

# **Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) Empregando Técnicas de Sensoriamento Remoto**

Helia del Carmen Farias Espinoza<sup>1</sup>  
Mônica Maria Pereira Tognella de Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Itajaí, Rua Uruguai 458, centro Itajaí – SC, CEP 88301-202  
helia@univali.br

<sup>2</sup> Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Universidade Federal do Espírito Santo

**Abstract.** The Marine Extractive Reserve of Pirajubaé (REMP) is a pilot area located within the mosaic comprised of the coastal and marine units of Santa Catarina. The aim of this study was to interpret the processes of colonization of the Rio Tavares Mangrove, as a support for environmental management decisions. The methodology used was based on a temporal analysis (1957 – 2007) of the Rio Tavares Mangrove, using remote sensing techniques, together with an adaptation of the process of Rapid Ecological Assessment (REA) of a land area or region, and GIS technology. A flexible, accelerated survey was carried out, focusing on the species of the mangrove found in the Reserve, using a combination of images from the remote sensing, aerial photographs, data collected from the field, and visualization of spatial information, to generate useful information based on photographic records of the study area, for use in conservation planning at various levels. The Rio Tavares mangrove has a homogenous appearance in terms of vegetal cover, with a predominance of the species *Avicennia schaueriana*, as was observed in this study, when the vegetation index classifications (NDVI) were generated, supported by the field studies. The processes of colonization of the clearings is highlighted, which requires further study and has a separate dynamic of occupation, with different speeds. The methodology also compartmentalized the area into four polygons, which were studied separately, presenting different characteristics in each, particularly in the comparison by area, number of clearings, and their outer edges.

**Palavras-chave:** Mangrove, classification and NDVI, mangue, classificação e índice de vegetação

## **1.Introdução**

Se observamos a zona costeira ao longo da linha de costa tropical e subtropical do planeta em locais protegidos, sob influência de salinidade, controlado por fluxos de rios e marés, por taxas de sedimentação e de evaporação, além de fatores geomorfológicos encontraremos “os manguezais” Dawes (1998).

Os manguezais são locais de transição entre os ambientes marinho e terrestre. Geralmente, encontram-se associados às margens de baías, enseadas, desembocaduras de rios, barras, lagunas ou locais onde existe encontro de águas de rios com as dos mares ou expostos no litoral (linha de costa), protegidos pelos recifes de corais.

O Manguezal do Rio Tavares é um importante ecossistema que faz parte da Reserva extrativista Marinha de Pirajubaé ( Decreto Nº 533 de 20 de maio de 1992). Segundo Pereira (1999), a Reserva Extrativista de Pirajubaé foi criada com o objetivo principal de conservar o estuário do Rio Tavares e assegurar o desenvolvimento socioeconômico da população que tradicionalmente explorava os recursos da região. A principal atividade exercida na reserva é o manejo sustentado do molusco berbigão, cuja reprodução estava sendo ameaçada pela extração desordenada. Segundo o decreto a área da reserva compreende 700 ha. localizada no interior da baía (Baixio da Tipitinga) e 740 ha. que corresponde ao manguezal, sendo este o segundo maior em superfície na Ilha de Santa Catarina e considerado como o mais preservado, daqueles localizados na área urbana.

Segundo Souza *et al.* (1993) a constituição de um ecossistema de manguezal é muito variada e, atualmente, tem uma importância econômica e ecológica muito grande, pois fornece bens que garantem moradia, alimentação e proteção ao homem. Dele são obtidos bens como: madeira, tanino, caranguejos, peixes, aves migratórias, além de outros benefícios.

A grande quantidade de informações geradas num planejamento conservacionista requer uma fonte de coleta e manipulação de informações que seja ágil e de custo relativamente baixo. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em conjunto com o Sensoriamento Remoto (SR) podem ser usados para acessar variáveis espaciais e temporais, proporcionando melhor integração e organização dos dados, avaliação e prognóstico de problemas com auxílio de modelos matemáticos de simulação (Petersen *et al.*, 1991).

