

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**INTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NOS MANGUEZAIS DO  
LITORAL SUL DE SÃO PAULO E SUA RELAÇÃO COM OS  
CONTROLES CLIMÁTICOS**

**Nádia Gilma Beserra de Lima**

**São Paulo  
2014**

**NÁDIA GILMA BESERRA DE LIMA**

**INTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NOS MANGUEZAIS DO  
LITORAL SUL DE SÃO PAULO E SUA RELAÇÃO COM OS  
CONTROLES CLIMÁTICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (Doutorado) do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor (a) em Ciências.

Área de concentração: Geografia Física/Climatologia

Orientador: Prof. Dr Emerson Galvani

São Paulo

2014

**NÁDIA GILMA BESERRA DE LIMA**

**INTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NOS MANGUEZAIS DO  
LITORAL SUL DE SÃO PAULO E SUA RELAÇÃO COM OS  
CONTROLES CLIMÁTICOS**

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emerson Galvani (Orientador)  
Universidade de São Paulo – FFLCH – Departamento de Geografia

Prof. Dr. José Bueno Conti  
Universidade de São Paulo – FFLCH – Departamento de Geografia

Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva  
Universidade de São Paulo – FFLCH – Departamento de Geografia

Profa. Dra. Marília Cunha-Lignon  
Universidade Estadual Julio de Mesquita Neto – UNESP/São Vicente

Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

**Dedico esse trabalho:**

**A minha Família, meu porto seguro nos momentos mais difíceis...**

**Aos meus amigos, que me mostraram que com amor e paciência qualquer “tempestade”  
pode ser ultrapassada...**



## AGRADECIMENTOS

Finalizo aqui mais uma etapa em minha vida... É bom ter a sensação de dever cumprido e claro que, como toda conquista nada se faz sozinho. Foram inúmeras as pessoas que me ajudaram tanto de forma direta, com as idas a campo, discussão dos resultados e revisão de texto, quanto de forma indireta, com incentivo e muito apoio. Sem dúvida, são a essas pessoas que devo meus mais sinceros agradecimentos. Com certeza, ficarão gravados em minha memória e em minha história. E não poderia nesse momento de concretização deixar de agradecer aqueles que considero a base de toda a conquista e co-autores dessa jornada, muitas vezes “incansável”, os quais passo a destacar:

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Emerson Galvani pela amizade, incentivo, apoio e atenção, com quem sempre pude contar nos momentos mais difíceis da minha vida... Aprendi muito nesses anos de convivência, tanto academicamente, mas principalmente como ser humano! Sem seu apoio essa conquista não teria se concretizado! “Obrigada”!

Aos meus pais (Jerônimo e Nazaré), pelo amor incondicional, contribuindo para que eu não desistisse! Obrigada por serem meu “porto seguro” nos verdadeiros momentos de desespero...

À Nara, Arlindo, Cida, Edirley, Fábio e Thalita, sempre soube que podia contar com vocês, mas nos últimos meses ficou evidente! A força, o apoio e o ombro amigo que me proporcionaram me fizeram acreditar que tudo passa... tudo passará, mas é preciso ter fé, saber esperar e ter muita paciência. Obrigada pela amizade eterna!

Às minhas sobrinhas Sarah e Alice, por transformarem minha vida em momentos de pura inocência e alegria.

À Ita, minha tia de coração, pelo apoio e incentivo ao longo de toda a minha vida.

À Ana Lúcia Gomes dos Santos pela amizade incondicional ao longo de todos esses anos e pela paciência em discutir os resultados comigo até os últimos minutos. Valeu amiga! Sem você não teria chegado ao fim!

À Rita Falcão, pela amizade, apoio e torcida, principalmente nessa etapa final. Uma amiga para todas as horas! Quem diria que ainda seríamos vizinhas!

Às minhas primas Nazaré, Socorro, Vitória, Mara e Cidinha pela amizade, apoio e incentivo nos últimos meses...que tempo difícil! Mas ouvir os conselhos de vocês me fez muito mais forte!

Aos amigos conquistados ao longo da vida: Kelly Melo, Vinícius Alvarenga, Luciano Ramos, Vanks Silva, Bruna Moreira, Cássio Wollmann, Bárbara Pereira, Ailton Luchiari, Ana Maria Neves, Ju Amorim, Aline Salim, Aline Bernardes, Tati Camolez, Pri Capuano, Edgar Barros, Márcio Queiroz, Rê Kawashima, Cynthia Yassumoto, Mari Romano, Arlete Ohata e Edgard Kiriya. Obrigada pelo apoio e participação em inúmeros momentos de minha vida, muitos deles difíceis... mas vocês fizeram com que me sentisse acolhida e me mostraram que ultrapassá-lo seria questão de tempo. Quando olho para trás e vejo a quantidade de verdadeiros amigos que possuo, sinto que a vida realmente vale a pena!

Um especial agradecimento a Tati Camolez, pela amizade e pela revisão do texto! E pensar que alguém gosta de revisar texto e formatação... para minha sorte! Obrigada, amiga!

À minha equipe maravilhosa de campo (Fernando, Emerson, Ana Lúcia, Marília e Jonas e Israel), só com a ajuda de vocês tudo isso foi possível. Aprendi muito com cada um de vocês! Obrigada!

Ao Rogério, pela amizade ao longo desses anos, por todo o apoio e atenção durante a minha estadia no Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB), pelo auxílio com os equipamentos e pela participação nos trabalhos de campo.

Aos amigos de pós-graduação Marcos Milanese, Sérgio Serafini, Márcio Greyeck, Adriano Antunes, Aline Diniz, Chico Arcova, João Paulo Gobo, Thiago Silveira, Júlio Chiqueto e Leila Limberger pelos papos durante minha permanência no LCB.

Ao Edson Bianchi, por todo apoio, disposição, atenção e bom-humor com que sempre nos guiou por essas estradas a fora.

Ao barqueiro Israel por toda a atenção, apoio e disposição em campo.

A todos os professores do Departamento de Geografia, em especial aos professores Dr. Reinaldo Perez Machado e Dr. José Bueno Conti pelo aprendizado durante as disciplinas no período da tese.

À pesquisadora Dra. Marília Cunha-Lignon, pela parceria, pelos inúmeros ensinamentos sobre os manguezais de Cananéia-Iguape e pelas contribuições durante o exame de qualificação.

À pesquisadora Claudia Tonelli, por me ceder relatórios técnicos sobre os manguezais do litoral paulista.

À professora Dra. Maria Elisa Siqueira pelas discussões ao longo do trabalho e principalmente no exame de qualificação.

