temáticas Manguezal de Alta Reflectância e Manguezal de Baixa Reflectância, representam grupos vegetais com respostas espectrais distintas.

4.7 - Mapa Temático e Quantificação de Classes

As medidas de GPS obtidas durante a campanha na Península de Bragança, além dos dados adquiridos através das pesquisas já realizadas no local de estudo serviram de base para elaborar o Mapa Temático da Península de Bragança.

No Mapa Temático da Região (Figura 19), o comportamento espectral é fator principal na individualização de coberturas vegetais distintas, destacando-se a divisão da unidade de manguezais em Manguezais de Baixa Reflectância e Manguezais de Alta Reflectância.

O mapa em questão ilustra o domínio de uma densa cobertura de manguezais na faixa litorânea bragantina e em regiões adjacentes. A maioria das áreas internas é ocupada por vegetação de terra firme.

Na porção mais central da península apresenta domínios menores em extensão que os anteriores. Trata-se de Campos Herbáceos e uma grande porção já degradada, denominada no mapa como Área degradada. O primeiro domínio tem sua origem controlada por fatores naturais, essencialmente salinidade, que por ser muito elevada nesta porção da península, privilegia a existência de vegetações herbáceas tolerantes a elevada salinidade. Já o segundo domínio, a área degradada, é resultado da interferência humana no ambiente (COHEN; LARA, 2003).

Na tabela 5 estão quantificadas todas as classes temáticas existentes no mapa. Ao todo foram individualizadas 8 classes: Manguezais de Alta Reflectância, Manguezais de Baixa Reflectância, Campo, Terra Firme, Água, Bancos de Área Submersos, Bancos de Areia Emersos