A partir da segunda metade da década 90 foram colocados em órbita novos sistemas, com alta resolução espacial, buscando superar algumas limitações das imagens adquiridas por outros satélites. Na categoria de alta resolução encontramos as imagens do IKONOS e do QuickBird. A comparação entre eles já foi utilizada para mapear áreas de vegetação de mangue (Wang *et al.*, 2004). Primeiro, a comparação foi feita banda a banda examinando a estatística espectral, logo a rugosidade e textura foi usada para comparar as espécies. Na classificação supervisionada utilizando MAXVER, os autores mostraram que a discriminação espectral das bandas multiespectrais do IKONOS II foi melhor que a do QuickBird e a inclusão da banda pancromática não teve efeito na acurácia para ambos.

Leprieur *et al.* (1994) e Elvidge e Chen (1995) definiram os índices de vegetação como formulações empíricas, que visam realçar o contraste espectral da vegetação. Essa técnica de processamento digital de imagens é frequentemente uma operação de razão simples entre bandas (Infravermelho-próximo/vermelho) ou o índice normalizado de vegetação (NDVI) que segundo Huete (1988), utiliza as bandas com maior variância, a fim de destacar um determinado objeto de cena. Quanto maior o valor dos índices de vegetação, maior a probabilidade do alvo ser uma vegetação verde. Isto ocorre porque a vegetação verde e saudável absorve a radiação na faixa do vermelho e possui alta reflectância na região do infravermelho-próximo. Os dados de SR têm sido difundidos amplamente, assimilados e utilizados para mapeamentos temáticos. Para Congalton (1988) e Congalton e Green (1999), os mapas produzidos por meio do SR dependem da qualidade da informação da qual são derivados.

No manguezal do Rio Tavares foram realizados diversos estudos envolvendo a análise da estrutura vegetal, tendo sido aquele desenvolvido por Souza Sobrinho *et al.* (1969) o pioneiro. Posteriormente, outros estudos foram desenvolvidos na análise estrutural com diferentes enfoques, tais como Souza *et al.* (1994); Tognella - De - Rosa (2000), Vizinho (2000).

Em relação a utilização de tecnologia da informação, Lugli (2004) elaborou mapas temáticos onde realizou a avaliação da ocupação de um das clareiras existentes no manguezal do Rio Tavares ao longo de uma série temporal de análise de fotografias aéreas. Posteriormente, Oliveira (2005) e Schallenberger (2006) avançaram no emprego da tecnologia de informação e de GPS, realizando avaliações georeferenciadas ao longo de todo o manguezal do Rio Tavares. Estes estudos, associados ao de Lugli (2004) tiveram o suporte técnico destes autores já com intuito de elaborar estudos mais complexos empregando tecnologia SIG que pudessem subsidiar planos de manejo.

A associação de dados ecológicos pretéritos com a tecnologia de informação permite diagnosticar ações de gestão. As informações obtidas em campo e interpretadas sob a ótica da análise de imagens aéreas contribuem para a avaliação pretérita de séries temporais, permitem reconhecer padrões ecológicos e associá-los aos eventos climáticos e, conseqüentemente, ter suporte para projeções de comportamento ecológico futuro.

## **2. Metodologia**

O manguezal do Rio Tavares localiza-se na Baía Sul (figura 1), ao sul da zona central do município de Florianópolis, na ilha de Santa Catarina na costa Sudoeste, sendo cortado quase que ao meio pela rodovia SC-401.

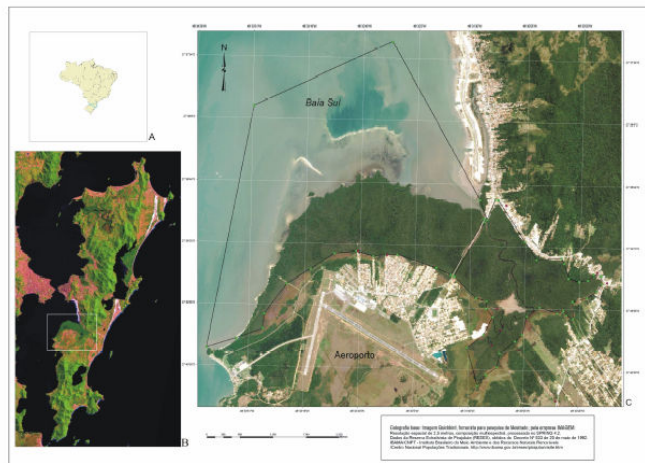


Figura 1: Área de Estudo com sua localização no Brasil (a) e na Ilha de Santa Catarina (b). Área delimitada corresponde ao posicionamento dos limites da RESEX do Pirajubaé (c).

