



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Paula Maria Moura de Almeida

**Na rede do mapeamento:
uma análise da resposta espectral da florestas de mangue e
do mapa como actante no espaço científico**

Rio de Janeiro

2015

Paula Maria Moura de Almeida

Na rede do mapeamento: Uma análise da resposta espectral da florestas de mangue e do mapa como actante no espaço científico



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares

Coorientadora: Prof.^a Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

A447 Almeida, Paula Maria Moura de.
Tese Na rede do mapeamento: uma análise da resposta espectral das florestas de mangue e do mapa como actante no espaço científico / Rafael Nogueira Costa. – 2015.
263f. : il.
Orientador: Mário Luiz Gomes Soares.
Coorientadora: Carla Bernadete Madureira Cruz.
Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
1. Ecologia dos manguezais - Teses. 2. Ecologia costeira – Teses.
I. Soares, Mário Luiz Gomes.II. Cruz, Carla Bernadete Madureira. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.
CDU 574.4

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Paula Maria Moura de Almeida

Na rede do mapeamento: uma análise da resposta espectral da florestas de mangue e do mapa como actante no espaço científico

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 17 de agosto de 2015

Orientador:

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Coorientadora:

Prof.^a Dra. Carla Bernadete Madureira Cru
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Elza Neffa Vieira de Castro
Faculdade de Educação - UERJ

Prof.^a Dra. Fátima Teresa Braga Branquinho
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Prof. Dr. Manoel do Couto Fernandes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Raúl Sánchez Vicens
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2015

DEDICATÓRIA

Ao meu tripé:
Para minha vó, pelo seu doar.
Para "mamis", pela sua garra.
Para Jojobinha, por seu coração.

AGRADECIMENTOS



*"Segura na corda do caranguejo,
"pra" lá e "pra" cá!"
Caranguejo – Babado Novo*

Ao orientador, Mário Luiz Gomes Soares, por ser mais que um orientador, ser companheiro, amigo. Muito obrigada por me indicar o caminho do Sensoriamento Remoto e ser um “pai acadêmico” para todos nós. E como bom pai, dar asas aos seus pupilos, respeitando as escolhas para outros caminhos, mas sempre deixando o retorno certo. Obrigada por construir a família NEMA. Como você mesmo disse talvez a academia seja o pretexto para o encontro da equipe. Obrigada pela paciência com o texto, com os erros, pela confiança no trabalho... Muito obrigada por esses 12 anos de jornada.

À coorientada e amiga Carla Madureira, por aceitar ir na minha banca de monografia (onde tudo começou) e depois dar um voto de confiança na menina que não sabia quase nada de Geoprocessamento e aceitar a orientação do mestrado (mesmo com todas as dificuldades). Obrigada pela paciência na explicação das etapas técnicas, por se esforçar para entender tudo de mangue. Mas, principalmente, obrigada pela delicadeza ao dizer que estou errada (da maneira mais doce do mundo!) e por aceitar as crises existenciais pela seção dois da tese. Vamos fazer muitos estudos “cabeça” dentro da Geografia.

À professora Elza Neffa, pelas aulas, textos e primeiro contato com a discussão da transdisciplinaridade. Por me apresentar Morin, Capra e tantos outros autores. Por me alfabetizar transdisciplinarmente e, principalmente, por retirar “o véu” que eu usava para ver o mundo. Graças à você, nunca mais verei como antigamente.

À professora Fátima Branquinho, por quem me encantei desde a primeira aula. Por apresentar a Teoria Ator-Rede, e respeitar o caminhar de cada um. Por ser exemplo que nada na academia, nada, é estático, que podemos mudar de direção. Por reunir “as meninas”, grupo que cresceu e que necessitamos para alimentar nossos espíritos inquietos.

À Viviane Fernandez, minha irmãzinha acadêmica e madrinha de casamento, pelo companheirismo de vida e de academia. Ela mais que ninguém entende o porquê dessa tese ser do jeito que é. Por puxar minha orelha, conversar, controlar meu vício tecnológico. Por

além de fazer todos os trabalhos do doutorado comigo, me passar serenidade e sempre ter paciência com meus erros, com meu jeito acelerado e afobado. Obrigada por sempre me ouvir nas ligações noturnas e de final de semana. Obrigada, principalmente, pela discussão e dedicação para elaboração e re(re)(re) estruturação do Capítulo III. Espero que nosso caminho acadêmico esteja apenas no início, e que possamos realizar muitas coisas juntas, iluminadas pela Teoria Ator-Rede e pelo Geoprocessamento (afinal, você é praticamente especialista). E, como nada melhor para você que um registro acadêmico: que a distância e seu ostracismo acadêmico não façam a gente se afastar, hein?!

Aos amigos Filipe Chaves e Gustavo Estrada, pela longa jornada no NEMA, por estarem ao meu lado mais que esses 4 anos de tese. Ao Filipe, obrigada por “me empurrar” para frente, incentivar o mestrado e esse caminho que escolhi. Ao Gustavo, pelas discussões sobre a estrutura das parcelas de estrutura e tipos fisiográficos, além, (claro!) pelo compartilhamento de suas planilhas organizadas de estrutura e biomassa. Esse trabalho não teria sido feito, sem o seu trabalho.

À amiga Mayne Assunção, por me incentivar a escrever sobre nossas inquietações. Obrigada por me mostrar que fazer ciência é abandonar a tese e compartilhar com o outro. Pelas conversas de como é “não estar lá nem cá”. Obrigada, principalmente, por me ensinar a ser mais paciente. Nos últimos meses, obrigada pela ajuda na elaboração dos cálculos (e mapas) envolvidos nas Considerações Finais da Tese. Nossa jornada esta apenas começando baianinha!

Aos amigos Luana Rosário e Vinicius Seabra, por serem os primeiros a me acolherem no laboratório ESPAÇO e, por me ensinar boa parte do que eu sei de ArcGIS e eCognition. Meu muito obrigada pela paciência quando eu não sabia absolutamente nada de nenhum desses softwares. Sempre que uso um desses programas lembro de vocês.

À toda equipe do NEMA/UERJ (de agora e do passado), Marciel, Daniel, Carol, Brunna, Rita, Maíra, Luciana, Márcia, Ana Margarida, Júlio e todos os demais. Ao Marciel, um obrigada especial pelas conversas de estatística, pelos cafezinhos e papos que levantam o astral. E, pelas várias idas a Escravos para desestressar. Ao Daniel, companheiro de turma, pelo desespero compartilhado, nossos papos curtos e desesperados ao final da elaboração desse texto, com certeza ajudaram bastante.

À toda equipe do ESPAÇO/UFRJ, Júlia, Marcelo, Alexandre, Rafael, Elizabeth, Mônica, Eliza, João, Rômulo, Vitor, Felipe, Maíra, Aninha, Roberta e todos os demais por me acolherem durante o mestrado e agora, no meu retorno. Obrigada pela paciência nos últimos meses de elaboração desse produto. E um agradecimento especial aos meus monitores

esses semestre, Marcelo e Felipe, por “segurarem a barra”. Sem vocês eu teria surtado ainda mais. Felipe, meu “grilo falante”, você não existe! Obrigada pela força!!

Às colegas de doutorado, Rose, Joana e Michelle, pelo compartilhamento de agonias e esperanças. Pela luta conjuntar de uma ciência mais transdisciplinar!

À todas as agências de fomento que me auxiliaram na trajetória acadêmica. À CAPES, Faperj e CNPq, com certeza sem esse auxílio, eu teria seguido outros caminhos.

À Andrea Mendes minha “chefe” na Universidade Castelo Branco e a Alva, companheira de curso, pelo apoio nos últimos 3 anos, pelas conversas e por nunca me verem como “não-geógrafa”. A Andrea pelos papos durante o último ano e por sempre entender que eu estava com a corda no pescoço.

À toda a equipe da Castelo Branco, de História e Geografia, Almir, Artur, Renato, Isabel Luiz, Everaldo e Fábio, por compartilharem os sofrimentos de uma doutoranda desesperada e por sempre me incentivarem. À Luciana Lamblet, pela companhia no último semestre em nossa “bate-caverna” e pela indicação do livro que me fez pensar grande parte da seção dois.

Ao Professor Christophe Proisy, que durante minha estadia na França, me mostrou que outra maneira de olhar as imagens de satélite. Obrigada pela paciência, mesmo com as dificuldades do idioma, por me mostrar uma outra maneira de se fazer ciência.

Aos meus poucos orientandos (oficiais ou não) que tive durante a tese, Marcel, Maíra, Rafael, Mayne, Júlia, Roberta, com certeza nossas conversas geraram alguma centelha que está presente aqui.

Aos meus alunos, da Castelo Branco e da UFRJ, pelas trocas e discussões (principalmente com as turmas de Cartografia e Geoprocessamento). Obrigada pelo olhar e ouvidos sempre atentos e, por me deixar compartilhar um pouco sobre a rede do mapeamento com vocês.

Às professoras da Oceanografia, Cláudia e Cássia, pela torcida e incentivo.

À todos os amigos que de alguma maneira me apoiaram ou ajudaram na minha jornada acadêmica, não só pelos 4 anos da tese. Mesmo porque esse projeto é fruto de uma jornada muito mais longa.

À todos os amigos do Pedro II, mas em especial a Marcella, Juliana, Vivian e Rebecca, pelo apoio constante via whatsapp. Pelas mensagens diárias que me acalentavam quando estava exausta de trabalhar.

À todos os amigos que fiz além mar, em especial a Amandine (Coucou) e a Mirela. À Amandine, pour l'amitié cultivée pendant mon séjour à Montpellier. Pour cette compatibilité instantanée. Pour être une professeur des Français patiente. Pour être ma meilleur amie française (rs). Enfin, merci pour ton soutien inconditionnel. À Mirela, por deixar eu ultrapassar essa sua muralha. Por ser carinhosa e cuidadosa (sim, você é!). Por torcer e compartilhar os “aperreios” que é fazer doutorado. Vocês duas são um dos principais presentes que essa tese me deu!

Às Luluzes, Bia, Lívia B., Lívia Santiago, Rachel, Ju, Nat, Sabrina, Carol, Thalita, Thaís, Isa, Grazi, Flávia e Fera, pelo apoio de sempre e por nossa fraternidade. Obrigada por entenderem minha reclusão nos últimos meses e não cobrarem (tanto) a presença nos encontros, mesmo que a saudade aperte.

Às amigadas construídas durante a graduação e que permanecem até hoje, principalmente a Lele, Flávia e Yana, por durante a graduação me ensinarem a questionar a prática científica (mesmo sem saber que fazíamos isso!). Por sempre pensar como poderíamos ir além da Oceanografia mais técnica.

À toda a minha família, pelo carinho constante.

Ao Zé, por me ensinar a dedicação acadêmica que tenho hoje. Por ensinar que não importa o tamanho do problema, é estudar e encarar de sempre. Com certeza não seria quem sou hoje sem seus ensinamentos.

À família “Sant’Anna Cortez”, por apoiarem nos últimos anos, mesmo sem entender porque eu “vivo estudando e trabalhando”. Principalmente a Tania e Dona Iara, desculpe por sumir no último ano e obrigada pela compreensão.

Ao meu pai, pelo carinho que educou e me criou. Por todo o carinho, por todas as palavras sábias o incentivo aos estudos.

À toda família Almeida e Liporage, por serem meu chão, minha origem e um grande orgulho. Obrigada pelos momentos de alegria familiar, simples e sempre divertidos. Em especial, a tia Edna, Anderson, a tia Valéria e tia Paula. A tia Edna e Anderson pelas vibrações constantes a distância. Por se a prova que amor de alma não precisa de presença constante. A Tia Valéria por ter, com certeza, influenciado na minha história estudantil. Sem o Pedro II, eu poderia até ter chegado aqui, mas com muito mais dificuldade. Obrigada pelo incentivo e pela ajuda láááá no começo de minha trajetória. À tia Paula (e tio Marquinhos), pelo amor de tia-prima-irmã-dinda, pela confiança que eu “tinha futuro”. Por sempre babar pelas conquistas, mesmo que de longe.

Ao núcleo familiar “Os “Liporages” do Chapadão”, simplesmente por existirem. Ao tio Sylvio, Meiri, Sylmar, Dona Jô e Igor, por não entenderem nada que eu falo da tese, mas apoiar sempre. Por comprovar que família não é sangue, que é um bando de gente louca que se escolhe por amor. Pelas noites na Pavuna de conversa jogada fora, comilança e brincadeiras. Por ser minha parte leve.

À minha família linda. À Mamys, Vó, Jojobinha, Lys, Maurélio (Mauro) e Marcelo. Impossível falar de vocês sem chorar. À minha vó por cada “acorda Paula” lanche/marmita, para a escola, faculdade, campos...Pelas roupas de campo lavadas, mesmo falando “como essa roupa fede?!” Por cuidar de mim sempre. Pelas suas orações constantes. Por mostrar que sabedoria não é “ter estudo”. À minha mãe por ser exemplo de guerreira. Que não importa o tamanho da queda, a gente supera. Por me ensinar a ser obstinada, mas principalmente, que nosso destino somos nós que fazemos e não o os outros falam que seremos. Que “cada um só tem o caminho e os desafios que escolhe para si”. E que nós podemos conquistar tudo com trabalho e perseverança. Às minha irmãs Lys e Jojoba. À Lys por acreditar que sou sua irmã teen, por compartilhar seu frescor. Nossos papos sobre livros, séries e músicas me relaxavam e carregavam minhas energias para essa longa jornada. Obrigada por nos permitir ver você crescer. À Jojobinha, por me escolher como irmã. Por entender nossas diferenças e vibrar sempre com minhas conquistas. Por entender a ausência constante nos últimos meses. Agora vou colar em você! Pelos dias divertidos de “Bazar da Farm”. Com certeza nosso amor vem de outras vidas. Ao Maurélio e Marcelo por alegrarem a casa e me divertir quando eu vou para a Pavuna para relaxar. Ao Maurélio pelos churras divertidos e ao Marcelo pela música de qualidade garantida. A tese não saíria sem os finais de semana descontração da Pavuna. Todos vocês recarregam minhas energias!

Ao meu amor, Pedro. Por ser esse companheiríssimo que você é! Por cuidar de mim, cozinhando, me acordando. Por tomar conta da casa. Por me apoiar mesmo achando que sou *workaholic*. Pela grande ajuda na parte das análises estatísticas. Pela enorme ajuda na parte final de formatação. Pela paciência nos momentos de surto emocional. Só você sabe o quanto trabalhei, surtei e me esforcei, o quanto a tese me absorveu nos últimos meses. Obrigada por sempre ser o ombro amigo nos momentos que precisava de colo e “sumir” nos momentos que queria ficar com meus pensamentos. Obrigada por deixar que eu levasse os livros de Milton Santos e Latour para nossa lua de mel. Porque até nesse momento eu tinha que estudar. Não sei se ia conseguir acabar sã (ou meio sã) essa tese se não fosse por você. Te amo!

À Deus, por essa trajetória árdua mais feliz, cercada de pessoas de luz e cheias de amor. Por nunca fechar uma porta, sem me apontar outra para abrir.

Andar com fé eu vou que a fé não costuma *faiá*.

Gilberto Gil

RESUMO

ALMEIDA, Paula Maria Moura de. **Na rede do mapeamento:** uma análise da resposta espectral da floresta de mangue e do mapa como actante no espaço científico. 2015. 263 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

O monitoramento dos ecossistemas costeiros, assim como o planejamento e o manejo apropriados dessas áreas e a elaboração de material que subsidie tal manejo são primordiais para a gestão ambiental e uso dos recursos desse ecossistema. De forma a auxiliar e subsidiar alguns estudos e o manejo dessas áreas, o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de monitoramento são essenciais. A força motriz da presente tese é contribuir para as práticas de manejo e conservação das florestas de mangue analisando a rede do mapeamento de manguezais. É analisar as técnicas relacionadas ao mapeamento de manguezais, não só o no âmbito do "conjunto de ferramentas", mas também perceber a técnica como modificador do espaço (científico) e dotada de valores. Para isso, esse estudo é composto tanto de experimentos científicos como exercícios reflexivos. Dois métodos foram analisados para se estudar e diferenciar espectralmente as florestas de mangue: a classificação baseada em objetos geográficos (GEOBIA), e a adoção de índices de vegetação. No primeiro método, chegou-se a um mapeamento com exatidão de 77% para diferenciação dos tipos fisiográficos. A partir do índice de vegetação, verificou-se, principalmente, que os índices não respondem somente à parâmetros estruturais como DAP, altura e densidade, mas também a dominância de espécie, essa última sendo tão importante quanto as demais. Na segunda parte da tese, foi apresentado o papel do mapeamento de manguezais nas atividades científicas e as associações feitas, à luz da Teoria Ator-Rede. Para isso, descreve-se as ontologias dos mapas de manguezais construindo a rede sócio-técnica do mapa, apresentando os diversos aspectos que o mapa possui. O estudo apresenta resultados promissores, não só pela contribuição metodológica, nos estudos à cerca dos manguezais, mas também pela abordagem transdisciplinar, não considerando somente a técnica de mapeamento, mas o papel de suas técnicas e dos objetos gerados por elas no espaço de se fazer ciência.

Palavras-chaves: Mapeamento de Manguezais. Teoria ator-rede. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

ALMEIDA, Paula Maria Moura de. **Inside the maps' net**: an analysis of the spectral response of the mangrove forest and of the map as actant in the scientific space. 2015. 263 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The monitoring of coastal ecosystems, as well as planning, appropriate management of these areas and the drafting of material that subsidize such management are essential for environmental management and use of resources of this ecosystem. In order to assist and subsidize some studies and the management of these areas, the development and improvement of monitoring techniques are essential. The aim of this thesis is to contribute to the practices of management and conservation of mangrove forests analyzing network mapping mangroves. It is analyzing the techniques related to mapping of mangroves, not only under the "toolset", but also to analyze the technique as modifier of space (scientific) and with its own values. For this, the study consists of scientific experiments as reflective exercises. Two methods were analyzed to study and differentiate espectralmente mangrove forests: a classification based on geographic objects (GEOBIA), and the adoption of vegetation indices. In the first method, we came to a mapping accuracy of 77% for differentiation of physiographic types. From the vegetation index, it was found that the indices do not respond only to the structural parameters such as DBH, height and density, but also dominance, the latter being as important as others. In the second part of the thesis was presented the role of mapping mangroves in scientific activities and associations made in the light of Actor-Network Theory. For this it is described the ontologies of mangroves maps building the map of the socio-technical network, presenting the various aspects that the map possui. O study shows promising results, not only for methodological support, in studies about the mangrove. But also by the transdisciplinary approach to not only consider the mapping technique of mangroves, but the role of its technical and objects generated by them within doing science.

Keywords: Mangrove mapping, Actor-Network Theory, Remote sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Protocolo do experimento de Green et al (1998).....	28
Figura 2- Localização da área de estudo	34
Figura 3- Mapa dos Manguezais de Guaratiba.....	34
Figura 4 - Apicum de Guaratiba	35
Figura 5 – Zonação das Florestas de mangue de Guaratiba às margens da baía de Sepetiba (diagrama verde) e do rio Piracão (diagrama amarelo).	38
Figura 6 - Fluxograma de etapas desenvolvidas.....	44
Figura 7 - Quicklook da imagem Ikonos	47
Figura 8 - Fotos de dois pontos de medição de coordenadas, com GNSS L1, para ortorretificação	48
Figura 9 - Imagem com os pontos medidos com GNSS L1.	48
Figura 10 - Base para coleta de dados por GNSS.....	49
Figura 11 - Modelo conceitual dos níveis hierárquicos utilizados no eCognition.	54
Figura 12 - Imagem do teste de segmentação realizado (parâmetro de escala 100).	55
Figura 13 - Respostas dos tipos fisiográficos	56
Figura 14 - mapeamento inicial no nível 1	57
Figura 15 - Exemplo matemático de uma matriz de confusão.	59
Figura 16 - Porção da árvore hierárquica, abrangendo as classes utilizadas no nível L500. ...	62
Figura 17 -Porção da árvore hierárquica, abrangendo as classes utilizadas no nível L100.	62
Figura 18 - Dispersão dos objetos em L500 - NIR X NDVI.....	65
Figura 19 - Dispersão dos objetos em L500, média do Vermelho X NDVI	66
Figura 20 - Dispersão dos objetos em L500 - NDVI X Brilho.....	67
Figura 21 - Dispersão dos objetos Não_verde (L500) - NDVI X Máx. Dif.....	67
Figura 22 - Dispersão dos objetos Não_verde (L500) - NDVI X Desvio Padrão NIR	68
Figura 23 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.....	70
Figura 24 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do Verde X NDVI.....	70
Figura 25 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do Verde X NDVI.....	71
Figura 26 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.....	72
Figura 27 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.....	73
Figura 28 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.....	74
Figura 29 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.....	74

Figura 30 - Região de Guaratiba.....	76
Figura 31 - Contribuição, em Km ² dos tipos fisiográficos mapeados nos manguezais de Guaratiba.....	76
Figura 32 - Curvas espectrais da vegetação.....	90
Figura 33 - Ilustração da visada de um sensor.....	93
Figura 34 - Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue segundo Wang e Souza (2009).....	95
Figura 35- Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue, segundo Blasco (1998)	95
Figura 36 - Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue segundo Rebelo-Mochell e Ponzoni (2007)	95
Figura 37 - Fluxograma com todas as etapas metodológicas envolvidas nesse capítulo.	98
Figura 38 - Imagem do verão de 2010.....	100
Figura 39 - Imagem do inverno de 2010	101
Figura 40 - Imagem do verão de 2011.....	101
Figura 41 - Imagem do inverno de 2011	102
Figura 42 - Parcelas Permanentes.....	107
Figura 43- Critérios utilizados para a adoção das fórmulas para cálculos de Biomassa.	111
Figura 44 - Dimensões moderna e não moderna de percepção da realidade.....	133
Figura 45 - Mapa-mundi idealizado por Ptolomeu, exemplificando a proposição das projeções.....	136
Figura 46 - Mapa mundi com centro distinto.	137
Figura 47 - Mapa mundi com centro distinto.	138
Figura 48 - Planisfério de Cantino, datado de 1502	139
Figura 49 - Mapa mundi na projeção de mercator.....	153
Figura 50 - Alguns tipos de generalização.	154
Figura 51 - Sistema de comunicação da informação cartográfica.....	158
Figura 52 - Modelo de Interação entre as ciências de informação geográfica e as demais ciências.....	162
Figura 53 - Resposta espectral de diversos alvos.	163
Figura 54 - Sistema de Comunicação Cartográfico.....	164
Figura 55 - Novo Sistema de Comunicação Cartográfica, considerando as imagens de satélite separadamente.....	165
Figura 56 - A rede do mapeamento	184

Figura 57 - Mapeamento dos tipos fisiográficos de Guaratiba.....	187
Figura 58 - Mapeamento de manguezais.....	189

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características das imagens do satélite IKONOS	46
Quadro 2- Informações sobre as cenas.	47
Quadro 3 - Classes da Reserva Estadual de Guaratiba.....	51
Quadro 4 - Modelos aplicados nos mapeamentos das classes do nível hierárquico L500.	63
Quadro 5 - Modelos aplicados nos mapeamentos das classes do nível hierárquico L100.	64
Quadro 6 - Área de contribuição e cada classe de mapeamento.	76
Quadro 7 - Matriz de confusão entre o mapa editado e não editado (m ²).	80
Quadro 8 - Matriz de confusão entre o mapa editado e não editado (%).	81
Quadro 9 - Matriz de confusão entre os dados de referência e o mapeamento	83
Quadro 10 - Matriz de confusão entre os dados de referência e o mapeamento.	83
Quadro 11 - Imagens utilizadas para a geração dos índices de vegetação.	100
Quadro 12 - Índices de vegetação utilizados.	106
Quadro 13 - Fórmulas utilizadas para cálculos de biomassa das parcelas permanentes	110
Quadro 14 - Períodos das imagens e os períodos de coleta de campo correspondente.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Desempenho do Índice Kappa.....	60
Tabela 2 - Valores de SAVI para todas as estações, em todos os períodos.....	115
Tabela 3 - Valores de RVI para todas as estações, em todos os períodos.	115
Tabela 4 - Valores de Razão Simples para todas as estações, em todos os períodos.	116
Tabela 5 - Valores de NDVI para todas as estações, em todos os períodos.....	116
Tabela 6 - Parâmetros estruturais e índices de vegetação por estação	122

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	22
1	A TÉCNICA DE MAPEAMENTO ATRAVÉS DE SENSORES ÓTICOS – A ANÁLISE DE MANGUE A PARTIR DE DUAS DE SUAS FERRAMENTAS	39
2	USO DA CLASSIFICAÇÃO BASEADA EM OBJETOS NO MAPEAMENTO DOS TIPOS FISIAGRÁFICOS DE UMA FLORESTA DE MANGUE	40
2.1	Introdução.....	40
2.1.1	<u>Cartografia, Mapeamento e Dados óticos orbitais.....</u>	40
2.1.2	<u>Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) e a Classificação Orientada à Objetos</u>	42
2.2	Objetivo.....	44
2.3	Materiais e Métodos.....	
2.3.1	<u>Escolha e Aquisição de Imagens.....</u>	45
2.3.2	<u>Trabalhos de Campo.....</u>	47
2.3.3	<u>Ortorretificação (Correção Geométrica)</u>	49
2.3.4	<u>Definição e caracterização das classes.....</u>	50
2.3.5	<u>Segmentação e Classificação.....</u>	53
2.4	Resultados e discussões.....	61
2.4.1	<u>Modelagem do Conhecimento e Classificação.....</u>	61
2.4.2	<u>Mapeamento.....</u>	74
2.4.3	<u>Validação do mapeamento.....</u>	79
2.4.3.1	<u>Validação da automatização do processo.....</u>	79
2.5	Considerações finais.....	85
3	ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE FLORESTA DE MANGUE E SEU POTENCIAL PARA O MAPEAMENTO DESSAS FLORESTAS.....	87
3.1	Introdução.....	87
3.1.1	<u>Interação de áreas florestadas e radiação solar.....</u>	89
3.1.2	<u>Índices de Vegetação.....</u>	92

3.1.3	<u>A influência do solo na análise espectral de áreas florestadas.....</u>	93
3.1.4	<u>Resposta espectral da vegetação de mangue.....</u>	93
3.1.5	<u>Objetivo.....</u>	96
3.2	Materiais e Métodos.....	96
3.2.1	<u>Escolha e geração dos índices de vegetação.....</u>	97
3.2.1.1	Correções Atmosférica e Geométrica.....	102
3.2.1.2	Geração de Índices de Vegetação.....	104
3.2.2	<u>Levantamento dos dados de estrutura vegetal.....</u>	105
3.2.3	<u>Análises estatísticas.....</u>	108
3.2.3.1	Teste de Kruskal-Wallis.....	108
3.2.3.2	Regressão linear simples (Método dos Mínimos Quadrados).....	109
3.3	Resultados.....	112
3.3.1	<u>Parte 1 - Índices de Vegetação.....</u>	112
3.3.2	<u>Parte 2 – Índices de Vegetação X Parâmetros Estruturais.....</u>	117
3.3.2.1	Complexo de Guaratiba.....	118
3.3.2.2	Baía de Sepetiba.....	118
3.3.2.3	Rio Piracão.....	120
3.4	Discussão.....	123
3.5	Considerações finais.....	127
4	A técnica de mapeamento através de sensores óticos como transformadores do espaço científico.....	128
5	OS MAPAS SÃO O QUE? AS ONTOLOGIAS DO MAPA TEMÁTICO.....	131
5	Introdução.....	131
5.1	Os mapas são...a sua história.....	135
5.2	Os mapas são...as ciências contidas neles.....	142
5.3	<u>A fonte das incertezas para essa análise.....</u>	144
5.3.1	Os mapas são...os procedimentos para sua elaboração.....	150
5.4	<u>O advento do sensoriamento remoto (sr) e seu papel como fonte e análise do mundo.....</u>	158
5.4.1	Os mapas são...as conexões nos laboratórios.....	168
5.5	Os mapas são...científicos e políticos...são a gestão do espaço.....	176
5.6	Então, o mapa é a rede sociotécnica.....	181

5.7	REFLEXÕES FINAIS	185
6	Um último exercício - Afinal qual o melhor mapa?	186
	REFERÊNCIAS	192
	APÊNDICE A - Box plots referentes às análises de variância (teste de Kruskal Wallis) realizadas com os dados dos índices.....	201
	APÊNDICE B - Análises de regressão entre os índices selecionados e os parâmetros estruturais	227

Prólogo

Um breve memorial, uma breve apresentação.



*"Eu prefiro ser essa metamorfose ambulante, do que ter a mesma opinião formada sobre tudo!"
Metamorfose Ambulante – Raul Seixas*

Antes de apresentar efetivamente o que é esse trabalho e defender a tese proposta aqui, vejo a importância de destacar como cheguei a esse ponto de questionamento e reflexão, do porquê da tese ser o que vocês lerão.

O hoje de qualquer pessoa (no caso desse texto, de uma cientista) é reflexo de interações e trocas que ocorreram outrora, durante toda sua trajetória de aprendizado e absorção de conhecimento. Em outras palavras, é o resultado de sua vivência.

No caso de uma pesquisa acadêmica (principalmente monografias, dissertações e teses), ela é, até certo ponto, o resultado não só do conjunto de experimentos, mas também do caminho feito pelo seu produtor até o momento de sua redação. Sendo também, fruto das transformações do modo de olhar o fenômeno observado.

A pesquisa com o Sensoriamento Remoto me foi apresentada na época de definição do tema da monografia de graduação em Geografia e o desejo de "ter um olhar para fora" me fez aceitar a proposta.

Na Monografia, a adoção das ciências geográficas (relacionadas ao Geoprocessamento) foi meramente de apropriação de técnicas. Talvez por isso, por uma superficialidade técnica que nem percebia ter naquele momento, sofri severas críticas da avaliadora especialista em Sensoriamento Remoto (minha atual coorientadora). Essas críticas que me foram feitas, fizeram-me questionar o que eu havia feito de errado, afinal, segui todo o protocolo ensinado. Apertei os botões corretos e segui os processos exatos. O que estava faltando? O que ela (a avaliadora) achava que eu não tinha/sabia?

Ao me deparar com essa lacuna e com a angústia de não saber como e com o que deveria completá-la, decidi estudar mais. Afastei-me de minha ciência de formação para estudar, mergulhar e compreender a segunda ciência que adotei: a Geografia. Optei por fazer mestrado em Geografia, momento que tive a oportunidade de me inserir em um novo laboratório, que também fazia ciência.

Assim como a Biologia, a Geografia também é definida como ciência, mas cada qual possui seus atores, fixos e fluxos.

Com o mestrado, pude preencher as lacunas e aprender muito do arcabouço teórico-metodológico que me faltava na monografia. Eu acredito (com um pouco de presunção) que deixei de ser uma executora de processos e "apertadora" de botões, para realmente ser cientista de sensoriamento remoto.

Nesse momento, dois pontos fundamentais fizeram com que eu questionasse a ordem das coisas, a maneira como tudo era visto, percebido e estruturado. O primeiro ponto era relacionado ao produto do meu trabalho (e como ele é feito!), enquanto o outro era relacionado a como o meu trabalho é/era visto.

A primeira questão, relacionada ao produto final do mapa, surgia de uma agonia interior ao gerar um mapeamento de uma área. Explicando de maneira simples: Toda vez que eu chegava ao final de um processo no qual eu definia uma classe a um recorte da área, eu estava dizendo, através do mapa, que aquele espaço era ocupado por manguezal (ou água, ou outra classe). Que aquela área havia modificado (crescido ou reduzido), ou havia se mantido inalterada. Após essa etapa final, eu me perguntava.... É isso? Acabou? O que eu determinei aqui (por processos matemáticos e subjetividade) será a partir de agora considerado como verdade.... Sem reflexão... Sem crítica... Sem avaliação?! Se eu disse que cresceu, essa será a realidade! Tal pensamento me deixava chocada, estática, porque via o quão poderoso é mapear. O usuário final, em sua grande maioria, não considerava todo o histórico e o processo de elaboração daquele mapa. O mapa é visto como um reflexo colorido da realidade. Essa ideia foi fundamental para a estruturação dessa tese, sendo resgatada na segunda parte dessa obra.

O segundo ponto é que, embora o mapa seja associado à confiabilidade de ser um refletor da realidade¹, muitos cientistas veem no "especialista em sensoriamento remoto" um mero desenhista, que delimita contornos e "brinca de colorir no mapa". Não percebendo o grande trabalho e a responsabilidade que está presente no processo de leitura e representação do "mundo real", na simbolização e na elaboração final do material cartográfico. Muitos ainda não veem essa ciência realmente como ciência, ou no máximo, consideram-na uma sub-ciência ou pseudo-ciência. Tal falta de crédito a esse cientista também é associada ao mapa. Mesmo que de forma não intencional.

¹ Tal crítica a essa consideração do mapa como refletor da realidade será amplamente discutida na tese não sendo abordada aqui para limitar a extensão deste prólogo.

Essas angústias surgiram com a minha formação, parte oceanográfica, parte geográfica, e foram o resultado de minha transformação interna para encaixar tudo (ordenadamente e pacificamente) dentro de mim... Era a metamorfose para me transformar em interdisciplinar. Foi com essa angústia que ingressei em um programa interdisciplinar de doutorado.

A paixão pelos estudos envolvendo as geotecnologias continua, mas a certeza de estar caminhando para um "olhar" mais abrangente e completo foi se desfazendo a cada disciplina cursada no doutorado.

Percebi que o antigo "abrangente e completo" se restringia a uma fração do mundo. O doutorado, carregado de suas disciplinas, leituras, discussões e novos pares, tiraram-me os antolhos, os cabrestos...libertaram-me da "bitola". Mesmo que eu ainda ande pelos mesmos pastos e tente construir linhas férreas... Percebi que nem a geografia, nem a oceanografia, nem a reunião das duas alcançam a totalidade, apesar de buscá-las. Frente a essa percepção, será que algo escapa a essa lógica?

A tese defendida aqui ainda tem a sua proposta inicial, mas agora essa proposta foi reduzida a uma seção. A tese finalizada apresenta essa angústia de mapear que está presente em mim e que não é considerada (ou pelo menos não é aparente) nos demais trabalhos que associam estudos ecológicos e técnicas de mapeamento. Ela apresenta novas articulações dos mapas, considerando como as práticas científicas influenciam diretamente o mundo e são, ao mesmo tempo, influenciadas por ele. Ou seja, me propus a refletir como tudo está conectado e, além disso, como cada etapa e escolha de um processo científico é carregada de valor. Que mapear é muito além de pintar de colorir, assim como estudar manguezal é muito mais que atolar o pé na lama e medir árvores.

Então, das angústias vividas veio a vontade do desabafo. E o desabafo se transformou na tese que defende um novo olhar sobre a realidade e novas considerações sobre o trabalho do mapeamento de manguezais não só nas ciências, mas na sociedade.

Vamos aproveitar a oportunidade de mapear para trazer consciência a esse ato?

Vamos fazer mapeamento em ação?

INTRODUÇÃO GERAL



*“Quando não tiver mais nada
Nem chão, nem escada
Escudo ou espada
O seu coração... Acordará*

*Quando estiver com tudo
Lã, cetim, veludo
Espada e escudo
Sua consciência... Adormecerá”
Mantra – Nando Reis*

O manguezal é um dos principais ecossistemas de transição entre o mar e o continente e possui importantes funções econômicas, sociais e ambientais já de conhecimento da sociedade.

Dentro do mundo acadêmico, esse ecossistema desperta o interesse e a curiosidade de alguns pesquisadores, muito por causa de sua funcionalidade ecológica. Por isso, é objeto de estudo, sendo “ator principal” de diversos estudos que o analisam de vários modos, com base em diferentes métodos e à luz de diversas ciências. Há estudos, por exemplo, com objetivos biológicos, econômicos, medicinais, antropológicos e até jurídicos.

Frente ao cenário exposto, o monitoramento dos ecossistemas costeiros, assim como o planejamento e o manejo apropriados dessas áreas e a elaboração de material que subsidie tal manejo são primordiais para a gestão ambiental e o uso dos recursos desse ecossistema.

De forma a auxiliar e subsidiar alguns estudos e o manejo dessas áreas, o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas de monitoramento são essenciais. Dentre vários métodos, está a análise e a representação dessas florestas através de seu mapeamento a partir da adoção dos Sistemas de Informações Geográficas.

A adoção de Sistemas de Informação Geográfica é crescente, considerando a abrangência de sua aplicação e as ferramentas disponíveis atualmente. O geoprocessamento como *tecnociência*² pode, por exemplo, possibilitar a visualização, a manipulação e a análise

² O lugar do Geoprocessamento dentro das articulações científicas do mundo moderno ainda não foi definido com clareza. Alguns o defendem como ciência (como a própria autora), outros como técnica. Acreditando que, assim como no trabalho de Castiglione (2003), “que a análise dos resultados dessa [tese] leve os leitores a

de diversos dados, de diferentes fontes, com grande abrangência espacial, melhorando o acesso à informação e a rapidez nas análises e favorecendo, por sua vez, a utilização, de forma rápida, dessas análises nas tomadas de decisão. Portanto, a utilização desta técnica em estudos vem a contribuir muito, complementando e fortalecendo os dados obtidos de forma clássica *in situ*.

Sobre os estudos que analisam esse ecossistema a partir de técnicas de sensoriamento remoto, constatou-se, já no início de elaboração dessa tese, que **a maioria dos estudos utiliza as imagens simplesmente como ferramentas para a determinação da área da floresta como um todo**. Ou seja, mapeiam apenas mangue e não mangue e não as diferentes fisionomias presentes nessas florestas. Além disso, **poucos são os estudos que analisam as assinaturas espectrais e suas correlações com as características da vegetação de mangue**. Em outras palavras, embora já seja sabido que os valores dos pixels registrados nas imagens de satélite apresentam correlação com características estruturais e fisiológicas, tanto de um complexo florestal como de uma única árvore, poucos são os estudos que tentam interpretar e usar essa informação. Isto porque estudos desta abrangência são complexos e necessitam de conhecimento e metodologias específicas.

A abordagem considerando todo o complexo de manguezais como uma única floresta pode ser, eventualmente, insuficiente para se estudar e compreender a situação e as características de uma floresta de mangue. Isso porque, o referido ecossistema apresenta, como qualquer outra floresta, diferenças estruturais (em relação à composição de espécies, ao desenvolvimento estrutural e à arquitetura das árvores). Tal diferença estrutural é usualmente pesquisada há vários anos *in situ*, através de levantamento e monitoramento de parcelas distribuídas pelas florestas, nas quais parâmetros que representam a estrutura e a arquitetura da floresta, como altura das árvores e diâmetro à altura do peito (DAP) são medidos. Sendo assim, a não consideração dessas nuances em um mapeamento pode, dependendo do contexto na qual o mapeamento está inserido, simplificar demais a análise de um ecossistema, que merece um monitoramento e levantamento muito mais amplos.

Além disso, ao se ter consciência da gama de aplicações que uma imagem de satélite pode fornecer, pode afirmar que é uma subutilização dessa fonte de dados a não interpretação das imagens de satélite além da área de ocupação da floresta, considerando também a diversidade interna do ecossistema.

concluir que, em realidade, o geoprocessamento é uma ciência, ou tecnologia, ou ainda talvez uma *tecnociência*, em plena construção, sobre a qual ainda pairam questões epistemológicas não adequadamente equacionadas”, a presente autora usará o último termo e ainda relacionará o Geoprocessamento à ciência Geográfica.

A partir do exposto, constata-se que **são raros os estudos que utilizam técnicas de mapeamento para a diferenciação do interior das florestas de mangue** e também estudos que **associem características das imagens aos parâmetros estruturais florestais** presentes nos manguezais.

Esses dois objetivos estão presentes desde o início dessa pesquisa, que tinha como título inicial: ANÁLISE ESPECTRAL DE FLORESTAS DE MANGUE – UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA AS ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO. Ambos são extremamente importantes para se aperfeiçoar as técnicas de mapeamento e usar mais eficientemente as imagens de satélite nos estudos de ecossistemas costeiros. Isso não há dúvida.

A questão é que, nessa abordagem seguiríamos o *status quo* da maioria dos estudos que envolvem as análises espaciais, onde "em geral, a capacitação em novas tecnologias se faz de forma instrumental, ou seja, com ênfase no domínio dos processos operativos de construção de soluções" (CASTIGLIONE, 2003). Mas essas técnicas seriam mesmo limitadas a processos operativos? O que escapa a essa capacitação instrumental?

Segundo Santos (1996), “o objeto técnico define ao mesmo tempo os atores e um espaço”, ou seja, a adoção de técnicas define o resultado que se terá ao final, as pessoas que serão relacionadas aos estudos e a maneira com que outras pessoas entenderão os estudos. Nesse sentido, a elaboração de técnicas para o mapeamento vai além do próprio objetivo do mapeamento e do mapa gerado, ela determina quem mapeia e como se entende o mapa quando este é utilizado. .

Castiglione (2003) relata que:

O geoprocessamento, bem como diversas outras *tecnociências* emergentes, enraíza grande parte dos entraves ao do desenvolvimento na hipertrofia da subdivisão da ciência moderna em disciplinas diversas. Essa subdivisão da ciência, que não cessa de crescer desde os princípios da era moderna (século XVIII), acabou por produzir especializações que, a rigor, desarticulam os estudos que necessitam, como no caso do geoprocessamento, uma visão holística [...] (CASTIGLIONE, 2003).

Isso significa que, além das disciplinas inerentes ao mapeamento de manguezais - ecologia, cartografia e geografia - podemos admitir que outras abordagens e conexões escaparam dessa formulação ao longo do tempo.

Bruno Latour e outros estudiosos da Teoria Ator-Rede³ sugerem um olhar que possibilita recuperar tais conexões, transformando os antigos objetos de estudos científicos

³ Segundo Law (1996) "Esta teoria é o produto de um grupo de sociólogos associados, e em vários casos, localizados no Centro de Sociologia da Inovação da Escola Nacional Superior de Minas de Paris. Os autores associados com esta abordagem incluem Akrich (1989 a, b, 1992), Bowker (1988, 1992), Callon (1980, 1986,

em objetos híbridos de natureza e cultura. Na realidade, a teoria ator-rede parte do pressuposto de que as dicotomias entre natureza e cultura, sujeito e objeto, atribuídas à ciência moderna, nunca ocorreram na prática. Na prática, a dinâmica de produção do conhecimento científico é formada por etapas que não podem ser diferenciadas como subjetivas ou objetivas. Quando as conexões que acontecem durante a produção do conhecimento científico são observadas, é possível perceber que subjetividade e objetividade são indissociáveis e ocorrem simultaneamente em cada conexão. O conjunto de conexões é a rede sociotécnica, o híbrido que se pretende compreender.

Esta foi a linha de pensamento utilizada por Milton Santos para definir o espaço geográfico como um “sistema de objetos e um sistema de ações”, que formam um conjunto indissociável, um quadro único no qual a história se dá. Em suas palavras,

Sistemas de objetos e sistemas de ações interagem. De um lado, os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, o sistema de ações leva à criação de objetos novos ou se realiza sobre objetos preexistentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma (SANTOS, 1996).

Tal qual Santos (1996) desenvolveu para o espaço geográfico, a presente tese defende o mapeamento do ecossistema manguezal como um híbrido: construído e constituído por diversas relações com outros objetos e sujeitos, permeado simultaneamente por práticas sociais, econômicas, científicas e políticas. Ele é, ao mesmo tempo, natureza e cultura. Tanto o mapeamento, quanto os mapas são, eles mesmos, uma rede em constante transformação.

O presente estudo, no início do doutorado, se propunha somente à análise de diferentes métodos para o mapeamento dos tipos fisiográficos dos manguezais. Após o enfrentamento de autocríticas e profundas reflexões, embasadas nesse novo modo de olhar e ver o mundo, acredita-se que um estudo que se propõe a estudar os métodos de mapeamento de mangue, também deve identificar e descrever a ação dos atores da rede que o protagoniza.

Afinal, assim como afirmado por Milton Santos (1996): **"o que falta é uma disciplina que se inspire na técnica, mas que não analise só o conjunto de técnicas [ferramentas], mas o fenômeno da técnica, como ator e transformador do espaço [ou da rede]"**. Para isso, não devemos analisar só os objetos, mas também as relações (LATOUR, 2012).

Essa parecia (e de certa forma ainda parece) ser uma tarefa árdua e assustadora! É importante destacar logo na introdução que não se tem a presunção de se esgotar o assunto.

* 1987, 1991; Latour, 1981; Law and Rip, 1986), Cambrosio et al. (1990), Hennion (1985, 1989, 1990; Meadel, 1986, 1989), Latour (1985, * 1986, 1987, * 19881, b, 1990, * 1991a, b, 1992a, b), Law (1986a, * b, 1987, 1991a, b, 1992a, b; Bijker, 1992; Callon, (1988, * 1992), Medeal (ver Hennion and Meadel), Rip (1986), and Star (1990b, 1991; * Griesener, 1989). Os itens marcados com um asterisco podem ser particularmente úteis para aqueles não familiares com a abordagem (LAW, 1996).

Longe disso! Na verdade, sabe-se que essa abordagem é deveras complexa e carece de permanente aprofundamento, mais discussões e mais reflexões. Por isso, essa tese é um exercício inicial, uma tentativa de se olhar por essa ótica. O objetivo aqui é realizar um estudo indutor, provocador de uma nova abordagem, mesmo que para isso tenhamos que sair de nossa “zona de conforto” e nos expor, é seguir o conselho de Latour (2012), de **"conte-me em descrever o estado das coisas que tenho diante dos olhos."** É apresentar e defender uma abordagem para convidar o maior número de pessoas possível para refletir e discutir conosco.

A força motriz da presente tese é **contribuir para as práticas de manejo e conservação das florestas de mangue**, com o objetivo de analisar **a rede do mapeamento de manguezais. É analisar as técnicas relacionadas ao mapeamento de manguezais, não só no âmbito do "conjunto de ferramentas", mas também perceber a técnica como modificadora do espaço (científico) e dotada de valores.**

Portanto, a contribuição vai além da geração (e do aprimoramento da geração) de fatos científicos a serem utilizados para uma melhor gestão do ecossistema. A contribuição pretende possibilitar que fatos científicos e estratégias de gestão sejam tratados de forma simétrica, não hierarquizada. Reunir ao mesmo nível fatos e estratégias significa alcançar uma abordagem transdisciplinar. A teoria ator-rede concorda integralmente com a segunda proposição do manifesto transdisciplinar, assim definida:

O reconhecimento da existência de diferentes níveis de [construção de conhecimento sobre a] realidade, governados por diferentes tipos de lógica, é inerente a atitude transdisciplinar. Qualquer tentativa de redução da realidade para um único nível, governado por uma única forma lógica é incompatível com a transdisciplinaridade (BASARAB NICOLESCU, 1996).

Frente o objetivo proposto, a tese é composta de duas seções.

A primeira, Seção I, intitulada **A técnica de mapeamento através de sensores óticos – a análise de mangue a partir de duas de suas ferramentas**, objetiva analisar duas técnicas, como conjunto de ferramentas que são, para apoio a análise da estrutura florestal dos manguezais. As metodologias escolhidas foram, a classificação baseada em objetos geográficos (GEOBIA), utilizada no Capítulo I, e a adoção de índices de vegetação, utilizada no Capítulo II. Os títulos são, respectivamente: **GEOBIA e os tipos fisiográficos – o que os pixels falam à luz dessa classificação** e **Os tipos fisiográficos e os índices de vegetação – o que os pixels falam quando são transformados.**

A prática científica não é isolada das outras práticas sociais, e não é liberta de influências políticas, econômicas, pessoais e subjetivas⁴. Uma das evidências disso é o porquê da escolha dessas duas técnicas (GEOBIA e Índices de Vegetação), cuja justificativa se baseia tanto em alicerces científicos, como econômico-políticos e pessoais.

No âmbito acadêmico, Green et al. (1998) analisaram a relação entre métodos de processamento de imagens rotineiramente aplicados ao estudo de manguezais e a acurácia de classificação desses métodos. Eles dividiram os métodos de classificação em 5 (cinco) grupos (Figura 1): Interpretação Visual; Imagens de NDVI⁵; Classificação Não-Supervisionada; Classificação Supervisionada e; Análise de componentes Principais e Razão entre Bandas. A análise de Green et al. (1998) foi feita considerando todo o complexo florestal, ou seja, para a separação entre mangue e não mangue. Dentre esses métodos, optou-se pela adoção dos índices de vegetação e classificação supervisionada para a análise da diferenciação do interior da floresta e mangue. Não foram esses dois métodos que apresentaram o melhor resultado de acurácia em Green et al. (1998), mas tiveram bons resultados com 57% e 72%, respectivamente.

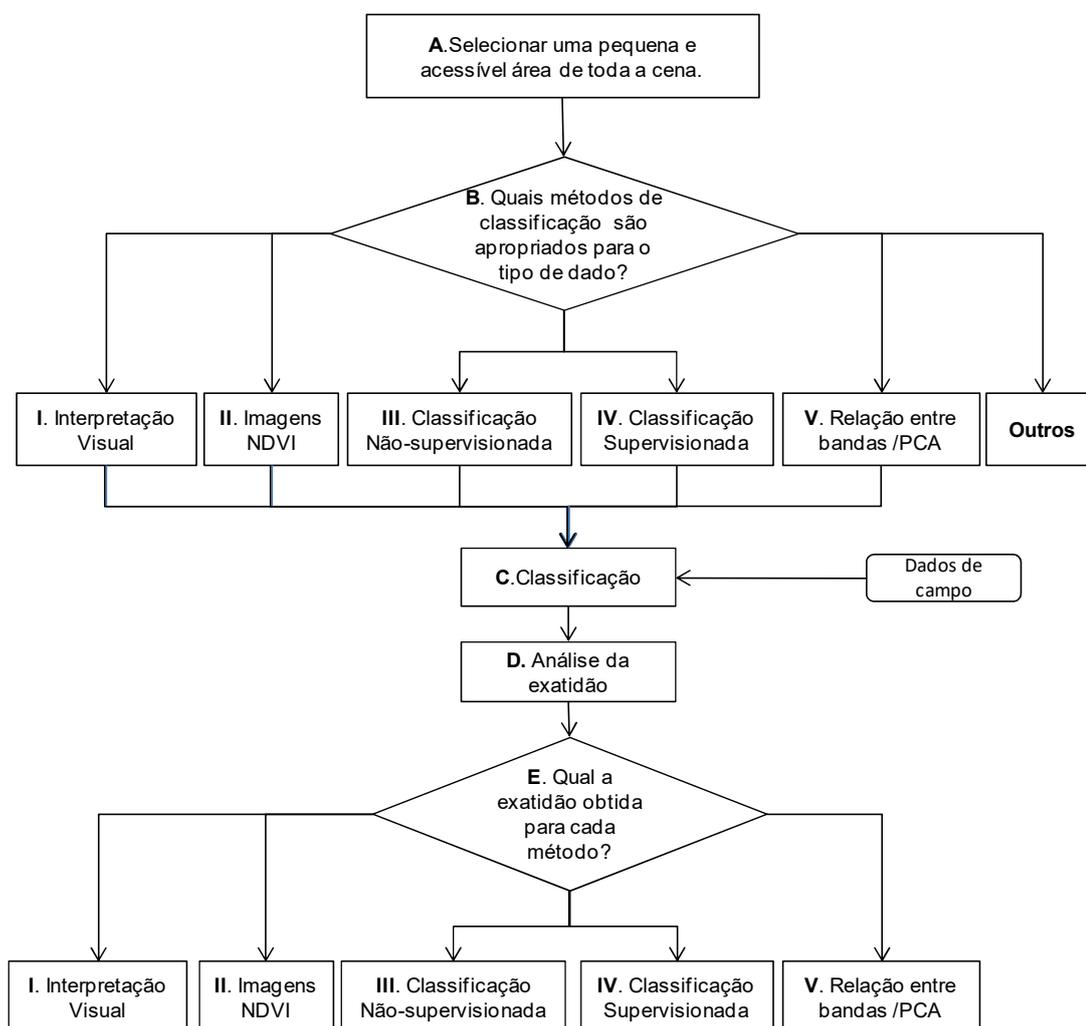
A escolha dessas técnicas veio, primeiramente, do aumento de estudos com GEOBIA nos últimos anos. Na época de publicação de Green et al. (1998) não era essa a realidade. O GEOBIA ainda não era tão disseminado e, provavelmente por isso, ele não foi diretamente considerado no artigo, mesmo podendo ser incorporado ao grupo das “classificações supervisionadas”.

A adoção dos índices de vegetação vem tanto do resultado encontrado em Green et al. (1998) como de um anseio pessoal de estudar mais profundamente as relações dos índices de vegetação com parâmetros estruturais das florestas. A maioria dos estudos utilizam os índices de vegetação como ferramentas para o mapeamento, mas poucos os utilizam como ferramenta de análise.

⁴ Tal concepção será detalhadamente apresentada na seção II desse estudo.

⁵ Sigla para *Normalized Difference Vegetation Index*, o índice de vegetação mais utilizado no estudo de vegetação.

Figura 1- Protocolo do experimento de Green et al (1998)



Fonte: adaptado de Green et al., 1998.

A seção I então, se apresenta ainda nos moldes científicos tradicionais. Os dois primeiros capítulos servem como uma base sobre “como se faz ciência” que possibilita analisar diferentes articulações e conexões.

A seção II da tese intitula-se **A técnica de mapeamento através de sensores óticos como transformadores do espaço científico**. Nessa seção será apresentado o papel do mapeamento de manguezais nas atividades científicas e as associações feitas à luz da Teoria Ator-Rede. Assim como Castiglione (2003) acredita-se aqui que:

Não parece haver sentido em criticar a divisão das ciências em disciplinas e usar simultaneamente, como referente ao discurso as disciplinas que resultam da divisão criticada. No entanto, à luz do contexto no qual se estuda a *tecnociência* do geoprocessamento não há como evitar, ao menos na introdução aos estudos, um referência [a essas ciências] (CASTIGLIONE, 2003).

Portanto, ressalta-se que em alguns momentos, a referência a essas disciplinas “que resultam da divisão criticada” será feita. Mesmo que inicialmente.

Essa seção será composta por um único capítulo. No âmbito do Capítulo III - **Os mapas são o quê? As ontologias dos mapas (de manguezais)**, há a apresentação dos conceitos básicos relacionados a arte de mapeamento e, a apresentação e incorporação da Teoria Ator-Rede. Aqui iremos mostrar como os mapas são a sua **história**; as **ciências contidas neles**; os **procedimentos para sua elaboração**; as **conexões nos laboratórios** em que eles se inserem; as **conexões na vida dos pesquisadores** que os fazem e; por fim, são **parte da gestão do espaço**.

Parte do conteúdo pode aparentar ser mais revisita e rediscussão do que novação, podendo até pode ser visto como de revisão bibliográfica (ou fundamentação teórica), mas essa abordagem é essencial para o embasamento necessário para as reflexões propostas no próprio capítulo. Além disso, ambicionando a leitura de pessoas que não necessariamente estejam familiarizadas com a arte de “cartografar”, o conteúdo aqui apresentado se torna inédito para muito dos leitores.

Cabe ressaltar aqui que o estilo de redação se modifica ao longo dos capítulos. Na primeira seção, a redação é feita nos moldes acadêmicos ditos de “artigos”. Por isso usa-se a terceira pessoa e a redação é apresentada de forma mais técnica. Já na seção dois, a redação é feita na primeira pessoa, seja do singular ou do plural e, mesmo com uma linguagem técnica, tenta-se apresentar uma redação mais em prosa. Essa abordagem foi proposital, para aproximar o leitor da questão discutida e para incorporar as duas abordagens em uma, diferente do afastamento da linguagem tecno-científica.

Em um primeiro momento, a tese pode aparentar uma incorporação de ramos diferentes e é justamente esse pensamento que se quer desconstruir ao longo da tese. Ou melhor, quer se apresentar que há algo diferente desse pensamento e ele pode ser considerado e incorporado pela ciência.

Autores como Morin (1984) falam que "o espírito científico é incapaz de se pensar de tanto crer que o conhecimento científico é o reflexo do real". Por isso cientistas continuam a realizar a ciência normal (KUHN, 1975), ou seja, continuam a realizar estudos que não só se adequam ao paradigma científico vigente como o fortalece. O exercício aqui vai na contramão desse fortalecimento, ele adora a crítica de Morin (1984), Kuhn (1975) e Latour (1994) que afirmam que a atual maneira de se fazer ciência não abarca, não dá conta do mundo comum. Nessa tese não haverá lugar só para a "ciência normal", essa que acredita que "a comunidade

científica sabe como é o mundo" (KUHN, 1975). Nesse contexto temos um novo paradigma, onde se repensa a ciência feita e se questiona o paradigma científico vigente, iniciando tal processo pelo questionamento dos nossos próprios objetos de estudo, de modo a fazer ciência com consciência Morin (1984).

Este estudo se justifica, primeiramente, pela contribuição metodológica do mesmo, nos estudos à cerca dos manguezais (Seção I). Depois, pela abordagem transdisciplinar de não considerar somente a técnica de mapeamento de manguezais, mas o papel de suas técnicas e dos objetos gerados por elas no espaço de se fazer ciência.

Objetivo Geral

O objetivo Geral dessa tese é analisar a potencialidade de dois métodos para a identificação das diferentes fisionomias presentes na floresta de mangue e descrever a rede sociotécnica do mapeamento de manguezais, reconhecendo-o e analisando-o como resultado de um conjunto de ferramentas e como modificador do espaço científico.

Objetivo Específico

Para analisar o mapeamento de manguezais como técnica, no âmbito do conjunto de ferramentas como modificadora do espaço científico, têm-se como objetivos específicos:

- a) Analisar dois métodos aplicados à identificação das diferentes fisionomias presentes na floresta de mangue;
- b) Caracterizar a rede histórica conceitual relacionada ao mapeamento de manguezais;
- c) Caracterizar o mapeamento de manguezais como natural-social, científico-político, sujeito-objeto e, cartográfico-geográfico-ecológico.

1 ÁREA DE ESTUDO



*“Fui no mangue catar lixo, catar caranguejo,
conversar com urubu.”
Manguetown – Chico Science e Nação Zumbi*

A região estudada denominada muitas vezes nessa tese de “Manguezais de Guaratiba” é o complexo de florestas de mangue encontrado na sua porção leste da baía de Sepetiba (Figura 2). A baía de Sepetiba encontra-se na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, compreendida entre os paralelos 22° 53' S e 23° 05' S e os meridianos 043° 33'W e 044° 01'W.

A área de estudo localiza-se em uma planície costeira Quaternária (Baixada de Sepetiba-Guaratiba), delimitada ao Norte e a Leste pelo maciço da Pedra Branca - que determina a divisão entre esta e a planície de Jacarepaguá- e, ao Sul e a Oeste pela baía de Sepetiba (SOARES, 1997). A Baixada de Sepetiba possui uma área de 1700 Km² e Guaratiba aproximadamente 40 Km². Topograficamente, possui uma elevação entre zero e três metros acima do nível do mar (FERREIRA; OLIVEIRA, 1985).

A área que compreende a baía de Sepetiba, a Restinga da Marambaia e a planície de inundação, possui aproximadamente 500 Km² (RONCARATI; BARROCAS, 1978 apud PORTUGAL, 2002). É através de um estreito canal na região da Barra de Guaratiba (a leste da baía) e pela entrada principal próxima a Itacuruçá e Mangaratiba (a oeste) que a comunicação com o Oceano Atlântico ocorre. Adjacente à comunicação mais estreita (Barra de Guaratiba) existem amplas planícies de inundação colonizadas por manguezais, em consequência da baixa energia e das oscilações da maré.

O regime de marés da região é definido como de micromarés, com amplitude inferior a dois metros. Entretanto, este comportamento é alterado pela influência da componente meteorológica, pelo afunilamento da baía e baixa profundidade, além da influência de diversos canais (SOARES, 1997), resultando eventualmente em empilhamento das águas.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen poder ser dividido em: Aw, tropical quente e úmido com estação seca no inverno, típico de baixada e Af, tropical quente e

úmido sem estação seca, característico das encostas adjacentes. Isto se dá pela diferença topográfica entre as áreas planas da baixada e as áreas de encosta (SOARES, 1997).

Estrada et al. (2008), após analisarem dados da estação meteorológica de Guaratiba afirmaram que a média anual de precipitação foi de 1.067 mm (entre 1984 e 2004), com média mensal de 137,8 mm na estação chuvosa (da primavera ao outono) e de 43,9 mm na estação seca (inverno). Ainda segundo os autores, na área ocorre uma alta variabilidade interanual da precipitação, indicada pelo alto desvio padrão dos dados. Almeida (2010) também encontrou o mesmo modelo, afirmando que, embora anualmente a área apresente uma época seca, esta não é fixa e ocorre em diferentes meses ao longo dos anos analisados (1985 à 2008).

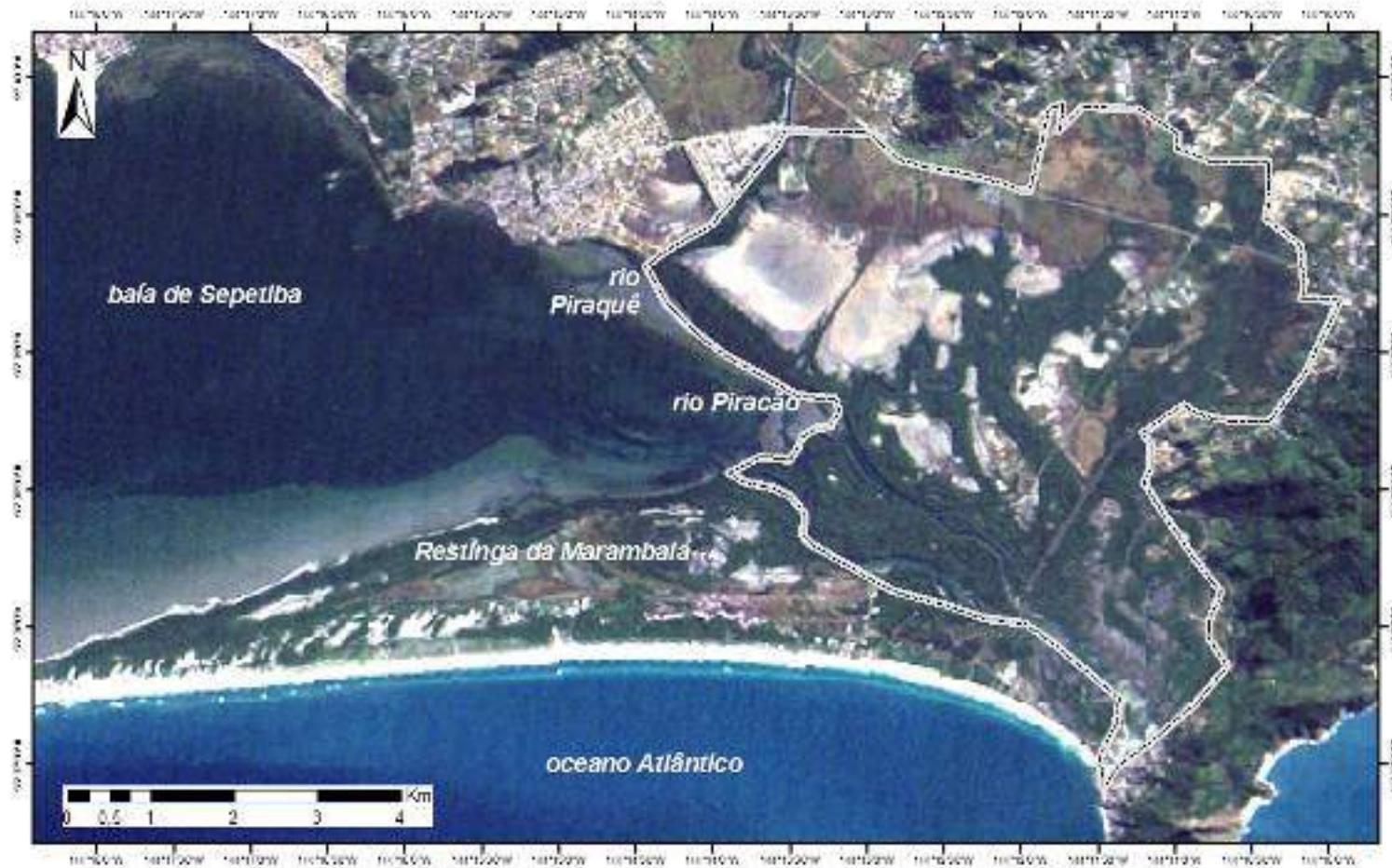
A média anual de temperatura é de 23,5°C, com amplitude de 5,7 °C, o que evidência um padrão de estações bem marcadas (ESTRADA et al. op. cit.).

Outra característica importante em relação à precipitação e à temperatura é o balanço hídrico regional. Almeida (2010), a partir de uma série histórica de 1984 à 2006 identificou que na região de Guaratiba há predominância de déficit hídrico. Ou seja, na maior parte do período analisado há falta de água no solo, que se reflete na falta de água para o ambiente, e também para os manguezais.

Como característico de fundo de baía, são vários os rios que deságuam no corpo hídrico. Os principais rios que deságuam na baía são o Itaguaí, o Canal de São Francisco, Rio Cação, Rio da Guarda, Canal do Itá e Canal do Guandu (SOARES, 1997). Alguns cursos d'água podem ser assoreados, o que leva à formação de baixios e, posteriormente, de ilhas e canais de maré meandrantos, estreitos e profundos (rios Portinho e Piracão) (RONCARATI; BARROCAS, 1978 *apud* PORTUGAL, 2002). Segundo Soares (1997), os rios funcionam como canais de maré, com fluxo de água doce bastante reduzido e circulação regida basicamente pelas marés, tal fato associado à baixa declividade do terreno, propicia a colonização de manguezais em áreas bem afastadas do mar.

Os manguezais estudados (Figura 3) se encontram parte na Restinga da Marambaia, uma área sob jurisdição militar e parte na Microbacia do Piraquê (com sua maior parte inserida na Reserva Biológica Estadual de Guaratiba), que recebe esse nome por ser esse o rio com maior significância no conjunto. Nessa microbacia estão inseridos os rios Portinho, Piracão, Piraquê, Cabuçu e Gatão.

Figura 2- Localização da área de estudo



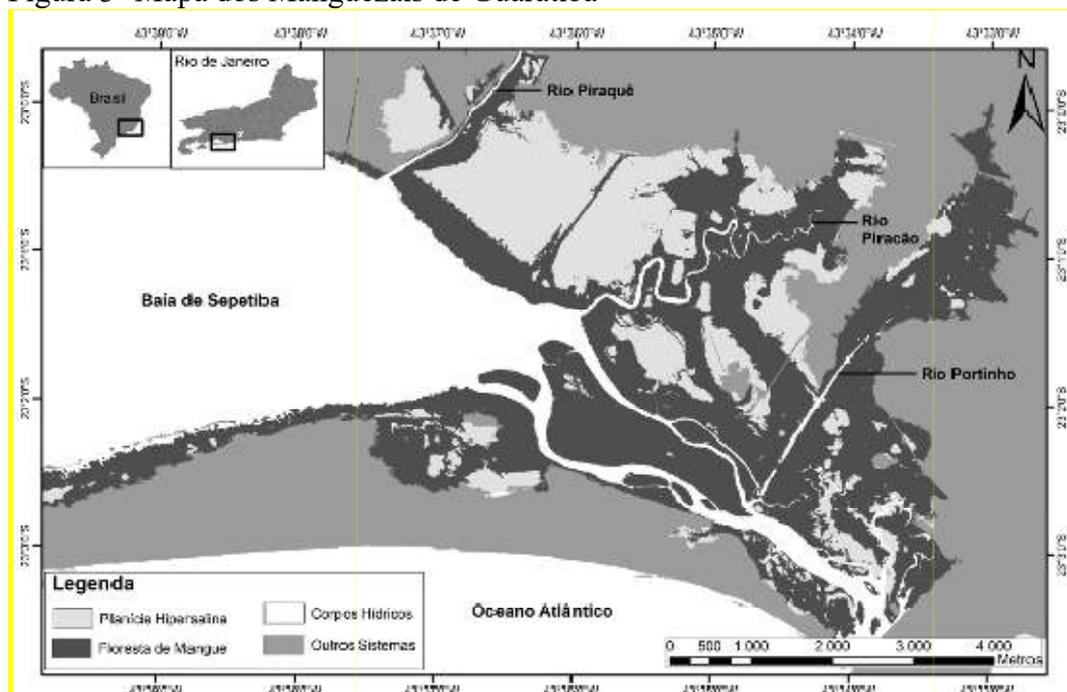
Legenda: litoral do Rio de Janeiro, Brasil, às margens da baía de Sepetiba. Delimitada de branco a Reserva Biológica Estadual de Guaratiba.
Fonte: Almeida, (2010).

Outra característica da Baixada de Guaratiba é a existência, como observamos na figura 4 de uma extensa planície com formação de áreas hipersalinas (PELLEGRINI, 1996, 2000; SOARES, 1997) associada às florestas de mangue. As planícies hipersalinas, dependendo da região, recebem outros nomes, como por exemplo, apicuns (denominação indígena).

Os apicuns estão relacionados à ocorrência de marés meteorológicas (PELLEGRINI, 2000), a antigas obras de drenagem (Araújo, 1985) e a estações secas bem definidas ao longo do ano (PELLEGRINI, *op. cit.*). Em seu trabalho, Pellegrini (*op. cit.*) encontrou em um dos apicuns da área de estudo salinidade média de 38,7 na interface com o manguezal, 54,8 em banco de *Salicornia gaudichaudiana* e 103,3 na área sem vegetação. Ou seja, de maneira geral o comportamento de salinidade é crescente em direção ao interior do continente.

As florestas de mangue da região, segundo a classificação de tipos fisiográficos proposta por Lugo e Sneadaker (1974) são definidas como de franja e bacia. Os tipos fisiográficos de franja são as florestas encontradas ao longo de margens protegidas, sendo diariamente lavadas pelas marés. Em consequência da lavagem, a salinidade é baixa, não apresentando altos gradientes físico-químicos. As florestas de bacia encontram-se nas partes mais internas, atrás das florestas de franja, por sua localização a lavagem pelas águas das marés não é tão frequente, ocasionando um gradiente físico-químico bem marcado, o que proporciona assim, uma zonação de espécies.

Figura 3- Mapa dos Manguezais de Guaratiba



Fonte: Almeida, 2015

Figura 4 - Apicum de Guaratiba



Legenda: Foto de um dos apicuns da região de Guaratiba, ao fundo a floresta de mangue.

Fonte: Arquivo NEMA.

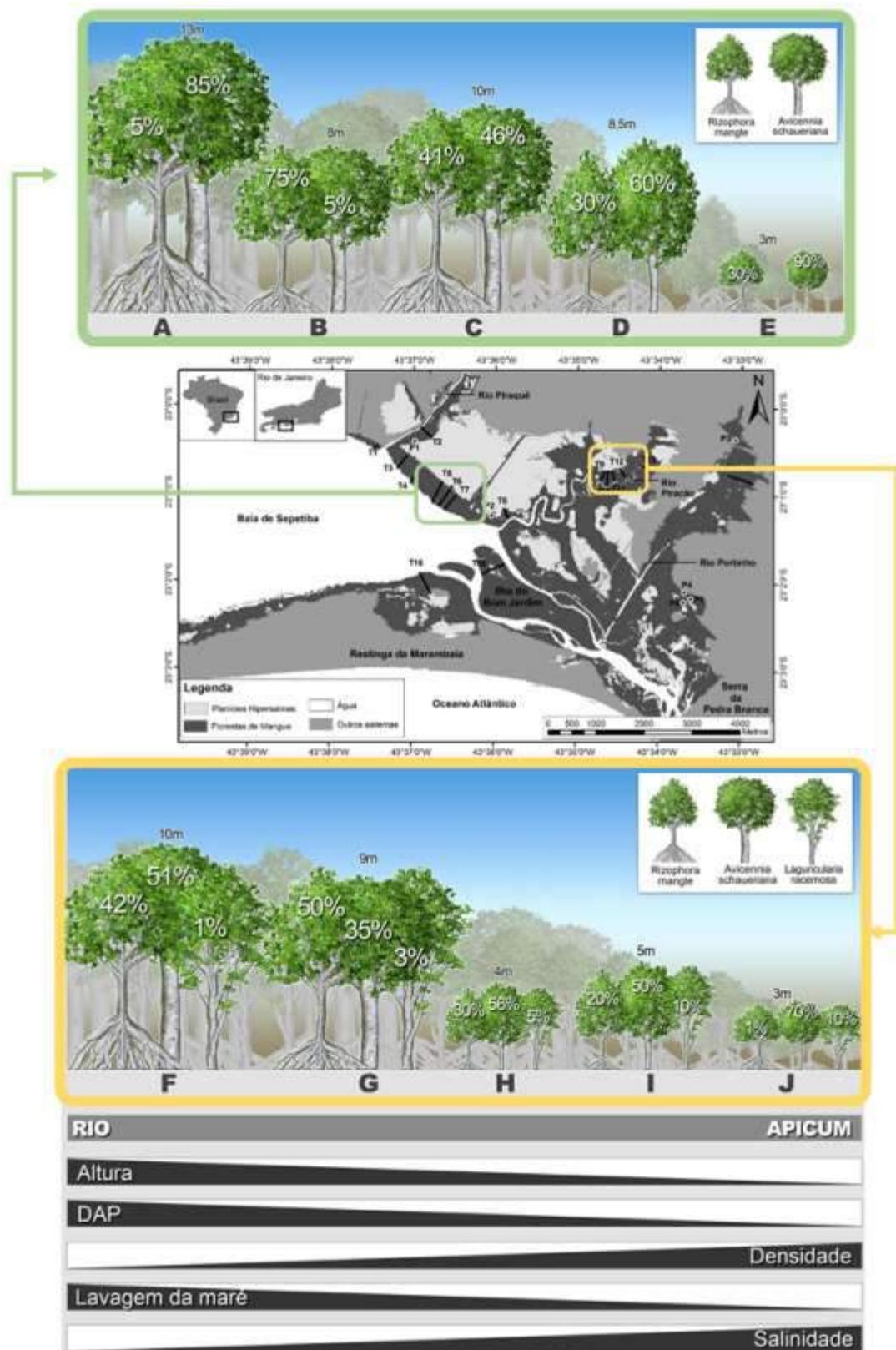
Estrada (2009) caracterizou as florestas de mangue da região como sendo distribuídas nos tipos fisiográficos: franja, bacia e transição. Para a sua comparação foram considerados a densidade, DAP médio, altura média e área basal. O autor encontrou uma distinção entre cada um dos tipos fisiográficos: as florestas de franja – às margens da baía e dos rios, são as mais desenvolvidas, apresentando maiores valores de altura média e DAP médio; as florestas de bacia – mais no interior dos manguezais, apresentam valores intermediários dos parâmetros estruturais e; as florestas de transição – na faixa de transição entre a floresta e as planícies hipersalinas – por estarem dispostas em regiões mais estressadas ambientalmente, têm menor altura média e DAP médio. Cabe ressaltar que Estrada (2009) foi o primeiro a provar estatisticamente as diferenças estruturais nas florestas de mangue de Guaratiba, entretanto, tanto Pellegrini (2000), como Portugal (2002), descrevem essa redução de desenvolvimento estrutural dos indivíduos na direção corpo hídrico-apicum. A figura 5 ilustra esse desenvolvimento estrutural, tendo como base a compilação de dados atuais do NEMA/UERJ.

Quanto à zonação de espécies da região, Corrêa (1996), Soares (1997) e Chaves (2001) fizeram uma vasta descrição da área. Esses autores descrevem em seus estudos a floresta próxima à área do Rio Piracão como dominada por *R. mangle* na franja (com altura média de 6,62 metros), seguida por faixa com altura média de 7,05 metros ainda dominada por *R. mangle*, apresentando contribuição de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, caracterizando uma floresta tipo bacia. Em seguida, há uma zona de *R. mangle* que possui uma redução na sua estatura (altura média de 2,99 metros), bem inferior à floresta ribeirinha. A interface floresta-apicum apresenta florestas anãs de *L. racemosa* e *A. schaueriana*, com altura média de 0,64 metros. No apicum existem áreas ora totalmente desprovidas de vegetação, ora com manchas de vegetação herbácea de *Salicornia gaudichaudiana* e indivíduos isolados de *A. schaueriana*. Por fim, na porção mais afastada do rio Piracão, há um grande banco de *Salicornia gaudichaudiana*.

Para a floresta nas imediações do Rio Piraquê, Corrêa (1996), Soares (1997) Chaves (2001) e Portugal (2002) apontam que a espécie dominante na franja é *A. schaueriana* (altura entre 5,87 e 6,72 metros) seguida por uma zona com *A. schaueriana* e *R. mangle* com altura média entre 3,36 e 5,84 metros. Na zona posterior, *R. mangle* domina, mas há presença de *A. schaueriana* e *L. racemosa*, com altura média variando entre 4,99 e 6,93. Depois desta, há outra zona dominada por *R. mangle* (altura média de 2,64 metros). A faixa de transição floresta-apicum é caracterizada pela presença de floresta anã de *R. mangle*, com altura média de 0,65 metros.

Chaves (2001) e Portugal (2002) ainda descreveram a estrutura vegetal das florestas da Restinga da Marambaia, às margens da baía de Sepetiba. Nas descrições de ambos os autores, *R. mangle* domina a floresta de franja (altura média de 7,58 metros), a faixa posterior é mista, apresentando *A. schaueriana* e *L. racemosa* com altura média de 6,57 metros. A outra faixa é composta por *A. schaueriana* e *R. mangle* dividida em duas partes: uma com elevada presença de grandes indivíduos mortos de *A. schaueriana* e altura média de 1,75 metros e a segunda com indivíduos predominantemente vivos e com altura média de 7,22 metros. A faixa seguinte, com altura média de 5,32 metros, tem domínio de *R. mangle* mas é composta também por *A. schaueriana*. Estas espécies se alternam também na próxima faixa que é seguida por uma floresta dominada por *A. schaueriana* com altura média de 3,41 metros. Em seguida existe uma floresta composta exclusivamente de *R. mangle* (1,47 metros de altura média). A penúltima faixa apresenta alta contribuição de *A. schaueriana* mortas e altura média de 2,09 metros. Na transição floresta-apicum há ocorrência exclusiva de *R. mangle*.

Figura 5 – Zonação das Florestas de mangue de Guaratiba às margens da baía de Sepetiba (diagrama verde) e do rio Piracão (diagrama amarelo).



Legenda: Acima das árvores a altura média (aproximada) das transversais e em porcentagem a dominância (aproximada) de cada espécie na parcela. As parcelas caracterizam-se da seguinte maneira: A e F (franja); B, C, D, G, H e I (Bacia) e E e J (Transição). Na floresta à margem da baía de Sepetiba a espécie *Laguncularia racemosa* não foi ilustrada, porque embora esteja presente, sua ocorrência é muito baixa.

**SEÇÃO I - A TÉCNICA DE MAPEAMENTO ATRAVÉS DE SENSORES ÓTICOS –
A ANÁLISE DE MANGUE A PARTIR DE DUAS DE SUAS FERRAMENTAS**

2 USO DA CLASSIFICAÇÃO BASEADA EM OBJETOS NO MAPEAMENTO DOS TIPOS FISIAGRÁFICOS DE UMA FLORESTA DE MANGUE

*"Seria tudo muito melhor
Se a música falasse por si só
Dá raiva da vida
Nada existe sem classificar"
Sem Palavras – Móveis Coloniais de Acajú*

2.1 Introdução

2.1.1 Cartografia, Mapeamento e Dados óticos orbitais

O mapeamento da superfície terrestre, seus atributos naturais e antrópicos e as práticas locais é uma atividade há muito realizada pelo homem. Assim como a fala, a elaboração de mapas é antes de mais nada um dos artifícios de comunicação, para registrar e enviar uma informação.

A cartografia⁶ evolui junto com a história humana, se aperfeiçoa e moderniza junto com as descobertas e técnicas que continuamente foram sendo desenvolvidas.

Há quase cinco décadas, a partir de dados óticos orbitais, técnicas de classificação de imagens de satélite são utilizadas para o desenvolvimento de mapas temáticos utilizados para os mais diferentes fins. Os mapas temáticos, são os produtos finais de um árduo processo de aquisição e análise de dados, baseado em um conhecimento já adquirido do ambiente.

Desde o início da utilização de dados óticos orbitais e do mapeamento através destes, tanto as imagens como as técnicas de processamento e classificação vêm avançando. No início das atividades de classificação de imagens desses sensores, as opções restringiam-se ao uso de imagens de baixa ou média resolução espacial (70 à 30 metros), mas atualmente, temos uma gama de novos sensores que nos fornecem as mais diferentes resoluções, como os a bordo do SPOT (5m), do Ikonos (1,0m) e do GeoEye (0,43m). Essa evolução se deu tanto em

⁶ Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos estudos de observações diretas ou análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas em projetos e outras formas de expressão, assim como a sua utilização (ASSOCIAÇÃO CARTOGRÁFICA INTERNACIONAL, 1964).

relação à resolução espacial, como em relação às resoluções espectral e radiométrica. Essas novas imagens oferecem mais informações além das agregadas às respostas espectrais, há muito utilizadas nas classificações.

A classificação é o processo de impor ao pixel significado em relação as suas propriedades numéricas (NOVO, 2010). Sendo, mais detalhadamente, o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos, que constituirão uma única classe de objetos dentro da legenda de um mapeamento pretendido (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Para o processo de classificação tem-se, como principais técnicas, a classificação visual, as técnicas não-supervisionadas (automáticas) e as supervisionadas (semi-automáticas). A escolha de qual técnica utilizar depende de inúmeros fatores como, por exemplo, o grau de intervenção que o analista tem no processo, o grau de conhecimento do analista sobre o problema analisado e, as ferramentas (dados e softwares) disponíveis para o trabalho.

Sobre a classificação visual, PONZONI e SHIMABUKURO (*op. cit.*) relatam que o intérprete humano responsável por essa classificação, não é capaz de discriminar todos os níveis de cinza disponibilizados numa imagem de satélite. Além disso, durante essa classificação, somente informações provenientes de três bandas de uma imagem podem ser utilizadas simultaneamente. Assim, o uso de computadores e programas para a realização da classificação possibilita a análise de tantos pixels e tantas bandas quanto forem necessárias, ampliando o potencial de refinamento do resultado final.

Os métodos não supervisionados e supervisionados são mais dependentes das ferramentas computacionais. Na classificação não supervisionada, o agrupamento de pixels em classes é efetuado a partir de análises estatísticas pelo programa computacional, sem interferência do analista, e somente após essa classificação automática, é que os nomes das classes são atribuídos pelo intérprete (NOVO, 2010).

A classificação supervisionada depende da predefinição de uma legenda e da identificação de amostras representativas de cada classe, antes da separação das classes em si ser realizada pelo software. Ela se baseia no pressuposto que cada classe pode ser definida, através de treinamento baseado em amostras, pelo operador (NOVO, *op. cit.*).

Entretanto, como mencionado em diversos estudos (BAATZ; SCHÄPE, 1999; XIOXIA et al, 2004 e LEUKERT et al., 2004), os métodos de classificação (supervisionado e não supervisionado) baseados em pixels ou em segmentos homogêneos (que consideram só as escalas de cinza associadas aos pixels) se tornaram inadequados para compreender toda a complexidade das imagem de alta resolução. Por isso, técnicas de classificação também

evoluíram, formando o grupo da nova geração de métodos de classificação, estando o Sistema Baseado em Conhecimento dentre esses.

2.1.2 Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) e a Classificação Orientada à Objetos

Os métodos de classificação (sistemas) baseados em conhecimento estão relacionados aos processos computacionais de SBC, estes sistemas são utilizados quando há um grande conhecimento específico (por parte do operador) que auxilia na solução do problema em questão.

No caso das classificações, os Sistemas de Interpretação de Imagens Baseados em Conhecimento, são aqueles que utilizam os conhecimentos do intérprete na modelagem do ambiente. Seu objetivo é distinguir objetos que têm existência concreta e relacionar esse objetos com características das imagens como cor, textura, forma, padrão e contexto na imagem. O que se tem ao final da classificação é um reflexo do conhecimento prévio da área e do problema, somados à capacidade de compreensão do analista (PINHO, 2005).

Dentre os softwares que se baseiam nesse sistema, um dos principais e mais utilizado é o eCognition, sendo reconhecido como o primeiro a realizar classificação orientada a objetos (GEOBIA). Infelizmente, a maioria das aplicações desse método se dá através de seu uso como um classificador baseado no treinamento de amostras ou a partir de árvores de decisão (data mining). Apesar do potencial do GEOBIA como um SBC, poucas ainda são as iniciativas de classificação que podem ser descritas como baseadas no conhecimento.

A classificação baseada em objetos pode fazer uso de diferentes descritores através de critérios booleanos (thresholds) e/ou de funções Fuzzy na modelagem do conhecimento, ou seja, regras matemáticas para que o conhecimento do operador seja sistematizado e reproduzido (CRUZ et al, 2009).

De maneira geral, esse método consiste em duas etapas, a segmentação e a classificação em si.

A segmentação faz com que os pixels sejam agrupados em segmentos maiores (os objetos)⁷, que são formados com base em sua resposta espectral, textura e forma. Os objetos então serão classificados considerando vários parâmetros, não só os espectrais. A gama de

⁷Embora não seja o objetivo desse capítulo, cabe ressaltar que há na literatura algumas discussões entre o conceito de segmento e objeto. Segmentar uma imagem em áreas homogêneas não significa, necessariamente, que estamos alcançando a delimitação de objetos. Normalmente o que se tem são partes dos objetos desejados, o que dificulta o uso de vários descritores. Operações denominadas resegmentação têm surgido como forma de minimizar esse problema.

parâmetros que pode ser considerada em uma classificação é enorme, além disso, o gráfico para cada parâmetro é construído pelo próprio usuário, o que permite uma maior liberdade na construção dos critérios. Mesmo que essa gama de possibilidades seja um dos grandes diferenciais desse método é, ele também uma dificuldade. As possibilidades são tantas que dificulta a seleção do que se deve usar. Por isso, um maior esforço do conhecimento do que se é disponível pelo software e aplicabilidade deve ser feito, uma vez que o conhecimento prévio do que se pode usar é pouco.

O princípio da classificação baseada em objetos está na extração de objetos (através de segmentações) e na elaboração de uma rede semântica.

Para os manguezais, assim como para os outros ecossistemas, os principais métodos utilizados para sua classificação são os automáticos ou semiautomáticos. A classificação orientada a objeto só começou a ser utilizada no mapeamento dos manguezais nos anos 2000 (KUENZER et al., 2011).

Nos estudos desse ecossistema, a técnica de classificação baseada em objetos, assim como as demais técnicas de mapeamento, é utilizada principalmente para trabalhos objetivando o mapeamento na cobertura do solo ao longo do tempo (DUPUY et al, 2012; BORNMAN; ADAMS, 2010; CONCHEDDA et al., 2008; FROMARD et al., 2004; JONES et al., 2004; JUPITER et al, 2007; ROGERS et al., 2006), levantamento da área ocupada pelo ecossistema e mapeamento de pressões no ecossistema (MOHAMED et al., 2007). Em outras palavras pode-se dizer que esses trabalhos consideram somente os limites dessas florestas com os sistemas adjacentes, isso com o objetivo de inventariar ou analisar essas florestas multitemporalmente (*Change detection*).

Ainda são poucos os trabalhos que apresentam uma escala maior de análise e legenda, que considerem as diferenças internas das florestas. Além disso, quando tal abordagem é realizada, ela prioriza divisões em relação à densidade de copas (JENSEN et al., 2009) e à dominância ou discriminação de espécies (GREEN, 1998; DUTRIEX et al., 1990).

Durante a elaboração desse trabalho, somente um trabalho (KAMAL et al, 2014) foi apresentado tentando dar uma abordagem ecológica à divisão interna do mapeamento dos manguezais. Sendo necessário mais estudos que analisem a aplicabilidade e resultados dessa abordagem.

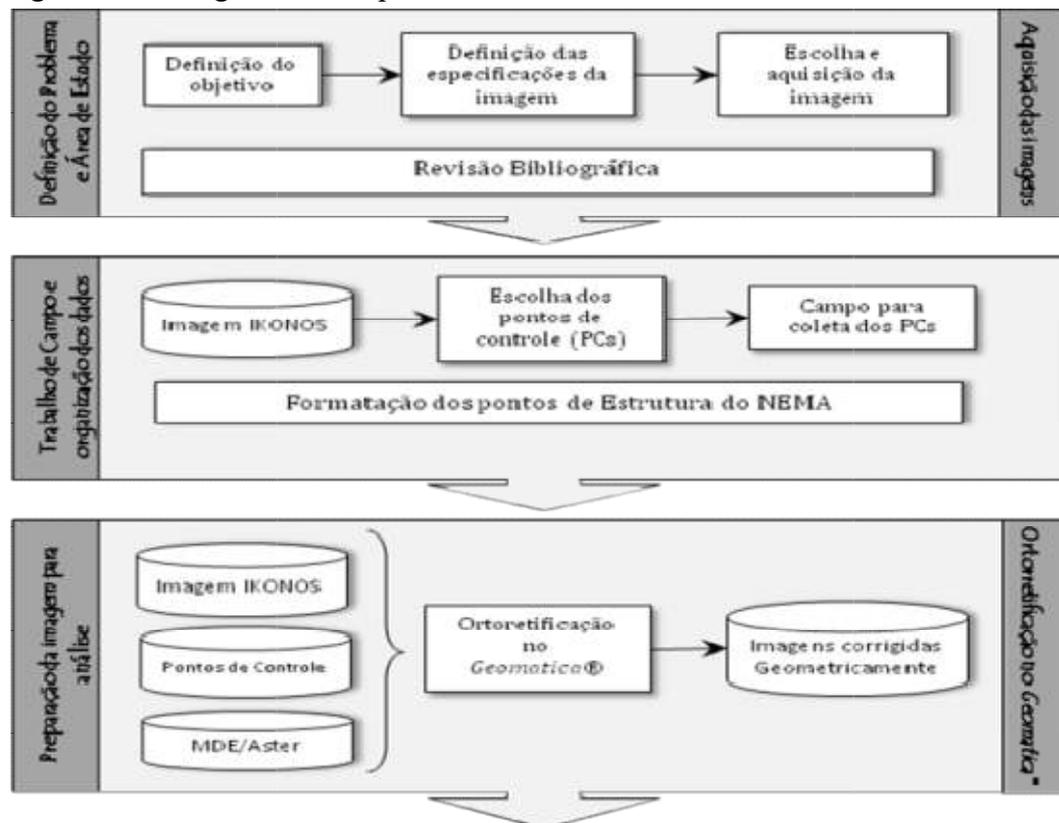
2.2 Objetivo

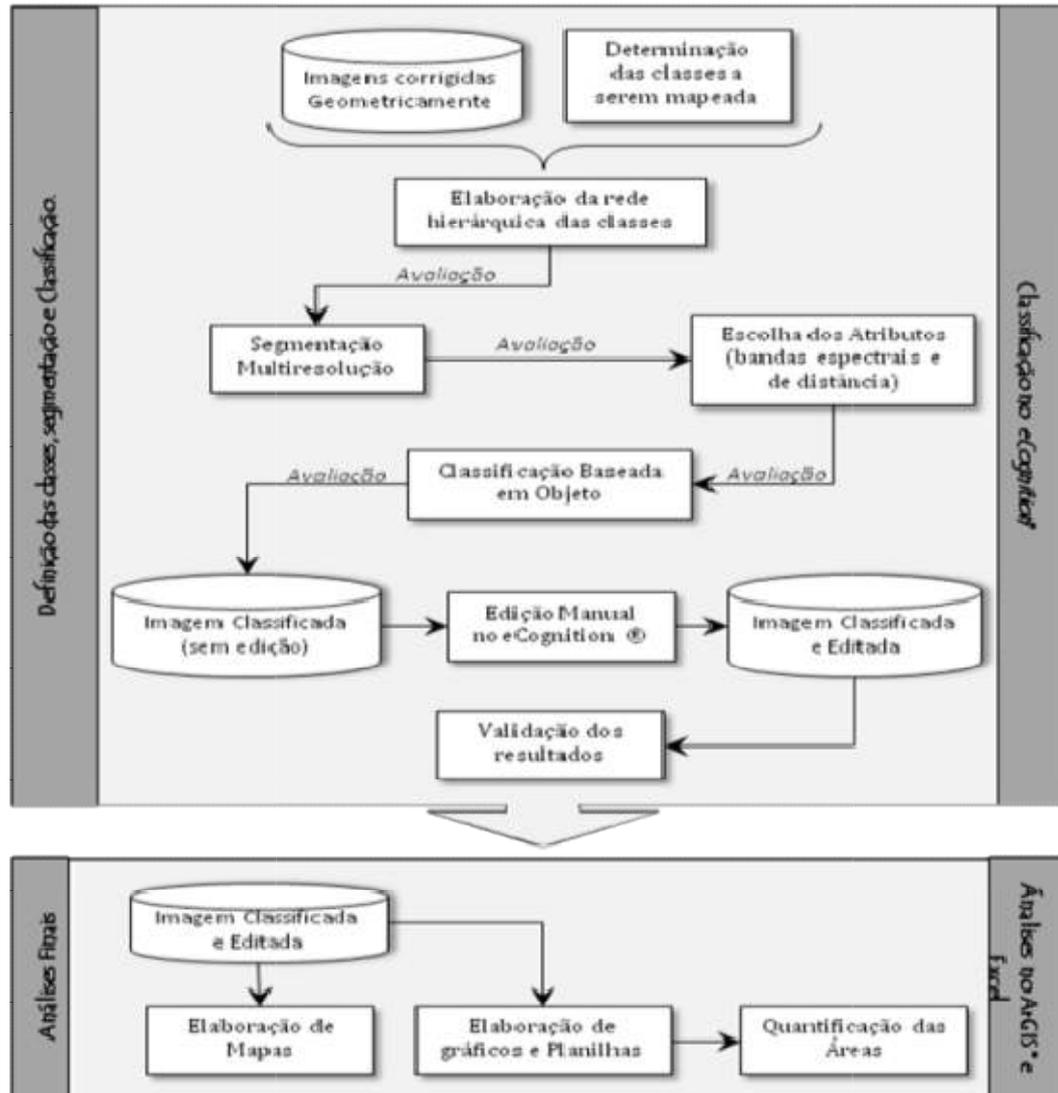
O presente capítulo tem como objetivo investigar a aplicabilidade da técnica de classificação baseada à objetos em imagens de alta resolução (oriundas de satélites óticos orbitais) para o mapeamento de tipos fisiográficos da vegetação de mangue, além de avaliar sua acurácia e viabilidade de replicação.