Ao Instituto Chico Mendes, pelo apoio e liberação das autorizações necessárias.

À Emplasa por disponibilizar as fotografias aéreas da área de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

À Universidade de São Paulo pela oportunidade e ensino de qualidade.

Ao manguezal por sua resistência em sobreviver aos inúmeros impactos e me proporcionar a oportunidade de conhecê-lo um pouquinho mais.

A Deus, minha força interior...

A todos vocês "MUITO OBRIGADA".

## RESUMO

LIMA, N. G.B. **Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e sua relação com os controles climáticos.** 2014. 317 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Os manguezais estão entre os ecossistemas, biologicamente, mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços exclusivos para as sociedades e os sistemas costeiros. Entre suas funções destacam-se a estabilização da linha de costa e a redução do impacto de fenômenos extremos, como em casos de tempestades e furacão. No entanto, esse ecossistema têm apresentado alterações significativas oriundas da influência antrópica no ambiente, que modificam a cobertura vegetal e que, por sua vez, influenciam todo o ecossistema, inclusive nas interações microclimáticas. A pesquisa tem como objetivo avaliar a relação existente entre os controles (estrutura da vegetação, variação da maré e sistemas atmosféricos) e atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e precipitação) no manguezal localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP. Para isso, instalou-se uma torre microclimática contendo duas estações meteorológicas de forma a obter uma análise da variação dos atributos climáticos acima e abaixo do dossel de manguezal. Além disso, analisaram-se ainda as características estruturais da vegetação do manguezal. Constatou-se um aumento na transmissividade da radiação solar no dossel do manguezal, uma redução no albedo e uma diminuição na interceptação vegetal, que está associada a degradação do bosque, que não possui indivíduos novos que prosperam no ambiente, portanto sem renovação do ecossistema, resultado da presença de macrófitas ao longo da área de estudo. Comprovou-se o importante papel da maré no manguezal, contribuindo com entrada e saída de energia, favorecendo o resfriamento/aquecimento relativo do ambiente. Concluiu-se que, do ponto de vista microclimático, há diferenças significativas entre o que acontece acima e abaixo do dossel no manguezal, com diferenças superiores a 5°C, como no caso da temperatura máxima ou ainda entre a temperatura do solo e do ar com diferenças que ultrapassaram 10°C. É perceptível, nesse nível escalar, o acoplamento entre as escalas climáticas superiores com o nível microclimático. Observou-se como os atributos climáticos se conectam e como as diferenças entre os atributos climáticos ficam evidentes em escalas temporais inferiores.

**Palavras-chave:** microclima, mangue, dossel, elementos climáticos, maré.

## ABSTRACT

LIMA, N. G.B. **Interaction of climatic attributes in the mangroves of the southern coast of São Paulo and its relationship with climate controls**. 2014. 317 f. Thesis (Doctor) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Biologically, the mangrove ecosystems are among the most productive and important in the world, providing resources and services exclusive to societies and coastal systems. Its functions include the stabilization of the shoreline and reduction the impact of extreme weather events such as in cases of storms and hurricane. However, this ecosystem have been presenting significant changes arising from anthropogenic influence on the environment, modifying the vegetation and that, in turn, influence the entire ecosystem, including the microclimatic interactions. The research aims to assess the relation between controls (vegetation structure, tide variations and atmospheric systems) and climatic attributes (air temperature, absolute humidity, solar radiation, wind and rainfall) in the mangrove on the bar the Ribeira-Iguape/SP. To this end, was installed one microclimatic tower containing two weather stations to obtain an analysis of climatic attribute variations above and below the canopy of mangrove. Moreover, was analyzed the structural features of the mangrove vegetation. It was found an increase in transmissivity of solar radiation in the mangrove canopy, a reduction in albedo and a decrease in vegetable interception. These changes are associated with the degradation of the forest, who do not have new individuals who thrive in the environment, there is no renewal of the ecosystem as a result of the presence of macrophytes in the study area. It was proven the important role of tidal in mangrove areas, contributing with input and output power, favoring the cooling / heating relative on the environment. It was concluded that, from the microclimatic point of view, there are significant differences above and below the mangrove canopy. In the case of the maximum temperature, the differences were greater than 5 ° C and exceed 10 ° C between the air and soil temperature. It is noticeable in this scalar level, the coupling between the upper climatic scales with the microclimate level. Was observed how the climatic attributes are connected and how the differences between the climatic attributes are evident in inferior temporal scales.

**Keywords:** microclimate, mangrove canopy, climatic elements, tide

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação climática do Estado de São Paulo proposta por Monteiro (1973). .....	36
Figura 2 - Setores costeiros no litoral do estado de São Paulo. Fonte: Lei Estadual nº 10.019/1998.....	38
Figura 3 - Localização do município de Iguape – SP. ....	40
Figura 4 - Unidades de Conservação delimitadas na zona costeira paulista. Fonte: SMA (2011). .....	43
Figura 5 - Projeto original do Valo Grande (seta A) e seu prolongamento (seta B) até a Ilha Comprida, que não foi executado. Fonte: DAEE (2011).....	45
Figura 6 - Vista do Valo Grande, Iguape (SP), de sua margem esquerda. Foto: Nádia G. B. Lima (01/09/2012). ....	47
Figura 7 - Sistema climático na escala macro, meso e micro (Hupfer, 1996 apud Foken, 2008). .....	64
Figura 8 - Esquema representativo das escalas climáticas propostas por Cuadrat e Pita (2011). .....	65
Figura 9 - Organização hierárquica das escalas climatológicas Zonal (A), Regional (B), Local (C), Topoclimática (D) e Microclimática (E). Fonte: Serafini Junior et al. (2012).....	65
Figura 10 - Unidades de dissipação de energia para o sistema manguezal. Fonte: Schaeffer-Novelli (não publicado apud VALE, 2004, p. 49). ....	67
Figura 11 - Vista geral dos manguezais da Ilha dos Papagaios, localizada na Barra do Ribeira – Iguape/SP, foto obtida acima do dossel, a partir do topo da torre microclimática. Foto: Fernando Godoy (2012). ....	88
Figura 12 - <i>Rhizophora mangle</i> , localizada nas proximidades da parcela delimitada para levantamento dos dados estruturais de vegetação na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2012). ....	89
Figura 13 - Câmera fotográfica acoplada a uma lente “olho de peixe”, instalada no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G.B. de Lima (2013). ....	90
Figura 14 - Câmera fotográfica com lente “olho de peixe”. Foto: Nádia G.B. de Lima (2013). ...	91
Figura 15 - Fotografias hemisféricas obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP em 27/05 e 27/08/2011, respectivamente. Foto: Nádia G.B. de Lima (2011). ....	91
Figura 16 - Vista da torre microclimática instalada no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2011). ....	96
Figura 17 - Abrigo meteorológico (a), contendo sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar – CS215 (b). Foto: Nádia G. B. de Lima (2008). ....	98
Figura 18 - Termômetro de solo instalado nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, modelo 109G. Fonte: <a href="http://www.campbellsci.com/109-temperature-ordering">http://www.campbellsci.com/109-temperature-ordering</a> . ....	99
Figura 19 - Pluviômetro instalado nos manguezais da Barra do Ribeira, tipo TE525MM-L15. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008). ....	100
Figura 20 - Sensor de velocidade e direção do vento, instalados no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP, no nível 2 m. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008). ..	100
Figura 21 - Saldo radiômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008). ....	102
Figura 22 - Piranômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008). ....	102
Figura 23 - Roteiro metodológico e procedimental da pesquisa. Elaboração: Nádia G. B. Lima (2014). ....	107
Figura 24 - Modelo de energia ilustrando os maiores armazenamentos e fluxos em um ecossistema manguezal. Os estressores potenciais estão distinguidos por linhas tracejadas. Fonte: Lugo e Snedaker (1974). ....	110