Como primeiro passo foram escolhidas as fotografias aéreas correspondentes aos anos de 1957, 1978, 1998 e selecionadas aquelas que possuíam uma cobertura melhor da área de estudo para gerar os mosaicos. Também foram obtidas fotografias de outras datas, mas o critério de escolha foi o intervalo de 20 anos entre as fotografias, onde seria possível identificar mudanças na cobertura vegetal.

Para o ano de 1957, foram utilizadas duas fotos (Aerofoto Cruzeiro), pancromáticas escala 1:25.000; para o ano de 1978, foram empregadas duas fotos (CELESC), pancromáticas e escala 1:25.000; e para 1998, foram usadas três fotos (CELESC), pancromáticas e escala 1:15.000. As imagens de satélite correspondem aos anos de 2002 (registro no dia 20 de novembro) e 2007 (registro no dia 29 de março). São imagens obtidas pelo satélite QUICKBIRD. Imagens de satélite com esta apurada resolução espacial permitem uma melhor interpretação das informações além da possibilidade de conferir no campo de forma mais detalhada a composição da vegetação.

Antes de iniciar a escolha da base cartográfica, foram analisados os produtos preexistentes (imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas). Os seguintes aspectos foram considerados nessa análise, pensando na combinação de informações a diferentes escalas que serão utilizadas:

- a- O ano de obtenção: em função da dinâmica de crescimento, os produtos podem representar realidades muito diferentes da atual. No caso deste projeto foi escolhida a imagem de satélite de 2002, por ser o produto que cobria toda a área de estudo, já estava ortorretificada e georreferenciada além de ser mais próxima da data atual. A imagem correspondente ao ano de 2007, somente foi adquirida quando o projeto estava em estado bem avançado. Existiam também fotografias aéreas de 2004, mas as diferenças com a imagem de 2002 eram mínimas;
- b- O sistema de coordenadas e o DATUM: se os produtos tivessem apresentado sistema de coordenadas diferentes da UTM e DATUM que não seja o SAD-69, seria necessária uma transformação em software especializado antes de tentar aproveitar esses produtos. No caso do presente projeto a base escolhida apresentou o sistema de coordenadas adequado;
- c- A escala: escalas inadequadas, além de prejudicar a precisão, podem impedir o uso de geotecnologias como Sistemas de Posicionamento Global (GPS). Fotografias aéreas não podem apresentar escalas menores a 1:10.000 em áreas adensadas e 1:25.000 em áreas rurais. No caso específico deste projeto foram utilizadas fotografias de escalas iguais ou maiores a escala 1:25.000; e

d- A apresentação e estado dos produtos: fotografias e mapas analógicos devem ser escaneados, o que demanda maiores custos sem garantir, muitas vezes, a precisão necessária. Neste projeto, as fotografias aéreas foram escaneadas, utilizando-se 500 dpi como resolução do arquivo digital obtido das imagens.

O transporte da imagem de satélite (Quickbird, obtida em 20 de novembro de 2002) foi realizado utilizando a ferramenta TIFF/GEOTIFF existente no menu do sistema SPRING. Em seguida foi elaborado um banco de dados e o projeto dentro do sistema. Para em seguida armazenar as imagens que serão processadas e analisadas pelo Sistema de Informações Georreferenciadas SPRING. Este banco contém os planos de informação para as categorias imagem e mapeamento temático, representando as bandas espectrais de interesse. As categorias definidas foram vegetação (onde era possível identificar Manguezal, clareiras (áreas dentro do manguezal sem cobertura vegetal), outras vegetações. Também foram definidos outros temas (categorias) e elaborados outros planos de informação que contém rodovias, rede de drenagem, aeroporto, saídas de campo, linha de maré, área urbana, parcelas, etc.