2.3 Materiais e métodos

As etapas para execução do mapeamento podem ser divididas em: escolha e aquisição da imagem; trabalho de campo, preparação da imagem para a análise; classificação, edição e geração de mapas. Todas as etapas, em ordem de execução, estão expostas no fluxograma apresentado na figura 6 e serão detalhadas posteriormente. Várias etapas foram elaboradas no âmbito desse estudo, que podem ser também consideradas resultados dessa pesquisa.

Figura 6 - Fluxograma de etapas desenvolvidas.





2.3.1 Escolha e Aquisição das imagens

Uma das etapas primordiais para a execução com sucesso do mapeamento de tipos fisiográficos de manguezais é a escolha da imagem cuja resolução espacial seja compatível com áreas e extensões dos objetos mapeados.

Para o objetivo proposto faz-se necessário o uso de imagens com alta resolução espacial, isto porque os tipos fisiográficos em algumas regiões estão dispostos em faixas muito estreitas que dificultam, ou até impedem, que sensores de média e baixa resolução espacial as identifiquem. Frente às limitantes financeiras da época, foram utilizadas imagens

provenientes do satélite IKONOS que tem alta resolução espacial (1m na banda pancromática e 4m nas coloridas).

A imagem IKONOS, com características descritas na Quadro 1, apresenta 4 bandas espectrais, além da pancromática. Imagens multiespectrais são recomendadas em trabalhos de classificação, uma vez que o maior número de bandas possibilita a consideração de mais descritores, tendo a possibilidade de se gerar mais modelos na classificação, o que auxilia a maior diferenciação das fisionomias.

Quadro 1 - Características das imagens do satélite IKONOS

Altitude	680 km
Inclinação	98,1°
Velocidade	7km / s
Sentido da Órbita	descendente
Duração da Órbita	98 minutos
Tipo de Órbita	Sol-síncrona
Resolução Espacial	Pancromática: 1m / Multiespectral: 4m
Bandas espectrais	Pan 0.45 - 0.90 μ Azul 0.45 - 0.52 μ Verde 0.52 - 0.60 μ Vermelho 0.63 - 0.69 μ Infra vermelho próximo 0.76 - 0.90 μ
Imageamento	13km na vertical (cenas de 13km x 13km)
Capacidade de Aquisição de imagens	Faixas de 11km x 100km até 11km x 1000km Mosaicos de até 12.000km ² 20.000km ² de área imageada numa passagem
Frequência de Revisita	2.9 dias a 1m de resolução <i>Esses valores valem para latitude de +/- 40°. A frequência de revisita para latitudes maiores</i>

Fonte: Engesat, (2012).

Neste cenário, foram adquiridas imagens (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Quadro 2) cujas datas de aquisição coincidem com dados de estrutura vegetal obtidos em campo pelo NEMA.

Cabe ressaltar que as imagens adquiridas já haviam passado pelos processos de correção atmosférica e normalização radiométrica.

Figura 7 - Quicklook da imagem Ikonos



Legenda: Área de estudo delimitada em vermelho, mostrando as cenas com suas diferenças radiométricas.

Quadro 2- Informações sobre as cenas.

Cena	Data da cena	Cobertura de nuvens	Ângulo de elevação	ID
01	13/08/2007	0%	83.984	2007081313130930000011608403
02	12/04/2002	0%	73.4042	2002041213133460000011610541

2.3.2 – Trabalhos de Campo

Após a aquisição das imagens, cerca de 20 pontos de controle foram selecionados e medidos em campo para posterior ortorretificação (Figura 8) das imagens.

O trabalho de campo se consistiu na medição de coordenadas, através de GNSS L1, de pontos previamente estabelecidos para a realização da ortorretificação (Figura 9). Os pontos foram escolhidos de maneira a serem bem definidos na imagem por um único pixel (meio de cruzamentos de vias, vértices de estacionamentos, etc.).

Esses pontos, denominados pontos de controle, foram distribuídos de modo a cobrir a área da imagem (Figura 9), e escolhidos de maneira que a feição (medida em campo) pudesse

ser reconhecida em um *pixel* da imagem. Alguns pontos foram utilizados para a ortorretificação e outros para validação.

Figura 8 - Fotos de dois pontos de medição de coordenadas, com GNSS L1, para ortorretificação



Fonte: Arquivo NEMA (2014).

Figura 9 - Imagem com os pontos medidos com GNSS L1.



Fonte: Almeida 2015

O GNSS L1 utilizado foi gentilmente cedido pelo curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Este se diferencia do GNSS usual porque realiza medições que podem gerar erros de localização planialtimétrica de até poucos centímetros, enquanto os utilizados em campo para navegação, geram erros na ordem de metros.

O processo utilizado na aquisição dos pontos de controle foi o denominado *Stop and Go* que, de uma maneira simples, consiste na utilização de um par de DGPS, enquanto uma coleta dados de um ponto conhecido ou base (Figura 10), o outro é posicionado nos vários pontos que se deseja medir.

O ponto de coordenadas conhecidas ocupado como base no âmbito desse trabalho foi a estação altimétrica do IBGE 3066T, escolhida por ser o único marco encontrado próxima da área estudada.

Figura 10 - Base para coleta de dados por GNSS



Legenda: estação altimétrica 3066T do IBGE.

2.3.3 Ortorretificação (Correção Geométrica)

Uma imagem de satélite possui certos erros geométricos gerados durante sua aquisição, logo, para se realizar qualquer trabalho utilizando imagens digitais provenientes de satélites faz-se necessária a correção geométrica da imagem (NOVO, 2010).

A ortorretificação tem como finalidade corrigir geometricamente a imagem, considerando tanto a planimetria do terreno como sua altimetria. Esta etapa foi realizada no software Geomatica®, com utilização do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir de imagens do sensor Aster/Terra.

Os arquivos ortorretificados foram confrontados com alguns pontos obtidos em campo e então validados conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) (BRASIL, 1984). O

PEC está inserido nas Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984), e consiste na divisão de uma carta, em classes, com base na exatidão da mesma. Este ainda é o documento nacional oficial utilizado para validação de correções geométricas. Os limiares adotados aqui foram os da Classe C, aceitos para os mapeamentos temáticos.

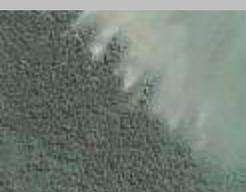
2.3.4 Definição e caracterização das classes

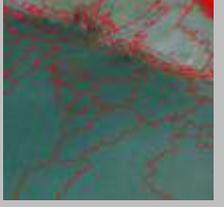
Antes da modelagem para a classificação da imagem, foram definidas cada uma das classes constituintes da legenda final de mapeamento, sendo essas: Água, Apicum, Floresta de Franja, Floresta de Bacia, Floresta de Transição e Colonização, detalhadamente descritas na Tabela III.

A escolha dessas classes foi baseada em Estrada (2009), que descreveu e diferenciou estatisticamente esses tipos fisiográficos de mangue presentes na área de estudo. Além desse trabalho, foi primordial o conhecimento da área e das classes a serem mapeadas.

Todas as classes estão descritas na tabela do Quadro 3.

Quadro 3 - Classes da Reserva Estadual de Guaratiba.

Super-classe	Subclasse	Descrição da classe/subclasse	Amostra da Imagem	Amostra da Imagem segmentada	Representação em campo (Foto)	Descrição do Objeto
Mangue	Franja	Floresta nas margens de um corpo hídrico (baía ou rio) que apresenta maiores valores de altura e DAP, refletindo num maior desenvolvimento estrutural.				Tamanhos variados, mais tendência alongada e paralela ao corpo hídrico; textura rugosa.
	Bacia	Floresta mais interiorana quando comparada as florestas de franja. Essas florestas apresentam um desenvolvimento estrutural (altura e DAP) inferior as florestas de Franja.				Tamanhos variados; textura pouco rugosa, tonalidade verde mais escura que a Franja (em alguns pontos) e assimétricos.
	Transição	Floresta mais interiorana que, em seções faz limite com o apicum, e outras com regiões de colonização. Dentre as florestas estudadas por Estrada (2009) é a que apresenta menor porte estrutural.				Tamanhos variados; textura pouco rugosa a lisa, tonalidade verde e assimétricos.
	Colonização	Seções de manguezais pioneiros que colonizaram regiões onde antes não havia vegetação. Por serem mais jovens e se localizarem em regiões com estresse ambiental são os que apresentam menor desenvolvimento estrutural.				Segmentos pequenos; textura lisa; tonalidade verde escura e assimétricos.

Água	Corpos hídricos: oceano, rios, canais e lagos.				Formas assimétricas, objetos grandes; textura lisa e tonalidade escura a azul.
Apicum	Fisionomias pertencentes ao ecossistema manguezal, que pela alta concentração de salinidade não apresenta vegetação ou apresenta vegetação rasteira adaptada a essas condições.				Textura lisa; tamanho variável; tonalidade amarelada ou marrom.

Legenda: Classes identificadas por interpretação da imagem IKONOS e dados e trabalhos de campo realizados pelo NEMA/UERJ (2014).

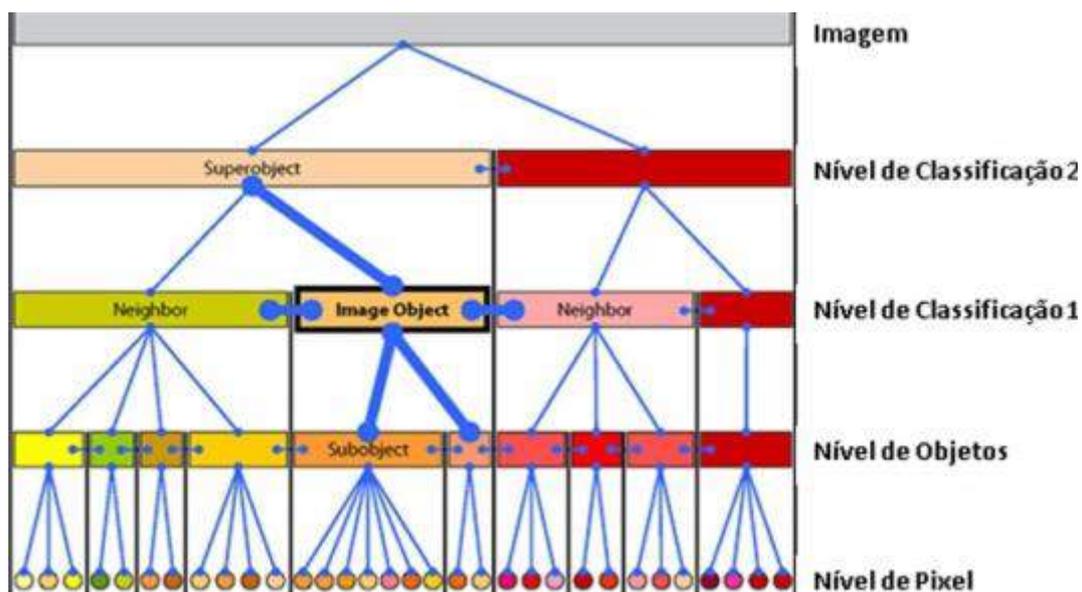
2.3.5 Segmentação e Classificação

A classificação baseada em objetos combina características da classificação por regiões (principalmente a etapa de segmentação antes da classificação em si) e da classificação supervisionada (uma vez que há influência do classificador na escolha e determinação dos descritores), além de permitir a adoção simultânea de diferentes níveis de segmentação, descritores e modelos hierárquicos, o que facilita, agiliza e refina este processo. A segmentação consiste no primeiro passo da análise que, no Definiens Developer ®, faz-se através da técnica de crescimento por regiões. Seguindo a metodologia proposta por Cruz et al. (2007), essa etapa agrupa os pixels em segmentos “semelhantes” quanto à resposta espectral.

Após a segmentação, esses segmentos tornam-se os objetos considerados para a classificação. A semelhança é calculada através de parâmetros de escala que são fornecidos pelo usuário (Figura 11). Neste ponto, cabe ressaltar a dificuldade que se encontra em definir "objetos" para determinadas classes, nem sempre o objeto definido pela segmentação delimita o objeto de análise. Na maioria das vezes o objeto é dividido e cortando, problema que deve ser solucionado com uma resegmentação ou, no processo de classificação. O grande diferencial desse método é que após a segmentação, as características do objeto passam a ser consideradas na modelagem, abandonando-se as características individuais dos pixels.

Vários testes foram realizados com diferentes parâmetros de escala (que influenciam diretamente no tamanho dos segmentos) com o intuito de se estabelecer o melhor para a delimitação dos tipos fisiográficos. No caso dos manguezais de Guaratiba, uma das maiores preocupações foi delimitar muito bem os vários canais característicos da região, assim como suas florestas de franja e as florestas de porte arbustivo presentes na região de transição, entre as florestas de mangue e as planícies hipersalinas (ESTRADA, 2009).

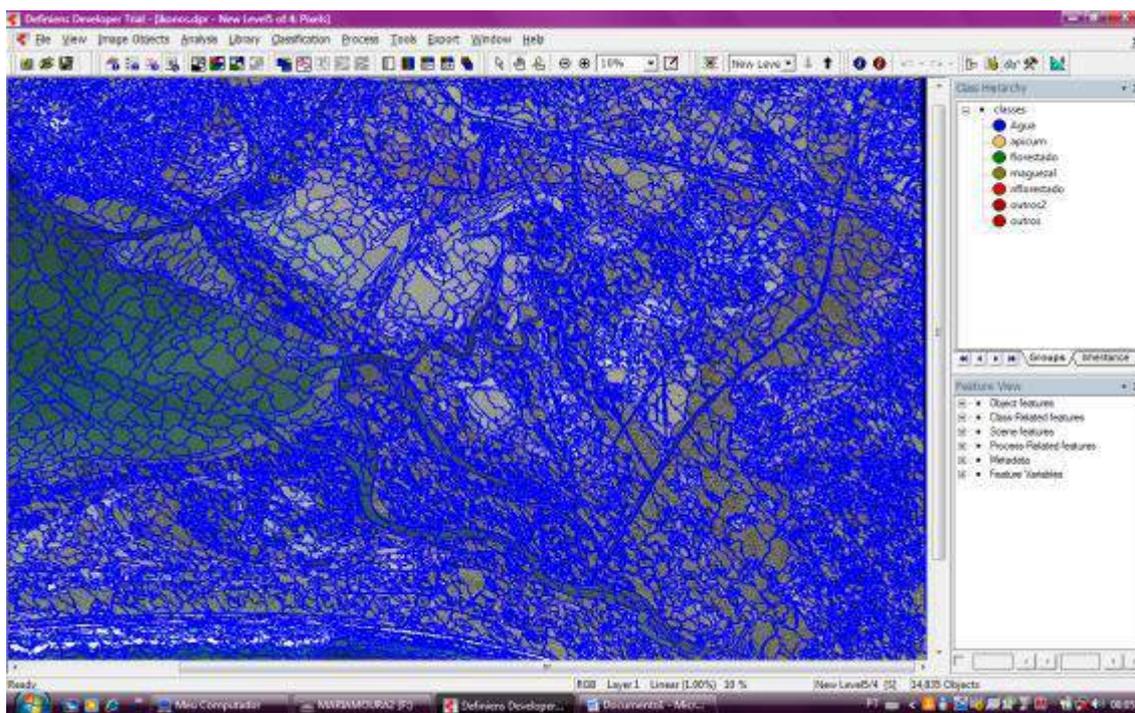
Figura 11 - Modelo conceitual dos níveis hierárquicos utilizados no eCognition.



Fonte: Guia de usuário do eCognition.

Por isso, vários testes foram gerados com os seguintes parâmetros: 1000, 500, 250, 100, 50. Duas segmentações foram geradas, uma considerando todas as bandas espectrais e outra considerando somente a banda do infravermelho próximo. As imagens foram então analisadas visualmente e, ao final dos testes, optou-se pela adoção dos parâmetros 500 e 100, sendo o parâmetro 500 utilizado para separar a área verde da não-verde (áreas florestadas e não florestadas) e o parâmetro 100 para delimitar os tipos fisiográficos dos manguezais.

Figura 12 - Imagem do teste de segmentação realizado (parâmetro de escala 100).



Fonte: *Definiens Developer*..

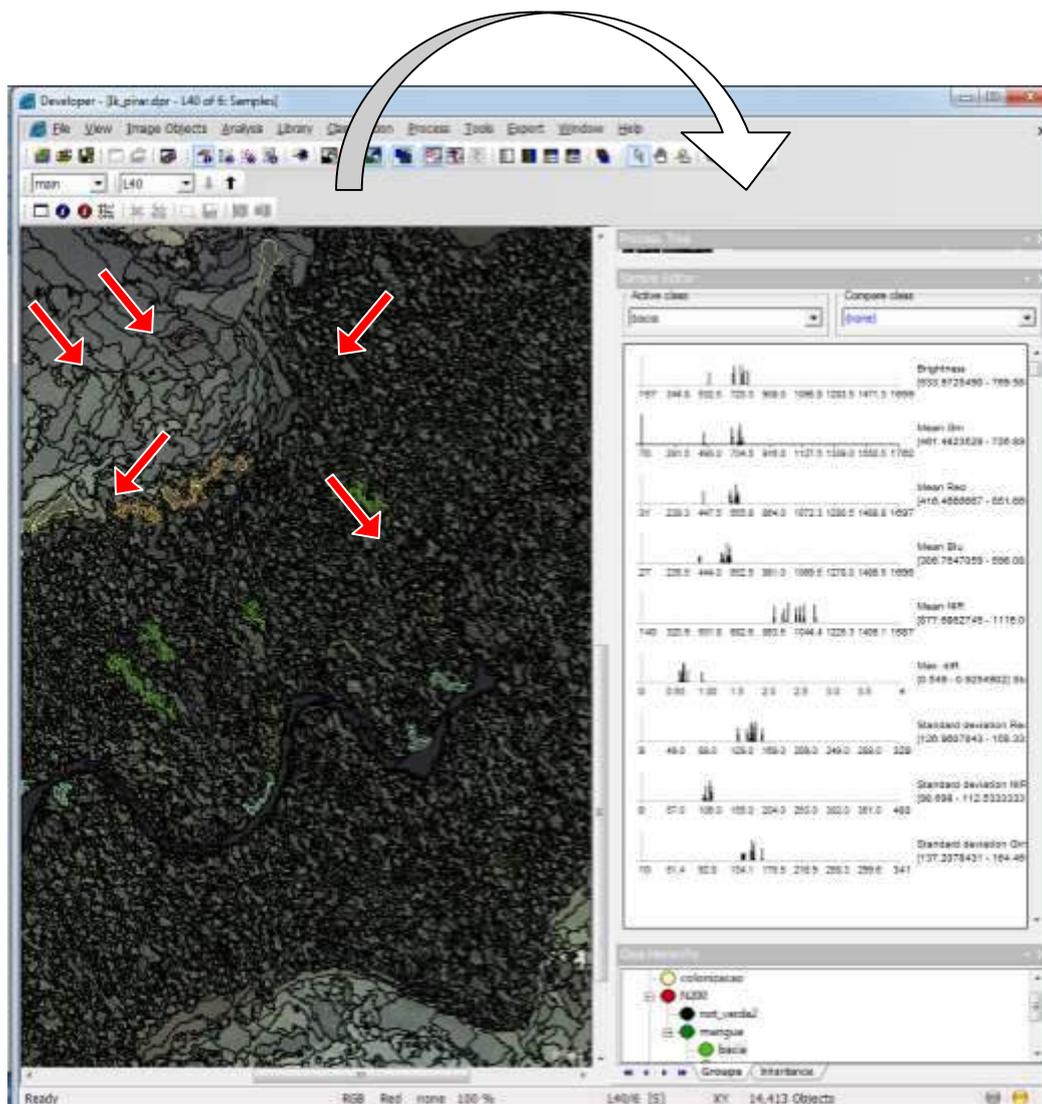
Após a segmentação seguiu-se com a classificação em si. Um dos maiores diferenciais da classificação baseada em objetos é a definição de amostras e a seleção de seu respectivo descritor (emprego de uma função em um parâmetro⁸ para a modelagem de uma classe). Isto porque, as amostras que representam cada classe podem ser analisadas quanto sua resposta espectral, e baseadas nestas, a escolha do melhor descritor para a identificação da classe é feita pelo próprio usuário do sistema. A escolha do descritor consiste na interpretação dos histogramas e na definição do gráfico a ser adotado para considerar ou não determinado objeto em uma classe. Pode-se nesta etapa escolher uma aplicação fuzzy ou booleana, possibilitando assim, o acompanhamento de estatísticas por classe e amostra (grau de pertinência).

A primeira etapa da classificação das imagens é o treinamento, que consiste no reconhecimento da assinatura espectral das classes que são mapeadas (PONZONI & SHIMABUKUTO, 2007). A partir do treinamento, pode-se analisar a resposta de cada amostra dentro de cada banda da imagem, ou seja, a resposta da amostra (assinatura espectral), e por sua vez, da classe que ela representa ao longo do espectro

⁸ Os parâmetros aqui definidos, são chamados no Guia do Usuário do eCognition como "Features". No eCognition um parâmetro representa informações como as de medidas, dados importados ou valores, eles se relaciona, a objetos específicos ou aos aplicados globalmente.

eletromagnético abrangido pelas bandas das imagens do sensor/satélite em questão. A partir dessa análise, pode-se, no software, determinar os descritores utilizados em cada classe. Um exemplo desse processo, que se inicia na escolha das amostras, passa pela análise da resposta espectral e termina na seleção dos descritores representada na Figura 13.

Figura 13 - Respostas dos tipos fisiográficos

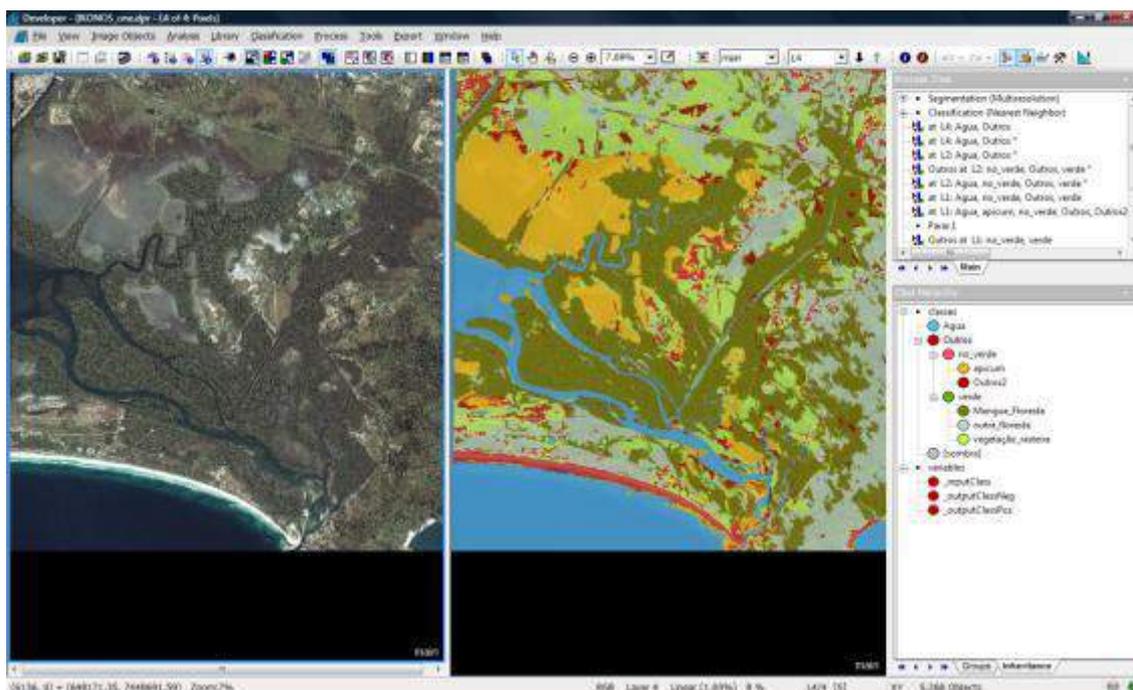


Legenda: Esquema com algumas amostras de tipos fisiográficos definidas (setas vermelhas) e os cálculos de suas respostas nos histogramas, ao lado.

Fonte: *Definiens Develop*, 2015..

O nível 1 de segmentação (mais abrangente), como descrito anteriormente, foi utilizado para diferenciar as áreas florestadas das não florestadas e, num segundo momento, para mapear as florestas de mangue (Figura 14).

Figura 14 - mapeamento inicial no nível 1



Legenda: Projeto ilustrando o mapeamento inicial no nível 1. A esquerda a imagem e a direita o resultado do mapeamento, sem edição manual.

Fonte: *Definiens Developer*.

Os parâmetros utilizados para a delimitação de cada classe são detalhadamente descritos posteriormente, como resultados desta pesquisa. Acredita-se que os parâmetros utilizados aqui podem ser utilizados em futuros mapeamentos, alterando-se somente os limiares de seus intervalos.

O NEMA, com o intuito de caracterizar e analisar a variabilidade estrutural das florestas de mangue de Guaratiba e através de diversas dissertações e teses, coletou dados estruturais de cerca de 100 parcelas distribuídas pela área. Essas parcelas, analisadas por Estrada (2009), foram utilizadas nesse estudo como verdade de campo.

Esses dados já georreferenciados e definidos quanto ao tipo fisiográfico, serviram para correlação da verdade de campo com as características espectrais da área correspondente às parcelas monitoradas na imagem de satélite. As características de 10 destas parcelas, mais uma série de outras amostras definidas por conhecimento de campo foram utilizadas para a modelagem das classes do mapeamento. As restantes foram separadas para a verificação e validação do mapeamento final.

Outra questão que será melhor discutida posteriormente, mas também merece destaque aqui é que durante a execução do mapeamento, percebeu-se que critérios além dos baseados nas respostas espectrais eram necessários para definir os tipos

fisiográficos que apresentavam confusão. Baseado nisso, na verdade de campo e nos dados estruturais, além dos descritores oriundos das bandas do sensor (espectrais), foram aplicados parâmetros de distância em relação ao tipo fisiográfico de franja e o tipo fisiográfico de transição.

Após a classificação realizada no *Definiens Developer*®, o mapeamento foi editado manualmente tanto nesse ambiente computacional (primeira rodada), como no ArcGis® (rodada final). Após a edição, a área de cada classe foi quantificada.

A validação do trabalho foi feita em duas etapas. Primeiramente foi avaliado o grau de automatização do mapeamento, ou seja, foi analisado o quanto da área do mapeamento foi definida automaticamente, e o quanto sofreu edição manual. Tal etapa foi realizada a partir de uma matriz de confusão confrontando o mapeamento pré e pós edição manual.

Outra avaliação realizada foi a do mapeamento em si, para analisar sua confiabilidade. Para isso utilizou-se 54 parcelas de estrutura vegetal que foram classificadas, quanto ao tipo fisiográfico, de acordo com Estrada (2010). Das referidas parcelas, foi demarcado um área raio de 5m^2 , e estas áreas foram confrontadas com o mapeamento. A partir da matriz de confusão elaborada com este mapeamento foram calculados índices de concordância, como: Exatidão Global, Acurácia do Usuário, Acurácia do produtor, índice *Kappa* do mapeamento e o índice *Kappa* Total.

A matriz de confusão ou matriz de erro, como representado na figura 15, é uma matriz quadrada de números, formada por linhas e colunas que expressam o total de unidades amostrais (pixels, área, pontos) atribuídos a uma categoria em uma classificação em relação às unidades amostradas em campo atribuída a uma determinada categoria (CONGALTON; GREEN, 1999).

Figura 15 - Exemplo matemático de uma matriz de confusão.

		j = Colunas (Referência)			Total das linhas
		1	2	k	n_{i+}
1	1	n ₁₁	n ₁₂	n _{1k}	n ₁₊
	2	n ₂₁	n ₂₂	n _{2k}	n ₂₊
	k	n _{k1}	n _{k2}	n _{kk}	n _{k+}
Total das colunas n_{+j}		n ₊₁	n ₊₂	n _{+k}	n

Fonte: Adaptado de Congalton e Green, 2009.

A diagonal na matriz de confusão representa as unidades corretamente mapeadas, ou seja, aquelas unidades que são classificadas e tem como referência a mesma classe.

A partir da matriz de confusão, vários índices para análise do mapeamento podem ser calculados. A Exatidão Total, também conhecida como Concordância Total (HELDEN et al. 1980) ou Acurácia Global é um deles, sendo obtido através da fórmula:

$$\text{Exatidão Total} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n}$$

onde, X_{ii} são os valores encontrados na diagonal da matriz e n o número total de amostras.

Como se pode perceber, o índice de Exatidão Total considera somente os valores contidos na diagonal da matriz de confusão. Logo, ele se relaciona somente aos acertos do mapeamento, não considerando também os erros. Por isso, outro índice muito utilizado para se averiguar a eficácia do mapeamento é o índice *Kappa*.

A diferença principal entre os dois índices é que a acurácia global assume os dados de campo como totalmente verdadeiros, sendo considerados "verdade absoluta", já o índice *Kappa* assume que tanto o produto gerado (nesse caso o mapeamento), como o documento (ou dados) de referência, possuem o mesmo grau de veracidade (BRITES, 1996).

O índice *Kappa* considera, portanto, todas as células da matriz de erro e, é adquirido através da fórmula:

$$\text{Índice Kappa} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}$$

onde:

k = número de linhas da matriz de confusão;

n = número total de amostras (observações);

n_{ii} = número de observações na linha i e coluna i ;

n_{i+} = total da linha i ;

n_{+i} = total da coluna i .

Segundo Fonseca (2000), podemos associar os valores obtidos para o índice Kappa a um desempenho do mapeamento (Tabela I):

Tabela I -Desempenho do Índice Kappa

Índice Kappa	Desempenho
<0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

2.4 Resultados e discussões

2.4.1 Modelagem do Conhecimento e Classificação

Como dito anteriormente, algumas etapas do mapeamento final embora sejam parte da metodologia, também são resultados dessa pesquisa, visto que são frutos de testes, aplicações inovadoras da técnica e da modelagem do conhecimento. Sendo assim, mesmo que todas as etapas para o mapeamento tenham sido explicitadas no item anterior, algumas serão detalhadas nesse item, principalmente as etapas de modelagem e classificação.

No *Definiens Developer*, antes do mapeamento em si, é necessária a definição das classes em uma estrutura hierárquica, chamada no programa de "*Class Hierarchy*"⁹. Essa árvore é que guiará o sistema na decisão (baseado nos descritores estabelecidos) para analisar a qual classe um objeto é estatisticamente mais semelhante e, por isso, relacionado a mesma.

A "árvore" deve conter todas as classes que compõe a legenda (chamar atenção da estrutura semântica), podendo ainda apresentar outras classes para facilitar o processo de modelagem do objeto e separação espectral de grupos de classes semelhantes, nesse sentido. Para cada projeto, uma árvore deve ser criada ou importada, ela deve ser desenvolvida de modo a combinar em seu arranjo hierárquico, o conhecimento (do operador) em relação às classes do mapeamento e o comportamento espectral dessas classes, ou melhor, dos objetos adquiridos na segmentação que essa classe deve envolver.

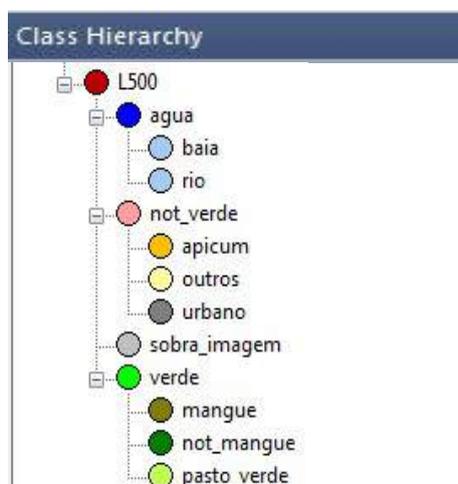
A etapa de elaboração da "hierarquia de classes" pode ser realizada antes ou imediatamente após a segmentação, e as classes podem ser modificadas a qualquer momento. A definição dessa árvore e dos descritores para a modelagem é feita simultaneamente, visto que a divisão hierárquica influencia na escolha do melhor descritor e a análise dos descritores possibilita o melhor entendimento espectral das

⁹ Os objetos podem ser associados as classes pelo usuário, os quais são exibidos na janela de hierarquia de classes. Assim, as classes podem ser agrupadas em uma estrutura hierárquica, permitindo que "classes filhas" herdem atributos das "classes pais". (*User Guide do Definiens Developer*).

classes. São tentativas, análises e modificações que ocorrem até o final do processo de modelagem.

No âmbito dessa pesquisa, primeiramente foram definidas as classes para os objetos do nível de segmentação L500, como especificado na Figura 16. Esse nível foi usado para diferenciar corpos hídricos, regiões sem vegetação (Apicuns, Outros e Urbano) e com vegetação (Mangue, Não mangue e Pasto verde). Esse primeiro nível de classificação objetivava a definição das áreas de mangue, para posterior reclassificação. E, tal separação em grupos como "not_verde" e "verde", se baseia na grade de diferença espectral desses objetos. A diferença espectral das classes adotadas será discutida no tópico à seguir.

Figura 16 - Porção da árvore hierárquica, abrangendo as classes utilizadas no nível L500.



Fonte: *Definiens Developer*, 2015.

Depois dessa classificação, uma nova segmentação (com fator de escala 100) foi aplicada somente nas áreas identificadas na etapa anterior como pertencentes à classe mangue, para melhor diferenciá-la (Figura 17). Além disso, para o refinamento da modelagem das florestas de franja, a classe mapeada como Água, foi subdividida em Baía e Rio.

Figura 17 -Porção da árvore hierárquica, abrangendo

as classes utilizadas no nível L100.



Fonte: Definiens Developpe, 2015.

Após a definição da árvore hierárquica, seguiu-se com os testes para definição dos parâmetros a serem utilizados na classificação, assim como seus descritores e limites. Os resultados dessa etapa foram aplicados na modelagem se encontram na figura 17 e quadro 5.

Quadro 4 - Modelos aplicados nos mapeamentos das classes do nível hierárquico L500.

Nível	Classe	Classe 2	Operador	Parâmetro	Função	Intervalo		
L500	Água*		and (min)	Brightness		[10 - 550]		
				Mean NIR		[300 - 350]		
	Baia	Rio	and (min)	not (Rio)	-	-		
				Max. Diff.		[0.5 - 0.95]		
			and (min)	NDVI		[-0.45 - -0.23]		
				Not_verde	and (min)	not (Água e verde)	-	-
	Apicum*		and (min)	Max. Diff.		[0.29 - 0.3]		
				NDVI		[-0.15 - -0.13]		
				Standard deviation NIR		[152 - 169]		
				Outros*	and (min)	not (Apicum e Urbano)	-	-
				Urbano		and (min)	Max. Diff.	
	NDVI		[-0.1 - 0.1]					
	Standard deviation Blue		[113 - 116]					
	Standard deviation NIR		[155 - 175]					
	Verde		and (min)	Brightness		[800 - 815]		
				Mean Red		[690 - 695]		
				NDVI		[-0.1 - -0.05]		
	Mangue*		and (min)	Brightness		[450 - 700]		
				Distance to Água		[999 - 1001] m		
				Standard deviation Blue		[92 - 97]		
Not_mangue	and (min)	not (Mangue e Pasto_verde)	-	-				
Pasto_verde		and (min)	Standard deviation Blue		[85 - 90]			
			Standard deviation NIR		[137 - 139]			

Quadro 5 - Modelos aplicados nos mapeamentos das classes do nível hierárquico L100.

Nível	Classe	Classe 2	Operador	Parâmetro	Função	Intervalo
L100	Bacia		and (min)	not (Franja_baia, Franja_rio e transição)	-	-
	Franja_Baia		and (min)	Distance to baia		[0 - 400] m
				Max. Diff.		[0.6 - 0.61]
				Mean NIR		[850 - 855]
				NDVI		[0.23 - 0.25]
				Standard deviation NIR		[120 - 123]
	Franja_Rio		and (min)	Distance to rio		[0 - 150]
				Max. Diff.		[0.56 - 0.61]
				NDVI		[0.22 - 0.23]
				Standard deviation NIR		[110 - 112]
	Transição		and (min)	Distance to apicum		[0 - 200]
				Max. Diff.		[0 - 1.81]
				Mean Grn		[450 - 774.5]
				Standard deviation Blue		[174 - 176]
Standard deviation Grn					[200 - 205]	
Standard deviation Red					[190 - 193]	
Colonização*		and (min)	Standard deviation Grn		[155 - 160]	
			Standard deviation Red		[148 - 152]	
Transição_2*		and (min)	not (colonização)	-	-	

Como podemos observar, para a diferenciação no primeiro nível (entre Água, Verde e Não Verde) foram utilizados o descritor de brilho (*Brightness*), a banda NIR (com dois descritores diferentes: Média e Desvio Padrão), além dos índices de vegetação NDVI, cujo parâmetro foi criado através do cálculo das médias dos segmentos em relação às bandas no projeto.

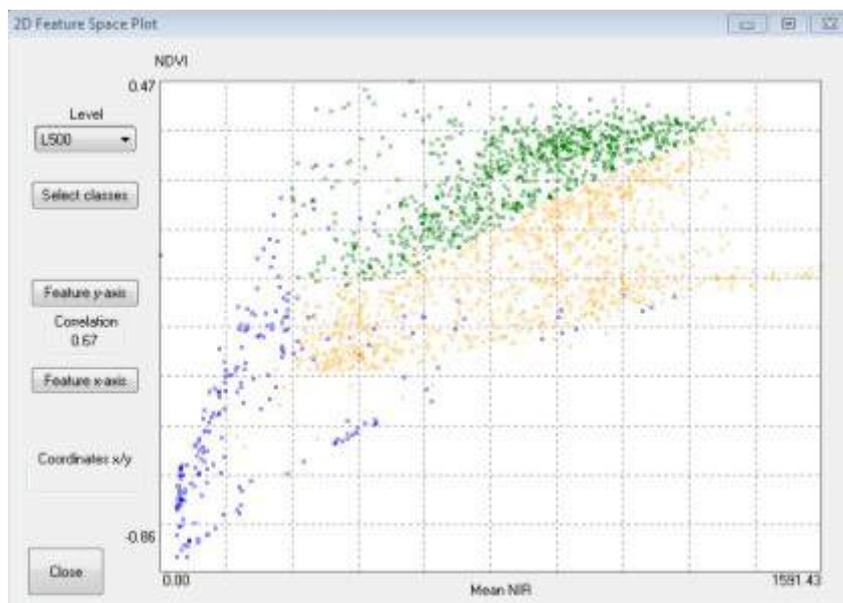
Para que objetos não deixem de ser classificados é recomendável que cada nível hierárquico apresente uma classe de exclusão (função "not"), ela completa os níveis de pertinência de forma booleana, interferindo no resultado, e garantindo que todos os segmentos tenham algum nível de pertinência associado a uma classe. Ela agrupará todos os objetos que não se inserem nas demais classes do mesmo nível hierárquico, ou seja, que estão fora dos intervalos confeccionados nos descritores para a delimitação de cada classe. Para o primeiro nível de classificação, a classe *not*, foi a de áreas não vegetadas (*not_verde*).

As figuras 18, 19, 20 e 21 apresentam o comportamento dos objetos (em suas específicas classes) em relação a alguns parâmetros. Como se pode verificar, observando todos os gráficos, cada uma das classes ocupa, de maneira geral, setores

diferentes. O que demonstra que essas classes possuem comportamentos espectrais distintos.

Os objetos classificados como água são sempre os que se encontram predominantemente na parte inferior dos gráficos, principalmente em função dos baixos valores de NDVI. Na figura 18, as amostras apresentam, além dos menores valores de NDVI, baixos valores de reflectância média no Infravermelho Próximo (NIR), por isso se localizam no setor abaixo e a esquerda no gráfico de dispersão. As amostras de vegetação (Verde) e de "Not verde" possuem maiores valores de NDVI e Média de NIR, mas cada um com comportamento distinto apresentando diferenças espectrais que podem ser visualizadas.

Figura 18 - Dispersão dos objetos em L500 - NIR X NDVI

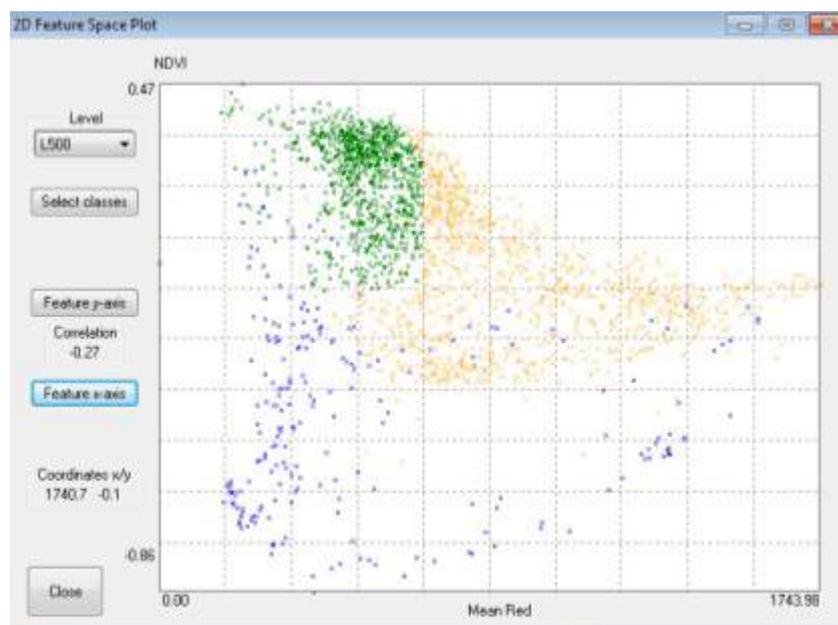


Legenda: Gráfico de Dispersão dos objetos em L500, em relação à média NIR (eixo x) e NDVI (eixo Y). Os pontos amarelos, verdes e azuis são objetos classificados, respectivamente como: not_verde, verde e água.

Fonte: *Definiens Developer*.

As diferenças espectrais entre as três classes também são observadas na figura 19, onde as amostras de água estão na porção inferior, e as amostras de "verde" e "Não_verde", embora apresentem uma faixa com os mesmos valores de NDVI - o que faz com que ambas estejam na porção superior do gráfico - possuem valores distintos na média do vermelho. Fato ratificado pela distribuição das amostras de verde, restritas a porção superior esquerda do gráfico de dispersão.

Figura 19 - Dispersão dos objetos em L500, média do Vermelho X NDVI



Legenda - Gráfico de Dispersão dos objetos em L500, em relação a média do Vermelho (eixo x) e NDVI (eixo Y). Os pontos amarelos, verdes e azuis são objetos classificados, respectivamente como: not_verde, verde e água.

Fonte: *Definiens Developer*.

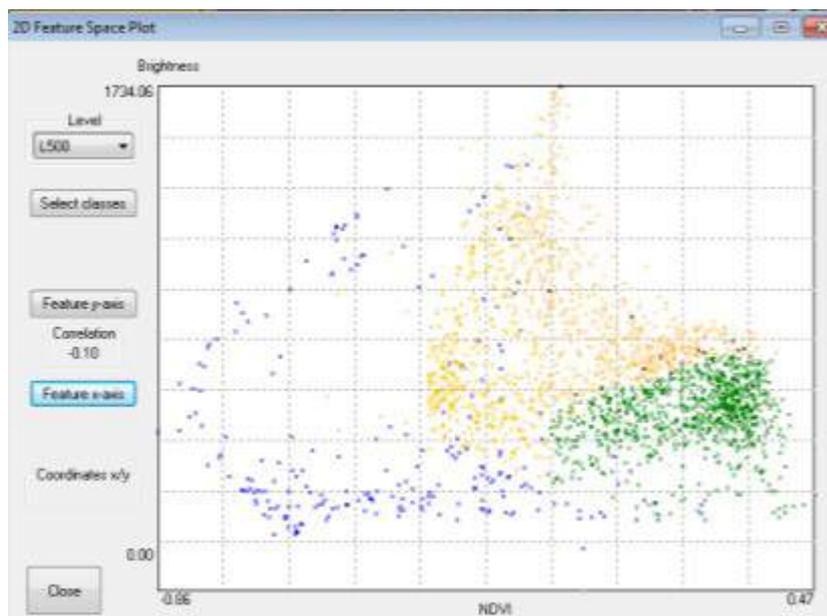
Ao analisar a dispersão considerando o NDVI e o Brilho (Figura 20), percebe-se mais uma vez os comportamentos espectrais distintos de cada uma das classes refletindo na regionalização de cada classe em setores dos gráficos.

A partir dos gráficos, percebe-se que os parâmetros apresentados (Brilho, Max. Diff., NDVI, Média no Vermelho e Infravermelho) são adequados para a diferenciação das classes "Água", "Verde" e "Não_Verde", nas amostras criadas no nível L500, uma vez que seus objetos apresentam comportamentos distintos nesses parâmetros, o que corrobora a utilização desses métodos na modelagem.

Dentro do nível hierárquico L500, era muito importante a diferenciação das classes filhas, inseridas nas classes "Verde" e "Não_verde". Na classe Não_verde os objetos com maior importância são os que representam as áreas de apicum e o detalhamento dos objetos classificados como vegetados (verde) era fundamental, pois é nessa etapa que diferenciamos as florestas de mangue.

Para a diferenciação e modelagem do Apicum, como listado no quadro 4, foram elaborados gráficos na Max. Dif., NDVI e Desvio Padrão na banda NIR, estes diferenciam bem essa feição da região, como se pode observar através dos gráficos de dispersão apresentados nas figuras 21 e 22.

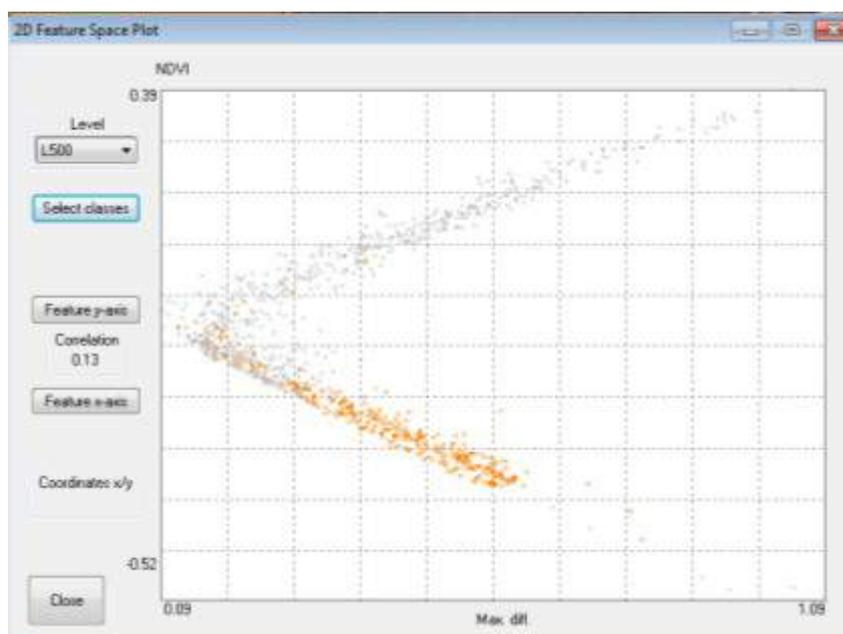
Figura 20 - Dispersão dos objetos em L500 - NDVI X Brilho



Legenda: Gráfico de Dispersão dos objetos em L500, em relação ao NDVI (eixo x) e Brilho (eixo Y). Os pontos amarelos, verdes e azuis são objetos classificados, respectivamente como: not_verde, verde e água.

Fonte: *Definiens Developer*.

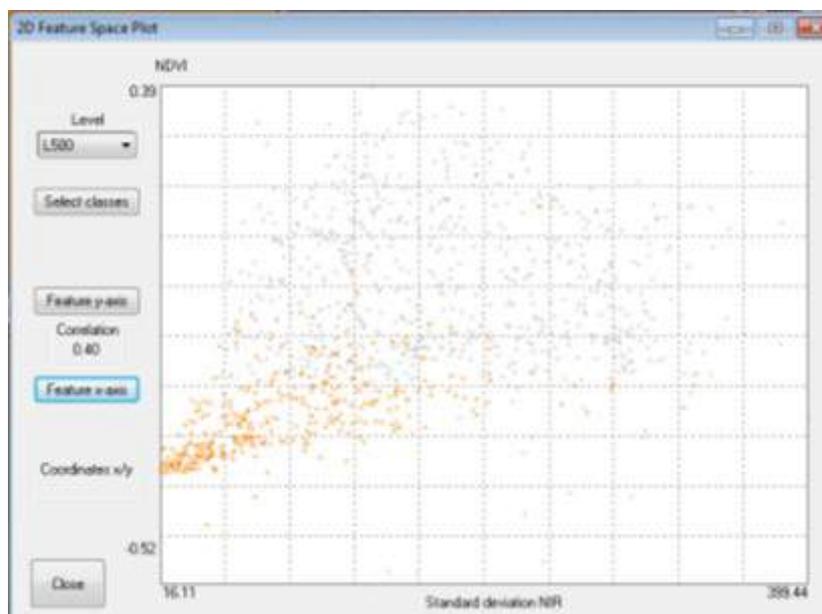
Figura 21 - Dispersão dos objetos Não_verde (L500) - NDVI X Máx. Dif.



Legenda: Gráfico de Dispersão dos objetos Não_verde (L500), em relação ao NDVI (eixo Y) e Máx. Dif. (eixo X). Os pontos amarelos e cinza são objetos classificados, respectivamente como: apicum e as demais classes (outros e urbano).

Fonte: *Definiens Developer*.

Figura 22 - Dispersão dos objetos Não_verde (L500) - NDVI X Desvio Padrão NIR



Legenda: Gráfico de Dispersão dos objetos Não_verde (L500), em relação ao NDVI (Y) Desvio Padrão NIR (X). Os pontos amarelos e cinza são objetos classificados, respectivamente como: apicum e as demais classes (outros e urbano).

Fonte: *Definiens Developer*.

Além do Apicum, outra classe que teve grande cuidado na modelagem foi a floresta de mangue, isto porque é esse o foco do presente trabalho. Do aspecto espectral foram utilizados os parâmetros: Brilho, Desvio Padrão no Azul e NIR.

Entretanto, essa modelagem apresentou grandes confusões entre as florestas de mangue e demais áreas florestadas (agrupadas aqui na classe Not_mangue).

Para minimizar a confusão gerada pelas respostas espectrais semelhantes, e diminuir o esforço de edição manual posterior, foi adicionado um descritor de distância, entre o mangue e a água. Assim, objetos distantes mais do que 1000 metros não poderiam pertencer a classe mangue.

É importante destacar que o foco principal dessa etapa foi a exatidão da modelagem e a classificação das classes pertencentes à legenda final. Logo, as demais classes do mapeamento foram usadas para essa distinção, não tendo grande rigor em sua delimitação específica. Classes do último nível hierárquico, não pertencentes a legenda final (como pasto e áreas urbanas) foram utilizadas somente para a separação espectral

das classes de interesse; desta forma, a precisão quanto as suas modelagens, não foram avaliadas.

Após a diferenciação satisfatória das classes pertencentes à segmentação L500, seguiu-se com a modelagem no nível mais detalhado de segmentação (L100). Nessa etapa, foram modeladas as classes Bacia, Franja, Transição e colonização.

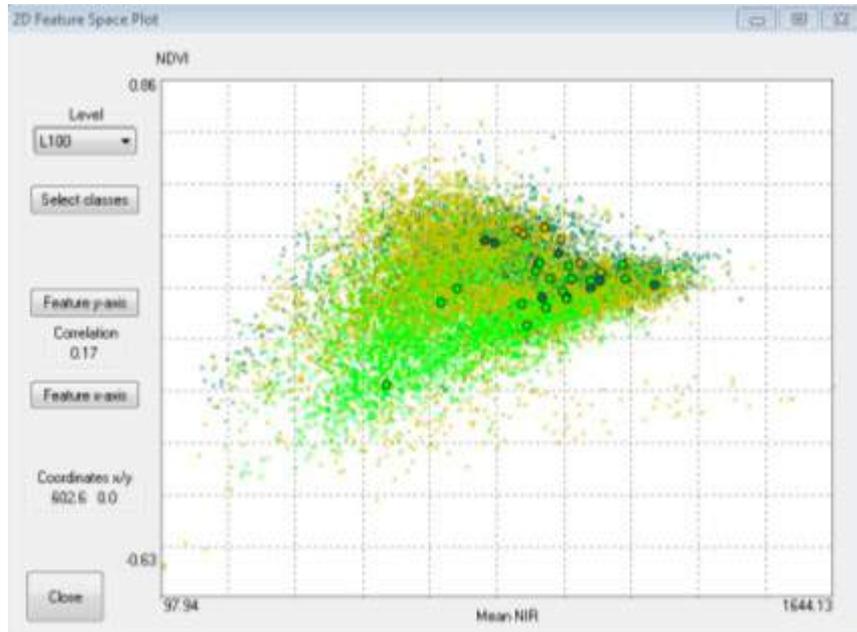
A classe Bacia foi definida como a classe "*not*", aquela onde se agrupam os objetos não compreendidos nas demais classes do mesmo nível hierárquico (normalmente a classe de maior expressão espacial). Tal escolha foi feita por esta ser a porção da floresta com maior diversidade em relação ao comportamento espectral, logo a mais difícil de ser mapeada. Não há nenhuma referência na literatura sobre a obrigatoriedade da adoção da classe "*not*" em uma árvore hierárquica, nem de como esta deve ser escolhida, por isso, cabe uma explicação breve do porquê dessa escolha.

Como dito anteriormente, a indicação de uma classe "*not*" é necessária, para que nenhum objeto daquele nível hierárquico fique sem classificação. Assim, caso um objeto não esteja definido nas demais classes do mesmo nível hierárquico, em virtude dos gráficos elaborados, ele será classificado como a "Classe *not*". Normalmente, a classe mais abrangente espacialmente ou a que tem maior diversidade espectral é a escolhida para ser a classe "*not*", isso porque as outras classes serão mais fáceis de serem definidas. Logo, no presente trabalho foram modeladas dessa forma as classes Franja, Colonização e Transição.

Nas figuras 23, 24 e 25 são apresentadas as respostas espectrais das classes de Franja, Bacia e Transição em relação ao NDVI, Média em NIR, Média no vermelho, Máxima Diff. A partir destes, observa-se grande confusão entre as respostas das amostras de Bacia com as demais classes, se sobrepondo, ora com as florestas de franja, ora com as florestas de bacia.

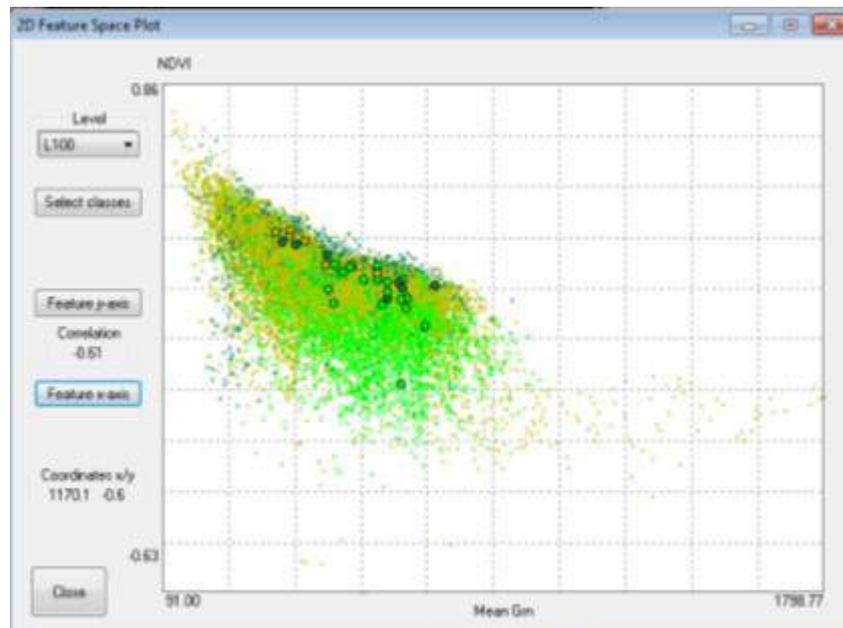
Isso reflete na dificuldade para se modelar esses tipos fisiográficos. Baseado nessa semelhança de respostas espectrais, foram adotados outros parâmetros além dos espectrais, sendo utilizados um parâmetro de distância.

Figura 23 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI.



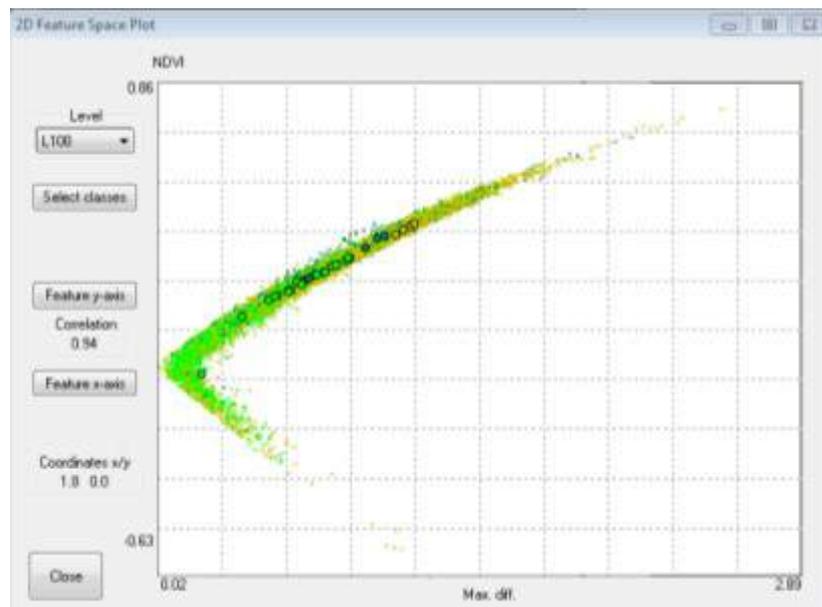
Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Média do NIR (X) e NDVI (Y). Sendo: ● Transição; ● Franja e ● Bacia.
Fonte: *Definiens Developer*.

Figura 24 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do Verde X NDVI.



Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Média do Verde (X) e NDVI (Y). Sendo: ● Transição; ● Franja e ● Bacia.
Fonte: *Definiens Developer*.

Figura 25 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do Verde X NDVI



Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Máxima Diferença (X) e NDVI (Y). Sendo: ● Transição; ● Franja e ● Baía.

Fonte: *Definiens Developer*.

A classe de Franja foi dividida em Franja de Baía e Franja de rio, esta divisão foi testada porque a análise visual das imagens e os dados de estrutura vegetal indicaram que as florestas de Franja às margens da baía de Sepetiba se estendem mais interioranamente que as florestas de franja às margens dos rios. Por esse motivo, a divisão foi testada e após análise visual, adotada. Os parâmetros para divisão de cada uma dessas classes foram basicamente os mesmos, ambas utilizaram *Max. Diff.*, NDVI e *Desvio Padrão NIR*, sendo todos com limiares semelhantes. Além desses, cada classe tinha ainda parâmetros de distância em relação ao corpo hídrico associado, à no máximo 200m no caso das florestas de Franja à margem da baía e 75 metros para as florestas às margens dos rios.

A distância empregada no parâmetro classificatório das florestas às margens da baía está muito superior a outra classe de floresta de franja. Isso se dá, primeiramente pela ação da lavagem de marés, que faz com que esse tipo fisiográfico se distribua por uma maior extensão nessa porção da área. Mas o número muito superior se relaciona também com uma característica típica da região. As florestas apresentam grandes canais que funcionam como canais de marés, estendendo a lavagem realizada pelas águas além dos limites que seriam impostos sem esses canais. A maior extensão das lavagens, se

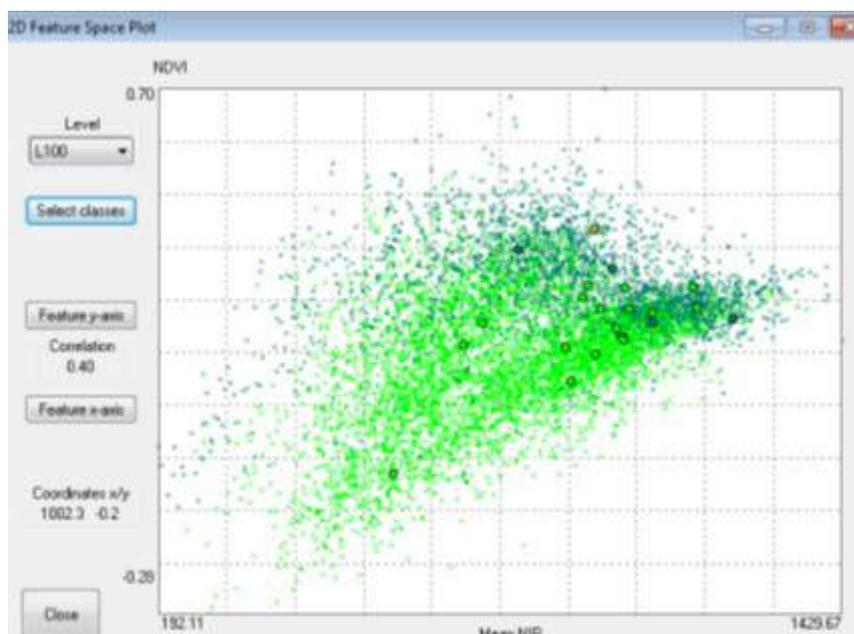
reflete na maior ocupação de florestas classificadas como florestas de franja. Essa extensão se dá em fragmentos alongados seguindo esses canais.

Para a modelagem da classe "Transição", que compreende as florestas de menor porte próxima ao apicum, foram utilizados os parâmetros de *Max. Diff.*, Média no verde, Desvio Padrão no Azul, verde e vermelho (separadamente), além de um parâmetro de distância do apicum (essas florestas só podem estar até 100 metros das planícies hipersalinas). Tal parâmetro de distância foi criado para diminuir a confusão observada entre as florestas de transição e a de bacia.

A classe compreendida nas Florestas de Transição foi subdividida em Colonização e Transição 2. A classe Colonização abrange as florestas próximas ao apicum que apresentam, de maneira geral, porte arbustivo. E as florestas de colonização representam efetivamente as florestas que foram descritas e analisadas por Estrada (2009).

Quando se analisa a resposta espectral das florestas de Franja e Colonização (Figuras 26, 27, 28 e 29), percebe-se que estas possuem certa particularidade, apresentando comportamento mais distinto, setorizando-as no gráfico de dispersão.

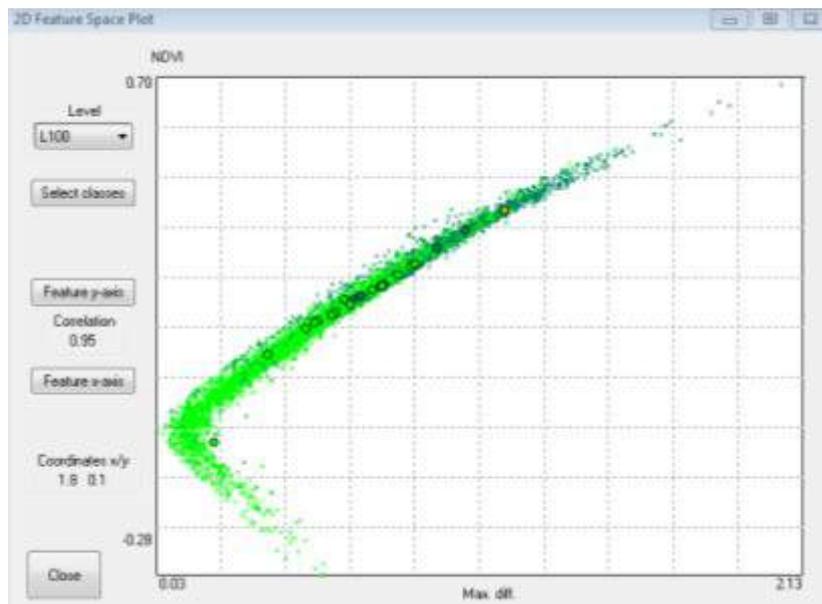
Figura 26 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI



Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Média do NIR (X) e NDVI (Y). Sendo: ● Transição e ● Franja.

Fonte: *Definiens Developer*.

Figura 27 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI

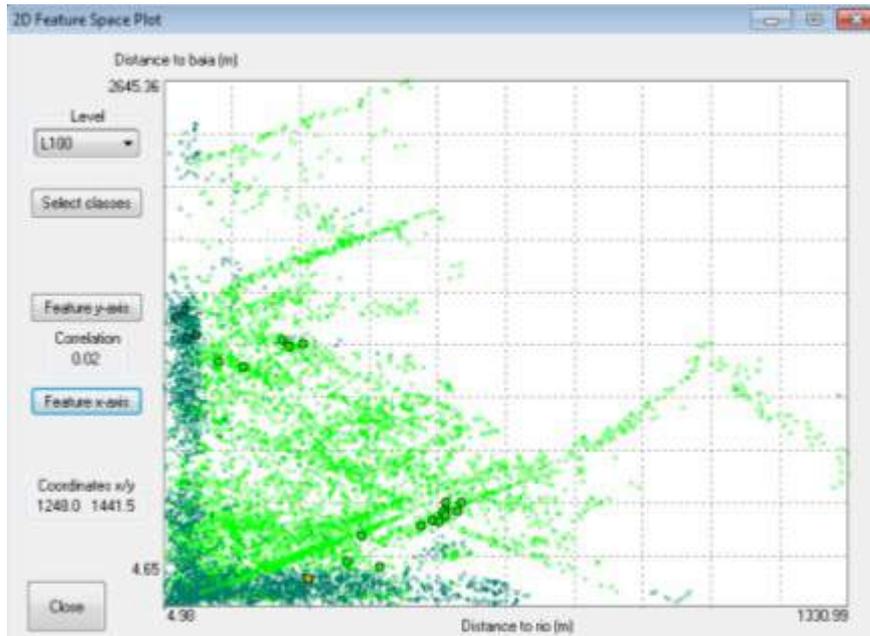


Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Máxima Diferença (X) e NDVI (Y). Sendo: ● Transição e ● Franja.

Fonte: *Definiens Developer*.

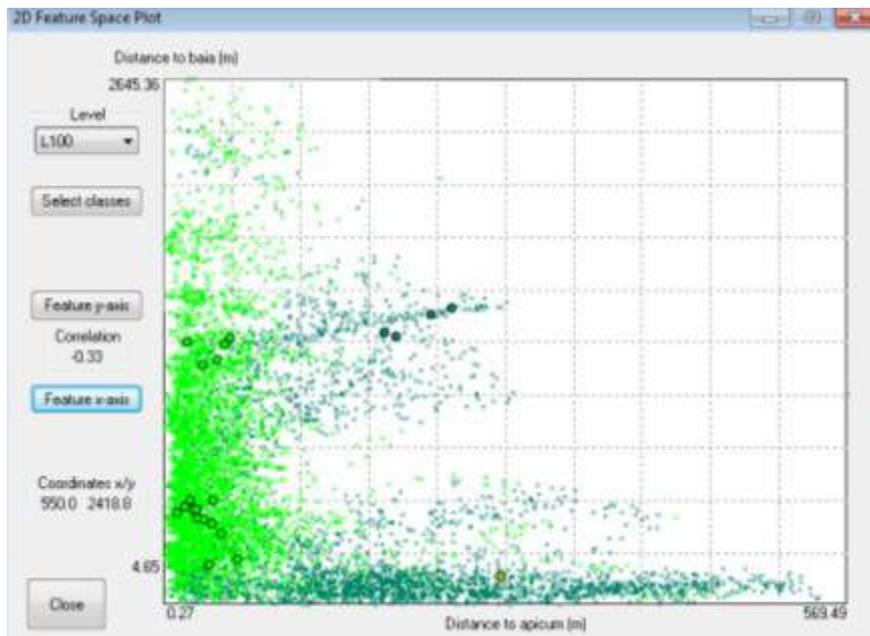
Foi para evidenciar essas diferenças que as delimitamos espacialmente na área de estudo, através dos limares de distância. Assim, a distinção entre essas duas classes foi melhor. Como verificado nos gráficos II.26 e II.27.

Figura 28 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI



Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Distância do Rio (X) e Distância da baía (Y). Sendo: ● Transição e ● Franja.
Fonte: *Definiens Developer*.

Figura 29 - Dispersão dos manguezais (L100) - Média do NIR X NDVI



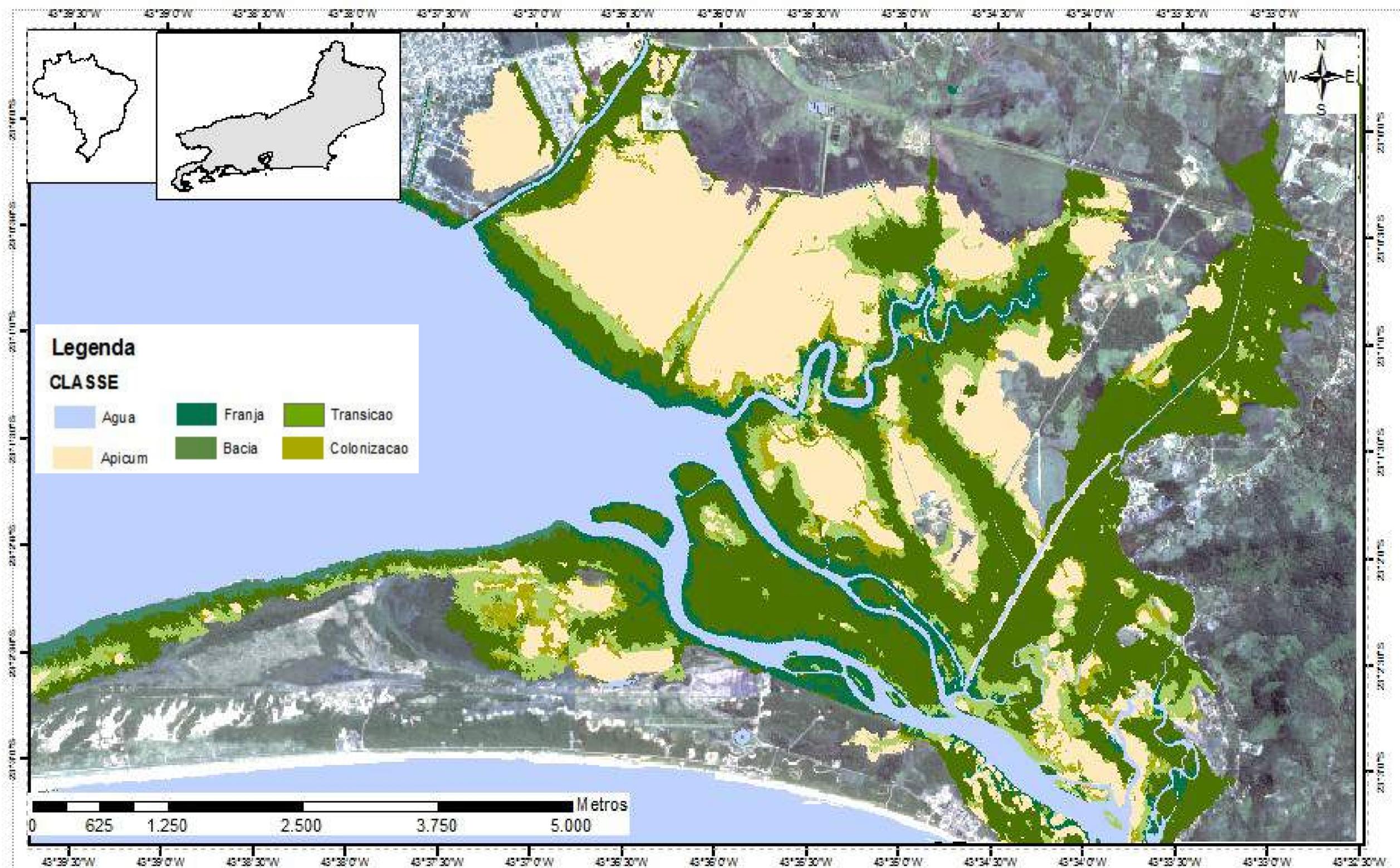
Legenda: Gráfico de Dispersão dos manguezais (L100), em relação a Distância do Apicum (X) e Distância da baía (Y). Sendo: ● Transição e ● Franja.
Fonte: *Definiens Developer*.

2.4.2 - Mapeamento

O mapeamento final da região de Guaratiba (figura 30) registrou que a área ocupada por manguezais é de aproximadamente 28 km², sendo 9,34 km² de Apicuns (planícies hipersalinas) e 18,81 km² de florestas de mangue.

Após a edição manual final, a avaliação do mapeamento feita de forma visual mostrou que este representou de forma coerente a distinção dos tipos fisiográficos da região. As florestas de franja, por exemplo, apresentam extensões maiores na baía que nos rios, assim como percebido em campo e determinado através de parâmetros de distância. Ou representação fidedigna do mapeamento, com o observado em campo, é a intrusão, em algumas porções dos bosques de franja para a parte mais interiorana da floresta. Em outras palavras, em algumas localidades as florestas de franja penetram, de forma mais acentuada, para a porção mais interior das florestas.

Figura 30 - Região de Guaratiba

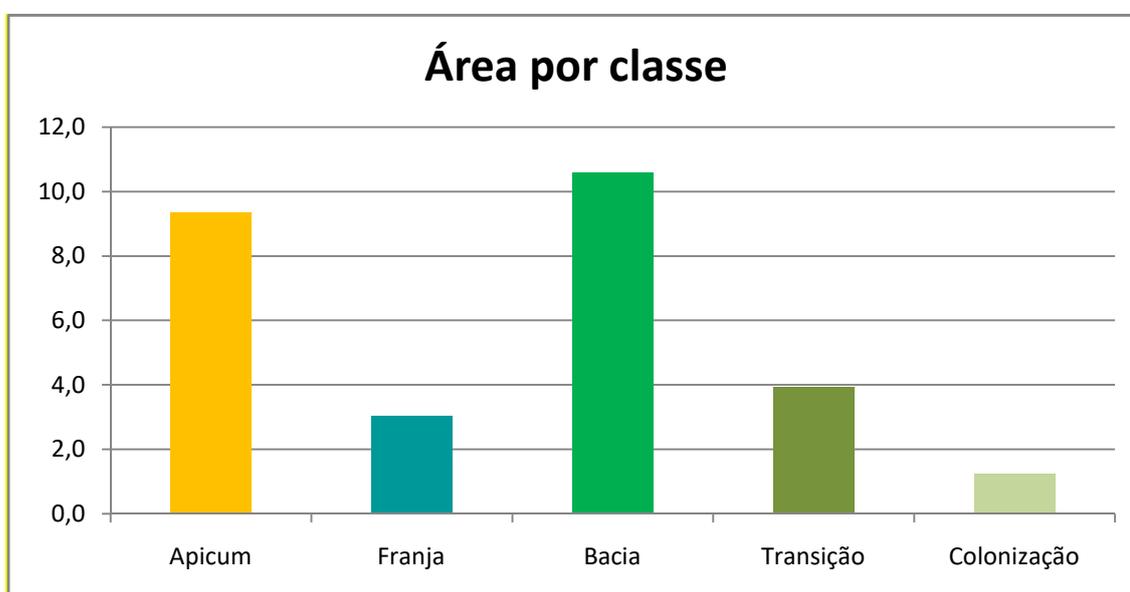


Legenda: Região de Guaratiba, Rio de Janeiro – Brasil, com detalhes do mapeamento realizado sobreposto à imagem de satélite.

Tal característica se dá, em virtude dos vários canais que cortam as florestas e são responsáveis pelo fornecimento de água em sua parte interior. A percepção (através de diferenças espectrais) desta distribuição apresentada por esta técnica reflete o bom desempenho do mapeamento.

A figura 31 e o Quadro 6 representam graficamente e numericamente as áreas calculadas para cada tipo fisiográfico mapeado. Além disso, encontram-se calculadas as taxas de contribuição de cada classe mapeada, tanto considerando somente as florestas de mangue como para todo o manguezal (florestas de mangue e apicuns).

Figura 31 - Contribuição, em Km² dos tipos fisiográficos mapeados nos manguezais de Guaratiba.



Quadro 6 - Área de contribuição e cada classe de mapeamento.

CLASSE	Km ²	Contribuição Florestal (%)	Contribuição Florestal (%)
Apicum	9,3408	-	33,1811
Franja	3,0446	16,1856	10,8151
Bacia	10,5967	56,3349	37,6424
Transição	3,9317	20,9017	13,9663
Colonização	1,2373	6,5777	4,3951
TOTAL (Floresta de mangue)	18,8102		
TOTAL (manguezal)	28,1510		

As florestas de Franja são aquelas localizadas próximas aos corpos hídricos e frequentemente inundadas pelas marés. Estrada (2009) caracterizou estruturalmente as

florestas de mangue de Guaratiba considerando cada tipo fisiográfico. Segundo o autor as florestas de mangue dessa região de estudo são dominadas pelas espécies *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* e apresentam mediana de DAP médio de 10 cm e altura variando entre 7 e 8 metros. Essas florestas distribuem-se em faixas de larguras variadas considerando o corpo hídrico mais próximo. Aquelas às margens da baía de Sepetiba podem distanciar da mesma até 180 metros enquanto as banhadas por rios e canais podem estar distantes da margem até 100 metros. Estas distâncias extremas estão associadas, principalmente, a canais no interior da floresta, assim como demonstrado por Chaves (2001) e Portugal (2002).

Segundo o mapeamento, as florestas de franja ocupam 3,04 km², cerca de 16% do complexo florestal total. Entretanto, estudos como Portugal (2002), Almeida (2010), além de visitas a campo apontam que esse tipo fisiográfico vem sofrendo constante erosão, principalmente na porção continental às margens da baía de Sepetiba.

As florestas de bacia são aquelas, como descrito na introdução, localizadas mais no interior da floresta, que foram caracterizadas por Estrada (2009) como possuindo dominância de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*. Apresentam, de maneira geral, desenvolvimento estrutural menor que o tipo fisiográfico de franja, com DAP médio entre 5 e 6 cm e altura entre 3 e 6 metros. Esse é o tipo fisiográfico com maior contribuição para as florestas de mangue de Guaratiba, localizadas ora entre as florestas de franja e de transição, ora ela própria está na zona de interface com os Apicuns. O mapeamento apontou que esse tipo fisiográfico ocupa cerca de 56,33% do complexo florestal (10,60 km²). Entretanto, as florestas localizadas a leste do rio Portinho, embora classificadas como do tipo Bacia (por serem mais próximas espectralmente desse tipo fisiográfico) apresentaram características de manguezal degradado, dificultando sua classificação.

Por último, as florestas de transição são aquelas que em Guaratiba, encontram-se usualmente na zona de transição entre a floresta de mangue e os Apicuns. O ambiente altamente estressante dessa porção da floresta (com alta salinidade) determina uma floresta menos desenvolvida e de arquitetura ramificada (PELEGRINI, 2000; PORTUGAL, 2002). Durante este mapeamento, em virtude de respostas espectrais diferentes, essa faixa da floresta foi subdividida em florestas de transição e colonização. As florestas de transição possuem as características acima descritas e as de colonização apresentam estrutura ainda menos desenvolvida, típicas de estágio inicial de sucessão.

O Núcleo de Estudos em Manguezais, há mais de 10 anos, vem analisando a resposta das florestas de mangue às variações climáticas e à elevação do nível médio relativo do mar

(NMRM). De maneira geral, os trabalhos desenvolvidos pelo grupo (OLIVEIRA, 2001; SOARES et al 2005, ALMEIDA, 2007, ESTEVAM, 2010 e ALMEIDA, 2010) comprovam que, em resposta à elevação do NMRM os manguezais estão migrando em direção ao continente, ou seja, espécies de mangue estão colonizando as planícies hipersalinas (apicuns). Essa migração, assim como observado em Almeida (2010) ocorre em pulsos, respondendo, dentre outros fatores, às condições e variações climáticas.

Neste contexto, a classe definida como colonização representa essas florestas recentemente estabelecidas como resultado da migração supracitada, ou seja, são indivíduos juvenis de mangue, que se distribuem em manchas ao longo de todo o complexo florestal e que vem crescendo ao longo do tempo (ESTEVAM, 2010).

O desenvolvimento da técnica de diferenciação dessas duas fisionomias é extremamente importante, uma vez que a colonização tem papel chave no processo de sequestro de carbono atmosférico pelos manguezais.

Ao se considerar as florestas de transição e de colonização como um só tipo fisiográfico, assim como em Estrada (2009), essas florestas, ainda denominadas de transição variam entre 1,5 e 3 metros de altura e apresentam DAP médio entre 2 e 4 cm. Sua representação é superior às florestas de franja, ocupando aproximadamente 5,17 Km², um pouco mais de 27% do complexo florestal.

Outros estudos do NEMA/UERJ, como Almeida (2007), Almeida (2010) e Soares et al. (2011) descrevem a relação intrínseca entre as florestas de mangue e as planícies hipersalinas. Essa relação se dá, como descrito anteriormente, em virtude da ocupação e migração dessas áreas sem vegetação, por espécies de mangue em resposta à elevação do NMRM, o que mostra o papel fundamental dessas extensas áreas sem vegetação no crescimento, expansão e manutenção dos manguezais de Guaratiba. A importância dessas planícies é ainda mais evidente ao verificar que este representa em Guaratiba, 21% desse ecossistema (3,93 km²). Frente a esse resultado ratifica-se a importância de preservação das planícies hipersalinas, bastante pressionadas pela expansão urbana.

2.4.3 Validação do mapeamento

2.4.3.1 Validação da automatização do processo

A análise de qualidade do mapeamento foi feita em dois momentos: primeiro, se verificou a capacidade de automatização do processo, ou seja, quanto de área e qual porcentagem desta em cada classe foi adquirida automaticamente pela classificação e quanto necessitou de edição manual. Com isso, se quantifica e analisa o grau de acerto da modelagem em cada classe, e se identifica no mapeamento, qual classe precisou de maior esforço de edição. Esse maior esforço pode ser reflexo de uma modelagem menos precisa, em função, por exemplo, da resposta espectral da classe em si. Esta pode ser muito diversa e difícil de ser definida.

O resultado da comparação entre os mapeamentos gerados antes e depois da edição manual estão apresentados no Quadro 7, que consiste em uma matriz de confusão que representa em km², a combinação possível na comparação. Cabe ressaltar, entretanto, que essa matriz foi gerada somente para se ter uma ideia desse esforço de edição, logo, abrange parte da área, cerca de 85% da área total de mangue da região.

Quadro 7 - Matriz de confusão entre o mapa editado e não editado (km²).

		Não Editado							
		Sem classe	Apicum	Colonização	Transição	Bacia	Franja	Água	TOTAL
Editado	Sem classe		0,285041	0,220303	0,112866	2,522616	0,058917	0,005302	3,205045
	Apicum	0,064418	7,1369	0,470802	0,013513	0,51247	0,001104	0,020763	8,21997
	Colonização	0	0,019028	0,800895	0,091445	0,074032	0	0	0,9854
	Transição	0,005478	0,02225	0,911484	0,921694	1,174362	0,114796	0,006071	3,156135
	Bacia	0,025147	0,000475	0,764689	0,415608	7,137029	0,806667	0	9,149615
	Franja	0,00381	0,00	0,062409	0,030356	0,471301	1,808353	0,000742	2,377062
	Água	0,45727	0,004934	0,013392	0	0,118522	0,00113	8,914451	9,509699
	TOTAL	0,556123	7,468719	3,243974	1,585482	12,010332	2,790967	8,947329	36,60293

A diagonal da matriz de confusão representa a quantidade de acertos em cada classe, ou seja, objetos cujas classes não se alteraram após a edição manual por terem sido corretamente mapeadas. A área total desses objetos corresponde à 26,99 Km², cerca de 60%

da área total da imagem, demonstrando que mais da metade do mapeamento foi extraído automaticamente.

Quando se analisa a distribuição percentual de cada classe e seus respectivos acertos (Quadro 8), percebe-se que os melhores resultados foram nas classes Água (93,74%) e Apicum (86,82%). Os objetos verdes, não verdes e água tem respostas espectrais muito distintas, o que facilita suas respectivas modelagem e separação. Sendo assim, é condizente que estas apresentem alto grau de acerto na automatização.

Ao considerar somente as classes que refletem áreas florestadas de manguezal, verifica-se que o maior percentual de acerto foi na classe "Colonização", na ordem de 81%. A maior confusão nessa classe foi com a floresta de Transição, cerca de 9% dos objetos pertencentes a Colonização, foram automaticamente classificados como sendo de Transição.

A modelagem das florestas de transição teve 29% de acerto, o mais baixo e único valor inferior à 70%. Os maiores conflitos envolvendo essa classe foram com a região de colonização (29%, aproximadamente) e as florestas de bacia (37 % dessas florestas foram equivocadamente classificadas, antes da edição manual, como floresta de bacia.).

A modelagem das florestas de bacia apresentou o segundo melhor resultado, como 78% de acerto do método automático, sendo o restante, distribuído principalmente entre as florestas de colonização e Franja. Na verdade, esse acerto se relaciona muito mais à modelagem das demais classe e à capacidade de separa-las da classe Bacia, visto que essa classe foi a classe de exclusão (classe "not").

Com o terceiro melhor desempenho, a classe Franja obteve 76% de acerto, sendo a maioria do erro (20%,aproximadamente) associado à floresta de bacia.

Quadro 8 - Matriz de confusão entre o mapa editado e não editado (%).

		Não Editado							
		Sem classe	Apicum	Colonização	Transição	Bacia	Franja	Água	
Editado	Sem classe		8,8935	6,8736	3,5215	78,7077	1,8383	0,1654	100
	Apicum	0,7837	86,8239	5,7275	0,1644	6,2345	0,0134	0,2526	100
	Colonização	0,0000	1,9310	81,2761	9,2800	7,5129	0,0000	0,0000	100
	Transição	0,1736	0,7050	28,8798	29,2033	37,2089	3,6372	0,1924	100
	Bacia	0,2748	0,0052	8,3576	4,5424	78,0036	8,8164	0,0000	100
	Franja	0,1603	0,0038	2,6255	1,2770	19,8270	76,0751	0,0312	100
	Água	4,8085	0,0519	0,1408	0,0000	1,2463	0,0119	93,7406	100

Os acertos da modelagem em cada uma das classes e a distribuição dos seus respectivos erros apontam que as principais confusões se relacionam a classes sucessionalmente posteriores ou anteriores. O que significa que as classes se confundem mais com suas classes vizinhas (especialmente). Assim, a classe "colonização" se confundiu com a "Transição", a "Transição" com a "colonização" e com a "Bacia", e a "Franja" com a "Bacia". A única exceção são as florestas de "Bacia", cujos erros estão distribuídos nas demais classes. Esse erro de classificação associado a classes vizinhas é função de três motivos.

Na área de estudo, a sucessão espacial também representa uma sucessão temporal, ou seja, classes adjacentes estão em momentos anteriores ou posteriores do desenvolvimento da floresta. Sendo assim, podemos dizer que regionalmente, faixas próximas estão em estágios sucessionais próximos. Logo, suas respostas espectrais podem ser mais semelhantes em algumas porções da floresta, o que tendência um erro na modelagem. Cabe destacar que, esse seria um padrão geral, mas existem algumas porções, em função da mortalidade de áreas da floresta, que estão em momentos distintos sucessionalmente.

Além disso, a partir das figuras 19 e 20 verificou-se que estas classes associadas ao mangue apresentam respostas espectrais muito próximas, o que dificulta sua separação. A incorporação de parâmetros de distância foi realizada para minimizar essa confusão, mas essa incorporação restringe a abrangência das florestas de bacias, o que pode influenciar, em parte, os erros apresentados. Tal influência é observada, principalmente, nas amostras que foram mapeadas automaticamente como Transição ou Franja, e editadas para pertencerem a classe Bacia.

Como última constatação, pode-se apontar que os erros da classe bacia são, na verdade, consequência da modelagem das demais classes. Seus erros são o resultado mútuo das áreas mapeadas erroneamente em ambas as classes desse nível hierárquico. Por isso, uma melhor modelagem das classes refletiriam um melhor desempenho dessa classe.

Além de uma avaliação visual, o mapeamento final também foi avaliado quantitativamente. Para isso, 54 parcelas de estrutura vegetal com tipos fisiográficos conhecidos foram confrontados com o mapeamento. Cada parcela foi delimitada como sendo uma circunferência de 78,54 m². Para validar os mapeamentos de água e apicum, utilizou-se outros pontos (25) aleatórios para validação, sendo 15 de Apicum e 10 de Água. As áreas de todos esses pontos foram confrontadas com as do mapeamento final, gerando a matriz de confusão apresentada nos Quadros 9 e 10.