Figura 25 - Número de espécies de manguezais distribuídas a cada 15° de longitude Fonte: Tomlinson (1986).....	111
Figura 26 - As relações entre a florística do mangue, sua diversidade estrutural e funcional e os fatores que influenciam sua distribuição. Fonte: Duke, Ball e Ellison (1998).....	112
Figura 27 - Mangue vermelho ( <i>Rhizophora mangle</i> L.) – Iguape/SP. Foto: Nadia G. B. Lima (2007).....	115
Figura 28 - Mangue preto ( <i>Avicennia schaueriana</i> Stapf & Leechm. ex Moldenke) – Cubatão/SP. Foto: Ana Lúcia G. dos Santos (2008).....	116
Figura 29 - Mangue branco ( <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn) – Iguape/SP. Foto: Nadia G. B. Lima (2013).....	117
Figura 30 - Mangue botão ( <i>Conocarpus erectus</i> L.) – Iguape/SP. Foto: Nadia G. B. Lima (2005).....	118
Figura 31 - Samambaia do mangue ( <i>Acrostichum aureum</i> L.) – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2012).....	118
Figura 32 - Lírio do mangue ( <i>Crinum attenuatum</i> Willd. ex Schult. & Schult.f.) Foto: Nádia G. B. de Lima (2012).....	119
Figura 33 - Praturá ( <i>Spartina alterniflora</i> Loisel). Foto: Ana Lucia G. dos Santos (2012).....	119
Figura 34 - Temperatura média mensal da superfície do mar (caixa preta) e temperatura do ar (caixa cinza) para os gêneros <i>Avicennia</i> (a) e <i>Rhizophora</i> (b): temperatura média do mês mais frio (TC) e temperatura média do mês mais quente (TW) são representados no limite esquerdo e à direita da caixa, respectivamente, enquanto a temperatura média anual (TA) é indicada por um quadrado branco. Fonte: Quisthoudt et al. (2012).....	127
Figura 35 - Limites latitudinais para os gêneros <i>Avicennia</i> (pontos pretos) e <i>Rhizophora</i> (pontos brancos). Fonte: Quisthoudt et al. (2012).....	128
Figura 36 - Temperatura mensal do ar e da superfície do mar em limites agrupados por hemisfério (N: Norte e S: Sul). A e B: temperatura média do mês mais quente no limite superior de latitude <i>Avicennia</i> (A) e <i>Rhizophora</i> (R), respectivamente. N: Hemisfério Norte, S: Hemisfério Sul. Fonte: Quisthoudt et al. (2012).....	128
Figura 37 - Fatores que podem influenciar a atenuação de ondas pelos manguezais. Fonte: MCLVOR et al. (2012a).....	141
Figura 38 - Distribuição dos manguezais no mundo. Fonte: IUCN (2010). Elaboração: Nádia G. B. de Lima (2010).....	146
Figura 39 - Países com as maiores áreas de manguezais na América do Sul. Fonte: FAO (2007).....	147
Figura 40 - Unidades Fisiográficas do litoral brasileiro, de acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1989).....	150
Figura 41 - Distribuição dos manguezais no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Fonte: CUNHA-LIGNON et al. (2011).....	155
Figura 42 - Vista do Mar Pequeno no município de Iguape, nas proximidades do Valo Grande, com início de colonização por macrófitas. Foto: Nádia G. B de Lima (2000).....	156
Figura 43 - Vista do Mar Pequeno no município de Iguape, nas proximidades do Valo Grande, com destaque para presença das macrófitas ao longo de todo o sistema. Foto: Nádia G. B de Lima (2012).....	156
Figura 44 - Vista das macrófitas no entorno dos manguezais na Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).....	157
Figura 45 - Distribuição dos manguezais e macrófitas na Ilha dos Papagaios e na foz do Rio Ribeira de Iguape – SP, trecho norte do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Fonte: Cunha-Lignon et al. (2011).....	158
Figura 46 - Regressão linear entre o DAP médio e a altura por espécie nos dois períodos analisados nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	162