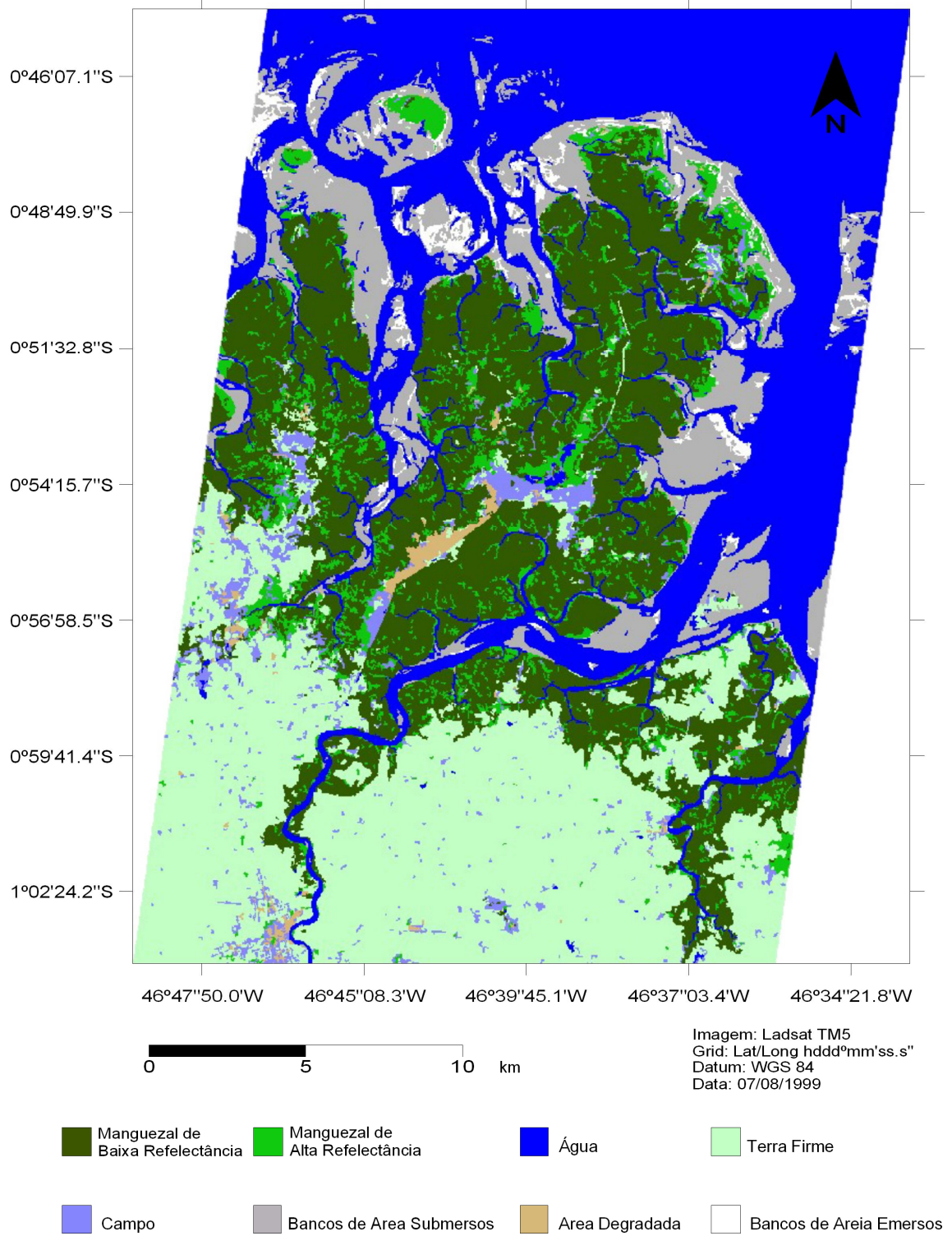


Figura 19 – Mapa Temático da Península Bragantina.

Classes	Áreas (km²)
Manguezal de Baixa Reflectância	220
Campo	24
Terra Firme	256
Manguezal de Alta Reflectância	47
Bancos de Areia Emersos	11
Bancos de Areia Submersos	84
Área Degradada	5
Água	325
TOTAL	972

Tabela 4 – Quantificação das Áreas individualizadas.

5 - CONCLUSÃO

Valores de refletância obtidos a partir de imagens de satélite e diretamente das folhas de diferentes unidades de vegetação na Península de Bragança permitiram comparar as características espectrais de diferentes vegetações litorâneas. Os dados permitiram caracterizar os grupos de vegetação com base em suas refletâncias (Figura 15). As unidades campo herbáceo, terra firme e manguezal apresentaram valores de refletância em faixas facilmente identificáveis nas imagens de satélite. Porém, o manguezal apresentou uma clara variação nos níveis de refletância. Os setores, aparentemente, topograficamente mais altos apresentaram valores de refletância maiores do que os setores mais baixos. Considerando os valores de refletância maiores das folhas de *Avicennia* (figura 16) do que as de *Rhizophora* é razoável levantar a possibilidade de que essa diferença espectral estar sendo captada pelos sensores remotos responsáveis pela composição das imagens de satélite. Essa hipótese merece uma futura investigação através de novas visitas estrategicamente escolhidas com base no mapa de refletância.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, A. G. *Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia Oriental através de videografia aerotransportada e imagens Landsat 7 ETM+*. (2004). INPE, São José dos Campos, 2004.
- ASRAR, G. *Theory and applications of optical remote sensing*. New York: John Wiley, abr., 1989.
- BALL, MC. **Comparative ecophysiology of mangrove forest and tropical lowland moist rainforest**. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smith AP (eds) *Tropical forest plant ecophysiology*. Chapman and Hall, New York, pp 461–496, 1996.
- BALL, M.; PIDSLEY, SM. **Growth responses to salinity in relation to distribution in two mangrove species, *Sonneratia alba* and *Sonneratia lanceolata*, in northern Australia**. *Funct Ecol* 9:77–85, 1995.
- BATISTA, G.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; LAWRENCE, W.T. **New approach for deforestation assessment**. *INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON RESOURCE AND ENVIRONMENTAL MONITORING*. v. 30. Rio de Janeiro: ISPRS, 1994. p. 170-174.
- BURCHETT, MD.; CLARKE, CJ.; FIELD, CD.; PULKOWNIK A. **Growth and respiration in two mangrove species at a ranges of salinities**. *Physiol Plant* 75:299–303, 1989
- CHAPMAN, V.J. *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*. New York: Interscience Publishers, 1960.
- CLOUGH, BF.; **Growth and salt balance of the mangroves, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity**. *Aust J Plant Physiol* 11:419–430, 1984
- COHEN, M.C.L.; LARA, R.J. **Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazônia: application of GIS and remote sensing techniques**. *Wetlands Ecology and Management* [S.I.], v. 11, p. 223-231, 2003.
- COHEN, M.C.L.; LARA, R.J.; RAMOS, J.F.F.; DITTMAR, T. **Factors influencing the variability of magnesium, calcium and potassium in waters of a mangrove creek in Bragança, North Brazil**. *Mangroves and Salt Marshes* [S.I.], v. 3, p. 9-15, 1999.
- COHEN, M.C.L.; SOUZA FILHO, P.; LARA, R.; BEHLING, H.; ANGULO, R. **A model of Holocene mangrove development and relative sea-level changes on the Bragança Peninsula (northern Brazil)**. *Wetlands, Ecology and Management* [S.I.], v. 13, p. 433-443, 2005.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

DITTMAR, T. & LARA, R. J. **Driving Forces Behind Nutrient and Organic Matter Dynamics in a Mangrove Tidal Creek in North Brazil.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (2001) 52, 249–259, 2000

DOWNTON, WJS. **Growth and osmotic relations of the mangrove, *Avicennia marina*, as influenced by salinity.** *Aust J Plant Physiol* 9:519–528, 1984

DUKE, NC.; BALL, MC.; ELLISON, JC. **Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves.** *Global Ecol Biogeogr Lett* 7:27–47, 1998

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. . **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia.** *Acta Amazônica* [S.I.], v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998.