As amostras utilizadas foram medidas preteritamente pelo Núcleo de Estudos em Manguezais e classificada, quanto ao tipo fisiográfico, por Estrada (2010). O objetivo do trabalho era determinar a área amostral mínima para caracterização da estrutura da floresta de mangue e, num segundo momento, verificar a existência de diferenças estruturais (desenvolvimento, composição de espécie) entre os tipos fisiográficos das florestas de mangue de Guaratiba. No trabalho, a definição da parcela se relaciona a área que melhor representa aquela fisionomia em questão, de forma subjetiva, porém se baseando na observação de sua composição e arquitetura, sendo relacionado a um bom conhecimento do complexo florestal estudado.

Sendo assim, os pontos foram escolhidos de modo que atendessem ao escopo do trabalho, não sendo posicionados de forma arbitrária e totalmente aleatória. Eles foram escolhidos de maneira que fossem bem distribuídos nas fisionomias encontradas na região.

Quadro 9 - Matriz de confusão entre os dados de referência e o mapeamento

		Dados de Referência						Total de erro incluído	Acurácia Usuário
		Apicum	Transição	Bacia	Franja	Água	Totalidade		
Dados Classificados	Apicum	92,99	78,11	54,46	0,31	0,00	225,87	132,88	0,41
	Transição	15,66	483,69	245,26	31,47	0,00	760,42	292,392	0,62
	Bacia	8,85	141,26	1068,38	170,25	0,00	1379,89	320,36	0,77
	Franja	0,00	0,00	38,06	808,38	0,00	846,44	38,06	0,96
	Água	0,00	0,00	0,00	5,13	148,47	153,60	5,13	0,97
	TOTAL	117,50	703,06	1406,16	1015,54	148,47	3390,73		
Total de Erro		24,51	219,37	337,78	207,16	0,00			
Acurácia produtor		0,74	0,55	0,68	0,74	1,00	<i>Exatidão Global</i>	0,77	
Kappa por classe		0,39	0,54	0,61	0,94	0,97	<i>Índice Kappa</i>	0,67	

Legenda: Área em m². Em vermelho, as áreas que são menores que uma parcela de referência.

Quadro 10 - Matriz de confusão entre os dados de referência e o mapeamento.

		Dados de Referência				
		Apicum	Transição	Bacia	Franja	Água
Dados Classificados	Apicum	79,1383	11,11	3,87296	0,03053	0
	Transição	13,3297	68,7978	17,4418	3,09884	0
	Bacia	7,53197	20,0922	75,9786	16,7645	0
	Franja	0	0	2,70666	79,601	0
	Água	0	0	0	0,50515	100
	TOTAL	100	100	100	100	100

Legenda: Abundância relativa (%).

A matriz de confusão apresenta as áreas dos tipos fisiográficos medidos e classificados, distribuídos nas classes em que foram associadas no mapeamento. Dessa matriz foram geradas medidas de precisão da classificação, analisadas para o mapeamento como um todo e particularmente por classe.

Das análises que consideram todo o mapeamento, tem-se o índice de Exatidão Global e o Índice Kappa, que foram de 0,77 e 0,67, respectivamente.

Para o cálculo de exatidão total são consideradas somente as células da diagonal da matriz de confusão, que são as que registram os acertos do mapeamento. Assim, o mapeamento acerta 77% em sua classificação, em comparação com as amostras utilizadas.

Além da Exatidão Global, a tabela apresenta também a exatidão do usuário e do produtor, estas por classe observada. Segundo Figueiredo e Vieira (2007), a exatidão do produtor se relaciona às áreas omitidas no mapeamento, ou seja, às áreas de referência que não foram classificadas corretamente. A exatidão do usuário se relaciona a probabilidade de um pixel associado a determinada classe estar corretamente mapeado. Destes, o melhor resultado foi para a classe Água (0,97), seguido de Franja (0,96), Bacia (0,77), Transição (0,64) e Apicum (0,41). O baixo resultado para Apicum está relacionado às classificações equivocadas envolvendo outras classes. Como as amostras de campo para o Apicum são inferiores às outras observações, as quantificações envolvendo os erros das outras classes influenciaram os cálculos.

Mesmo com a influência descrita, os resultados envolvendo as classes Apicum e Água foram os melhores observados, isto associa-se ao comportamento espectral distinto entre essas classes e a classe Verde. A água apresentou acerto total, apontando que sua modelagem se aproximou muito a realidade.

Embora os resultados da classe Apicum tenham sido inferiores, com acerto de 79,1%, os erros envolvendo essa classe foram pequenos e menores que 5 m².

Ainda considerado os índices de exatidão do mapeamento, o índice Kappa foi de 0,63 para todo o mapeamento e de 0,97 para Água, 0,39 para o Apicum e 0,93, 0,59 e 0,55 para Franja, Bacia e Transição, respectivamente. A partir de Fonseca (2000), pode-se verificar que o mapeamento apresentou um desempenho "Muito bom", sendo a classificação das Florestas de Franja e de corpos hídricos os que apresentaram os melhores desempenhos, acima de 0,90, sendo "Excelente" segunda classificação dos autores.

Embora o mapeamento tenha apresentado um resultado satisfatório, os erros apresentados podem levar ao questionamento da utilização e veracidade do mesmo. Algumas

hipóteses foram levantadas para explicar os erros e serão discutidas a seguir. Mas é importante lembrar neste momento que nenhum mapa reflete com total fidelidade o real, ele é uma ferramenta de análise da superfície e de um fenômeno espacial, logo a tentativa máxima de aproximação do real.

No caso dos manguezais é ainda mais complexa a sua representação, pois se constituem em um ambiente em que há influência da vegetação, do solo e da água, todos influenciando a resposta espectral registrada nas imagens de satélite e fotografias aéreas. Além disso, a resposta espectral de um recorte florestal será influenciada pela densidade apresentada, estrutura de suas árvores, fisiologia e idade das espécies presentes ali. Ou seja, são inúmeros os parâmetros que influenciam a refletância registrada em um pixel de uma imagem de satélite que representa esse ecossistema, dificultando muito seu mapeamento. Por isso, mapear os contornos do manguezal, e diferenciá-los de corpos hídricos e planícies hipersalinas é mais fácil que diferenciar o interior de suas florestas.

Como dito anteriormente, a maioria dos trabalhos separam principalmente os contornos do manguezal, considerando-o em sua totalidade, destes, somente alguns (ALATORRE et al, 2011; LEE et al, 2009; CONCHEADDA et al, 2008; GIRI et al, 2007) apresentam resultados de exatidão do mapeamento realizado. Destes, os melhores resultados foram o de Lee et al. (2009) que apresentaram acurácia global entre 98% e 97% em trabalho que analisava dois métodos para mapeamento de manguezais. Os demais trabalhos apresentam bons resultados, mas todos em torno de 85% (ALATORRE et al, 2011 com 84% de acurácia total; CONCHEADDA et al, 2008 com 85.7% e; GIRI et al, 2007 com 85%). Se o presente trabalho tivesse se restringido a essa abordagem, mapeando somente área de mangue e não-mangue, a acurácia seria de 95%, um excelente resultado frente aos demais existentes.

Quando se analisa o mapeamento das diferenças internas de uma floresta, além de existirem poucos trabalhos, cada um aplica uma abordagem distinta com sua legenda específica, e nenhuma semelhante a utilizada aqui.

Green et al (1998) mapearam espécies de mangue em regiões próximas as Bahamas, os autores apresentaram acurácia total entre 70% e 85%, dependendo da técnica utilizada.

Com uma abordagem diferente, Blasco et al (2001) diferenciou as florestas de mangue, considerando diferentes densidades, mas não apresentou matriz de confusão para o seu mapeamento.

Com a legenda final de mapeamento semelhante ao de Green et al (1998), Wang et al (2004) também diferenciou a floresta considerando os bosques com espécies diferentes. Os autores apresentaram como melhor resultado de acurácia total 75,5%.

Ao considerar esses trabalhos que tentam diferenciar as florestas de mangue, percebe-se que a acurácia total alcançada aqui (77%) é próxima as encontradas na literatura. Mesmo com resultado satisfatório, algumas hipóteses podem ser levantadas para se entender os erros encontrados aqui.

O principal é que os dados de referência utilizados foram coletados em 2008, e parte em 2010. Como a maior porção da imagem foi adquirida em 2002, há um intervalo de tempo de, mais ou menos, seis anos entre a aquisição da imagem e o levantamento de estrutura vegetal. Esse intervalo interfere na comparação entre os dados de referência e o mapeamento, principalmente em relação as florestas vistas em campo como pertencente a classe Bacia ou Transição. Isso porque, florestas identificadas como Bacia em Campo, poderiam ser florestas de Transição na época de aquisição da imagem e, florestas observadas como Transição podem ter sido colonizadas nos seis anos de intervalo, sendo Apicum na imagem. Logo, os erros presentes na tabela seriam da aquisição dos dados. E não do mapeamento.

Frente à todo o exposto, verifica-se que resultados adquiridos aqui possuem um resultado satisfatório para a representação dos tipos fisiográficos das florestas, sendo seu mapeamento apto para ser utilizado em estimativas futuras. E, a metodologia adequada para ser adotada em outras florestas de manguezal.

2.5 Considerações finais

Como exposto, não foram encontrados trabalhos na literatura que tentam separar as florestas de mangue utilizando a classificação de tipos fisiográficos. A maioria dos trabalhos, quando não mapeiam somente os manguezais, o dividem utilizando a diferenciação de espécies, densidade ou qualidade da floresta. Sendo assim, o presente trabalho já se destaca pela abordagem em sua legenda.

Ao considerarem os trabalhos que diferenciam as florestas de mangue, percebe-se que a acurácia obtida aqui está em conformidade com as demais já apresentadas, em alguns casos até superior.

Para que se alcançasse o resultado apresentado, a adoção da classificação Orientada à Objetos foi de extrema importância, tendo se mostrado eficiente para esse tipo de mapeamento. Isso porque a técnica permitiu que parâmetros, além dos espectrais, fossem adotados.

Pelo exposto até aqui, o objetivo proposto por esse estudo foi obtido com sucesso. Não só uma metodologia utilizando a classificação baseada em objetos para o mapeamento de tipos fisiográficos foi desenvolvida como, a partir dos resultados, foi demonstrada a eficácia do método adotado para o estudo detalhado e em alta resolução de florestas de mangue, o que possibilitou a discriminação de forma confiável, de suas diferentes fisionomias.

Antes desse estudo, estimativas em relação aos tipos fisiográficos (como taxa de estoque de carbono, sequestro de carbono, dentre outros) eram realizadas somente a partir do levantamento de dados em parcelas de caracterização da estrutura vegetal (realizadas há anos pelo NEMA/UERJ). A partir do desenvolvimento dessa técnica de mapeamento o recorte espacial de análise passou de transversais de estrutura vegetal para todo o complexo florestal, ou seja, este mapeamento vem a contribuir para os estudos já realizados, o que possibilita o cálculo da área de cada fisionomia e uma correlação entre a área de cada tipo fisiográfico e seu papel no estoque e sequestro de carbono.

Entretanto, avanços devem ser feitos no método, para que as classes com respostas espectrais parecidas e difíceis de serem modeladas (principalmente entre os tipos fisiográficos Franja e Bacia) sejam mais estudadas e a modelagem mais refinada, o que pode levar a redução ainda maior do esforço da edição manual e aumento na eficiência do método.

Além disso, um mesmo tipo fisiográfico, ao longo de toda a área estudada, apresenta diferenças em relação à composição e dominância de espécies. Frente a isso, recomenda-se um investimento futuro de tempo e esforços para que além dos tipos fisiográficos, sejam definidas as diferentes manchas em relação à dominância de espécies.

Cabe ressaltar mais uma vez que esse método foi elaborado não para substituir os trabalhos de campo, mas para complementá-los, ampliando o recorte espacial analisado. O mapeamento e a metodologia elaborados aqui possibilitam extrapolar os dados adquiridos para todas as áreas de manguezais, mas não poderiam ser desenvolvidos e nem avaliados quanto à precisão, sem os dados adquiridos *in situ*. As etapas do trabalho (levantamento estrutural e mapeamento por sensoriamento remoto) se mostraram complementares e não excludentes.

3 CAPITULO II - ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E PARÂMETROS ESTRUTURAIS DE FLORESTA DE MANGUE E SEU POTENCIAL PARA O MAPEAMENTO DESSAS FLORESTAS



*"Eu fiz uma planilha pra você;
e calculei a porcentagem de"...*
O Calculista - Supercombo

3.1 Introdução

Cientistas estudam os parâmetros biofísicos da vegetação através de dados provenientes de sensores remotos desde a década de 60 (JENSEN, 2009). Além dos métodos de classificação largamente empregados para a análise e geração de mapas temáticos, existem outros relacionados ao sensoriamento remoto, voltados aos estudos florestais, que também podem gerar mapas.

Uma abordagem muito adotada é a geração de índices apoiados na conversão dos números digitais (níveis de cinza das imagens) em parâmetros físicos como Radiância ou Reflectância (JONES; VAUGHAN, 2010). Essa transformação é importante e muito utilizada porque os valores digitais presentes em uma imagem estão relacionados às características do sensor e do instante de aquisição, não devendo ser utilizados em razões entre bandas ou comparados com imagens adquiridas em diferentes datas ou por outra plataforma orbital. Em outras palavras, os valores originais de um pixel são relacionados somente aquele sensor e naquele momento.

A transformação desses números em parâmetros físicos permite, assim como exposto por Ponzoni e Shimabukuro (2007), que os dados contidos nas imagens de diferentes bandas de um mesmo sensor e/ou de sensores diferentes, possam ser comparadas entre si.

Outra análise utilizada nas investigações da vegetação a partir de imagens orbitais é a análise do comportamento de índices espectrais. Dentre esses, existem os denominados índices de vegetação, que são medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, estando relacionadas ao índice de área foliar (IAF), à porcentagem de cobertura verde, ao teor de clorofila e à biomassa verde, dentre outras características da vegetação (JENSEN, 2009).

O benefício em se utilizar o índice de vegetação está relacionado a sua fundamentação, que considera o comportamento diferente da vegetação em cada região do espectro eletromagnético. Como qualquer outro elemento presente na superfície terrestre, a vegetação tem uma assinatura espectral, ou seja, apresenta comportamento distinto ao longo do espectro eletromagnético, sendo sua curva a mais amplamente apresentada na literatura (JONES; VAUGHAN, 2010; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; FONSECA; FERNANDES, 2004; NOVO, 2010 e JENSEN, 2009).

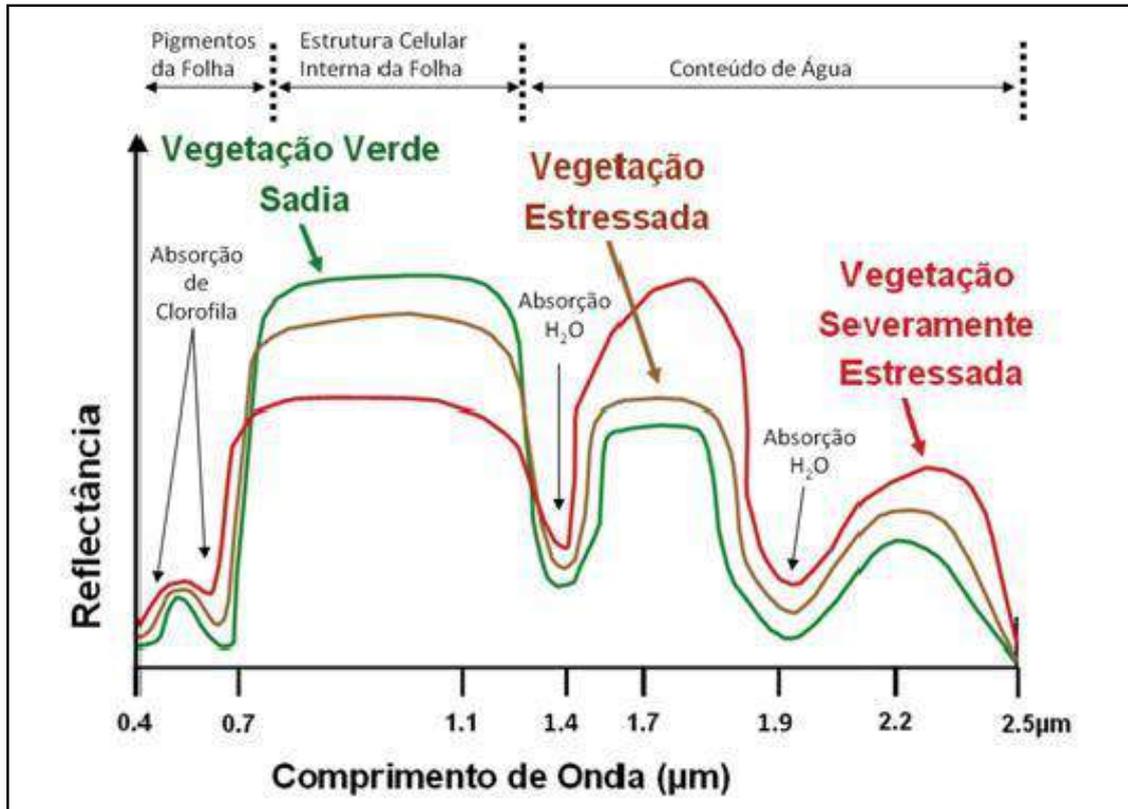
Antes de analisar essa curva, é importante destacar que a curva do comportamento espectral apresenta uma generalização, na maioria das vezes da grama (JONES; VAUGHAN, 2010). Além disso, a maioria das medições é feita no Hemisfério Norte, em ecossistemas muitas vezes não explicitados. A realidade de umidade, além de outros parâmetros é completamente diferente das florestas presentes nos biomas brasileiros, que por si só, apresentam suas próprias particularidades.

Nessa curva (Figura 1), dentro da faixa do visível, a maior reflectância ocorre no verde, com menores valores no azul e no vermelho. Nessa faixa do espectro (entre 0,4 e 0,7 μm), as características que mais influenciam a reflectância são os pigmentos foliares (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007) assim, o baixo valor de reflectância seria em função da absorção desses comprimentos de onda pela clorofila presente nas folhas, realizada em virtude da atividade fotossintética. Relacionada a tal fato, quanto menos sadia (ou mais estressada) for a vegetação, menor será a reflectância registrada, já que menor será sua concentração de pigmentos (Figura 32).

Na faixa do infravermelho próximo (de 0,7 a 1,1 μm), é a estrutura celular interna da folha que influencia na quantidade de ondas refletidas. Nesse intervalo do espectro quanto mais sadia a folha, maior a reflectância. Essa relação se inverte na faixa do infravermelho médio (após 1,3 μm). Nessa região, quanto mais estressada a vegetação, maior sua reflectância. Isso porque quanto maior a quantidade de água, maior a atividade de absorção dessas ondas. De maneira mais sucinta podemos dizer que quanto maior for a densidade da

cobertura vegetal, menor a reflectância na região do visível e maior na região do infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Figura 32 - Curvas espectrais da vegetação



Fonte: (Roberto; Filho, 2008).

Como os índices são razões entre bandas, a variação observada nas curvas vai refletir nos valores calculados. Assim, tais valores integram diferentes características da vegetação, devendo ser analisados com cautela. De qualquer forma o uso desses índices tem se mostrado de grande valia para a realização de análises rápidas e comparativas no espaço e no tempo.

3.1.1 Interação de áreas florestadas e radiação solar

Para entender os fatores que são registrados ou (de certa maneira) estão representados na imagem de satélite é necessário primeiro fazer um exercício de abstração, pontuar tudo que está envolvido no processo de captação da imagem e tudo que está sendo “visto” pelo sensor

(Figura 33). Além da imagem refletir o que "é visto", também deve-se considerar o " como é visto", pois fatores relativos às resoluções do sensor e às inclinações do sol e do satélite, entre outros, influenciam no detalhe e no contexto dos objetos¹⁰.

Diversas características influenciam como um observador qualquer vê uma figura, assim como influenciam como um sensor registra uma imagem, e quais os erros podem estar incorporados nela. Desta forma, no processo de captação, podem ocorrer erros sistemáticos e não sistemáticos.

Os sistemáticos são usualmente previstos e tendem a ocorrer em todas as imagens obtidas por um sistema particular. Esses podem usualmente ser corrigidos pelo conhecimento dos parâmetros orbitais da plataforma e das características do scanner, e aplicado em todas as imagens adquiridas pelo sistema (JONES; VAUGHAN, 2010).

São fontes de erros sistemáticos, passíveis de correção, segundo Jones e Vaughan (2010): rotação da Terra, movimento da plataforma, escaneamento não-linear, distorção panorâmica, relação do aspecto do alvo, instabilidade da plataforma, efeitos terrenos.

Mas além dos erros inerentes a cada um dos sistemas, a resposta espectral associada a um elemento da superfície, medida por um determinado sensor, sofre influência também do que está entre o sensor e o alvo: a camada atmosférica.

De acordo com Fonseca e Fernandes (2004):

A interação da REM (Radiação Eletromagnética) com a atmosfera dá-se por absorção e por dispersão. A absorção faz com que parte da energia refletida ou emitida pelos objetos na superfície da Terra não atinja os sensores. A dispersão altera a direção da propagação da radiação, manifestando-se de duas formas: parte da energia proveniente dos objetos não atinge o sensor e alguma parte da radiação solar é dispersa na atmosfera e encaminhada para o seu campo de vista.

Logo, características particulares de composição em função da latitude, tipo de cobertura, maritimidade/continentalidade, estação do ano, entre outras influenciam o registro espectral. Pela gama de parâmetros envolvidos e pela dificuldade de obtenção dos mesmos, essa influência ainda não é compreendida em sua totalidade pelos cientistas. Tal dificuldade influencia no processo de correção atmosférica, carregando de subjetividade a modelagem da camada atmosférica, o que influencia na exatidão alcançada nos resultados.

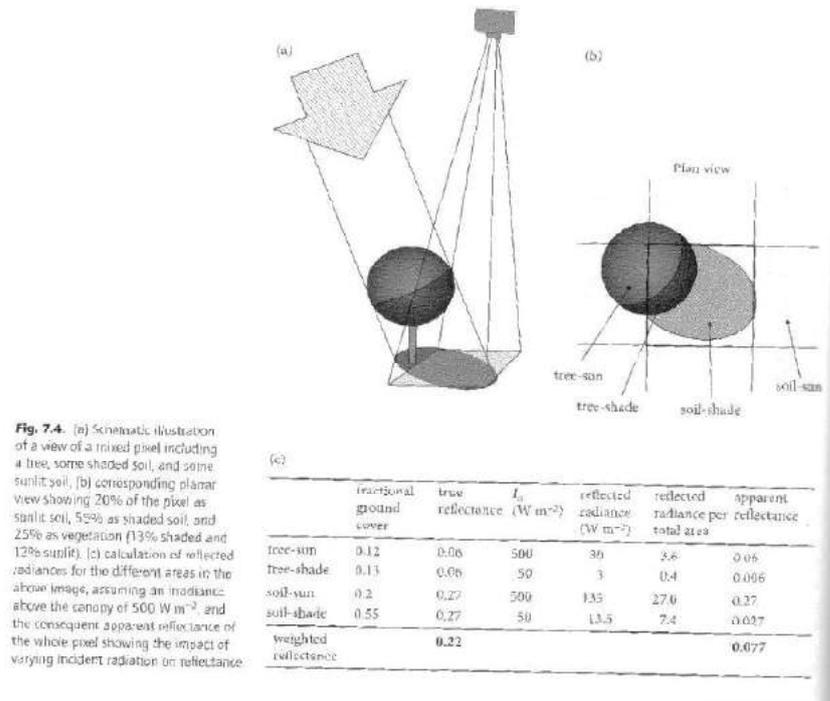
¹⁰Se a imagem for observada com o observador sentado numa mesa confortável, andando, no metrô ou no ônibus em movimento com certeza será vista de maneira diferente. Tremida, borrada, ou "deslocada do real". Assim como as características de uma plataforma de aquisição de um dado sensor. Além disso, se for observada diretamente, com uma película transparente, papel filme transparente ou papel manteiga de diferentes espessuras terá uma visualização melhor ou pior, assim como as condições atmosféricas na hora de aquisição da imagem. Como último exercício mental relacionado ao observador, se ele olhar a figura a olho nu terá uma visão diferente se ele for daltônico ou não. Terá ainda leituras diferentes se, sem óculos, ele tiver uma visão normal, for miope ou tiver astigmatismo.

Além dos problemas que podem existir referentes ao sistema de aquisição e das características atmosféricas, soma-se ainda o que é visto pelo sensor. A discretização do espaço, que passa a ser representado numa imagem por uma matriz numérica, dificulta a observação individualizada da maioria dos objetos na superfície. O que ocorre, é que a assinatura espectral registrada normalmente está referida a uma mistura de componentes da superfície.

Com esse panorama, para áreas florestadas não é somente a vegetação (sua composição química, estrutura vegetal e densidade) que influencia na medida espectral realizada pelo sensor, mas também a angulação do sol e as características do solo ou do que se encontra adjacente e abaixo das copas.

A figura 3 esquematiza o imageamento de uma área florestada. Como representado, no instante de aquisição a arquitetura formada pelo posicionamento da fonte de iluminação e do sensor interferem no resultado. Isso faz com que parte da copa da árvore seja iluminada e parte sombreada gerando diferenças espectrais. Todas essas feições espectralmente distintas (copa iluminada, copa sombreada, solo sombreado, solo iluminado) são vistas e representadas por um único pixel (dependendo da resolução espacial). O grande desafio passa a ser encontrar um padrão através dessa mistura espectral, de forma a possibilitar a sua identificação e classificação.

Figura 33 - Ilustração da visada de um sensor



Legenda: (a) Ilustração esquemática da visada de um sensor de um pixel incluindo árvore, solo, sombra. (B) Correspondente planar da visada de um sensor e registro em um pixel.

(Fonte: adaptado JONES; VAUGHAN, 2010)

3.1.2 Índices de Vegetação

Há uma diversidade de índices de vegetação, muitos altamente correlacionados, considerando a razão de bandas de forma muito similar, sendo funcionalmente redundantes (PERRY; LAUTENSCHLAGER, 1984 apud JENSEN, 2009). Essas razões são dependentes de certas faixas espectrais, algumas vezes não medidas por certos sensores.

Para se escolher o(s) sensor(es) que se quer analisar é importante considerar o ecossistema que se quer trabalhar e o tipo de análise (expansão urbana, vegetação, solo, etc.). Além disso, sempre deve-se considerar as imagens disponíveis e custos associados. Albuquerque (2010), por exemplo, analisou a resposta espectral de fragmentos de floresta na APA do Rio São João – Rio de Janeiro. Em seu estudo, foram calculados os índices EVI2, MVI e NDVI em imagens SPOT-5 e Landsat-5, nenhum dos quais necessitando de valores na faixa do azul, não abrangida pelo SPOT.

Para os estudos dos manguezais, assim como para outros tipos de vegetação, a grande maioria dos estudos que adotam índices como método para estudo das florestas, escolhem o

Índice de Vegetação de diferença normalizada (NDVI) (como RAMSEY et al., 1996; GREEN et al., 1997; BLASCO et al., 1998; KOVACS et al., 2004; MAHMOUND et al., 2007; GIRI et al., 2007; SETO et al., 2007; MUTTITANON; TRIPATHI, 2005; KAMTHONKIAT et al., 2011 e SATYANARAYAMA et al., 2011) e poucos estudos, como Batadlan et al. (2009) e Ismail et al. (2010) utilizam outros índices de vegetação, como SAVI, RVI, PVI e modificações do SAVI.

Mesmo com número considerável de estudos utilizando índices de vegetação para mapeamento de manguezais, poucos investigam como os índices se relacionam com a floresta de mangue de forma mais complexa, como correlacionando com parâmetros estruturais e características ecológicas. Além disso, com exceção de Ramsey & Jensen (1996) poucos são os estudos que abordam tanto os aspectos espectrais como os ecológicos (como a descrição de parâmetros espectrais e a distribuição fitossociológica) numa interpretação transdisciplinar.

3.1.3 A influência do solo na análise espectral de áreas florestadas

Em relação à influência do solo em áreas de vegetação, pode-se dizer que quanto menor o índice de umidade do solo, maior sua reflectância (FONSECA & FERNANDES, 2004). Contudo, diferentes tipos de solo possuem comportamentos espectrais diferentes.

Todas essas características influenciam no monitoramento de áreas vegetadas, uma vez que dependendo da vegetação e da arquitetura da sua copa o solo vai ter interação com a radiação solar incidente de diferentes maneiras.

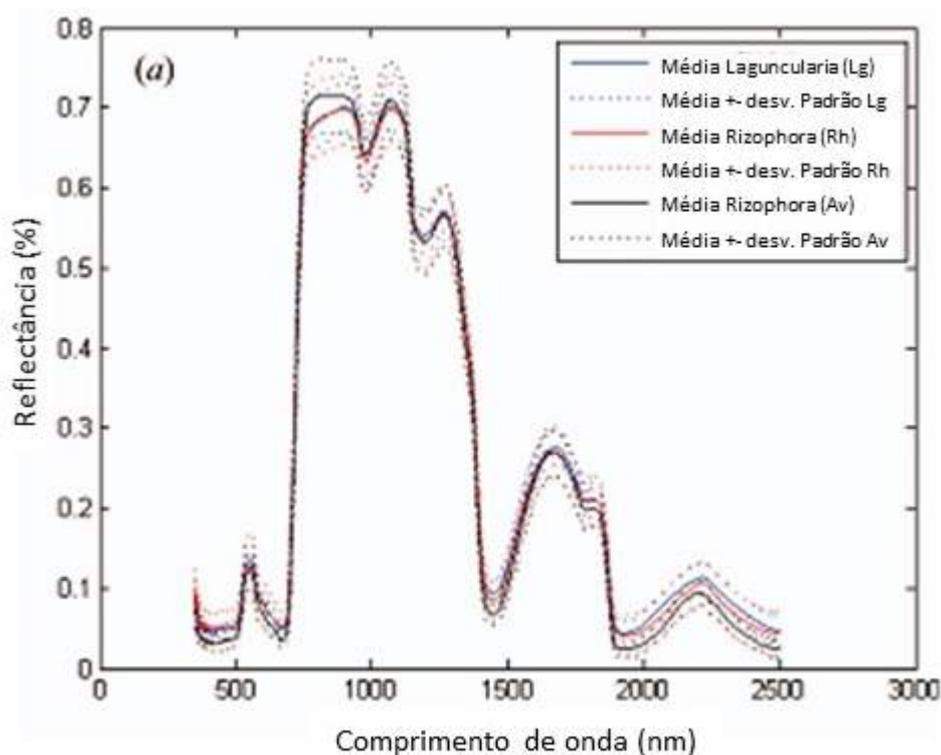
Em relação à porção de vegetação dentro da área medida pelo sensor, a radiação interage com a vegetação em três níveis específicos: foliar, de copa e florestal.

3.1.4 Resposta espectral da vegetação de mangue

Na investigação do ecossistema manguezal, diferentes estudos com o apoio do Sensoriamento Remoto vêm sendo desenvolvidos. Parte analisando a floresta em relação a sua assinatura espectral (priorizando assim o caráter metodológico), parte tentando identificar características relacionadas à estrutura da floresta através da adoção de índices de vegetação.

Em relação à interação com o espectro eletromagnético das espécies que compõem o ecossistema manguezal, Wang & Souza (2009) apresentaram o comportamento espectral das espécies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, e *Rhizophora mangle* (Figura 34). Esses autores descrevem que em folhas verdes e saudáveis dessas espécies, a *Avicennia germinans* teria a maior reflectância, cerca de 0.7%, na região do infravermelho e a menor na última faixa da região do infravermelho médio. *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* teriam valores muito semelhantes no infravermelho e diferentes no infravermelho próximo, onde *Rhizophora mangle* apresenta valores inferiores aos de *Laguncularia racemosa*.

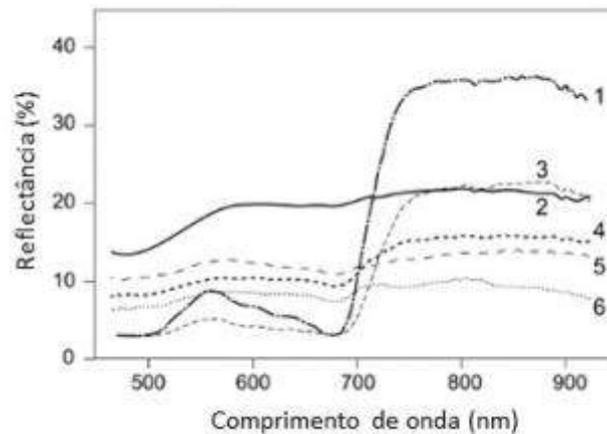
Figura 34 - Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue segundo Wang e Souza (2009)



Fonte: Wang & Souza (2009)

Blasco *et al.* (1998) encontraram resultados um pouco diferentes onde *Rhizophora* apresenta valores maiores que *Avicennia* na faixa do infravermelho próximo (Figura 35).

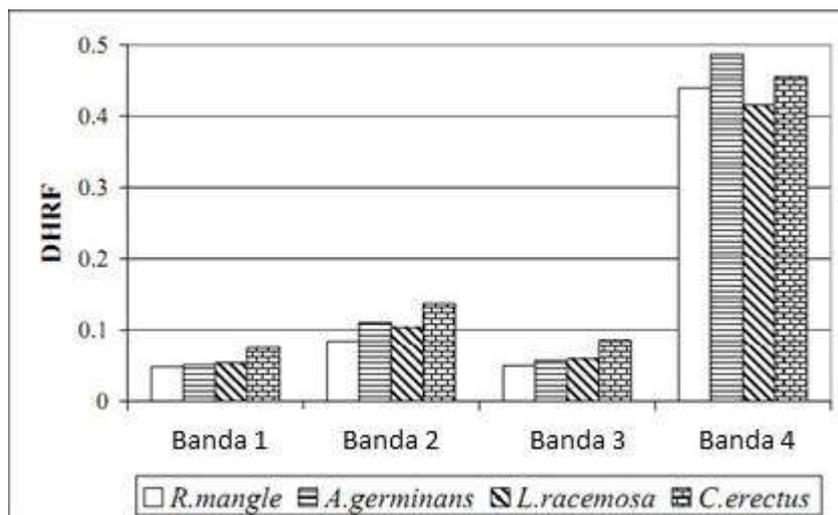
Figura 35- Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue, segundo Blasco (1998)



Legenda: *Bruguiera*; 2 - solo árido; 3- *Rhizophora*; 4- *Avicennia*;
5- pântano com *Salicornia*; 6 - solo árido com algas.

No Brasil, em estudo realizado no Maranhão, Rebelo-Mochell; Ponzoni (2007) encontraram comportamentos, na faixa do infravermelho próximo, semelhantes aos descritos por Wang & Sousa (2009), com *Avicennia* apresentando reflectância superior a *Rhizophora*. Na faixa do visível, de maneira geral, a reflectância de *Avicennia* se apresenta igual ou superior a de *Rhizophora*, assim como descrito por Blasco et al. (1998) (figura 36).

Figura 36 - Comportamento espectral de folhas de espécies de mangue segundo Rebelo-Mochell e Ponzoni (2007)



Legenda: "banda 1" faixa do azul (entre 0.45-0.52 μm), "banda 2" faixa do verde (entre 0.52-0.60 μm), "banda 3" faixa do vermelho (entre 0.63-0.69 μm), "banda 4" infravermelho (0,7- 2,5 μm).

Considerando a bibliografia concernente ao tema, observa-se que os estudos que adotam a utilização de índices de vegetação em suas análises são a maioria. Há, no entanto, uma diversidade de aplicações e correlações desses índices com diversos parâmetros da vegetação. Com relação ao manguezal, a maioria das aplicações dos índices de vegetação está relacionada: com os índices de área foliar (GREEN et al., 1997; KOVACS et al., 2004), com a cobertura da copa (RAMSEY et al., 1996; GIRI et al., 2007) e para mapear mudança do uso do solo, como realizado por Muttitanon (2005).

Considerando uma abordagem que relacione as respostas espectrais e índices de vegetação a características de estrutura da floresta de mangue pode-se destacar o estudo de Satyanarayama et al. (2001) que analisam a correlação entre índice de vegetação e parâmetros estruturais, como área basal e altura. A utilização deste tipo de parâmetro neste ecossistema é de grande aplicabilidade para estudos futuros, isto porque seu melhor entendimento pode ajudar a mapear e correlacionar esses índices com diferenças estruturais, comportamentos fisiológicos diferentes ou níveis de estresse.

3.1.5 Objetivo

O objetivo geral desse capítulo é Estudar e caracterizar a correlação de dados estruturais de mangue e índices espectrais de vegetação em apoio aos estudos que utilizem o sensoriamento remoto para análise da vegetação. Para isso tem-se como objetivos específicos:

- Caracterizar o comportamento de 4 (quatro) índices nas florestas de mangue de Guaratiba;
- Relacionar o comportamento dos índices às características estruturais da floresta de mangue.

3.2 **Materiais e métodos**

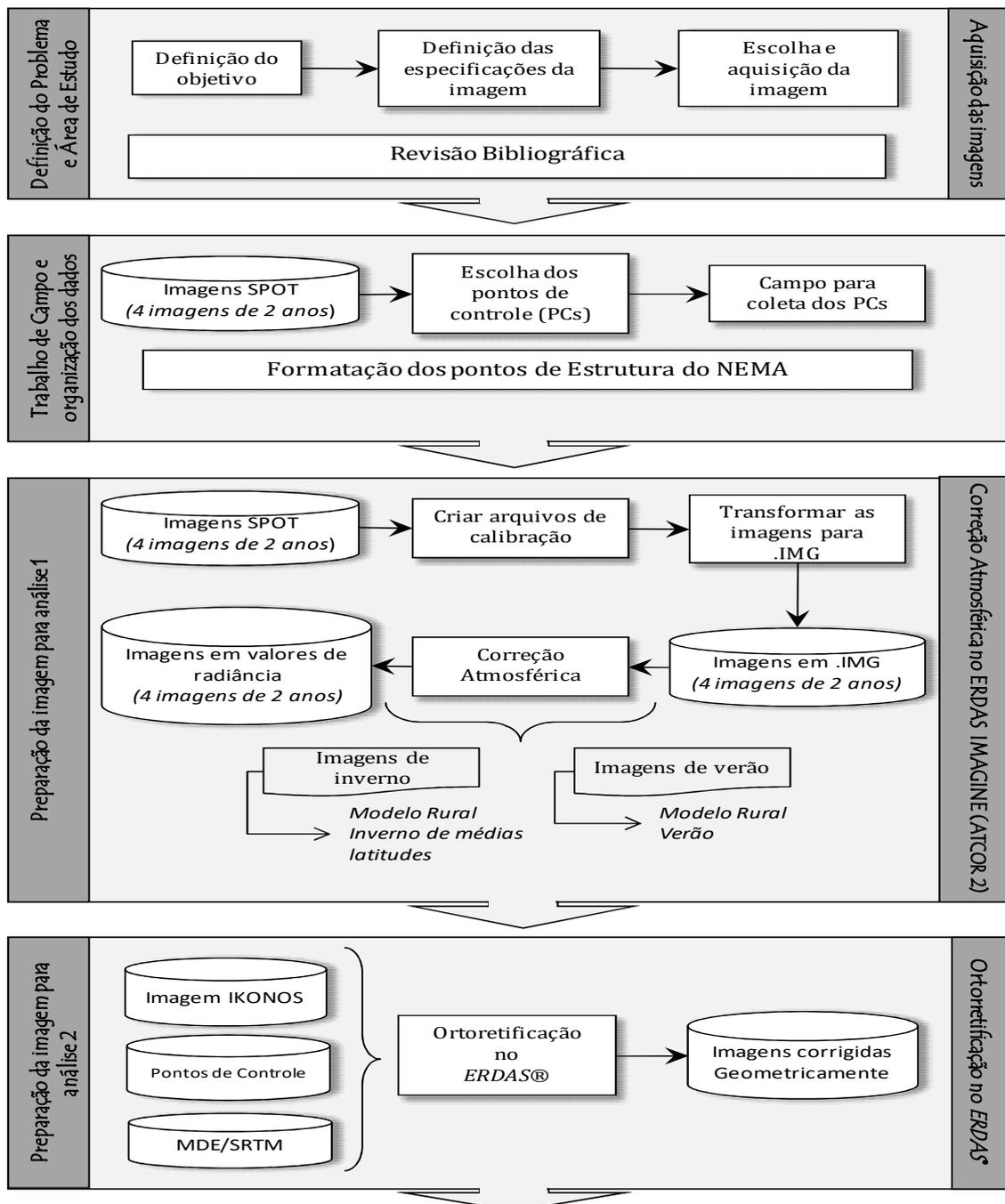
Todas as etapas necessárias para se alcançar o objetivo proposto serão apresentadas na forma de fluxograma e detalhadas em seguida. Para facilitar sua apresentação pode-se dividir a execução em 3 etapas: Escolha e Geração dos índices de vegetação; Tratamento dos dados

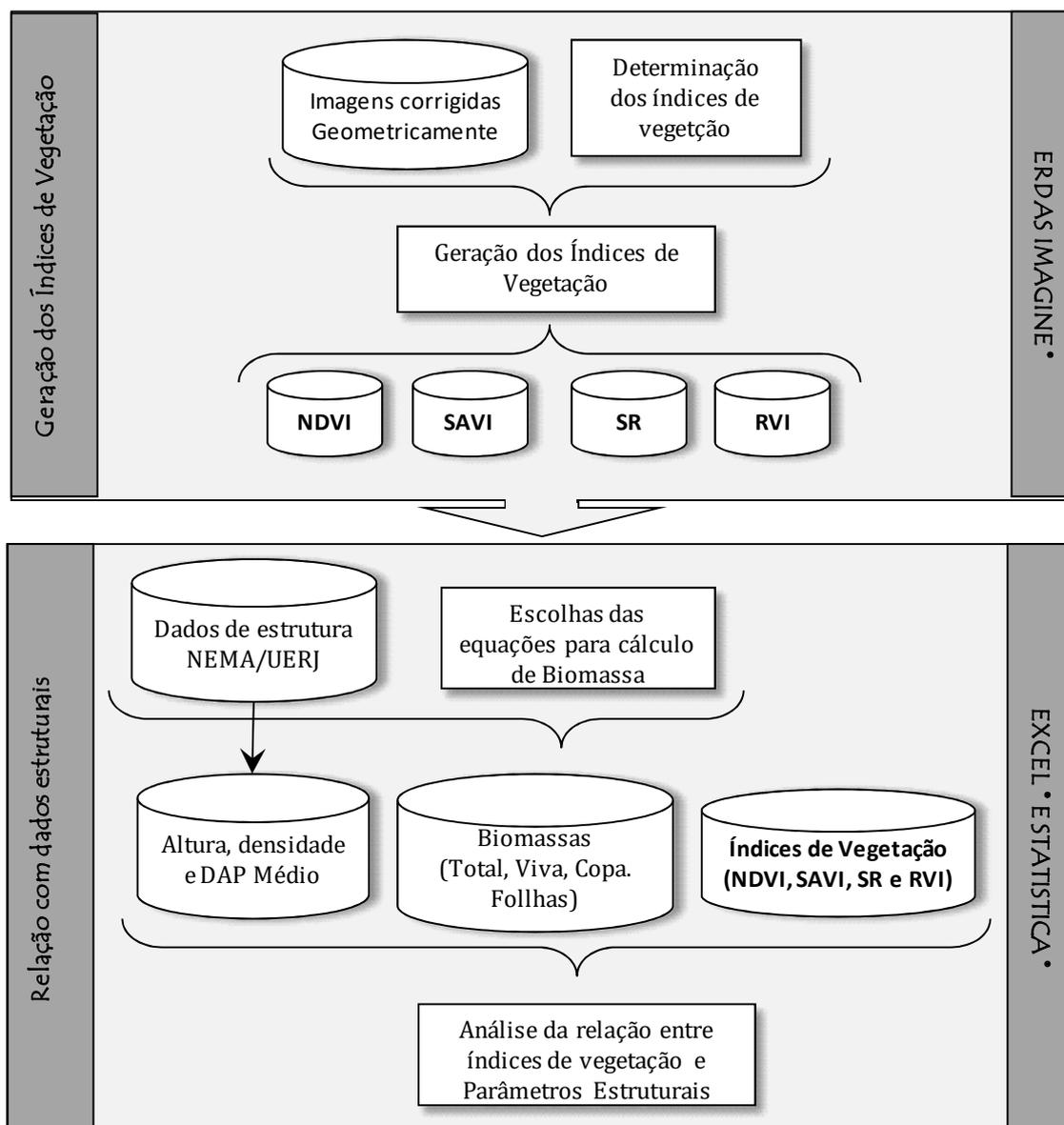
de Estrutura Vegetal e Análise da relação entre os índices de vegetação e os parâmetros estruturais da floresta.

3.2.1 Escolha e geração dos índices de vegetação

Os processos envolvidos nessa etapa se encontram na figura 37.

Figura 37 - Fluxograma com todas as etapas metodológicas envolvidas nesse capítulo.





Para a geração dos mapas com os valores da assinatura espectral e geração das imagens índice de vegetação foram utilizadas imagens do satélite SPOT-5, sensor HRVIR, cujas características estão descritas no Quadro 11.

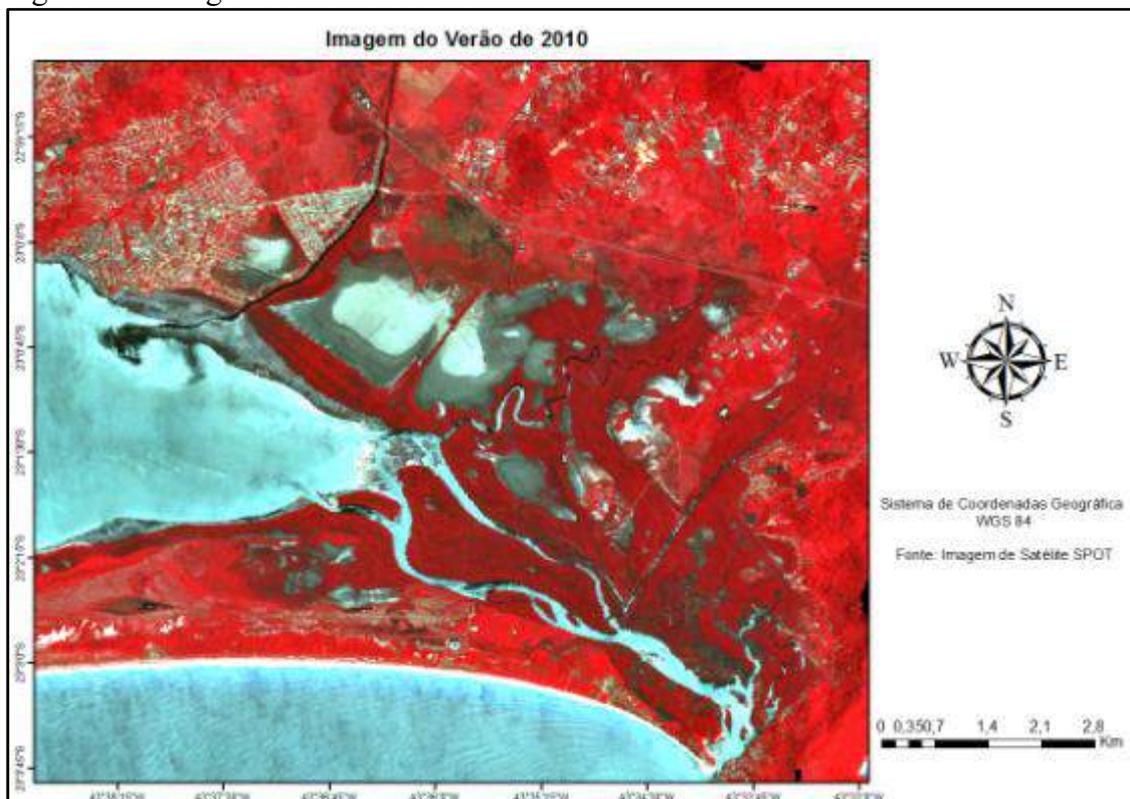
Ao todo foram 4 imagens SPOT 5/HRVIR. Duas adquiridas no ano de 2010 - uma no verão (Figura 38) e outra no inverno (Figura 39) - e duas em 2011 (nos mesmos períodos do ano anterior – Figuras 40 e 41). A escolha desse período tem como objetivo analisar o ciclo da vegetação durante a estação mais seca e mais úmida nos anos analisados.

Quadro 11 - Imagens utilizadas para a geração dos índices de vegetação.

TÍTULO	Verão 2010		Inverno 2010	
Tipo	Pan	Multi	Pan	Multi
Data	06/02/2010		07/06/2010	
Hora	13:22:42	13:22:45	12:56:35	12:56:38
Referência	196094	196094	487774101	462933101
Centróde (lat/long)	S23° 0' 23" e W43° 42' 35"	S23° 0' 22" e W43° 42' 35"	S22° 58' 58" e W43° 42' 51"	S22° 59' 2" e W43° 42' 53"
Zênite Solar (o)				
Azimute Solar (o)	78,64404	78,63552	33,86559	33,85375
Ângulo de Incidência (o)	L 29,554734	L 29,558714	R20,562595	R20,568923
Gain	1,88856	1,575966	3,242528	2,720575
		2,189412		3,775836
		1,2756		2,334276
		6,24		13,6968
Elevação Solar			36,2466	36,251922
ângulo de Orientação	11,813079	11,268574	13,922304	14,288028
Viewing Angle	25,919121	25,919121	-18,040924	-18,040924

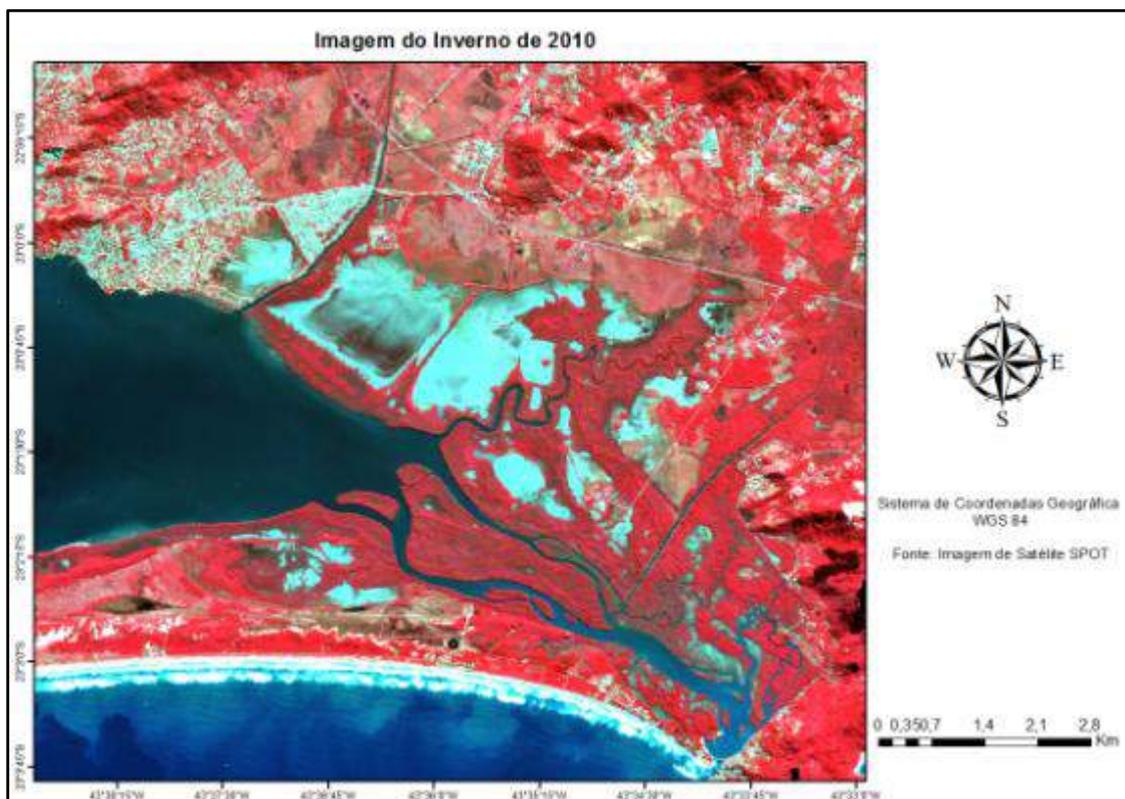
TÍTULO	Verão 2011		Inverno 2011	
Tipo	Pan	Multi	Pan	Multi
Data	21/12/2010		06/08/2011	
Hora	13:08:48	13:08:50	13:22:14	13:22:17
Referência	495639101	495638101	514285101	514287101
Centróde (lat/long)	S23° 3' 33" e W43° 32' 33"	S23° 3' 33" e W43° 32' 34"	S23° 0' 23" e W43° 41' 23"	S23° 0' 22" e W43° 41' 23"
Zênite Solar (o)				
Azimute Solar (o)	96,00047	95,99900	33,06893	33,05530
Ângulo de Incidência (o)	L2,873868	L2,923811	L29,496130	L29,499904
Gain	2,3783	2,70155	2,361512	1,97682
		2,778414		2,772818
		1,2732		2,327682
		8,096667		10,519092
Elevação Solar	66,4411	66,448514	43,1871	43,193704
ângulo de Orientação	12,908713	12,842807	11,778503	11,234327
Viewing Angle	2,556381	2,556381	25,851517	25,851517

Figura 38 - Imagem do verão de 2010



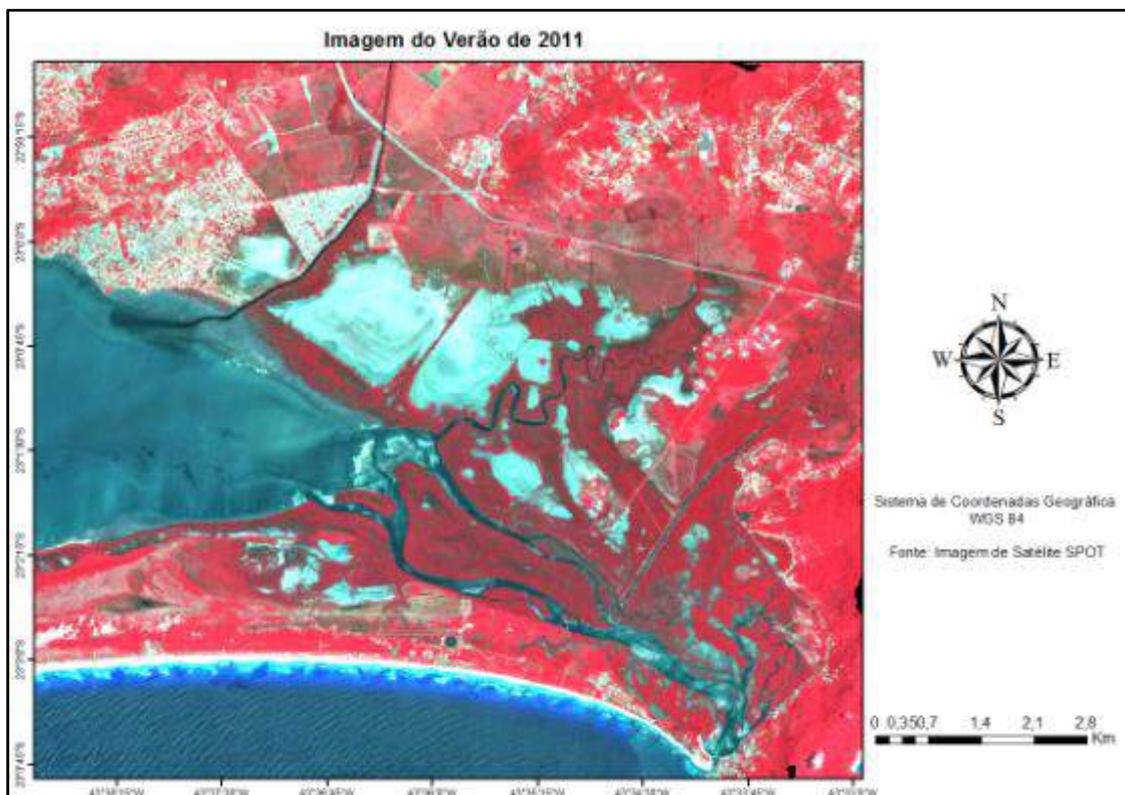
Legenda: Mapa com a imagem do verão de 2010 (6/2/2010) utilizada para geração dos índices de vegetação. Composição colorida RGB 321.

Figura 39 - Imagem do inverno de 2010



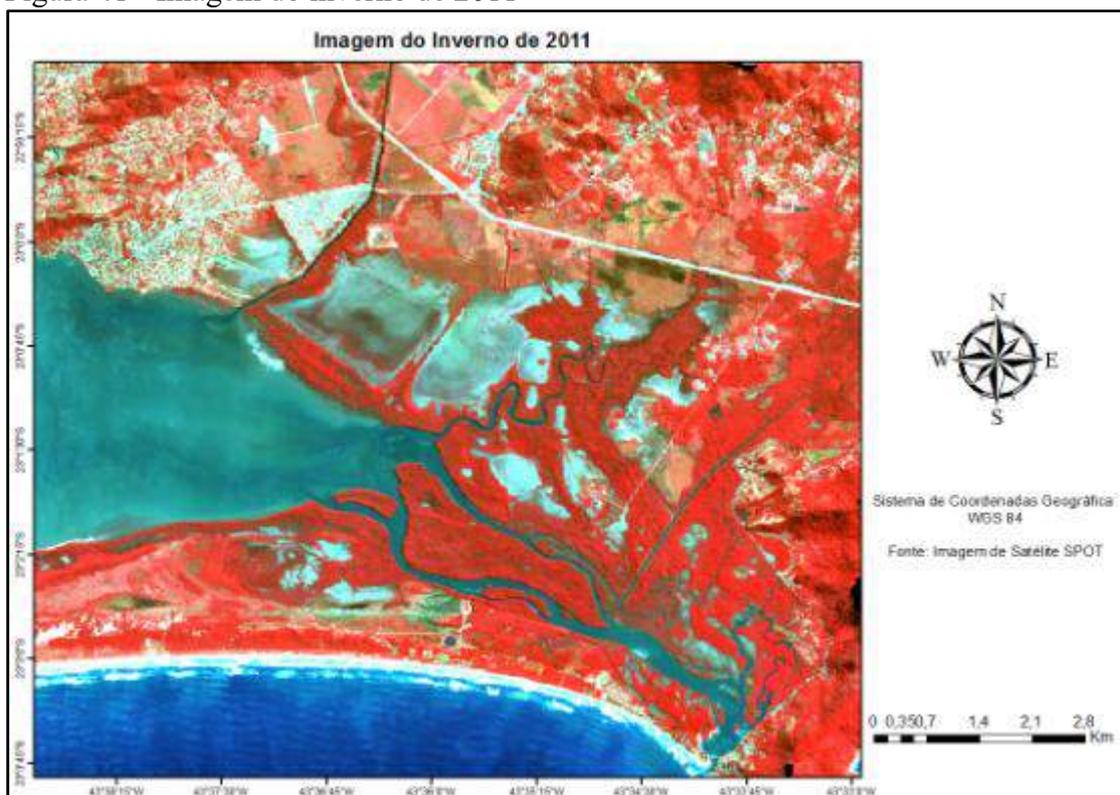
Legenda: Mapa com a imagem do inverno de 2010 (7/6/2010) utilizada para geração dos índices de vegetação. Composição colorida RGB 321.

Figura 40 - Imagem do verão de 2011



Legenda: Mapa com a imagem do verão de 2011(2/12/2010) utilizada para geração dos índices de vegetação. Composição colorida RGB 321.

Figura 41 - Imagem do inverno de 2011



Legenda: Mapa com a imagem do inverno de 2011(06/08/2011) utilizada para geração dos índices de vegetação. Composição colorida RGB 321.

3.2.1.1 Correções Atmosférica e Geométrica

A etapa de processamento digital das imagens seguiu metodologia descrita por (ALBUQUERQUE, 2010). Assim, as imagens foram submetidas a correções atmosféricas e geométricas em ambiente computacional no ERDAS Image® e PCI, através dos módulos Atcor2 e Ortho Engine, respectivamente.

A correção atmosférica de uma imagem consiste na correção dos efeitos de deslocamento do sensor/plataforma e dos efeitos atmosféricos durante sua aquisição, uma vez que a resposta medida sofre influência das condições atmosféricas entre a plataforma de aquisição (satélite) e o alvo na superfície da terra. Essa etapa é fundamental para colocar dados na mesma escala radiométrica.

Atualmente existem inúmeros modelos para a correção atmosférica de imagens, sendo o MODTRAN (Moderate Resolution Transmittance) um dos principais. O MODTRAN é um modelo de transferência radiativa com algoritmo robusto, sendo sua

aplicação para corrigir a influência atmosférica (BERK, 1998). Esse tipo de código de transferência radiativa calcula a radiância que o sensor captaria para parâmetros atmosféricos específicos, angulação solar, reflectância solar .

Utilizando o modelo MODTRAN, o sistema adotado foi ATCOR 2D (Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery), alternativa que não considera as variações no relevo. Considerando-se que a versão 3D ainda não apresenta soluções sólidas e que o ecossistema manguezal se localiza em regiões planas e sem variação de altitude, essa decisão foi considerada a mais indicada.

Como bem detalhado em Pimenta et al. (2013) o ATCOR 2 simula "os principais efeitos nas respostas espectrais dos alvos resultantes da absorção de gases e dispersão por moléculas e aerossóis em função da visibilidade horizontal, eliminando a dispersão da luz e representando, portanto, importante etapa para avaliação das feições da superfície terrestre".

O processo de correção considera 3 etapas, cujos parâmetros necessários são obtidos de forma diferenciada. A primeira etapa é responsável pela conversão dos números digitais (níveis de cinza) em valores de radiância, sendo necessários os dados de calibração do sensor. Na segunda etapa, converte-se os valores de radiância para reflectância aparente (ou no topo da atmosfera), sendo necessários dados sobre localização da fonte de iluminação e do sensor, obtidos nos metadados da imagem. A terceira etapa, é responsável pela correção atmosférica propriamente dita, ou conversão para valores de reflectância de superfície, sendo necessário estimar alguns parâmetros, como visibilidade e modelos teóricos de composição da atmosfera.

Pimenta et al. (2013) testaram para imagens Rapid Eye, a correção atmosférica baseada em vários parâmetros de visibilidade. No estudo eles comprovam que a visibilidade estimada pelo módulo SPECTRA do ERDAS Imagine é adequada para a realização da correção atmosférica. Sendo assim, utilizou-se a visibilidade estimada para cada imagem.

Em relação ao modelo de tipo de aerossol, optou-se pela utilização do modelo Rural, isso porque o modelo marinho deve ser usado em áreas com predominância de corpos hídricos e o urbano em áreas altamente antropizadas. No manual do ATCOR indica-se o uso do modelo aerossol, que deve ser usado em recortes mistos, em caso de dúvida.

Em relação ao modelo de aerossol, foi utilizado o modelo Tropical para as imagens de verão. Nas imagens de inverno, primeiramente foi testado o modelo de

médias latitudes (como recomendado no manual do usuário), mas as imagens corrigidas apresentaram resultados não satisfatórios, com saturação do azul. Por isso, nessas imagens também foi aplicado o modelo Tropical.

A verificação dos resultados obtidos foi feita através da comparação das curvas espectrais de alvos conhecidos, antes e depois da correção. Para isso usou-se o sistema ENVI. Os alvos adotados foram: área florestada, mangue, água, solo exposto e urbano.

Após as correções atmosféricas foi efetuada a correção geométrica das imagens, de modo a atender às necessidades de exatidão geométrica descritas no Padrão de Exatidão Cartográfico.

A ortorretificação, assim como a correção atmosférica, foi realizada no software ERDAS IMAGINE ®. Nessa etapa foi realizada primeiro a correção da imagem mais antiga utilizando os pontos de controle coletados em campo. Posteriormente, as outras imagens foram corrigidas, utilizando a primeira imagem como referência, numa técnica conhecida como registro. O modelo utilizado na ortorretificação foi o Funções Racionais (Rational Function) que é um generalizador do modelo do sensor que vem sendo utilizado há décadas (TAO; HU, 2002).

3.2.1.2 Geração de Índices de Vegetação

Vários índices de vegetação têm sido estudados para investigação de ecossistemas. Segundo Ponzoni; Shimabukuro (2007), isso se deve ao fato desses índices serem relacionados a diversos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal.

Assim, para o melhor entendimento do ecossistema, serão analisados cinco índices de vegetação: NDVI, SAVI, RS e RVI. A escolha desses índices se deu primeiro pela limitação de bandas disponíveis no sensor SPOT – que não possui banda que mede a chamada “faixa do azul”, pela utilização desses índices nos estudos de florestas diversas (como em Albuquerque, 2010) e mais especificadamente, nos estudos de manguezais (como em: BLASCO et al., 1998; GREEN, 1997; SATYANARAYAMA, 2001; GIRI et al., 2007; ISMAIL et al. 2010; dentre outros).

O quadro 12 apresenta as fórmulas e características principais de cada um dos índices utilizados.

Os índices foram gerados no ERDAS IMAGINE ® e exportados para que as análises fossem feitas no ArcMap ®. Para a determinação do valor do índice de cada parcela de estrutura foi calculada a média dos valores presentes em dois pixels que compreendem as estações de monitoramento especificadas a seguir.

3.2.2 Levantamento dos dados de estrutura vegetal

Como dito no capítulo anterior, os manguezais de Guaratiba são estudados há muito tempo pelo Núcleo de Estudos em Manguezais da UERJ (NEMA/UERJ), sendo sua principal área de estudo, com mais de 20 anos de aquisição de dados.

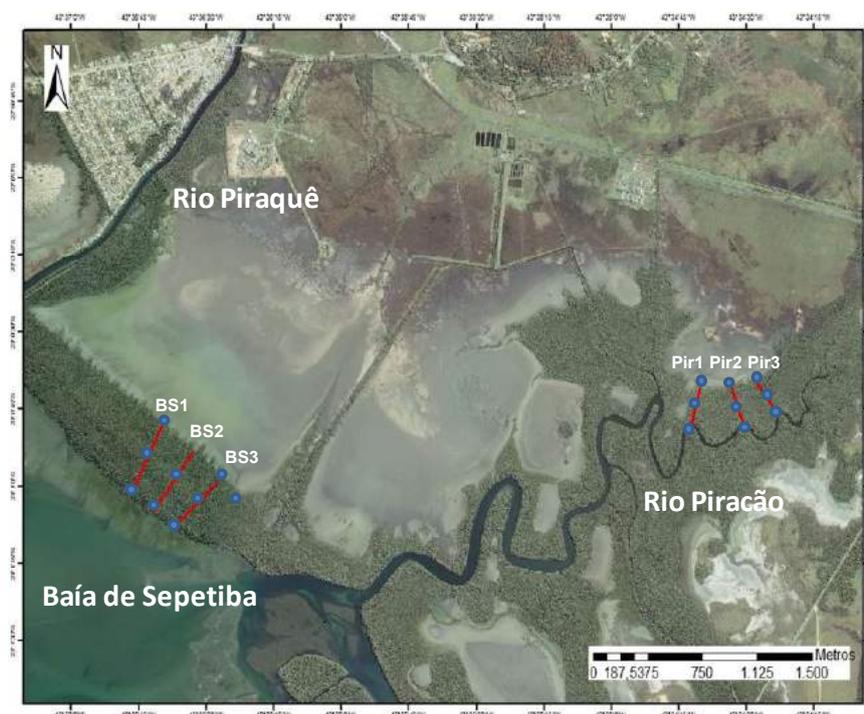
Em função dos vários estudos (PELLEGRINI, 2000; PORTUGAL, 2002; ESTRADA, 2009; SOARES et al., 2010; ESTRADA et al., 2013) do grupo, há um vasto levantamento estrutural da área de estudo. O grupo monitora 30 pontos que são denominadas parcelas permanentes de monitoramento (figura 42), por constituírem regiões onde são feitas revisitas anuais.

Quadro 12 - Índices de vegetação utilizados.

SIGLA	NOME	FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
NDVI	Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>)	$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalmente equivalente ao SR; • Bom para monitorar mudanças sazonais e interanuais da vegetação; • Pode ser influenciado pela radiância e trajetória atmosférica; • Altamente relacionado com o IAF; • Sensível a variações do substrato sob o dossel (Altos valores com substratos escuros). • Respondem a quantidade de Biomassa Verde.
SR	Razão Simples	$SR = \frac{\rho_{nir}}{\rho_{red}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Sensível à variação de Biomassa e IAF. • Equivalente ao NDVI.
SAVI	Índice de Vegetação ajustado ao Solo	$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red} + L)}$ <p>L = 0,5</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Considerado como NDVI modificado; • Outro índice com fator de ajuste para o solo;
RVI	Índice de Razão da Vegetação (<i>Ratio Vegetation Index</i>)	$SR = \frac{\rho_{red}}{\rho_{nir}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Equivalente ao NDVI.

Legenda: ρ_{nir} = Valor de reflectância na faixa do Infravermelho Próximo; ρ_{red} = Valor de reflectância na faixa do Vermelho e, L = Fator de ajuste para o substrato do dossel. Fórmulas retiradas do software ERDAS ®

Figura 42 - Parcelas Permanentes



Fonte: Arquivo NEMA.

Todas as parcelas permanentes de estrutura vegetal foram analisadas quanto à densidade, tipo fisiográfico, dominância e altura média, além de biomassa total, da copa e das folhas.

Para os cálculos de biomassa foram utilizados os modelos gerados por Soares (1997) e Soares; Schaeffer-Novelli (2005) para *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* e Estrada et al. (2013) para *Avicennia schaueriana* (Quadro 13). Os modelos escolhidos são aqueles que apresentaram, nos respectivos estudos, os menores erros de estimativa. As aplicações dos modelos seguiram os critérios apresentados no fluxograma na Figura 43.

Os parâmetros calculados foram comparados aos índices de vegetação, para que as relações entre os parâmetros biofísicos e espectrais fossem avaliadas.

3.2.3 Análises estatísticas

Os softwares utilizados para o tratamento dos dados foram o Microsoft Excel 2010 e o Statistica 7.0 StatSoft®.

A primeira etapa foi a organização os dados. Os índices obtidos a partir das respostas espectrais de cada amostra foram organizados de forma a representar cada estação de amostragem (Baía de Sepetiba e Rio Piracão), cada parcela e suas respectivas réplicas ("A", "B", "C", "D" e "E" na estação da Baía de Sepetiba e "F", "G", "H", "I" e "J" na estação do Rio Piracão) e cada amostragem (verão 2010, inverno 2010, verão 2011 e inverno 2011). Esta organização foi realizada para cada índice (NDVI, SAVI, RS e RVI) com o objetivo de possibilitar a comparação entre estações de amostragem, parcelas e estações do ano de cada ano e verificar os padrões obtidos.

A normalidade dos dados dos índices foi testada através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro Wilk, (ZAR, 1996) no software Statistica 7.0. Com valores de p muito baixos na maioria dos casos ($p < 0,1$ e $p < 0,0000$ para os testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro Wilk respectivamente) os dados então foram considerados não normais, decidindo-se utilizar a estatística não paramétrica para a avaliação dos índices.

3.2.3.1 Teste de Kruskal-Wallis

Através deste teste foi realizada a análise de variância das estações de amostragem (Baía de Sepetiba e Rio Piracão), das parcelas ("A", "B", "C", "D" e "E" na estação da Baía de Sepetiba e "F", "G", "H", "I" e "J" na estação do Rio Piracão) e das amostragens (verão 2010, inverno 2010, verão 2011 e inverno 2011). Na primeira todos os dados de cada estação foram agrupados, onde a hipótese H_0 foi a de que elas possuíam as mesmas características e a H_1 a de que haviam diferenças significativas entre elas (ZAR, 1996). Na sequência, os dados foram agrupados por parcelas dentro de cada estação de amostragem, por amostragem utilizando os dados de cada estação, e por

fim foram efetuadas todas estas comparações com todos os dados agrupando-se as duas estações como uma única área de estudo.

3.2.3.2 Regressão linear simples (Método dos Mínimos Quadrados)

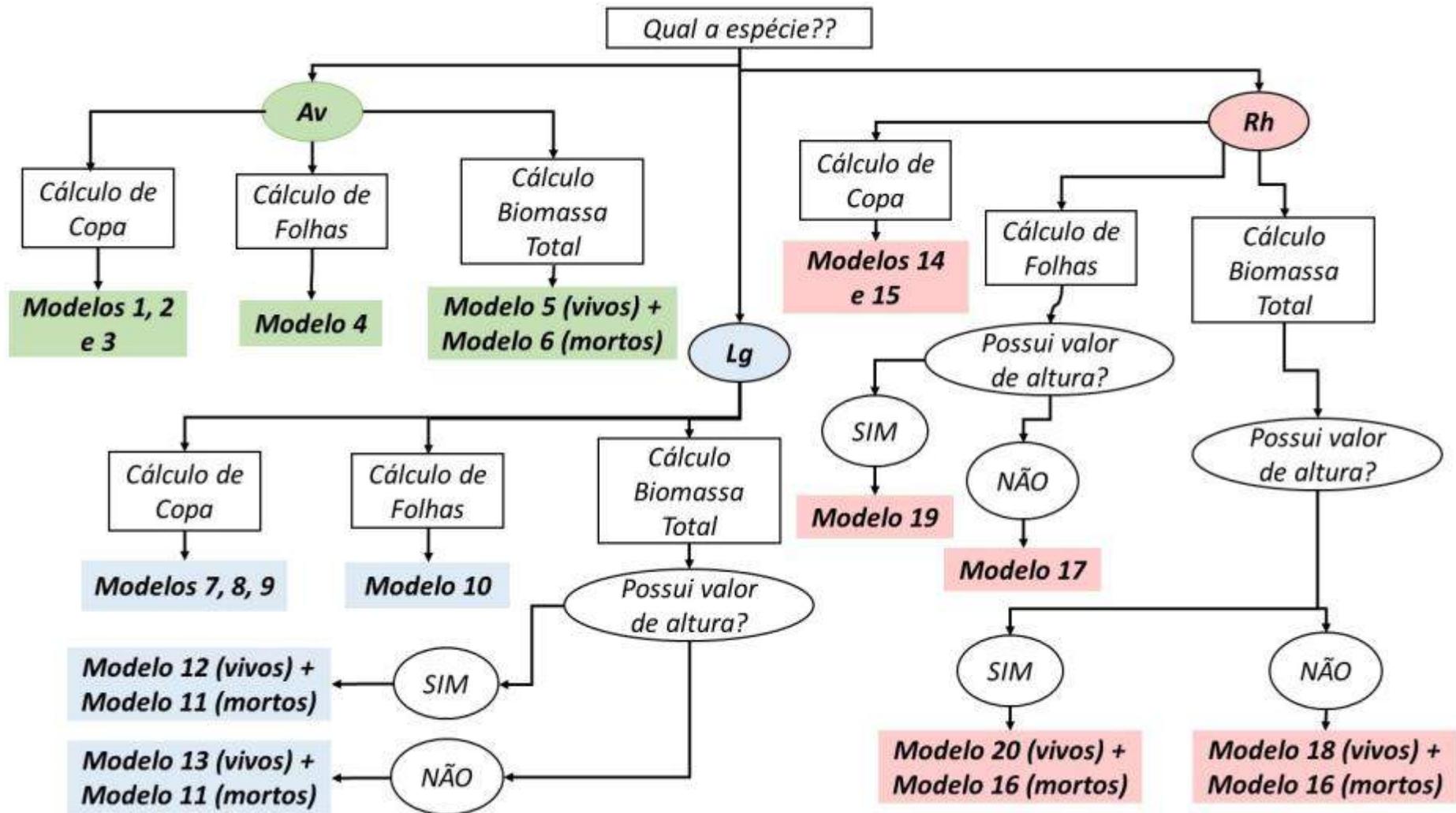
Para a comparação entre os índices e os dados de estrutura vegetal foi utilizada a regressão linear simples, através do teste dos mínimos quadrados (ZAR, 1996). Uma das vantagens deste teste é a geração de uma equação da reta ajustada, que pode ser utilizada para o cálculo da biomassa. Com isso os valores dos índices foram comparados com a Biomassa Total, Biomassa Viva, Biomassa de Copa 1, 2 e 3, Biomassa de Folhas, Altura Média, DAP Médio e Densidade. Para esta comparação, além foram utilizados os índices R^2 , que quanto mais alto indica maior relação entre o índice e o parâmetro estrutural e o valor de p, que deve ser menor que 0,05 para indicar uma relação significativa.

Quadro 13 - Fórmulas utilizadas para cálculos de biomassa das parcelas permanentes

		Ln(Biomassa)=a+b*ln(DAP)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
Av (Estrada,2013)	COPA 1	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos	ln(DAP)	3,7389	2,2264	0,9728	0,3592	42,32	1			
	COPA 2	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos + Galhos	ln(DAP)	3,5609	2,0565	0,9737	0,3935	45,4	2			
	COPA 3	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos + Galhos + Galhos Princip.	ln(DAP)	3,66	2,5118	0,982	0,3282	58,1	3			
	FOLHAS	Folhas	ln(DAP)	2,8359	2,1418	0,95	0,4738	42,91	4			
	BIOMASSA TOTAL VIVOS	TOTAL	ln(DAP)	4,8017	2,5282	0,994	0,187	23,75	5			
		Ln(Biomassa)=a+b*ln(DAP)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
Av (Estrada,2013)	BIOMASSA MORTOS	Biomassa do Tronco e Galhos Principais	ln(DAP)	4,4117	2,5578	0,992	0,227		6			
		Ln(Biomassa)=a+b*ln(DAP)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
Lg (Soares, 1997)	COPA 1	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos	ln(DAP)	4,06	1,86285	0,908	0,444		7			
	COPA 2	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos + Galhos	ln(DAP)	3,8178	2,5014	0,93	0,463		8			
	COPA 3	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos + Galhos + Galhos Princip.	ln(DAP)	3,81513	2,31935	0,916	0,526		9			
	FOLHAS	Folhas	ln(DAP)	2,26265	2,01186	0,888	0,535		10			
	BIOMASSA MORTOS	Biomassa de Troncos e Galhos Principais	ln(DAP)	4,9308	2,2951	0,989	0,181		11			
		Ln(Biomassa)=a+b*ln(AB²*ALT)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
Lg (Soares, 1997)	BIOMASSA TOTAL (1)	TOTAL	ln(AB²*ALT)	14,2536	0,4985	0,987	0,194		12			
	BIOMASSA TOTAL(2)	TOTAL	ln (DAP)	5,23943	2,27918	0,986	0,204		13			
		Ln(Biomassa)=a+b*ln(DAP)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
Rh (soares, 1997)	COPA 1	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos	ln(DAP)	4,27923	2,0726	0,956	0,312		14			
	COPA 2	Folhas+ P.Reprodutivas + Ramos + Galhos	ln(DAP)	3,86385	2,41893	0,975	0,273		15			
	BIOMASSA MORTOS	Biomassa do Troncos e Rizophoros lenhosos e não lenhosos	ln(DAP)	4,9851	2,5142	0,984	0,227		16			
	FOLHAS (2)	TOTAL	ln(DAP)	2,9399	2,0486	0,944	0,352		17			
	BIOMASSA TOTAL (2)	TOTAL	ln(DAP)	5,29845	2,481	0,989	0,182		18			
		Ln(Biomassa)=a+b*ln(AB²*ALT)				variável	a	b	R2	EPE	EPE %	No. Da Equação
	FOLHAS (1)	Folhas	ln(AB²*ALT)	10,8778	0,43451	0,946	0,347		19			
	BIOMASSA TOTAL (1)	TOTAL	ln(AB²*ALT)	14,9105	0,5261	0,991	0,171		20			

Legenda: Av=*Avicenia schaueriana*; Lg=*Laguncularia racemosa*; Rh=*Rhizophora mangle* e DAP=Diâmetro do peito.

Figura 43- Critérios utilizados para a adoção das fórmulas para cálculos de Biomassa.



3.3 Resultados

Os resultados referentes aos dados brutos dos quatro índices de vegetação analisados inicialmente, encontram-se nas tabelas de II a V. Através deles, foram calculadas as medianas de cada localidade, para cada estação, considerando todo o período e também cada imagem isoladamente (Tabelas II a V).

A apresentação dos resultados será realizada em dois enfoques. O primeiro seguirá a apresentação dos índices adotados, considerando somente a distribuição temporal e espacial. Após essa análise, será apresentada a relação de alguns índices com os parâmetros fitossociológicos medidos em campo, ou derivados desses.

A apresentação dos índices será composta por uma análise geral, considerando todas as parcelas, e por uma análise por área (Baía de Sepetiba e Rio Piracão), dividida em duas partes: análise temporal e análise espacial.

Além disso, para melhorar a compreensão do texto, é importante destacar que a partir desse momento as regiões da Baía de Sepetiba e Rio Piracão serão apontadas como áreas, ou regiões. E cada uma das suas subdivisões, será denominada por estações ou parcelas.

3.3.1 Parte 1 - Índices de Vegetação

A análise dos índices considerando a localização das amostras estão apresentados nas tabelas II a V e gráficos do Apêndice A, figuras A1 a A12. Os resultados mostraram que certos índices possuem comportamentos semelhantes ao longo das transversais e considerando as duas regiões. Essa relação se explica pela redundância matemática entre alguns índices. Assim, mesmo que haja na literatura uma diversidade de adoção de índices de vegetação para os estudos florestais, alguns deles são semelhantes e sua análise concomitantemente se mostra redundante.

Frente a isto, optou-se por apresentar uma descrição dos índices e destacar por índice, somente alguns aspectos relevantes

Dos índices analisados no presente estudo, o NDVI (tabela V), RVI (tabela III) e Razão Simples (tabela IV) apresentaram comportamentos espectrais semelhantes. A

semelhança ocorre porque os três índices trabalham com a razão entre duas bandas, sem a adição de qualquer fator de ajuste.

Ao considerar as duas regiões, os valores de medianas variaram para o NDVI entre 0,553 e 0,846; de 0,827 à 1,277 para o SAVI; de 0,083 a 0,288 para o RVI e; de 3,483 a 12,024 para os cálculos de Razão Simples. As duas regiões não possuem diferenças estatisticamente significativas, para os 4 (quatro) índices analisados. Isso porque, a mesma magnitude de valores está presente nas duas regiões.

Uma característica importante é que em cada uma das áreas (baía de Sepetiba e Piracão) os índices de vegetação (na direção franja-apicum) se comportaram de forma oposta (decrecente em uma área e crescente na outra).

Considerando o aspecto temporal (por ano e por estação), verificou-se que, de maneira geral, os valores de NDVI, RS e SAVI foram superiores no primeiro ano de monitoramento (2010) e, que considerando as estações do ano, esses três índices tiveram maiores valores no inverno que no verão. O RVI foi o único com valores diferentes, sendo os maiores de seus valores nos verões e no segundo ano de monitoramento.

Ainda considerando toda a região, percebeu-se que as parcelas mais próximas à fonte de água e às planícies hipersalinas foram aquelas com comportamentos estatisticamente diferentes em algum momento (para todos os índices). As parcelas B, D, G e I se apresentaram com comportamentos semelhantes às suas vizinhas (ou a uma das duas), por isso não são muito distintas. Tal comportamento espectral pode ser explicado pelo caráter transicional dessas parcelas, por isso elas foram excluídas da segunda parte da análise dos resultados (item 3.3.2), que compara os índices com os parâmetros estruturais.

O NDVI, o RVI e o RS tiveram resultados estatísticos idênticos, o que aponta que as variações dos índices são as mesmas para esses índices. Uma especificidade do RS são os valores de desvio padrão. De maneira geral, algumas parcelas apresentaram maiores desvios padrões no cálculo de RS, isso em função do maior range entre os valores que no NDVI.

Como o índice de vegetação normalizado (NDVI) é o mais amplamente utilizado e encontrado em quase todos os estudos que usam índices de vegetação, este será o usado nas análises entre os índices e os parâmetros estruturais, em detrimento aos outros dois índices (RS e RVI). Sendo assim, para as análises seguintes os valores de RVI e

Razão Simples foram desconsiderados e, os índices adotados para a comparação com valores coletados *in situ* e calculados em laboratório foram: NDVI, SAVI.

Além da retirada dos índices RVI e Razão Simples, a análise dos índices de vegetação ao longo das transversais (por região) auxiliou também na escolha dos dados utilizados na etapa seguinte.

Além do comportamento inverso entre as regiões, outra constatação importante é que as parcelas de franja (A e F), próximas aos apicuns (E e J) e no meio das transversais (C e H) apresentaram índices de vegetação mas distintos entre a transversal a ponto de apresentarem, eventualmente, diferenças significativas entre eles. Já as demais parcelas se comportaram como parcelas “transicionais”, ou seja, seus valores de índices se assemelham a uma das parcelas vizinhas e tais semelhanças não seguiram um padrão específico. Essas parcelas são as B e D nas transversais da baía de Sepetiba e, as parcelas G e I nas transversais do rio Piracão.

Essas semelhanças com as vizinhas e sem padrões específicos podem se relacionar, principalmente, à resolução espacial das imagens utilizadas aqui. Essas parcelas apresentam *in situ* características transicionais quando comparadas às parcelas adjacentes, e a percepção destas semelhanças pode ser potencializada pela aquisição das imagens devido a sua resolução espacial. A influência da resolução espacial pode ser mais marcante no Piracão do que às margens da baía de Sepetiba, uma vez que a floresta monitorada ali apresenta extensão menor que a da baía de Sepetiba.

Com base nessa constatação, realizou-se a comparação entre dados fitossociológico *in situ* (e calculados em laboratório) e os índices de vegetação somente nas estações com comportamento mais distinto. Objetivando-se ressaltar as diferenças ao longo dos transectos e melhorar o potencial de correlação dos índices com parâmetros estruturais da vegetação, optou-se por excluir as parcelas intermediárias (B, D, G e I), restando, desta forma, 3 parcelas por transecto.

Sendo assim, no âmbito da próxima etapa realizada:

1 – Não foram utilizados os índices cujos comportamentos se mostraram muito semelhantes ao NDVI (RVI e a Razão Simples);

2 – Dentre os três índices mencionados no item anterior, optou-se pelo NDVI por ser esse o índice mais adotado na literatura;

3 – Não foram utilizadas as parcelas B, D, G e I por apresentarem valores transicionais em relação as suas vizinhas, tanto em relação aos índices como em características estruturais das florestas.

Tabela II - Valores de SAVI para todas as estações, em todos os períodos.

Amostragem	ver 10						Mediana	inv10						Mediana	ver11						Mediana	inv11						Mediana		
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6			
Réplicas																														
Parcelas																														
Baía de Sepetiba																														
A	1,010	0,602	1,118	1,051	1,081	1,059	1,055	0,985	0,938	1,210	1,071	1,153	1,071	1,071	0,885	0,617	0,846	0,872	0,822	0,869	0,857	0,966	0,884	0,628	0,729	0,944	0,821	0,852		
B	1,223	1,323	1,204	1,066	1,203	1,130	1,204	1,066	1,154	1,075	1,119	1,244	1,188	1,136	0,819	0,993	0,886	0,689	0,856	0,954	0,871	1,189	1,226	1,030	0,757	0,944	1,009	1,020		
C	1,195	1,182	1,040	1,147	1,261	1,255	1,189	1,283	1,305	1,220	1,275	1,260	1,278	1,277	1,164	1,174	1,002	1,111	1,059	1,028	1,085	1,093	1,216	0,720	0,875	1,104	1,275	1,098		
D	1,180	1,211	1,215	1,211	1,003	1,086	1,195	1,221	1,218	1,240	1,245	0,912	0,901	1,220	0,981	0,981	0,990	1,040	0,761	0,552	0,981	1,134	1,207	1,176	1,164	0,596	0,862	1,149		
E	1,178	1,116	1,274	1,231	1,225	1,050	1,201	1,211	1,254	1,295	1,290	1,182	1,241	1,248	1,122	0,425	1,195	1,155	1,084	0,729	1,103	1,208	1,237	1,264	1,253	1,155	1,201	1,222		
Piracão																														
F	1,247	1,162	1,221	1,257	1,043	1,151	1,192	1,263	1,219	1,261	1,259	1,284	1,230	1,260	1,048	0,975	1,057	1,084	1,088	0,981	1,052	1,191	1,173	1,255	1,206	1,061	1,086	1,182		
G	1,189	1,184	1,233	1,174	1,244	1,217	1,203	1,205	1,233	1,187	1,196	1,283	1,281	1,219	1,080	1,112	1,088	0,993	1,136	1,136	1,100	1,160	1,173	1,151	1,164	1,200	1,141	1,162		
H	1,116	1,145	1,165	1,159	1,209	1,214	1,162	1,187	1,201	1,216	1,248	1,231	1,226	1,221	1,069	1,078	1,065	1,065	1,084	1,110	1,074	1,151	1,148	1,156	1,128	1,152	1,173	1,152		
I	1,095	1,170	1,153	1,158	1,167	1,167	1,162	1,061	1,123	1,182	1,122	1,223	1,223	1,153	0,773	0,788	0,983	0,935	1,042	0,992	0,959	1,109	1,180	1,097	1,054	1,132	1,138	1,121		
J	1,037	1,018	0,994	1,030	0,987	1,063	1,024	1,066	0,926	1,042	1,021	0,909	1,073	1,031	0,837	0,851	0,851	0,837	0,576	0,753	0,837	0,852	0,801	1,037	1,041	0,773	0,725	0,827		

Tabela III - Valores de RVI para todas as estações, em todos os períodos.

RVI Amostragem	ver 10						Mediana	inv10						Mediana	ver11						Mediana	inv11						Mediana		
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6			
Réplicas																														
Parcelas																														
Baía de Sepetiba																														
A	0,194	0,426	0,145	0,175	0,161	0,171	0,173	0,233	0,228	0,149	0,172	0,130	0,127	0,160	0,257	0,416	0,278	0,264	0,291	0,265	0,271	0,215	0,257	0,408	0,344	0,226	0,291	0,274		
B	0,101	0,062	0,108	0,168	0,109	0,140	0,108	0,085	0,068	0,182	0,128	0,092	0,115	0,104	0,293	0,202	0,256	0,369	0,272	0,222	0,264	0,114	0,100	0,185	0,327	0,226	0,194	0,189		
C	0,112	0,117	0,180	0,132	0,085	0,088	0,115	0,093	0,072	0,129	0,102	0,086	0,079	0,090	0,125	0,121	0,198	0,148	0,171	0,186	0,159	0,156	0,103	0,349	0,262	0,150	0,080	0,153		
D	0,118	0,106	0,104	0,106	0,197	0,159	0,112	0,101	0,112	0,093	0,095	0,269	0,259	0,107	0,208	0,208	0,203	0,180	0,326	0,461	0,208	0,138	0,107	0,120	0,125	0,430	0,269	0,131		
E	0,119	0,146	0,081	0,097	0,100	0,175	0,110	0,106	0,089	0,070	0,073	0,078	0,121	0,083	0,143	0,558	0,112	0,129	0,160	0,345	0,152	0,107	0,095	0,084	0,089	0,129	0,109	0,101		
Piracão																														
F	0,091	0,126	0,101	0,087	0,178	0,130	0,114	0,089	0,101	0,093	0,093	0,078	0,096	0,093	0,176	0,211	0,172	0,160	0,158	0,208	0,174	0,114	0,121	0,088	0,108	0,170	0,159	0,117		
G	0,115	0,117	0,097	0,121	0,092	0,103	0,109	0,106	0,107	0,095	0,116	0,074	0,071	0,101	0,162	0,147	0,158	0,202	0,137	0,137	0,153	0,127	0,121	0,130	0,125	0,110	0,135	0,126		
H	0,145	0,133	0,124	0,127	0,106	0,104	0,126	0,108	0,132	0,098	0,100	0,102	0,091	0,101	0,167	0,162	0,168	0,168	0,160	0,148	0,165	0,130	0,132	0,128	0,140	0,130	0,121	0,130		
I	0,155	0,122	0,130	0,128	0,124	0,124	0,126	0,131	0,116	0,120	0,107	0,103	0,101	0,112	0,318	0,310	0,207	0,231	0,179	0,202	0,219	0,149	0,118	0,154	0,173	0,139	0,136	0,144		
J	0,181	0,190	0,201	0,184	0,205	0,169	0,187	0,168	0,235	0,179	0,189	0,243	0,243	0,212	0,282	0,274	0,274	0,282	0,443	0,330	0,282	0,274	0,302	0,181	0,179	0,318	0,346	0,288		

Tabela IV - Valores de Razão Simples para todas as estações, em todos os períodos.