Figura 47 - Regressão linear entre o DAP médio e a altura por espécie em 2012 e 2013 nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	163
Figura 48 - Densidade absoluta para os troncos vivos e mortos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2012 e 2013. ....	163
Figura 49 - Densidade relativa para os troncos vivos e mortos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2012 e 2013. ....	164
Figura 50 - Densidade absoluta (troncos/ha) por classe diamétrica e por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP. ....	165
Figura 51 - Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP. ....	166
Figura 52 - Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por classe diamétrica em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP. ....	166
Figura 53 - Dominância em área basal (%) por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP. ....	168
Figura 54 - Variação da abertura do dossel (%) estimada por meio de fotografias hemisféricas no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	169
Figura 55 - Variação do índice de área foliar estimado por meio de fotografias hemisféricas no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	170
Figura 56 - Normal Climatológica para a precipitação no município de Iguape/SP e IAF obtido no manguezal – Barra do Ribeira – Iguape/SP em 2011 e 2012. ....	173
Figura 57 - Precipitação obtida em 2011 e 2012 acima do dossel do manguezal e IAF – Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	174
Figura 58 - Radiação solar global acima (RG12) e abaixo (RG2) do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape (SP), durante o período de 06/02/11 a 31/12/12. ....	175
Figura 59 - Relação entre a radiação solar global a 12 metros e a 2 metros nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/11 a 31/12/12. ....	176
Figura 60 - Radiação solar global nos dois níveis de análise (acima e abaixo do dossel) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/11. ....	177
Figura 61 - Relação entre a radiação solar global e a radiação solar global refletida acima do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/12. ....	179
Figura 62 - Albedo médio diário obtido acima do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/12. ....	180
Figura 63 - Transmissividade do dossel (□d) em 2008, 2011 e 2012 nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	182
Figura 64 - Variação da transmissividade mensal média do dossel para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011. ....	183
Figura 65 - Variação sazonal da transmissividade mensal média do dossel para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011. ....	184
Figura 66 - Variação da transmissividade da radiação solar pelo dossel em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	185
Figura 67 - Radiação atmosférica e terrestre no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	186
Figura 68 - Radiação mensal atmosférica (R <sub>atm</sub> ) e terrestre (R <sub>ter</sub> ) média no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	188
Figura 69 - Regressão linear para os dados de Radiação terrestre e Radiação atmosférica para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	188
Figura 70 - Radiação atmosférica sazonal no manguezal Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano em 2011 e 2012. ....	189
Figura 71 - Radiação terrestre sazonal no manguezal da Barra do Ribeira, Iguape (SP), em 2011 e 2012. ....	190

Figura 72 - Variação diária do saldo de radiação de onda curta (SROC), saldo de radiação de onda longa (SROL) e saldo de radiação (SR) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.....	191
Figura 73 - Regressão linear simples entre os dados de saldo total e a Radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ), obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	192
Figura 74 - Regressão linear simples entre os dados de saldo total de radiação de onda curta e saldo de radiação, obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, acima do dossel, em 2011 e 2012.....	193
Figura 75 - Regressão linear simples entre os dados de saldo de radiação de onda longa (SROL) e a Radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ), obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	194
Figura 76 - Valores mensais do saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa, saldo de radiação mensal no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	195
Figura 77 - Saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa e saldo de radiação sazonal, para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012....	196
Figura 78 - Variabilidade sazonal do saldo de radiação de onda curta, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.....	197
Figura 79 - Variabilidade sazonal do saldo de radiação de onda longa, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.....	197
Figura 80 - Variabilidade sazonal do saldo de Radiação, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.....	198
Figura 81 - Temperatura do ar mensal para o manguezal em 2011 e 2012, na Barra do Ribeira – Iguape/SP e a Normal Climatológica (1961 – 1990). ....	199
Figura 82 - Variação da temperatura média mensal ( $T_{med}$ ), mínima absoluta ( $T_{min}$ ) e máxima absoluta ( $T_{max}$ ) do ar ( $^{\circ}C$ ), no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, de fevereiro de 2011 a dezembro de 2012. ....	200
Figura 83 - Variação da temperatura máxima absoluta do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape (SP), durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012. ....	202
Figura 84 - Variação da temperatura média do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012. ....	202
Figura 85 - Variação da temperatura mínima absoluta do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012. ....	203
Figura 86 - Diferença entre a temperatura média do ar nos níveis analisados no manguezal, no período de 06/02/11 a 31/12/12 – Iguape/SP.....	204
Figura 87 - Máxima diferença diária entre os níveis analisados no manguezal (acima e abaixo do dossel) no período de 06/02/11 a 31/12/12 – Iguape/SP.....	204
Figura 88 - Regressão linear simples entre os dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	205
Figura 89 - Distribuição sazonal dos dados de temperatura do ar acima ( $T^{12}$ ) e abaixo ( $T^2$ ), nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	209
Figura 90 - Distribuição sazonal dos dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	209
Figura 91 - Diferença máxima obtida entre os dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel por estação do ano, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	211
Figura 92 - Variação da temperatura abaixo do dossel ( $T^2$ ) e da temperatura do solo ( $T_s$ ) nos dois níveis de análise no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	212



Figura 93 - Variação diária da temperatura do solo ( $T_s$ ) e do ar ( $T^2$ ) para o período de 06/02/11 a 31/12/11 – Iguape/SP. ....	213
Figura 94 - Variabilidade da temperatura média do ar abaixo do dossel ( $T^2$ ) e do solo ( $T_s$ ) - manguezal da Barra do Ribeira, Iguape (SP), no outono/inverno de 2011 e 2012. ....	215
Figura 95 - Variabilidade da temperatura média do ar abaixo do dossel ( $T^2$ ) e do solo ( $T_s$ ) - manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, na primavera/verão de 2011 e 2012. ....	215
Figura 96 - Regressão Linear simples entre os dados de temperatura do ar abaixo do dossel e temperatura do solo, no período de 2011 a 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	217
Figura 97 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua nova. ....	219
Figura 98 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua crescente. ....	219
Figura 99 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua cheia. ....	220
Figura 100 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua minguante. ....	220
Figura 101 - Desvio absoluto entre a temperatura média do ar e do solo durante maré de sizígia e quadratura, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	221
Figura 102 - Variação da umidade absoluta do ar ( $g.m^{-3}$ ) acima do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	223
Figura 103 - Variação mensal da temperatura do ar e da umidade absoluta do ar ( $g.m^{-3}$ ) acima do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	223
Figura 104 - Umidade absoluta do ar e desvio absoluto ( $g.m^{-3}$ ) entre os dados obtidos acima ( $UA^{12}$ ) e abaixo ( $UA^2$ ) do dossel do manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	224
Figura 105 - Variação da umidade absoluta do ar ( $g.m^{-3}$ ) e desvio absoluto ( $g.m^{-3}$ ) para o período de 06/02/2011 a 31/12/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	226
Figura 106 - Máxima diferença diária de umidade absoluta do ar entre os dados obtidos acima e abaixo do dossel ( $UA^{12}-UA^2$ ), em 2011 e 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	226
Figura 107 - Regressão linear simples entre os dados de umidade absoluta acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	227
Figura 108 - Umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel no outono e no inverno, em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	229
Figura 109 - Umidade absoluta do ar ( $g.m^{-3}$ ) acima e abaixo do dossel na primavera e no verão, em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	229
Figura 110 – Precipitação total registrada em 2011 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960 – 1991) para o município de Iguape – SP. ....	230
Figura 111 - Pluviosidade total registrada em 2012 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960 – 1991) para o município de Iguape – SP. ....	232
Figura 112 - Totais mensais de precipitação registrada em 2011 acima ( $P^{12}$ ) e abaixo ( $P^2$ ) do dossel, interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961 - 1990) – Iguape/SP. ....	234
Figura 113 - Totais mensais de precipitação registrada em 2012 acima ( $P^{12}$ ) e abaixo ( $P^2$ ), interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961 a 1990) – Iguape/SP. ....	235
Figura 114 - Regressão Linear Simples para precipitação a 12 m e a 2 m, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	236
Figura 115 - Precipitação total sazonal para 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	237