A georreferência ou registro das fotografias aéreas compreendeu uma transformação geométrica que relacionou as coordenadas das fotografias (linha, coluna) com as coordenadas do sistema de referência da imagem de satélite, que foi utilizada como base cartográfica (imagem de satélite de 2002). Este procedimento foi realizado dentro do sistema SPRING, usando pontos de georreferência reconhecidos na imagem e distinguidos na fotografia aérea. Utilizando uma transformação de segunda ordem, as fotografias aéreas foram levadas ao sistema de coordenadas da imagem. O georreferenciamento foi comprovado pela aquisição de uma gama de pontos no campo, obtidos em diferentes situações e locais, ao longo de vários anos de estudos realizados na área. Esses dados de posicionamento foram obtidos em campo, empregando-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), marca Garmin 12 XL, além da utilização dos pontos cedidos pelo Departamento de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), localizado no Aeroporto Hercílio Luz, esses pontos correspondem as cabeceiras do aeroporto.

Para comparar a vegetação e seu estágio de desenvolvimento, foram classificados os mosaicos digitalmente, utilizando para isto o sistema SPRING 4.2. A classificação dos mosaicos foi realizada de acordo com o seguinte algoritmo: - Máxima Verossimilhança (MAXVER) – sistema classificador supervisionado por pixel, onde mostras previamente selecionadas são utilizadas para o treinamento do classificador. Esta classificação considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis de cinza das classes.

Uma vez classificado o mosaico, foram geradas as hierarquias que passaram a constituir os mapas de vegetação que apresentam as categorias de alta densidade, média densidade, baixa densidade, clareiras e água para cada ano analisado.

Para analisar as imagens de satélite e aproveitando a vantagem da existência de quatro bandas para cada imagem (2002 e 2007), sendo três no visível e, especificamente, uma delas no vermelho; e uma banda no infravermelho próximo, aplicou-se o índice de vegetação que é uma combinação aritmética simples baseada no contraste entre as respostas espectrais da vegetação na região do vermelho e do infravermelho próximo. Índices de vegetação podem ser entendidos como razões matemáticas entre bandas. Um dos índices de vegetação amplamente utilizado em análises da vegetação é o chamado NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O índice de vegetação da diferença normalizada utiliza uma combinação das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, de acordo com EASTMAN (1998), e é expresso como a diferença entre a banda do infravermelho próximo (IVP) e vermelho (VER), normalizada pela soma das bandas, o NDVI é definido pela seguinte fórmula:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$$

Onde:

IVP: resposta espectral do pixel na banda do infravermelho próximo (banda 4); e  
 V: resposta espectral do pixel na banda do visível (banda 3).

A partir da determinação dos índices foi realizada a classificação empregando para isso avaliação das espécies presentes e das vegetações associadas. Os índices foram classificados em 5 classes. Representando as espécies de mangue e vegetações associadas.

Uma vez obtido o índice de vegetação, procedeu-se ao processo de mascarar a imagem de satélite deixando somente visível a área correspondente a vegetação de mangue. Este procedimento foi realizado para melhorar a interpretação dos dados analisados.

### 3. Resultados e Discussão

Utilizando a classificação supervisionada descrita na metodologia foram obtidos os mapas temáticos correspondentes a os mosaicos de 1957 e 1978. Estes mapas temáticos permitiram afinar a área das clareiras, obtidas nas primeiras observações, como dividir as áreas para os mosaicos, em áreas de alta densidade, densidade média e densidade escassa de vegetação. Para o ano de 1957, o polígono 1 apresentou uma área de 122,78 hectares para mangue denso, de 166,50 hectares para mangue com densidade média e de 62,94 hectares para mangue com escassa densidade. A classe Clareiras alcançou 8,34 hectares, a classe outra vegetação teve associada a 53,8 hectares (tabela 1). Para o ano de 1978, a classificação apresentou os seguintes resultados: O polígono1 apresentou uma área de 196.075 hectares para mangue denso, 171,38 há para mangue de cobertura média e 47.37 há para escassa densidade, a área de clareiras diminuiu a aproximadamente 3 hectares e as área com outras vegetações ficou abaixo do esperado, isto provavelmente porque a vegetação se tornou mais homogênea. A classificação do mosaico de 1998 não será apresentada pois sua qualidade é muito inferior a dos anos anteriores, além de apresentar um erro na classificação superior ao aceitável.