RS	Amostragem	ver 10						Mediana	inv10						Mediana	ver11						Mediana	inv11						Mediana		
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6			
	Réplicas																														
	Parcelas																														
	Baía de Sepetiba																														
	A	5,160	2,346	6,913	5,727	6,208	5,864	5,795	4,300	4,393	6,704	5,828	7,720	7,870	6,266	3,895	2,405	3,600	3,795	3,442	3,775	3,688	4,654	3,897	2,450	2,906	4,419	3,432	3,664		
	B	9,944	16,250	9,250	5,958	9,211	7,160	9,230	11,750	14,611	5,500	7,815	10,850	8,680	9,765	3,419	4,943	3,902	2,708	3,675	4,514	3,789	8,739	10,050	5,419	3,054	4,429	5,154	5,287		
	C	8,947	8,524	5,560	7,571	11,706	11,389	8,736	10,696	13,850	7,778	9,792	11,619	12,684	11,157	8,000	8,259	5,061	6,767	5,844	5,382	6,305	6,429	9,667	2,862	3,821	6,650	12,500	6,539		
	D	8,455	9,474	9,632	9,476	5,074	6,296	8,964	9,864	8,913	10,696	10,500	3,719	3,867	9,388	4,813	4,813	4,914	5,559	3,071	2,170	4,813	7,273	9,318	8,348	8,000	2,326	3,718	7,636		
	E	8,370	6,867	12,421	10,261	10,000	5,710	9,185	9,441	11,276	14,348	13,750	12,773	8,286	12,024	6,971	1,793	8,897	7,750	6,250	2,898	6,610	9,357	10,480	11,857	11,261	7,750	9,150	9,919		
	Piracão																														
	F	11,000	7,955	9,857	11,500	5,619	7,667	8,906	11,286	9,944	10,696	10,696	12,882	10,423	10,696	5,667	4,737	5,806	6,242	6,323	4,806	5,736	8,800	8,261	11,389	9,286	5,885	6,304	8,530		
	G	8,720	8,560	10,350	8,280	10,850	9,700	9,210	9,452	9,370	10,482	8,656	13,522	14,000	9,967	6,176	6,781	6,323	4,943	7,290	7,290	6,552	7,885	8,250	7,667	8,000	9,083	7,407	7,942		
	H	6,880	7,520	8,043	7,870	9,409	9,591	7,957	9,250	7,556	10,167	10,044	9,786	10,963	9,915	6,000	6,156	5,939	5,939	6,242	6,742	6,078	7,682	7,600	7,792	7,125	7,696	8,261	7,689		
	I	6,462	8,174	7,708	7,833	8,091	8,091	7,962	7,615	8,593	8,333	9,375	9,667	9,917	8,984	3,143	3,229	4,839	4,333	5,581	4,939	4,586	6,724	8,440	6,500	5,769	7,217	7,348	6,971		
	J	5,519	5,259	4,967	5,429	4,889	5,913	5,344	5,963	4,259	5,600	5,296	4,107	4,107	4,778	3,548	3,645	3,645	3,548	2,257	3,029	3,548	3,655	3,310	5,522	5,577	3,148	2,889	3,483		

Tabela V - Valores de NDVI para todas as estações, em todos os períodos.

NDVI	Amostragem	ver 10						Mediana	inv10						Mediana	ver11						Mediana	inv11						Mediana		
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6			
	Réplicas																														
	Parcelas																														
	Baía de Sepetiba																														
	A	0,675	0,402	0,747	0,703	0,723	0,709	0,706	0,623	0,629	0,740	0,707	0,771	0,775	0,724	0,591	0,413	0,565	0,583	0,550	0,581	0,573	0,646	0,592	0,420	0,488	0,631	0,549	0,570		
	B	0,817	0,884	0,805	0,713	0,804	0,755	0,805	0,843	0,872	0,692	0,773	0,831	0,793	0,812	0,547	0,663	0,592	0,461	0,572	0,637	0,582	0,795	0,819	0,688	0,507	0,632	0,675	0,682		
	C	0,799	0,790	0,695	0,767	0,843	0,839	0,794	0,829	0,865	0,772	0,815	0,842	0,854	0,835	0,778	0,784	0,670	0,742	0,708	0,687	0,725	0,731	0,813	0,482	0,585	0,739	0,852	0,735		
	D	0,788	0,809	0,812	0,809	0,671	0,726	0,799	0,816	0,798	0,829	0,826	0,576	0,589	0,807	0,656	0,656	0,662	0,695	0,509	0,369	0,656	0,758	0,806	0,786	0,778	0,399	0,576	0,768		
	E	0,787	0,746	0,851	0,822	0,818	0,702	0,802	0,808	0,837	0,870	0,864	0,855	0,785	0,846	0,749	0,284	0,798	0,771	0,724	0,487	0,737	0,807	0,826	0,844	0,837	0,771	0,803	0,816		
	Piracão																														
	F	0,833	0,777	0,816	0,840	0,698	0,769	0,796	0,837	0,817	0,829	0,829	0,856	0,825	0,829	0,700	0,651	0,706	0,724	0,727	0,656	0,703	0,796	0,784	0,839	0,806	0,709	0,726	0,790		
	G	0,794	0,791	0,824	0,784	0,831	0,813	0,804	0,809	0,807	0,826	0,793	0,862	0,867	0,817	0,721	0,743	0,727	0,663	0,759	0,759	0,735	0,775	0,784	0,769	0,778	0,802	0,762	0,776		
	H	0,746	0,765	0,779	0,775	0,808	0,811	0,777	0,805	0,766	0,821	0,819	0,815	0,833	0,817	0,714	0,721	0,712	0,712	0,724	0,742	0,717	0,770	0,767	0,773	0,754	0,770	0,784	0,770		
	I	0,732	0,782	0,770	0,774	0,780	0,780	0,777	0,768	0,792	0,786	0,807	0,813	0,817	0,799	0,517	0,527	0,657	0,625	0,696	0,663	0,641	0,741	0,788	0,733	0,705	0,757	0,760	0,749		
	J	0,693	0,680	0,665	0,689	0,660	0,711	0,685	0,713	0,620	0,697	0,682	0,608	0,608	0,651	0,560	0,569	0,569	0,560	0,386	0,504	0,560	0,570	0,536	0,693	0,696	0,518	0,486	0,553		

3.3.2 Parte 2 – Índices de Vegetação X Parâmetros Estruturais

Os parâmetros estruturais medidos e calculados, assim como consta nos materiais e métodos foram: Altura Média, DAP médio, Densidade, Área Basal e Biomassas (Total, Viva, além de 3 modelos de cálculo para Copa Viva e Folhas).

Outro ponto que merece consideração é a relação feita entre parâmetros de campo e imagens de satélite. O monitoramento da estrutura vegetal realizado pelo NEMA-UERJ é realizado anualmente, enquanto as imagens de satélite foram registradas semestralmente. Assim, para análise das relações entre índices de vegetação e parâmetros estruturais selecionou-se a coleta de campo cuja data mais se aproximasse da data da imagem. Desta forma, os valores de verão e inverno de 2010 foram comparados aos dados das coletas de 2009 e 2010, respectivamente e, verão e inverno de 2011 às coletas de 2010 e 2011, como descrito na Quadro 14.

Quadro 14 - Períodos das imagens e os períodos de coleta de campo correspondente.

Imagem de Satélite	Data da Coleta
Verão de 2010	De agosto a dezembro de 2009
Inverno de 2010	Setembro de 2010
Verão de 2011	Setembro de 2010
Inverno de 2011	Novembro e Dezembro de 2011

Com base nessa associação, os valores referentes às coletas de 2010 foram associados a duas imagens diferentes (inverno de 2010 e verão de 2011). Por esse motivo não podem ser consideradas concomitantemente em uma mesma análise. Sendo assim, as análises de correlação foram feitas por estação do ano, para todo o complexo de Guaratiba e separadamente por região.

3.3.2.1 Complexo de Guaratiba

Cabe resgatar aqui, algumas características referentes aos parâmetros estruturais, que são importantes para a análise dos índices espectrais, presentes no Quadro 12. O mais importante é que, de maneira geral, as florestas com maior altura média se encontram próximas ao corpo hídrico (florestas de franja) e há decréscimo nessa média em direção ao Apicum (passando pela floresta de bacia e transição).

As análises para as duas regiões (os dois verões e os dois invernos), (apresentadas no Apêndice B) não ressaltou relação significativa nos verões, com significância ($p < 0,05$) nos invernos para:

- SAVI com Biomassa (Total, Copa1, Copa 2), como se pode ver no apêndice B, figura B12;
- NDVI com Biomassa Total e Viva (Apêndice B, Figura B11).

Entretanto, quando cada estação do ano foi analisada em conjunto, nenhum coeficiente de determinação foi superior a 0,23.

Quando cada período foi analisado separadamente, verificou-se significância no inverno de 2010 com SAVI em relação à Biomassa Total, Biomassa Viva, Copa 2 e Folhas (Apêndice B, Figura B3) e, no verão de 2011 para Copa3 (Apêndice B, Figura B5). E, em relação ao NDVI no inverno de 2010 em relação a Biomassa Total e Folhas (Apêndice B, Figura B4) e Biomassa de Folhas para o verão 2011 (Apêndice B, Figura B6). Os melhores coeficientes de determinação foram encontrados nas análises com os dados de inverno de 2010, nas relações de NDVI com Biomassa Total ($R^2 = 0,41$) e Biomassa de folhas ($R^2=0,45$) (Apêndice B, Figura B4).

De maneira geral, verificou-se mais relações significativas quando cada área foi analisada separadamente.

3.3.2.2 Baía de Sepetiba

Para os dois verões juntos o SAVI mostrou relação significativa com Biomassa Total, Biomassa Viva, Copa 1 e Copa 3 (Apêndice B, Figura B14) e, o NDVI, com os mesmos parâmetros (Apêndice B, Figura B15). Nos dois índices percebeu-se que há uma inversão na

relação, quanto maior o parâmetro, menor o valor do índice calculado. Quando cada verão foi analisado em separado, observou-se comportamentos distintos com melhora no coeficiente de relação.

No verão de 2010 (Apêndice B, Figuras B18 e B19), as regressões a partir da análise do NDVI e SAVI apresentaram comportamento semelhante. Para os dois índices, Biomassa da Copa 2, Altura Média, DAP Médio e Densidade tiveram regressão com $p > 0,05$, sendo os únicos não significativos. Dentre as análises que apresentaram $p < 0,05$, os melhores ajustes foram, em ordem decrescente para Biomassa da Copa 3 ($R^2=0,62$), Biomassa de Folhas ($R^2=0,59$), Biomassa da Copa 1 ($R^2=0,55$) e Biomassa Viva ($R^2=0,50$), para os dois índices. Isso demonstra que o NDVI, índice mais utilizado nas pesquisas, seria uma boa ferramenta para estimativas envolvendo Biomassa Total da Copa (modelo de Biomassa da Copa 3).

No verão de 2011 (Apêndices B, Figuras B22 e B23), houve menos regressões significativas entre índices de vegetação e parâmetros estruturais. Para os três índices não houve significância para as relações envolvendo Biomassa Total, Biomassa da Copa 2 e Biomassa de Folhas, para NDVI e SAVI. A Densidade também não apresentou correlação significativa com os índices. Para NDVI e SAVI, a maior significância foi em relação à Biomassa da Copa 3 ($p=0,009$), análise que apresentou melhor R^2 , de 0,65.

Verifica-se até aqui que, considerando os verões, a maior relação encontrada foi entre os índices e os cálculos de Biomassa da Copa 3.

Sobre as relações entre os comportamentos dos índices e os valores dos parâmetros estruturais considerando os dois invernos (Apêndice B, Figuras B16 e B17), somente as relações entre NDVI e Densidade e DAP foram significativas, sendo inversamente proporcional para DAP e diretamente proporcional para densidade, mesmo que com R^2 baixo.

No inverno de 2010, o único índice que apresentou relação significativa foi NDVI para Biomassa de Copa 1 e Copa 3, sendo a última com maior R^2 , de 0,54 (Apêndice B, Figura B21).

No inverno de 2011 (Apêndices B, Figuras B24 e B25), os resultados das regressões foram semelhantes para os dois índices analisados. Houve significância na relação entre os índices e: Densidade, DAP Médio e Altura Média. Dentre essas regressões, as que apresentaram maiores valores de R^2 foram Altura Média X SAVI ($R^2=0,61$) e Altura Média X NDVI ($R^2=0,61$).

3.3.2.3 Rio Piracão

Nos resultados envolvendo as parcelas localizadas às margens do rio Piracão, houve algumas diferenças em relação ao padrão descrito para a Baía de Sepetiba.

Analisando os dois verões simultaneamente (Apêndice B, Figuras B26 e B27), constatou-se que algumas relações dos índices com os valores dos parâmetros estruturais foram inversas às apresentadas para as florestas às margens da baía de Sepetiba.

Diferente do apresentado para a baía de Sepetiba, os índices foram diretamente proporcionais à quantidade de biomassa de uma parcela (seja Total, Viva, de Folhas ou da Copa).

Em relação à altura média, mais uma vez o comportamento se mostrou contrário ao verificado para a baía de Sepetiba. Logo, para SAVI e NDVI, quanto maior a altura medida, maior foi o índice calculado na parcela.

Essa foi a mesma relação observada para o DAP médio, e o contrário foi observado para densidade, onde mais uma vez houve comportamento inversamente proporcional para SAVI e NDVI.

Outro fato que merece atenção é que, nas análises realizadas para as florestas às margens da baía de Sepetiba, verificou-se que as relações entre altura e índice eram mais robustas que entre densidade e índice. Pois bem, não se chegou a tal constatação para as análises das parcelas próximas ao rio Piracão, onde para as relações com a densidade os ajustes foram levemente mais robustos que em relação à altura média.

É importante destacar também que considerando os dois verões concomitantemente, as regressões envolvendo SAVI e NDVI apresentaram significância. Entretanto, mesmo sendo as relações significativas, todas apresentaram um coeficiente de determinação baixo, sendo 0,31 o maior valor observado (Biomassa de Folhas X NDVI ou SAVI).

No verão de 2010 (Apêndice B, Figuras B30 e B31), nenhuma regressão se mostrou significativa. Já no verão de 2011 (Apêndice B, Figuras B34 e B35), as relações de SAVI e NDVI com alguns cálculos de Biomassas (da Copa 1, da Copa 2, de Folhas) e com a Densidade se mostram significativas. Dessas, os maiores coeficiente de determinação foi com a densidade (0,49) e copa 2 (0,49), para ambos os índices.

Ao analisar os dois invernos conjuntamente (Apêndice B, Figuras B28 e B29), percebeu-se que para todos os índices a relação deles com os cálculos de biomassa são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior a biomassa da floresta, maior o índice de

vegetação calculado. Além dos cálculos relacionados à biomassa, se observou essa mesma relação (direta) com os valores de DAP médio e altura. Para as medições de densidade os dois parâmetros analisados se mostraram inversamente proporcionais.

Ainda considerando os dois invernos, observou-se que o NDVI e o SAVI apresentaram relações significativas com todos os parâmetros estruturais analisados aqui, entretanto, nenhum coeficiente de determinação ultrapassou 0,5. (mantém essa discussão, só com os 2 índices).

No inverno de 2010 (Apêndices B, Figuras B32 e B33), todas as relações com parâmetros estruturais e os índices NDVI e SAVI foram significativos novamente, tendo encontrado coeficiente de determinação de 0,67 em relação à densidade e, 0,64 e 0,56 para Biomassa da Copa 2 e Biomassa Total, respectivamente. Desses, como dito anteriormente, os cálculos de biomassa se apresentaram diretamente proporcionais aos dois índices, enquanto a densidade foi inversamente proporcional.

O inverno de 2011 (Apêndices B, Figuras B36 e B37), diferente das análises envolvendo essa estação do ano em 2010, não apresentou nenhuma regressão significativa envolvendo NDVI ou SAVI.

Tabela VI - Parâmetros estruturais e índices de vegetação por estação

Período e Parâmetros	Baía de Sepetiba									rio Piracão									
	T1			T2			T3			T1			T2			T3			
	A1	C1	E1	A2	C2	E2	A3	C3	E3	A1	C1	E1	A2	C2	E2	A3	C3	E3	
Verão 2010	Biomassa Total	231,34	218,00	98,56	220,08	271,18	107,24	251,11	203,59	75,02	255,35	94,39	67,45	205,52	75,89	65,19	267,38	134,19	37,99
	Biomassa Viva	222,14	188,26	97,16	197,36	215,04	103,76	244,68	182,69	73,87	253,85	88,73	62,77	200,42	62,08	62,59	253,10	126,65	36,28
	Biomassa da Copa (1)	32,07	27,11	19,60	27,84	30,38	3,56	35,05	24,10	2,27	35,54	17,81	19,70	36,04	14,04	17,39	44,67	26,54	11,91
	Biomassa da Copa (2)	15,70	18,43	19,44	13,95	24,43	3,82	16,63	25,17	2,10	24,93	12,50	7,89	26,96	11,42	7,86	33,88	19,25	5,02
	Biomassa da Copa (3)	67,37	45,09	19,54	59,53	62,05	3,83	73,82	44,77	2,15	59,52	25,57	18,95	54,53	17,38	19,84	67,79	37,87	11,46
	Biomassa de Folhas	9,71	7,53	5,30	8,63	8,75	5,38	11,05	7,17	4,05	10,06	5,43	3,91	8,73	3,60	3,99	10,45	7,09	2,41
	Altura Média	8,2 (5,6)	8,35	3,00	15,30	12,50	5,10	11,30	10,50	2,40	10,40	4,60	4,00	9,00	4,50	3,40	9,60	5,00	2,80
	DAP Médio	14,30	12,86	3,00	16,50	18,55	3,80	14,50	14,80	2,70	12,30	4,90	3,90	10,70	4,80	4,00	11,90	6,30	3,00
	Densidade	2250,00	1743,00	28571,40	1602,90	933,00	22063,50	2311,10	1600,00	28714,30	2583,30	12125,00	16166,70	3555,60	9625,00	14125,00	3155,60	9444,40	15535,70
	% Rh	4,70	33,68	91,70	4,60	8,19	93,30	3,50	41,60	93,00	47,60	23,20	1,30	40,70	34,30	0,00	42,90	27,00	0,90
	% Lg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	14,00	3,50	4,50	12,40	1,30	6,40	17,30	
	% Av	87,10	50,80	5,30	79,40	15,71	0,50	91,10	46,40	4,10	51,20	59,80	71,30	51,70	38,40	78,40	47,50	56,30	71,90
	SAVI	1,01	1,20	1,18	1,12	1,04	1,27	1,08	1,26	1,22	1,25	1,12	1,04	1,22	1,17	0,99	1,04	1,21	0,99
NDVI	0,68	0,80	0,79	0,75	0,70	0,85	0,72	0,84	0,82	0,83	0,75	0,69	0,82	0,78	0,66	0,70	0,81	0,66	
Inverno 2010	Biomassa Total	228,28	219,59	205,67	221,70	224,25	234,25	230,51	197,27	171,99	259,10	94,71	62,87	209,67	75,86	66,52	270,52	137,10	38,13
	Biomassa Viva	215,56	189,04	99,46	198,97	168,11	110,37	224,08	176,37	79,67	257,60	88,53	44,75	205,38	63,52	63,87	254,66	129,75	34,45
	Biomassa da Copa (1)	30,95	26,70	19,88	28,01	23,56	4,06	32,07	22,90	2,64	36,22	17,71	8,32	36,67	14,37	13,07	44,18	26,97	7,47
	Biomassa da Copa (2)	15,23	17,98	19,63	14,08	21,63	4,42	15,27	24,64	2,47	25,51	12,31	6,21	27,43	11,74	8,02	33,34	19,64	4,90
	Biomassa da Copa (3)	65,03	44,92	19,85	59,91	46,99	4,43	67,27	42,41	2,56	60,45	25,44	13,19	55,58	17,76	20,25	67,41	38,36	10,94
	Biomassa de Folhas	9,35	7,50	10,44	8,68	6,69	11,30	10,15	6,82	9,26	10,18	5,38	2,76	8,88	3,63	3,97	10,48	7,23	2,22
	Altura Média	8,50	8,32	2,90	13,40	11,34	5,10	9,90	10,80	2,40	10,30	4,60	3,90	9,00	4,60	3,10	10,40	5,30	2,60
	DAP Médio	15,20	12,63	3,10	16,80	17,41	4,10	15,00	14,80	2,90	12,40	5,10	3,90	10,70	5,00	4,30	12,20	6,40	3,40
	Densidade	1783,30	1771,00	28730,20	1558,80	822,00	15396,80	2244,40	1511,10	28142,90	2583,30	11625,00	15333,30	3333,30	7875,00	12500,00	3066,70	9111,10	14285,70
	% Rh	5,30	32,30	87,20	4,80	19,73	90,50	3,60	42,10	89,20	48,10	23,90	1,80	40,90	36,10	0,00	42,80	27,60	1,70
	% Lg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	15,00	3,60	5,00	13,70	0,00	6,40	18,90	
	% Av	86,10	51,07	0,10	79,70	41,48	0,80	83,00	6,20	5,00	50,60	58,60	48,00	52,20	38,60	771,00	47,70	56,10	61,40
	SAVI	0,62	0,83	0,81	0,74	0,77	0,87	0,77	0,84	0,85	1,05	1,07	0,84	1,06	1,07	0,85	1,09	1,08	0,58
NDVI	0,62	0,83	0,81	0,74	0,77	0,87	0,77	0,84	0,85	0,70	0,71	0,56	0,71	0,71	0,57	0,73	0,72	0,39	
Verão 2011	Biomassa Total	228,279	219,589	205,66912	221,697	224,25	234,248	230,51	197,269	171,992	259,103	94,7118	62,87424	209,669	75,8612	66,51655	270,519	137,095	38,1305
	Biomassa Viva	215,559	189,044	99,458477	198,975	168,109	110,373	224,084	176,367	79,6671	257,601	88,5272	44,7489	205,377	63,5182	63,8658	254,656	129,753	34,4459
	Biomassa da Copa (1)	30,9465	26,703	19,882898	28,0101	23,5578	4,05861	32,0708	22,8986	2,64476	36,2203	17,7052	8,320861	36,6731	14,3675	13,07209	44,1814	26,9664	7,46999
	Biomassa da Copa (2)	15,2265	17,9774	19,629445	14,0848	21,6286	4,41736	15,2653	24,6381	2,46554	25,5085	12,3127	6,205398	27,4274	11,7395	8,018322	33,3398	19,6421	4,90442
	Biomassa da Copa (3)	65,0313	44,9159	19,84997	59,9065	46,9911	4,43124	67,266	42,4093	2,56432	60,4456	25,4366	13,19227	55,5796	17,759	20,24907	67,4127	38,3603	10,9443
	Biomassa de Folhas	9,34728	7,49647	10,439955	8,68078	6,68747	11,2981	10,1483	6,8194	9,25717	10,1828	5,37756	2,76198	8,88432	3,62851	3,972869	10,4808	7,22906	2,22156
	Altura Média	8,5	8,32	2,9	13,4	11,34	5,1	9,9	10,8	2,4	10,3	4,6	3,9	9	4,6	3,1	10,4	5,3	2,6
	DAP Médio	15,2 (5,8)	12,63	3,1	16,8	17,41	4,1	15	14,8	2,9	12,4	5,1	3,9	10,7	5	4,3	12,2	6,4	3,4
	Densidade	1783,3	1771	28730,2	1558,8	822	15396,8	2244,4	1511,1	28142,9	2583,3	11625	15333,3	3333,3	7875	12500	3066,7	9111,1	14285,7
	% Rh	5,3	32,3	87,2	4,8	19,73	90,5	3,6	42,1	89,2	48,1	23,9	1,8	40,9	36,1	0	42,8	27,6	1,7
	% Lg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,8	15	3,6	5	13,7	0	6,4	18,9	
	% Av	86,1	51,07	0,1	79,7	41,48	0,8	83	6,2	5	50,6	58,6	48	52,2	38,6	771	47,7	56,1	61,4
	SAVI	0,88472	1,16427	1,12155	0,84553	1,00249	1,19478	0,82245	1,05923	1,08413	1,04762	1,06888	0,837456	1,05703	1,06536	0,851211	1,08791	1,08351	0,57642
NDVI	0,5914	0,77778	0,749077	0,56522	0,67	0,79791	0,54974	0,70776	0,72414	0,7	0,71429	0,560284	0,70612	0,71179	0,569444	0,72687	0,72385	0,38597	
Inverno 2011	Biomassa Total	194,925	181,381	106,86248	137,392	126,78	124,471	82,8003	168,811	90,9983	247,013	95,8624	58,12994	207,504	72,5992	55,18625	273,391	120,289	29,138
	Biomassa Viva	77,758	108,579	137,9738	114,67	70,6401	130,697	76,3749	147,908	129,422	136,72	92,1177	24,75117	183,32	60,2101	18,07067	250,722	54,9057	5,41682
	Biomassa da Copa (1)	10,9925	14,939	24,645548	15,5554	19,9082	4,16567	9,55916	17,7921	3,11052	19,041	18,209	3,928421	32,9535	13,778	4,405644	43,6033	13,6889	1,70106
	Biomassa da Copa (2)	6,11219	11,832	21,549513	8,33993	23,5971	5,25582	4,41566	22,7011	5,69561	18,3315	12,6674	3,952721	25,8543	11,5622	3,41184	33,1133	13,0675	1,70106
	Biomassa da Copa (3)	21,4732	21,5673	24,286895	33,3958	26,0546	5,08267	20,768	32,5724	4,14084	20,2525	26,3373	6,479502	48,2212	16,5768	5,716375	66,3119	14,5359	1,70106
	Biomassa de Folhas	3,2632	3,9359	5,8895343	4,86113	14,4992	6,04521	3,21018	5,21197	4,75305	5,01577	5,48805	1,305097	7,55073	3,37972	1,041042	10,1964	2,69951	0,29286
	Altura Média	6,5	5,38	2,9	10,4	10,34	4,6	9,7	9,7	2,5	10,1	4,8	3,2	9,4	4,6	2,7	10,4	5	2,2
	DAP Médio	10,7 (5,4)	8,96	3,2	14,2	15,58	4	16,6	14	3	9,8	5,4	3,6	10,8	5	3,2	12,4	5,4	2
	Densidade	1583,3	1986	27619	1352,9	378	23174,6	1177,8	1555,6	28000	2583,3	9875	10555,6	2977,8	7375	11200	3066,7	8777,8	10446,4
	% Rh	5,7	31,96	83,4	5,4	18,3	88,2	3,4	43	88,5	49,5	25,6	4,5	41,3	36,9	0,1	41,9	28,8	3,1
	% Lg	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	6,4	16,5	3,6	4,4	14,9	0	6,6	18,8	
	% Av	27,5	19,71	8,8	45,3	4,9	1,9	25,8	24,7	6,6	4,2	60,4	15,5	37,8	32,6	16	44,9	5,1	0
	SAVI	0,9661	1,09265	1,20826	0,62816	0,72	1,26433	0,94362	1,10423	1,15479	1,19084	1,15144	0,852399	1,25503	1,15603	1,03654	1,06128	1,15212	0,77333

3.4 - Discussão

Um dos resultados mais importantes encontrados aqui é que os índices se apresentam nas duas regiões de forma contrária. Tal antagonismo é muito interessante e, merece ser observado e analisado com maior atenção.

Conceitualmente, os índices de vegetação são adotados pois permitem a comparação de várias imagens oriundas de diferentes satélites (PONZONI; SHIMABOKURO, 2007), contudo, Ponzoni et al (2013) apontam que “mesmo se tratando de dados de natureza similar (índices de vegetação) e gerados com relativamente pouca defasagem temporal entre si, índices gerados por diferentes sensores não podem ser considerados correlacionados.” Isso, em parte, porque os intervalos espectrais de cada banda variam de forma distinta para cada sensor.

Ainda que sensores diferentes gerem índices distintos devido a oscilações em virtude dos sensores, a escassa bibliografia referente a índices de vegetação que estuda manguezais e, mais importante, a diversidade de imagens que são adotadas nesses estudos, nos força a comparar esses valores, mesmo que gerados por sensores diferentes.

Como descrito nos resultados, os valores de NDVI variaram de 0,4 a 0,85, o SAVI de 0,6 a 1,27, o RVI de 0,062 a 0,558 e o RS de 2,346 a 14,348. As análises estatísticas realizadas apontaram que os índices NDVI, RVI e RS tem comportamentos similares, por isso, para estudos das florestas de mangue, recomenda-se optar por um desses índices. A similaridade dos resultados é explicada pelo uso no cálculo nesses índices da mesma banda espectral, sem considerar nenhum outro fator.

Entre o NDVI e o SAVI o Índice de Vegetação Normalizado, como já mencionado, é sem dúvida o mais utilizado em estudos florestais inclusive para os manguezais. Os valores de NDVI encontrados condizem com os obtidos em outros estudos sobre manguezais. Desses, o estudo de Batadlan et al. (2009) encontrou NDVI entre 0,41 e 0,87 e, Ramsey e Jensen (1996) achou na Flórida, valores de NDVI entre 0,74 a 0,88. Infelizmente, não há evidências em Batadlan et al. (2009) sobre altura, densidade e espécies nas áreas monitoradas. Já para o estudo de Ramsey e Jensen (1996), embora haja uma descrição de altura e espécies, não existe discriminação dos valores de NDVI considerando tais parâmetros. Logo, só podemos analisar os índices em relação a todo o complexo florestal.

Estudos como os realizados por Kamthonkiat (2011), Giri (2007) e Mahmoud (2007) encontraram valores de NDVI inferiores aos encontrados para Guaratiba. Esse último encontrou com imagens Quickbird, NDVI para uma floresta de mangue entre 0,38 e 0,52.

Giri et al. (2007) encontraram valores de NDVI entre 0,2 e 0,7. Os menores valores dos índices foram associados às florestas cujas copas são mais abertas e por isso a medição feita pelo sensor com uma porção menor da vegetação e maior do substrato. Isso porque, percebe-se através do presente estudo que, a altura não tem muita correlação, mas a densidade sim. A mistura espectral com o solo interfere bastante. Esse comportamento de diminuição dos valores de NDVI foi verificado quando analisamos os resultados temporalmente. Em algumas parcelas, principalmente as dominadas por *Avicennia schaueriana*, os valores do NDVI de 2010 foram maiores que em 2011, provavelmente, porque foi verificado mortalidade de alguns indivíduos dessas parcelas em virtude da praga. Tal mortalidade foi verificada na própria imagem de satélite.

Em relação ao NDVI, os maiores valores foram verificados nas parcelas C, E, F e H. Essas parcelas, como já descrito, correspondem às faixas de bacia e transição da região da baía de Sepetiba e, da franja e bacia da região do rio Piracão, respectivamente. Na região do Piracão, as parcelas F e H apresentaram maior contribuição de *Rhizophora mangle* que a parcela de franja, que é dominada por *Avicennia schaueriana*. As florestas da baía de Sepetiba, os maiores valores de índice também se encontram nas parcelas da transversal com maior contribuição de *Rhizophora mangle*.

Essa distribuição inversa entre os resultados, relacionados com a diversidade de cada parcela, aponta que o padrão invertido entre franja/bacia/transição para Piracão e Baía de Sepetiba se dá principalmente pela contribuição de *Rhizophora mangle*. Evidenciando que mais que a característica estrutural, a dominância influencia consideravelmente na resposta espectral de uma floresta. Tal fato não foi observado antes, muito provavelmente porque ecossistemas de terra firme dificilmente apresentam esse arranjo de florestas monoespecíficas e padrões estruturais como observado para os manguezais.

Assim, percebeu-se que para o período analisado, as florestas com maior contribuição de *Rhizophora mangle* apresentaram (em Guaratiba) maiores valores de NDVI e SAVI quando comparadas a parcelas com dominância de *Avicennia schaueriana*.

Como dito no início desse capítulo, a literatura sobre assinatura espectral de espécies de mangue ainda é escassa e a existente é controversa. Herz (1991) estudou as florestas de mangue através de radiômetros portáteis e imagens do Landsat/MSS, seus resultados apontam que *Avicennia* possui maior reflectância (em toda a curva) que *Rhizophora* e *Laguncularia* quando se analisa a floresta (substrato de solo lodoso ou areia). Mas ao analisar as folhas, Herz (1991) encontra reflectância maior de *Laguncularia*, seguida por *Avicennia* e *Rhizophora*. O comportamento foliar é contrário ao publicado por Wang & Sousa (2009) e

Rebello-Mochell e Ponzoni (2007) que afirmaram que *Avicennia germinans* teria maior reflectância, que *Laguncularia racemosa*, e *Rhizophora mangle*. A partir dos estudos de Herz (1991), Wang & Souza (2009) e Rebello-Mochell e Ponzoni (2007) se esperaria valores de NDVI maiores para *Avicennia schaueriana*, mas os resultados levantados aqui apontam *Rhizophora mangle* com a de maior reflectância e, conseqüentemente, maiores valores de índice de vegetação.

Embora não se possa com o presente estudo garantir como é a assinatura espectral das espécies de mangue, pode-se afirmar que *Avicennia schaueriana* apresentou valores menores de NDVI que *Rhizophora mangle*, considerando observações sistemáticas em campo e o imageamento SPOT em 4 datas distintas.

Considerando as parcelas com maior contribuição de *Rhizophora* E e F - e conseqüentemente com maiores valores de NDVI -, de maneira geral os maiores valores de NDVI foram superiores na floresta de transição da baía de Sepetiba, provavelmente porque na parcela de Transição há maior dominância de *Rhizophora mangle*.

Já nas parcelas A e J, com maior contribuição de *Avicennia schaueriana*, a parcela de franja (A) apresentou NDVI médio maior que a parcela de transição. Talvez porque as parcelas de franja da baía de Sepetiba sejam praticamente monoespecíficas, enquanto no Picarão haja contribuição de *Laguncularia racemosa*.

As regressões, quando são consideradas as duas regiões concomitantemente, apontaram baixa correlação entre parâmetros estruturais e índices de vegetação, isso se explica, mais uma vez, pela contribuição inversa de *Rhizophora mangle* ao longo das estações monitoradas.

Para a região da Baía de Sepetiba, as análises de verão foram mais robustas que as de inverno. Porém os índices de vegetação se mostraram altamente relacionados aos parâmetros estruturais em pelo menos um dos momentos analisados. As relações mais significativas e com R^2 mais altos foram para Densidade e Biomassas da Copa, sendo a Biomassa Total a com menor correlação.

D'Orlo *et al.* 2007 descreveram que florestas de mangue de *Rhizophora mangle* da Flórida, com copas mais desenvolvidas e densas, apresentam maior reflectância que bosques anões. Infelizmente, não há dentre as parcelas monitoradas nesta tese, regiões de floresta desenvolvida e anã de *Rhizophora* (monoespecíficas) para realizar essa comparação. Mas verificou-se que em Guaratiba, as florestas dominadas de *Avicennia* não seguiram esse mesmo comportamento.

Talvez pela falta de abordagem em relação a dominância, alguns trabalhos (como Satynarayama et al., 2001 dentre outros) tenham encontrado relações não significativas entre índices de vegetação e parâmetros espectrais, mesmo que relações fortes tenham sido identificadas.

A baixa relação entre os parâmetros estruturais e os índices de vegetação para todo o complexo de Guaratiba indica que, em um complexo de florestas onde há uma diversidade de espécies e a dominância de espécies não segue um mesmo caráter espacial os índices de vegetação não são diretamente relacionados a estrutura vegetal.

Em outras palavras, em lugares como Guaratiba, onde florestas de franja e transição não são compostas exatamente pelas mesmas espécies, e com a mesma composição de dominância, a estimativa realizada possivelmente é influenciada (e por isso alterada) pela resposta espectral das espécies.

Por isso, diferente de alguns estudos, não se pode dizer que em Guaratiba os índices de vegetação respondem somente à densidade, biomassa ou altura. Apesar da influência desses fatores, observou-se, principalmente, que a distribuição de espécies é uma característica tão fundamental como qualquer outro padrão estrutural.

Os valores dos índices foram oscilantes temporalmente, em relação as estações do ano, exceto para o RVI, os valores de invernos sempre foram maiores que o de verão. Tal comportamento pode ser uma relação com a disponibilidade hídrica e sua ação sobre o estresse da vegetação.

Já o comportamento dos índices ao longo do monitoramento pode ser relação com a praga de uma lagarta o que causou perda massiva da copa e mortalidade de alguns indivíduos de *Avicennia schaueriana*. Com certeza o ocorrido alterou o comportamento espectral das florestas. Seto et al. (2007), ao observarem oscilações temporais de NDVI em florestas de mangue, associam isso a mudanças nas taxas de produtividade primária. Em Guaratiba, no verão de 2011 a floresta estava muito mais impactada que no verão de 2010, o que pode ter ocasionado mudanças nos valores dos índices de vegetação, como pode ser a razão da baixa correlação entre índices de vegetação e Biomassa Total no ano de 2011.

Por todo o exposto, no presente estudo foi possível verificar relação entre os parâmetros estruturais e os índices de vegetação, assim como encontrado na literatura. Entretanto, a diversidade florística, aspecto pouco abordado em estudos anteriores, é uma característica primordial que deve ser considerada na estimativa dos parâmetros estruturais a partir dos índices de vegetação.

3.5 Considerações Finais

O presente estudo corroborou que os índices de vegetação possuem relação com parâmetros estruturais como biomassa, altura e densidade das florestas de mangue. Dentre esses parâmetros, a relação mais robusta com a biomassa é observada com os modelos que estimam somente a biomassa presente na Copa. Tal fato é explicado, uma vez que os sensores óticos possuem uma maior interação com esse compartimento (dossel) da floresta.

Entretanto, mesmo que esse padrão seja apresentado nas análises, os resultados indicaram que a assinatura espectral de cada espécie pode ser tanto, ou mais importante, que a influencia das características estruturais de uma floresta. Um estudo mais aprofundado em relação as respostas espectrais e as espécies devem ser feitas. Assim como análises envolvendo diferentes florestas monoespecíficas com diferentes estruturas vegetais. Isto porque, até se ter mais evidências, estimativas de Biomassa que adotem os índices de vegetação como método só podem ser realizados com grande levantamento de campo e análises semelhantes a apresentadas aqui.

Como esses resultados, recomenda-se o uso conjunto do NDVI e SAVI para o monitoramento de ecossistemas costeiros. Isto porque, os índices de vegetação se mostraram uma ótima técnica para os estudos das florestas de mangue, mas para isso, os estudos devem ter também um levantamento estrutural que caracterize a diversidade da floresta analisada.

**4 A TÉCNICA DE MAPEAMENTO ATRAVÉS DE SENSORES ÓTICOS COMO
TRANSFORMADORES DO ESPAÇO CIENTÍFICO**

APRESENTAÇÃO

Na seção I foram apresentadas duas técnicas para o estudo das florestas de mangue de Guaratiba. Ambas podem gerar mapas em que as florestas de mangue são diferenciáveis a partir de parâmetros estruturais ou de classificações ecológicas que se baseiam em diferenciações da floresta. Os métodos adotados consideram duas lógicas distintas, uma que parte do agrupamento de pixels semelhantes, com apoio da segmentação, para posteriormente classificá-los; e outra que transforma a imagem em um grid de índices de vegetação, para relacioná-los a parâmetros estruturais.

A seção I possui capítulos elaborados nos moldes de artigos acadêmicos. Em cada um desses capítulos o artigo foi (propositalmente) elaborado para que cada mapa e técnica discutida fossem avaliados e testados para que pudessem ser considerados representações da realidade, ou fatos. Porque fato? Porque considerados e não simplesmente ser? Porque o papel da ciência hoje ainda é produzir fatos¹¹.

Latour (2000) aponta como são feitas as articulações e como são feitas as ciências dentro do Laboratório, segundo ele a ciência está em movimento, e para entendermos um fato temos que analisar de fora o período de construção de um “fato”. Assim o autor descreve a temática do livro *Ciência em Ação*:

Esse é o movimento global daquilo que estudaremos reiteradamente ao longo deste livro, penetrando a ciência a partir de fora, acompanhando discussões e cientistas até o fim, para finalmente irmos saindo aos poucos da ciência em construção (LATOURE, 2000)

Se um dos anseios norteadores desse estudo é analisar as técnicas relacionadas ao mapeamento de manguezais como modificadoras do espaço científico, é importante se constatar que além das bases conceituais evidenciadas nos dois primeiros capítulos (Geográficas e Ecológicas), um mapa reúne muitos agentes não identificados prontamente. Coisas escapam à abordagem científica. Na verdade, escapam ou estão escondidas.

O mapa é tudo. O que está evidenciado e o que está escondido ou desconsiderado. Nesse sentido, assim como um mapa é construído, considera-se aqui que o mapeamento

¹¹Latour (*Ciência em ação*), aponta que os cientistas produzem resultados e destes, afirmações. As afirmações podem se tornar fato à medida que é “descoberto” por um cientista é citado por outros pesquisadores, de modo que tal informação é propagada até se tornar verdade.

também está em construção¹². Por isso, observar todos os elementos que são o mapa, assim como identificar o que está envolvido nas práticas de mapear é realizar mapeamento em ação¹³.

No caso dos dois primeiros capítulos dessa tese, **as plantas ocupam seu território, eu mapeio as plantas, mas não são somente esses entes os responsáveis pelos mapas, são todas as práticas científicas envolvidas no processo de mapeamento**, assim como todas as práticas envolvidas até se chegar ao processo de mapeamento. Todos os programas, todos os computadores, satélites, todos os modelos matemáticos, qualquer elemento cuja a existência vincula-se à produção da análise espacial e do material cartográfico.

Os mapas aparentemente representam os ambientes naturais e por isso são, eles mesmos, considerados objetos naturais. Mas não são, na medida em que eles não foram elaborados por esses ambientes e nem necessitam unicamente das características dos ecossistemas para fazer o mapa. É necessário muito mais. Eles necessitam de “porta-vozes” (LATOUR, 2004) e, por isso, eles podem ser considerados “não-somente-naturais”. Se quem os mapeou fui eu, então seria certo afirmar que quem os definiu fui eu e os cientistas envolvidos na coleta de dados? Novamente, não. Não apenas.

Essa seção será desenvolvida de modo a mostrar que os mapas são as **ciências contidas neles; os procedimentos para sua elaboração; sua história; as conexões nos laboratórios** em que eles se inserem e; por fim, são **parte da gestão do espaço, envolvem relações sociais, relações de poder e relações políticas**. Por isso, o mapa é mais que um conjunto de ferramentas ele modifica (movimentando) o espaço científico, ao mesmo tempo que resulta das movimentações que ocorrem nesse espaço.

¹² Esta consideração é válida para qualquer forma de construção de conhecimento sobre a realidade.

¹³ Latour (2000) defende que a ciência pode ser considerada a partir de duas metades, como um Jano bifronte, de um lado tem-se a ciência pronta, apresentadas em seus trabalhos, replicadas, como fatos. Do outro lado, há a ciência em construção. E, assim, para se entender a ciência não devemos nos ater aos fatos, mas a construção desses, analisando o "fazer" ciência.

5 OS MAPAS SÃO O QUE? AS ONTOLOGIAS DO MAPA TEMÁTICO



*"Será que eu vejo apenas o que você não vê?
Eu não entendo como você não consegue perceber?
Que eu não sei mais... Eu não sei!"
Luz Antiga - Nando Reis*

5.1 Introdução

O mapa é considerado, assim como a fala e a escrita, um meio de comunicação. Isso porque ele representa e transmite informações sobre uma localidade ao seu usuário, o receptor da mensagem contida no mapa.

Uma vez que a fala e a escrita se baseiam em idiomas específicos, elas são setorizadas regionalmente. Nesse sentido, o mapa é muito mais popularmente disseminado e antigo que qualquer língua atualmente em uso. Nas sociedades modernas, seu arranjo, sua plástica, sua simbolização, sua potencialidade prática, são utilizados em todos os países, para todos os fins e práticas sociais e por toda a população.

Segundo *History of Cartography* (BAGROW, 2010) “Mapas são representações gráficas que facilitam a compreensão espacial de coisas, conceitos, condições, processos, eventos no mundo humano”.

Essa prática de registrar uma informação por meio de desenhos e símbolos é quase tão antiga quanto as nossas práticas sociais. Autores como Menezes & Fernandes (2013), Fitz (2008) e Castro (2012) sugerem que, muitas vezes os mapas vieram da motivação humana de registrar suas atividades ou de apontar áreas de interesse para suas práticas cotidianas, seja para seus sucessores, como para outros povos.

O anseio de mapear é um instinto humano básico e duradouro. Onde estaríamos sem mapas? A resposta é, obviamente, “perdidos”, mas os mapas fornecem respostas a muito mais perguntas do que simplesmente como ir de um lugar a outro (BROTON, 2014)

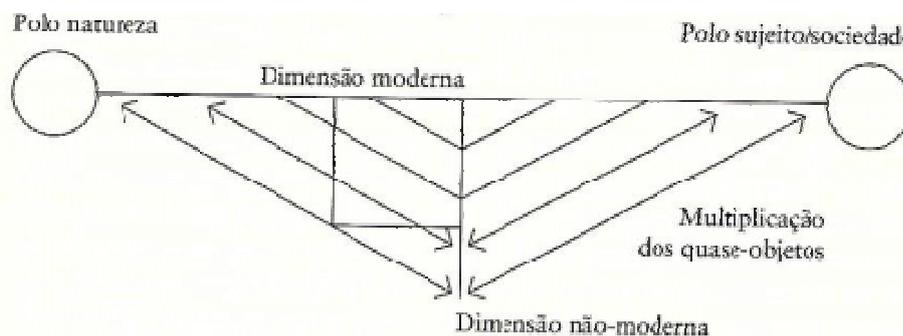
Assim como outras práticas sociais e outras técnicas, a elaboração de mapas também evoluíram ao longo da história da humanidade, absorvendo e se reinventando frente a algumas inovações tecnológicas e práticas disciplinares. É indiscutível que o nascimento da produção do conhecimento sobre a elaboração dos mapas tenha surgido com a ciência cartográfica e, por isso, qualquer mapa carrega os preceitos dessa ciência. Mas atualmente, além desses conceitos, o mapa incorporou características e necessidades de outras práticas científicas. Sendo um elemento interdisciplinar que muitas vezes não é compreendido, nem em todos os aspectos disciplinares, nem em relação a outros elementos inerentes a sua existência.

Considerando os produtos cartográficos elaborados na academia, como os produzidos nos capítulos I e II, alguns aspectos conceituais não ficam expostos, assim como algumas das conexões envolvidas em sua confecção. Isso porque, muitas vezes debate-se apenas a sua questão disciplinar. Como se o mapa fosse feito a luz de cada uma dessas disciplinas, e somente na esfera acadêmica, como produto científico que é. O mapa não é só científico e muitas vezes ele é produzido de forma não científica e longe da academia. Para Latour (1994 e 2004), a constituição moderna, de onde emergem a ciência contemporânea, separa as percepções da realidade em dois pólos: fato e valor. Sobre a constituição moderna, Latour (1994), propõe:

A hipótese deste ensaio – trata-se de uma hipótese e também de um ensaio – é que a palavra “moderno” designa dois conjuntos de práticas totalmente diferentes que, para permanecer eficazes, devem permanecer distintas, mas que recentemente deixaram de sê-lo. O primeiro conjunto de práticas cria, por “tradução”, misturas entre gêneros de seres complementares novos, híbridos de natureza e cultura. O segundo cria, por “purificação”, duas zonas ontológicas inteiramente distintas, a dos humanos, de um lado, e a dos não-humanos, de outro. Sem o primeiro conjunto, as práticas de purificação seriam vazias ou supérfluas. Sem o segundo, o trabalho de tradução seria freado, limitado ou mesmo interdito. O primeiro conjunto corresponde àquilo que chamei de redes, o segundo ao que chamei de crítica. O primeiro, por exemplo, conectaria em uma cadeia contínua a química da alta atmosfera, as estratégias científicas e industriais, as preocupações dos chefes de Estado, as angústias dos ecologistas; o segundo estabeleceria uma partição entre o mundo natural que sempre esteve aqui, uma sociedade com interesses e questões previsíveis e estáveis, e um discurso independente tanto da referência quanto da sociedade (LATOUR, 1994, p.16)

Segundo Latour (1994), existem duas formas complementares e concomitantes a partir das quais construímos conhecimento sobre a realidade: a dimensão não-moderna e a dimensão moderna (Figura 44). Aqueles que “traduzem” o mundo e suas conexões e veem os híbridos conectados e pertencentes a uma rede contínua (através da percepção não-moderna) e, aqueles que mesmo sem ter consciência, separam a realidade em pólos, por exemplo o da natureza e da sociedade, assim como presente na figura 44.

Figura 44 - Dimensões moderna e não moderna de percepção da realidade



Fonte: Latour (1994).

As práticas de análise na dimensão moderna, realizam o trabalho de purificação. Tais práticas são aplicadas em objetos com conexões que não são passíveis de serem estudados dessa maneira (LATOURE, 1994). A dimensão moderna e seu processo de purificação ao longo dos anos foram responsáveis, por exemplo, por trazer uma aparente separação entre sujeito e objeto, homem e natureza (PORTO GONÇALVES, 2013).

Nesse sentido, as práticas atuais ligadas ao mapeamento de manguezais ou para a produção de qualquer material cartográfico se faz baseada em práticas de purificação. Isso porque essas atividades, se dão a partir de esforços científicos isolados disciplinarmente. Em cada uma “ocorre” um estudo detalhado de algo, de modo que conhecimentos são estocados, mas o todo nunca é realmente analisado para um determinado fim, uma vez que cada disciplina já se vê como fim! Esse é um dos problemas da ciência moderna, a ciência sem consciência, onde segundo Morin (1984) “o dilema dos especialistas é que, se eles próprios não podem ter uma ideia geral sobre suas especialidades, proibem-se a si mesmos ter ideias gerais sobre outros assuntos”.

Em virtude da constituição moderna, os objetos – chamados por Latour (1994) de híbridos ou quase-sujeitos – adquiriram relações bem mais complexas do que as compreensíveis pelas próprias práticas de produção de conhecimento sobre a realidade que são hegemônicas em nossa sociedade. Isso porque a constituição moderna fragmenta os métodos de análise, impossibilitando a compreensão de todas as conexões presentes em torno e acerca dos objetos.

A questão é que essa maneira fragmentada de se estudar o mundo, mesmo dominado o paradigma científico atual, ela apresenta dificuldades em analisar os fenômenos e as observações (KUHN, 1975; Morin, 1984). Por isso novos caminhos de análise são escolhidos, como o da tradução proposto por Latour (1984).

O esforço de tradução é a proposta dessa seção. Se há elementos diversos que escapam a purificação do mapeamento de manguezais então, podemos identificá-lo como um híbrido, logo, faz-se necessário o esforço de tradução. Sendo ela, a reunião de todos os elementos pertencentes à rede sociotécnica no mapa.

De maneira geral, pode-se dizer que a rede sociotécnica é a consideração de todos os elementos (entidades, pessoas, conceitos, ações, etc) que interagem com o fenômeno analisado. Como os elementos são influenciados e influencia esse fenômeno, ele deixa de ser um objeto isolado e passa então a ser uma rede.

Na dimensão não-moderna o objeto híbrido é a rede e as várias ontologias do objeto, assim como todos os quase-sujeito ou quase-objetos que são influenciados pelo mapa e também o influenciam. Embora na seção anterior, o mapeamento de mangue tenha sido o ator principal, aqui ele se torna coadjuvante. Isso porque esse tipo de mapa é somente um tipo, preocupado com o que está representado no mapa. Mas considerando que qualquer mapa apresenta as mesmas articulações no âmbito da rede sóciotécnica, podemos avaliar os mapeamentos de manguezais e descrever a rede do mapa em geral.

Pela constatação desse aspecto múltiplo e fragmentado que o mapeamento (de manguezais) possui, o propósito deste capítulo é apresentar o mapa com base na percepção não-moderna, ou seja, através da observação dos atores que a ele atribuem realidade. As conexões desta rede são imperceptíveis aos olhos modernos.

Para isso, serão utilizados os pressupostos da Teoria Ator-Rede (LATOUR, 1994, 1999, 2000, 2001 e 2013). Nessa perspectiva, será proposto o exercício de observação do objeto, o mapa, na ótica não-moderna. desenvolvendo alguns aspectos do mapa de modo a apresentar a rede. Nesse processo iremos mostrar como os mapas são a sua **história**; as **ciências contidas neles**; os **procedimentos para sua elaboração**; as **conexões nos laboratórios** em que eles se inserem; as **conexões na vida dos pesquisadores** que os fazem e; por fim, são **parte da gestão do espaço**. Portanto, o mapa é mais que um conjunto de ferramentas, que ele modifica (movimentando) o espaço científico, ao mesmo tempo que resulta das movimentações que ocorrem nesse espaço.

5.2 Os mapas são...a sua história

Segundo o artigo 6 do Manifesto da Transdisciplinaridade (BASARAB-NICOLESCU, 2002), “a transdisciplinaridade é multireferencial e multidimensional. Levando em conta os conceitos de tempo e história, a transdisciplinaridade não exclui a existência de uma transhistoricidade horizontal”.

Por isso, para se entender a complexidade relacionada à arte de mapear e depois associá-la à análise do espaço, faz-se necessária uma breve revisão sobre a história dessa prática, uma vez que é dessa ciência que emergem os mapas atuais. Em outras palavras, para se entender as práticas atuais de mapeamento (como o de manguezais, como realizado nos capítulos 1 e 2), é necessário se fazer uma viagem no tempo e se entender a trajetória histórica da arte de mapear, até o advento das geotecnologias, indispensáveis ao processo de mapeamento nos dias atuais.

Assim como defendido por Milton Santos (1996) citando Baudrillard (1973), isso se dá porque “a descrição de um sistema de objetos depende da descrição de um sistema de práticas. Não basta definir os objetos em sistema. Temos que definir qual o sistema de práticas que sobre ele se exerce. Há uma interferência contínua entre os dois”. Logo, não basta simplesmente definir o mapa e seus objetos disciplinares para elaboração (projeções, escalas, computadores, softwares), é necessário ir mais fundo no problema, além das conexões diretas, é necessário definir as práticas envolvidas na elaboração do mapa e na criação da cartografia. “Todo e qualquer período histórico se afirma com um elenco correspondente de técnicas que o caracterizam como uma família correspondente de objetos” (SANTOS, 1996).

O primeiro período frequentemente relatado pelos livros de cartografia como importante para a evolução dessa ciência é o período de expansão das civilizações Greco-Romanas. Durante essa época houve diversos avanços nas ciências Cartográficas, como, por exemplo, às discussões acerca da forma do nosso planeta e de sua dimensão. Na Grécia antiga, foi na Biblioteca de Alexandria o *locus* do trabalho de Ptolomeu, pai da geografia e empreendedor na arte de cartografar, nesse período a arte de mapear foi considerada como um estudo, uma ciência (Brotton, 2013). Foi nesse período que houve a proposição dos meridianos e paralelos e de projeções cartográficas para a elaboração de mapas, sendo considerado um grande marco, o mapeamento de Ptolomeu (Figura 45), cuja proposta é utilizada até hoje.

Figura 45 - Mapa-mundi idealizado por Ptolomeu, exemplificando a proposição das projeções.



Fonte: mapas históricos (2015).

Cabe destacar, que mesmo normalmente discutido de forma temporalmente linear, os estudos, evoluções e representações cartográficas não ocorreram desta maneira. Reconhece-se sim, que as civilizações ditas ocidentais encontradas no entorno do mediterrâneo tiveram grande influência para as ciências cartográficas. Todavia, como apresentado na obra de Brotton (2014) concomitantemente aos estudos cartográficos de Ptolomeu e dos discípulos de Alexandria, houve grande atividade cartográfica também nas civilizações orientais, cada uma com suas características próprias quanto à utilização ou não de projeção, o arranjo dos pontos cardeais e a finalidade específica do mapeamento. A arte/ciência/técnica de cartografar “pulsava” em diferentes regiões do Planeta.

Após o período de influência dos gregos e romanos, houve certa estabilidade, ou até retrocesso nos estudos ligados à elaboração de mapas. O período da Idade Média (séc. V ao séc. XV), é denominado como Idade das Trevas para a Cartografia. Nesse período as principais atividades relacionadas à cartografia ocorreram graças aos árabes e bizantinos (MENEZES E FERNANDES, 2013), mas sem grandes avanços cartográficos para o enfoque desse trabalho.

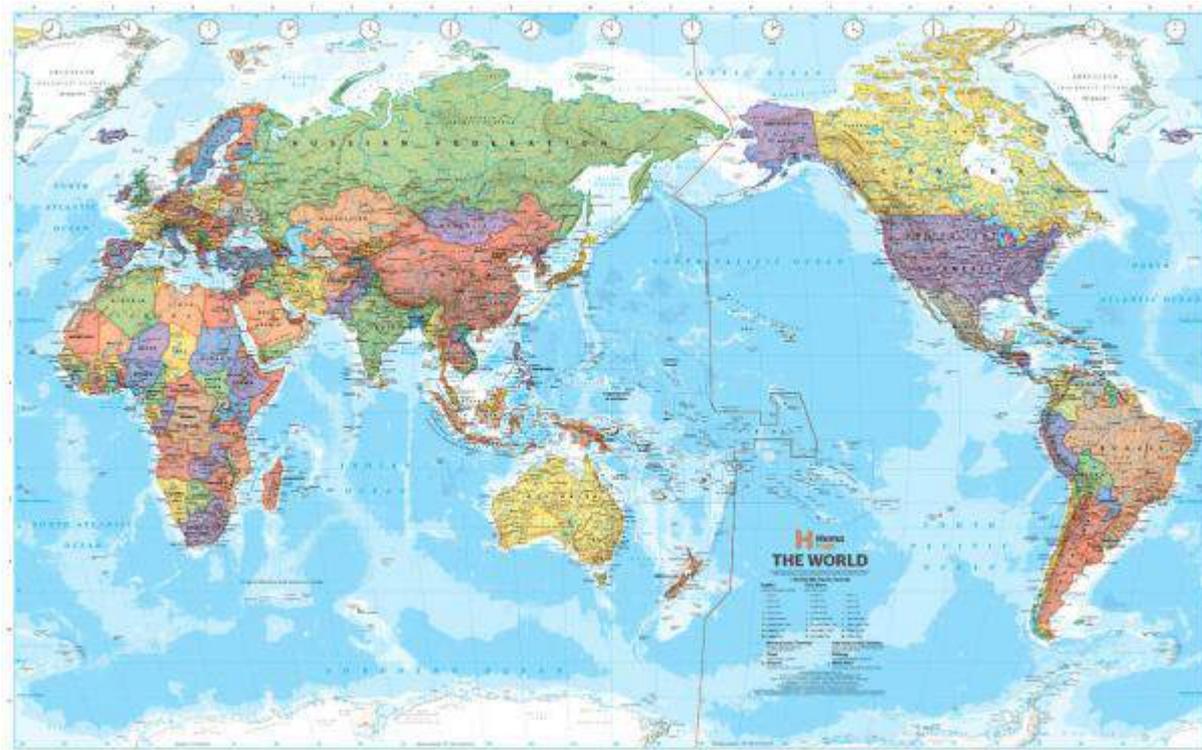
O período posterior ao da civilização Grega que apresenta grande importância para a história da cartografia é o período do Renascimento (sec. XV ao XVII), mas, especificamente,

o período das grandes navegações. São os mapas dessa época que se diferenciam dos feitos até o momento, tanto pelo estabelecimento da orientação do mapa para Norte (assim como proposto por Ptolomeu, mas só se estabelecendo como senso comum no século XVI), como pela maior preocupação com as linhas de terra e mares, ou até pela adoção (permanentemente) das graticulas de orientação como elementos essenciais dos mapas (BROTTON, 2013).

Pelo menos para o pensamento ocidental, o grande avanço da cartografia teria se dado centrado na Europa, estando relacionado ao Renascimento (Séculos XV e XVI), época que começaram a surgir relações capitalistas. Com a intensificação do comércio entre Ocidente e Oriente, o que exigiu o desenvolvimento da navegação, houve grande ímpeto na confecção dos mapas, bem como a criação de meios para a respectiva orientação (...) (MARTINELLI, 2013).

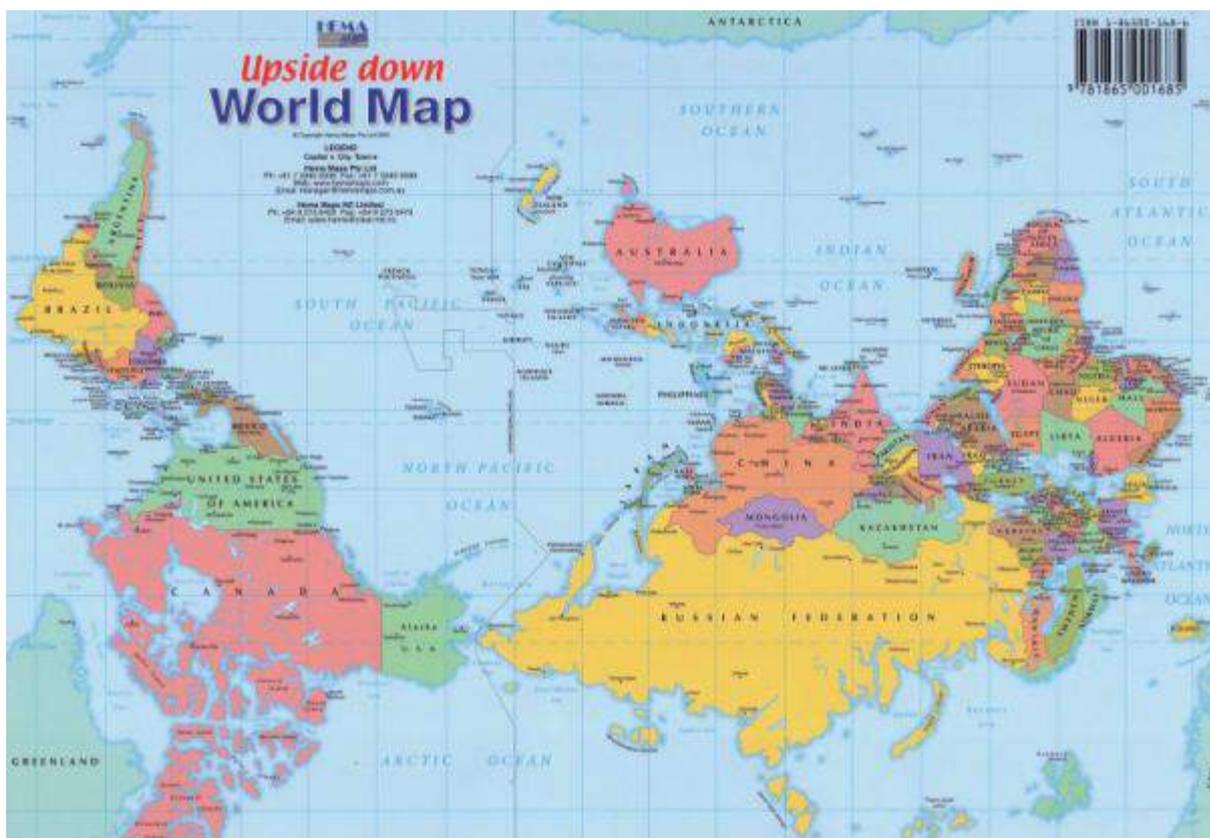
Nessa perspectiva, o mapa representa “os interesses” e crenças de quem mapeia, sendo o mapeamento como um reflexo de luta política e de poder. Um exemplo são os mapas elaborados até o século XV que tinham a orientação da parte superior, relacionado a leste (de “oriens” em latim). Essa orientação. Outros exemplos são os mapa mundi, apresentados na China e Austrália que, diferente do amplamente divulgado aqui, não tem a Europa no centro do mapa (Figura 46) no caso da China e, é orientado para Sul (figura 47), no caso da Austrália.

Figura 46 - Mapa mundi com centro distinto.



Fonte: <http://actualidad.rt.com/>

Figura 47 - Mapa mundi com centro distinto.



Fonte: <http://actualidad.rt.com/>

A descoberta da América e da expansão do continente Africano levaram à política de expansão territorial e colonial européia, com destaque para os países Ibéricos. Com esse intuito expansionista, estudos para conhecimento mais preciso das regiões foram reforçados, levando ao aprimoramento de cálculos, desenho e reprodução de territórios do Planeta (Menezes e Fernandes, 2013). Avanços como o uso de astronomia de navegação, topografia e geodésia (alguns desses ramos utilizados fortemente até os dias atuais) foram práticas inicialmente desenvolvidas na Idade Média.

Segundo Brotton (2013) esse tipo de carta era usado por marinheiros desde o século XII, sendo aperfeiçoada por vários navegadores, tanto que mapas como o da figura 48, onde rotas e rumos são representados em todo o mapa.

Figura 48 - Planisfério de Cantino, datado de 1502



Legenda: São observadas as rotas para navegação.
 Fonte: mapas históricos (2015).

Entretanto, não foi só pelos avanços técnicos que o período do Renascimento marca a história cartográfica. Se o pensamento for voltado não para a elaboração de técnicas, mas para epistemologia cartográfica, esse período teve grande importância na disseminação da ciência e também para o valor atribuído ao material cartográfico. Nesse aspecto não foi o mapa o ator principal, mas uma outra descoberta: as novas prensas para impressão de material.

Ainda se baseando nos relatos de Brotton (2013) a adoção da prensa móvel em vários países da Europa foi uma das grandes invenções (ou reinvenções) tecnológicas da época do Renascimento. “(...) Há poucas dúvidas de que a nova invenção (ou reinvenção) transformou o conhecimento e seu método de comunicação”.(BROTTON, 2013).

Com esse advento, alguns materiais de comunicação (sejam livros, sejam mapas) passaram, através de sua multiplicação do status de raros, para populares. Com necessidade imposta pela obrigação de usar as prensas, as mesmas obras se transformaram em objetos passíveis de serem prensados, multiplicados e vendidos. Passaram a ser produtos vendáveis e ótimos para a obtenção de lucro.

O impacto das novas prensas também afetou as comunicações visuais, em particular a cartografia. Parte da importância da impressão veio do fato de ela possibilitar aquilo que um crítico chamou de “a declaração pictórica exatamente repetível”. As novas prensas possibilitaram que os cartógrafos reproduzissem e distribuíssem exemplares idênticos de seus mapas aos centos, talvez milhares, em um grau de precisão e uniformidade que até então era inimaginável (BROTTON, 2013).

Com certeza, esse momento foi crucial para o processo de popularização dos mapas. Eles não eram mais feitos a mão, de maneira cara e demorada. Não eram mais somente disponíveis a reis, imperadores ou ao clérigo que possuíam recursos suficientes para subsidiar sua elaboração. Agora eles eram multiplicáveis e, mesmo que ainda de acesso restrito à nobreza ou aos intelectuais, com certeza sua disseminação era maior.

Mas, se por um lado a evolução tecnológica com as prensas alavancou a popularização dos mapas, por outro ela também alterou a percepção sobre esse objeto. Para alguns, o mapa continuava a ser visto como objeto científico, mas para outros ele passou a ser visto como produto. O mapa era passível de ser representado em larga escala, e por ser desejado por muitos, podia ser vendido. Na verdade, ele deveria ser vendido para que a prensa fosse economicamente viável. Com essa percepção de comercialização do mapa, seu aspecto científico e os estudos correlatos a essa crença continuavam a ser desenvolvidos, muitos mapas foram somente replicados ou elaborados com o principal objetivo de venda e lucro. Esse aspecto fica claro na narrativa de Brotton do mapa como dinheiro (BROTTON, 2013). Além da visão comercial para o mapa, trazida pelas prensas, nesse momento, outro aspecto importante é que o conhecimento espacial acabou sendo difundido, abrindo caminhos até então não trilhados.

Há uma relação entre a evolução/história da ciência cartográfica com movimentos de transformação da ciência e da sociedade, além de influências culturais e religiosas. Mas tendo como base a cartografia atual, dita da sociedade moderna, e focando principalmente na cartografia dita ocidental¹⁴, pode-se dizer que seus avanços se deram pela necessidade de representar vastos territórios, as fronteiras de cada estado e os terrenos conquistados. Era como se o conceito de território se materializasse através do mapa. O mapa refletia o poder de uma nação frente a sua expansão.

Os desenhos ou estruturas apresentavam desde então uma forma original de interpretação acerca de seus territórios ou domínios em mares, sempre servindo para satisfazer necessidades que foram surgindo nas condições do trabalho humano, para demarcar vias de comunicações, definir lugares de ação e outros (SLICHTCHEV, 1979). Entretanto, a finalidade mais marcante em toda a história dos mapas, desde seu início, teria sido a de estarem sempre voltados à prática, principalmente a serviço da dominação, do poder. Sempre registraram o que mais interessava a uma minoria, fato este que acabou estimulando o incessante aperfeiçoamento deles (MARTINELLI, 2013).

¹⁴ Cabe aqui uma ressalva e um pedido de desculpas às civilizações orientais. O enfoque dado a cartografia ocidental se deve somente ao desconhecimento da autora, principalmente pela dificuldade de acesso a informações acerca da história oriental da cartografia.

Além dos avanços na época do Renascimento e da Idade Moderna, o século XX também tem grande importância para as práticas de mapeamento, tanto em relação à popularização das ciências como para o aprimoramento técnico. Adventos como fotografia, avião, computadores, satélites, além de diversos outros contribuíram para os avanços constantes dessa ciência. Os sistemas de informação geográfica e, sem dúvida, a internet, popularizaram de forma assustadora o uso dos mapas.

Por sua alta relação com as reflexões propostas no âmbito desse trabalho/estudo, o papel das geotecnologias nos desdobramentos da ciência cartográfica será discutido posteriormente. O que se quer destacar nesse momento é a influência da disseminação e popularização dos mapas no uso dos materiais cartográficos.

Isso, porque assim como dito por Cosgrove (2003), o mapa não somente representa, ele interage com os indivíduos, ampliando a percepção de análise da sociedade. Em suas palavras:

O mapa é um dos instrumentos que servem para aumentar a capacidade do corpo humano, ele é um objeto híbrido, nem puramente natural nem puramente cultural. Como um telescópio ou microscópio, ele nos permite ver em escalas impossíveis para os olhos descobertos e sem precisar movermos-nos fisicamente no espaço (COSGROVE, 2003).

Ele é uma arma poderosa para qualquer análise e manipulação de fenômenos presentes na superfície do planeta. Atualmente sua presença está na maioria das casas, seja por celulares, *tablets*, ou “Google Maps”, seja pelo material didático de uma criança, ou por um site de aluguel de casas. Nos meios acadêmicos, está presente em um grande número de estudos científicos, sendo elaborados por grupos de pesquisa que tradicionalmente não foram introduzidos nesse ramo da ciência.

A falta de conhecimento básico de elementos cartográfico, pode gerar mapas de qualidade ruim. Parte do problema é falsa ideia de facilidade de manipulação e qualidade de informação que os softwares de informação espacial proporcionam. Mas, "a utilização errada de conceitos ou até a falta deles, irão forçosamente surgir erros que certamente comprometerão todo o projeto que seja apoiado cartograficamente" (Menezes e Fernandes, 2013).

Esses erros inerentes a certos materiais cartográficos podem vir da falta de valor dado, ou mesmo desconhecimento, dos elementos cartográficos essenciais à elaboração de um mapa. Isso porque, pode ocorrer desconhecimento das ciências intrínsecas ao mapa, ou do conteúdo de tais ciências.

Portanto, ao analisar e estudar o espaço, e seus vários fenômenos, o mapa é, por si só, interdisciplinar. Mas será que todos os elaboradores de mapa veem com o mesmo grau de importância todas as áreas dessa atividade? Ou será que enquanto alguns acreditam que mapear é fazer ciência, outros acham que é somente colorir?

5.3 Os mapas são...as ciências contidas neles

Uma das ciências que mais se relaciona ao mapeamento é a cartografia. Segundo Taylor (1991):

Ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização dos mapas ou meios de representação, em todas as suas formas.

Como a ciência cartográfica só foi constituída no século XVII, pode-se afirmar que a arte de cartografar é mais antiga do que a cartografia em si. A percepção da sociedade sobre os mapas como produtos cartográficos e da ciência são considerações recentes (BROTTON, 2013). Antes os mapas eram confeccionados sem serem categorizados em separado dos outros produtos gráficos como escrita e pintura. É por isso que mapas e globos são encontrados em pinturas ou como elementos arquitetônicos antigos.

Ao longo da história da sociedade, a percepção sobre a cartografia se modificou e com certeza irá se modificar ao longo dos anos vindouros. Um dos exemplos dessa evolução é que a aceitação da cartografia como ciência passou a ser largamente debatida. Ao longo da história essa atividade foi vista como ciência, ferramenta religiosa e técnica, se metamorfoseando, recebendo críticas e se rearranjando. Inicialmente era associada às atividades cosmográficas e posteriormente às geográficas, para depois se constituir por si só como ciência. Nesse sentido, pode-se dizer que a cartografia foi tão debatida como o geoprocessamento é hoje. Autores como Castiglione (2003) acreditam que o geoprocessamento¹⁵ traz à tona, dentro da geografia, uma questão paradigmática, e que vivemos hoje uma ruptura já descrita entre antigo e novo, em que uma perspectiva nova é

¹⁵ Isso, considerando o geoprocessamento relacionado a Informática, que surgiu há mais de 30 anos.

altamente criticada por aqueles que estão presos a velhos pensamentos¹⁶. Sobre isso, Morin (1984) diz que mudanças de paradigma estão ligadas, muitas vezes, a mudanças tecnológicas.

No caso do mapeamento de florestas, verificamos que os mapas incorporam tanto conceitos cartográficos e geográficos como os relacionados aos aspectos biológicos. Logo, além de interdisciplinar, ele é transdisciplinar sendo todas as ciências envolvidas em sua elaboração. Tal olhar vem da consideração de que “a transdisciplinaridade é complementar à abordagem disciplinar, ela faz surgir através da interação de disciplinas novos dados que se articulam, e ela nos oferece uma nova visão da natureza e realidade. A transdisciplinaridade não é o domínio de todas as disciplinas, mas a abertura de todas as disciplinas que atravessa e ultrapassa” (Nicolescu, 1999).

Nessa perspectiva, o mapeamento de ecossistemas, não é a junção das ciências, é a reunião e confronto da cartografia, geografia e biologia. Isso para uma articulação e construção de uma nova visão sobre o objeto. O mapa de ambientes florestais é cartográfico-geográfico-ecológico.

Objeto cartográfico porque, como veremos, para sua elaboração deve-se (ou se deveria) ter ciência dos processos e transformações cartográficas inerentes a qualquer tipo de produto cartográfico. Isso porque, são as representações cartográficas que definem como a representação será e como leremos o objeto. Pois as medições e representações em geral é que traduzirão o espaço, sendo consideradas na tomada de decisão. Por isso, cuidados devem ser tomados para que tais representações sejam coerentes com o que se deseja levantar.

O mapa é geográfico porque busca uma representação no espaço. A representação ali é a de um recorte espacial, e o fenômeno de interesse deve ser analisado com base em tal recorte e com percepção do espaço geográfico. Ou seja, está em seu âmago a componente geográfica, pois busca a representação do espaço e de fenômenos espaciais, cujo contexto, extensão, taxonomia e dinâmica devem ser analisados antes das escolhas dos parâmetros cartográficos para a sua representação.

Além dos conhecimentos cartográficos e geográficos, quando consideramos o mapeamento de manguezais ou de outros sistemas florestais, constatamos que o mapa também possui um aspecto ecológico. Isto porque, pouco adianta deter o embasamento cartográfico e as percepções em relação a como deve ser realizada a leitura do espaço geográfico, se falta ao

¹⁶ Tal discussão é um assunto tão complexo que detalhá-lo aqui fugiria no tema central desse texto. Mas tal visão deverá ser trabalhada por pesquisadores caso queiramos o fortalecimento das ciências relacionadas à representação e análise da Geoinformação.

especialista o conhecimento necessário para compreender e transmitir os aspectos ecológicos da floresta que está sendo mapeada.

Deste modo, os mapeamentos de manguezais precisam unir, nas práticas acadêmicas, "a visão dos que trabalham com "mapa" com a visão dos ecólogos". Todavia, na prática isso não é realizado na maioria das vezes. Há esforços independentes dos dois lados.

No caso do mapeamento dos manguezais, por exemplo, existem dois grupos de cientistas (ecólogos¹⁷ e geógrafos) divididos em polos que trabalham separadamente. De um lado para o entendimento do ecossistema e, de outro, para o entendimento da sua "melhor" representação e da análise dessa área em uma visão espacial. Cada qual com uma percepção diferente do que é um mapeamento de manguezal.

Para os ecólogos o mapa é um fato, um objeto estático que passa uma informação verdadeira e tem um único significado: o da legenda. Já para o "mapeador", o mesmo mapa é um objeto construído, cujo valor e veracidade se relacionam às características e processos de execução. Vê-se, então, um problema ético relacionado à percepção de fato e/ou valor, atribuídos ao mesmo objeto por grupos distintos de pessoas.

A consideração distinta entre fato e/ou valor atribuída ao mapa emerge das percepções distintas que cada usuário tem de um material cartográfico.

5.3.1 A fonte das incertezas para essa análise

Ao fim do primeiro mapa confeccionado por mim (criado a partir de classificação de imagens de satélite, como parte de minha monografia de graduação), olhei aquela figura colorida, a quantificação de área gerada e me perguntei: É isso? Essa é a área de mangue dos manguezais de Guaratiba que será utilizada por todos os integrantes do laboratório e outros setores da sociedade que veem no NEMA/UERJ uma referência no estudo de manguezais?! Eu constatei que aquele mapa, feito por mim principalmente por edição manual, era agora um fato. O mapa seria apresentado em congressos, usado em artigos e cálculos e na sua apresentação e apropriação, ele não contaria que foi feito por uma pessoa com menos de 1 ano de experiência em sensoriamento remoto e que não sabia conceitualmente o que era resolução espacial. Ele não contaria que não sofrera nenhum tipo de validação (por desconhecimento de sua autora do que era validação!). A verdade era que o mapa tinha sido feito, os ecólogos acreditavam nele. Tanto o mapa como a área mapeada eram fatos. Lembro que estremei com

¹⁷ O que chamo de ecólogo incorpora, na verdade, outros cientistas que se decidam ao estudo do ecossistema, como por exemplo oceanografia, etc.

essa constatação, tive uma agonia que me acompanhou até o ponto de enxergar as conexões e a teoria que o explicasse. Esse aperto foi a primeira fonte de incerteza de que a maneira que o mapa era visto pelos pesquisadores a quem mostrei o mapa, não era para mim a maneira que ele devia ser visto.

Outro momento que demonstra a incerteza de como vemos e analisamos o mundo, ocorreu durante o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), realizado na cidade de João Pessoa em abril de 2015¹⁸. Durante a apresentação da “Plataforma Google”, a palestrante falava na nova tecnologia para mapeamento do desmatamento da Amazônia, descrevendo o quão veloz e eficaz são os novos softwares para mapeamento - Em tempo Real!! - da perda de áreas florestadas. Em certo momento foi projetado na parede um slide com a frase: “Quando uma árvore cai, ela não só faz barulho, ela aciona um computador que registra sua queda”. Tal afirmação me trouxe à tona o questionamento do que era mais importante para a palestrante e a empresa que ela representava. Se era a queda da árvore, o computador, o software que registra sua queda ou, o mapa que é gerado. E se é a velocidade do registro ou a sua certeza. O que era mais importante?

Provavelmente, para muitos, o mapa gerado era o mais importante porque pode ser usado pelos órgãos ambientais para o monitoramento e prevenção do desmatamento. Sendo vendável e lucrativo. Portanto, importante para a Google e para os órgãos.

O software, como meio para se realizar o mapeamento, pode ser considerado tão importante quanto o mapa. Afinal, o mapeamento é feito quase em tempo real e, “a queda da árvore não existe se ela não for mapeada”.

Através dos seus discursos, aparentemente, para as pessoas do evento científico, os softwares e seus mapas são os mais importantes, afinal, “a árvore já caiu”. O porquê da queda é assunto para outro evento acadêmico, assim como discussão de como remediar a queda. O importante, é que a queda agora é passível de ser mapeada com rapidez!

No evento ninguém questiona se há dados *in situ* e quais as referências para os modelos para estimativa de biomassa das florestas, por exemplo. Isso porque enquanto no SBSR as perguntas são em relação à técnica de mapeamento, em outro congresso as perguntas serão sobre o estoque de carbono, o desenho amostral das parcelas de estrutura vegetal e o modelo alométrico para estimativa da biomassa vegetal e do estoque de carbono. Como se fossem mundos diferentes. Um para o estudo dos mapas, outro para o estudo das florestas.

¹⁸Em meio às leituras de teoria Ator-Rede, os acontecimentos corriqueiros eram mais evidentes para mim como reflexo da dimensão moderna.

Entre os dois mundos pode haver uma ponte, mas ela provavelmente se assemelha a uma passarela de pedestre, onde passa uma pessoa por vez e em uma direção. Isso é verificado por que há abordagens multidisciplinares nos dois laboratórios. Mas será que realmente fazemos um trabalho transdisciplinar, ou simplesmente trocamos poucas informações sem abalar os pilares da instituição moderna? As práticas científicas ouvem e consideram (igualmente) todas as vozes? E quando se realiza um mapeamento, ele representa a realidade de qual grupo? Ele representa realmente alguma realidade?

Assim como descrito para o carbono por Fernandez (2014) em sua tese, no caso do mapa podemos dizer que frente ao nítido papel (e ontologia) multidisciplinar do mapeamento, e também do Geoprocessamento, a discussão sobre mapeamentos de manguezais e uso das geotecnologias para análise dessas florestas poderia seguir dois caminhos¹⁹.

Um caminho para a tese seria o de reforçar as bases científicas do Geoprocessamento, reafirmá-lo como ciência e dizer que seus conhecimentos são o mais importante para qualquer análise espacial e sua devida representação. Que hierarquicamente sua importância se equipara, talvez, somente às bases cartográficas. Nessa saída condenaríamos os ecólogos puros e a ideia que as bases ecológicas e o conhecimento vertical sobre os elementos naturais são o mais importante para sua correta análise espacial.

Uma outra saída seria optar por defender a heresia que se é tentar mapear ecossistemas sem o profundo conhecimento desse ambiente. "Que se a pessoa se propõe a mapear esse ambiente", não importa o quanto eles sabem de outra área "como assim ele não sabe de mangue²⁰"? Que o geoprocessamento é só um conjunto de técnicas, não é necessário pensar, só copiar passo a passo o que está em determinado artigo! Afinal, "Geotecnologia é meio, Biologia é fim".

A adoção de um dos dois caminhos reforçaria a separação em natureza e cultura, fato e valor, apontadas por Latour (1994) e tão praticadas a partir da ótica moderna.

No primeiro caminho a falta de conhecimento, ou até mesmo a falta de consideração e valorização por parte dos ecólogos sobre Geoprocessamento e mapeamento seria o problema. E talvez por isso, laboratórios com pessoas que creem (até sem saber que creem) e seguem esse caminho fazem amostragens, classificações ecológicas da floresta, arranjo das áreas a serem analisadas pensando somente no aspecto ecológico e não considerando o aspecto de

¹⁹Na verdade, ambos os caminhos foram adotados pela autora durante a jornada acadêmica. Até que se chegasse ao "caminho do meio".

²⁰Muitas dessas afirmativas já foram pensadas por mim, em diversos momentos da construção da vida acadêmica. Em fases mais inseridas no laboratório de Geoprocessamento, pensava o quanto era importante, e os ecólogos (que querem mapas!) deveriam saber disso. Em outros momentos, indo mais a campo e estudando a floresta, pensava, como eles não sabem da Floresta?

análise espacial ou mesmo em sua aplicação política. Afinal, eles que devem pensar em como considerar os aspectos ecológicos. Mas não se quer aqui, inflamar essa crítica.

Ao nos virarmos para a segunda via podemos cair na armadilha de acharmos que as técnicas de aquisição de dados e as interpretações das imagens nos mostram o principal. Que, mesmo que haja um enfoque multidisciplinar, há uma importância maior do caráter geográfico.

Cada um desses caminhos é hierárquico e competitivo, como uma competição de cabo de guerra entre dois grupos, onde o prêmio (pendurado no meio do cabo) é um mapa, que hora fica mais para a direita, por imprimir mais as questões geográficas ora, por refletir com mais esmero os aspectos biológicos, tomba para a esquerda.

Essa dicotomia é considerada por alguns, consequência da modernidade. Latour (1994) expõe que a dita modernidade (que institucionalizou diversas ciências estudadas atualmente) fragmentou nossa percepção do mundo. Que nosso mundo é separado em polos, seus nomes podem ser natureza e cultura, ou tantos outros que destacam as dicotomias verificadas ao "tirarmos os óculos da modernidade e colocarmos o da teoria Ator-Rede"²¹.

Segundo a ótica não-moderna a separação em polos realizada pelos modernos fez com que se proliferassem os objetos híbridos de natureza e cultura (LATOURE, 1994). Eles emergem porque os polos separados não dão conta de estudar a realidade, e alguns objetos se encontram entre os polos. Eles não podem ser estudados fragmentados (embora sejam), uma vez que interagem, modificam e são modificados por atores. Eles muitas vezes não são considerados por estudos feitos pela ótica moderna. É da modernidade que emerge a crise civilizatória que nos encontramos.

Outros autores também apontam essa crise. Capra, por exemplo, (1998) caracteriza uma crise de ideias. Em suas palavras,

(...) Nenhum deles [intelectuais do mundo moderno], entretanto, identificou o verdadeiro problema subjacente à nossa crise das ideias: o fato de a maioria dos intelectuais que constituem o mundo acadêmico subscrever percepções estreitas da realidade, as quais são inadequadas para enfrentar os principais problemas de nosso tempo. Esses problemas, como veremos em detalhes, são sistêmicos, o que significa que estão intimamente interligados e são interdependentes. Não podem ser entendidos no âmbito da metodologia fragmentada que é característica de nossas disciplinas acadêmicas e de nossos organismos governamentais. Tal abordagem não resolverá nenhuma de nossas dificuldades, limitar-se-á a transferi-las de um lugar para outro na complexa rede de relações sociais e ecológicas".
Ponto de mutação (CAPRA, 1998, p.23).

²¹ A metáfora dos óculos como objeto relacionado a adoção da teoria (e por isso da ótica) não moderna, foi apresentada pela Professora Fátima Branquinho e magistralmente adotada por Fernandez (2014). E como é um artifício simples e inteligente de diferenciar as duas percepções (moderna e não-moderna), a mesma metáfora será adotada nessa obra.

Retornando às duas saídas óbvias (na ótica moderna) descritas para se estudar o mapa, percebemos que elas seriam adotadas por aqueles que veem pela lógica moderna e por isso, separam objeto e sujeito; razão e emoção; natureza e sociedade; humanos e não humanos; científicos e políticos; fato e valor. Tais dicotomias estão tão engendradas no mundo, que a fragmentação é intensificada ao longo dos anos, e se apresentam das mais diferentes formas para aquele que usa os óculos da modernidade. Nessa perspectiva o mundo moderno se revela como um fractal²², onde dicotomias são observadas a cada escala de análise. Logo, há a dicotomia ciência X sociedade, mas há também dicotomias dentro do próprio polo ciência, como Ecologia x Geografia, ou ainda dentro de um polo ainda menor, entre Geografia, Geotecnologias e Cartografia.

Então, como sair disso? Por que essa discussão não poderia nos levar a buscar o que está entre a disputa, o que é comum aos dois polos aparentes? Segundo Bruno Latour (1994), poderia nos levar a isso sim! Olhar o mapa como um híbrido, ousar descrever o mapa como Geográfico-Cartográfico-Ecológico é uma oportunidade para percebermos que a existência das dicotomias é apenas aparente, que jamais fomos modernos. Seguindo neste caminho, devemos sair das certezas produzidas pelos meios acadêmicos, para tentar observar algo diferente. Devemos tratar os conflitos no interior da sociedade humana, que a Ciência se propõe a resolver, como reflexos de um conflito epistemológico, ou seja, um conflito sobre a forma como construímos conhecimento sobre a realidade.

No trecho transcrito abaixo, Latour (2004) nos remete ao alerta de que a exclusão de aspectos para possibilitar a análise sob a ótica da ciência moderna pode ser encarada como um problema ético:

A cada vez que aparece um debate sobre os valores, aparece sempre uma extensão do número de participantes da discussão. Pela expressão: “Mas há ao mesmo tempo aí um problema ético!”, nós exprimimos nossa indignação ao afirmar que os poderosos omitiram ao levar uma consideração certas associações de humanos e não humanos; nós os acusamos de nos terem colocado diante do fato consumado, tendo tomado decisões muito rapidamente, em um grupo muito pequeno, com pouquíssimas pessoas; indignamo-nos por terem omitido, esquecido, proibido, renegado, denegado certas vozes que, se tivessem sido consultadas, teriam modificado consideravelmente a definição dos fatos de que se falam, ou que teriam dado à discussão um giro diferente (LATOURE, 2004).

Frente a isso, como prosseguir? Optamos por não escolher nenhum dos lados nesse cabo de guerra, mas o que faremos com o mapa? O que está sendo considerado? Será que certas vozes não foram ouvidas e, por isso, há aqui um problema ético? E se tentarmos ouvir

²² Figura que é formada por uma forma geométrica onde, cada parte da figura é composta pela mesma figura geométrica, e assim sucessivamente. Como um infinito de repetições geométricas.

essas vozes? E se tentarmos identificar os movimentos de humanos e não-humanos na rede sociotécnica do mapa? Assim, o mapa será, ele próprio, uma rede.

Tal qual sugerido por Latour (1994), vamos olhar "para baixo" e ver os "vários" mapas presentes nessa rede sociotécnica. Segundo o autor, em uma rede as coisas possuem, vários "modos de existência", às vezes pendendo mais para o polo (moderno) natureza, às vezes para o polo (moderno) sujeito/sociedade. A sua essência, percebida através da ótica não-moderna só pode ser alcançada se o objeto (a coisa) for considerado como possuindo uma ontologia geometria variável, ou várias ontologias. A sua análise deve, portanto, respeitar todos os "modos de existência".

Se não houvesse o aspecto cartográfico, o próprio mapa não existiria, (ou seria outra coisa, nunca saberemos) visto que é essa ciência a responsável pelas questões conceituais intrínsecas da atividade de mapear e já detalhadas no primeiro capítulo dessa seção. Então sim, obviamente o mapa é cartográfico!