Figura 116 - Interceptação da precipitação pelo dossel do manguezal em diferentes classes de precipitação – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	239
Figura 117 - Interceptação da precipitação por classes para o outono/inverno no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	240
Figura 118 - Interceptação da precipitação por classes para a primavera/verão no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	241
Figura 119 - Velocidade média mensal para os sensores acima e abaixo do dossel no período de março/2011 a dezembro de 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	242
Figura 120 - Rajada máxima e velocidade média diária do vento registrado acima ( $V^{12}$ ) e abaixo ( $V^2$ ) do dossel de manguezal - Barra do Ribeira – Iguape SP, no período de 07/03/2011 a 31/12/2013.....	243
Figura 121 - Redução da velocidade média do vento a 12 m em relação a 2 m, de 06/02/2011 a 31/12/2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	244
Figura 122 - Redução das rajadas máximas do vento a 12 m em relação a 2 m, em 2011 e 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	244
Figura 123 - Regressão Linear simples para a velocidade do vento médio acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	246
Figura 124 - Rajadas máximas por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	247
Figura 125 - Velocidade média por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	247
Figura 126 - Redução da rajada máxima do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	249
Figura 127 - Redução da velocidade da rajada máxima do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	249
Figura 128 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrada acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ), em 2011 e 2012. ....	250
Figura 129 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano, em 2011 e 2012. ....	252
Figura 130 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, para 2011, considerando o período noturno e diurno, registrado a 12 m e a 2 m da superfície. ....	254
Figura 131 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, considerando as classes de Beaufort.....	255
Figura 132 - Síntese dos dados acima e abaixo do dossel de manguezal no período de 06/02/2011 a 31/12/2012 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	256
Figura 133 - Imagem de satélite com representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (tracejado verde, orientado NW – SE) para o dia 15/02/2012. Fonte: CPTEC (2012). ....	257
Figura 134 - Imagem de satélite realçada para o dia 14/02/2011. Fonte: CPTEC (2012).....	258
Figura 135 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, chuva e radiação solar) para o período de 13 a 17/02/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP....	259
Figura 136 - Radiações terrestre e atmosférica diárias no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, sob atuação de uma ZCAS.....	261
Figura 137 - Variação da radiação terrestre e atmosférica no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	261
Figura 138 - Variação da temperatura do ar acima do dossel, umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e desvio absoluto no período de 13 a 17/02/2011, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	262
Figura 139 - Variação da temperatura do ar, da umidade absoluta e da velocidade do vento acima e abaixo do dossel no período de 13/02 a 17/02/2011, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	262

Figura 140 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 14 a 17/02/2011.....	264
Figura 141 - Precipitação horária nos dias 14 e 15/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	265
Figura 142 - Imagem de satélite com representação de frente fria e linha de instabilidade no dia 26/06/2011. Fonte: CPETC (2012).....	266
Figura 143 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, velocidade do vento e radiação solar) para o período de 25/06 a 05/07/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	267
Figura 144 - Radiações de onda longa terrestre e atmosférica integrada no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, sob a passagem de um sistema frontal e atuação de uma massa polar. ....	269
Figura 145 - Variação das radiações de onda longa terrestre e atmosférica no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	270
Figura 146 - Temperatura do ar acima do dossel, umidade absoluta do ar acima do dossel e velocidade do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 25/06 a 05/07/2011.....	271
Figura 147 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 25/06/11 a 05/07/11.....	272
Figura 148 - Imagens de satélite de 01/08/2011. Fonte: CPTEC (2012). ....	273
Figura 149 - Imagem de satélite realçada para 01/08/2011. Fonte: CPTEC (2012). ....	274
Figura 150 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, velocidade do vento e radiação solar) para o período de 28/07 a 04/08/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	275
Figura 151 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 28/07 a 04/08/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	276
Figura 152 - Radiação de onda longa terrestre e atmosférica integrada no período de 31/07/11 a 04/08/11 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	277
Figura 153 - Variação da radiação de onda longa terrestre e atmosférica no período de 28/07/11 a 04/08/11 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	277
Figura 154 - Variação da umidade absoluta, temperatura do ar e velocidade do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 28/07/11 a 04/08/2011. ....	278
Figura 155 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 31/07 a 02/08/2011.....	279
Figura 156 - Imagens de satélite de 23/12/2011. Fonte: CPTEC (2012). ....	280
Figura 157 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, umidade absoluta, radiações de onda curta e de onda longa e vento) para o período de 20/12 a 26/12/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	281
Figura 158 - Variação das radiações de onda longa terrestre e atmosférica no período de 20/12/11 a 27/12/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	282
Figura 159 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 20/12 a 27/12/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	283
Figura 160 - Variação da temperatura do ar acima e abaixo do dossel do manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 20 a 27/12/2011.....	284
Figura 161 - Variação da temperatura do ar, da umidade absoluta do ar e da velocidade do vento – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 20 a 27/12/2011. ....	285
Figura 162 - Imagens de satélite de 05/06/2012. Fonte: CPTEC (2012). ....	286
Figura 163 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 29/05 a 12/06/12, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	287
Figura 164 - Precipitação acima e abaixo do dossel no período de 29/05 a 12/06/2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	288

Figura 165 - Radiações terrestre e atmosférica obtidas no período de 29/05 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	289
Figura 166 - Umidade absoluta e temperatura do ar no período de 29/05/12 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	290
Figura 167 - Variação da temperatura do ar acima e abaixo do dossel no período de 29/05/12 a 12/06/12, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	290