Tabela 1: Classificação dos mosaicos fotográficos (polígono 1)

Ano	Mangue maior densidade	Mangue densidade média	Mangue com pouca densidade	clareiras	Outra vegetação	Área sem classificar	Total (há)
1957	122,78 ha	166,5 ha	62,94 ha	8,33 ha	53,80 ha	3,29 ha	417,64
1978	196,075 ha	171,38 ha	47,37 ha	2,97 ha	0,04 ha	0,96 ha	418,8

A tabela 2 apresenta a mesma descrição do bosque para o polígono 2. Observa-se claramente a diminuição da categoria clareiras.

Tabela 2: Classificação dos mosaicos fotográficos (polígono 2)

Ano	Mangue maior densidade	Mangue densidade média	Mangue com pouca densidade	clareiras	Outra vegetação	Área sem classificar	Total (há)
1957	27.30 ha	55.82 ha	13.33 ha	21.62 ha	9.87 ha	2.9 ha	130.84
1978	33.13 há	40.15 ha	36.62 ha	10.91 ha	0.34 ha	3.53 ha	124.68

Os dados analisados do polígono 3 estão descritos na tabela 3, demonstrando o mesmo comportamento observado para a análise do compartimento 1, aumento da densidade.

Tabela 3: Classificação dos mosaicos fotográficos (polígono 3)

Ano	Mangue maior densidade	Mangue densidade média	Mangue com pouca densidade	clareiras	Outra vegetação	Área sem classificar	Total (há)
1957	37,75 ha	43,03 ha	13,24 ha	4,35 ha	12,70 ha	2,58 ha	113,65
1978	75,40 há	23,20 ha	4,30 ha	0,60 há	0,8 há	-----	104,3

O polígono 4 apresentou um comportamento diferente dos demais compartimentos estudados, quando se considera a comparação entre os anos de 1957 e 1978.

Tabela 4: Classificação dos mosaicos fotográficos (polígono 4)

Ano	Mangue maior densidade	Mangue densidade média	Mangue com pouca densidade	clareiras	Outra vegetação	Área sem classificar	Total (há)
1957	43,15 ha	29,6 ha	2,50 ha	0,30 ha	1,0 ha	-----	76,55
1978	5,98 ha	14,95 ha	33,89 ha	4,91 ha	1,35 ha	9,59 ha	70,05

É notável a diminuição das clareiras do polígono 2 para os anos analisados passando de quase 22 hectares em 1957 para 11 hectares em 1978. É importante observar que neste polígono se encontra a maior clareira da área de estudo segundo Lugli (2004). Existe um percentagem de pixels que não foi possível classificar por este método na maioria das áreas analisadas. Este percentagem foi convertido a hectares e foi denominado como “área sem classificar”.

As tabelas 1, 2, 3 e 4 demonstram a evolução da cobertura vegetal nos diferentes mosaicos fotográficos utilizados. Os polígonos 1 e 3 (tabelas 1 e 3) caracterizam o processo evolutivo onde observa-se o incremento na estrutura do bosque, isto é, as árvores adquirem maior diâmetro, maior altura, maior copa, conseqüentemente diminui o espaçamento entre os indivíduos. Entretanto, os polígonos 2 e 4 (tabelas 2 e 4) não apresentam a mesma característica, ao contrário, pode-se identificar alterações na estrutura que levam a uma diminuição no porte e na densidade dos indivíduos. A dificuldade em aferir impactos pretéritos nos leva a sugerir que o corte da vegetação pode ser um indicativo do stress ao que o bosque esteve sujeito permitindo a substituição de espécies. Assim a classificação dos mosaicos fotográficos de 1957 e 1978 possibilitou a observação da densidade da cobertura vegetal, verificar como ela foi se tornando mais homogeneizada ao longo dos anos.