Os mapas são relacionados à geoinformação, que seria a informação passível de ser georreferenciada, ou seja, localizada na Terra. A Geoinformação é o produto da pesquisa científica, como na Geografia, ciência que objetiva a análise de distribuição fenômenos localizados na superfície, ou seja, o estudo da Geosfera. Além disso, as técnicas de mapeamento mais utilizadas ultimamente, adotam em sua grande maioria, o sensoriamento remoto (seja imagem de satélite, fotografia aérea, dentre outras), necessitando do suporte de outros especialistas, também inseridos nos estudos geográficos. Por esses dois aspectos os mapas seriam cartográficos-geográficos. Mas é só? Segundo Castiglione (2003), o mapa se transformou em um sistema de informações geográficas. E como tal, deve ser capaz de representar múltiplas dimensões do espaço e tempo da temática a que se refere. Esse sistema pode dar origem a múltiplas representações estáticas (mapas) da realidade.

Quando nos voltamos mais especificadamente para o mapeamento de florestas, é evidente que eles possuem um aspecto biológico relacionado ao entendimento para representação do ecossistema. Entendimento tanto à distância, através dos sensores, como para levantamento *in situ* de dados de campo, indispensáveis para realmente estudar "o mundo real".

Pelo exposto, o mapa é cartográfico. Mas não só isso! Ele é geográfico. Mas não só isso! Então concluímos: ele é cartográfico-geográfico-biológico. Não, não só! O mapa é, pensando no aspecto disciplinar, além de cartográfico-geográfico-biológico!

Segundo Santos (2012):

O mundo é um só. Ele é visto através de um dado prisma, por uma dada disciplina, mas, para o conjunto de que une as diversas disciplinas, os materiais constitutivos são os mesmos. É isso, aliás, o que une as diversas disciplinas e o que para cada qual, deve garantir, como uma forma de controle, o critério da realidade total. Uma disciplina é uma parcela autônoma, mas não independente, do saber geral. É assim que transcendem as realidades truncadas, as verdades parciais, mesmo sem a ambição de filosofar ou teorizar.

Ou seja, mesmo que não queiramos filosofar ou teorizar tudo. Temos que enfatizar que as conexões e articulações feitas pelo mapa e apresentadas nessa tese, não dão conta de perceber todas as amarrações existentes. Deve-se para isso observar muito mais!

O mapa, além das articulações cartográficas-geográficas-ecológicas, também apresenta outras vertentes. São **econômicos**, uma vez que um dos objetivos de se mapear manguezais é o “acesso à produtividade” e assim eles são utilizados para a valoração do ecossistema (Fernandez et al., 2014); são **históricos**, ao verificar que Guaratiba (área de estudo dessa tese) só existe, provavelmente, porque teve um processo de ocupação diferenciado (detalhado em Almeida, 2010); são **medicinais** uma vez que trabalhos como Bhimba et al. (2010); Premanathan et al. (1999) estudam substâncias presentes em espécies de mangue para combate de doenças e, um dia, uma mapa pode definir as áreas de ocorrência de determinadas espécies. O mapa também possui um caráter político, já que a partir dele são tomadas decisões e definidas várias medidas. O mapa ao fim, é tudo que representa e tudo que envolve sua elaboração e sua utilização. Ele é antes, durante e depois. São tantas as conexões que uma tese não dá conta de descrevê-las, um olhar não dá conta de perceber. Mas todas as conexões estão aí, passíveis de serem descritas e cartografadas.

5.4 Os mapas são...os procedimentos para sua elaboração

Para que qualquer mapa seja elaborado são necessárias algumas transformações que são denominadas transformações cartográficas. Essas transformações são definidas como o conjunto de processos que possibilitam a elaboração de mapas. Ou seja, que viabilizam a representação cartográfica de dados e fenômenos espaciais.

Com o advento das geotecnologias²³, principalmente a adoção dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), algumas das transformações são realizadas automaticamente e se encontram “embutidas” nos dados utilizados em diversas análises. Até dados gráficos,

²³São as tecnologias envolvidas no Geoprocessamento.

como os elementos presentes nos capítulos 1 e 2 dessa tese, foram produzidos a partir dessas transformações, mesmo que as vezes elas sejam de total desconhecimento do analista.

É importante esse destaque para a disponibilização de qualquer dado/fenômeno encontrado na superfície do planeta de maneira gráfica (por imagem, linha, ponto ou polígono), algum tipo de transformação foi realizado. Isso porque um mapa mostra uma incompleta e seletiva visão da realidade. “Mentir com mapas não é só fácil, mas essencial” (Monmonier, 1991, p.7).

Os tipos de transformações para a elaboração de material cartográfico podem ser divididos, segundo Menezes e Fernandes (2013), em três categorias: **geométricas, projetivas e cognitivas**.

As transformações geométricas são aquelas responsáveis por relacionar em coordenadas (no mapa) os fenômenos observados, estudados e analisados na superfície terrestre. Elas dizem respeito basicamente à escala e ao sistema de coordenadas. A escala refere-se ao tamanho utilizado para a representação do mundo real, sendo definida como “a relação entre a dimensão representada do objeto e sua dimensão real” (MENEZES; FERNANDES, 2013). Mesmo sendo um artifício diretamente relacionado à proporção e principalmente atribuído à área de mapeamento, sua importância na geração de diversos mapas, como os temáticos, está não só na área a ser representada, mas no detalhamento dessa representação. Isto porque a escala, juntamente com as transformações cognitivas, determina como, e em que grau de generalização um certo fenômeno será mapeado. Essa relação entre escala e generalização, será explorada, nesse texto, quando mencionarmos as transformações cognitivas.

Além das transformações escalares, a transformação relacionada ao sistema de coordenadas também compõe o grupo de transformações geométricas. É através de um sistema de coordenadas (geográficas) que um objeto presente da superfície do planeta pode ter a especificação que o torna único: sua posição. E, é só a partir do sistema de coordenadas, que há uma transposição coerente entre o ordenamento no real e sua relação no mapa.

O sistema de coordenadas está arrolado ao sistema geodésico, isso porque, assim como relatado por Menezes e Fernandes (2013) em cada sistema de referência um mesmo objeto possui coordenadas diferentes. No caso dos produtos cartográficos, existem basicamente os sistemas de coordenadas planos (normalmente em metros) e os sistemas de coordenadas geográficos (em graus, minutos e segundos). A adoção equivocada de dados provenientes de sistemas geodésicos distintos num mesmo projeto pode ocasionar problemas sérios na interpretação e análise do espaço.

Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra são utilizados os Sistemas de Referência Terrestres ou Geodésicos. Estes por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas. As coordenadas podem ser apresentadas em diversas formas: em uma superfície esférica recebem a denominação de coordenadas geodésicas e em uma superfície plana recebem a denominação da projeção às quais estão associadas, como por exemplo, as coordenadas planas UTM. Define-se por Sistema Geodésico Brasileiro - SGB - o conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Em outras palavras é o sistema ao qual estão referidas todas as informações espaciais no Brasil.

As transformações projetivas são interligadas através do modelo terrestre estabelecido pelas coordenadas esféricas de latitude e longitude, bem como da figura geométrica da superfície terrestre, elipsoide ou esfera. Ou seja, são as projeções as responsáveis pelas transformações entre o mundo real (superfície terrestre) para uma representação plana (no caso dos mapas).

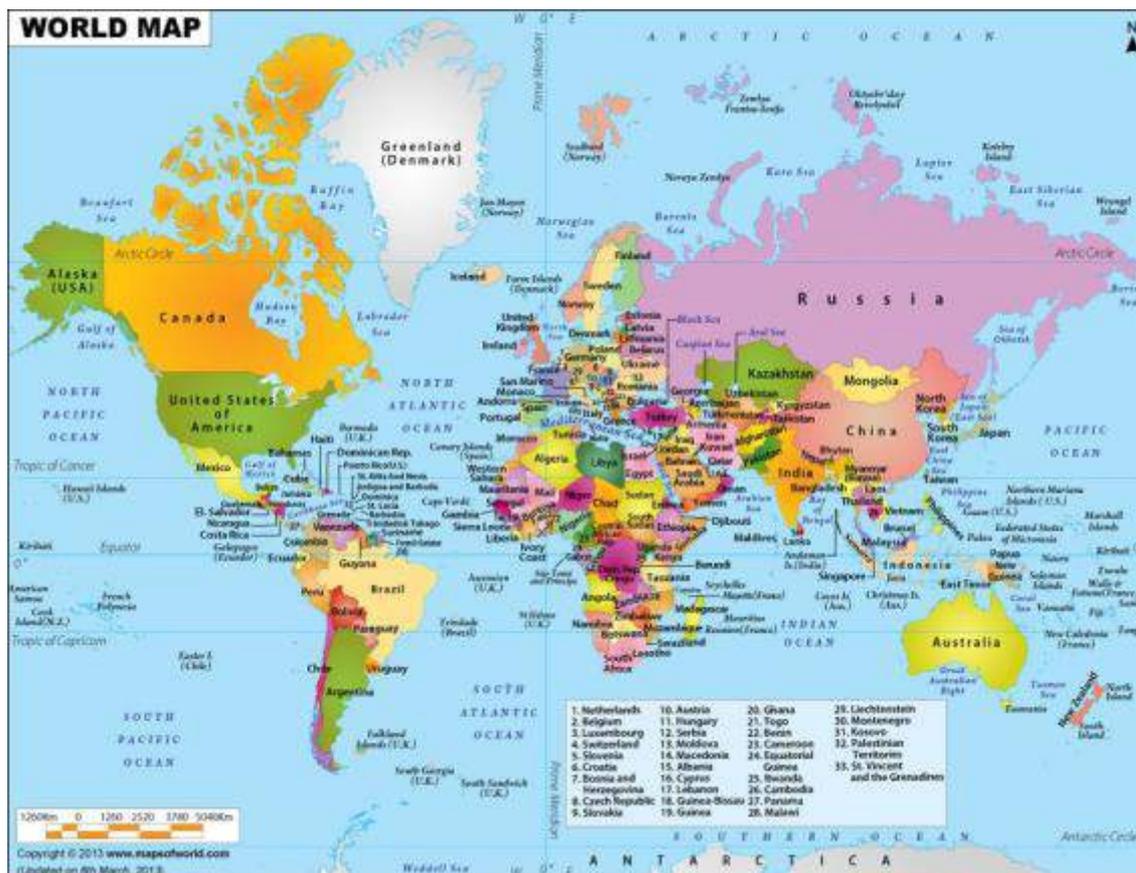
Segundo Menezes e Fernandes (2013), a projeção caracteriza um processo de transformação cartográfica em que um sistema de projeção é adotado para que uma informação geográfica seja plotada em uma representação bidimensional plana e associada a um sistema de coordenadas característico desse tipo de representação.

Esse tipo de transformação é importante porque a mesma informação geográfica pode ser representada de diferentes maneiras dependendo das características e propriedades das projeções cartográficas utilizadas.

Assim como descrito por Menezes e Fernandes (2013) e Monmonier (1991), as projeções podem ser classificadas em equivalente, conforme ou equidistante. De maneira direta e resumida, as projeções equivalentes são aquelas que preservam as relações de área, enquanto as projeções conformes preservam ângulos e; as equidistantes preservam distâncias. Nenhum mapa consegue preservar as três características descritas. Cada qual preserva uma característica em detrimento a deformação das demais. Não só por isso, mas também, nenhum mapa pode ser considerado como representação exata da realidade.

Um exemplo bastante didático de como as projeções podem ocasionar distorções é quando analisamos a projeção de Mercator, muito utilizada na época das navegações por ser conforme. Nessa projeção (figura 49), que está usualmente presentes em atlas e livros didáticos, a Groelândia aparece com tamanho semelhantes ao da África, sendo que a Groelândia possui 2.160.000 km²e a África possui mais de 30.000.000 km².

Figura 49 - Mapa mundi na projeção de mercator



Fonte: World atlas, 2015.

As transformações cognitivas são aquelas que incorporam tanto o processo de simbolização com o de generalização dos fenômenos, cada qual com grande importância para a confecção de material cartográfico. Elas são aquelas sofridas pela informação geográfica, para que possa tanto ser passível de representação quanto de reconhecimento pelo usuário do mapa (MENEZES; FERNANDES, 2013).

A generalização é o processo de representação que simplifica adequadamente a informação cartográfica à escala e aos objetivos de um mapa (ICA, 1992 *apud* MENEZES; FERNANDES, 2013). Ou seja, um mapa é a representação reduzida de um recorte espacial, cuja redução é consequência primeiramente da escala escolhida. Mas para que tal redução seja feita os fenômenos presentes no referido recorte devem ser simplificados, omitidos ou reduzidos, ou seja, generalizados. A generalização é tanto maior quanto menor for a escala adotada²⁴ (ANSON E ORMELING, 1996). Segundo, Monmonier (1991) o valor de um mapa

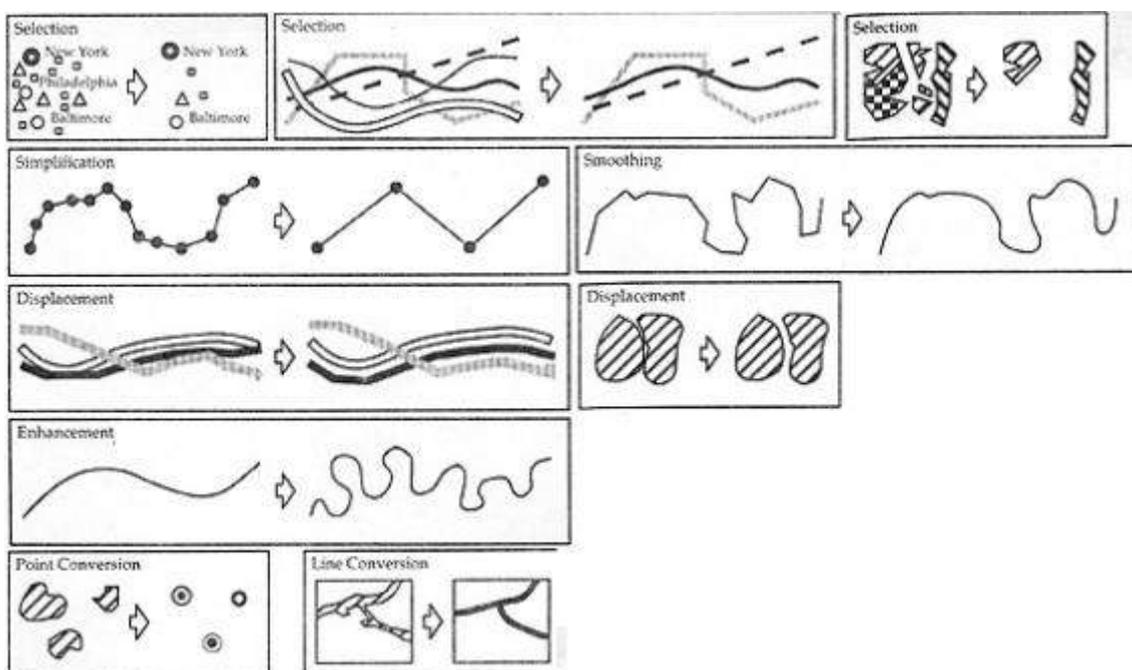
²⁴ Para a cartografia, uma escala maior, possui menor generalização e maior detalhamento, por isso representa uma menor área. Uma menor escala, em oposição, possui maior generalização, menor detalhamento. Nessa definição, um mapeamento feito na escala de 1:20.000 tem maior escala que outro realizado em 1:50.000.

depende da qualidade de sua generalização e que aspectos há nela. Outro exemplo do papel da generalização/simbolização é o mapa do metro, ele não se preocupa com a forma ou distâncias. Ele simplesmente traduz de forma simples o conteúdo necessário para o usuário final. Isso porque, o melhor mapa não é o que contém tudo, mas o necessário à compreensão do fenômeno. Mesmo que para isso se afaste da realidade.

A geoinformação pode ser observada e por isso representada (dependendo da escala adotada) como fenômeno pontual, linear ou de área. Cada um desses fenômenos depende de um tipo de generalização.

Assim como apresentado por Monmonier (1991), os fenômenos lineares podem sofrer 5 tipos de generalização: seleção, simplificação, deslocamento, suavização e realce; os fenômenos pontuais podem sofrer: seleção, deslocamento, associação, abreviação, agregação e conversão para área e; as feições de área: seleção, simplificação, deslocamento, suavização, realce, agregação, dissolução, segmentação, conversão para pontos e conversão para linhas (Erro! Fonte de referência não encontrada.50).

Figura 50 - Alguns tipos de generalização.



Fonte: Monmonier, 1991

Cada tipo de generalização alterará o dado original de uma maneira que ele já não é mais uma representação exata da realidade, mas atende aos objetivos do mapa que foi

idealizado. Esse conceito é imprescindível para os mapeamentos realizados atualmente, tanto, que tal enfoque será dado em momento oportuno.

A simbolização é um dos últimos processos realizados em um produto cartográfico e é importante porque “por descrever e diferenciar feições e lugares, símbolos cartográficos servem como código gráfico para armazenamento e recuperação de dados em um quadro geográfico bidimensional” (Monmonier, 1991). Logo, é através da simbolização que pontos são associados a cidades, cruzeiros a hospitais, linhas diferentes são associadas a diferentes estradas e cores específicas a feições detalhadamente descritas na legenda do mapa. Os símbolos são tanto pontuais como lineares ou poligonais e se relacionam segundo Monmonier (1991) a seis variáveis: tamanho, forma, valor, textura, direção e matiz. O processo de simbolização é imprescindível para que um mapa não seja poluído a ponto que não possa ser entendido. E também para que represente os fenômenos de interesse tão claro que a cognição possa facilmente “traduzi-los” em fenômenos presentes na superfície terrestre.

Mesmo que cada mapa apresente uma simbolização específica, o mapa, justamente por sua simbolização e seu papel cognitivo é universal, podendo ser entendido por qualquer pessoa, de qualquer país que tenha o mínimo de alfabetização cartográfica. Por sua potência informativa é que sua aplicação, geradora de mapas temáticos é amplamente utilizada nos dias de hoje.

Isso porque os mapas temáticos são um dos principais mapas utilizados atualmente, mapeamentos de solo, de uso e cobertura, de unidades de conservação, de desmatamento e regeneração de florestas, de conflitos ambientais, são todos mapas temáticos.

A Cartografia Temática surgiu, segundo Martinelli (2003), entre os séculos XVIII e XIX, a partir da sistematização da ciência e a especialização da Cartografia. Antes dela houve a visão estritamente topográfica, a focada nos aspectos políticos e até as visões religiosas.

Diferente da cartografia sistemática²⁵, onde o importante é o registro da localização de cidade e sistemas naturais, a cartografia temática não representa analogamente o que se “vê”. Diferente da representação política ela não representa só o que está dominado (ou o império); diferente da cartografia religiosa ela não registra só a história do antigo e novo testamento. A cartografia temática representa através de abstração, generalização e simbolização o que “se organiza”. Assim, mais importante que os elementos da paisagem e sua localização, o

²⁵ De acordo com as normas da legislação cartográfica (decreto-lei n.º 243/67), a cartografia sistemática tem, por fim a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas, elaboradas seletiva e progressivamente, consoante prioridades conjunturais, segundo os padrões cartográficos terrestre, náutico e aeronáutico.

prioritário são os grupos e a organização em fenômenos espacialmente mapeáveis. Por isso, é essa cartografia que mais depende das transformações cognitivas.

Segundo Lacoste (1976) o mapa temático reporta certo número de conjuntos espaciais resultantes da classificação dos fenômenos que integram o objeto de estudo de determinado ramo específico, fruto da divisão do trabalho científico. Esses conjuntos espaciais seriam abstraídos, analisados e agrupados a luz de um tema específico: O tema que se pretende mapear. Assim, em um recorte espacial podem ser feitos tantos mapas temáticos quanto fenômenos ou características passíveis de serem observados.

Outra definição de cartografia temática é a de que:

Ela é a ciência da representação e do estudo da distribuição espacial dos fenômenos naturais e sociais, suas relações e suas transformações ao longo do tempo, por meio de representações gráficas em mapas - modelos icônicos - que reproduzem este ou aquele aspecto da realidade de forma gráfica e generalizada (SALICHTCHEV, 1973).

Relacionado à essa citação, Martinelli salienta que: "Se a cartografia pretende representar e investigar conteúdos espaciais por meio dos citados modelos icônicos, não poderá fazê-lo sem o conhecimento da essência dos fenômenos que estão sendo representados nem sem o suporte das ciências que os estudam." Ou seja, dentro da Cartografia Temática, o "elaborador do mapa" deve ter conhecimento mínimo sobre o fenômeno que ele pretende cartografar. Através dessa máxima, pode-se induzir que o inverso também é verdadeiro. Não se deveria elaborar mapas sem conhecimento mínimo da "ciência de cartografar".

Na atualidade, o mapa temático é tão importante quanto os mapas de base ou sistemáticos. Temos mapas temáticos em todos os lugares. No museu que entramos, no mapa turístico que usamos, no mapa da área de estudo de um artigo acadêmico. A maioria dos ramos da academia utiliza corriqueiramente os mapas temáticos e dificilmente tem consciência de como eles são elaborados e, qual o arcabouço "teórico-cartográfico" intrínseco a eles. Por isso, existem mapas carregados de erros que comprometem seus resultados e sua utilização.

Segundo Martinelli (2003), a evolução da ciência para a criação dos mapas temáticos é baseada em certos paradigmas, como os da Teoria Matemática da Comunicação, Semiologia, Coremática, Transformação Cartográfica e Visualização. Além dos paradigmas, o mapeamento temático apresenta uma base conceitual por trás do saber cartográfico, um dos pilares dessa base seriam a Cognição e análises (TAYLOR, 1994) relacionadas ao processo de simbolização. A Cognição se relaciona à atividade cerebral de reconhecer padrões e relações espaciais mediante imagens mentais que se constroem desses padrões (PETCHENIK, 1995

apud MARTINELLI 2003). Sendo a cognição relacionada à pessoa que faz o mapa, seu resultado é condicionante às características dela. Ou seja, seu arcabouço de cultura, formação, etc. Um mapa, como um quadro não é só a representação do que é visto, mas também de quem faz a representação. As relações espaciais podem estar na superfície estudada, mas só pode ser registrada através da interpretação de alguém, que por sua vez, possui uma série de características (culturais, sociais, filosóficas e ideológicas), as quais de alguma maneira são expressas ou influenciam o mapa elaborado. Por isso o usuário do mapa, sempre deve ficar atento, assim como exposto por Monmonier (1991):

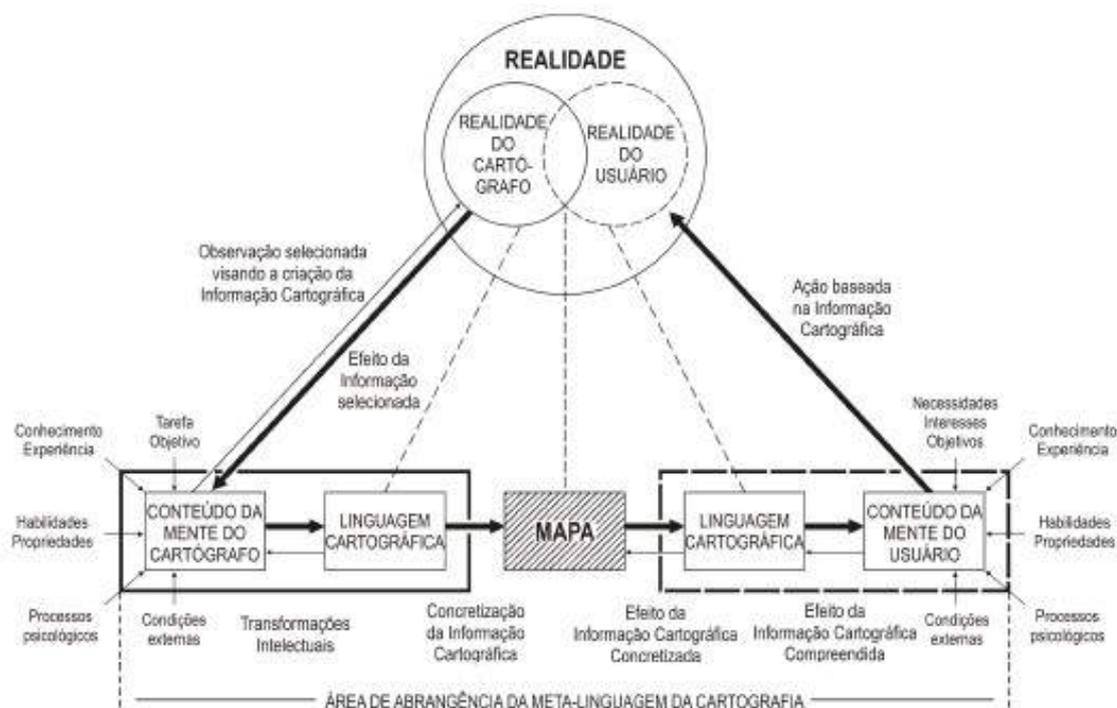
Mostrando como mentir com os mapas, eu quero fazer os leitores ficarem atentos que, como discursos e pinturas, são coleções de informações feitas por alguém e também estão sujeitas a distorções decorrentes de ignorância, ganância, cegueira ideológica, ou malícia (MONMONIER, 1991, p. 2)

Essa “leitura da realidade” e sua representação cartográfica são importantes e devem ser analisadas com atenção porque elas são o pilar fundamental para a elaboração de qualquer mapa. Isso porque, se os produtos cartográficos são meios de comunicação, eles, como qualquer meio de comunicação, possuem um emissor e um receptor da mensagem. No caso dos mapas, os receptores são os usuários, enquanto os emissores são as pessoas que elaboram os mapas.

Esse sistema de comunicação assume uma característica monossêmica, que exige uma facilitação na comunicação de ideias de acordo com a capacidade cognitiva do usuário. Na realidade, de uma forma simplificada, o sistema de informação está restrito ao mundo real, ao cartógrafo e ao usuário, gerando três realidades distintas, como se fossem conjunto separados. Quanto maior a interseção dessas realidades, mais próximo se chega ao mapa ideal para a representação de um espaço geográfico em qualquer dos seus aspectos (MENEZES; FERNANDES, 2013, p. 43)

Inúmeros são os esquemas de representação cartográfica (MENEZES & FERNANDES, 2013). Todos, assim como o apresentado na figura 51, apresentam o mundo real como *locus* da realidade a ser apresentada (logo, fonte de dados); o cartógrafo como intérprete e representador dessa realidade e; o usuário como leitor do mapa (que e é considerado uma representação da realidade).

Figura 51 - Sistema de comunicação da informação cartográfica.



Fonte: Kolácny 1997.

Além da variação de percepção da realidade atribuída à pessoa que realiza o mapa e faz a cognição e representação dos fenômenos estudados, existem ainda outros fatores atualmente que fazem com que cada mapa seja único. Esses fatores se relacionam às fontes de informação utilizadas.

Para o mapeamento de florestas de mangue, um dos avanços que contribuíram para aumento na prática de se mapear, foi o sensoriamento remoto, que como fonte de informação, também influencia no mapa final.

5.4.1 O advento do sensoriamento remoto (sr) e seu papel como fonte e análise do mundo

Antes do advento das geotecnologias e do desenvolvimento do geoprocessamento (principalmente as fotografias aéreas e imagens orbitais), a elaboração de mapas era baseada em dados primários e secundários levantados por outras técnicas *in situ*. Os dados primários eram adquiridos através de expedições científicas para catalogar e descrever lugares no território. Já a aquisição de dados secundários era feita através da descrição presente em

outras obras ou outros mapas. Esses por muitas vezes eram utilizados como única fonte de dados para a elaboração de um mapa.

É importante destacar que por muito tempo, a elaboração de mapas era restrita a cientistas específicos que estudavam e realizavam somente esse ofício. Além disso, o mapa era um objeto custoso e seletivo. Vários são os relatores de imperadores e reis que contratavam seleto grupo para realização de mapas do seu império ou reinado.

Ao longo da história o mapa deixa de ser um símbolo de poder, um troféu, e passa a ser uma fonte de conhecimento. Na época das navegações, como já descrito, o mapa se transforma em ferramenta fundamental para o transporte marítimo, mas ainda é direcionado ao grupo específico. Após a criação das prensas, assim como relatado por Brotton (2014), houve grande popularização dos mapas, mas nada comparado ao vivido nos últimos 30 anos com a evolução das geotecnologias.

As geotecnologias podem ser definidas como “o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (ROSA, 2005)²⁶. Elas englobam as fotografias aéreas, receptores de GNSS²⁷, imagens aéreas, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), programas para processamento de imagens digitais, Laser Scanner, entre outros.

No âmbito do mapeamento temático, uma das técnicas mais utilizadas de aquisição de dados da superfície terrestre é, sem dúvida, o Sensoriamento Remoto, que é definido como a técnica que permite obter dados de algum objeto ou superfície, sem contato direto com o mesmo. Tal aquisição ocorre por meio de plataformas terrestres, aéreas (aviões e balões) ou orbitais (satélites) (FLORENZANO, 2007).

A evolução dos sensores foi muito grande nos últimos anos. Tanto que, atualmente, podemos obter dados de relevo, temperatura, altura de copa de árvores, salinidade dentre outros. Logo, é inquestionável sua contribuição como fonte de dados. Isso porque proporciona dados de grandes áreas quase simultaneamente e, às vezes, de lugares de difícil acesso.

Segundo Florenzano (2007), a história do sensoriamento remoto nos remete à história da fotografia, a qual tem o exemplar mais antigo, datado de 1926. O responsável foi o inventor francês Joseph Nicephore Niepe, que largou o exército para se dedicar à evolução

²⁶ É importante destacar que no âmbito desse estudo, Geotecnologias e Geoprocessamento não serão usados como sinônimos. Enquanto Geotecnologia é “o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (ROSA, 2005), considera-se Geoprocessamento como a ciência que envolve a aquisição, armazenamento e manipulação da Geoinformação. Essa postura é evidenciada porque a autora acredita que adoção de Geotecnologias como fenômeno de Geoprocessamento enfraquece os embates políticos-científicos que existem “dentro da Geografia” para reconhecimento do Geoprocessamento como disciplina a ser estudada.

²⁷ Sigla para Sistema Global de Navegação por Satélite.

dessa técnica. Só após cerca de 30 anos dessa descoberta, a primeira fotografia aérea foi retirada, a bordo de um balão. Depois do ocorrido, estudos foram feitos para a evolução dessa técnica e disseminação dessa aplicação.

Mas paralelamente, balões já eram usados em 1860 para mapeamentos de tropas inimigas na Guerra civil americana. Na ocasião, fotografias aéreas não eram utilizadas e sim desenhos feitos por soldados representando a localização das tropas. Mas o que são os olhos, senão os primeiros sensores remotos que temos contato?

Voltando à relação entre Geotecnologias (principalmente o Sensoriamento Remoto) e a Cartografia Temática, seus avanços e disseminação alavancaram as práticas cartográficas e disseminaram a prática de elaboração de mapas até para aqueles pouco aptos a fazê-lo.

No mundo de hoje, com a globalização da tecnologia, tendo destaque na informática e nas telecomunicações, a cartografia conta com inúmeras contribuições consistentes para efeito do desenvolvimento. É patente a ampla difusão de mapas e de possibilidades para sua elaboração por parte do grande público, mesmo não havendo um adequado preparo (MARTINELLI, 2003, p.11).

As Geotecnologias emergem para modificar o espaço acadêmico-político-social da Cartografia e da Geografia, para interagir com essas áreas da ciência e modifica-las e, ao mesmo tempo, ser modificada. A geoinformação sempre esteve presente nas práticas cartográficas e geográficas, afinal, é o “objeto fim” dos estudos dessas duas ciências. Nessa rede, o Geoprocessamento e suas geotecnologias emergem para modificar as articulações relacionadas à manipulação, análise e representação dessa informação.

O problema está na aparente facilidade em se manipular e analisar a geoinformação. Nos atendo às imagens de satélites orbitais, elas aparentam ser tão fáceis de manipular, se assemelham tanto às usuais fotografias que sua transformação em mapas parece ser algo corriqueiro e sem pré-requisitos. Todavia, o tratamento dessas imagens para a geração de mapas, não só necessita de conhecimentos sobre o geoprocessamento, como da cartografia e também do fenômeno a ser analisado e representado.

A noção do fenômeno a ser analisado é imprescindível para que a informação representada tenha sido corretamente analisada e, não só isso, que para sua elaboração tenham sido consideradas outros saberes (sejam científicas, sejam das comunidades tradicionais).

O conhecimento sobre o Geoprocessamento é importante porque embora a imagem de satélite seja vista por alguns como reflexo da realidade, ela é só mais uma forma (técnica) de representação da realidade. Antes de me estender sobre as aplicações e os conceitos básicos inseridos na atividade de mapeamento através do SR e sobre as bases físicas do SR, acredito ser importante destacar as crenças e convicções arraigadas no fazer deste estudo.

Aqui, usa-se como referencial teórico o exposto por Jensen (2009) e também defendido por Lang e Blaschke (2009) ao posicionar o SR em relação às demais ciências. A aplicação do SR, como dito anteriormente, aumentou significativamente nos últimos anos, entretanto, muitos pesquisadores o entendem apenas como uma ferramenta, um método de estudo para sua ciência. Jensen (2009) acredita que sensoriamento remoto é uma ciência. Porém fala também que o SR pode ser considerado uma ferramenta, como a matemática é para alguns.

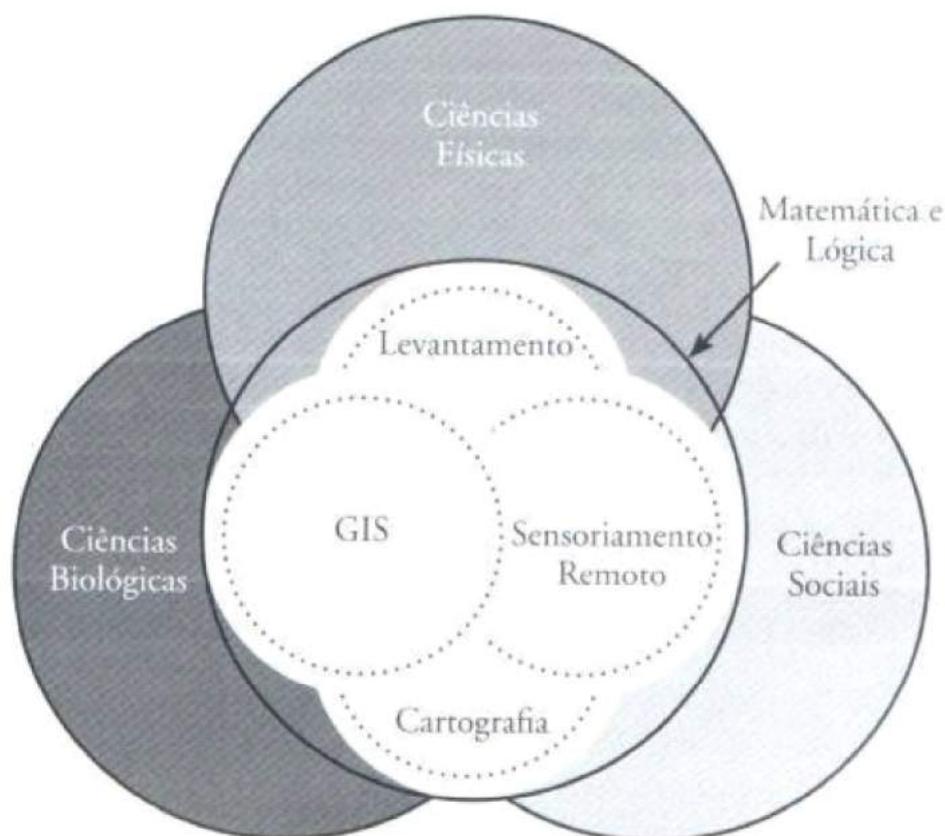
O uso sofisticado de sensores para medir a quantidade de energia eletromagnética que emana de um corpo ou objeto ou área geográfica, a distância e depois a extração de informação importante dos dados usando algoritmos baseados em matemática e estatística é uma atividade científica” (FUSSEL et al. 1986 apud JENSEN 2009).

Ainda segundo Jensen (*op.cit.*), há estágios de desenvolvimento de uma disciplina científica, estando o SR na parte central de sua curva de desenvolvimento. Mesmo que ainda pouco consolidada, por sua complexidade, pesquisa, e aplicação de métodos em seus desenvolvimentos ela pode ser considerada uma ciência.

Também Lang e Blaschke (2009) defendem que há todo um aparato científico por trás da utilização das tecnologias e Sistemas de Informação Geográfica, tendo esta as características de uma (jovem) ciência. Por essas características, autores como Fitz (2008) defendem que o momento atual da Geografia é a de discussão e surgimento de novos paradigmas. Isto porque o geoprocessamento pode se tornar um novo ramo da Geografia (DOBSON, 1983), se consolidando como uma nova ciência (SEADRA, 1999), assim como ocorrido com a Cartografia.

Um dos aspectos incontestáveis é o caráter interdisciplinar do Geoprocessamento e suas geotecnologias. Neste contexto, mesmo sendo utilizada em estudos de outras áreas (biológica, física ou social), tem-se que ter atenção, pois nesse ambiente não há nenhuma disciplina superior, mesmo que haja sobreposição de conhecimento entre disciplinas (Figura 52). Todas as ciências devem ser tratadas com o mesmo grau de importância e seriedade, não havendo valorização de uma em detrimento das demais.

Figura 52 - Modelo de Interação entre as ciências de informação geográfica e as demais ciências.



Fonte: Jensen (2009)

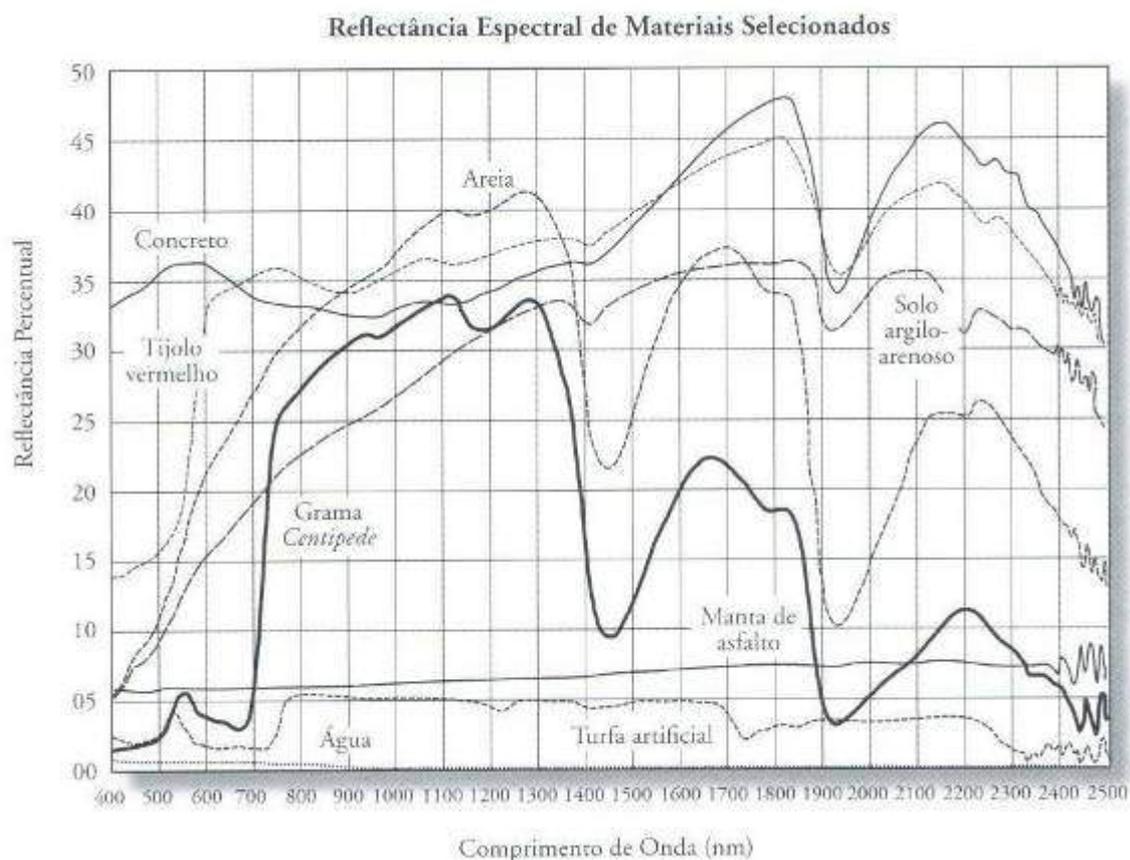
Os sensores remotos, segundo Fitz (2008), são os dispositivos capazes de captar a energia refletida ou emitida por uma superfície qualquer e registrá-la na forma de dados digitais diversos (imagens, gráficos, dados numéricos, etc.). Esses sensores podem ser classificados como ativos ou passivos. Uma maneira simples de diferenciar os dois tipos de sensores é que os ativos possuem uma fonte própria de energia, a partir da qual as medições são realizadas. Em oposição, os sensores passivos não possuem uma fonte de energia própria, utilizando nesse caso, a energia solar.

Cada alvo na terra possui uma assinatura espectral, comportando-se de forma diferente em cada faixa do espectro eletromagnético, em relação aos outros alvos (Figura 53). Esse comportamento distinto de cada objeto é o responsável pela identificação, através do sensoriamento remoto, dos diferentes elementos integradores de uma paisagem (JENSEN, 2009).

O conhecimento do desempenho da assinatura espectral na distinção de cada elemento integrador da paisagem é a chave para diversos mapeamentos temáticos e a análise de

diversas características inerentes aos objetos. Assim como exposto no capítulo II, sobre o comportamento espectral da vegetação.

Figura 53 - Resposta espectral de diversos alvos.

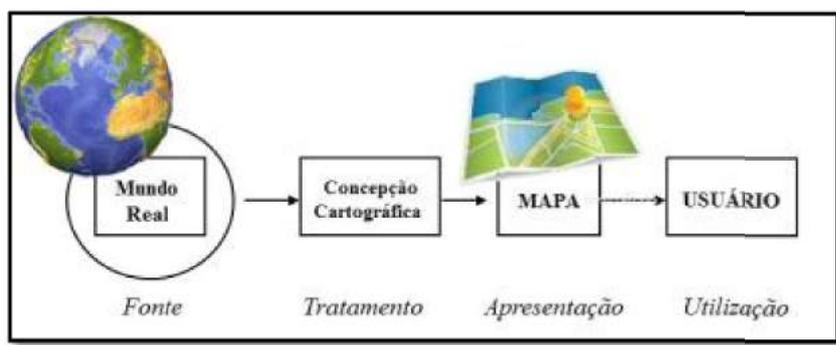


Fonte: Jensen, 2009.

Sendo assim, são os especialistas em sensoriamento remoto os responsáveis, com a ajuda de softwares de classificação de imagens de satélite, os responsáveis por interpretar as assinaturas espectrais de forma a entender a distribuição de alvos na superfície terrestre e transformar essa distribuição (interpretada) em um mapa temático. Ou pelo menos, em um arquivo vetorial em que os antigos alvos estejam agrupados em polígonos.

Com a efetiva incorporação do Sensoriamento Remoto como fonte de dados para o mapeamento temático, o sistema cartográfico apresentado por Menezes e Fernandes (2013) que apresenta o mundo real como a fonte de dados e a concepção cartográfica o tratamento do dado para a elaboração efetiva do mapa que deve ser representado (Figura 54) pode ser repensado.

Figura 54 - Sistema de Comunicação Cartográfica



Fonte: Adaptado de Menezes & Fernandes, 2013.

O Sensoriamento Remoto pode ser visto por alguns como mais uma forma de coleta e tratamento dos dados para a concepção do mapa e por esse aspecto ele está inserido na parte “Tratamento” do sistema apresentado. Contudo, o grau de interferência dessa técnica na leitura dos fenômenos sobre a superfície da terra é tanta que ele deve ter seu próprio destaque do processo de comunicação cartográfica.

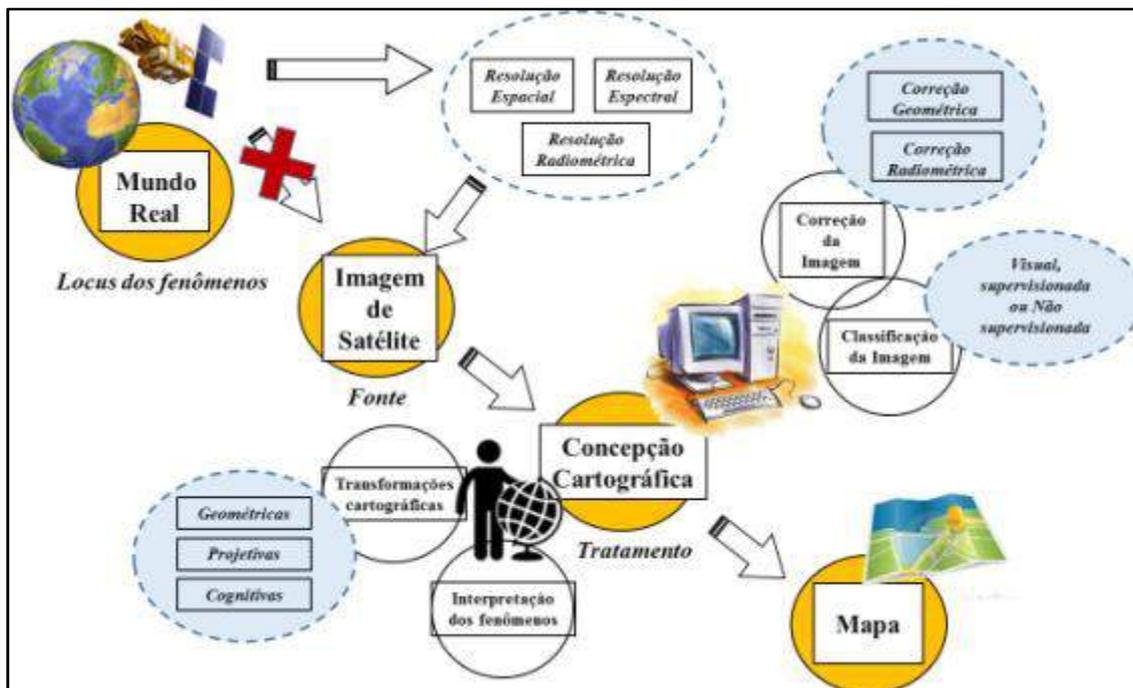
Sendo assim, propomos aqui uma *releitura* ao sistema de comunicação cartográfica (Figura 55), partiríamos do Mundo real, que com a consideração do Sensoriamento Remoto não é mais a “Fonte dos dados”, mas o *locus* dos fenômenos estudados e passíveis de serem analisados num caráter espacial.

Os satélites presentes no mundo real registram nas imagens os fenômenos²⁸. São eles a primeira representação da realidade presente no sistema cartográfico, mesmo que realizada por objetos (os satélites!²⁹). Tal representação da realidade pode ser de diferentes maneiras sem virtude das características do satélite que registra os fenômenos, seus sensores e suas imagens.

²⁸Em uma imagem, esse registro é um instante. Para a percepção de fenômenos, muitas vezes é necessário o uso de múltiplas datas.

²⁹Quase-sujeitos como será apresentado no item 4.6 do presente capítulo.

Figura 55 - Novo Sistema de Comunicação Cartográfica, considerando as imagens de satélite separadamente.



Assim como definido por NOVO (2010), são os sensores que convertem a energia proveniente dos objetos em imagens (no caso dos sensores imageadores), permitindo que a interação física (de radiância, emitância ou retroespalhamento), seja associada à assinatura espectral. As características básicas dos sensores e suas imagens são: a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A resolução espacial está ligada ao tamanho do pixel de uma imagem, sendo “a menor feição passível de detecção do instrumento em questão” (NOVO, 2001). Ela é a capacidade de distinção espacial do fenômeno na superfície terrestre, portanto, interfere na maneira do seu usuário “enxergar” o fenômeno.

É o número de bandas que um sensor mede e, a abrangência dessas bandas o considerado na resolução espectral. Ela é “a amplitude dos intervalos de comprimento de onda nos quais a radiação eletromagnética é registrada” (FONSECA; FERNANDES, 2004). A resolução espectral é fundamental para que a imagem registre mais do que os olhos humanos são capazes de ver. Isso porque os sensores medem a resposta dos objetos além da faixa do espectro eletromagnético chamada de “faixa do visível”, registrando em imagem características às quais sem essas imagens seríamos cegos. A resolução radiométrica descreve a habilidade do sensor em “distinguir variações no nível de energia refletida” (NOVO, 2010), sendo normalmente indicada em função dos Níveis de Cinza da imagem. Uma resolução

radiométrica de oito *bits* significa que o a imagem tem um leque de variação de 265 níveis de cinza ($2^8=256$) (FONSECA & FERNANDES, 2004).

Atualmente, existem vários satélites imageadores na órbita terrestre, cada qual com sensores de diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas. Além disso, por a imagem ser menor do que a superfície que ela imageia e, por representar em um só número (o do pixel) todos os objetos presentes naquela área, ela já realiza na sua elaboração duas das transformações descritas para a elaboração dos mapas: a transformação geométrica (escalar) e a de generalização. Sendo assim, pode-se dizer que as imagens, oriundas de diferentes sensores, são diferentes representações da realidade e influenciarão a elaboração do mapa final, pois cada imagem possibilita um tipo de leitura da realidade.

Ao voltar para o sistema cartográfico, que é baseado na imagem de satélite como fonte de dados, tem-se o tratamento do dado para que seja transformado em informação geográfica. Esse processo engloba tanto os processos relacionados ao tratamento e manipulação da imagem, como as etapas para representação dessas informações em um sistema bidimensional.

Em relação ao tratamento e manipulação da imagem, assim como se têm vários tipos de imagens de satélite considerando seus vários tipos de resolução, também existem vários processos de tratamento e classificação das imagens.

Para se realizar um mapeamento baseado em uma imagem de satélite, primeiro a imagem deve sofrer correções em relação aos erros inerentes à sua aquisição, tanto geométricos como radiométricos (NOVO, 2010). Após a correção é realizada a classificação da imagem, que é definida como “o processo de atribuir a um pixel em função de suas propriedades numéricas” (Novo, *op. Cit.*). O processo de classificação adotado pode ser o visual, o não-supervisionado e o supervisionado. Todos, seja na própria etapa de classificação, seja para a avaliação da classificação, necessitam do conhecimento do usuário pela área fenômeno e resposta espectral. É como se a classificação da imagem resultasse da interpretação do usuário daquele imageamento.

Isso porque embora a imagem e seus pixels representem os objetos distribuídos na realidade eles serão interpretados por um usuário e a leitura que será feita, dependerá dos objetivos, preconceito e ideologias que o usuário tiver, assim como descrito para o mapa. Do mesmo modo como Brotton (2013) afirma que “a ideia de mundo pode ser comum a todas as sociedades, mas diferentes sociedades têm ideias muito distintas do mundo e de como ele deve ser representado”. Para qualquer fenômeno, diferentes pessoas têm ideias e valores diferentes sobre os fenômenos representados.

O que se tem nesse processo todo, unindo tudo o descrito até aqui, é a criação de um objeto monossêmico (o mapa) a partir de outro polissêmico (a imagem), podendo então ser dito que são confeccionadas representações a partir de outras representações da realidade. Se a partir desse pensamento reavaliarmos os capítulos I e II, verificamos que há muito mais nuances e influências do que as expostas. O mapa se apresenta então, recheado de valores.

A imagem é um objeto polissêmico, onde o pixel possui vários significados (biológico, político, sociais) e sua transformação em objeto monossêmico, onde cada localidade é associada a somente uma feição registrada na legenda, depende dessa etapa de tratamento dos dados.

Além do conhecimento sobre os fenômenos e as etapas de correção e classificação da imagem, o conhecimento cartográfico relacionado a suas transformações ainda é imprescindível. Sem elas, um produto cartográfico além de possuir severos erros de representação, pode não ser entendido (ou ser erroneamente interpretado) pelo usuário do mapa, o que causaria sua inutilidade. Então, dentro do sistema de comunicação cartográfico estão também as transformações cartográficas.

Uma questão importante é que com a disseminação das geotecnologias e com a popularização do trabalho com sensoriamento remoto, algumas das etapas descritas são eventualmente negligenciadas ou realizadas sem o mínimo de cuidado e considerações necessárias. Sobre isso Castiglione (2003) relata que:

A nova complexidade do espaço chamou mais a atenção da sociedade para as representações deste e, neste aspecto, a resposta do geoprocessamento, inclusive por conta de uma primeira impressão lúdica que ele traz aos neófitos, possibilitou um grande movimento de popularização das representações do espaço. Esse é sem dúvida um fato novo, que se insere na ambiência e no espírito pós-moderno, que aduz um apelo comercial que de forma alguma existia na cartografia convencional. Não há nada de essencialmente pernicioso na difusão que o geoprocessamento vem experimentando. Há apenas a preocupação de que esta demanda comercial acabe por, em algum momento, interferir no processo de seu desenvolvimento científico, ao privilegiar abordagens mais simplistas e comercializáveis (CASTIGLIONE, 2003, p. 43).

Quando se inicia uma empreitada onde a necessidade clara é o que se quer mapear, todo o resto são incertezas. Isso porque o que se tem na cabeça é somente a legenda final do mapeamento, são os fenômenos que se quer representar.

Assim, começa-se uma jornada com uma ideia que para sua concretização várias escolhas devem ser feitas, cada uma delas interferindo no mapa ao qual será relacionado a legenda idealizada. É como no início tivéssemos uma sacola de compras vazias, e ao longo do trajeto colocássemos elementos necessários para a elaboração do mapa. Que imagem será usada? Que tipo de correções serão feitas? Como elas serão realizadas? Qual processo de

classificação será adotado? Qual a escala do mapeamento? Cada uma das respostas, assim como cada um dos conjuntos de combinações resultará em um mapa diferente.

As respostas a cada uma das perguntas, os itens “colocados nas sacolas” nem sempre se dão com base na eficiência científica, às vezes não se tem, por exemplo a melhor imagem, mas a mais barata, ou a conseguida através de um convênio. Não se escolhe a classificação que se quer fazer, mas aquela que se sabe fazer, ou aquela permitida pelo software que se tem no laboratório de pesquisa. São inúmeras as conexões presentes num ato de mapear e, se não se pode ter controle de todas, é imprescindível pelo menos seu reconhecimento.

No caso do Capítulo I, por exemplo, a imagem IKONOS foi a adotada, por ser a imagem de alta resolução mais barata que existia na época de sua execução (mais detalhado no capítulo IV). Do mesmo modo, que o uso das imagens SPOT (do capítulo II) surgiu em virtude de uma parceria do NEMA com a Planet Action, uma ONG francesa vinculada a empresa responsável pelos satélites SPOT. Ou seja, o que foi colocado na sacola de compras nesses dois capítulos, transcende as descrições técnicas e metodológicas.

Além disso, no processo cartográfico apresentado, os fenômenos são representados a partir de uma classificação que tem como premissa as percepções das pessoas que elaboram o mapa. Tal conhecimento pode ser “mais cartográfico” ou “mais ecológico”, no caso do mapeamento de manguezais e a influência de cada um desses polos, também resulta em diferentes mapas.

Nesse sentido, o mapa é cada uma das etapas, produtos e processos presentes em sua elaboração. Além de serem também as conexões realizadas para que cada um dos produtos fosse adquirido ou que interferiram na escolha de um dos processos.

5.5 Os mapas são...as conexões nos laboratórios

Quando analisamos os laboratórios (instituições ou grupos) envolvidos nas tarefas de mapeamento, o mapa é visto a partir das conexões que ele faz dentro dos laboratórios. Por essa perspectiva vemos a dimensão social do mapa.

Segundo Latour (2012) existem duas abordagens muito diferentes sobre o “social”. Uma se tornou senso comum, e é a que mais utilizamos, ao dizer por exemplo que “tal questão” se identifica com uma abordagem socioambiental. Esse enfoque é adotado quando algo “não devia ser *“puramente”* biológico, linguístico, econômico” (Latour, 2012) mas sim,

influenciar a ordem social. A segunda abordagem, definida por Latour (2012) e adotada no âmbito dessa tese, considera o “social” não um domínio especial de observação, uma esfera específica, “Mas apenas como um movimento peculiar de reassociação e reagregação” (LATOURE, op. cit., p. 25). Em suas próprias palavras:

Segundo essa visão, o direito, por exemplo, não deve ser visto como algo explicável pela “estrutura social” além da lógica interna; ao contrário, sua lógica interna é que pode explicar alguns traços daquilo que faz uma associação durar mais e estender-se por um espaço maior. [...] A ciência não precisa dar lugar ao “quadro social”, moldado por “forças sociais” tanto quanto por sua própria objetividade, pois os objetos dela deslocam, eles próprios, qualquer contexto graças aos elementos estranhos que os laboratórios de pesquisa associam de maneira imprevisível (LATOURE, 2012, 25).

Sendo assim, o social não é uma esfera a ser considerada, por exemplo ao dizer que um certo projeto de pesquisa de doutorado é social porque “o produto gerado auxiliará projetos de conservação e restauração de florestas de mangue em todo o Brasil, com grande importância para o planejamento e execução de políticas públicas, podendo vir a incrementar, por exemplo, o mapeamento de uso e cobertura do solo dos Zoneamentos Ecológicos Econômicos”, como presente nesta tese. O social nesse texto é muito mais um movimento de associações.

Os mapeamentos elaborados nos capítulos I e II só puderam ser feitos pelas associações entre dois laboratórios: O Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA-UERJ) e o Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais (Lab. ESPAÇO – UFRJ). Eles emergiram de dentro dos laboratórios e, para entendermos as conexões envolvidas na territorialidade dos manguezais, é necessário olharmos dentro e fora de seu *locus* de produção. Para isso, seguiremos a primeira regra metodológica sugerida por Latour (2000) para seguir cientistas rumo afora que consiste em “Não tentarmos analisar os produtos finais, em vez disso, seguiremos os passos de cientistas e engenheiros nos momentos e nos lugares nos quais planejam esses produtos finais.” Vamos visitar os laboratórios envolvidos no mapeamento dos manguezais de Guaratiba, focando nos pontos mais evidentes para a construção da rede do mapeamento de manguezais. Sendo o objetivo o de relacionar as conexões dentro e entre laboratórios.

Os dois laboratórios foram criados com intervalo de um ano, sendo o ESPAÇO estruturado em 1996 e o NEMA do ano posterior. O primeiro, através da Professora Carla Madureira (na época, professora visitante do Departamento de Geografia da UFRJ) e o NEMA pelo professor Mário Soares (também então professor visitante, mas da oceanografia da UERJ).

Segundo Fernandez (2014) as primeiras atividades do Núcleo de Estudos em Manguezais focavam na descrição dos manguezais de Guaratiba (na caracterização estrutural da vegetação, monitoramento de salinidade na água intersticial) sem nenhum enfoque nas mudanças climáticas ou sequestro de carbono dessas florestas e sobre o enfoque da linha de Pesquisa “Ecologia do Ecossistema Manguezal”.

Nesse período inicial de criação do NEMA, destacam-se os trabalhos do Júlio Pellegrini (PELLEGRINI, 1996) e Fábio Corrêa (CORRÊA, 1995) sobre caracterizá-lo de apicuns e sobre nutrientes e retranslocação em mangue, respectivamente.

Ainda baseado em observações de Viviane Fernandez, em 2000 dois eventos importantes marcam a trajetória do laboratório. O primeiro foi a apresentação no 6th *International Wetland Symposium* dos resultados de nova linha de pesquisa, na ocasião foram legitimados pela comunidade científica os estudos relacionados as análises do manguezal com indicador de variações no nível do mar.

O segundo acontecimento foi o rompimento de um oleoduto da Refinaria de Duque de Caxias, que fez com que 1.300.000 litros de óleos fossem “derramados” na baía de Guanabara.

Na época, a então Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMADS) solicitou ao NEMA/UERJ uma avaliação dos danos causados aos atributos estruturais, funcionais e de dinâmicas da cobertura vegetal. Esse projeto, de alta importância e visibilidade, trouxe para o NEMA/UERJ a expansão da equipe, a possibilidade de levantamento de informação sobre a baía de Guanabara (...) e um aumento da produção científica do grupo (FERNANDEZ, 2014).

Em 2001 a Viviane (OLIVEIRA, 2001) defendeu a monografia sobre “monitoramento do ecossistema manguezal visando sua utilização como indicador de variações do nível médio relativo do mar e, o Filipe (CHAVES, 2001) a sua sobre caracterização estrutural, topográfica e de salinidade não só dos manguezais de Guaratiba, mas da restinga da Marambaia (FERNANDEZ, 2014).

Em 2002, Ana Margarida Portugal defendeu sua dissertação de mestrado sobre a resposta dos manguezais de Guaratiba frente a possível elevação do nível médio relativo do mar, isso com auxílio de fotografias aéreas (PORTUGAL, 2002). O trabalho, uma parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) teve participação do Professor Dalton de Morisson Valeriano. Para o georreferenciamento, processamento e classificação das imagens, foi utilizado o software SPRING. Essa foi a primeira experiência do NEMA-UERJ relacionada ao Sensoriamento Remoto.

No início de 2003 eu entrei para o NEMA-UERJ. Na época o laboratório ainda ocupava a mesma sala de 15,7 m², mas agora, o Mário já tinha seu próprio computador e os estagiários, 3 outros computadores. Até o final da minha graduação (em 2007), dois outros “projetos” impulsionaram as pesquisas do NEMA: O diagnóstico dos manguezais da baía de Guanabara frente a outro derramamento de óleo (através do tombamento de um trem na Ferrovia Centro-Atlântica) e, a elaboração do Laudo Biológico do Sistema de Caravelas – Nova Viçosa – BA, para a criação da Reserva Extrativista de Cassurubá. Outro projeto importante, no período, foi a construção do relatório sobre impactos ecológicos das mudanças climáticas e variabilidade de ambientes costeiro (*Ecological Impacts of Climatic Change and variability: Coastal Environments - Mangroves and Salt Flats*), por envolver cooperação internacional.

Em 2006, uma nova empreitada para se estudar as florestas de Guaratiba através de Sensoriamento Remoto se inicia com a minha monografia (ALMEIDA, 2007). Em reunião com o Mário, ele explica que gostaria que as análises feitas pela Ana Margarida (PORTUGAL, 2002) fossem realizadas em toda a região de Guaratiba e, que tivéssemos uma estimativa da área ocupada pelas florestas nessa região.

Se o fator indutor dos processos sucessionais observados fosse o mesmo a elevação do nível médio do mar, as áreas de apicum estariam sendo reduzidas com o avanço das florestas em todo o sistema de manguezais da baía de Sepetiba. Este padrão foi observado e, assim, descartamos a possibilidade de processos locais, como a dinâmica de meandros, estarem induzindo o que observamos nos monitoramentos da vegetação. Mais tarde, já no mestrado, Paula analisou oito imagens e corroborou que o processo de aumento das áreas de floresta e de diminuição das áreas de apicum não se dá de forma contínua e tem influência dos ciclos climáticos. Em períodos mais secos o avanço da floresta é menor do que em períodos úmidos e essa variação é mais marcada em regiões onde não existe um aporte de água doce continental, como na Restinga da Marambaia (ALMEIDA, 2010). De todo modo, houve aumento da área entre os anos inicial e final de observação. A área de floresta de mangue mapeada foi de 17,05 Km² em 1985, e de 20,88 Km² em 2006 (FERNANDEZ, 2014).

A monografia foi realizada através de uma parceria com o INPE, desta vez com o professor Milton Kampbel, o curioso aqui era que os métodos utilizados foram os mesmos da dissertação da Ana Margarida (PORTUGAL 2002). Mesmo os dois trabalhos tendo pouco mais de 5 anos de diferença. Ou seja, nossos métodos e motivos para medir plantas tinham evoluído, crescido, assim como as áreas monitoradas tinham se expandido, mas as técnicas de mapeamento eram as mesmas e, realizadas ainda da mesma maneira, somente através de parcerias.

A partir de relações sociais totalmente alheias à universidade tive conhecimento da Professora Carla Madureira da UFRJ e a convidei, com aval do Mário, para compor minha

banca de monografia. No momento da defesa, com os resultados apresentados e com as observações da Carla, constatou-se que sim, o sensoriamento remoto era um ótimo caminho para se estudar os manguezais, que só através dele poderíamos analisar a escala de todo complexo de Guaratiba. Mais ainda, considerar o aspecto temporal. Mas com esse estímulo, verificamos o quão atrasado estávamos em relação ao embasamento teórico dessa área da ciência. Foi nesse momento que o ESPAÇO integrou o mapeamento dos manguezais de Guaratiba.

Em 2008, o NEMA iniciou um projeto de Avaliação do Potencial de Florestas de Mangue como Sequestradoras de Carbono, através de parceria com a UFRJ, o CENPES (Centro de Pesquisas de Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello) e a Universidade Federal do Sergipe.

A rede temática de mudanças climáticas do CENPES tem por objetivo “entender o fenômeno das emissões de gases de efeito estufa e desenvolver rotas de sequestro de carbono, dentro do contexto de mitigação de mudanças climáticas, para disponibilizar as tecnologias para a Petrobrás”, conforme consta no sítio da PETROBRAS na internet (PETROBRAS, 2014).

O projeto objetivava quantificar o sequestro de carbono em todos os compartimentos da floresta e extrapolar a quantificação para todo o complexo de Guaratiba. Mas como seria feita a extrapolação espacial? Através do mapeamento dos manguezais e do detalhamento dos diferentes tipos de florestas³⁰. **O NEMA adotou então o mapeamento de florestas de mangue como uma das áreas de pesquisa do laboratório.**

Um exemplo da consolidação de parceria entre o NEMA e o ESPAÇO é o projeto INCT AmbTropic - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Ambientes Marinhos Tropicais, iniciado em 2012 cujo objetivo é “a avaliação de como a heterogeneidade espaço-temporal dos ambientes marinhos tropicais poderá determinar os padrões de resposta destes ambientes e sua resiliência às mudanças climáticas que afetarão o norte-nordeste do Brasil neste século”.

No final de 2010, a média de campos era tão grande que cada integrante ia, em média, uma vez por semana, isso para coleta de dados básicos para a análise da floresta. Quem trabalha com mapeamento, precisa essencialmente do conhecimento de campo e de dados oriundos de visitas, mas sua coleta de dados vem também do Processamento digital de imagens, sua classificação e só depois dessas etapas (muitas vezes exaustivas) é que se tem os dados básicos para a análise espacial.

³⁰ Foi esse estudo que deu origem ao capítulo III dessa tese.

A dificuldade para quem quer mapear os manguezais de Guaratiba numa perspectiva de absorver as duas áreas de conhecimento é que, devem ser cumpridas as expectativas de dois mundos. Participar das duas áreas faz emergir a necessidade de ver os dois mundos como um, estimulando a construção um caminho do meio entre NEMA e ESPAÇO, para uma visão transdisciplinar efetiva.

Assim como para o NEMA, fica evidente que as atividades de pesquisa do ESPAÇO são intimamente relacionadas aos projetos realizados por sua equipe. Isso se explica porque fazer pesquisa com Sensoriamento Remoto ainda é muito caro e, no final da década de 90 muito mais onerosa. Sendo assim, somente através de subsídios externos aos incentivos da instituição de ensino, se pode trabalhar com sensoriamento remoto, ou pelo menos, ser um laboratório de vanguarda.

Essa dependência entre “atividades científicas” e projetos ressalta a vertente social do mapa, já que as atividades se sustentam e apresentam a partir de financiamentos externos e projetos. As pesquisas do NEMA/UERJ e ESPAÇO talvez só existam do jeito que é porque houveram projetos para financiar os laboratórios, porque estudantes se interessaram por esse tema e porque professores resolveram trabalhar com isso. Nas palavras de Latour (2012):

A busca científica, como todo o seu ímpeto, apresenta algumas características necessariamente “sujeitas” às “limitações sociais” de cientistas “presos ao contexto social da época”; embora a arte seja amplamente “autônoma”, sofre também a “influência” de “considerações” sociais e políticas, que podem explicar alguns traços de suas obras-primas mais famosas (LATOUR, 2012, p. 20).

Dentre os projetos realizados pelo Lab. ESPAÇO/UFRJ, o primeiro foi o “Estudo da Qualidade ambiental de Municípios em função do Uso do Solo - referencial para o Planejamento e Ordenamento Territorial, São Gabriel do Oeste, MS” realizado de 1995 a 1998, com o intuito de Geração de Banco de Dados e Mapeamento do município (LATTES, 2015).

De 1997 a 2002, as principais atividades envolveram o Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara, um convênio entre UFRJ, FEEMA e IBAMA que permitiu mais uma vez a manutenção de laboratório e aquisição de novos computadores. Segundo a professora Carla Madureira (comunicação pessoal) esse foi o primeiro grande projeto do laboratório, que permitiu as primeiras aquisições em termos de equipamentos (como impressoras, computadores, ploters). O crescimento do laboratório pode ser percebido pelo número de trabalhos publicados no principal evento científico de Sensoriamento Remoto no Brasil (O Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR). No ano de criação do ESPAÇO (1996) foram apresentados três trabalhos, mesmo número do SBSR posterior (1998). No ano

de 2002, posterior ao projeto de monitoramento, o número de trabalho foi o dobro dos dois anos anteriores (SBSR, 1996; 1998 e 2001).

Entre 2002 e 2003, dois ou três projetos ocorriam concomitantemente. Sendo eles o “Mapeamento da Cobertura e Uso da Terra para o entorno do PARNA de Jurubatiba”; o “Subprojeto Sensoriamento Remoto, Cartografia e Bancos de Dados Geográficos para o Projeto Caracterização do Meio Socioeconômico e Previsão de Impactos na Área de Influência da Atividade de Exploração de Petróleo na Bacia de Campos” e a “Integração de dados físicos, bióticos e socioeconômicos no Levantamento e Diagnóstico Ambiental da Área de Influência da CNAAA”. Tal crescimento, fez com que o ESPAÇO passasse de uma equipe de cerca de 5 pessoas, para um grupo de pesquisa com mais de 10 integrantes.

Em 2005, outro grande projeto foi elaborado pelo laboratório ESPAÇO, sua execução não só foi responsável pelo crescimento de infraestrutura do grupo de pesquisa, mas foi nesse momento que se inseriu uma nova metodologia (a utilizada no capítulo I dessa tese!) ao grupo e fez com que o grupo se tornasse um exemplo um laboratório de ponta e seguisse novos caminhos. O “Mapeamento da Cobertura Vegetal da Mata Atlântica” (PROBIO) foi uma parceria do grupo ESPAÇO como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) ele durou um ano e objetivava o mapeamento dos remanescentes da Mata Atlântica em âmbito nacional. Fazer esse mapeamento em um ano era uma meta ousada e necessitava de um método de mapeamento eficaz.

A primeira ideia [em usar o eCognition] foi em 2004, eu e Raul [Sanchez, atual professor da UFF] numa proposta para o Ministério do Meio Ambiente para o mapeamento da Mata Atlântica. Isso foi em 2004. Acho que começamos em 2005. Nessa época era a versão 4. A ideia foi porque a proposta era muito grande, o Bioma inteiro, num tempo muito curto. Então precisávamos inovar em termos metodológicos. (...) como não tínhamos a mínima ideia de como usar o GEOBIA, a Carol Pinho do INPE acabou sendo nossa consultora. Naquele primeiro projeto usamos o eCognition de uma forma muito simples, mas já era bastante inovador para o momento. E possibilitou que a gente conseguisse em um ano, completar o mapeamento que correspondia a uma área de 1100.000 Km² em uma escala de 1:250.000 (CRUZ, 2015 -comunicação pessoal).

O método de classificação ainda era chamado de Classificação orientada à objetos, o termo GEOBIA só seria proposto anos depois. A adoção dessa técnica impulsionou os trabalhos do ESPAÇO.

As primeiras iniciativas de GEOBIA aqui no Brasil devem datar de 2005 e como se sabe, há umademora parapublicações. Acredito que iniciou com os doutorados [de brasileiros] que foram feitos na Alemanha, com a escola da PUC, através do Raul Feitoza ou a escola do Herman Kux no INPE. Acredito que mais ninguém no país estivesse usando naquele momento. E nós usamos por conta do PROBIO, mas só em 2007 começamos a publicar (CRUZ, 2015 -comunicação pessoal).

Foi em 2007, em meio ao furor da adoção do GEOBIA nos mapeamentos que eu apresentei a Carla minha monografia, usando técnicas que o próprio NEMA tinha utilizado a 5 anos atrás. Se já era antigo para o NEMA/UERJ imaginem para o ESPAÇO?! E foi a partir das críticas e da curiosidade já descrita na introdução que tentei e ingressei no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ (PPGG-UFRJ). Isso, sem nunca antes ter georreferenciado uma imagem, aberto o ArcMap ou ter ouvido falar em classificação orientada a objetos.

Se um aluno que almeja estudar a ecologia de florestas de mangue precisa “irá para campo”, “atolar o pé na lama”, “olhar e analisar a floresta” para entender e conhecer o ecossistema. Uma pessoa que trabalha com sensoriamento remoto precisa de horas e horas em frente ao computador, olhando e analisando a imagem, para entender e conhecer a resposta espectral de cada alvo³¹.

Após a apresentação da historicidade dos dois laboratórios envolvidos nessa tese percebe-se que a ciência como fato, refletida na tese como os dois primeiros capítulos da mesma, nos “moldes científicos” só existe porque há uma “ciência em construção” existente nos dois laboratórios e, ainda mais, tecendo conexões entre laboratórios.

Como verificado pelo breve relato, os mapeamentos apresentados nos Capítulo I e II não são só os conceitos de cartografia que contém, nem a imagem utilizada, seu processamento, sua classificação e transformação. Tão pouco, elas são as quantificações de área ou os dados levantados *in situ*.

Eles só existem porque houve a parceria entre o NEMA e o ESPAÇO. Eles só são dessa maneira pelos caminhos trilhados pelo NEMA, seus alunos, suas linhas de pesquisa e parcerias do laboratório com outros grupos. Assim como, eles só possuem essas especificidades porque são condizentes com os métodos adotados pelo ESPAÇO, porque suas parcerias possibilitaram a compra dos softwares primordiais para cada um dos processos descritos nos primeiros capítulos. O mapeamento se faz dentro e fora dos *softwares* que os produz, dentro e fora da bancada onde os computadores estão, dentro e fora dos laboratórios e a partir da interação de laboratório.

Um “leitor apressado” pode refletir que queremos que não existam mais mapas e que os eventos naturais falem por si só. Não custa então evidenciar mais uma vez (e diversas outras ao longo da tese) que esse não é o objetivo. Afinal, “ninguém, nem mesmo os

³¹ Quando entrei no ESPAÇO, ainda mais influenciada pela parte ecossistêmica, esquecia que o mapeamento é (ou deveria ser) a junção das duas visões e “me pegavam” sempre, tentando “ver o caranguejo” através das imagens de satélite.

humanos, falam por si mesmos, mas sempre *por outra coisa*” (LATOURE, 1994). O objetivo aqui é elencar os humanos e não-humanos³² presentes na constituição relacionada ao mapeamento de manguezais e, por isso também, a historicidade sobre o NEMA e o ESPAÇO é pertinente.

A partir da abertura das “caixas pretas” dos dois laboratórios, percebemos como as ciências de ecológicas e cartográficas; ou melhor a ciência de “estudar e mapear plantas³³” é feita nos dois laboratórios a partir das mesmas bases e conexões. Que essas práticas possuem não-humanos (plantas e imagens de satélite; computadores, métodos de medição e classificação) e humanos (professores, estudantes, avaliadores de projetos), isso como qualquer produto científico. Assim podemos ver claramente que o que Latour (2011) descreve para um estudo com endorfina, se aplica também para o mapa:

Observando o gráfico desenhado no papel que vai saindo devagar do fisiógrafo, entendemos que estamos na junção de dois mundos: um de papel, do qual acabamos de sair, e um do instrumento, no qual acabamos de entrar. Na interface é produzido um híbrido: uma imagem bruta que será usada depois num artigo, mas que agora está emergindo de um instrumento (LATOURE, 2011)

Assim como o gráfico produzido por um experimento de endorfina, o mapa também emerge de algo (da leitura do real). Ele é um híbrido que é elaborado por alguém, mas depois será usado como verdade científica e representação da realidade. E é como híbrido que ele deve ser considerado.

5.6 Os mapas são...científicos e políticos...são a gestão do espaço

Já verificamos que o mapa são as ciências contidas nele, os elementos para sua elaboração assim como os laboratórios e os pesquisadores envolvidos em sua feitura. Mas os mapas são tanto o que os concretiza como o interesse que está por trás de sua elaboração e a interação após a sua concretização. Eles são tanto o antes, como o durante e o depois de sua elaboração.

O mapeamento, tanto na sociedade contemporânea como nas civilizações mais antigas (como da Grécia Antiga, Navegações e Renascimento), seja qual fosse a área abrangida, a

³² Humanos e não-humanos são terminologias usadas por Latour (1994) para descrever os integrantes da rede sociotécnica, sejam pessoas ou objetos.

³³ Se o objetivo desse estudo é acabar com as dicotomias, vamos olhar para essa prática de uma maneira menos fragmentada.

técnica ou a orientação (Oriente, Ocidente, Norte ou Sul), sempre possuiu e possui um objetivo final. Este objetivo é definido pela equipe executora e/ou pela pessoa, órgão ou equipe que o solicita.

No império Greco-Romano, o desenvolvimento da cartografia se deu para que se conseguisse mapear cada vez com mais detalhes. Mas qual era o objetivo fim desses esforços? Principalmente poder representar o território do império romano. E com que propósito? Para que os exércitos pudessem se deslocar, para auxiliar viagens e coleta de impostos além de “mostrar” o domínio do império romano. A dominação de uma nação poderia ser simbolizada por sua expansão territorial.

Já na época das navegações, todos os esforços em avanços cartográficos e a maioria dos mapas elaborados por cartógrafos relacionados a Portugal ou a Espanha tinham como objetivo final potencializar o aspecto colonizador desses países. Diferente da “Cartografia Greco-Romana” que representava o mundo habitado por povos conhecidos, a cartografia da Idade Média, como veremos a seguir, mapeava as áreas a descobrir, territórios a colonizar, o levantamento, conhecimento e registro dos continentes e áreas de exploração e, não só isso, a divisão dessas áreas entre esses países até representar com perfeição os 360° do globo terrestre. O mapa era visto como ferramenta de navegação, descobrimento e exploração e por fim, como prova de dominação. Talvez seja esse o exemplo pretérito mais forte, do papel científico-político do mapa. Nessa época, segundo Brotton (2013):

A riqueza e poder do país não estavam mais na posse de território, mas no controle estratégico de redes comerciais que estavam a milhares de quilômetros de distância do centro imperial. Diferentemente dos antigos impérios construídos sobre a aquisição e controle da terra, tínhamos um novo tipo de império, construído sobre a água.

Existem outros exemplos pretéritos, envolvendo cartografia e política, como o do Tratado de Madrid em 1750, “os mapas adquiriram uma enorme importância enquanto instrumentos visuais de trabalho” (FERREIRA, 2007, p.52), pois mostravam as pretensões das coroas ibéricas na “partilha da América do Sul”. Ou o mapeamento do território Francês organizado pela família Cassini considerado “o primeiro mapa moderno de uma nação, usando métodos científicos inovadores de levantamento topográfico para representar de forma abrangente um país Europeu” (BROTTON, 2013, p. 326); utilizado para simbolizar e construir o sentimento de nação da República recém instituída. Mas através desses poucos exemplos citados e brevemente descritos, percebe-se tanto a evolução científica sendo conseguida a partir de interesses políticos, como, o uso dos mapas como instrumentos políticos, seja para a requisição de território (no caso do Tratado de Tordesilhas, da questão

sobre Moluscas, do Tratado de Madri), seja para a construção de um Estado-Nação (no caso da República Francesa).

Exemplos do papel científico-político do mapa também são facilmente encontrados no mundo contemporâneo, tanto em empregos globais como em nacionais ou regionais.

Uma das aplicações mundiais da elaboração de material cartográfico para um fim político se relaciona às políticas mundiais relacionadas às Mudanças Climáticas, sendo esta amplamente debatida em Fernandez (2014).

Em âmbito mundial, os Inventários Nacionais à cerca das emissões de gases do efeito estufa são as fontes de informação para as reuniões e tomadas de decisões da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC) (Fernandez, 2014).

Os Inventários Nacionais, denominados Comunicações Nacionais, representam o diagnóstico mundial das emissões e remoções antrópicas de gases causadores de efeito estufa (GEEs), incluindo o monitoramento necessário para verificação do cumprimento das metas estabelecidas do Protocolo de Kyoto. Devem ser transmitidos à Conferência das Partes, por meio de Secretariado, utilizando metodologias comparáveis, desenvolvidas e aprovadas pela Conferência das Partes (FERNANDEZ, 2014, p, 216).

Segundo Fernandez (2014), essas metodologias podem ser encontradas em publicações do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, como: (i) *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 1997)*; (ii) *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2000)*; (iii) *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (IPCC, 2003a)*; (iv) *Good Practice Guidance for Land Use, Land use Change and Forestry (IPCC, 2003b)*; (v) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006)*.

Em alguns desses documentos existem descrições específicas de como realizar o mapeamento através da adoção do Sensoriamento Remoto para a identificação do uso e cobertura. Isso porque, através das metodologias propostas atualmente, só se pode realizar o inventário de emissões dos gases do efeito estufa através de técnicas de mapeamento temático. Ou seja, a fonte de dados proveniente das emissões são mapas e, a partir deles é que são feitas as principais tomadas de decisões.

Em âmbito Nacional, um exemplo da adoção da cartografia e das geotecnologias como ferramenta política é o Cadastramento Ambiental Rural (CAR), apresentado no “novo” Código Florestal Brasileiro”.

O Código Florestal Brasileiro foi estabelecido pela lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012 e “ dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Dentre as várias diferenças do “antigo código” está a apresentação do CAR, apresentado no capítulo VI da lei:

CAPÍTULO VI

DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL

Art. 29. É criado o Cadastro Ambiental Rural - CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

§ 1º A inscrição do imóvel rural no CAR deverá ser feita, preferencialmente, no órgão ambiental municipal ou estadual, que, nos termos do regulamento, exigirá do proprietário ou possuidor rural: ([Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012](#)).

I - identificação do proprietário ou possuidor rural;

II - comprovação da propriedade ou posse;

III - identificação do imóvel por meio de planta e memorial descritivo, contendo a indicação das coordenadas geográficas com pelo menos um ponto de amarração do perímetro do imóvel, informando a localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e, caso existente, também da localização da Reserva Legal.

§ 2º O cadastramento não será considerado título para fins de reconhecimento do direito de propriedade ou posse, tampouco elimina a necessidade de cumprimento do disposto no [art. 2º da Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001](#).

§ 3º A inscrição no CAR será obrigatória para todas as propriedades e posses rurais, devendo ser requerida no prazo de 1 (um) ano contado da sua implantação, prorrogável, uma única vez, por igual período por ato do Chefe do Poder Executivo.

Art. 30. Nos casos em que a Reserva Legal já tenha sido averbada na matrícula do imóvel e em que essa averbação identifique o perímetro e a localização da reserva, o proprietário não será obrigado a fornecer ao órgão ambiental as informações relativas à Reserva Legal previstas no inciso III do § 1º do art. 29.

Parágrafo único. Para que o proprietário se desobrigue nos termos do caput, deverá apresentar ao órgão ambiental competente a certidão de registro de imóveis onde conste a averbação da Reserva Legal ou termo de compromisso já firmado nos casos de posse

O CAR foi criado para a organização do espaço territorial do Brasil e de seus imóveis rurais, assim como definição das áreas de Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente, como disposto em Brasil (2012). Para sua realização existe uma página eletrônica específica, o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (<http://www.car.gov.br/>), onde se pode fazer o *download* do programa específico que faz o Cadastro.

Além da inserção de documentos legais referentes ao Imóvel, outra etapa para o cadastro é a delimitação do imóvel em imagem de satélite disponível do programa, além da delimitação de possíveis áreas de APP e a área da reserva legal. Ou seja, um instrumento nacional para o cadastro dos imóveis rurais e seu mapeamento *online*.

Todos os exemplos apontados até aqui são os mais diferentes possíveis, tanto no aspecto temporal como em relação aos objetivos e aplicação, mas todos retratam o papel científico-político que o mapa possui ao longo da história, mesmo antes da modernidade, mas com certeza muito mais complexa após.

Atualmente, o mapeamento de manguezais é feito principalmente com o uso das geotecnologias (principalmente o Sensoriamento Remoto). Como descrito por Kuezen et al. (2011), o sensoriamento remoto em manguezais fornece informações para:

- Inventário do habitat;
- Detecção de mudanças e monitoramento;
- Suporte para a avaliação de ecossistemas;
- Acesso à produtividade;
- Estimativa da capacidade de regeneração;
- Planejamento de trabalho de campo;
- Acesso à qualidade de água;
- Fornecer informações para o manejo e respostas a desastres.

Alguns, se não todos, os objetivos descritos por Kuenzen et al. (2011) ratificam as relações políticas que os mapas possuem. O “inventário do habitat” pode ser a base de estudos de valoração ambiental e; junto com a detecção de mudanças podem ser a base da quantificação de sequestro de carbono de uma região. Como dito em relação às medidas do IPCC, os mapas aqui também servem de base para gestão do território e decisões e articulações políticas da sociedade deixando de ser uma mera representação de um ambiente e passando a ser ferramenta concreta de tomadas de decisões. A relação entre mapeamento e relações políticas talvez fique mais evidente ao detalhar os objetivos fins dos dois mapeamentos apresentados na outra seção dessa tese.

Como já mencionado, os mapeamentos da tese foram elaborados no âmbito das pesquisas desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA-UERJ). A primeira demanda, a diferenciação das florestas de mangue em tipos fisiográficos, surgiu no NEMA/UERJ no projeto de análise do papel do ecossistema manguezal com sequestrador de carbono atmosférico. Esse tipo de estudo se relaciona a outra complexa rede sociotécnica descrita por Fernandez (2014) e alimenta as práticas relacionadas aos estudos de mudanças

climáticas e mudanças de uso da terra (focando na análise da emissão dos gases do efeito estufa).

Esse tipo de estudo relaciona-se também aos estudos de desmatamento da Amazônia e àquela apresentação da representante da Google no SBSR de 2015. Com sua frase apresentada no slide, não sabíamos o que era mais importante para o desenvolvimento da técnica: a árvore caída, o barulho feito, o computador acionado ou o mapa produzido. Ao constatarmos o papel político que os mapeamentos de floresta têm, pode-se especular o que é mais importante para a sociedade moderna e concluir o mesmo que Latour (2011) para um estudo pedológico na floresta Amazônica:

“Se uma imagem vale mais do que mil palavras, um mapa, como veremos, vale mais que uma floresta inteira” (Latour, 2001, p. 39). Isso porque uma floresta só pode ser “valorada” a partir de práticas científicas de mapeamento, seu carbono estocado e sequestrado só pode ser estimado a partir de um cálculo de área, realizado a partir do mapeamento. Uma Unidade de Conservação, de Preservação Permanente ou Reserva legal só é legítima, a partir de seu cadastro. Sendo assim, na sociedade moderna, uma floresta pode existir no mundo real, pode estar de pé, mas o que a faz fato dentro da sociedade é sua identificação quanto a polígono pertencente em um mapa. **O mapa, vale mais do que a floresta que representa.**

A consideração do mapa mais importante que a própria floresta e sua maior importância (por seu “científico”) nas práticas sociais hierarquiza os saberes e valoriza esse tipo de representação da realidade. Na ótica não-moderna, após percebemos que os mapas são sua **história**; as **ciências contidas neles**; os **procedimentos para sua elaboração**; as **conexões nos laboratórios** e; por fim, são **parte da gestão do espaço** de modo a interagir (após sua finalização) com outros agentes verificamos que tal hierarquização não existe. **O mapa está no mundo comum, onde ciência, procedimento, laboratórios, medidas em campo, árvores interagem de maneira que todos devem ser considerados para a democratização do fazer. Seja da ciência, seja de qualquer prática.**

5.7 Então, o mapa é a rede sociotécnica

Um mapa pode ser um objeto de arte e decoração. Ele pode ser muito mais dinâmico e interativo, utilizado por milhões de pessoas para atravessar as grandes cidades todos os dias, como nos aplicativos de navegação e trânsito dos celulares. Podem também substituir textos e

serem as maiores ferramentas políticas em trabalhos relacionados ao meio ambiente. Seja qual for o mapa ou seu objetivo principal, ele age na sociedade e a ele pode ser atribuído um sistema de ações. Nas palavras de Milton Santos:

Uma casa vazia ou um terreno baldio, um lago, uma floresta, uma montanha, não participam do processo dialético senão porque lhes são atribuídos determinados valores, isto é, quando são transformados em espaço. O simples fato de existirem como formas, isto é, como paisagem, não basta. A forma já utilizada é coisa diferente, pois seu conteúdo é social. Ela se torna espaço, porque forma-conteúdo (SANTOS, 1996).

A partir da purificação moderna, Latour evidencia a existência dos quase-sujeitos:

Desta vertente fundamental, aprendemos que o único meio de escapar às armadilhas simétricas da naturalização e da sociologização consiste em conceder à linguagem sua autonomia. Como desdobrar, sem ela, este espaço mediano entre as naturezas e as sociedades para nele acolher os quase-objetos, quase-sujeitos? As semióticas oferecem uma excelente caixa de ferramentas para seguir de perto as mediações da linguagem. Mas ao eludir o problema duplo das ligações com o referente e com o contexto, elas nos impedem de seguir os quase-objetos até o fim. Estes, como eu disse, são ao mesmo tempo reais, discursivos e sociais. Pertencem à natureza, ao coletivo e ao discurso. Se autonomizarmos o discurso, entregando para tanto a natureza aos epistemólogos e a sociedade aos sociólogos, tornamos impossível a conciliação dessas três fontes (LATOURE 1994).

Os quase-sujeitos são objetos, mas agem na rede-sociotécnica assim como os atores. Desta forma, nem são objetos nem sujeitos, como os próprios sujeitos, não o são. “A proliferação dos quase-objetos rompeu a temporalidade moderna, bem como sua Constituição. [...] Ninguém mais pode classificar em um único grupo coerente³⁴ os atores que fazem parte do “mesmo tempo” (LATOURE, 1994,).

Se voltarmos ao sistema de comunicação cartográfica (proposto nesse estudo, com a incorporação das geotecnologias) ele pode ser explicado de duas maneiras:

1 – As imagens de satélite **registram** o mundo real, *locus* dos fenômenos, e imagens são produzidas. A imagem **mostra** ao “mapeador”, através dos pixels, as condições de cobertura do solo (baseada em suas próprias resoluções). O “mapeador” **analisa** essas diferenças e registra no mapa. O mapa então passa a ser usado por tomadores de decisão. Sua qualidade depende do trabalho do “mapeador”.

2 – As imagens de satélite **veem** o mundo real, *locus* dos fenômenos, e imagens são produzidas. A imagem **fala** com o “mapeador”, através dos pixels, as condições de cobertura do solo (baseada em suas próprias resoluções). O “mapeador” **registra** essas diferenças em forma de mapa. O mapa então passa a **influenciar** as ações dos tomadores de decisão, dos usuários finais. Sua influência dependerá do seu tema, de seu detalhamento.

³⁴ Porque os atores são heterogêneos.