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação hierárquica das paisagens proposta por Bertrand (1971). .....	55
Tabela 2 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”, proposta elaborada por Monteiro (1976). .....	57
Tabela 3 - Síntese das escalas de análise utilizadas na presente pesquisa. ....	67
Tabela 4 - Períodos analisados em diferentes sistemas atmosféricos. ....	94
Tabela 5 - Período de análise de cada atributo climático registrado e/ou derivado utilizado ao longo da pesquisa.....	97
Tabela 6 - Escala proposta por Beaufort para a classificação de ventos.....	101
Tabela 7 - Intervalos de classes para os valores de transmissividade atmosférica ( $\tau$ ). .....	103
Tabela 8 - Variação da temperatura do ar e da superfície do mar entre os limites dos gêneros <i>Avicennia</i> e <i>Rhizophora</i> : mínima (temperatura do limite mais frio), média, temperatura máxima (temperatura do limite mais quente) e amplitude térmica (TMax - TMin) considerando todos os limites latitudinais. Fonte: Quisthoudt et al. (2012). .....	127
Tabela 9 - Resistência das espécies de mangue para furacões. Fonte: Lacambra et al. (2008). .....	142
Tabela 10 - Os quinze maiores países em áreas de manguezais. Fonte: Giri et al. (2010). ....	144
Tabela 11 - Maiores extensões contínuas de manguezais no mundo, de acordo com Spalding et al. (2010). .....	145
Tabela 12 - Área (ha) do ecossistema manguezal por categoria de unidade de conservação (federal e estadual) no Brasil. Fonte: MMA (2010). .....	151
Tabela 13 - Número de troncos vivos e mortos por hectare, altura média e DAP médio para o manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	161
Tabela 14 - Variação sazonal da radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $RG^2$ ) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	178
Tabela 15 - Valores máximos obtidos em 2011 e 2012 para a Radiação atmosférica ( $R_{atm}$ ) e terrestre ( $R_{ter}$ ) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	186
Tabela 16 - Saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa e saldo de radiação para 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	191
Tabela 17 - Temperatura média do mês mais quente, mais frio e amplitude anual para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	201
Tabela 18 - Variação sazonal da máxima absoluta, média das máximas, mínima absoluta e média das mínimas a 12 metros ( $T^{12}$ ) e a 2 metros ( $T^2$ ), nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	207
Tabela 19 - Teste de normalidade aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, entre o níveis. ....	210
Tabela 20 - Testes de hipóteses (Wilcoxon e t pareado) aplicados nos dados sazonais de temperatura do ar nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, entre os níveis.....	210
Tabela 21 - Desvio padrão, média, máxima e mínima para os dados de temperatura do ar a 2 metros de altura e da temperatura do solo para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	212
Tabela 22 - Temperatura média do ar por estação do ano abaixo do dossel e temperatura do solo, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	216
Tabela 23 - Teste de normalidade aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar e do solo ( $T_s - T^2$ ) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	216
Tabela 24 - Testes de hipóteses (Wilcoxon e t pareado) aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar e do solo ( $T_s - T^2$ ) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	216

Tabela 25 - Média aritmética, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimas e máximas absolutas para a temperatura do solo e do ar nas diferentes fases da lua, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, período de 06/02/11 a 31/12/2011. ....	218
Tabela 26 - Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimas e máximas diferenças entre temperatura do ar e do solo. ....	218
Tabela 27 - Umidade absoluta obtida acima ( $UA^{12}$ ) e abaixo ( $UA^2$ ) do dossel em 2011 e 2012. ....	225
Tabela 28 - Estatística descritiva para a umidade absoluta sazonal nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	228
Tabela 29 - Precipitação mensal obtida no manguezal da Barra do Ribeira em 2011 e 2012, Normal Climatológica (1961 – 1990) para o município de Iguape, desvio absoluto e relativo para os anos de 2011 e 2012 em relação à Normal. ....	232
Tabela 30 - Precipitação (mm) para 2011 e 2012, obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	235
Tabela 31 - Precipitação dividida por classes no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	238
Tabela 32 - Classes de precipitação para as estações outono/inverno e primavera/verão. ....	239
Tabela 33 - Estatística descritiva para os dados de vento obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012. ....	245
Tabela 34 - Rajada máxima do vento classificada de acordo com a Escala de Beaufort – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	248
Tabela 35 - Velocidade média do vento no manguezal, conforme as três primeiras classes de Beaufort. ....	249
Tabela 36 - Direção predominante do vento no manguezal acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	251
Tabela 37 - Direção do vento por estação do ano acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	251
Tabela 38 - Direção do vento para o período diurno (10h às 21h50min) e noturno (22h às 09h50min) no manguezal da – Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrado acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ), em 2011 e 2012. ....	253
Tabela 39 - Valores de radiação solar global e refletida, transmissividade atmosférica (tatm), cobertura do céu e radiação terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	260
Tabela 40 - Teste de hipótese aplicado para a temperatura do ar e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a temperatura do solo em relação à temperatura do ar, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	263
Tabela 41 - Valores de radiação solar de onda curta, radiação terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	268
Tabela 42 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo – manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	272
Tabela 43 - Valores de radiação solar de onda curta, radiações de onda longa terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 31/07 a 04/08/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	276
Tabela 44 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo – manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	279
Tabela 45 - Valores de radiação solar de onda curta, radiação de onda longa terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 20/12 a 26/12/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. ....	281

Tabela 46 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	285
Tabela 47 - Valores de radiação solar de onda curta, radiações terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 29/05/12 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	288
Tabela 48 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	291

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AB	Área basal
$\overline{AB}$	Área basal média
AEP	Atlântico e Leste do Pacífico
AF	Área foliar
$\alpha$	Albedo ou coeficiente de reflexão
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
cm	centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CV	Coeficiente de variação (variabilidade dos dados em relação à média)
$\delta$	Declinação solar
D <sup>2</sup>	Direção do vento abaixo do dossel
D <sup>12</sup>	Direção do vento acima do dossel
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
$\overline{DAP}$	Diâmetro Médio
Dor	Dominância Relativa
DR	Densidade Relativa
E	leste
ea	Tensão atual do vapor d'água
es	Tensão de saturação do vapor d'água
Eo	Fator de correção da excentricidade da órbita da Terra
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United States</i>
FPA	Frente Polar Atlântica
GLA	Gap Light Analyzer
h	hora
H <sub>0</sub>	Hipótese nula
H <sub>1</sub>	Hipótese alternativa
H <sub>2</sub> S	sulfeto de hidrogênio
ha	hectare
I	precipitação interceptada pelo dossel do manguezal e que não chegou ao substrato/solo do manguezal
IAF	Índice de Área Foliar



IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Instituto Florestal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
$I_o$	Irradiância no topo atmosfera
$I_{sc}$	Constante solar, equivalente a $1.367 \text{ W.m}^{-2}$
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
IWP	Oeste do Pacífico e Índico
m	metro
$\text{m}^2$	metro quadrado
$\text{m}^2/\text{ha}$	metro quadrado por hectare
$\text{m}^2/\text{m}^2$	metro quadrado de folha por metro quadrado de terreno (caso expresse IAF)
mb	milibar
min	minuto
$\text{MJ.m}^{-2}$	megajoule por metro quadrado
mm	milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
mPa	Massa Polar Atlântica
N	norte
n	número de espécies
NE	nordeste
$\eta\text{m}$	nanômetro
$n^0$	número
NW	noroeste
$P^2$	Precipitação abaixo do dossel
$P^{12}$	Precipitação acima do dossel
PI	Precipitação interna
PT	Precipitação total
r	Raio
Ratm	Radiação de onda longa atmosférica acima do dossel
RG	Radiação solar global
$\text{RG}^2$	Radiação solar global abaixo do dossel
$\text{RG}^{12}$	Radiação solar global acima do dossel
$\text{Rr}^{12}$	Radiação solar refletida acima do dossel
Rter	Radiação de onda longa terrestre

S	sul
SE	sudeste
SP	São Paulo
SPA	Sistema Polar Atlântico
SPC	Sistema Polar Continental
SR	Saldo de radiação
SROC	Saldo de radiação de onda curta
SROL	Saldo de radiação de onda longa
SW	sudoeste
$\tau$	Transmissividade atmosférica
$T^2$	Temperatura do ar abaixo do dossel
$T^2_{med}$	Temperatura média do ar abaixo do dossel
$T^2_{max}$	Temperatura máxima absoluta do ar abaixo do dossel
$T^{12}$	Temperatura do ar acima do dossel
$T^{12}_{med}$	Temperatura média do ar acima do dossel
$T^{12}_{max}$	Temperatura máxima absoluta do ar acima do dossel
$T^{12}_{min}$	Temperatura mínima absoluta do ar acima do dossel
$\tau_d$	Transmissividade da radiação solar global pelo dossel
$\Phi$	Latitude
$T_s$ e $T_{solo}$	Temperatura do solo
UA	Umidade absoluta do ar
$UA^2$	Umidade absoluta abaixo do dossel
$UA^{12}$	Umidade absoluta acima do dossel
UR	Umidade relativa do ar
UTM	Universal Transversa de Mercator
$V^2$	Velocidade do vento abaixo do dossel
$V^2_{max}$	Rajada máxima do vento abaixo do dossel
$V^2_{med}$	Velocidade média do vento abaixo do dossel
$V^{12}$	Velocidade do vento acima do dossel
$V^{12}_{max}$	Rajada máxima do vento acima do dossel
$V^{12}_{med}$	Velocidade média do vento acima do dossel
W	oeste
$\omega$	Ângulo horário
$\mu m$	micrômetro
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>26</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>28</b>
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
<b>4 HIPÓTESE .....</b>	<b>30</b>
<b>5 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>31</b>
5.1 ASPECTOS FÍSICOS .....	32
5.2 ASPECTOS HUMANOS E ESTADO DE CONSERVAÇÃO .....	37
5.2.1 A influência do Valo Grande .....	44
<b>6 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>48</b>
6.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E AS ESCALAS DE ANÁLISE .....	48
6.2 AS ESCALAS DE ANÁLISES .....	51
6.2.1 Escala da paisagem .....	53
6.2.2 Escala climática .....	56
6.2.3 Níveis hierárquicos dos manguezais .....	66
6.3 CONTROLES CLIMÁTICOS .....	68
6.3.1 Estrutura da vegetação .....	68
6.3.2 Maré .....	72
6.3.3 Sistemas meteorológicos .....	73
6.4 ATRIBUTOS CLIMÁTICOS .....	76
6.4.1 Radiação solar de onda curta .....	76
6.4.2 Radiação solar de onda longa .....	79
6.4.3 Saldo de radiação .....	80
6.4.4 Temperatura do ar .....	81
6.4.5 Umidade do Ar .....	82
6.4.6 Precipitação .....	82
6.4.7 Vento .....	83
<b>7 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS .....</b>	<b>85</b>
7.1 CONTROLES CLIMÁTICOS .....	85
7.1.1 Estrutura da vegetação .....	85
7.1.2 O USO DAS FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS .....	89
7.1.3 MARÉ .....	93
7.1.4 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS .....	93
7.2 ATRIBUTOS CLIMÁTICOS .....	95
7.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	104
7.4 ROTEIRO METODOLÓGICO E PROCEDIMENTAL .....	106

<b>8</b>	<b>SISTEMA MANGUEZAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>108</b>
8.1	ADAPTAÇÃO DA FLORA DO MANGUEZAL .....	113
8.2	A FLORA DO MANGUEZAL NO BRASIL .....	114
8.3	FATORES ABIÓTICOS DETERMINANTES .....	119
8.4	ESTUDOS MICROCLIMÁTICOS DESENVOLVIDOS NOS MANGUEZAIS DO BRASIL .....	135
8.5	FUNÇÕES DOS MANGUEZAIS EM CASO DE EVENTOS EXTREMOS.....	137
8.6	DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DOS MANGUEZAIS .....	143
8.7	DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NA AMÉRICA DO SUL .....	147
8.8	DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO BRASIL .....	149
8.9	DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO .....	152
8.10	DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO SISTEMA COSTEIRO CANANÉIA – IGUAPE.....	153
<b>9</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>160</b>
9.1	CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL .....	160
9.2	FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS .....	168
9.3	RADIAÇÃO SOLAR DE ONDA CURTA.....	174
9.4	RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA (RATM) E TERRESTRE (RTER) .....	185
9.5	SALDO DE RADIAÇÃO.....	190
9.6	TEMPERATURA DO AR .....	198
9.7	TEMPERATURA DO SOLO E TEMPERATURA DO AR ABAIXO DO DOSSEL .....	211
9.8	UMIDADE ABSOLUTA DO AR.....	222
9.9	PRECIPITAÇÃO.....	230
9.10	VELOCIDADE DO VENTO.....	241
9.11	Direção do vento.....	250
9.12	SISTEMAS ATMOSFÉRICOS - DO ZONAL AO MICROCLIMÁTICO .....	256
<b>10</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>292</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>297</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O manguezal é definido como um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. Ocorre em regiões abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado um ambiente transformador de nutrientes em matéria orgânica (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

O Brasil apresenta papel de destaque quanto à área de manguezal. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2007), o Brasil apresenta a terceira maior área de manguezal do mundo. Enquanto para Spalding et al. (2010), o país ocupa a segunda maior área de manguezal, atrás apenas da Indonésia.