FONSECA, L.M.G.; LOPES, E.S.S.; YAMAGUCHI, F.Y.; VINHAS, L. **Processamento Digital de Imagens. Tutorial para cursos.** São José dos Campos: INPE, 2000.

GATES, D.M.; KEEGAN, J.H.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V.R. **Spectral properties of plants.** *Applied Optics*, 1965. p. 11-20.

GONZALES, R.C.; WINTZ, P. **Digital image processing.** New York: Addison-Wesley, 1987.

GORNITZ, V. **Global coastal hazards from future sea level Rise. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.** *Global Planetary Change Section* [S.I.], v. 89, p. 379-398, 1991.

HANSON, K.; MAUL, G. **Analysis of the historical meteorological record at Key West, Florida (1851-1986) for evidence of trace gas induced climate change.** In: MAUL, G. (Ed.). *Implication of climatic changes in the wider Caribbean Region. Unep/IOC regional task team report*, 1989. p. 63-71.

HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., ZHU, J.-K., BOHNERT, H.J. **Plant cellular and molecular response to high salinity.** – *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant mol. Biol.* 51: 463-499, 2000.

KJERFVE, B.; LACERDA L.D. **Mangroves of Brazil** *Conservation and Sustainable Utilization of mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. Part I - Latin America.* Okinawa, Japan: ITTO/International Society for Mangrove Ecosystems, 1993. p. 245-272.

LUGO, A. E.; SNEDACKER, S. C. **The ecology of mangroves.** *Annual review of ecology and systematics* [S.I.], v. 5, p. 39-64, 1974.

MATNI, A. S.; MATNI, M. P. M.; MEHLIG, U. **Estrutura dos bosques de mangue da península de Bragança, Pará, Brasil.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais* [S.I.], v. 2, p. 45-54, 2006.

MCKENNA, H. **Anatomy of a Leaf.** *Leaf_anatomy.svg*, 2007. Disponível em:<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Leaf_anatomy.svg>. Acesso em: 04/10/2008.

MOCHEL, F. R.; PONZONI, F. J. **Spectral characterization of mangrove leaves in the Brazilian Amazonian Coast: Turiaçu Bay, Maranhão State.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências* [S.I.], v. 79, n. 4, p. 683-692, 2007.

MOREIRA, M. A. **Noções Básicas sobre vegetação e sua interação com a radiação solar.** In: UFV (Ed.). *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*, 2003.

NASCIMENTO, P. S. DE R. **Avaliação de técnicas de segmentação e classificação por regiões em imagens Landsat-TM visando o mapeamento de unidades de paisagem na Amazônia.** (1997). INPE, São José dos Campos, 1997.

PARIDA, AK.; DAS, AB.; MITTRA, B. **Effects of NaCl stress on the structure, pigment complex composition and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts.** *Photosynthetica* 41:191-200, 2003

PEZESHKI, SR.; DE LAUNE, RD.; PATRICK, WHJR. **Differential response of selected mangroves to soil flooding and salinity: gas exchange and biomass partitioning.** *Can J For Res* 20:869-874, 1990

PONZONI, F.J. **Comportamento Espectral da Vegetação.** In: UNB (Ed.). *Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais*. Brasília-DF, 2001.

_____. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica.** (2002). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INP, São José dos Campos, 2002.

PONZONI, F.J.; GONÇALVES, J.L.M. **Caracterização espectral de sintomas relacionados às deficiências de nitrogênio (N), fósforo (P) e de Potássio (K) em mudas de *Eucalyptus saligna*.** (1997). INPE, São José dos Campos, 1997.

SOUZA FILHO, P.W.M. **A planície costeira bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno.** (1995). 122 f. (Msc) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

_____. **Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, Norte do Brasil.** (2000). 523-526 f. (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. **Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira Bragantina, nordeste do Pará, Brasil.** *Geonomos* [S.I.], v. 4, n. 2, p. 1-16, 1996.

SZLAFSZTEIN, C.F.; LARA, R.J.; COHEN, M.C.L. **Coastal management: some studies of the past and present of the Bragança region (Pará, Brazil). The MADAM project.** *J. Int. Environ. Creation* [S.I.], v. 2, p. 132-139, 2000.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves.** Cambridge University Press, 1986.