Nas imagens de satélite de 2002 e 2007 foi aplicado como explicado na metodologia o índice de vegetação, analisando-se os resultados somente para o polígono 1, tendo em vista que a imagem de satélite de 2007 tem cobertura parcial para os polígonos 2, 3 e 4 (tabela 5).

Tabela 5: Índice de Vegetação para imagem de 2002 e 2007 (Polígono 1)

Ano	NDVI <i>Laguncularia</i>	NDVI <i>Avicennia</i>	NDVI <i>Rhizophora</i>	NDVI Clareiras	NDVI <i>Outra</i>	Área sem classificar	Total (ha)
2002	137,26 ha	262,19 ha	6,28 ha	2,28 ha	12,57 ha	0,05 ha	420,63
2007	80,84 ha	306,31 ha	24,075ha	3,23 ha	8,44 ha	1,68 ha	424,58

É possível apreciar a dominância da espécie *Avicennia* para ambos os anos, e a diminuição da área de *Laguncularia* em 2002 a 2007, com o consequente aumento de *Rhizophora*. Bigarella (2001), em seu trabalho, também verifica a dominância absoluta da *Avicennia* sobre as demais espécies na paisagem do manguezal localizadas na região sul do país. Afirmando que poucos foram os exemplares de *Rhizophora* observados. Segundo Soriano-Sierra *et al.* (1986), os manguezais do rio Itacorubi, em Florianópolis (SC), são compostos predominantemente por *A. schaueriana*, que apresentou a maior densidade de indivíduos adultos. Os estudos realizados por Oliveira (2005) encontram valores de densidade de indivíduos, além de altura e diâmetro maiores que aqueles relatados para os bosque do manguezal do Itacorubi. Para Silva *et al.* (2005), o gênero *Avicennia* é considerado o mais tolerante ao estresse ambiental, podendo ser encontrado dominando substratos altamente salinos ou em áreas sujeita a baixa temperatura, no entanto, é capaz de atingir melhor desenvolvimento estrutural em baixas salinidades, em locais livres de distúrbios ambientais induzidos pelo homem. Recomenda-se desta forma estudos onde NDVI em manguezais possam ser aplicados. Permitindo comparar áreas e desta forma, corroborar a técnica como uma ferramenta de suporte na análise de dados pretéritos em vegetação de mangue.

Carine *et al.* (2006) e outros autores elaboraram uma relação entre as características do ambiente e os tipos de mangue predominante, chegando a estabelecer uma relação entre: solo instável - Mangue Vermelho (*Rhizophora mangle*), salinidade alta - Mangue preto (*Avicennia schaueriana*) e influência da maré - Mangue Branco (*Laguncularia racemosa*). Neste trabalho é possível identificar que a espécie dominante (*Avicennia schaueriana*), estabelece-se fortemente na franja antecedida de *Spartina alterniflora*. E predomina em todo o manguezal, independente do teor de salinidade. Aparentemente, a definição realizada por esses autores não é passível de ser aplicada em todos os manguezais, devendo ser empregada com cuidado para não estabelecer generalizações.

#### 4. Conclusões

Este trabalho apresentou os resultados iniciais de uma análise multi-temporal sobre a Reserva Extrativista Marinha de Pirajubaé – Manguezal do Rio Tavares para o período de 1957 e 2007. A análise quantitativa pelo cálculo de áreas classificadas não pôde ser considerada isoladamente como parâmetro de avaliação de atividade antrópica sobre este ambiente. Ao sobrepor as classificações dos mosaicos fotográficos e as classificações do NDVI das imagens, foi possível caracterizar as principais alterações do período, num nível geral (homogeneização da vegetação), e em particular do aumento aparente das áreas com *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*.

A abordagem de sobreposição espacial, para identificar as áreas de progradação e diminuição dos manguezais, pode ser considerada como um dos principais produtos deste trabalho, pois permite definir alguns planejamentos à respeito de estudos futuros, como a medição e acompanhamento dos bancos de *Spartina*, e da taxa de sedimentação.