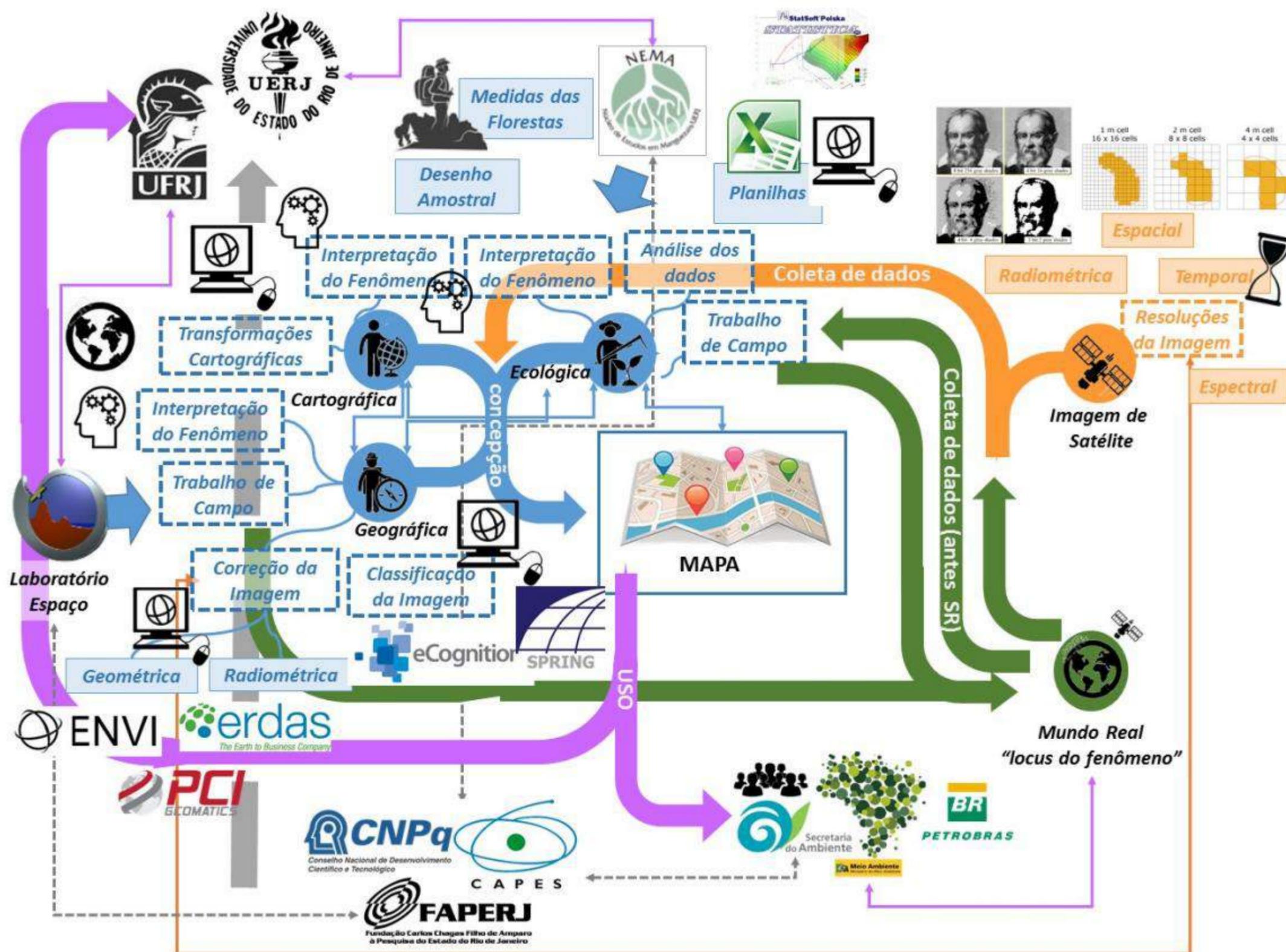
As duas opções estão corretas, a questão é que a primeira é a que está mais incorporada nos “pensadores modernos”, enquanto a segunda evidencia o papel de quase-sujeito das imagens de satélite e do mapa e de quase-objetos do “operador” e dos usuários finais. No fundo, não há diferença. Na rede sociotécnica do mapa tanto sujeitos como objetos agem, influenciam e são influenciados.

Quando, por exemplo, um mapa de manguezal é elaborado no NEMA-UERJ e, percebe-se que esta pode ser uma linha de pesquisa do laboratório, então o mapa está agindo nas articulações do laboratório. Se para ele ser elaborado, articulações financeiras entre laboratório e agências de fomento devem ser pensadas e estruturadas, mas uma vez ele está agindo.

“O espaço é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas e ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro no qual a história se dá” (SANTOS, 1996). Portanto, o mapeamento de manguezais, assim como qualquer mapa, é natural-social, científico-político, sujeito-objeto. Mais uma vez dizemos que ele é, as ciências e suas práticas, seus laboratórios (NEMA e ESPAÇO como um) e conexões (agências de fomentos, bolsas de estágio, programas de pós-graduação, etc), sua ideia inicial, tudo que envolve sua execução (imagens, computadores, processamento de imagens, medidas nas florestas, método de mapeamento, experiência do operador) e sua reprodução e aproveitamento.

No caso do mapeamento de manguezais, o mapa vai além da comunicação cartográfica apresentada no início desse capítulo. Ele se desdobra em várias articulações, como proposto na figura 56. O mapa é a rede.

Figura 56 - A rede do mapeamento.



Legenda: Nela, para a realização do mapeamento temos sujeitos e objetos com a mesma importância. O "Mundo Real", *locus* do fenômeno, é analisado tanto por humanos (cientistas com suas culturas) ou através dos satélites (não-humanos) e suas imagens. A concepção do mapa é feita (atualmente) tanto por cartógrafos, como ecólogos e geógrafos, e para tal, elementos e conceitos de cada uma dessas ciências interferem no processo. Nesse aspecto, não só a parte de dentro do laboratório é considerada, mas o movimento social necessário para essa prática, como a relação com agências de fomento (CNPq, FAPERJ e CAPES) e as próprias instituições de ensino (UFRJ e UERJ). Todo esse processo não se apresenta de maneira linear, mas como uma rede interconectada.

Fonte: Almeida (2015).

6 REFLEXÕES FINAIS



"Ando devagar porque já tive pressa..."

Tocando em frente - Almir Sater

Ao final do extenso exercício que esse estudo propôs pode-se dizer que técnicas de mapeamento permitem, para algumas escalas determinar as distintas fitofisionomias (tipos fisiográficos) presentes nas florestas de mangue. Constata-se ainda, que esses esforços científicos não são isolados, que a "arte" de mapear possui vários atores e objetos que influenciam sua elaboração e que esse aspecto também deve ser considerado sob uma perspectiva transdisciplinar.

Ao seguir os passos do paradigma científico atual construímos a seção I da tese, que mostrou através de seus dois capítulos, contribuições significativas para a análise mais detalhada das florestas de mangue.

Ao considerar somente esse aspecto relacionado ao "conjunto de ferramentas" da *tecnociência* do geoprocessamento, a primeira parte da tese objetivava analisar duas técnicas para o mapeamento de manguezais, com o intuito de diferenciar suas estruturas florestais. Nesse contexto, a Classificação Baseada em Objetos Geográficos foi analisada no capítulo I e a análise dessa floresta através de índices de vegetação no capítulo II.

A Classificação Baseada em Objetos Geográficos se mostrou eficaz para a diferenciação do interior da floresta de mangue através do mapeamento dos tipos fisiográficos de manguezais. Através do estudo de caso, foi demonstrada a eficácia do método adotado para o estudo detalhado e em alta resolução de florestas de mangue, o que possibilitou a discriminação confiável, de suas diferentes fitofisionomias. Para estudos de outros tipos florestais, a contribuição desse estudo são os aspectos metodológicos, é demonstrar que para um mapeamento que objetive a diferenciação (interna) da floresta, se faz necessário um levantamento de campo que represente a diversidade (ecológica) da floresta.. Somente a aliança de técnicas inovadoras com estudos *in situ* a partir de métodos já consolidados, pode fornecer resultados eficazes.

Conclui-se que com o sucesso no desempenho desse método para o mapeamento com a legenda proposta (mais ecológica), fica evidente que o mesmo pode ser adotado para a diferenciação das florestas de mangue.

O capítulo II avaliou o uso de Índices de Vegetação para a diferenciação de fitofisionomias das florestas de mangue. Nessa etapa, verificou-se que alguns índices de vegetação possuem comportamentos semelhantes e, que quando o objetivo é o uso dos índices para a quantificação de biomassa, os índices se relacionam mais com a biomassa da copa (considerando todos os seus compartimentos), do que com a biomassa total da floresta.

Além do exposto, uma das grandes contribuições desse capítulo é a demonstração de que os índices de vegetação podem responder, em iguais proporções, tanto pela densidade e desenvolvimento estrutural da floresta quanto pela espécie dominante na floresta. Ou seja, duas florestas com estruturas opostas podem apresentar valores muito próximos de índices de vegetação, somente em função da dominância de espécie. Por isso, essa área de conhecimento carece de mais análises para detalhamento dessas relações.

Embora ambos os capítulos tenham objetivado o estudo do ecossistema manguezal, acredita-se que os resultados adquiridos aqui podem auxiliar outros estudos semelhantes a esse mas em outros ambientes florestais, na medida que ele traz contribuições à modelagem de conhecimento (capítulo I) e, a avanços entre as relações das respostas espectrais e características florestais (capítulo II).

Talvez para alguns cientistas essas contribuições sejam as mais evidentes da tese. Mais evidentes porque a seção apresenta resultados técnicos promissores para o mapeamento de florestas. Entretanto, ao pensarmos assim seguimos o paradigma científico atual. Castiglione (2003), considerando o contexto do geoprocessamento; reforça que "em geral, a capacitação em novas tecnologias se faz de forma instrumental, ou seja, com ênfase no domínio dos processos operativos de construção de soluções". Em outras palavras, as contribuições da seção I são mais evidentes porque está estruturada na linguagem técnico-científica.

Ao final da análise da seção I corre-se o risco de se tentar questionar sobre qual seria o melhor método, entre os dois analisados, para o mapeamento de florestas de mangue.

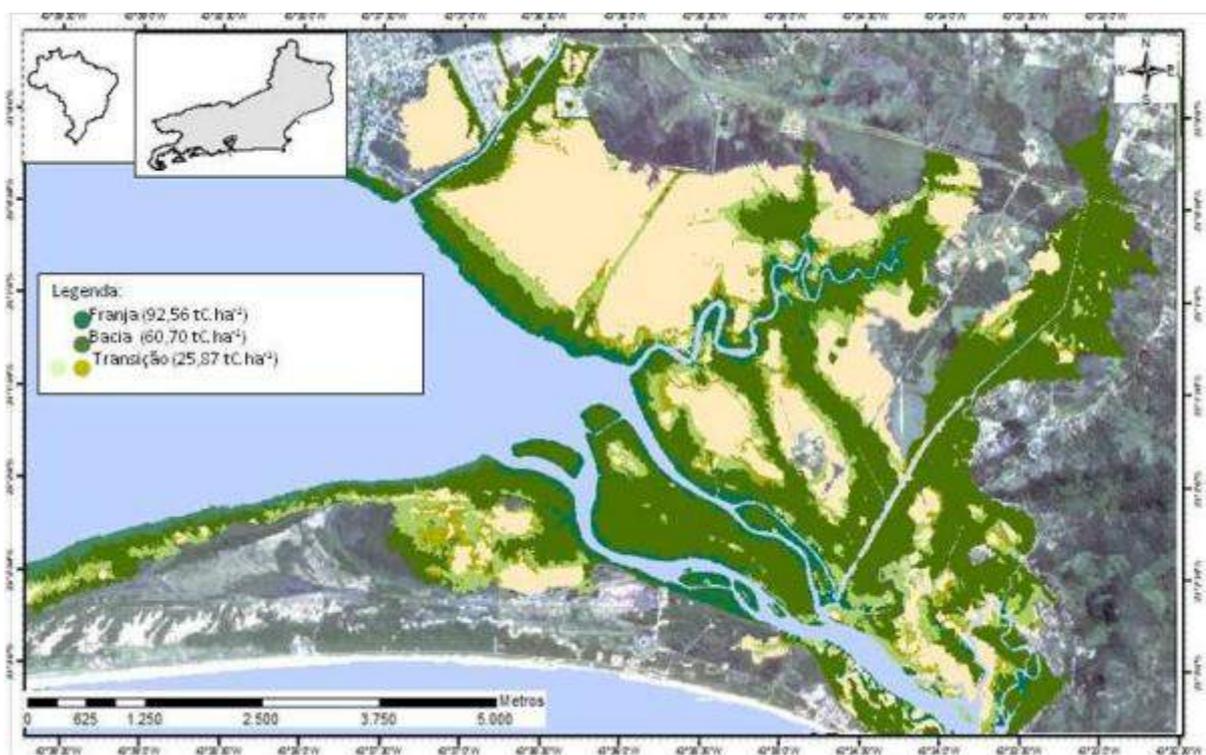
6.1 Um último exercício - Afinal qual o melhor mapa?

Para responder tal pergunta, uma das abordagens seria a comparação direta dos resultados gerados pelos dois métodos. Para isso, poderia-se usar por exemplo, a biomassa como parâmetro de comparação, ou ainda, através do carbono estocado nessas florestas, já que esses são parâmetros calculados muitas vezes nos estudos florestais.

Se a base for o mapa gerado no capítulo I (figura 30), poderíamos usar os dados apresentados em Estrada et al. (2015) sobre o estoque médio de carbono na biomassa aérea, de cada tipo fisiográfico. Assim, estimaríamos que o estoque de carbono em Guaratiba é de aproximadamente 175.773 tC, sendo 390617,2 toneladas a biomassa aérea..

Se for considerado os resultados do capítulo II, os índices de vegetação poderiam ser transformados em biomassa através das equações geradas nas regressões. A partir dessa análise seriam elaborados mapas como da figura 57. Sob essa abordagem, considerando imagens individuais, como a do NDVI do Inverno de 2011 que apresentou resultados satisfatórios, chegaríamos a estimativa de estoque de 51.552 toneladas de biomassa aérea total, que representa 23.198,4 tC.

Figura 57 - Mapeamento dos tipos fisiográficos de Guaratiba



Legenda: valores médios de estoque de carbono na biomassa aérea.

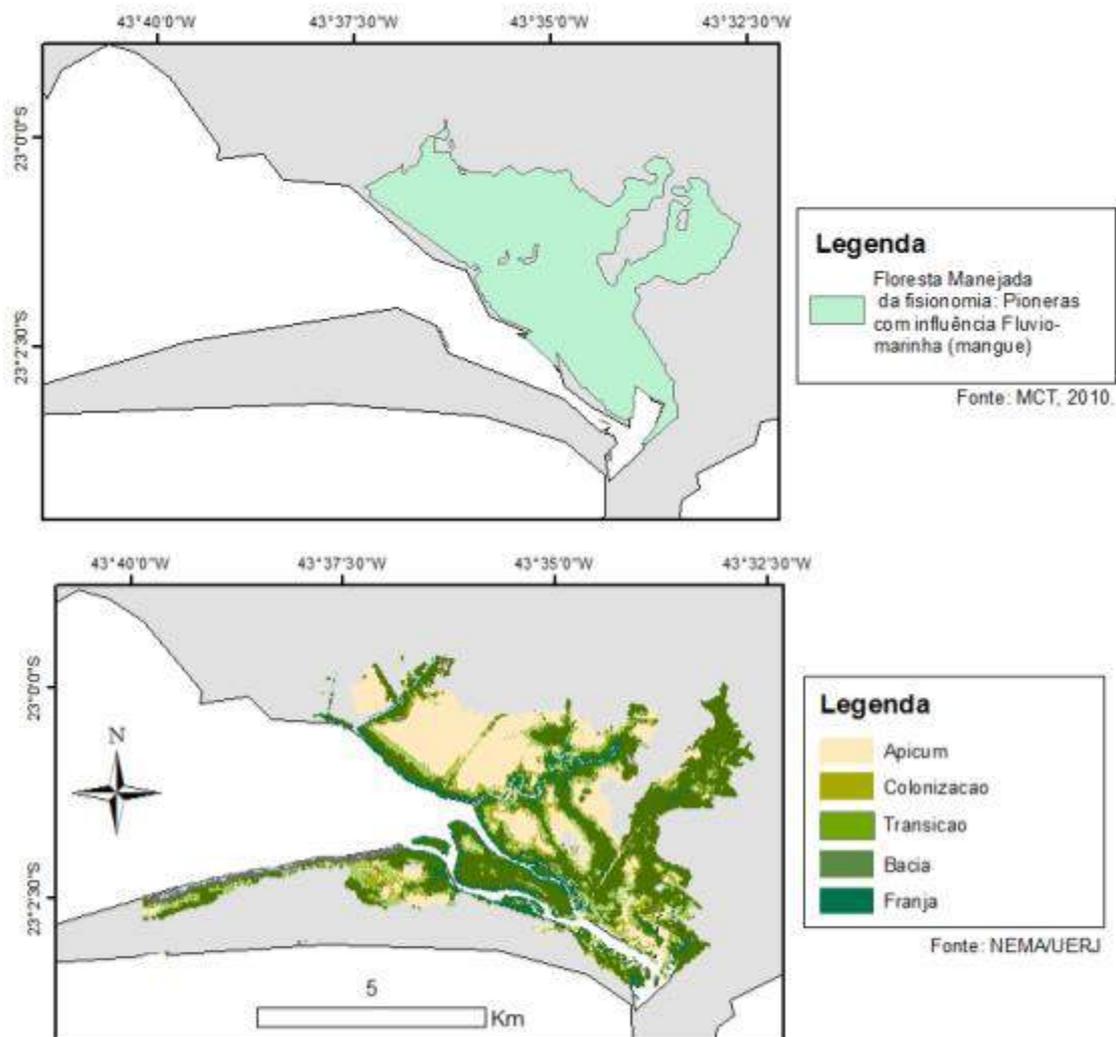
Os resultados gerados aqui podem ainda ser comparados com mapeamentos nacionais, ou outros que não consideram a diferenciação de tipos fisiográficos de florestas. A figura 58, apresenta o mapa elaborado no capítulo 1 (somente para comparação com os demais), e os contornos da mesma floresta para o Ministério de Ciência e Tecnologia (no âmbito do Inventário Nacional de Mudança de Uso da Terra). Como vimos durante a tese, é claro que cada mapa possui suas especificidades frente à escala de mapeamento que influencia na generalização. Mas faremos o exercício de calcular o estoque de carbono na biomassa aérea, para Guaratiba, em cada mapeamento (considerando o valor de estoque médio de 60,7 tC/ha, valor médio estocado na floresta de bacia segundo Fernandes et al. 2015) da figura. Nesse caso, diferente dos valores calculados para os capítulos I e II, teríamos 129.753 tC no mapeamento do inventário (cuja área mapeada foi de 2126,12 ha, distinta do mapeamento realizado no presente estudo, que foi de 1881 ha).

Tais estimativas compõem uma forma que poderia apontar qual o melhor mapeamento realizado, mas o que se pretende também ressaltar nesta tese é que comparações categóricas dessa natureza não devem ser feitas. Na seção 2 desta tese são apresentadas razões para isso.

Na seção II foi apresentado que cada análise espacial é feita para um propósito e partir de um tipo de coleta de informações do real, um tipo de imagem de satélite (ou várias), uma maneira de interpretação dos fenômenos, um método de classificação e a partir de um analista que possui seus próprios pré-conceitos e motivações. Responder qual é o melhor mapa não pode se basear apenas nas pesquisas voltadas só nas técnicas, mas considerar igualmente todos os fatores anteriormente descritos na seção II.

Isso porque são inúmeros os parâmetros que compõem a realidade, o que complica a extração de modelos genéricos que possam responder pela realidade como um todo, independente de estudos de caso. No entanto, as principais questões que impedem comparações categóricas são as mesmas que definem os parâmetros que estão relacionados às mensurações. São eles, a escala (detalhamento espacial), a legenda (detalhamento temático quanto ao foco), a projeção cartográfica (que vai ser responsável pela forma e dimensões da representação projetada), o limite da área (as vezes, não coincidente), data de representação. Esses são alguns dos principais elementos definidores de um mapa. Ou seja, apesar de se ter diferentes formas de se alcançar um produto, a representação do mesmo vai interferir drasticamente na sua quantificação, sendo responsável, na maioria das vezes, pelas diferenças enormes encontradas.

Figura 58 - Mapeamento de manguezais



Legenda: Acima - no âmbito do inventário de uso da terra; Abaixo - mapeamento de tipos fisiográficos.

O capítulo III, a partir de sua historicidade e embasamento conceitual demonstrou a complexidade do conteúdo do mapa, que vai além da legenda e das áreas apresentadas, engloba toda sua conceituação.

"Em face de uma tecnologia que se transforma cada vez mais velozmente, parece haver uma única forma de tentar efetivamente acompanhá-la. Dominar o conhecimento científico que a subsidia, ou seja, seu conteúdo" (Castiglione, 2003). Nesse sentido, trabalhos de classificação parecem que só acompanham essa ciência se fizerem contribuições às técnicas de mapeamento, se contribuírem com a metodologia.

Nesse sentido, no paradigma atual de representação do espaço, os mapas são sempre as melhores tentativas de representações frente aos objetos e métodos que se pode ou se quer

reunir naquele momento. Os mapas não são fatos, são conjuntos de valores que fazem com que cada mapa seja único. Uma reunião de pontos negativos e positivos que os usuários deveriam ser capazes de interpretar. Pelo menos aqueles usuários que pretendem fazer do mapa um dos instrumentos essenciais de seu trabalho, como aqueles que trabalham com análises ambientais à partir de técnicas de Sensoriamento Remoto.

O capítulo III teve o papel de mostrar a complexidade que o mapa possui, tanto através de sua conceituação como a partir da historicidade da atividade de mapeamento. A reunião desses elementos, mesmo que já conhecidos por uma parte da comunidade científica foi importante para aqueles que a desconheciam. Qualquer representação do real carrega consigo uma história e um embasamento conceitual desconhecido por muitos que a usam. Não há outra maneira de entender um objeto por inteiro se não entender como ele foi construído e transformado. Por isso, do tratado da transdisciplinaridade, Basarab Nicolescu (1999) diz que:

Em comparação à interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade, a transdisciplinaridade é multireferenciada e multidimensional. Tudo tendo noção das concepções do tempo e da história, a transdisciplinaridade não exclui a existência de um horizonte transhistórico.

Basarab (1999) evidencia que a análise transdisciplinar de um objeto tem que levar em conta sua dimensão conceitual e temporal. Por isso, uma contribuição e inovação desse estudo é a reunião do aspecto histórico e conceitual num trabalho que almejava analisar métodos de análise espacial para o estudo de uma floresta costeira.

Se Milton Santos diz que **"o que falta é uma disciplina que se inspire na técnica, mas que não analise só o conjunto de técnicas mas o fenômeno da técnica, como ator e transformador do espaço"** (SANTOS, 1996), Castiglione afirma que para o geoprocessamento, **"o olhar epistemológico parece um exercício que deve ser cotidianamente cultivado"** (CASTIGLIONE, 2003).

Ao final do Capítulo III há a construção da rede sociotécnica relacionada ao mapeamento de manguezais. Para isso, foram reunidos os agentes envolvidos nos mapeamentos gerados na seção I, apontando em que contexto é que se faz o mapa. Além de apontar onde são feitos os mapas, como são feitos e o que influenciam.

Uma das maiores contribuições dessa tese é reunir as duas análises em um único documento, afinal porque estudos "técnicos" e "intelectuais" não podem, na verdade, compor um único tipo de estudo? Aqui não se quis (somente) apresentar contribuições técnicas, nem

só se envolver em discussões epistemológicas. Aqui se fez ciência conforme o paradigma científico vigente, mas questionando esse mesmo paradigma.

Afinal, como cientistas conscientes que temos que ser, não devemos só pensar no mapa, mas no seu passado, no seu embasamento e em suas articulações futuras.... Esse é um primeiro exercício de algo que deve ser feito aos poucos, pensando muito na ciência que se tem e se faz e, na ciência que se quer ter e fazer. Tentamos aqui praticar “ciência com consciência” e de forma mais holística pensar como os mapas são. Ao fim, voltamos ao começo: Que tal fazermos mapas em ação? Que tal fazermos ciência em ação?

REFERÊNCIAS

- ALATORRE, L. C., SÁNCHEZ-ANDRÉS, R., CIRUJANO, S., BEGUERÍA, S., & SÁNCHEZ-CARRILLO, S. (2011). Identification of mangrove areas by remote sensing: The roc curve technique applied to the northwestern Mexico coastal zone using landsat imagery. *Remote Sensing*, 3(8), 1568-1583.
- ALBUQUERQUE, C. K. 2010. Avaliação Qualitativa de Fragmentos Florestais com Dados de Sensoriamento Remoto como subsídio à formação de Corredores Ecológicos na APA São João. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, . Orientador: Carla Bernadete Madureira Cruz. 223p.
- ALMEIDA, P. M. M. 2007. Utilização de Imagens de Satélite Para Análise MultiTemporal do Manguezal de Guaratiba - RJ. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 72 f.
- ALMEIDA, P. M. M. 2010. Análise espaço-temporal da área ocupada por florestas de mangue em Guaratiba (Rio de Janeiro, RJ) de 1985 até 2006 e sua relação com as variações climáticas. Dissertação de mestrado para o Programa de Pós- Graduação em Geografia da UFRJ. 142 f.
- ANSON, R. W., & ORMELING, J. A. 1996. International Cartographic Association (ICA). Communication, design and visualization,. *Basic Cartography for students and technicians*, 3, 71-83.
- BAATZ, M., & SCHÄPE, A. 1999. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks. In 2nd international symposium: operationalization of remote sensing (Vol. 16, No. 20, pp. 7-13).
- BAGROW, L. 2010. *History of cartography*. Transaction Publishers.
- BATADLAN, B. D., PARINGIT, E. C., SANTILLAN, J. R., CAPARAS, A. S., & FABILA, J. L. 2009. Analysis of background variations in computed spectral vegetation indices and its implications for mapping mangrove forests using satellite imagery. In 4th ERDT Conference, Manila, Philippines.
- BAUDRILLARD, J. 1973. *Le miroir de la production*. Casterman, Paris.
- BERK, A., BERNSTEIN, L. S., & ROBERTSON, D. C. 1987. MODTRAN: A moderate resolution model for LOWTRAN (No. SSI-TR-124). SPECTRAL SCIENCES INC BURLINGTON MA.
- BLASCO, F., AIZPURU, M., & GERS, C. 2001. Depletion of the mangroves of Continental Asia. *Wetlands Ecology and Management*, 9(3), 255-266.
- BLASCO, F., T. GAUQUELIN, M. RASOLOFOHARINORO, I. Denis, M. Aizpum and V. Caldairou. 1998. Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. *Mttr. Ereshzoater Res.* f9:n7-296.

- BHIMBA, B. V., MEENUPRIYA, J., JOEL, E. L., NAVEENA, D. E., KUMAR, S., & THANGARAJ, M. 2010. Antibacterial activity and characterization of secondary metabolites isolated from mangrove plant *Avicennia officinalis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(7), 544-546.
- BRITES, R. S., SOARES, V. P., & RIBEIRO, C. A. A. S. 1997. Efeitos da estratégia de amostragem na exatidão reportada pelo índice Kappa na classificação de imagens orbitais. *Revista Árvore*, 21(1), 155-162
- BROTTON, J. 2014. Uma história do mundo em doze mapas. Zahar.
- CAPRA, F. 1998. Ponto de Mutação, O. editora Cultrix.
- CASTIGLIONE, L. H. G. 2003. Uma viagem epistemológica ao geoprocessamento. Rio de Janeiro, ENCE. Dissertação de Mestrado.
- Castro, J. F. M. 2012. História da cartografia e cartografia sistemática. Ed. PUC Minas.
- CHAVES, F.O. 2001. Análise dos Padrões de Zonação e Sucessão de Espécies de Mangue na Região de Guaratiba, Baía de Sepetiba – RJ. Monografia de Bacharelado. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 77p.
- CONCHEDDA, G., DURIEX, D., MAYAUX, P. 2008. An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 63: 578-589.
- CONGALTON, R. G., & GREEN, K. (2008). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
- CORRÊA, F. M. 1996. Caracterização estrutural preliminar do bosque de mangue da região do Rio Piraquê, Guaratiba, Baía de Sepetiba - RJ. Monografia de Final de Curso. Departamento de Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 37p.
- COSGROVE, D. 2003. Historical perspectives on representing and transferring spatial knowledge. In *Mapping in the Age of Digital Media—The Yale Symposium*, Wiley-Academy (pp. 128-137).
- CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. 2007. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil.
- CRUZ, C. B. M.; ROSÁRIO, L. S.; ABREU, M. B.; ALMEIDA, P. M. M.; VICENS, R. S.; CRONEMBERGER, F. M. 2009. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR) Natal. São José dos Campos: INPE, p. 4797-4804. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571).
- CRUZ, 2015 -comunicação pessoal

D'IORIO, M., JUPITER, S. D., COCHRAN, S. A., & POTTS, D. C. 2007. Optimizing remote sensing and GIS tools for mapping and managing the distribution of an invasive mangrove (*Rhizophora mangle*) on South Molokai, Hawaii. *Marine Geodesy*, 30(1-2), 125-144.

DOBSON, J. E. 1983. Reply to Comments on Automated Geography. *The Professional Geographer*. 35 (3):349-353.

DUPUY, S., HERBRETEAU, V., FEYFANT, T., MORAND, S., & TRAN, A. 2012. Land-cover dynamics in Southeast Asia: contribution of object-oriented techniques for change detection. In 4th International Conference on GEOgraphic Object-Based Image Analysis (GEOBIA), Rio de Janeiro, Brazil (pp. 217-222).

DUTRIEUX, E., DENIS, J., POPULUS, J. 1990. Application of SPOT data to a baseline ecological study the Mahakam Delta mangroves East Kalimantan, Indonesia. *Oceanologica Acta* 13, 317e326

ESTEVAM, M.R.M. 2010. Análise da dinâmica de propágulos, plântulas e jovens associada ao processo de colonização de planície hipersalina (apicum) por espécies de mangue em Guaratiba, Rio de Janeiro – RJ. Monografia de Bacharelado. FACULDADES INTEGRADAS MARIA THEREZA. Rio de Janeiro. 64p.

ESTRADA, G.C.D. 2009. Análise da variabilidade estrutural de florestas de mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro - RJ. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 83 p.

ESTRADA, G. C. D.; CALLADO, C. H.; SOARES, M. L. G.; LISI, C. S. 2008. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). *Trees* (2008) n. 22 p. 663–670

ESTRADA, G. C. D. 2013. Análise espaço-temporal do sequestro e do estoque de carbono na biomassa aérea de manguezais. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. 268 p

ESTRADA, GUSTAVO CALDERUCIO DUQUE ; SOARES, MÁRIO LUIZ GOMES ; FERNANDEZ, VIVIANE ; DE ALMEIDA, PAULA MARIA MOURA. 2015. The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves: a case study from southeastern Brazil. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, v. 11, p. 29-35.

FERNANDEZ, V. 2014. Para onde vamos com o sequestro de carbono? A rede sociotécnica do carbono assimilado por manguezais, Tese. Doutorado em Meio Ambiente

FERREIRA, A. A. M. & OLIVEIRA, M. V. 1985. Contribuição ao estudo arqueo-geológico do Quaternário Superior da Baixada de Guaratiba-Sepetiba. In: *Coletores e Pescadores Pré-Históricos de Guaratiba - Rio de Janeiro*. L. M. Kneip (ed.). Editora UFRJ/EDUFF. Rio de Janeiro, Niterói. pp 29-46.

FERREIRA, M. C. 2007. O Mapa das Cortes e o Tratado de Madrid: a cartografia a serviço da diplomacia. *Varia História*, 23(37), 51-69.

FIGUEIREDO, G. C., & VIEIRA, C. A. O. 2007. Estudo do comportamento dos índices de exatidão global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens de sensoriamento remoto. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 5755-5762.

FITZ, P. R. 2008. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos.

FLORENZANO, T. G. 2007. Iniciação em sensoriamento remoto. 2.ed. de imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos.

FONSECA, L. M. G. 2000. Processamento digital de imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 105p.

FONSECA, A. D., & FERNANDES, J. C. 2004. Detecção remota.

FROMARD, F., C. VEGA, AND C. POISY 2004. Half a century dynamics coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana: A case study based on remote sensing data analysis and field surveys, Mar. Geol., 208, 265 – 280 Green EP.

GIRI, C., PENGRA, B., ZHU, Z., SINGH, A., & TIESZEN, L. L. 2007. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 73(1), 91-100.

GREEN, E. P., CLARK, C. D., MUMBY, P. J., EDWARDS, A. J., & ELLIS, A. C. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. International Journal of Remote Sensing, 19(5), 935-956.

GREEN, EDMUND P., ET AL. (1997). Estimating leaf area index of mangroves from satellite data. Aquatic Botany 58.1: 11-19.

GREEN, E. P., MUMBY, P. J., EDWARDS, A. J., & CLARK, C. D. 1996. A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources. Coastal management, 24(1), 1-40.

HELDEN, U. & STERN, M. 1980. Evaluation of Landsat Imagery and Digital Data for Monitoring Desertification Indicators in Tunisia. Proc. 14th. Int. Symp. on Rem. Sens. of Environ., p. 1601-1611.

HERZ, R. 1991. Manguezais do Brasil. USP.

ISMAIL, M. H., OTHMAN, C. K., AKMA, C. K., & USALI, N. 2011. Performance of intrinsic and soil line-based vegetation indices to mangrove mapping in Malaysia. Journal of Biodiversity and Ecological Sciences, 1(1), 41-52.

JENSEN, J. R., & EPIPHANIO, J. C. N. 2009. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese Editora.

JONES J., DALE P.E.R., CHANDICA A.L. AND BREITFUSS M.J. 2004. Distribution changes of the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) using large scale aerial color

infrared photographs: are the changes related to habitat modification for mosquito control? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 61: 45–64

JUPITER, S. D.; DONALD, C. P.; STUART, R. P.; NORMAN, C. D. 2007. Natural and anthropogenic changes to mangrove distributions in the Pioneer River Estuary (QLD, Australia). *Wetlands Ecol Manage.* 15: 51-61.

KAMAL, M., PHINN, S., & JOHANSEN, K. 2014. Characterizing the spatial structure of mangrove features for optimizing image-based mangrove mapping. *Remote Sensing*, 6(2), 984-1006.

KAMTHONKIAT, D., RODFAI, C., SAIWANRUNKUL, A., KOSHIMURA, S., & MATSUOKA, M. 2011. Geoinformatics in mangrove monitoring: damage and recovery after the 2004 Indian Ocean tsunami in Phang Nga, Thailand. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(7), 1851-1862.

KOVACS, J.M.; FLORES-VERDUGO, F.; WANG, J.; ASPDEN, L.P. 2004. Estimating leaf area index of a degraded mangrove forest using high spatial resolution satellite data. *Aquat. Bot.* 80, 13-22.

KUENZER, C., BLUEMEL, A., GEBHARDT, S., QUOC, T. V., & DECH, S. 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: A review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.

KUHN, T. S. 1975. *A estrutura das revoluções científicas* (Vol. 3). São Paulo: Perspectiva.

LACOSTE, Y., & FRANCA, M. C. 1976. *A geografia: isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra*. Papyrus.

LANG, S.; BLASCHKE, T. 2009. *Análise da Paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos.

LATOUR, B., & WOOLGAR, S. 1997. *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.

LATOUR, B. 1994. *Jamais fomos modernos*. Editora 34.

LATOUR, B. 2000. *Ciência em ação*. Unesp.

LATOUR, B. 2004. *Políticas da natureza: como fazer ciência na democracia*. Edusc.

LATOUR, B. 2012. *Reagregando o social: uma introdução à teoria do ator-rede*. Salvador: Edufba.

LATTES. 2015. Plataforma Lattes. Disponível em www.lattes.canpq.br Acessado abril de 2015

LAW, J. 1996. After ANT: complexity, naming and topology. *The Sociological Review*, 47(S1), 1-14.

- LEE, T. M., & YEH, H. C. 2009. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan. *Ecological engineering*, 35(4), 487- 496.
- LEFF, E. Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006. 555 p.
- LEFF, E. Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2009. 494 p.
- LEUKERT, K., DARWISK, A. ; REINHARDT, W. 2004. Transferability of Knowledge-based classification rules, ISPRS 2004 XXth Congress, Istanbul. Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 39-64.
- LUGO, A. E., & SNEDAKER, S. C. 1974. The ecology of mangroves. *Annual review of ecology and systematics*, 39-64.
- MARTINELLI, M. 2003. Mapas da geografia e cartografia temática. Editora Contexto.
- MENEZES, P. M. L. D., & FERNANDES, M. D. C. 2013. Roteiro de cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 288.
- MAHMOUD, A., SALEH. 2007. Assessment of mangrove vegetation on Abu Minqar Island of the Red Sea, *Journal of Arid Environments*, Vol. 68, Issue 2, pp. 331-336.
- MONMONIER, M. 2014. How to lie with maps. University of Chicago Press.
- MORIN, E. 1984. *Ciencia com consciencia* (p. 300). Barcelona: Anthropos.
- MUTTITANON, W., TRIPATHI, N.K. 2005. Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat TM data. *Int. J. Remote Sens.* 26, 231–2323.
- NICOLESCU, B. 2002. Manifesto of transdisciplinarity. SUNY Press.
- NOVO, E.M.L.. 2010. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. Edgard. 4ª Edição Blücher.
- OLIVEIRA, V. F. 2001. Monitoramento do ecossistema manguezal visando sua utilização como indicador de variações do nível médio relativo do mar (Guaratiba - RJ). 74 p. Monografia (Bacharelado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- PELLEGRINI, J. A. C. 2000. Caracterização da planície hipersalina (apicum) associado a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. Tese de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 101 p.
- PELLEGRINI, J.A.C. 1996. Caracterização preliminar de um apicum associado ao manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ. Tese de Bacharelado em Oceanografia. Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 39p.

PETROBRAS. 2014. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/>. Acessado em 2014.

PORTUGAL, A.M..M. 2002. Manguezais de Guaratiba frente à perspectiva de elevação do nível médio relativo do mar, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro – Brasil. Tese de mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 163 p.

PIMENTA, M. L., COURA, P. H. F., CRUZ, C. B. M., & LACERDA, E. R. Estudo das incertezas da definição de parâmetros no processo de correção atmosférica.

PINHO, C. D. 2005. Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos. 2005. 180 p (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado)–INPE–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos).

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. 2007. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos, SP. Editora Parêntese.

PONZONI, F. J., DOS SANTOS, S. B., CANTINHO, R. Z., & GEOTECNOLOGIAS, G. 2013. Comparação entre índices de vegetação gerados a partir de dados dos sensores MODIS e Vegetation-2.

PORTUGAL, A.M..M. 2002. Manguezais de Guaratiba frente à perspectiva de elevação do nível médio relativo do mar, Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro – Brasil. Tese de mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 163 p.

PREMANATHAN, MARIAPPAN, KANDASAMY KATHIRESAN, AND HIDEKI NAKASHIMA. 1999. "Mangrove halophytes: A source of antiviral substances." *South Pacific Study* 19.1-2 (1999): 49-57.

RAMSEY, E., JENSEN, J.R., 1996. Remote sensing of mangrove wetlands: relating canopy spectra to site-specific data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 62, 939–948

REBELO- MOCHEL, F. R. & PONZONI, F.J. 2007. Spectral characterization of mangrove leaves in the Brazilian Amazonian Coast: Turiaçu Bay, Maranhão State. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79: 683-692

ROGERS, K., SAINTILAN, N., CAHOON, D. 2006. "Surface elevation dynamics in a regenerating mangrove forest at Homebush Bay, Australia". *Wetlands Ecology and Management* , v.13, pp. 587-598.

ROSA, R. 2005. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*, 16(1), 81-90.

SALICHTCHEV, K. A. 1973. Some reflections on the subject and method of cartography after the sixth international cartographic conference. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 10(2), 106-111.

SANTOS¹, D. C., MARTINS, P. W., FILHO, S., & DA SILVA, A. D. Q. 2012. Reconhecimento e mapeamento de gêneros de mangue a partir de dados

espectrorradiométricos e imagens ikonos na Ilha de Marajó–Pa (Doctoral dissertation, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS).

SANTOS, M. 1978. Por Uma Geografia Nova da Crítica da Geografia a Uma Geografia Crítica.

SANTOS, M., & MARQUES, M. C. 2002. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção (Vol. 1). Edusp.

SATYANARAYANA, B., THIERRY, B., SEEN, D. L., RAMAN, A. V., & MUTHUSANKAR, G. 2001. Remote sensing in mangrove research-relationship between vegetation indices and dendrometric parameters: A case for Coringa, east coast of India. In Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing (Vol. 5, p. 9).

SATYANARAYANA, B., MOHAMAD, K. A., IDRIS, I. F., HUSAIN, M. L., & DAHDOUH-GUEBAS, F. 2011. Assessment of mangrove vegetation based on remote sensing and ground-truth measurements at Tumpat, Kelantan Delta, East Coast of Peninsular Malaysia. *International journal of remote sensing*, 32(6), 1635-1650.

SBSR. 1996. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 1996, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE, 1996. Internet. Acesso em: maio. 2015.

SBSR. 1998. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 1998, Santos. Anais. São José dos Campos: INPE, 1996. Internet. Acesso em: maio. 2015.

SBSR. 2011. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 2011. Internet. Acesso em: maio. 2015.

SBSR. 2013. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR)., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. Internet.. Acesso em: mai. 2015.

SENDRA, J. B., & ROM, S. J. D. P. R. 1999. LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA GEOGRAFÍA. VII Encuentro de Geógrafos de América Latina. Publicaciones CD, Inc. CDROM, San Juan de Puerto Rico.

SETO, K. C., & FRAGKIAS, M. 2007. Mangrove conversion and aquaculture development in Vietnam: A remote sensing-based approach for evaluating the Ramsar Convention on Wetlands. *Global Environmental Change*, 17(3), 486-500
Soares, M. L. G. 1997. Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - análise de modelos. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 2 vol. 560 p.

SOARES, M. L. G. ; TOGNELLA-DE-ROSA, M.M.P. ; OLIVEIRA, VIVIANE FERNANDEZ DE ; CHAVES, FILIPE DE OLIVEIRA ; SILVA JUNIOR, CARLOS MILTON GONÇALVES DA ; PORTUGAL, ANA MARGARIDA MARQUES ; ESTRADA, GUSTAVO CALDERUCIO DUQUE ; BARBOSA, BEATRIZ ; ALMEIDA,

PAULA MARIA MOURA DE. 2005. Ecological Impacts of climatic change and variability: Coastal environments - Mangroves and Salt Flats 2005 (Relatório Técnico).

SOARES, M. L. G. ; ESTRADA, GUSTAVO CALDERUCIO DUQUE ; CHAVES, FILIPE DE OLIVEIRA ; FERNANDEZ, V. 2013. Analysis of the structural variability of mangrove forests through the physiographic types approach. *Aquatic Botany*, v. 111, p. 135-143.

SOARES, M. L. G. 2009. A conceptual model for the responses of mangrove forests to sea level rise. *Journal of Coastal Research*, v. SI 56, p. 267-271.

SOARES, M. L. G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2005. Above-ground biomass of mangrove species. I. Analysis of models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 65, p. 1-18.

TAO, C. V., & YONG, H. U. 2002. 3D reconstruction methods based on the rational function model. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68 (7), 705-714.

TAYLOR, D. R. F. 1991. A Conceptual Basis For Cartography/New Directions For The Information Era: Keynote presentation to the ICA General Assembly at Bournemouth, UK, September 1991. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 28(4), 1-8.

TWILLEY, R.R. 1995. Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments. In: *Maximum Power*. Colorado, University of Colorado Press. Boulder.

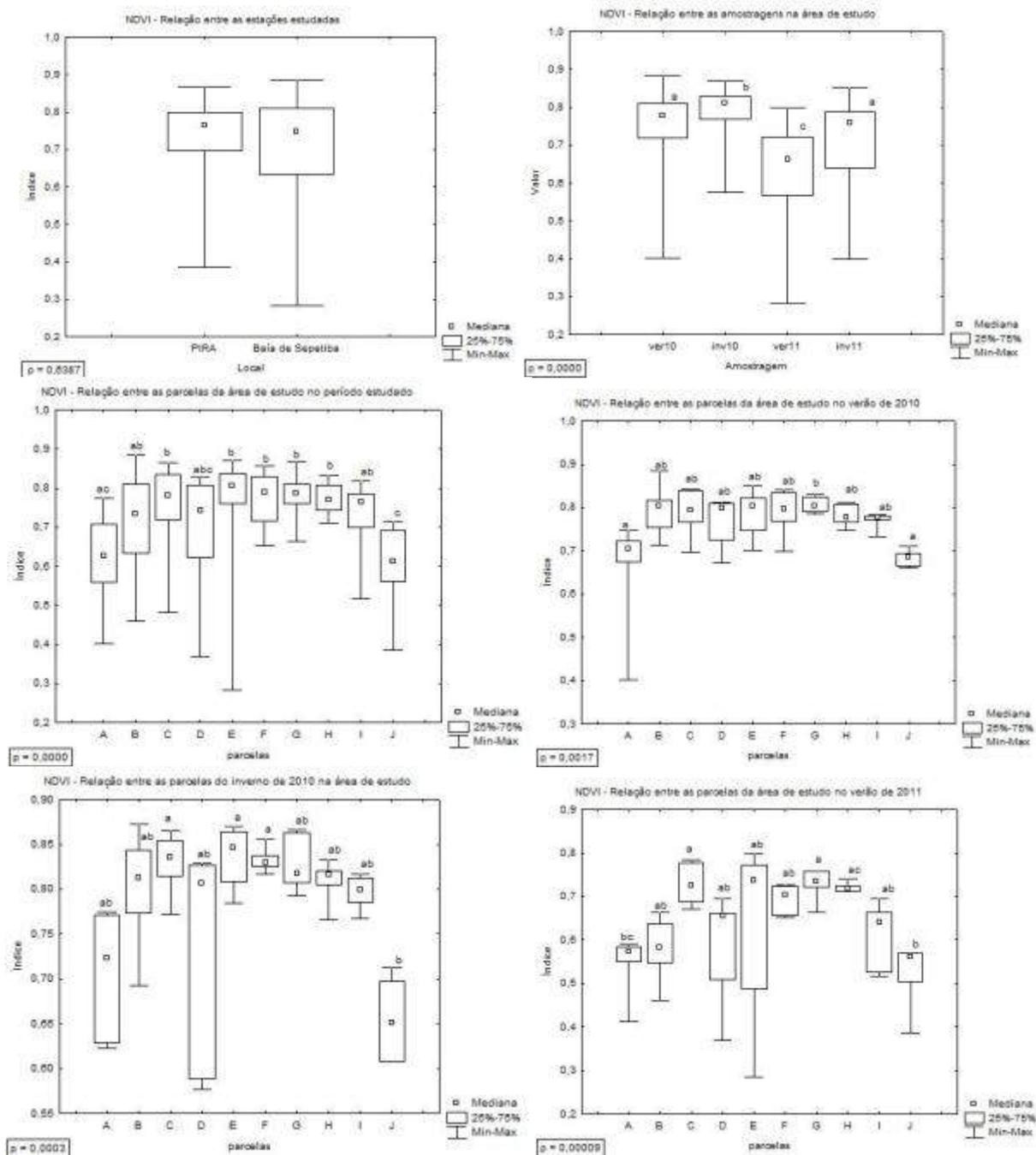
WANG, L. E., & SOUSA, W. P. 2009. Distinguishing mangrove species with laboratory measurements of hyperspectral leaf reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 30(5), 1267-1281.

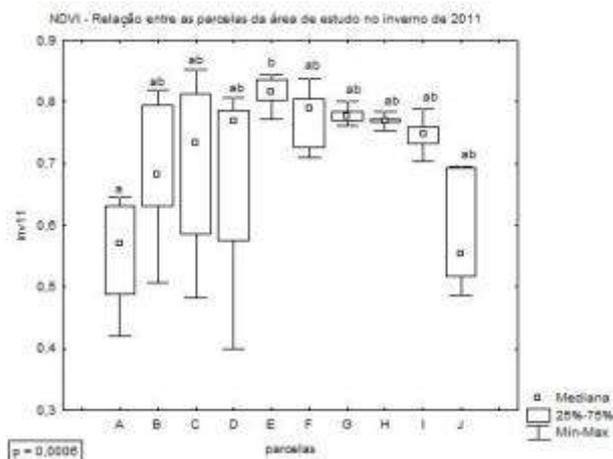
WANG, L., SOUSA, W. P., GONG, P., & BIGING, G. S. 2004. Comparison of IKONOS and QuickBird images for mapping mangrove species on the Caribbean coast of Panama. *Remote Sensing of Environment*, 91(3), 432-440. Xiaoxia, S.; Zhang, J. ; Zhengjun Liu. 2004. An Object-Oriented Classification Method on High resolution Satellite Data. 25th Asian Conference on Remote Sensing, Thailand, November 2004 (2004), pp. 347–350

ZAR, J. H. 1996. Biostatistical analisys. Biostatistical analisys. (<http://www.car.gov.br/>)

APÊNDICE A - Box plots referentes às análises de variância (teste de Kruskal Wallis) realizadas com os dados dos índices

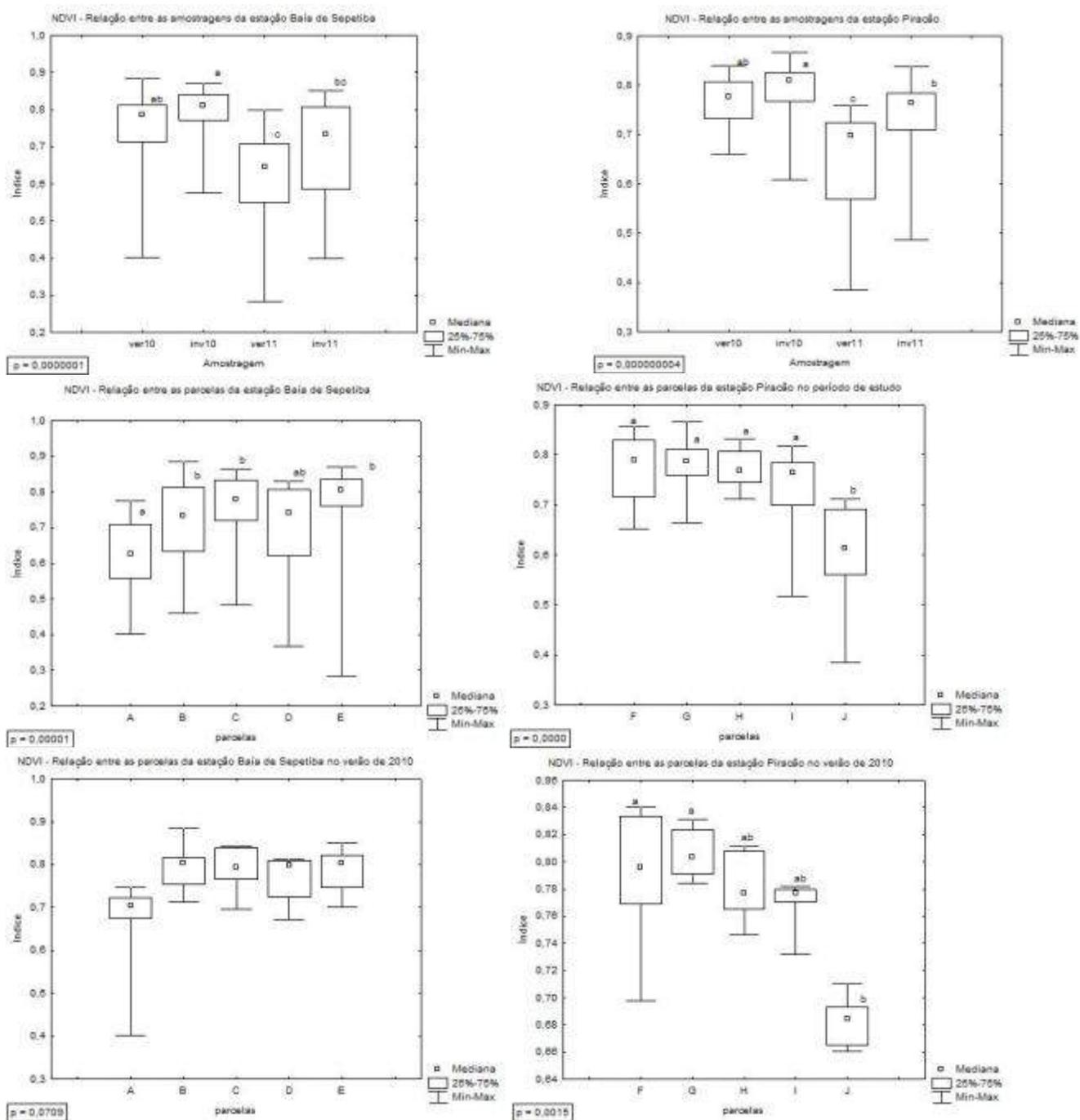
Figura 1 - Box plots referentes ao índice NDVI - dados gerais. Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

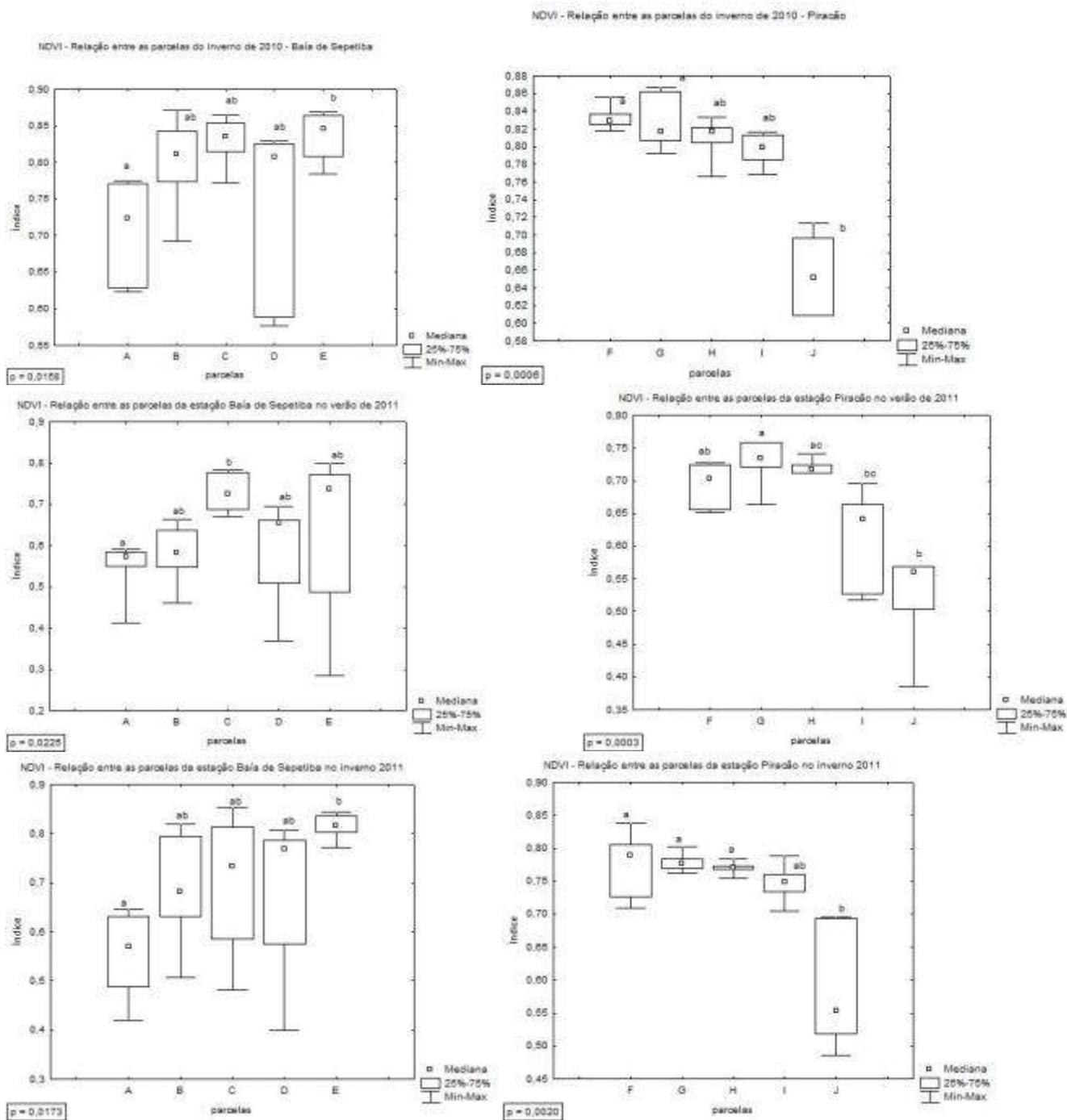




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

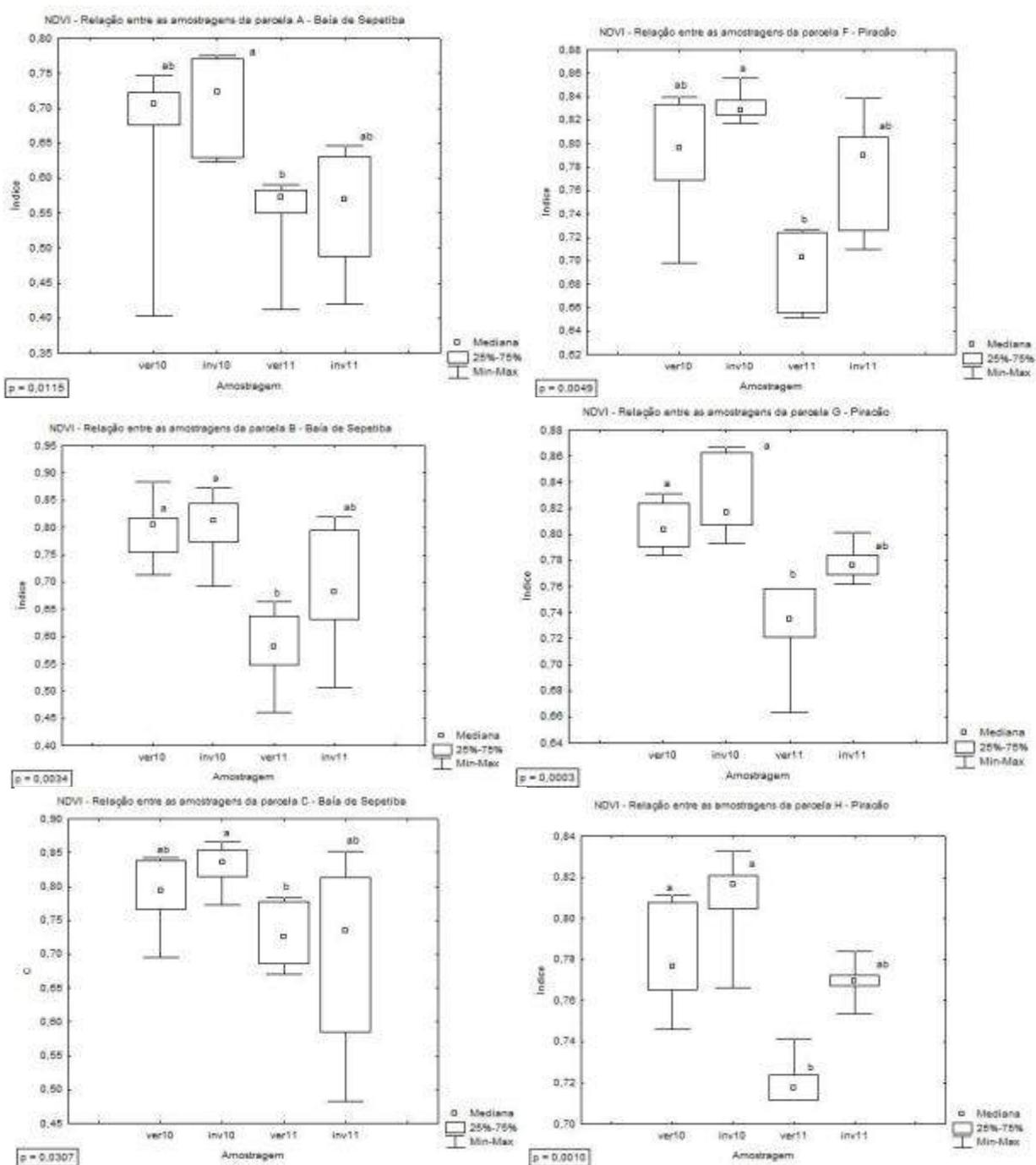
Figura 2 - Box plots referentes ao índice NDVI - regiões da Baía de Sepetiba e Rio Piracão.

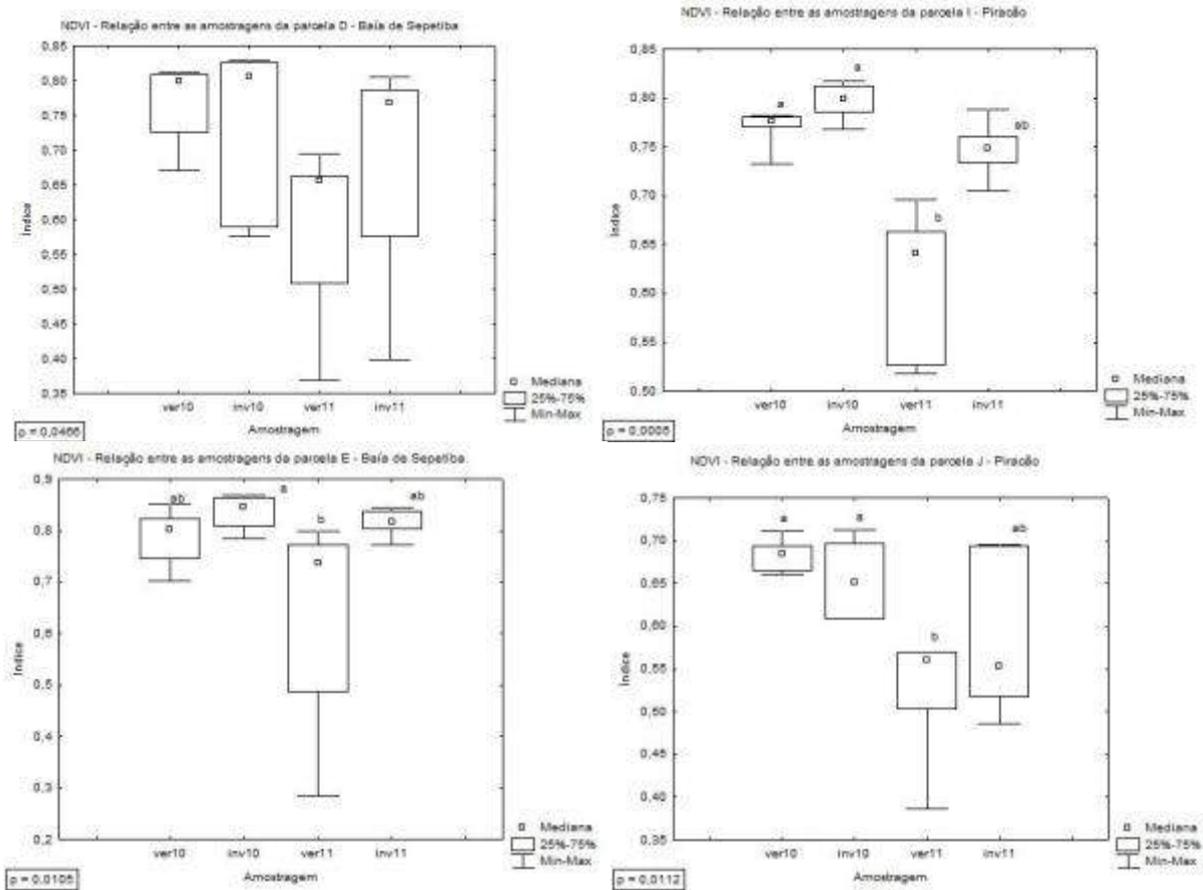




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

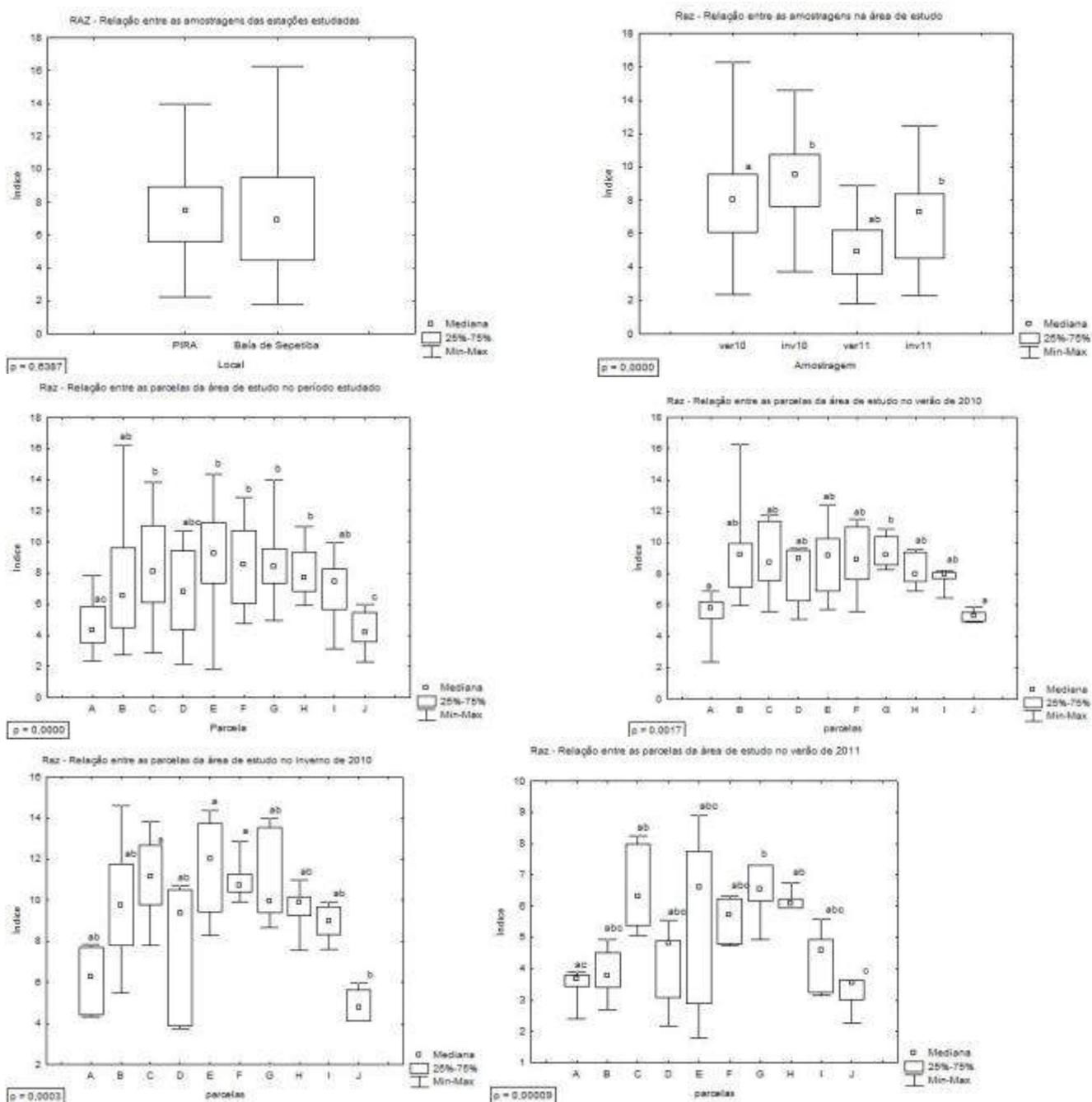
Figura 3 - Box plots referentes ao índice NDVI - dados por parcela

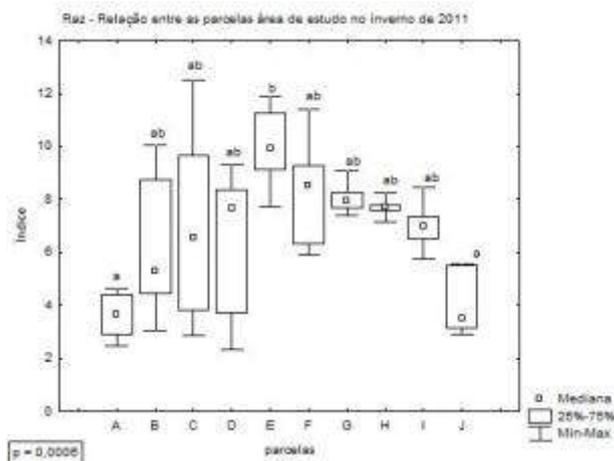




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

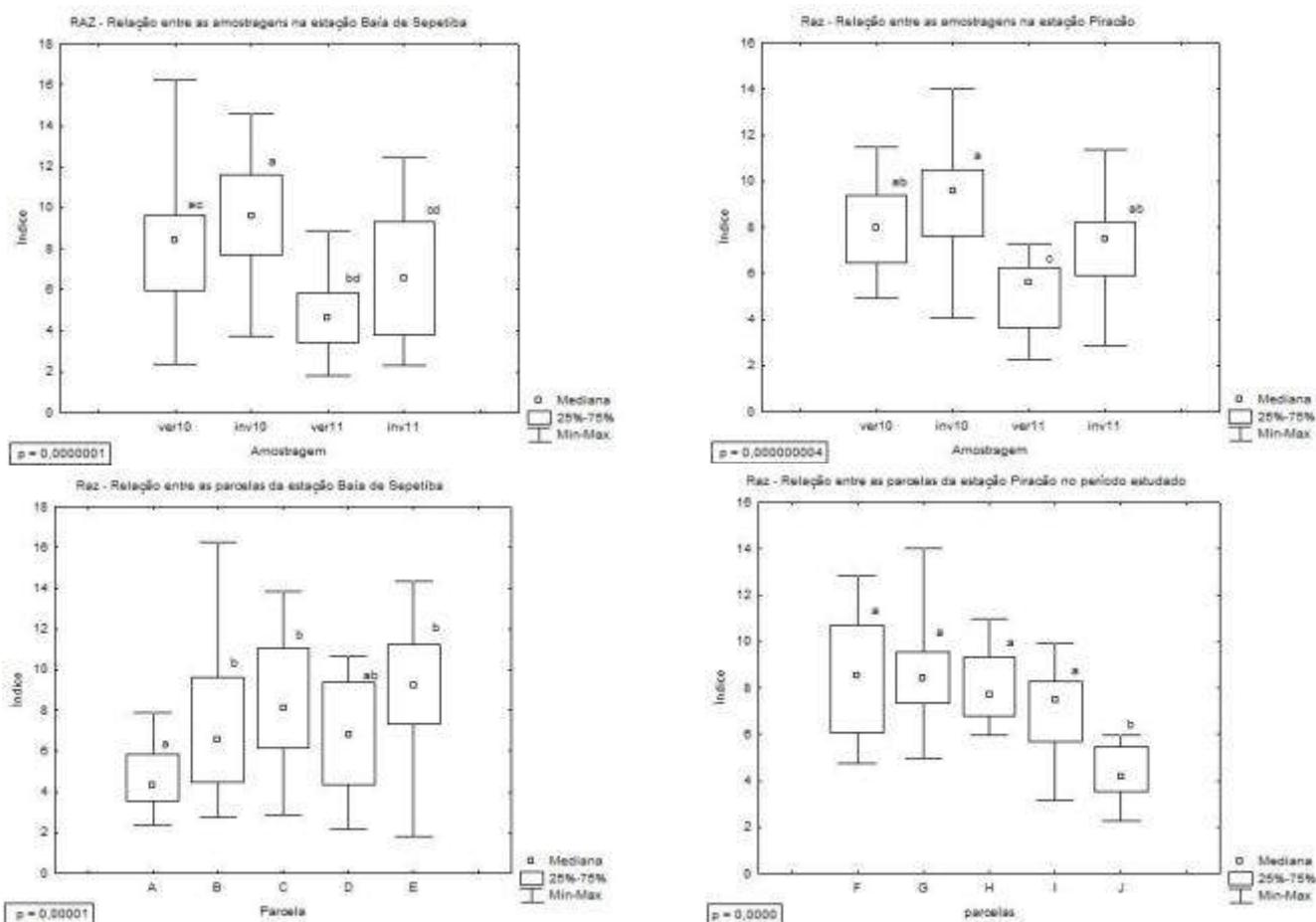
Figura 4 - Box plots referentes ao índice RS - dados gerais



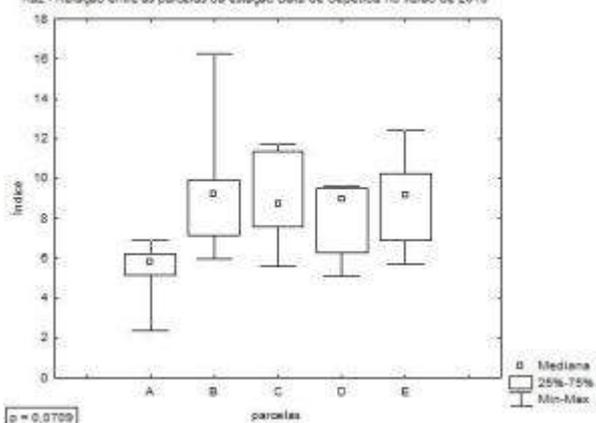


Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

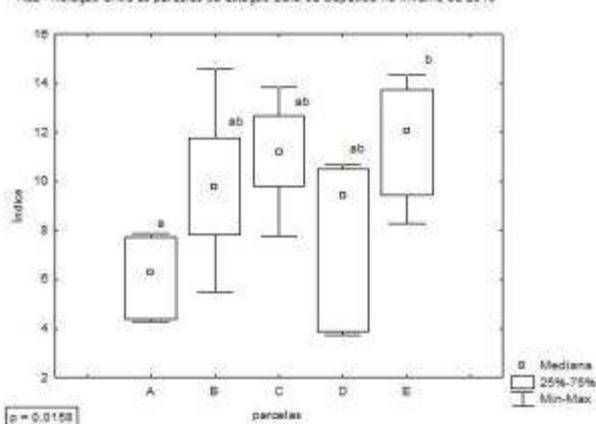
Figura 5 - Box plots referentes ao índice RS - regiões da Baía de Sepetiba e Rio Piracão.



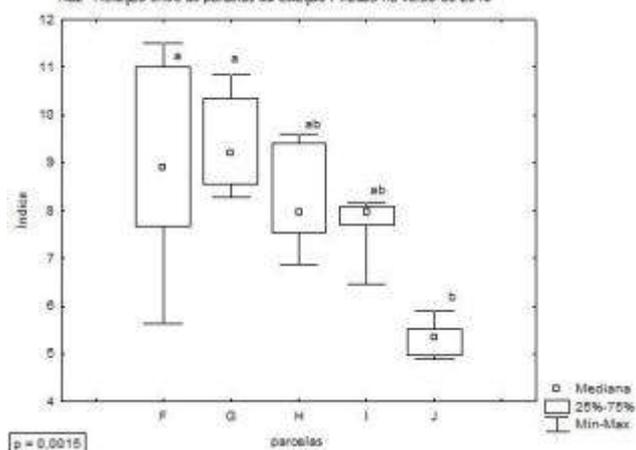
Raz - Relação entre as parcelas da estação Baía de Sepetiba no verão de 2010



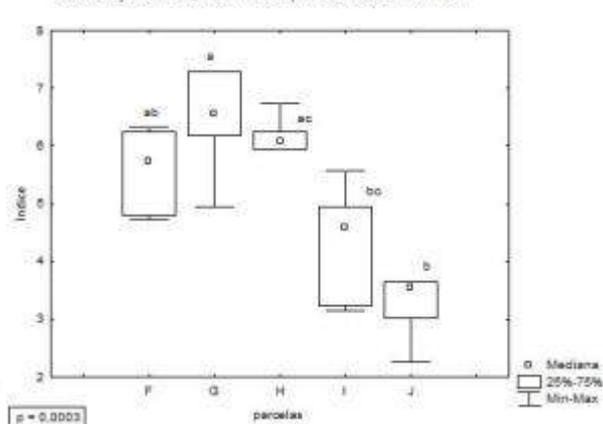
Raz - Relação entre as parcelas da estação Baía de Sepetiba no inverno de 2010

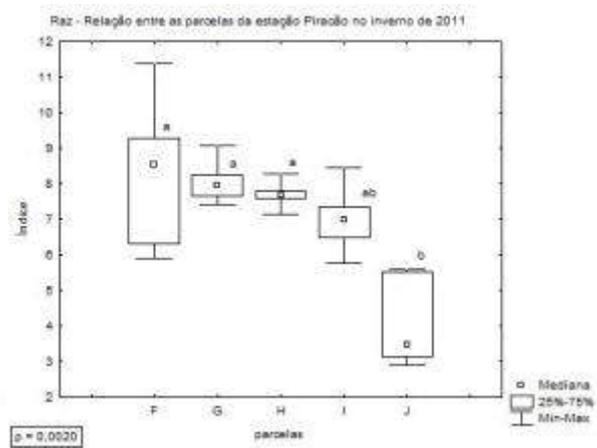
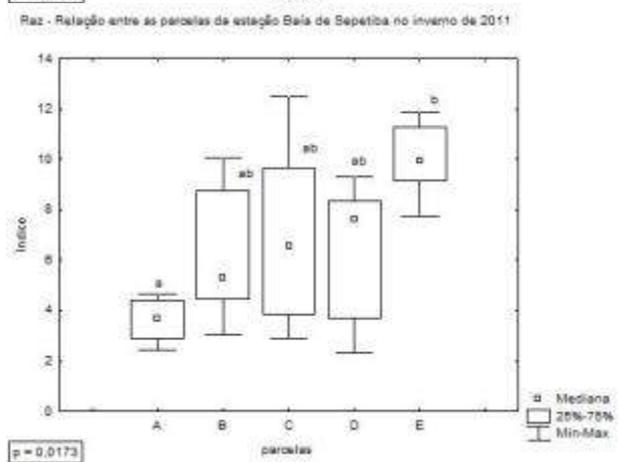
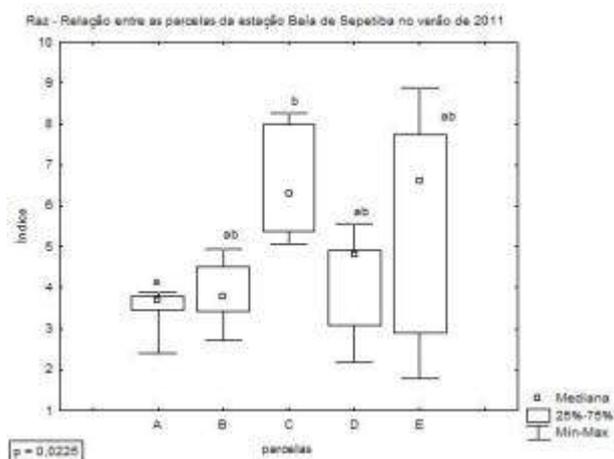
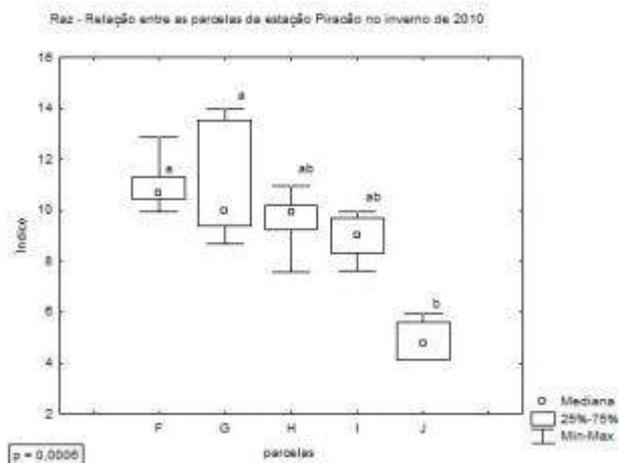


Raz - Relação entre as parcelas da estação Piracão no verão de 2010



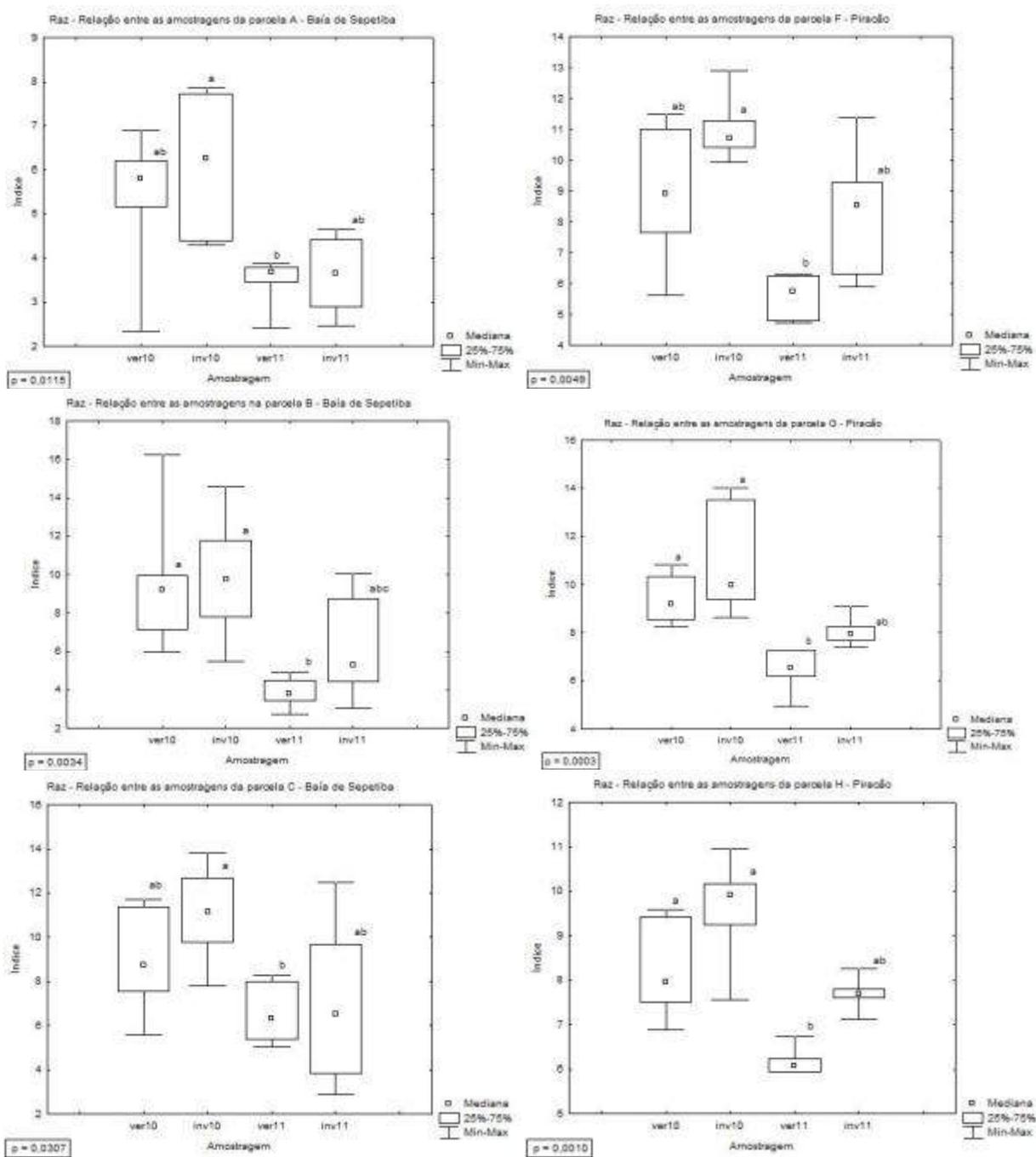
Raz - Relação entre as parcelas da estação Piracão no verão de 2011

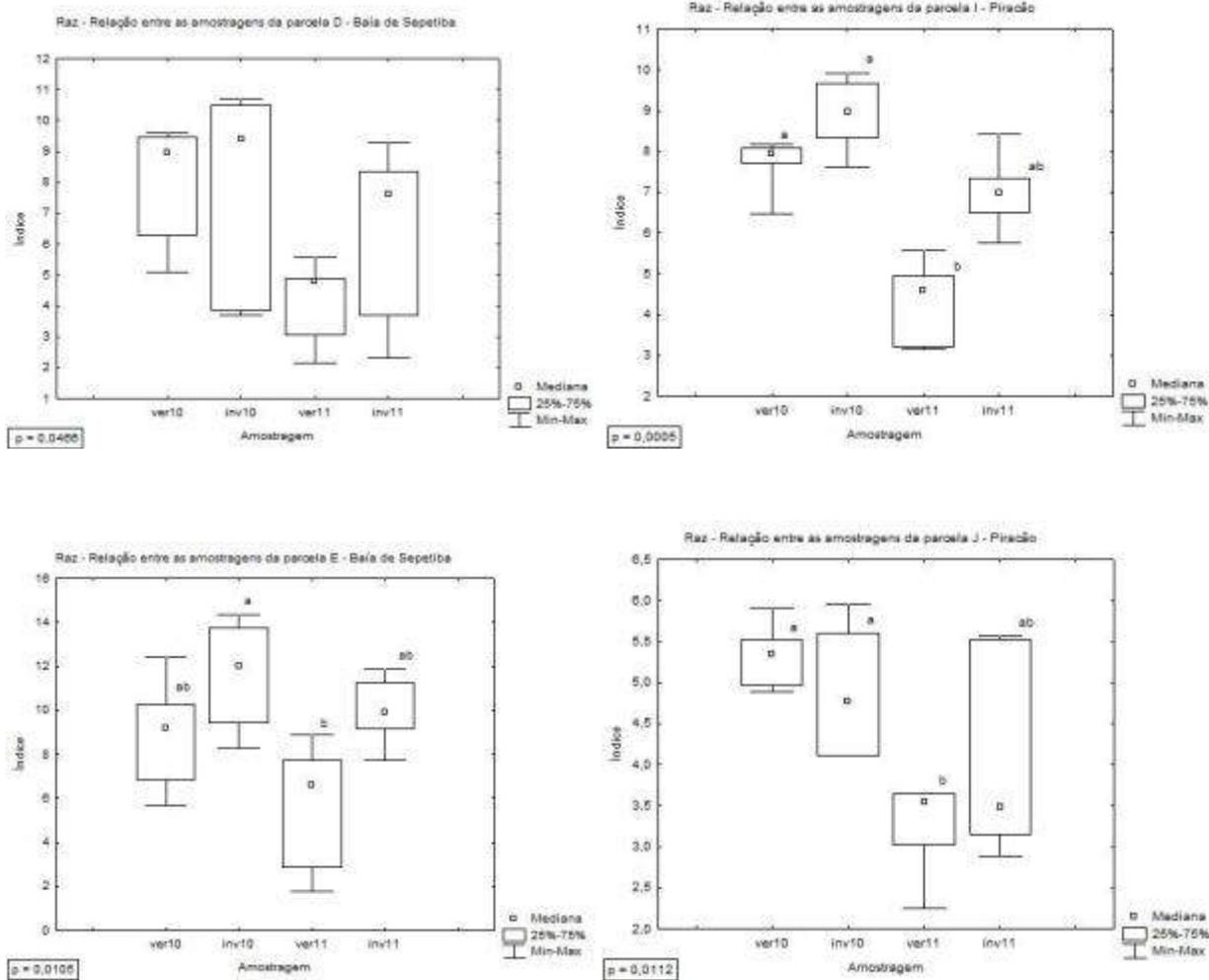




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

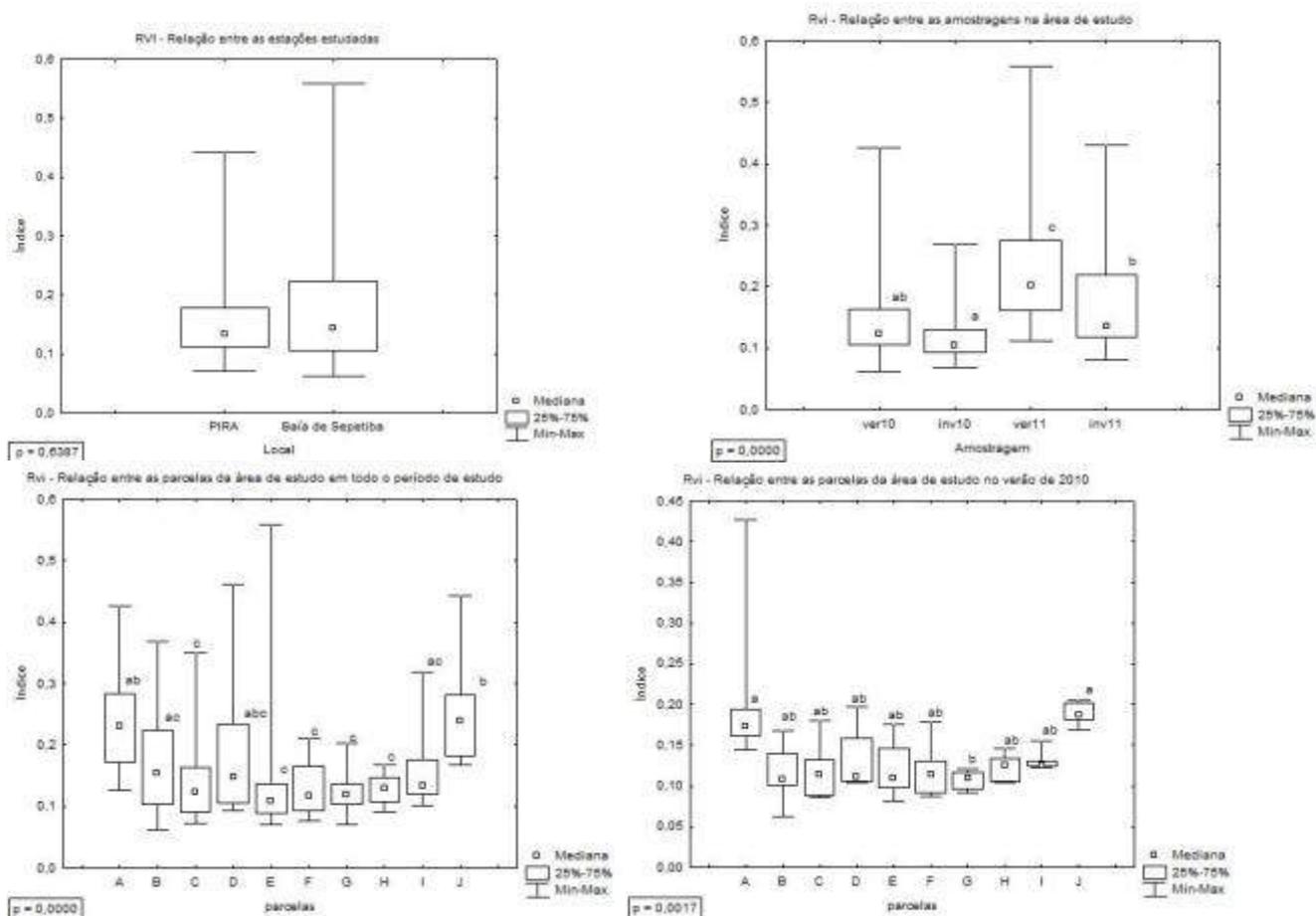
Figura 6 - Box plots referentes ao índice RS - dados por parcela