A comparação quantitativa, em termos de área, permitiu um mapeamento dos locais que sofreram alteração durante o período considerado.

Finalizando, esquematicamente para o manguezal do Rio Tavares na ilha de Santa Catarina, podemos realizar seguinte caracterização: *Avicennia* - Dominante; *Laguncularia* - Média; *Rhizophora* - Mínima.

#### 5. Agradecimentos

Ao projeto Baía Sul da UNIVALI, que permitiu as saídas de campo, e a compra de imagem de satélite. À Empresa IMAGEM na pessoa do Sr. Charles Martins, pela doação da imagem de 2002 do satélite Quickbird. À INFRAERO pelos pontos GPS da cabeceira do aeroporto, importantíssimos no processo de Georreferenciamento dos dados.

## 6.Referencias

- Carine S.; Leite, E.; Pitteri, H.; Martuscelli, J.; Machado, P. Caracterização Morfofisiológica do Manguezal de Cananéia – SP 2006 **Environmental and Health World Congress (EHWC)**. July 16 - 19, 2006, Santos, BRAZIL.
- Congalton, R. G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 5, p. 593-600, May. 1988.
- Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.
- Dawes, C. J. 1998. Marine Botany. 2nd Ed. Wiley Interscience publication. 480 pp.
- Elvidge, C. D.; Chen, Z. Comparison of broad band and narrow-band red and nearinfrared vegetations indices. **Remote Sensing Environment**, v.54, n.1, p. 38-48, 1995.
- Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n.3, p. 295-309, 1988.
- Leprieur, C., Verstraete, M. M., Pinty, B. Evaluation of the performance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, p. 265-284, 1994.
- Lugli, D.O. **Caracterização Ecológica do Apicum do Manguezal do Rio Tavares, Florianópolis, Santa Catarina**. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Itajaí. Programa Mestrado Acadêmico em Ciência e Tecnologia Ambiental.139 p.
- Oliveira, R. G. Interpretação do processo de Colonização do Manguezal do Rio Tavares por análise da estrutura de diferentes bosques.Trabalho de conclusão de curso, Centro de Educação de ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – UNIVALI, 2005.
- Petersen, G. W.; Nielson, G.A.; Wildiing, L.P. Geographic information systems and remote sensing in land resource analysis and management. **Suelo y Planta**, v.1 n. 1, pp. 531-543. 1991.
- Silva, M.A.B.; Bernini, E.; Carmo, T.M.S. *Structural characteristics of the mangrove forests at São Mateus River Estuary, Espírito Santo State, Brazil*. **Acta Botanica Brasílica**, 2005, vol.19, n. 3, ISSN 0102-3306.
- Soriano-Sierra, E.J. ; Silva, J. R. B. M. ; Derner, R. B. ; Branco, J. O. Aspectos ecológicos do manguezal do Rio Itacorubi, Santa Catarina, Brasil. **NEMAR Ser. Contr. Cient.**, Florianópolis, v. 16, p. 1-31, 1986.
- Souza Sobrinho, A.J.; Bresolin, A., Klein, R.M 1969. Os manguezais na Ilha de Santa Catarina. *Ínsula* (2):1-21.
- Souza, M.L.D.R.; Falkenberg, D.B.; Amaral, L.G.;Fronza,M. Fitosociologia do manguezal do Rio Tavares (Ilha de Santa Catarina, SC – Brasil). *Ínsula* 23:99-119. 1994.
- Tognella-De-Rosa, M.M.P. **Manguezais catarinenses, Baía da Babitonga e Rio Tavares: uma abordagem parcial dos atributos ecológicos e econômicos**. 2000. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 1 v.;194 p.
- Vizinho, S.C.. **Caracterização estrutural do manguezal do Rio Tavares e diagnóstico sócio-econômico e cultural da comunidade associada a Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Baía Sul - Florianópolis - Santa Catarina)**. 2000. Monografia. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Universidade do Vale do Itajaí. 1 v.: 66p.
- Wang, L. Wayne P. S., Gong P., Biging G.S. Comparison of IKONOS and QuickBird images for mapping mangrove species on the Caribbean coast of Panama. **Remote Sensing of environmental**, 2004.