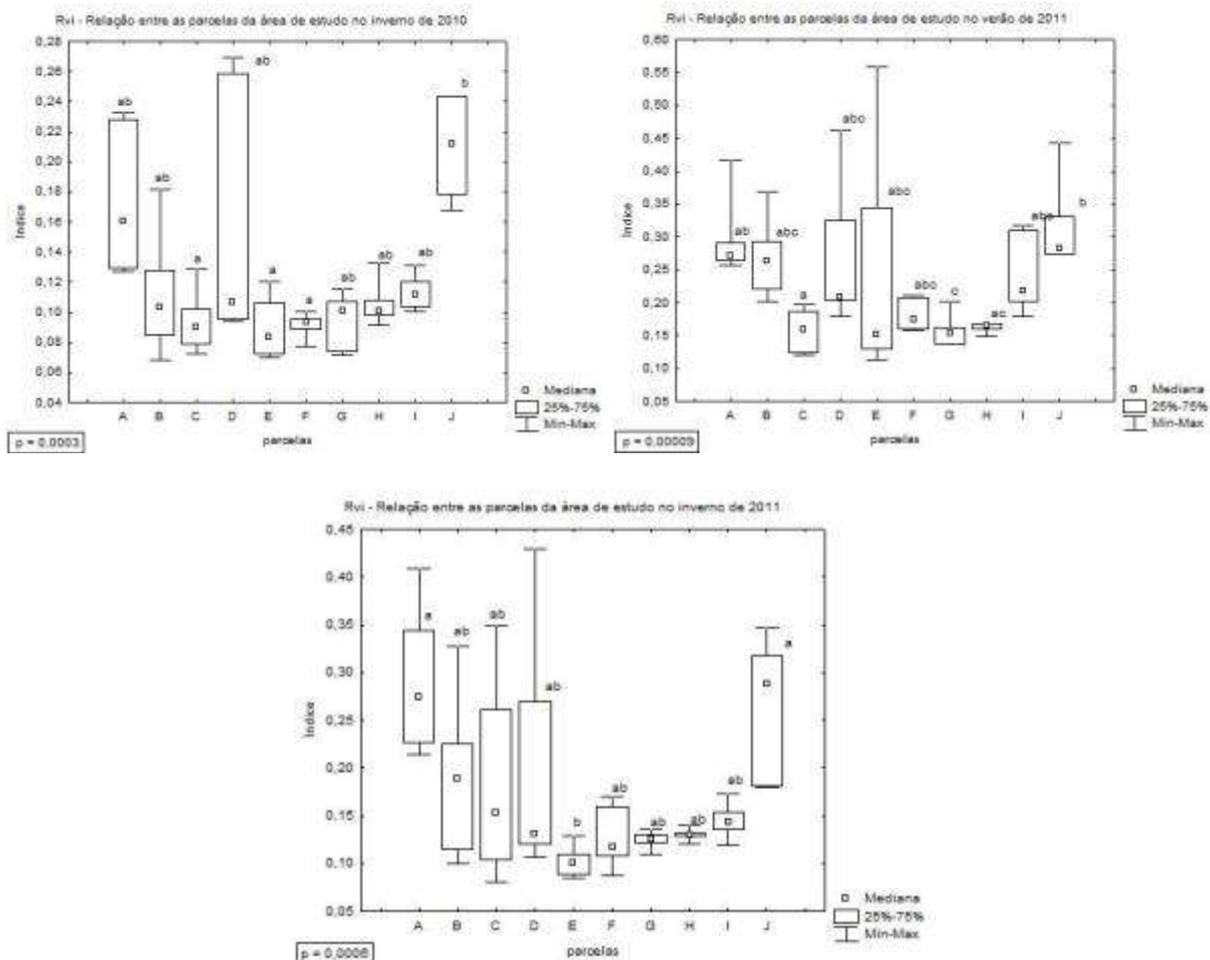




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

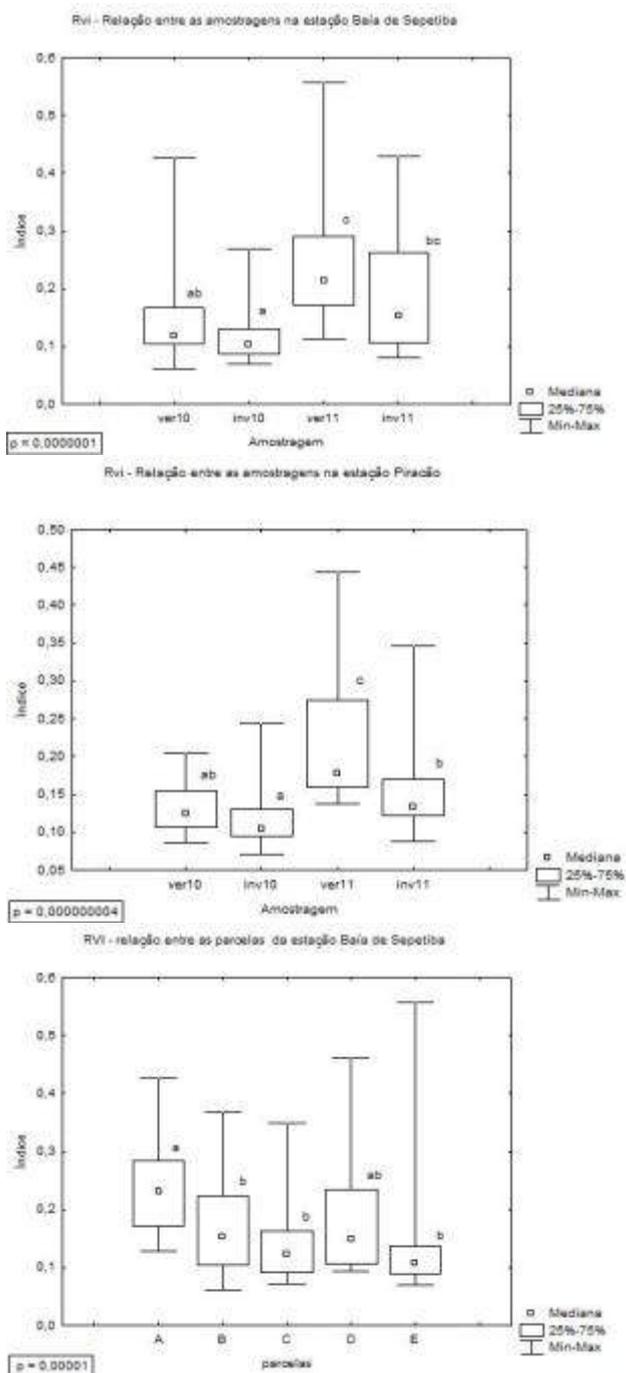
Figura 7 - Box plots referentes ao índice Rvi - dados gerais

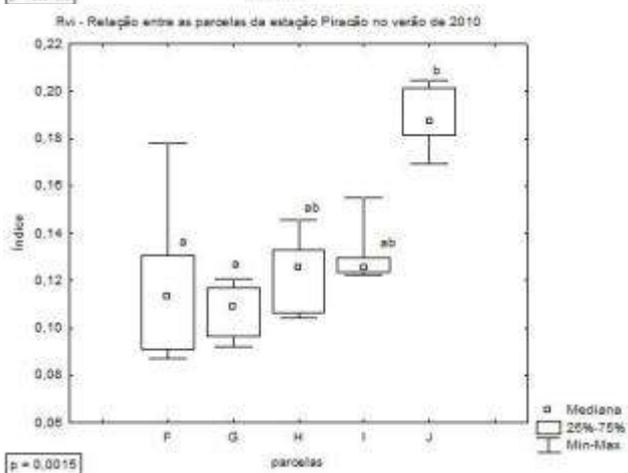
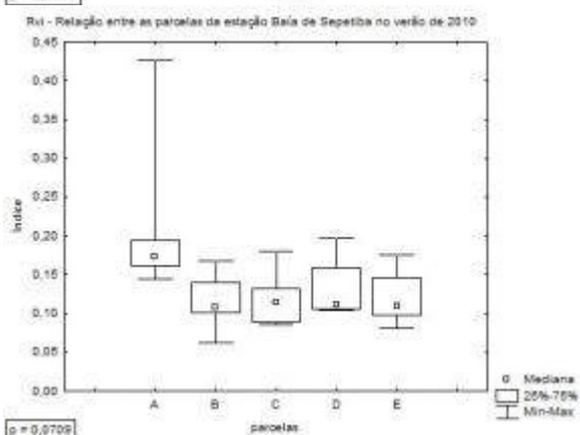
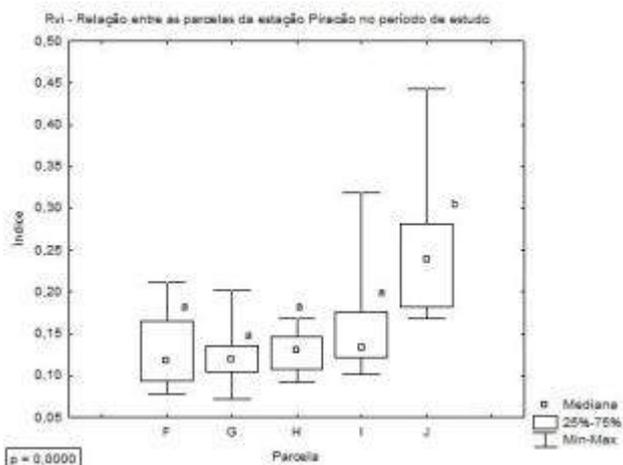


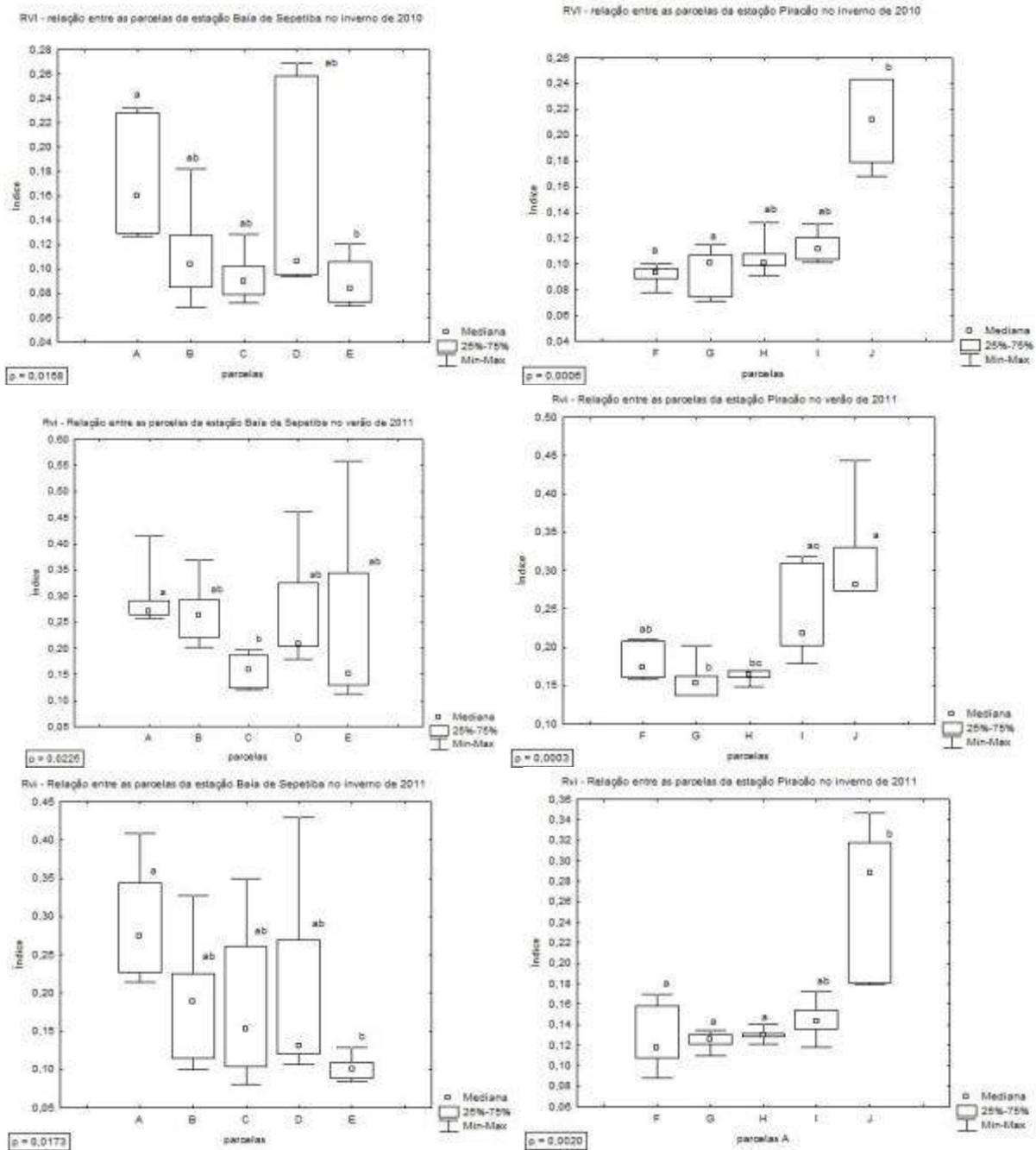


Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

Figura 8 - Box plots referentes ao índice Rvi - regiões da Baía de Sepetiba e Rio Piracão

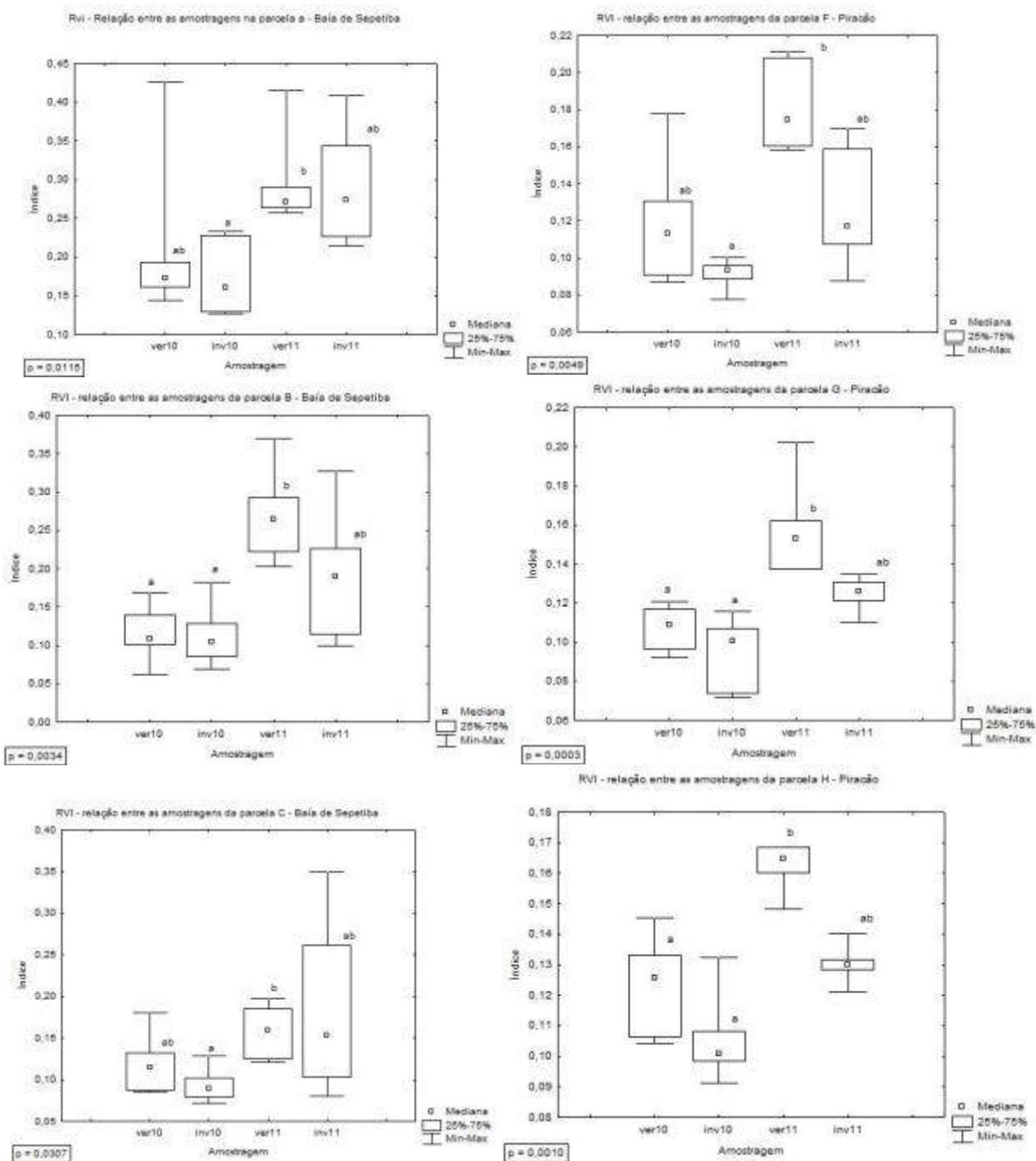


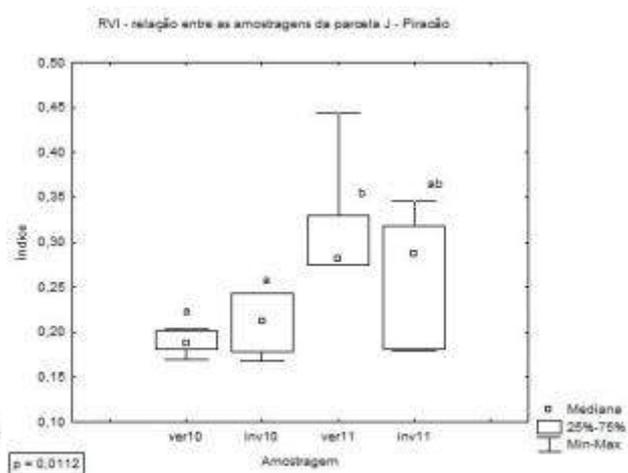
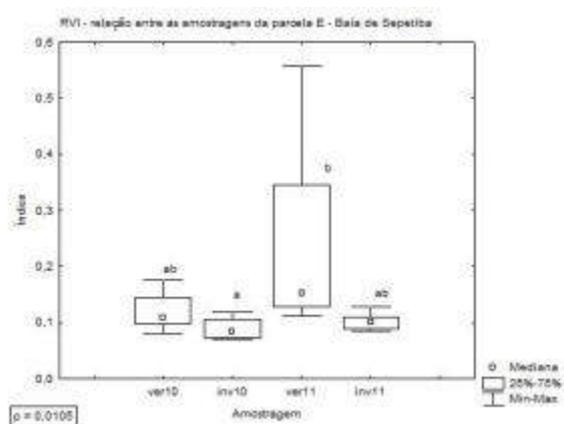
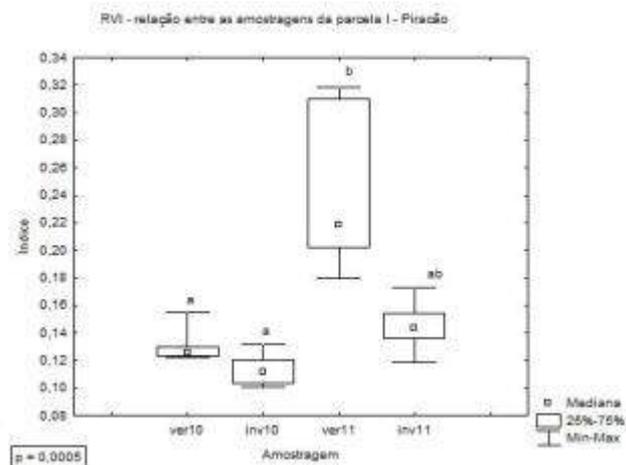
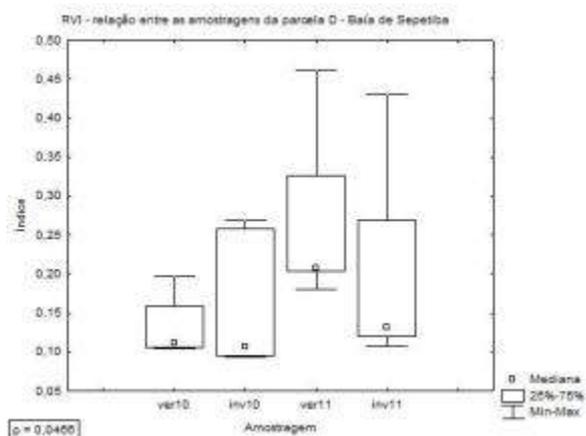




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

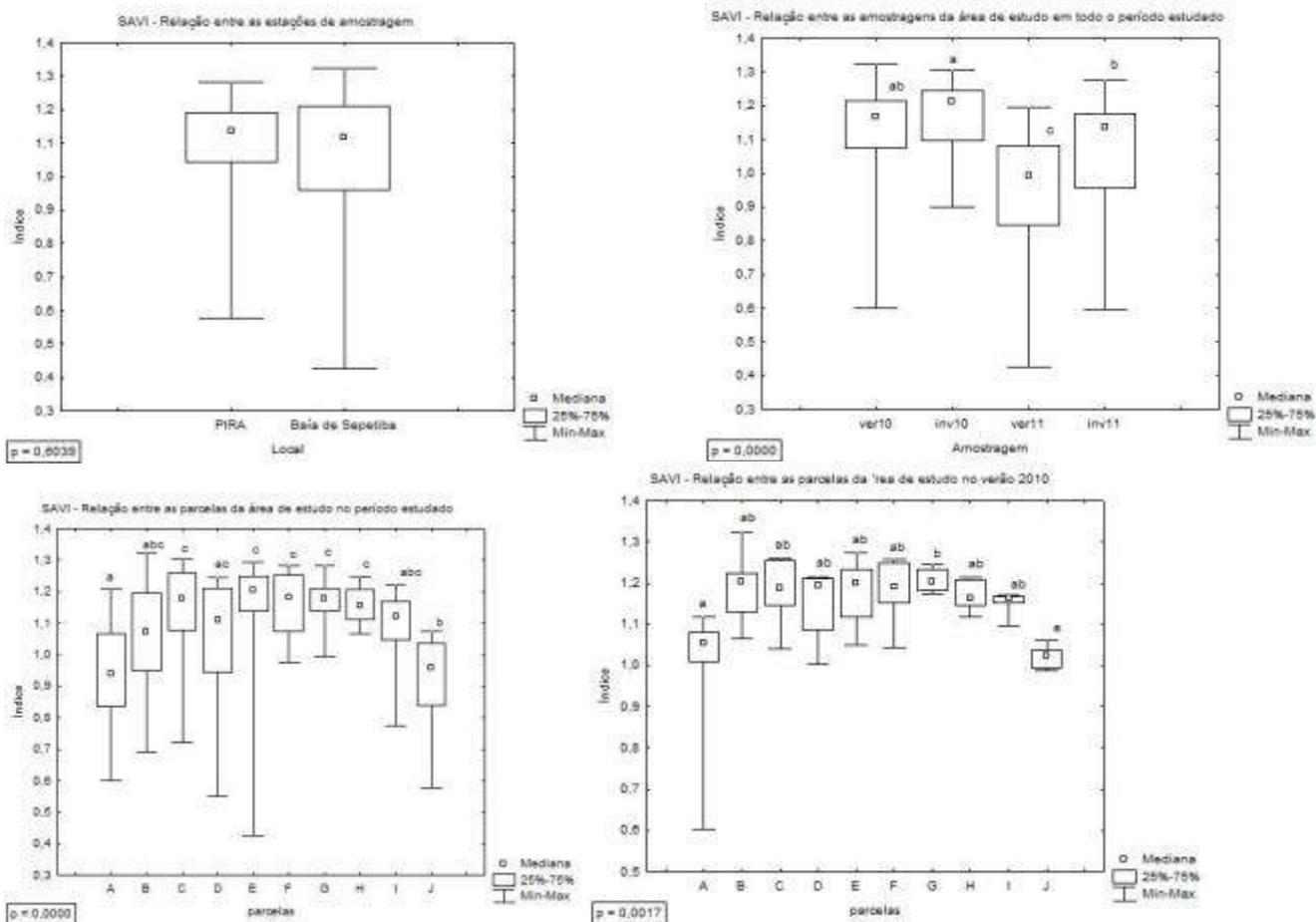
Figura 9 - Box plots referentes ao índice Rvi - dados por parcela

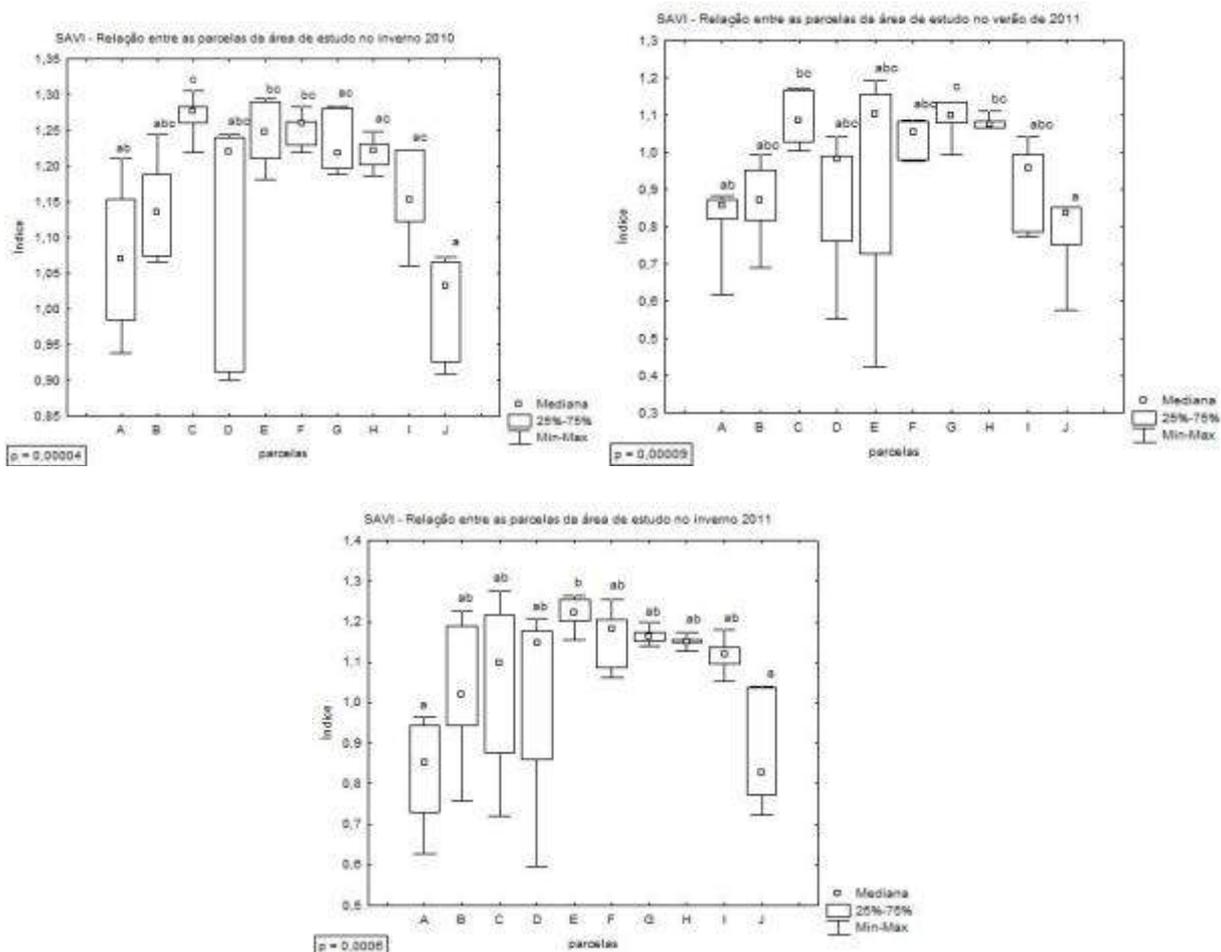




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

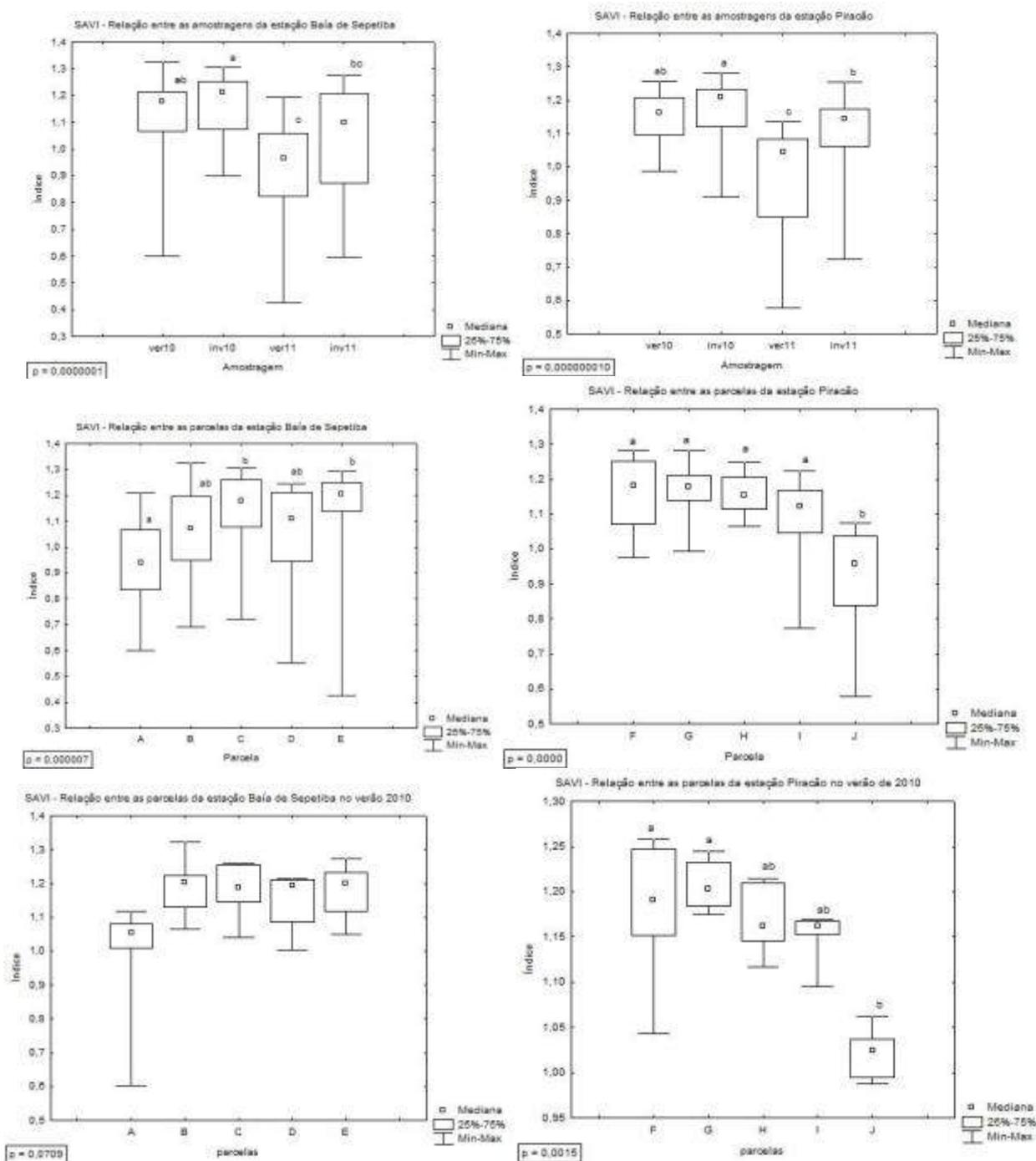
Figura 10 - Box plots referentes ao índice SAVI - dados gerais.

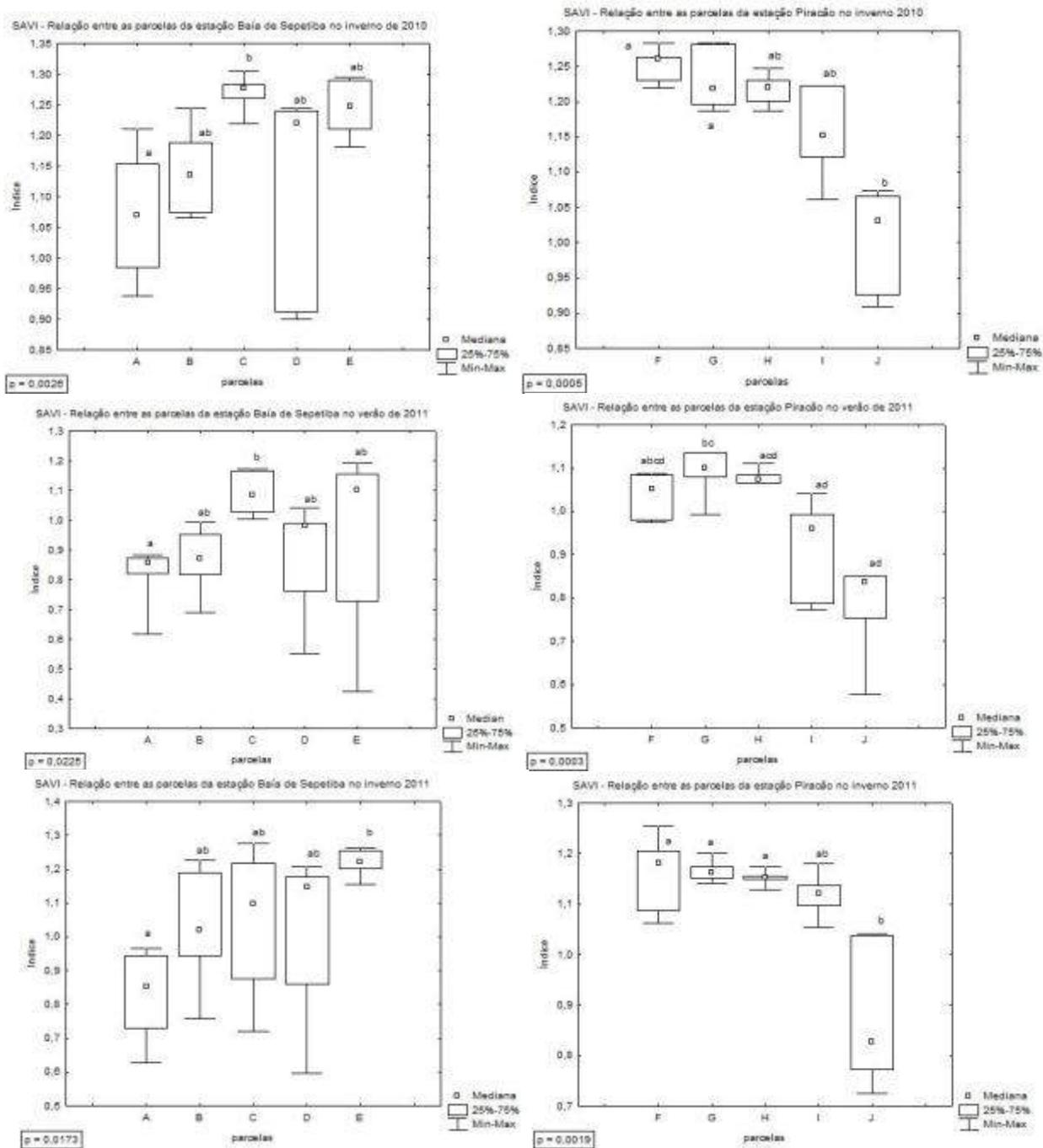




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

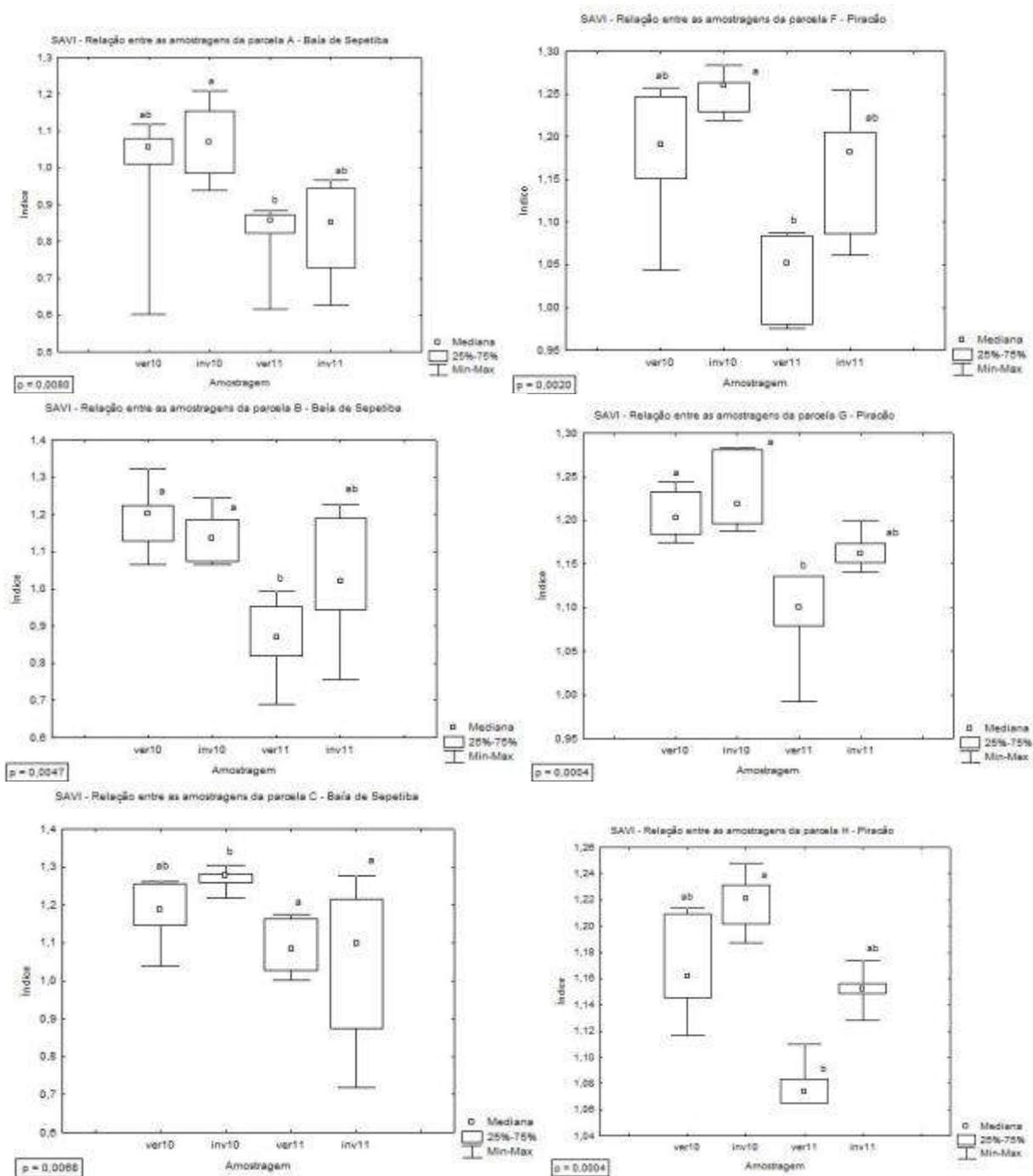
Figura 11 - Box plots referentes ao índice SAVI - regiões da Baía de Sepetiba e Rio Piracão

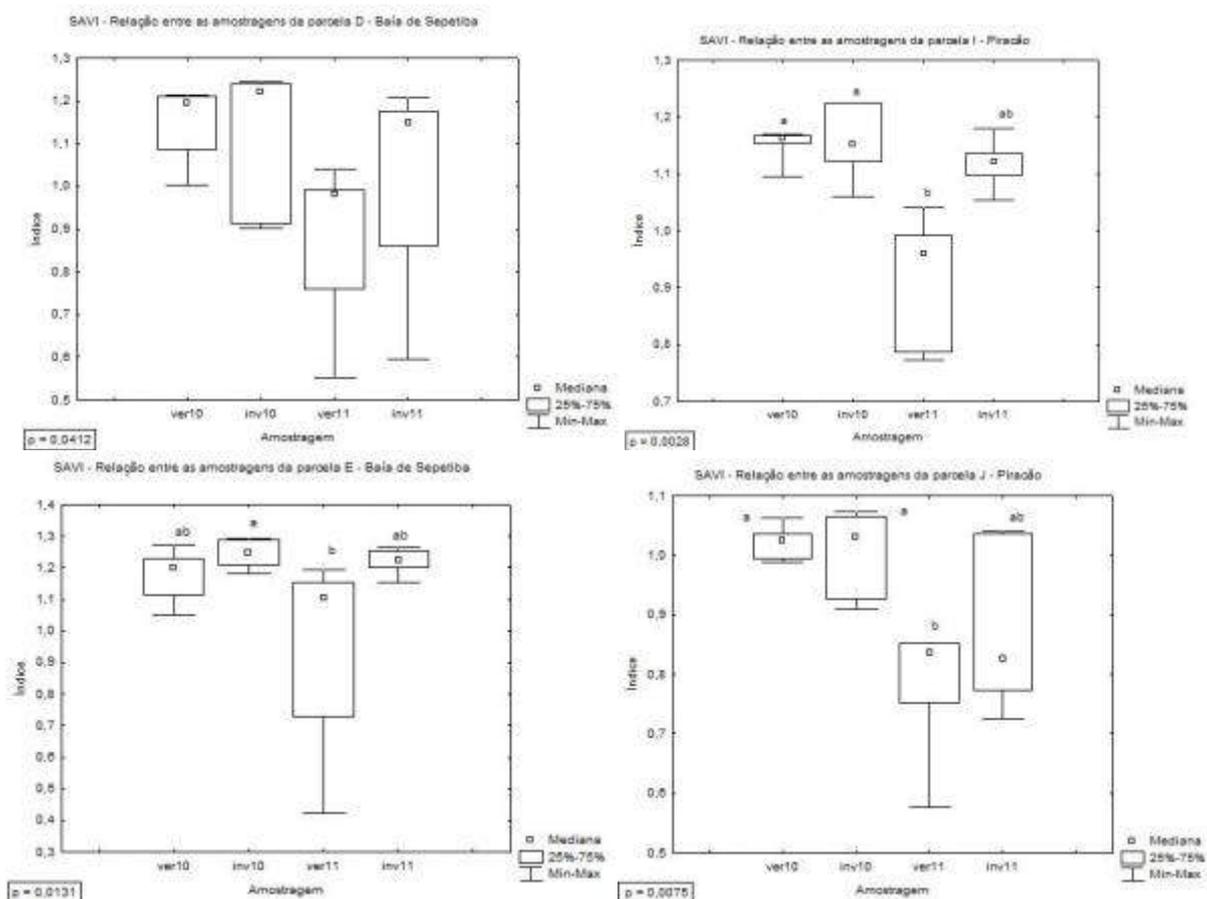




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

Figura 12 - Box plots referentes ao índice SAVI - dados por parcela

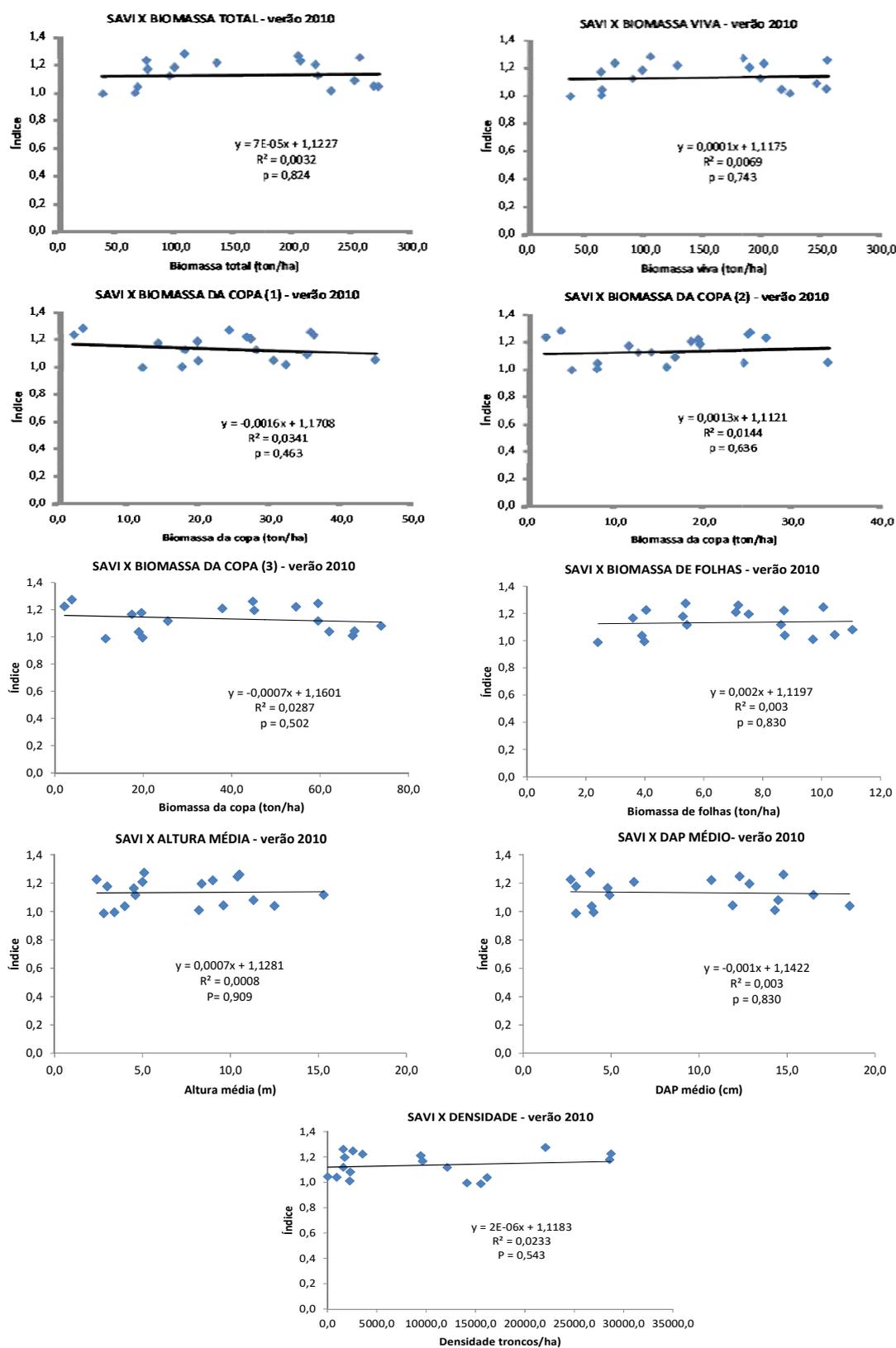




Nota: Letras congruentes acima das caixas dos quartis indicam semelhanças significativas entre os dados analisados

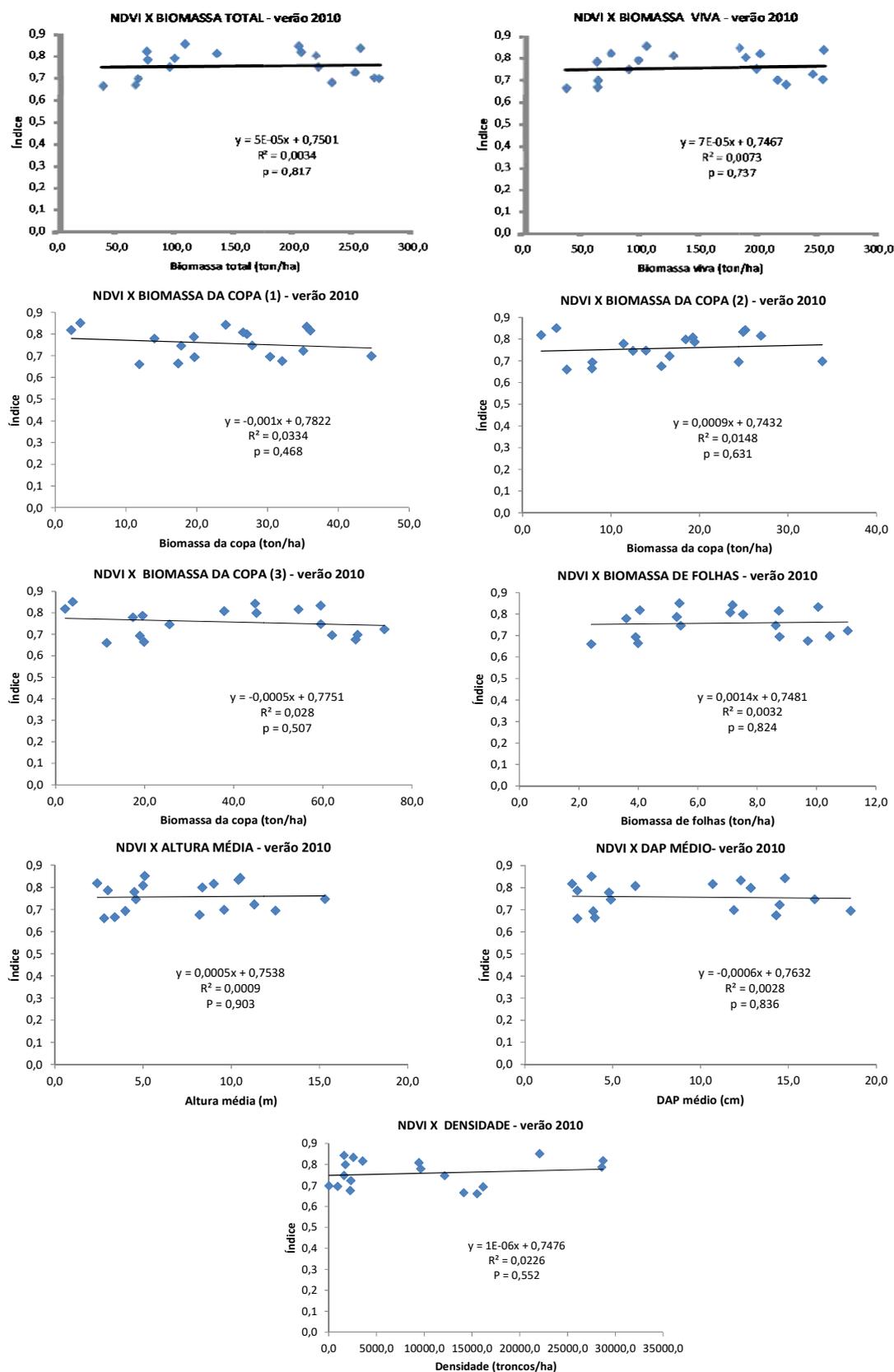
APÊNDICE B - Análises de regressão entre os índices selecionados e os parâmetros estruturais

Figura 1 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações.



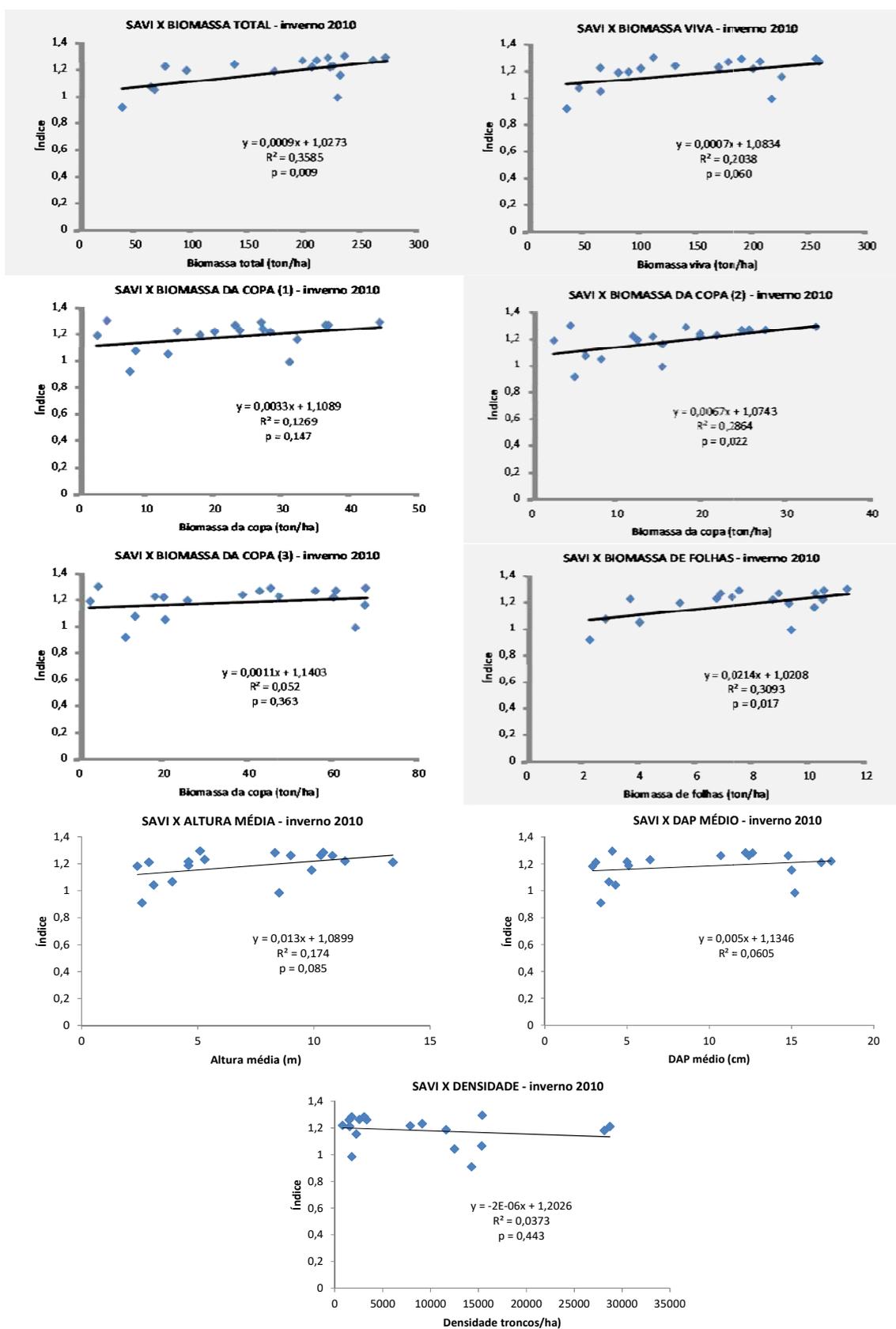
Índice: SAVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas

Figura 2 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações.



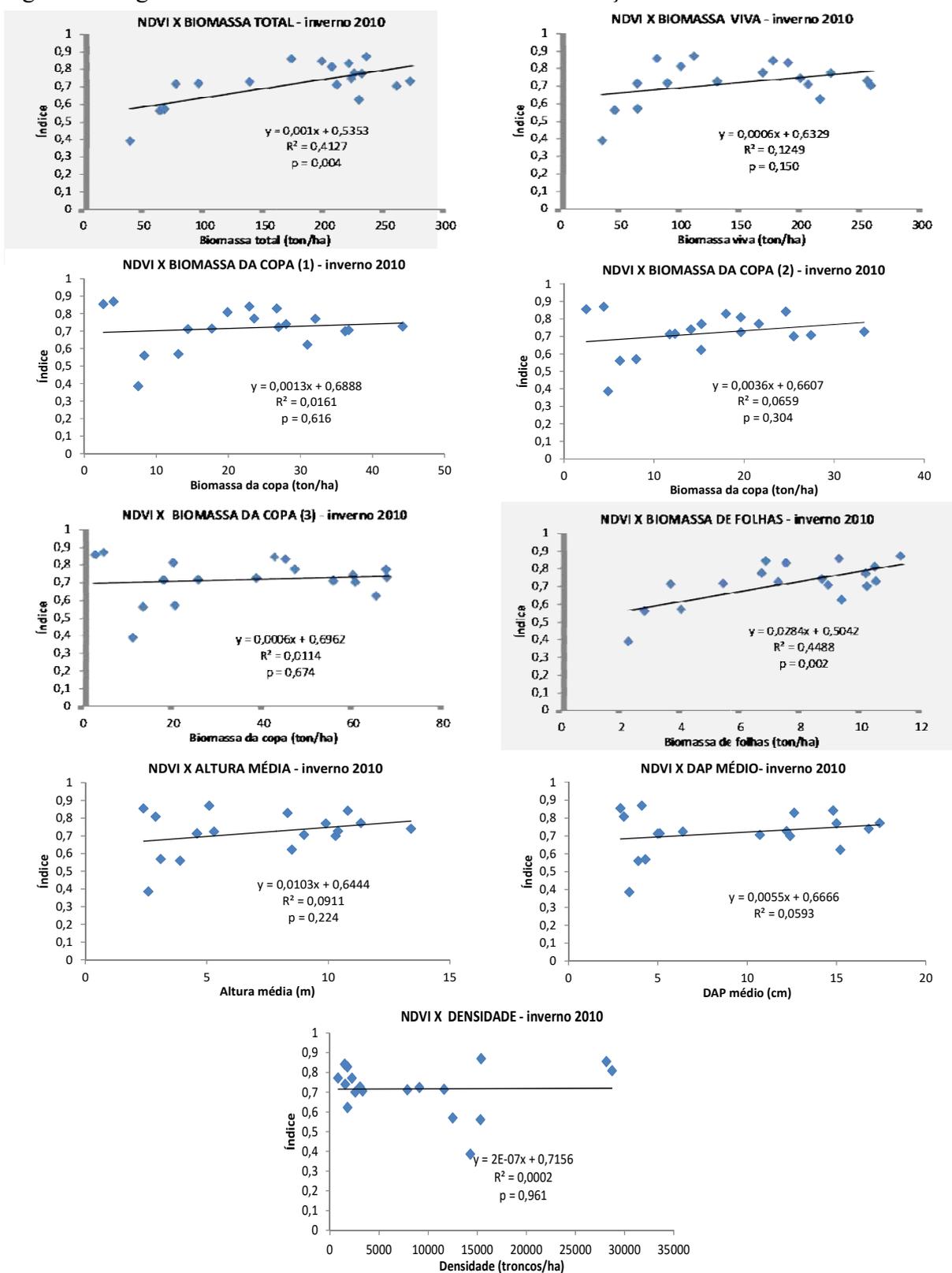
Índice: NDVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas.

Figura 3 - Regressão linear - dados de todas as estações



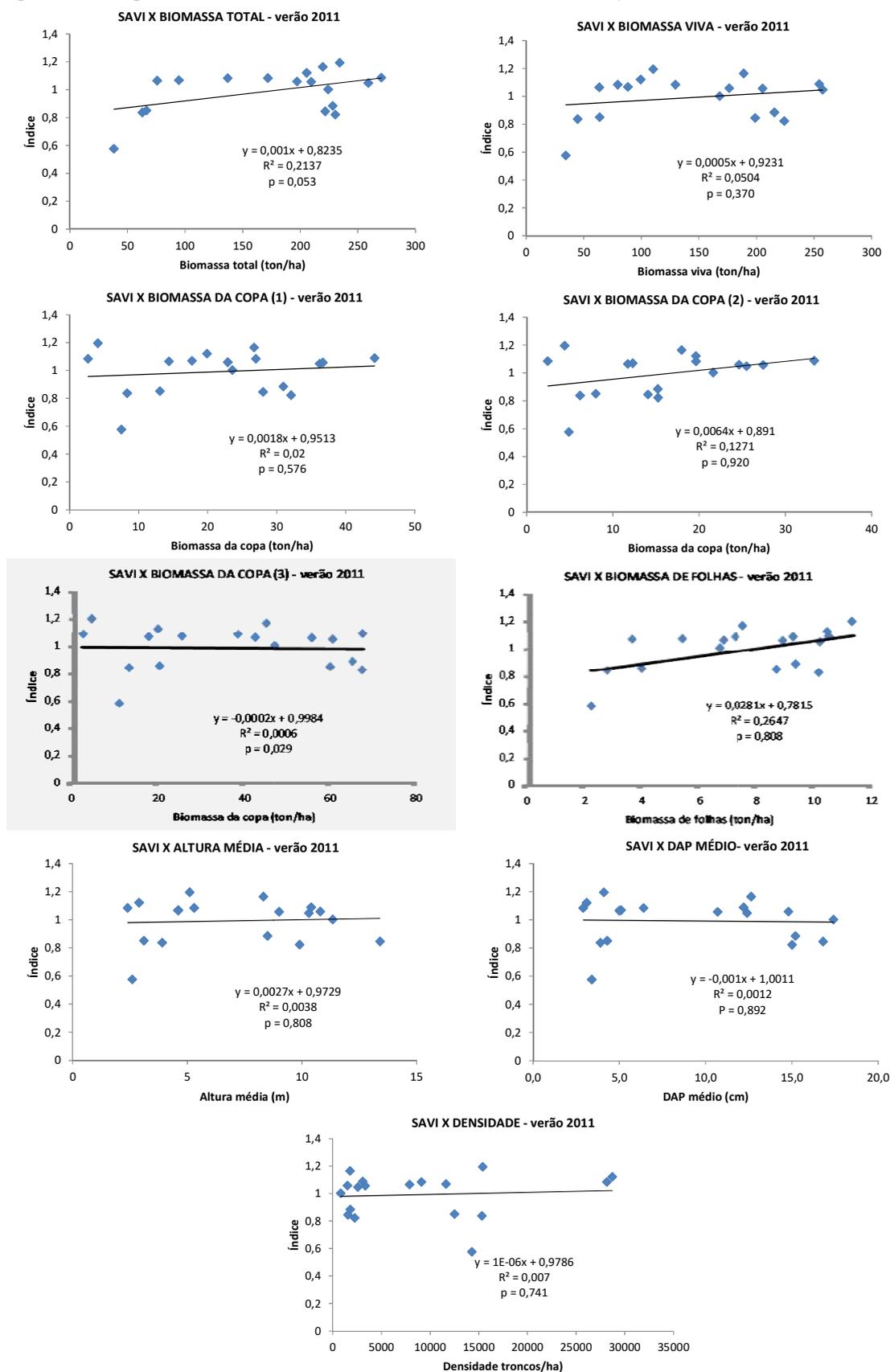
Índice: SAVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 4 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



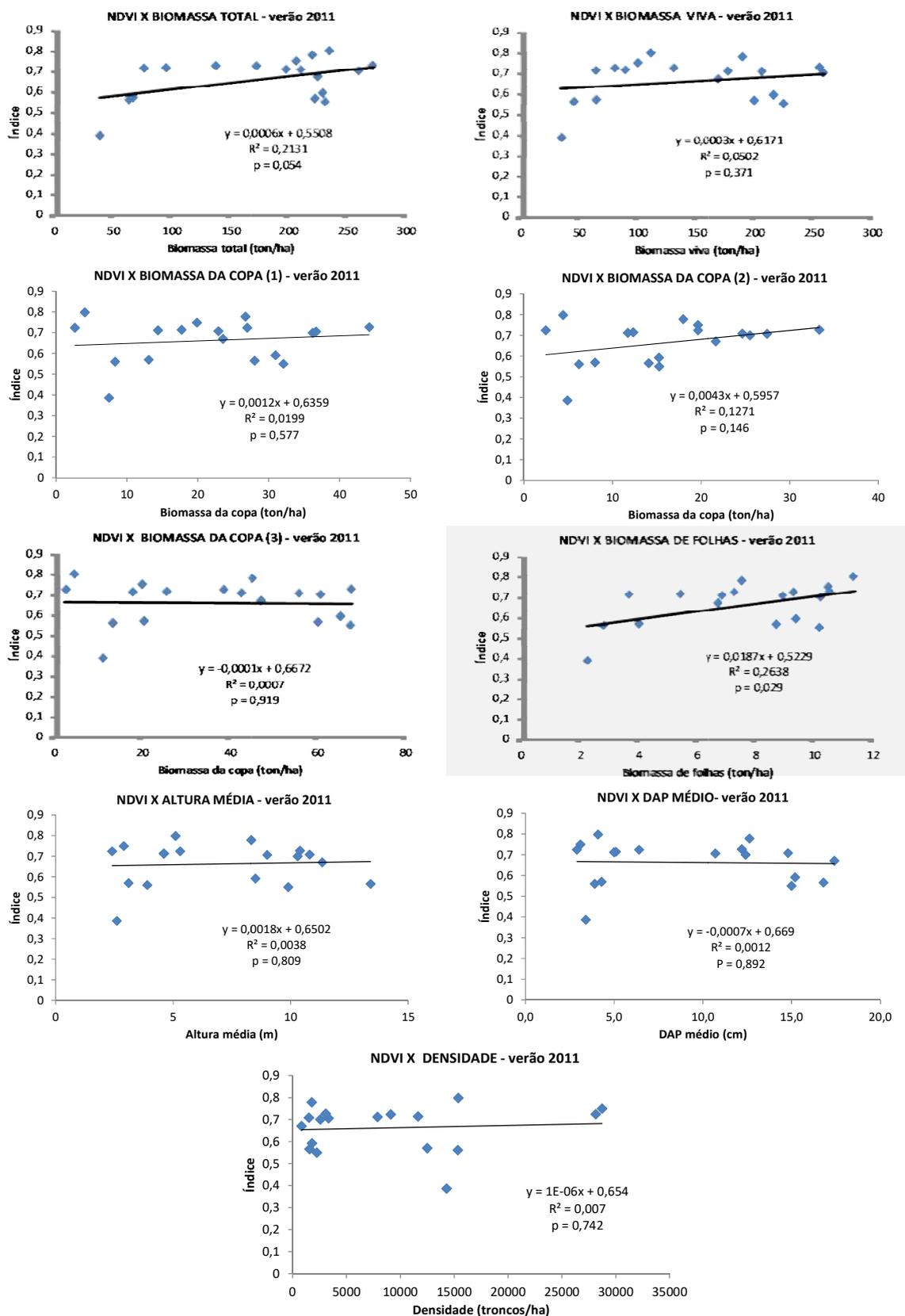
Índice: NDVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 5 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



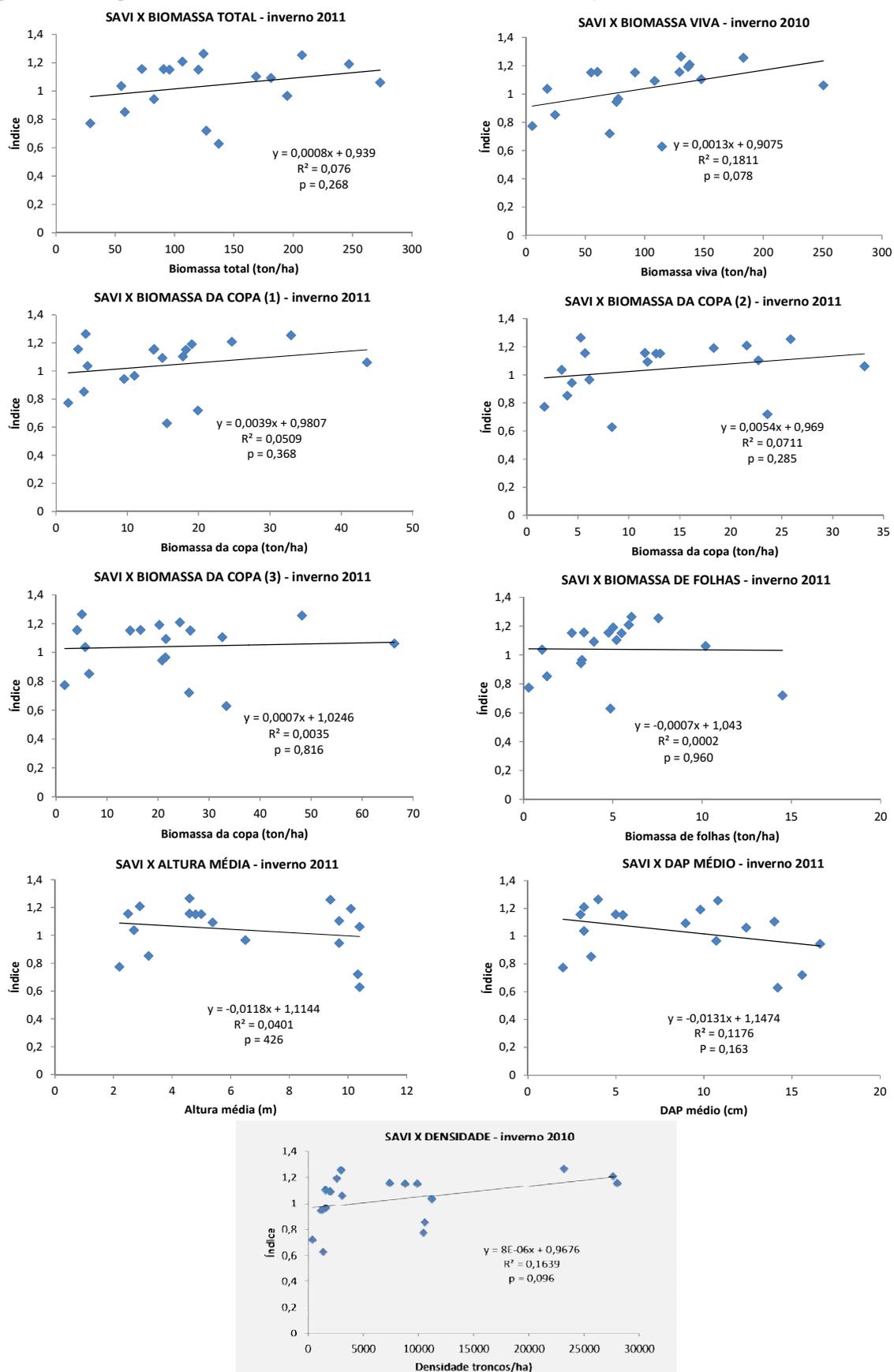
Índice: SAVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 6 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



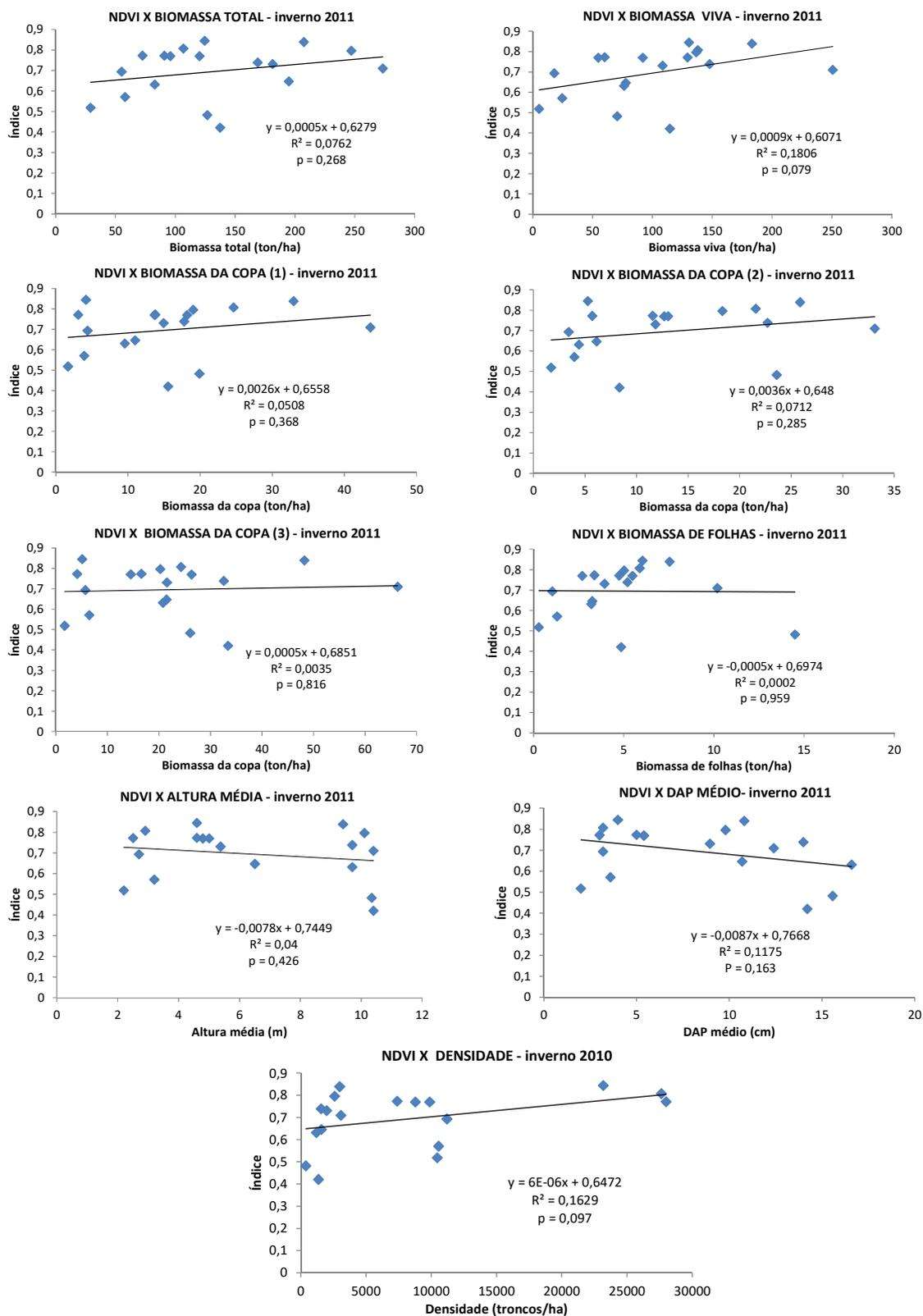
Índice: NDVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 7 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



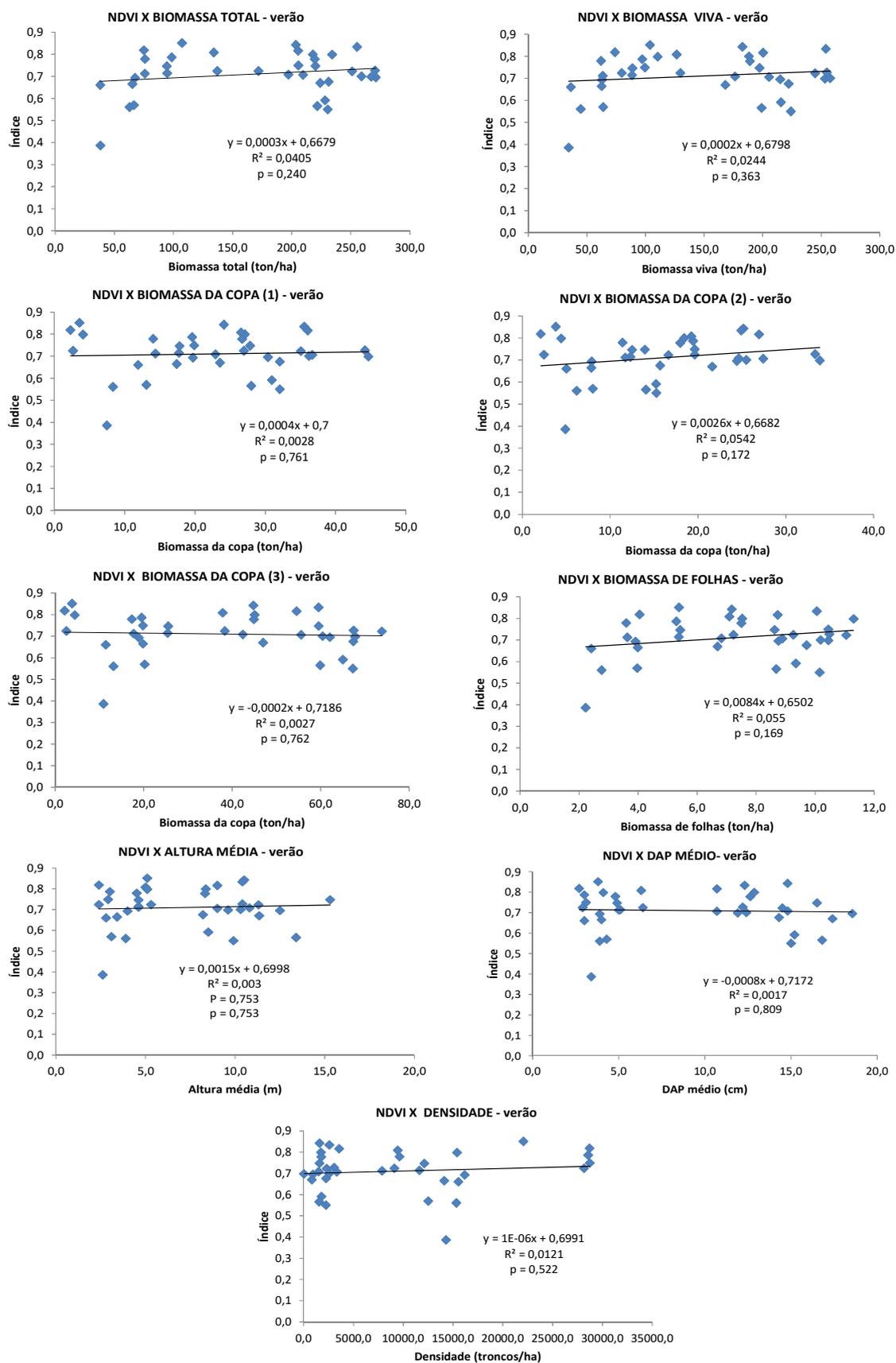
Índice: SAVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas

Figura 8 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



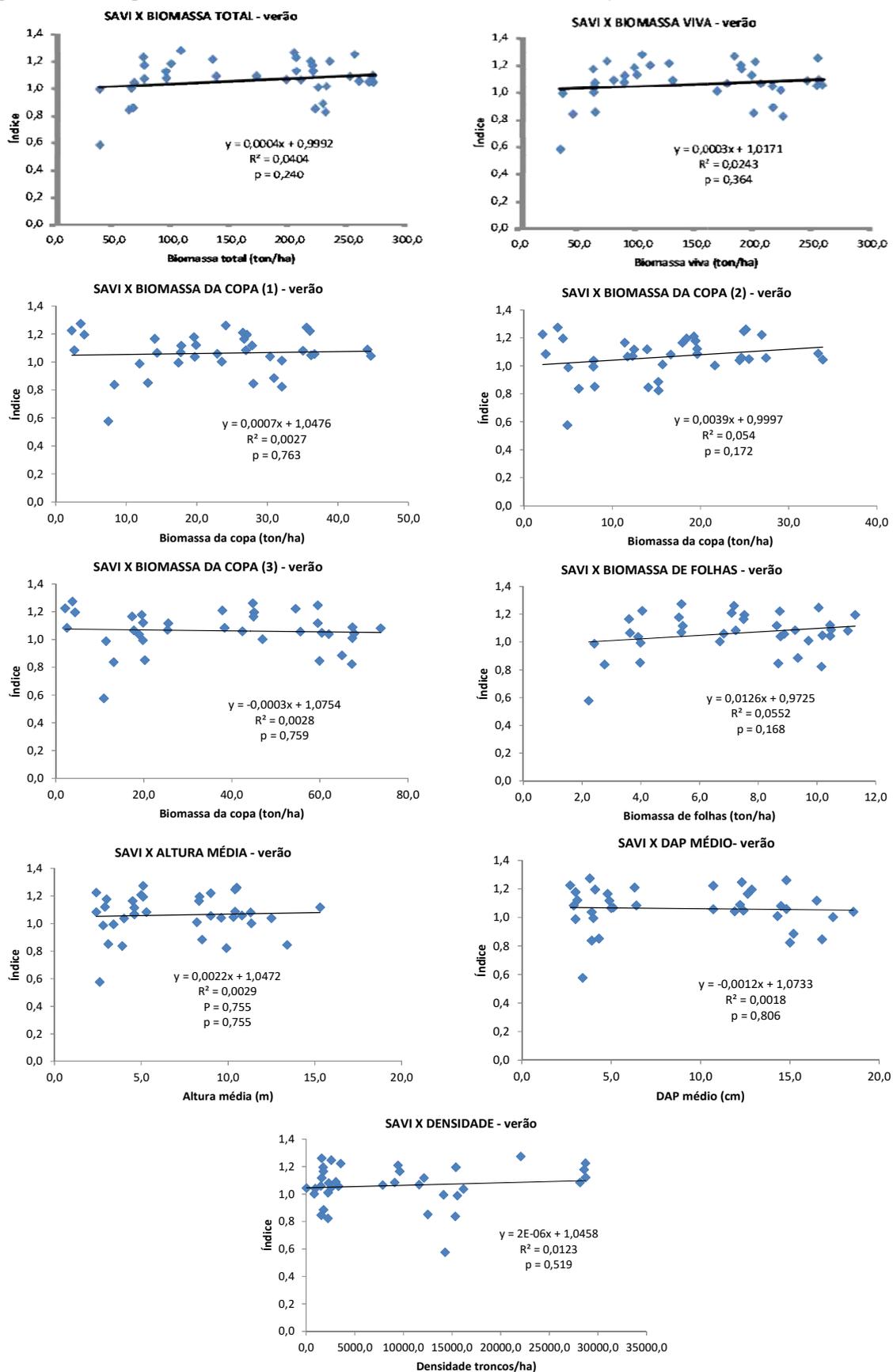
Índice: NDVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas

Figura 9 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



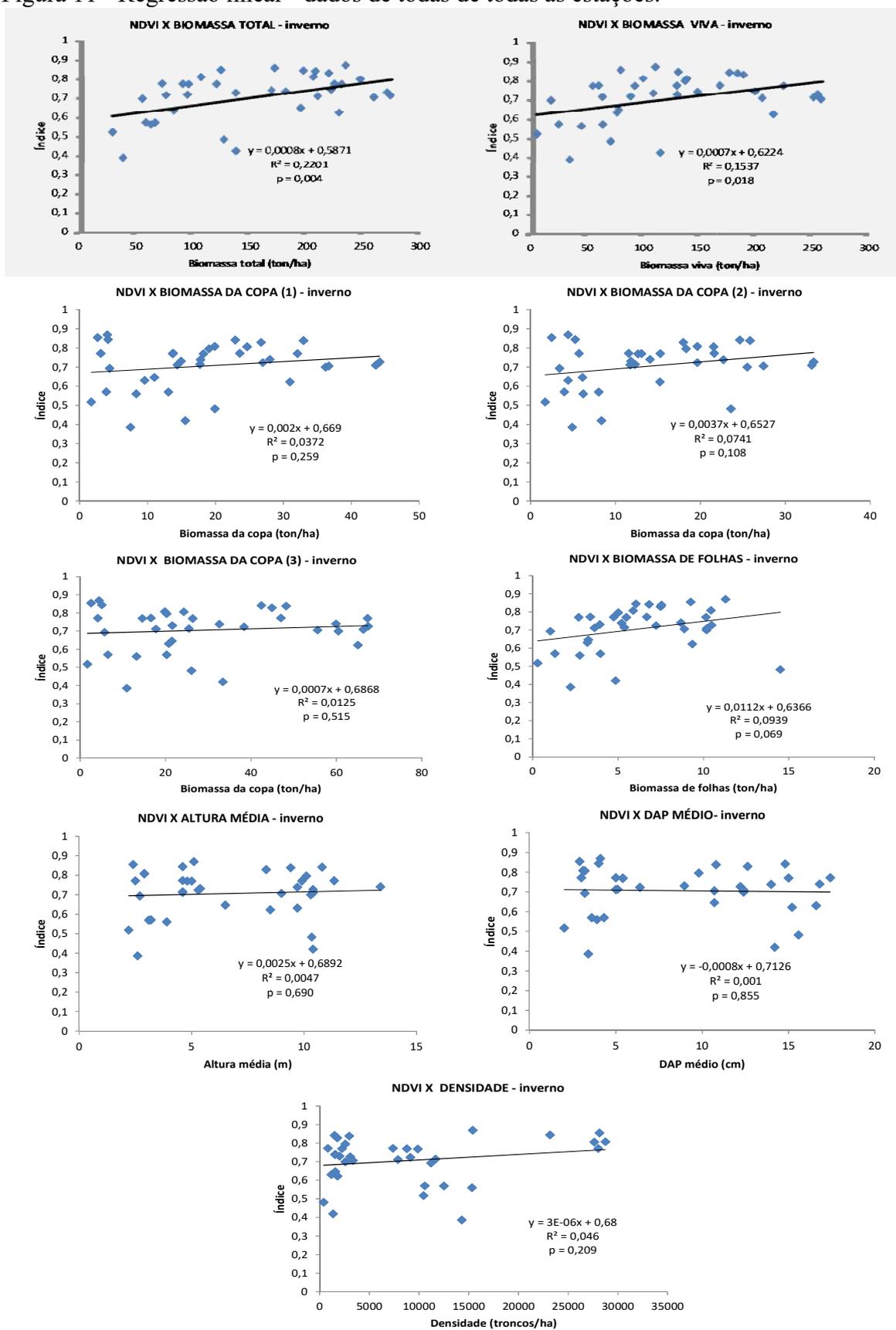
Índice: NDVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 10 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



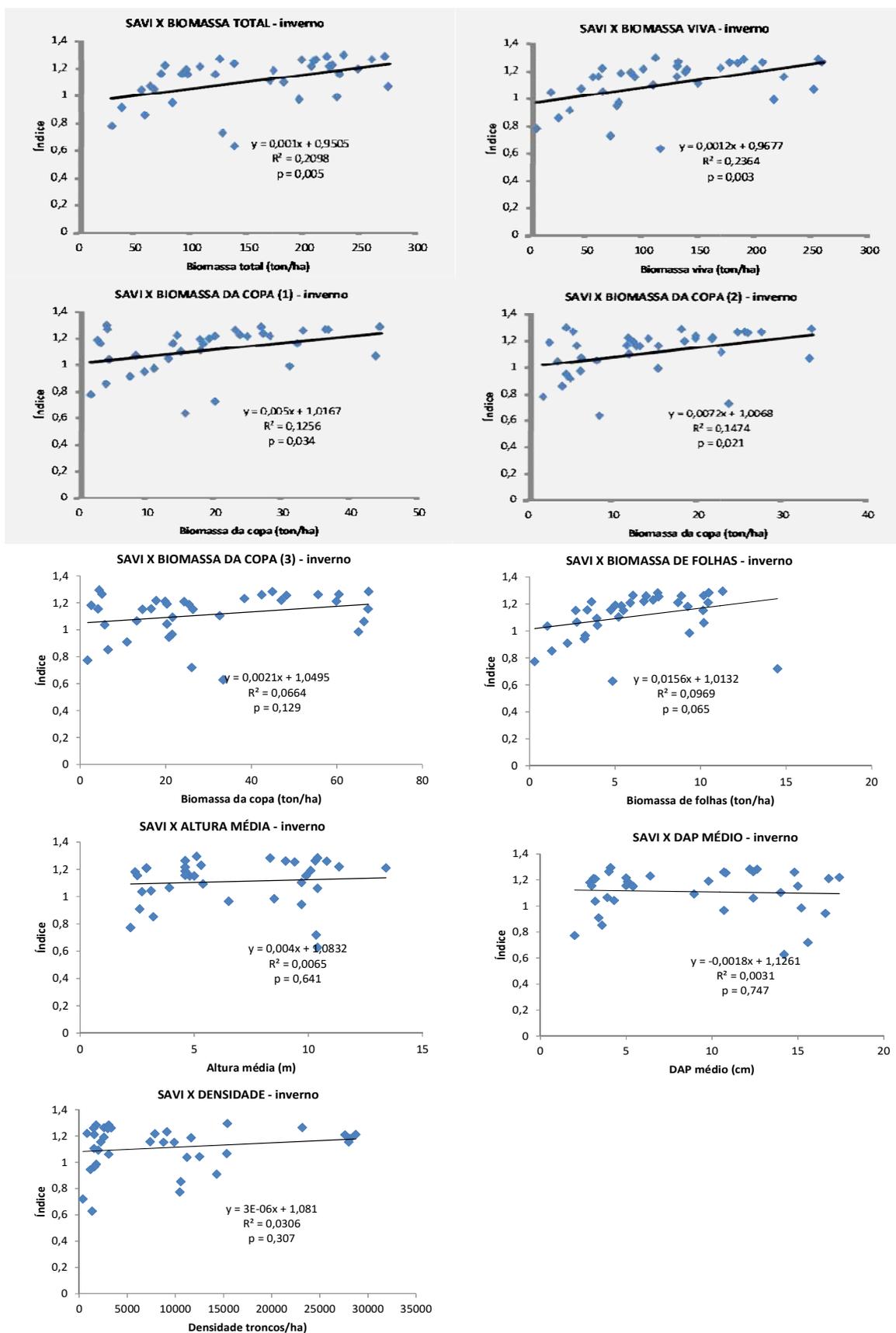
Índice: SAVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 11 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações.



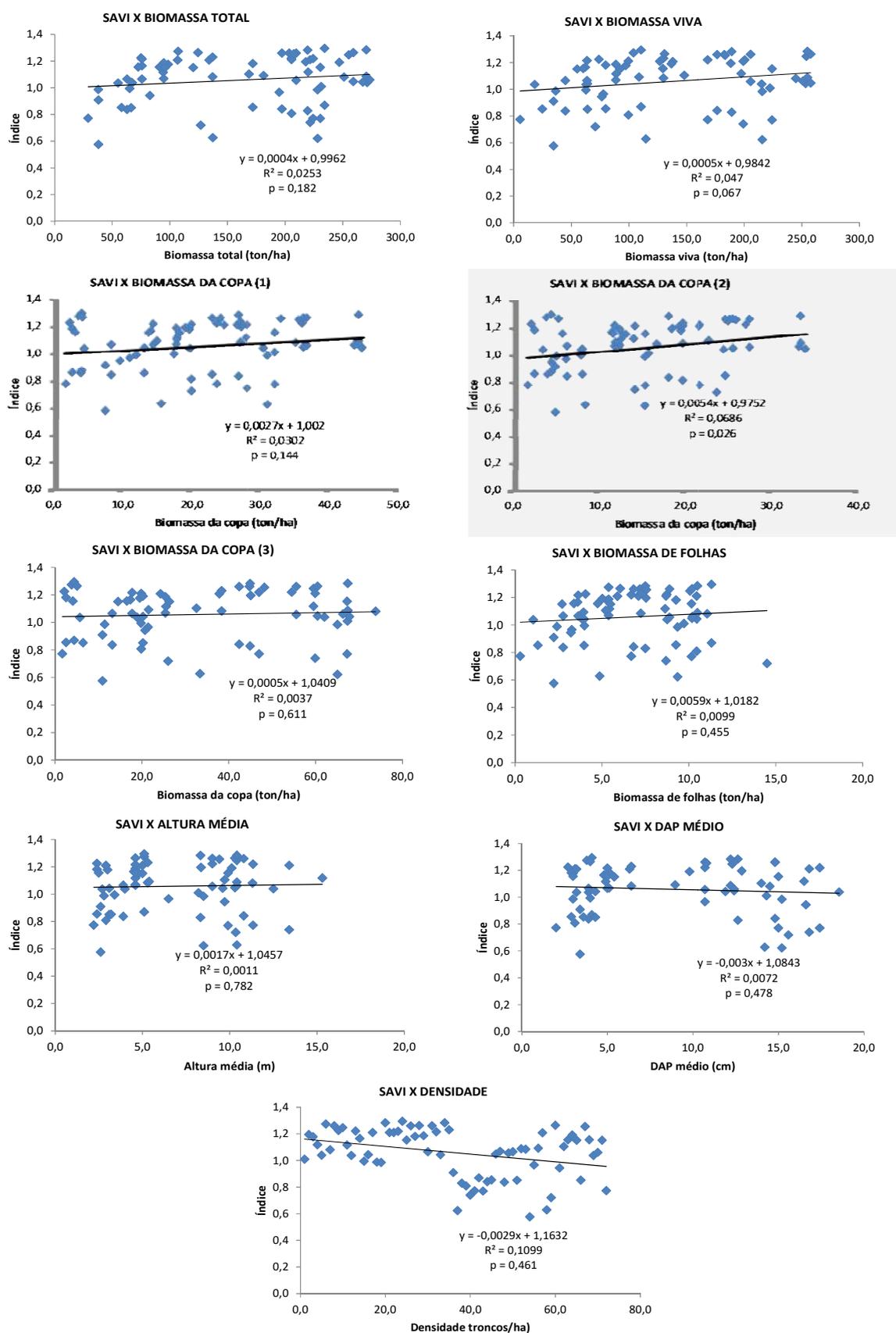
Índice: NDVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura B12 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações



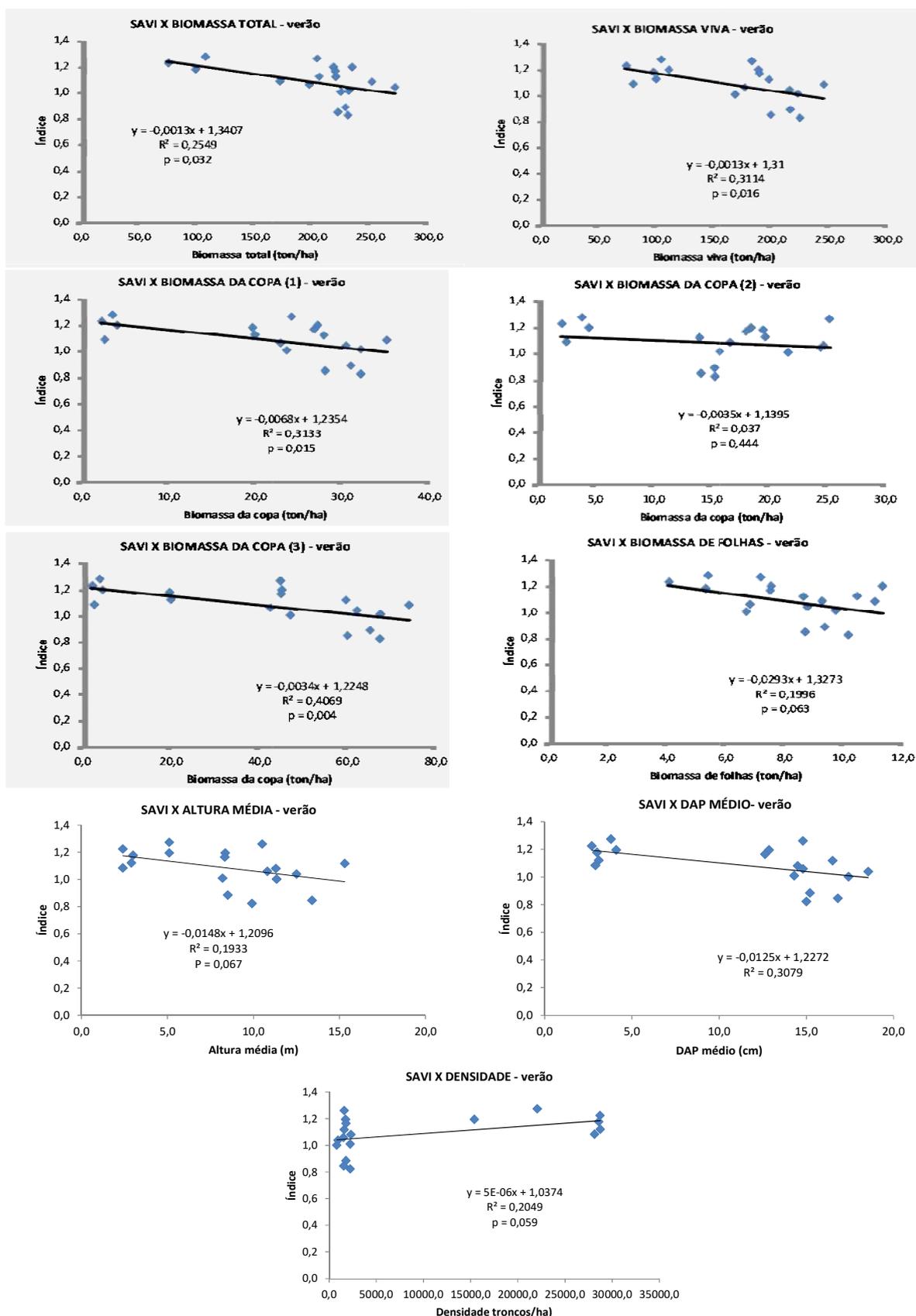
Índice: SAVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 13 - Regressão linear - dados de todas de todas as estações em todo o período de estudo



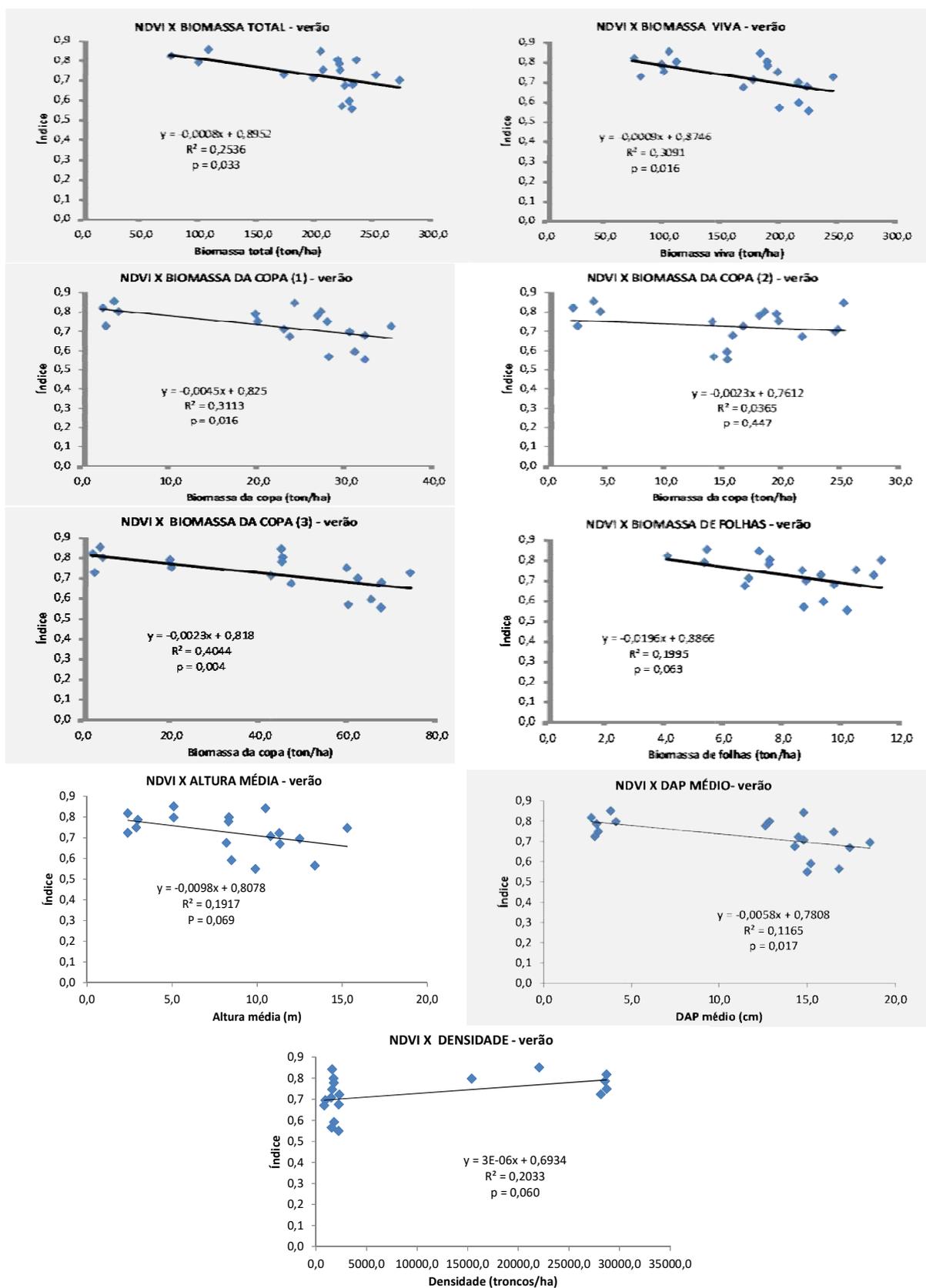
Índice: SAVI. Em bege: relações significativas

Figura 14 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



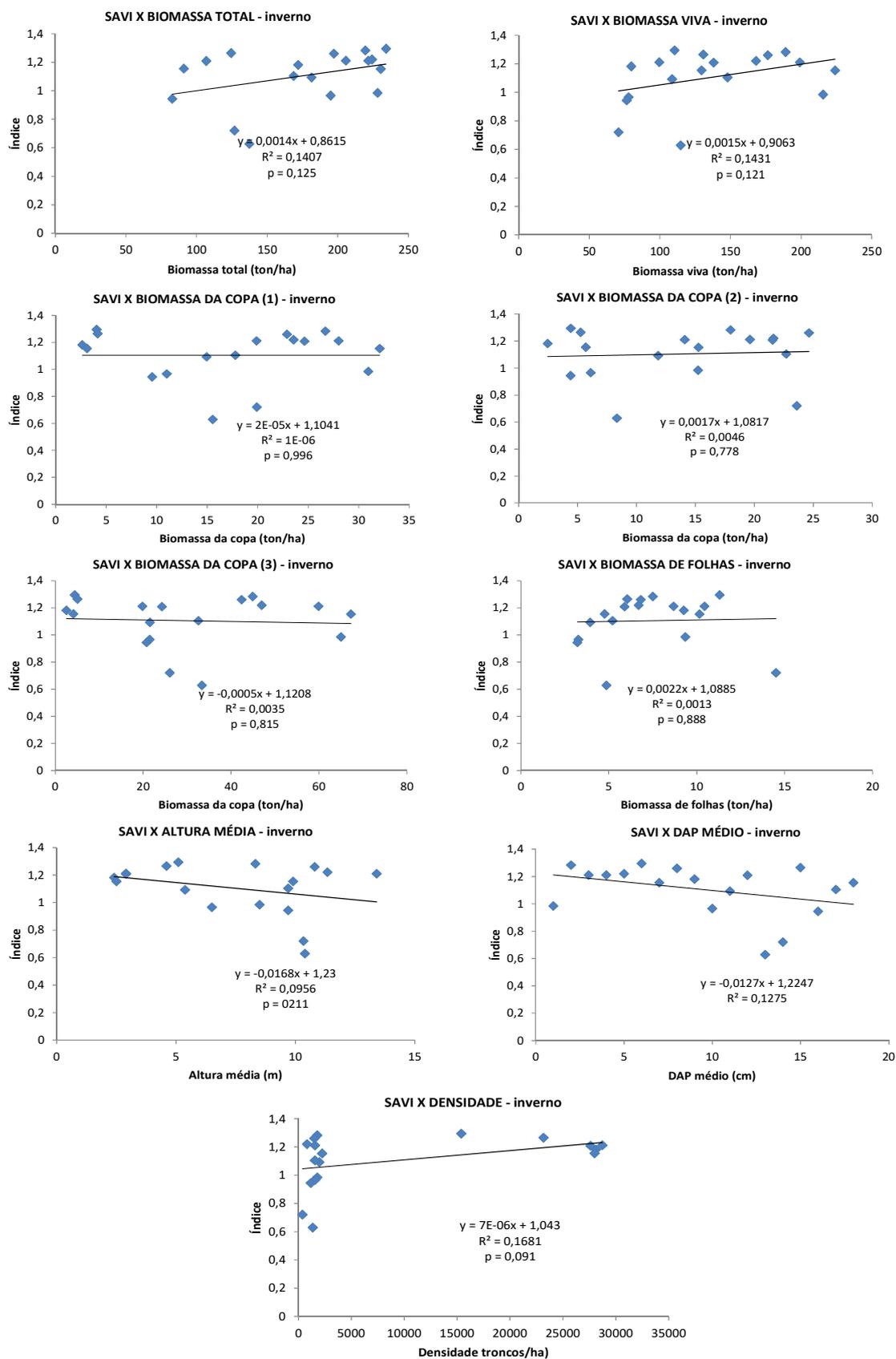
Índice: SAVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 15 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



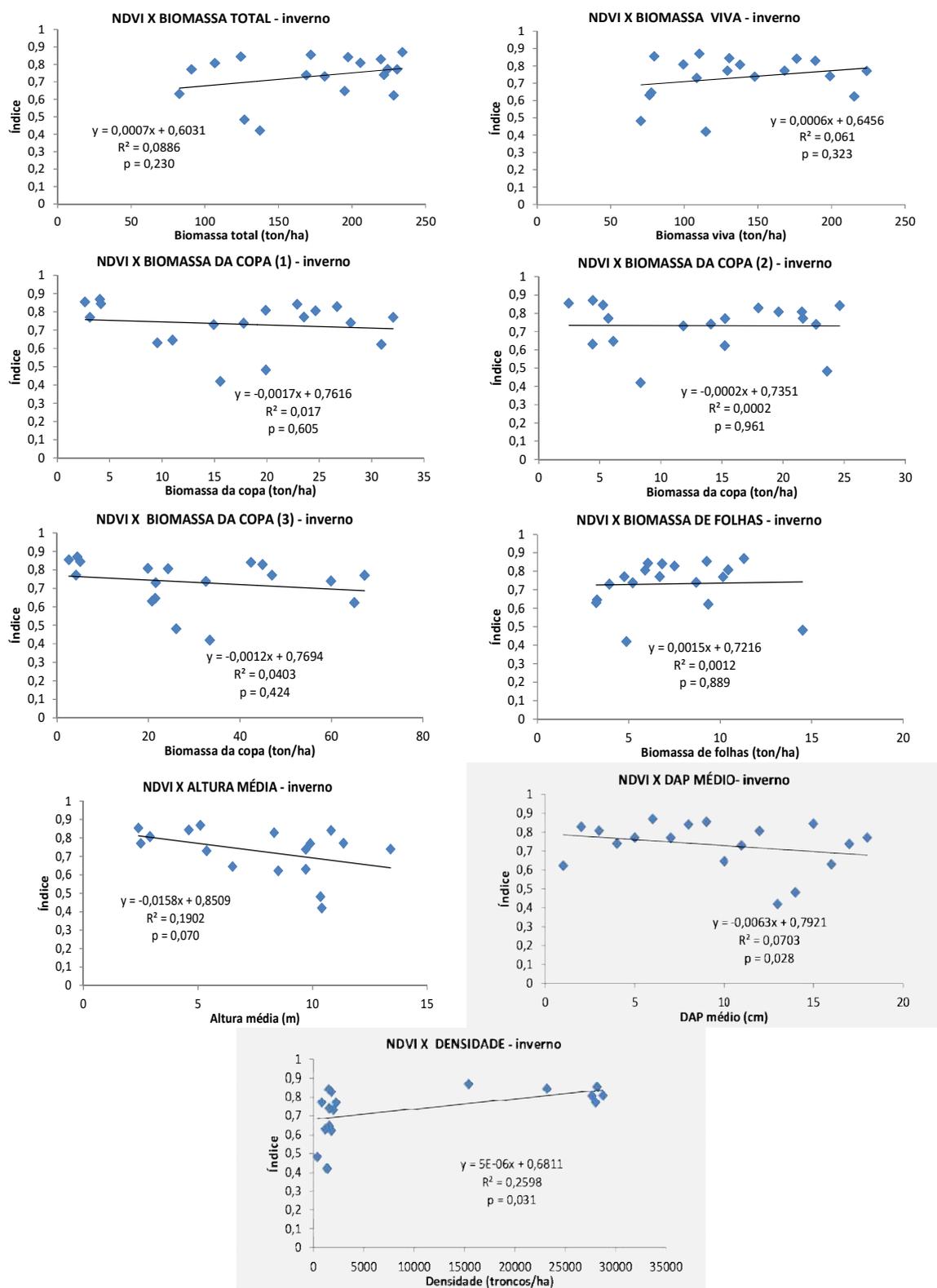
Índice: NDVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 16 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



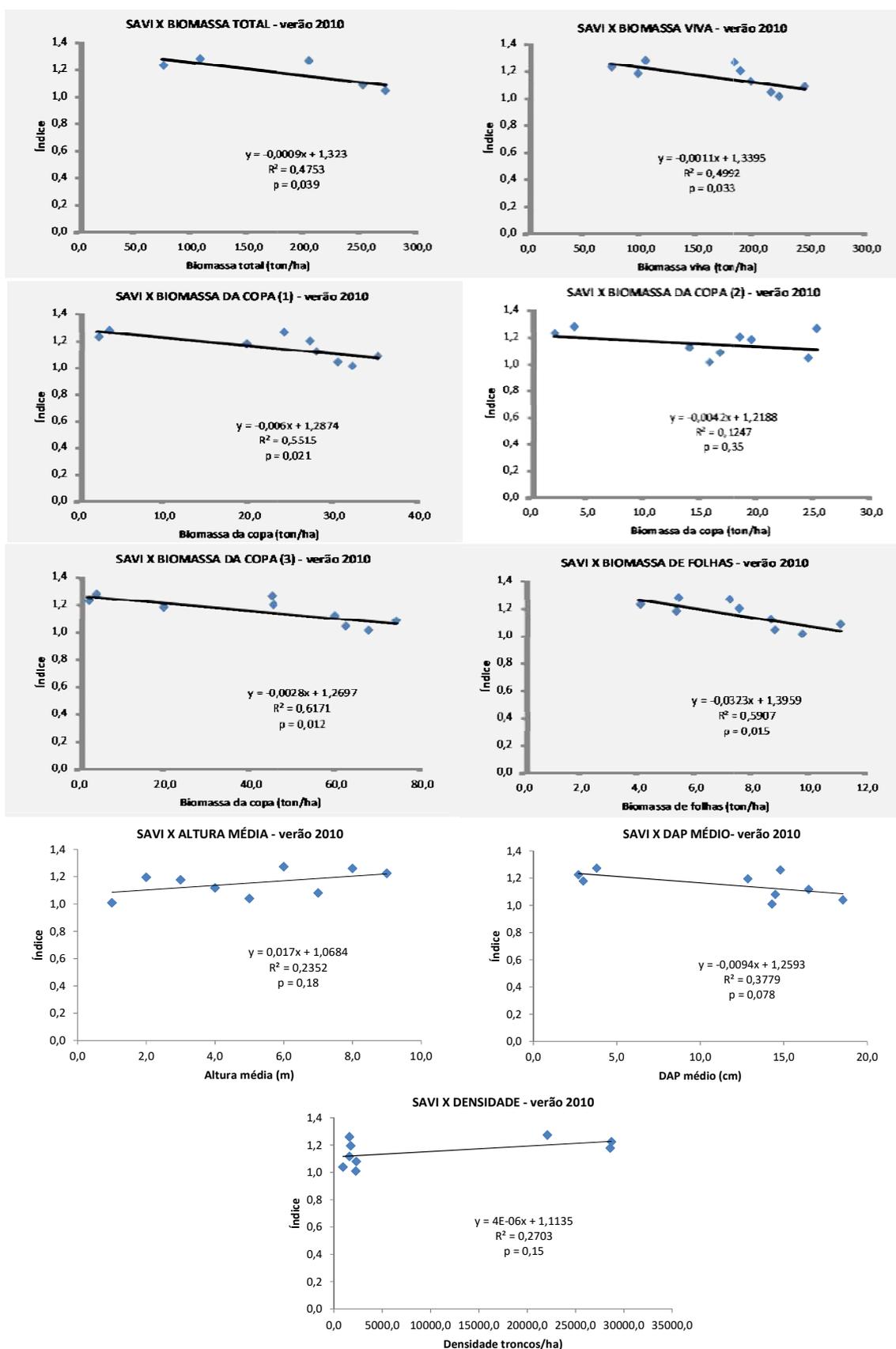
Índice: SAVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 17 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba.



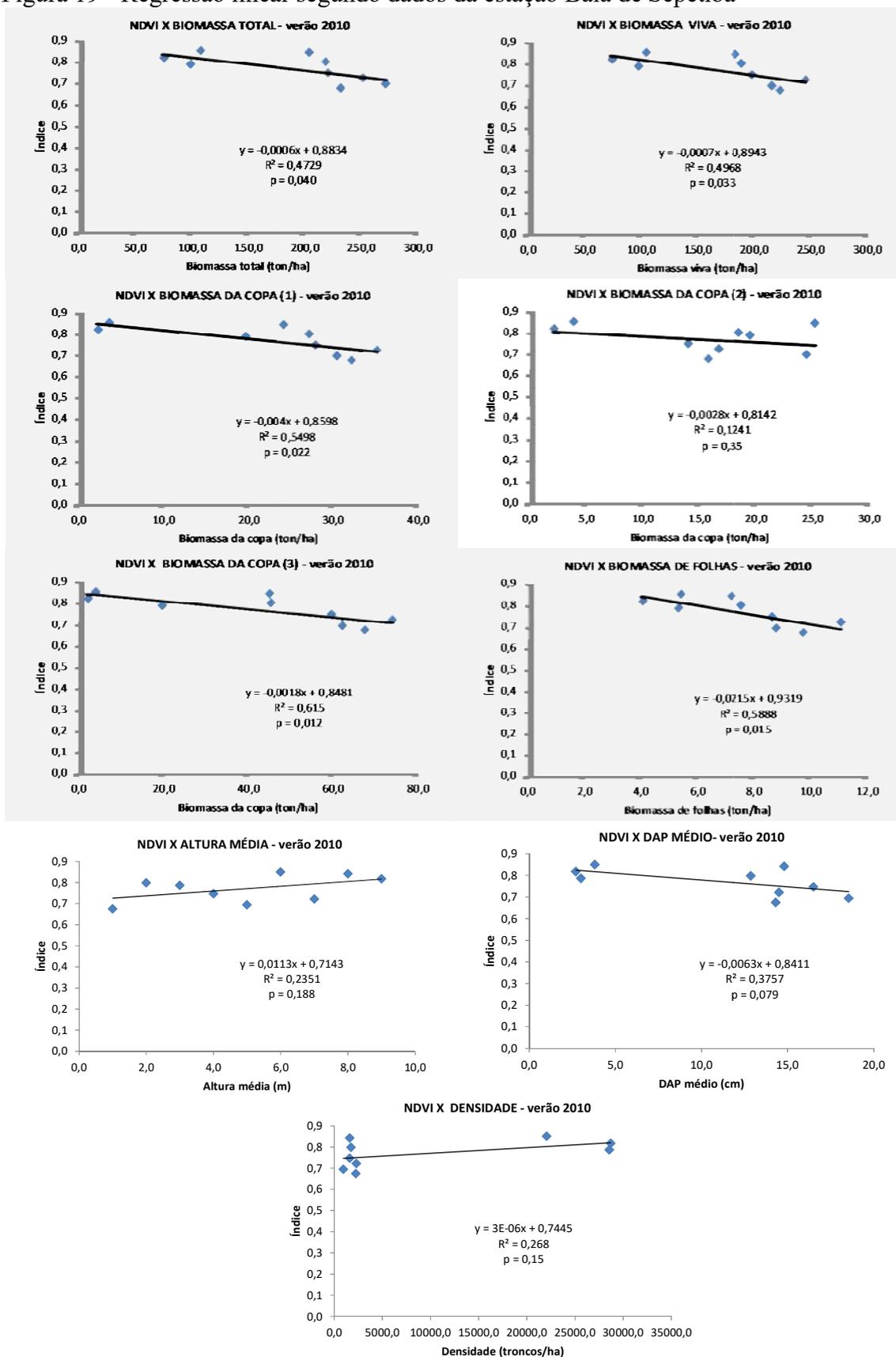
Índice: NDVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 18 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



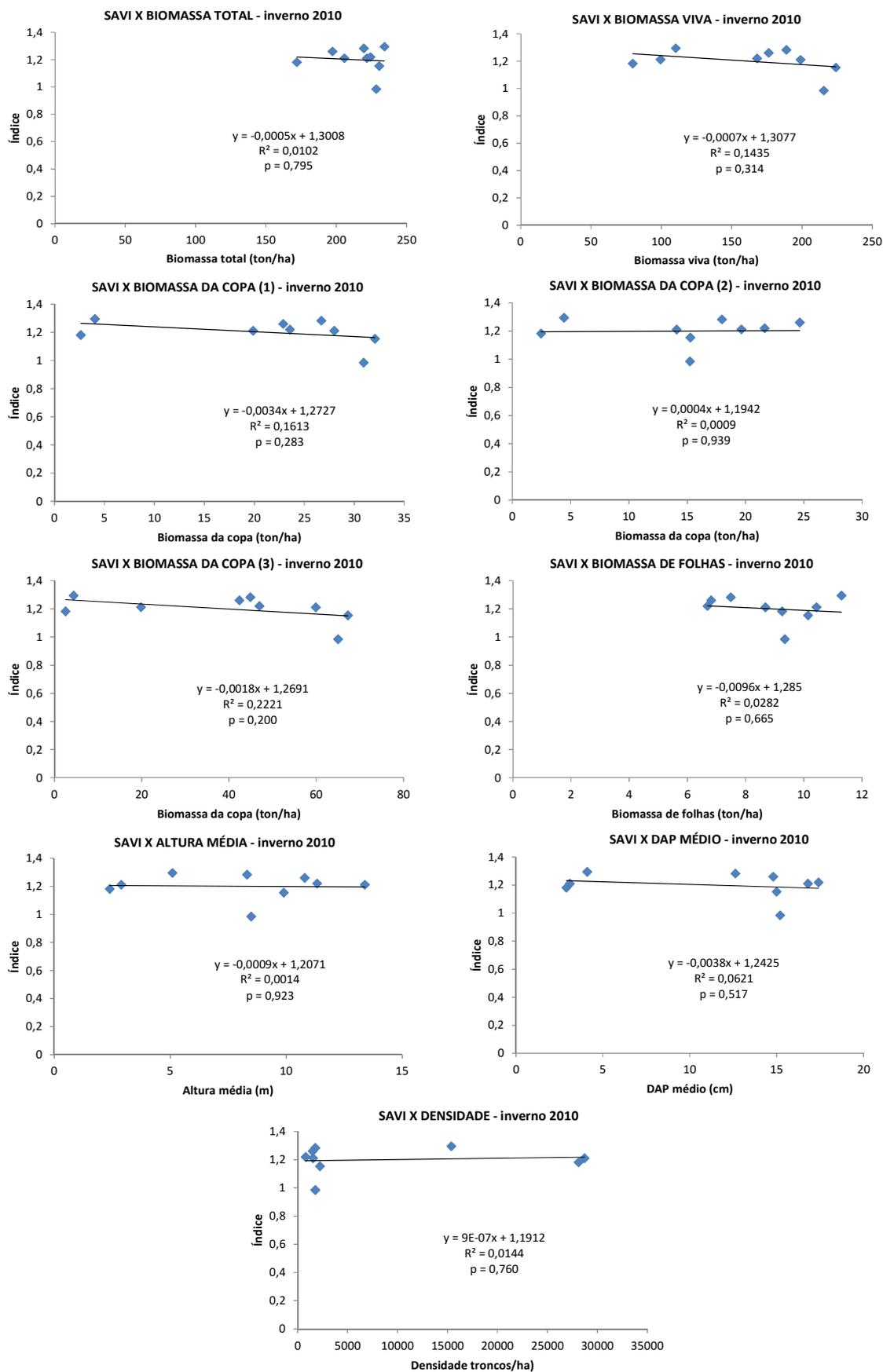
Índice: SAVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas

Figura 19 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



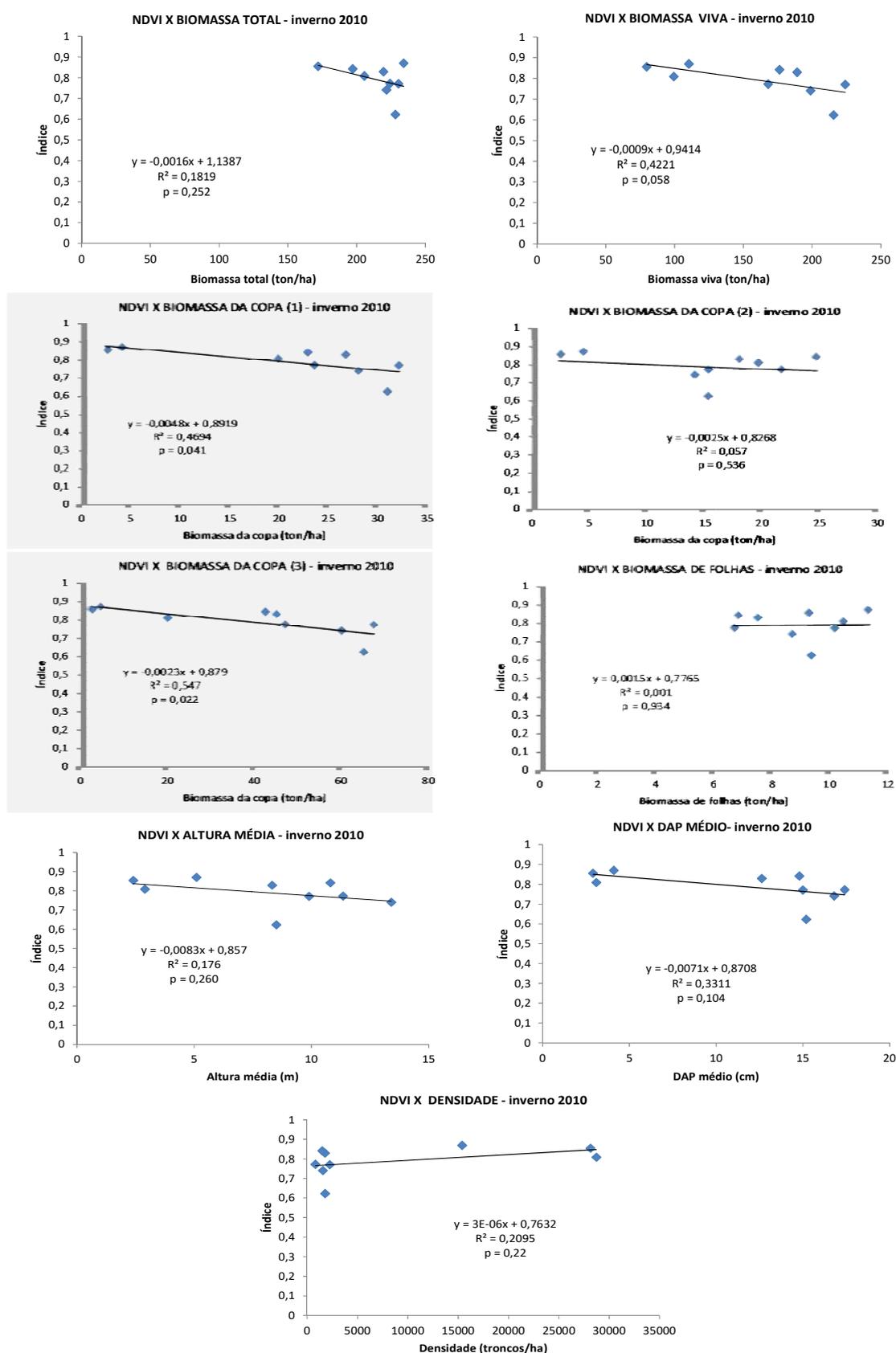
Índice: NDVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas

Figura 20 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



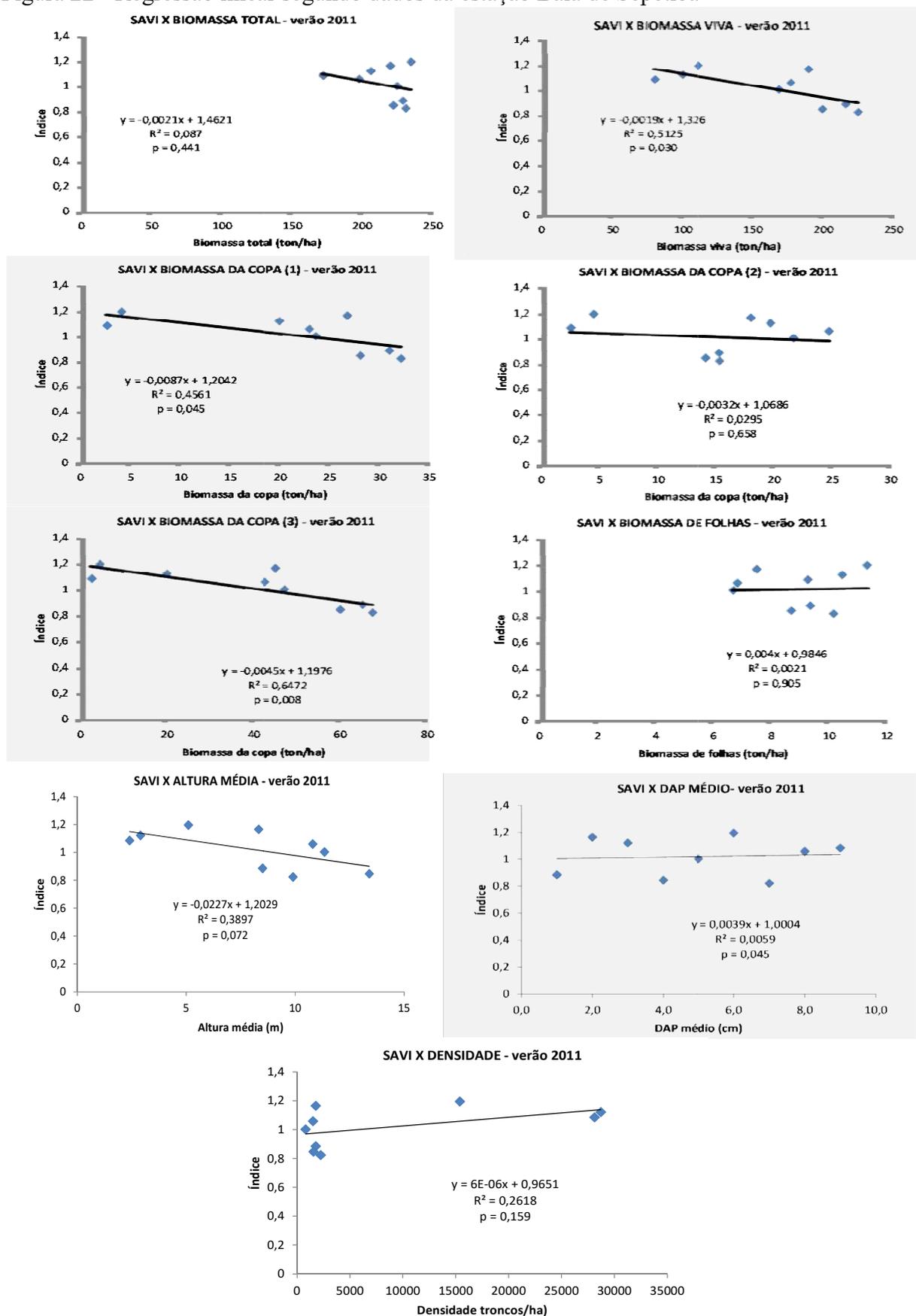
Índice: SAVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 21 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



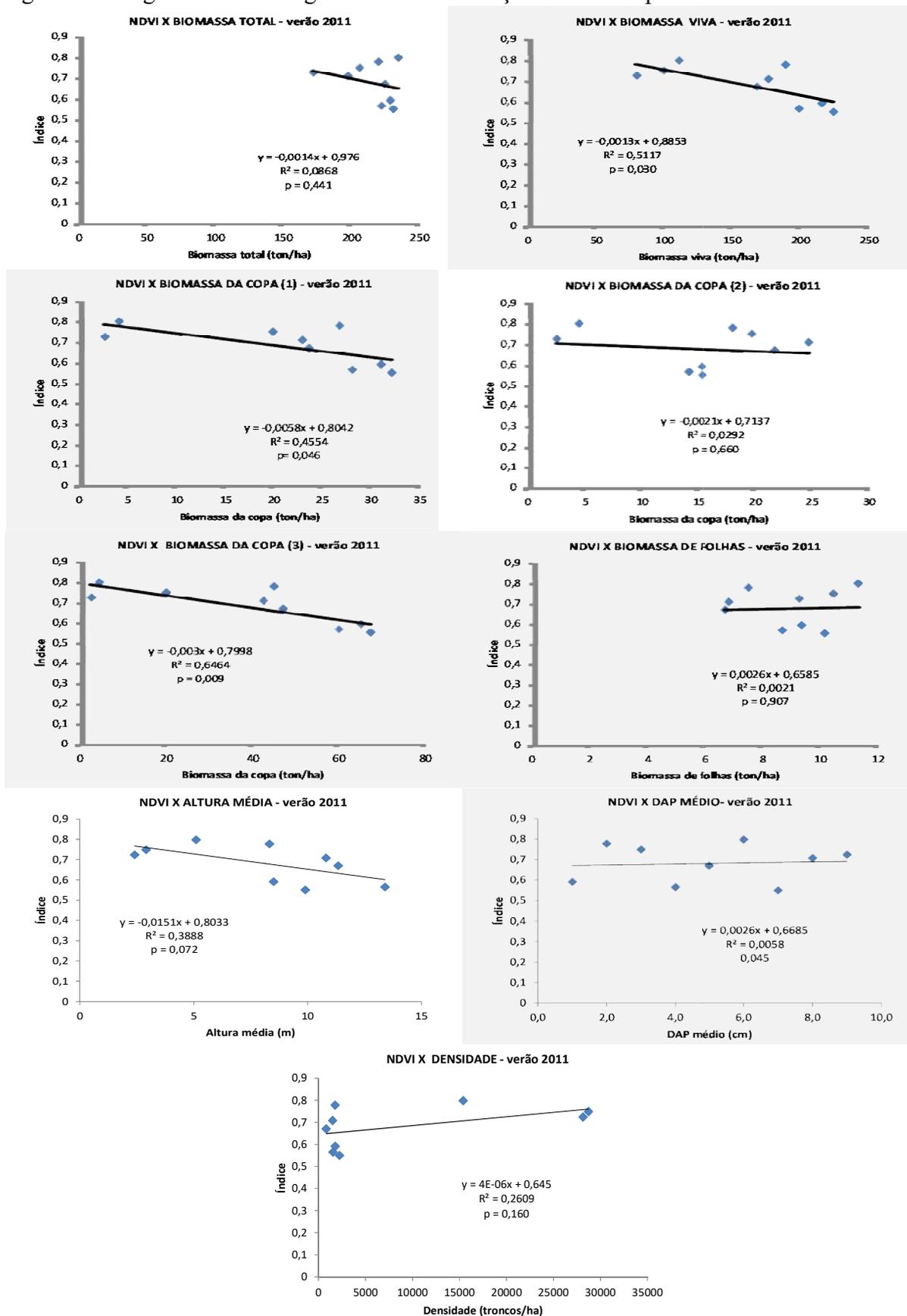
Índice: NDVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 22 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



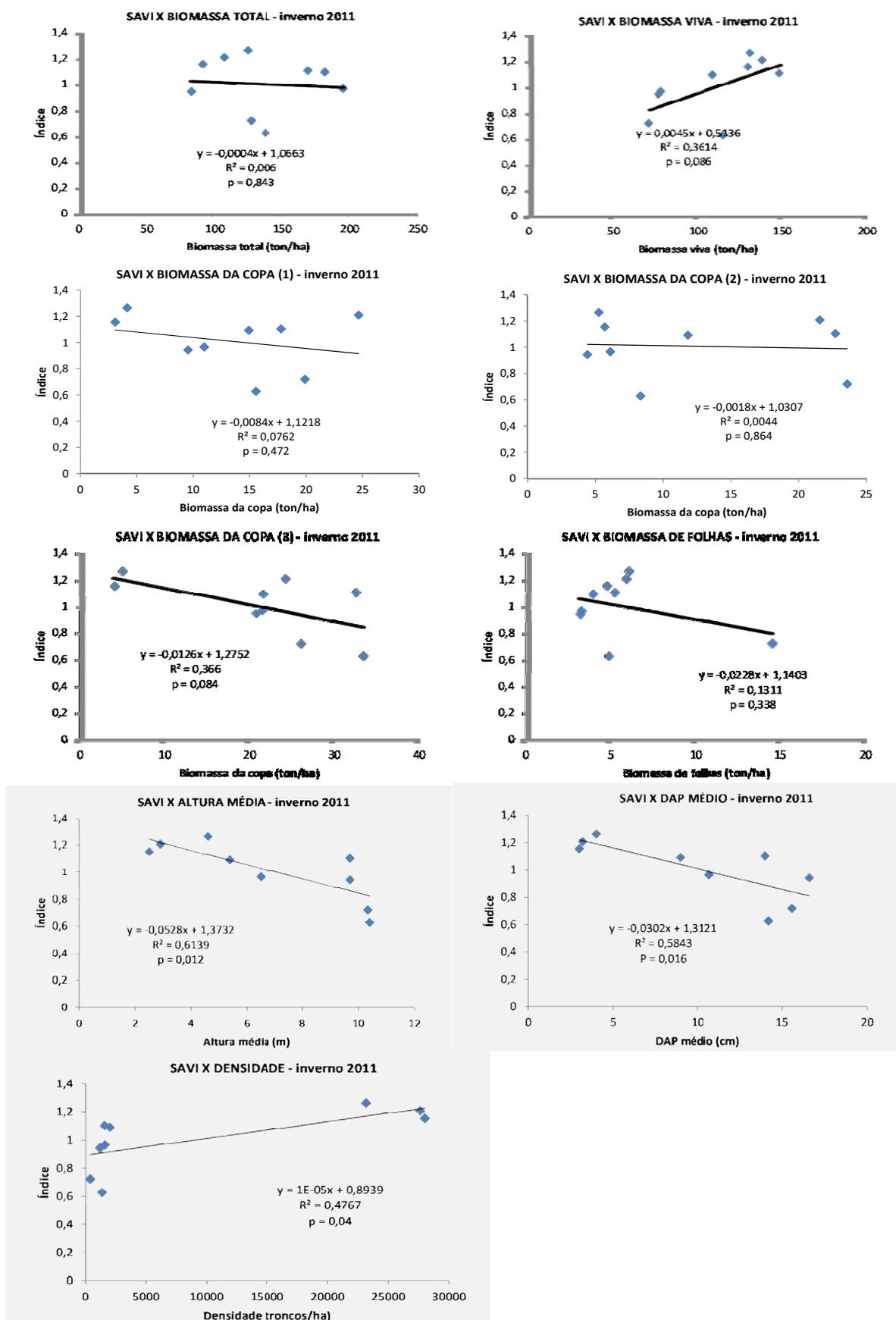
Índice: SAVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 23 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



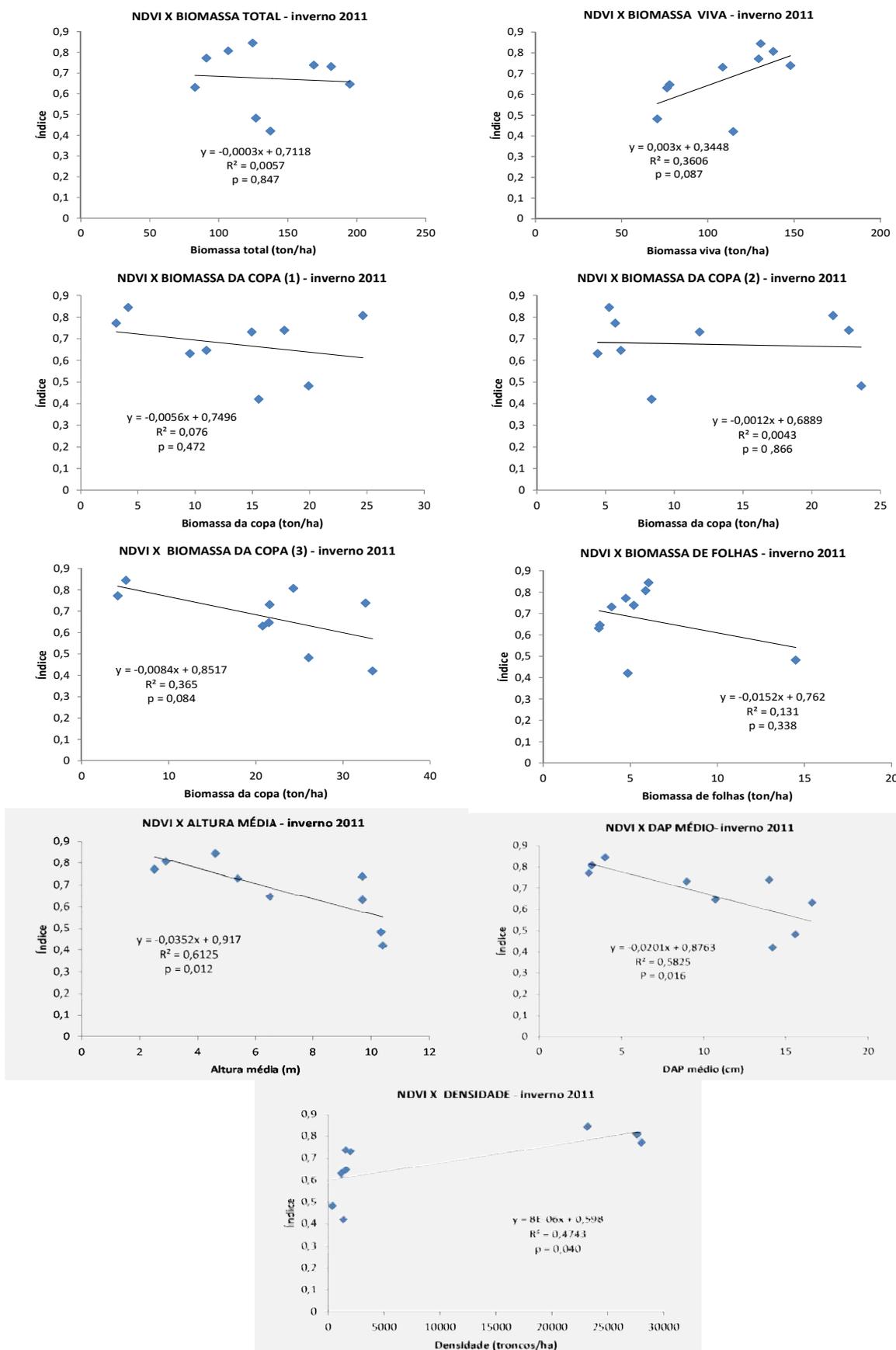
Índice: NDVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 24 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



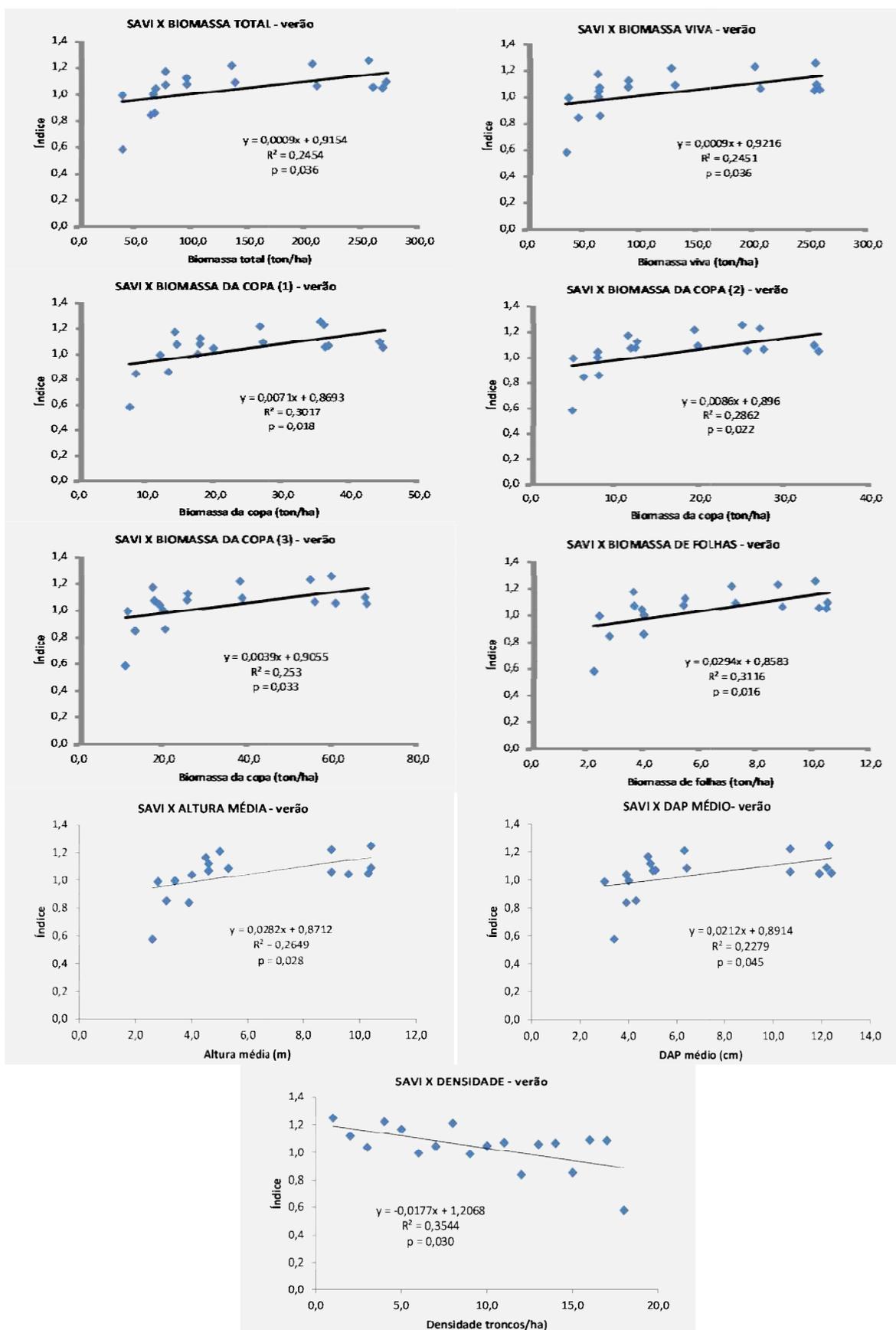
Índice: SAVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas

Figura 25 - Regressão linear segundo dados da estação Baía de Sepetiba



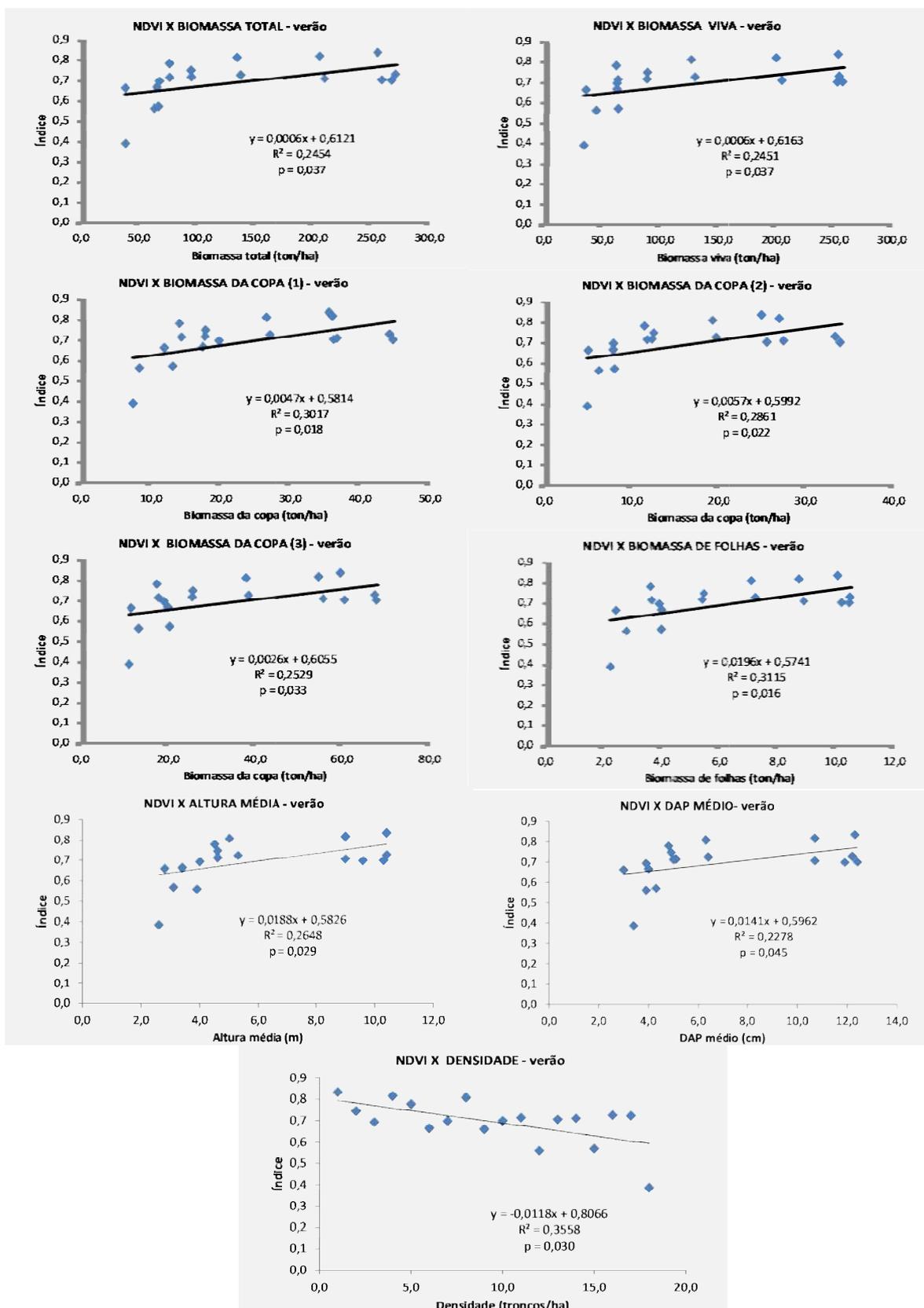
Índice: NDVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas

Figura 26 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



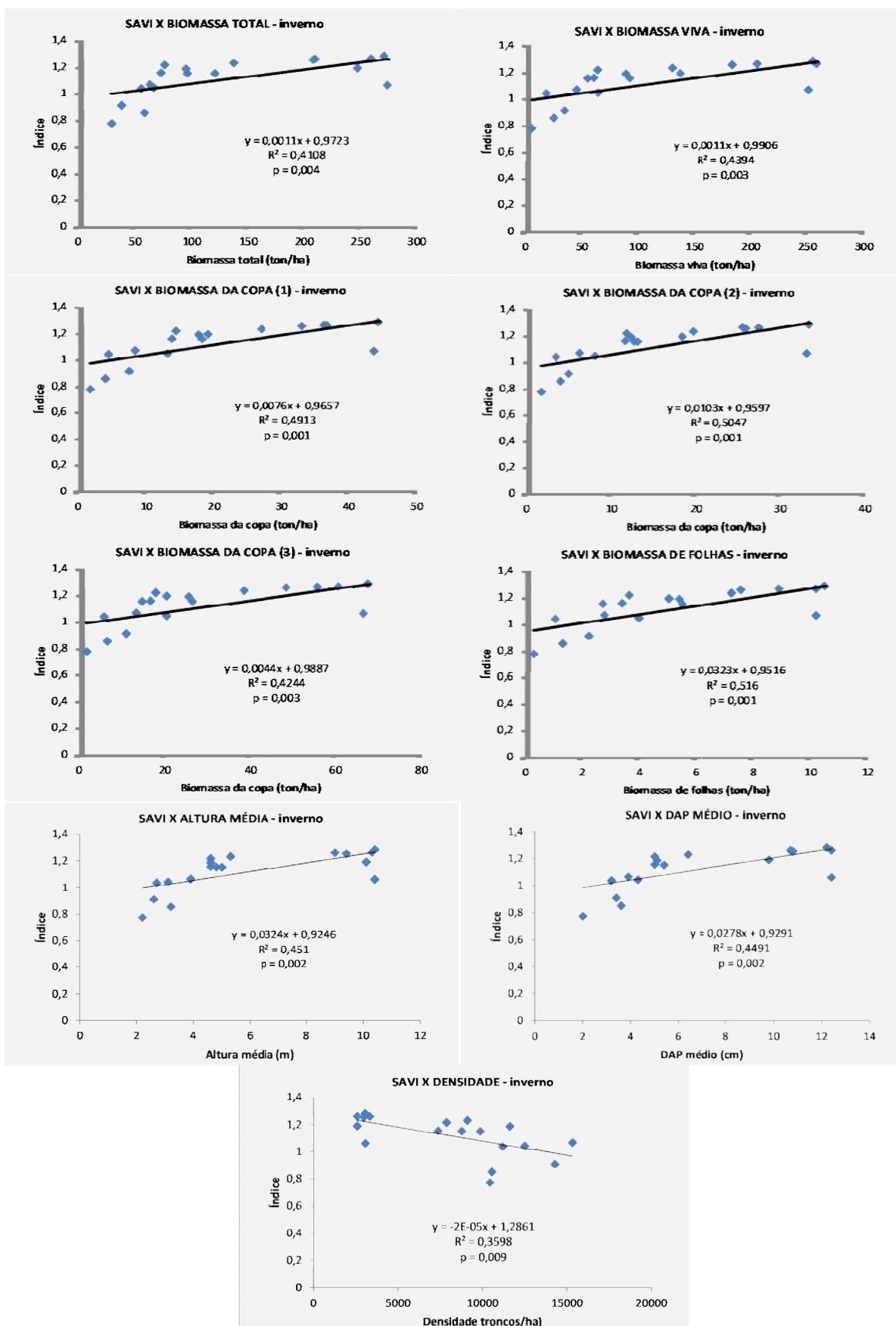
Índice: SAVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 27 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



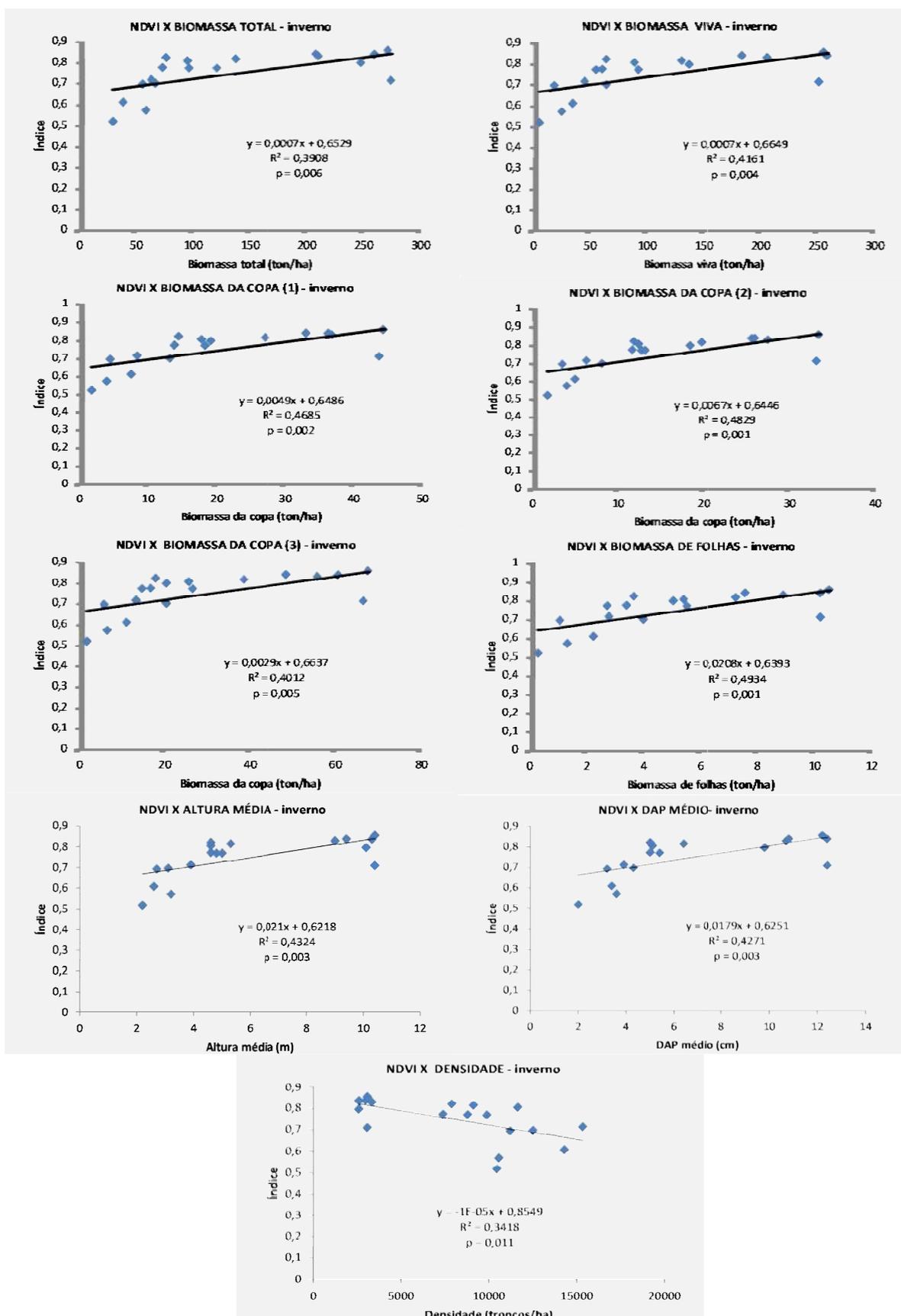
Índice: NDVI; Verões 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 28 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



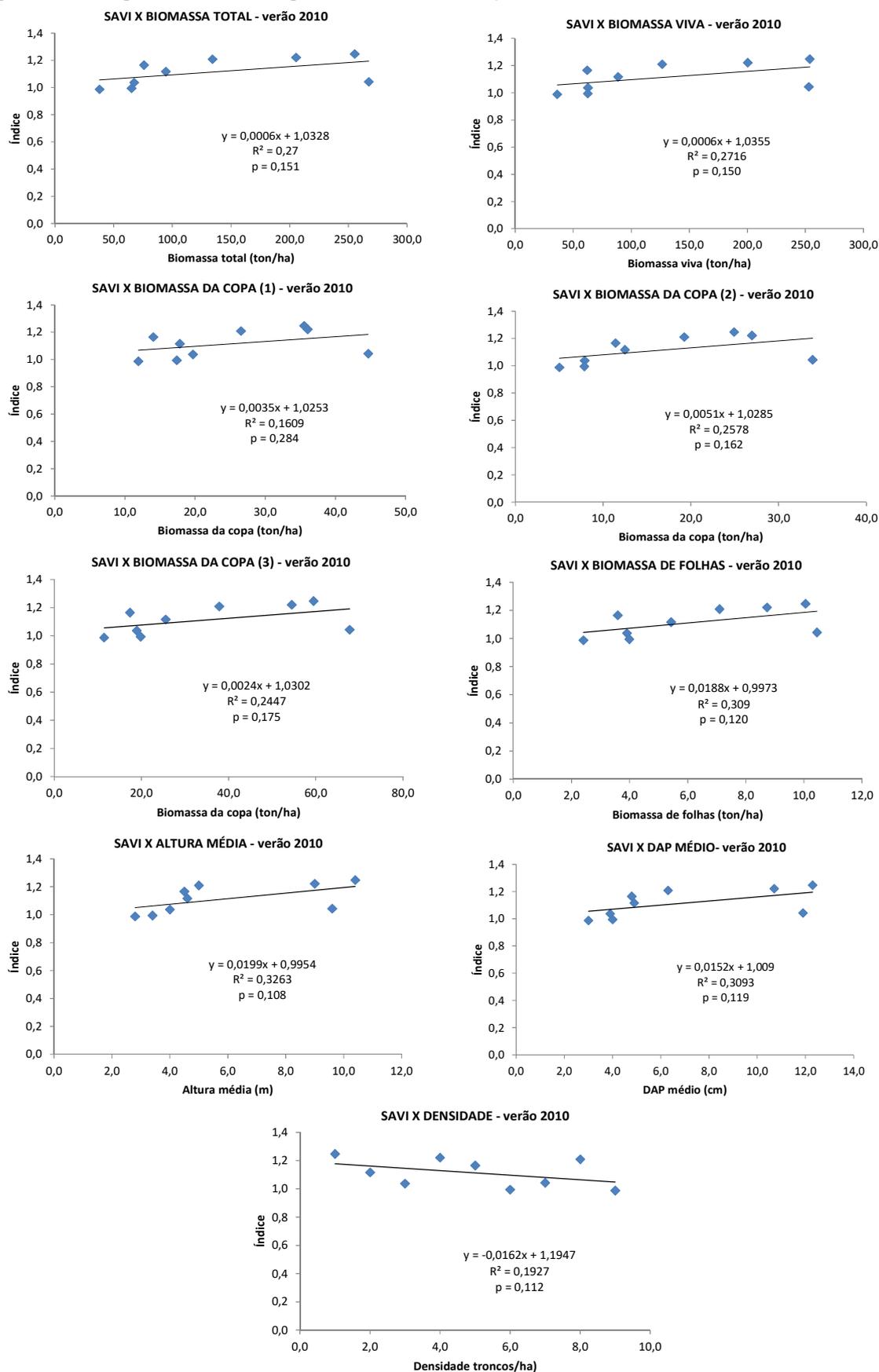
Índice: SAVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 29- Regressão linear segundo dados da estação Piracão



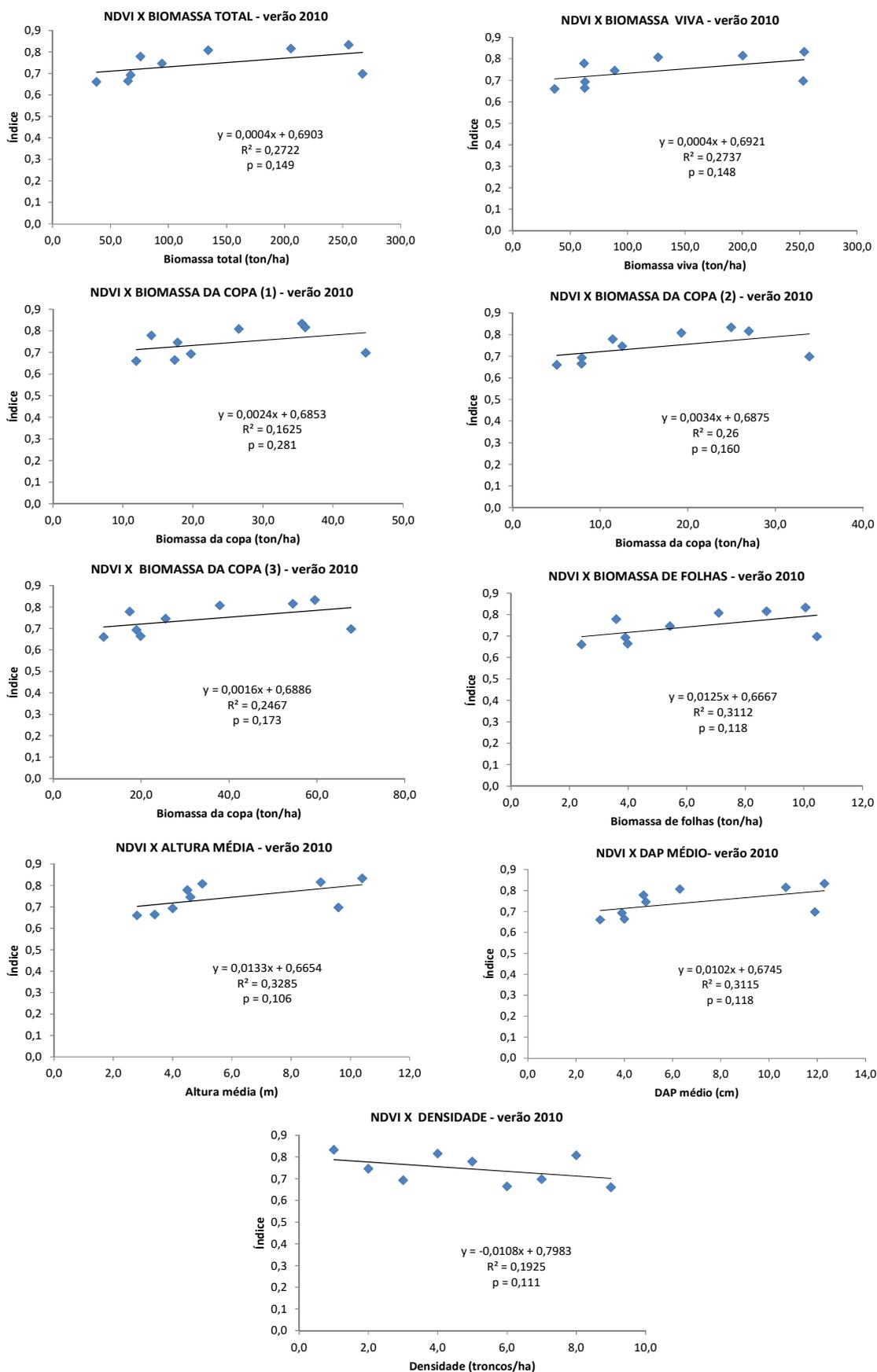
Índice: NDVI; Invernos 2010/2011. Em bege: relações significativas

Figura 30 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



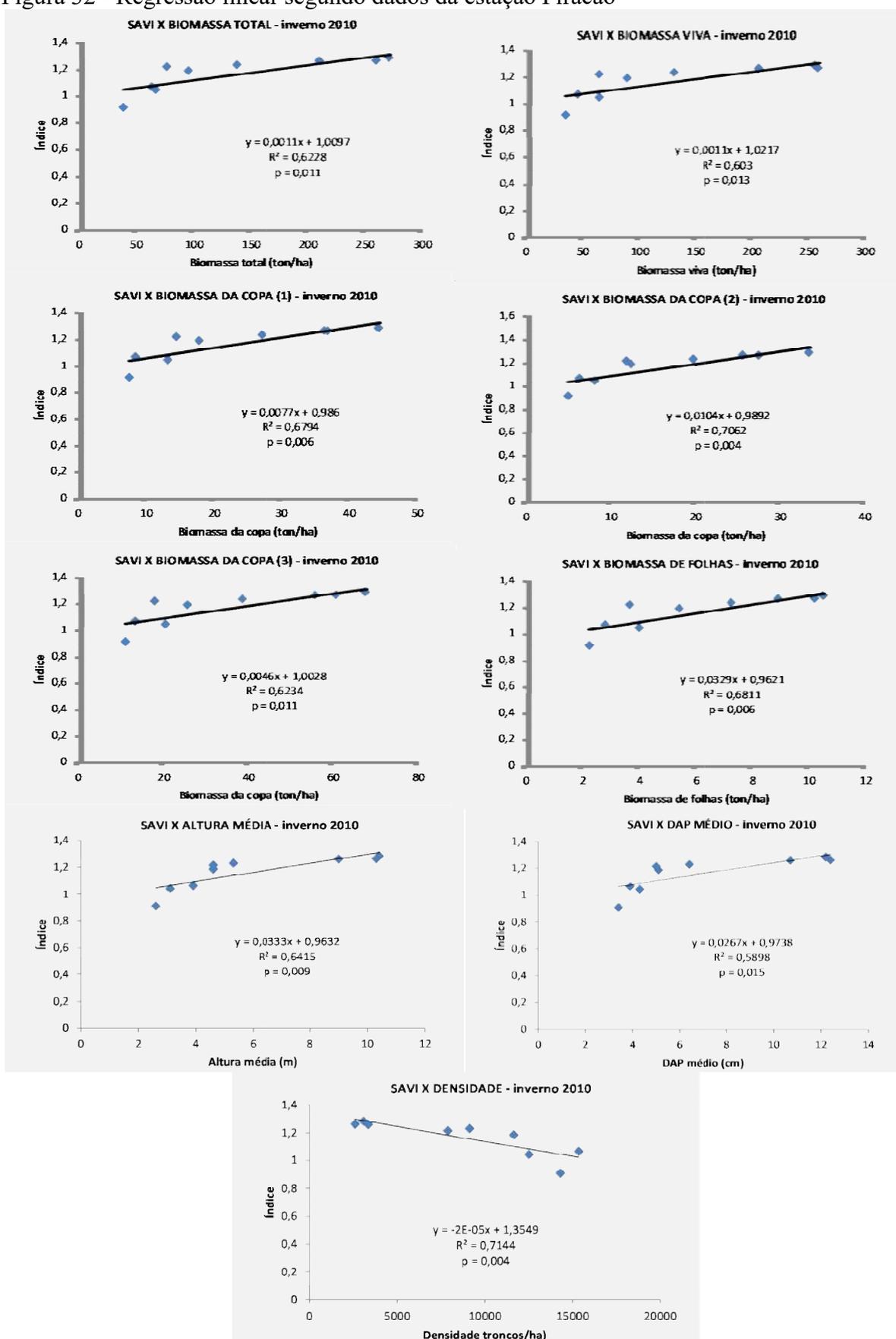
Índice: SAVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas

Figura 31 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



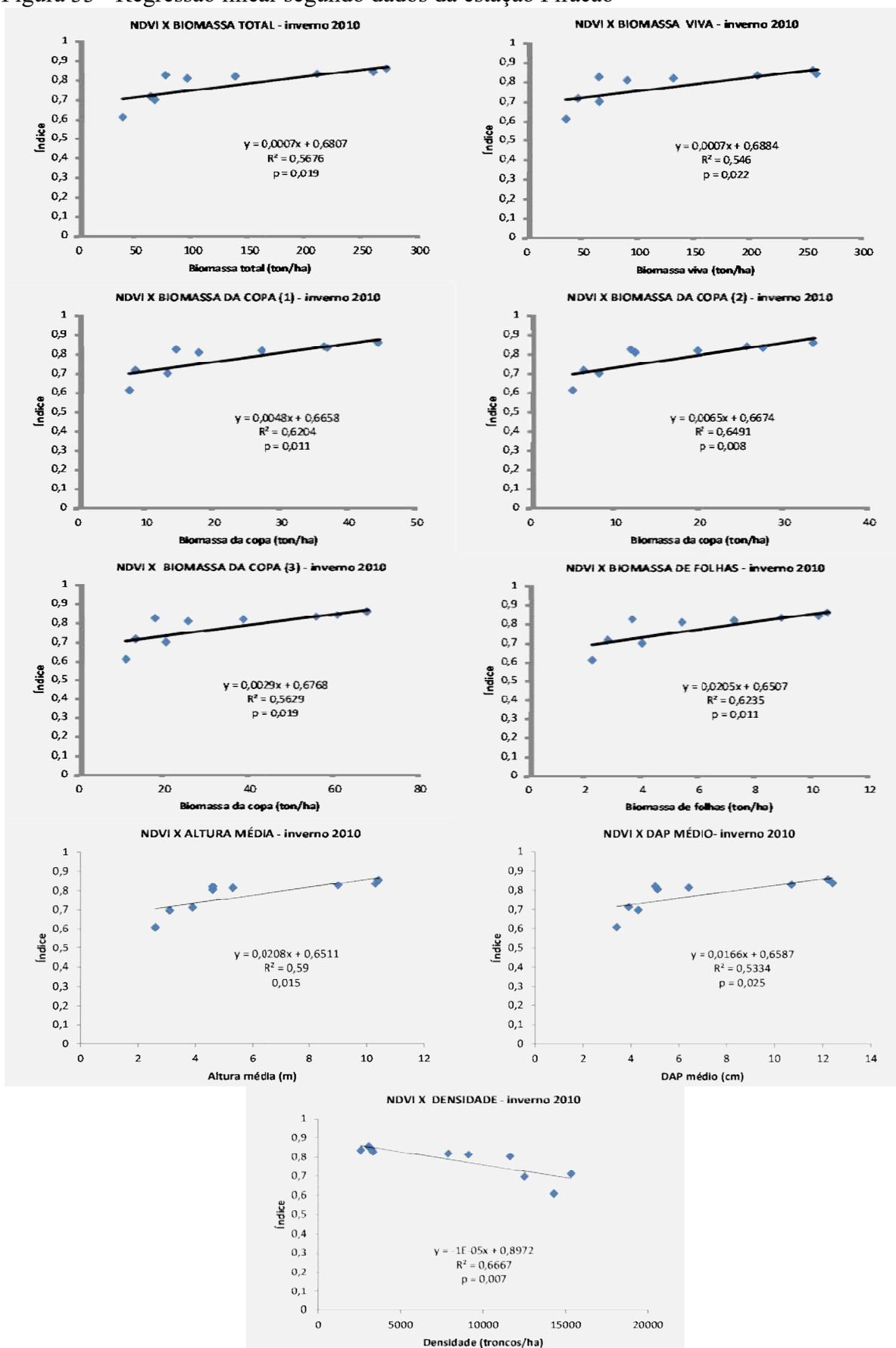
Índice: NDVI; Verão 2010. Em bege: relações significativas

Figura 32 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



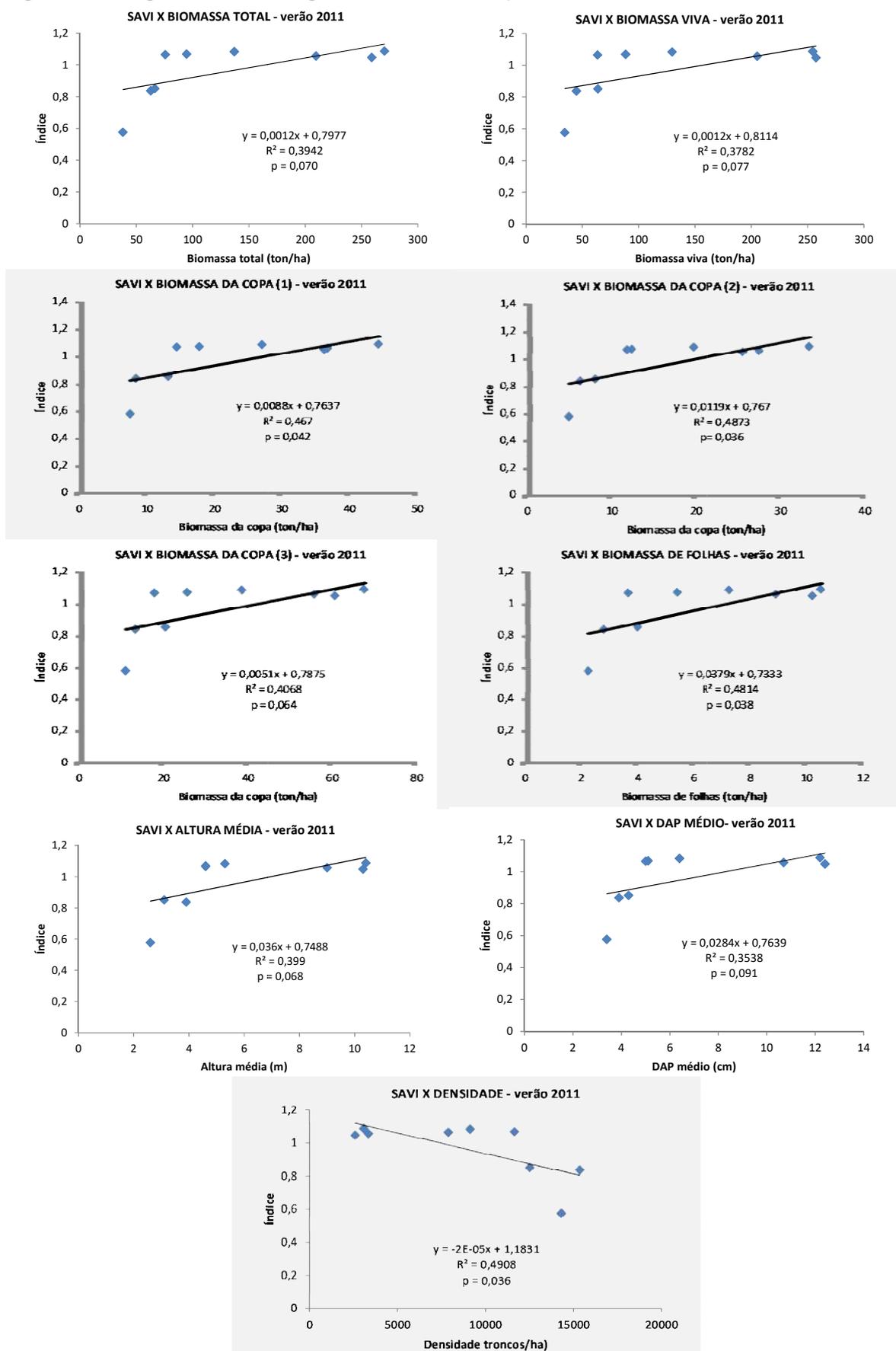
Índice: SAVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 33 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



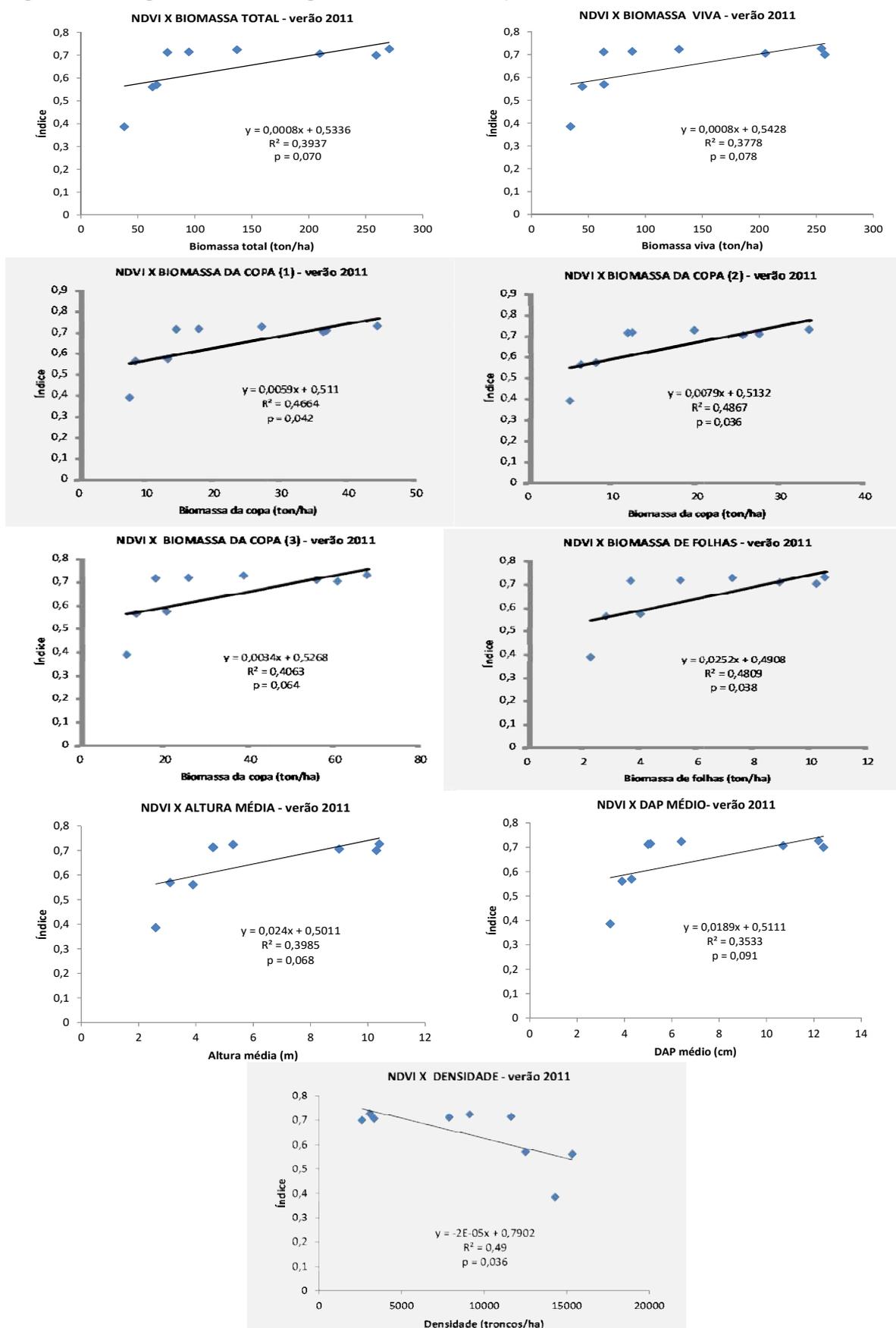
Índice: NDVI; Inverno 2010. Em bege: relações significativas

Figura 34 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



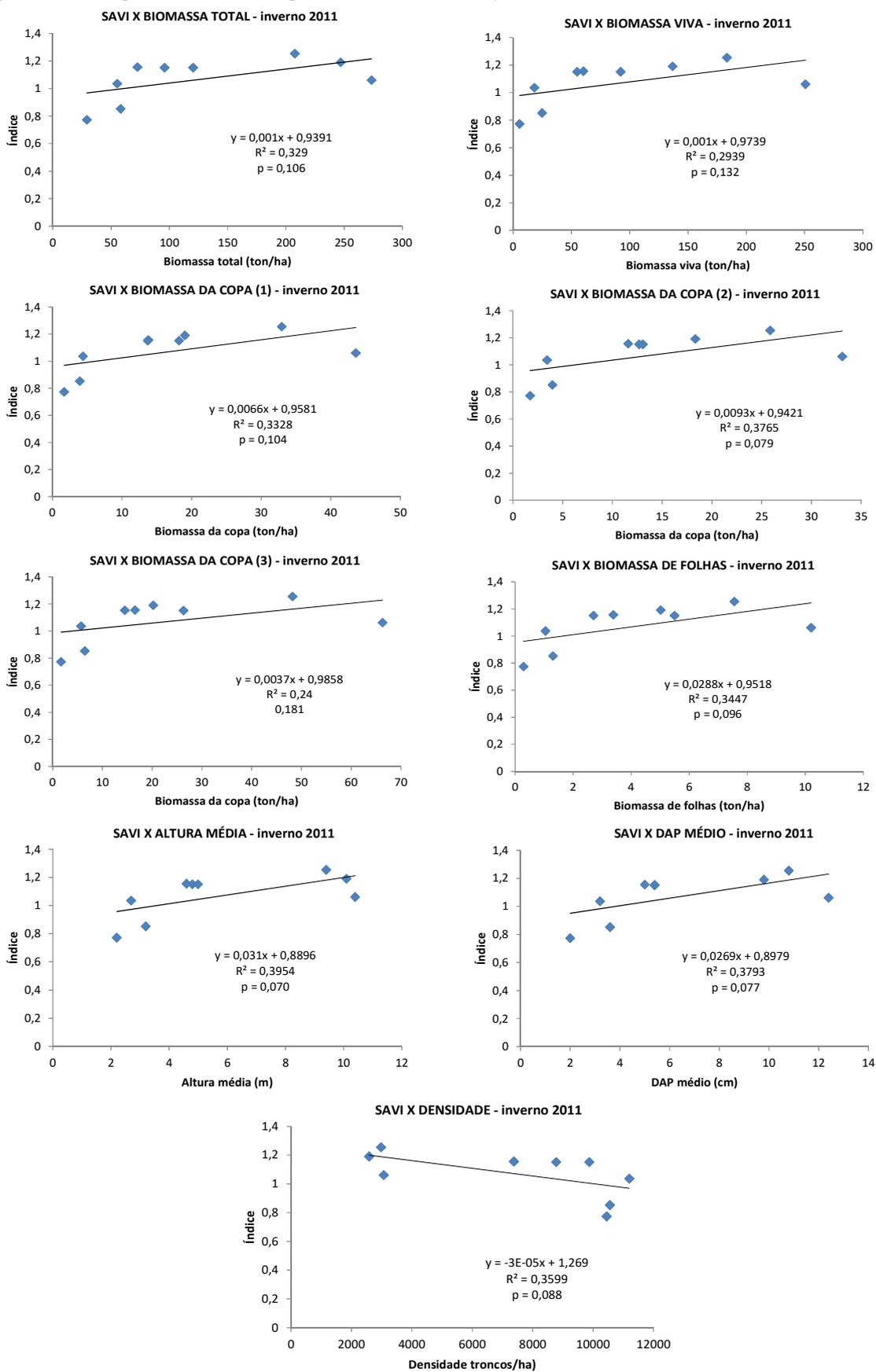
Índice: SAVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 35 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



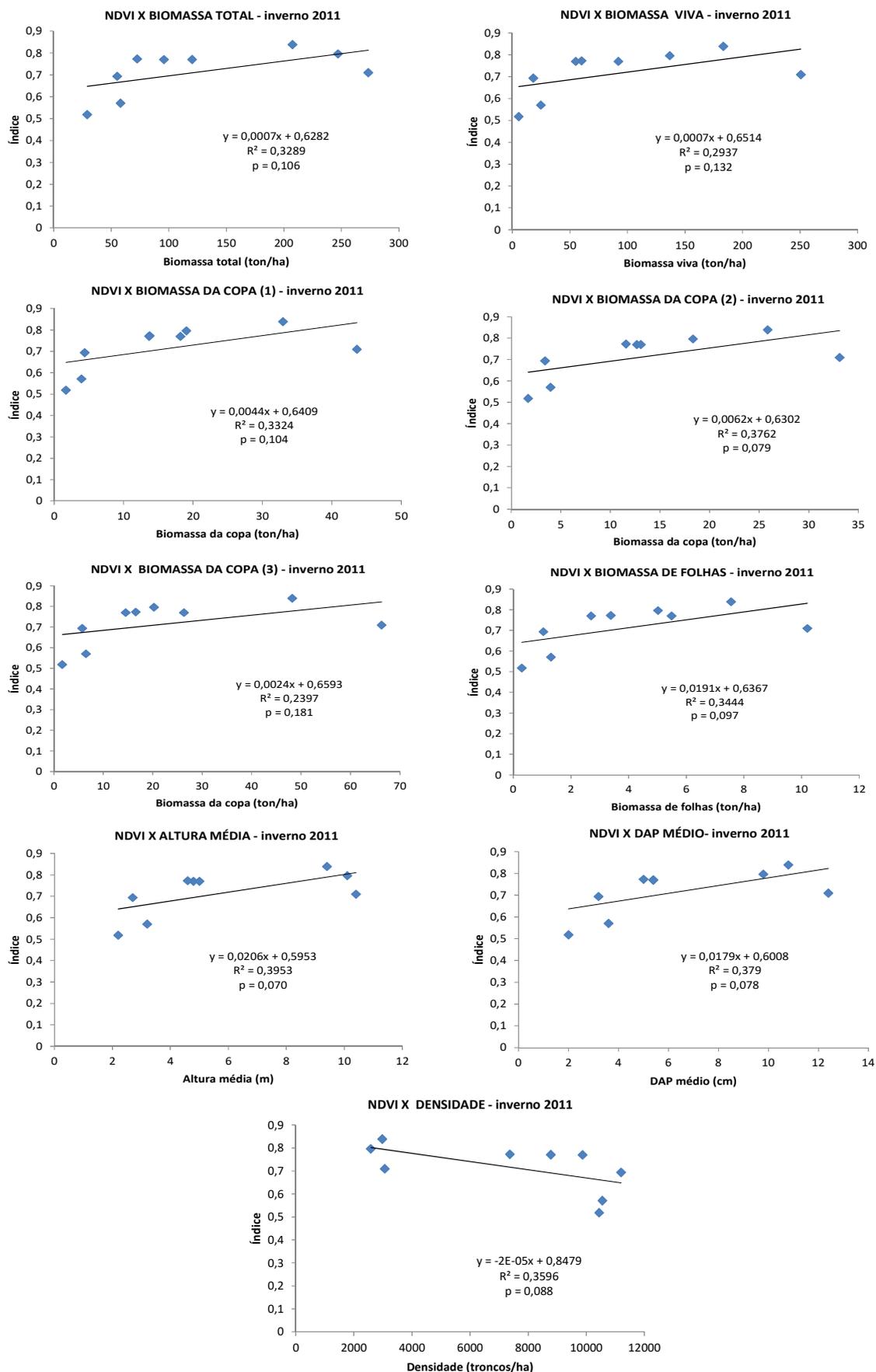
Índice: NDVI; Verão 2011. Em bege: relações significativas

Figura 36 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



Índice: SAVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas

Figura 37 - Regressão linear segundo dados da estação Piracão



Índice: NDVI; Inverno 2011. Em bege: relações significativas