Os manguezais estão entre os ecossistemas, biologicamente, mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços exclusivos para as sociedades e os sistemas costeiros (DUKE et al., 2007; GIRI et al., 2010). Esse ambiente ajuda a estabilizar a linha de costa e reduzir o impacto de fenômenos extremos, como em casos de tempestade, furacão e tsunamis (ZHANG et al., 2012; MCLVOR et al., 2012a; KLAUSS et al., 2009; ALONGI, 2008; LACAMBRA et al., 2008).

Para Duke et al. (1998), os fatores que influenciam a estrutura e a função dos manguezais variam em relação às escalas global, regional e local sobre diferentes escalas de tempo. Na escala global, os manguezais são limitados pela temperatura do ar, enquanto em escala regional, a área e a biomassa desse ecossistema podem variar em relação à chuva, marés, ondas e rios. Para Lugo (2002), estudos na zona costeira contribuem para promover a conservação dos manguezais, considerando-se múltiplas escalas temporais.

Estudos apontam o ecossistema manguezal como indicador biológico das variações climáticas globais e do aumento previsto do nível relativo do mar (SNEDAKER et al., 1981; ALONGI, 2002; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2002; CAVANAUGH et al., 2014).

No entanto, apesar da importância desse ecossistema para a zona costeira, os manguezais têm apresentado alterações significativas oriundas da influência da ação antrópica no ambiente (VALIELA et al., 2001; ALONGI, 2002). Para Duke et al. (2007), as áreas de manguezais são cada vez menores e/ou fragmentadas, contribuindo para a perda de seus serviços e benefícios ao longo do tempo. Essas modificações alteram a cobertura vegetal, que por sua vez, influenciam todo o ecossistema ali instalado, inclusive as interações microclimáticas (GALVANI; LIMA, 2010; MEDELLU et al., 2012, LIMA et al., 2013). Diante disso, o microclima pode ser um indicador de que alterações estão ocorrendo na estrutura do manguezal, em sua borda e no interior de seu ecossistema.

## 2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento do bosque de mangue ocorre de acordo com as adaptações de cada espécie presente no ambiente. Essas adaptações envolvem tolerâncias e influências por fatores como maré, níveis de salinidade e condições climáticas (SEMENIUK, 1994; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990). O dossel da floresta de mangue influencia o microclima em seu interior, fornecendo uma área protegida do vento e da radiação solar, que tendem a ser menos intensos dentro do ambiente. No entanto, os efeitos de atributos climáticos, como radiação solar, chuva, evaporação, temperatura do ar, umidade e vento são, muitas vezes, negligenciados nos estudos dos manguezais e, com isso, os processos atmosféricos que operam acima dos manguezais têm sido pouco estudados (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

Para D’Odorico et al. (2013), vários estudos vêm documentando a capacidade da vegetação florestal modificar o microclima, especialmente o regime de temperatura do ar no interior da cobertura. No entanto, a maior parte desta investigação centrou-se em florestas temperadas, boreais e alpes, enquanto manguezais raramente têm sido investigados (KRAUSS et al., 2008), salvo algumas exceções como Medellu et al. (2012), Lima e Galvani (2012) e Lima et al. (2013). Querino et al. (2011) ainda destaca que, apesar da importância do estudo dos manguezais sob vários aspectos da ciência, pouco se conhece a respeito dos processos de trocas de energia dentro e acima do dossel desse tipo de floresta.

A abordagem microclimática, que se refere a uma escala de detalhe, faz-se importante, visto que contribuirá para um melhor conhecimento da interação do clima e da vegetação, bem como de sua variação dentro do manguezal. O objetivo é que o estudo aqui desenvolvido auxilie o entendimento de como as variáveis abióticas se comportam dentro do ecossistema manguezal e de como ocorrem suas relações com a estrutura da

vegetação, contribuindo em futuras recuperações do ambiente. Aliado a isso, o estudo das variáveis microclimáticas pode ainda contribuir para a compreensão da importância dos manguezais em caso de tempestades e eventos extremos em uma escala local. Ademais, o microclima pode contribuir com a identificação de degradação ambiental ou de alterações que estejam ocorrendo na estrutura florestal.

Diante disso, o monitoramento das variações dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade) em bosques de mangue pode fornecer informações sobre as respostas do ecossistema manguezal às ações antrópicas e naturais.

Vale destacar ainda que muitos dos trabalhos que abordam a temperatura do ar como limitante para o manguezal, como o de Quisthoudt et al. (2012), são realizados com dados obtidos na escala regional, mas o local onde estão instalados pode apresentar diferentes climas locais e microclimas, que não são captados pela resolução espacial dos conjuntos de dados regionais. Esses trabalhos, muitas vezes, utilizam-se de dados médios mensais e que apesar de relevante, um organismo está exposto a temperaturas reais muito diferentes, sendo essas temperaturas extremas mais decisivas para explicar a distribuição das plantas.

Blasco (1984) também ressaltou que a maioria dos estudos macroclimáticos é baseada em dados fornecidos por estações meteorológicas e que as observações publicadas de umidade, temperatura, vento, etc., poderão ser diferentes das prevalentes em copas de vários tipos de vegetação. No entanto, as medições locais e microclimáticas ainda são extremamente raras em áreas pantanosas por vários motivos, entre os quais a dificuldade logística.

Assim, bases de dados climáticos específicos para as zonas costeiras e, finalmente, o monitoramento meteorológico nos manguezais são, portanto, fundamentais para aperfeiçoar estudos futuros (QUISTHOUDT et al., 2012).



### 3 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo geral avaliar a relação existente entre os controles (estrutura da vegetação, variação da maré e sistemas atmosféricos) e atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e precipitação) no ambiente manguezal localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar a estrutura da vegetação, a abertura do dossel e o Índice de Área Foliar (IAF) no manguezal;
- ✓ Avaliar as componentes da radiação solar e suas derivadas (radiação solar global e refletida, albedo, radiação atmosférica e terrestre e transmissividade do dossel, saldo de radiação de onda curta e onda longa), acima e abaixo do dossel, identificando sua variação nas escalas diária, mensal, sazonal e anual;
- ✓ Verificar a variação da temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel no manguezal nas escalas diária, mensal, sazonal e anual;
- ✓ Averiguar a influência da maré na temperatura do ar e do solo, durante as fases de marés de sizígia e quadratura;
- ✓ Investigar o papel da estrutura da vegetação na interceptação da precipitação e no total precipitado acima e abaixo do dossel do manguezal, nas escalas diária, mensal, sazonal e anual;

- ✓ Verificar as características do vento (velocidade média, rajada e direção predominante), assim como sua redução abaixo do dossel do manguezal, nas escalas diária, mensal, sazonal e anual;
- ✓ Avaliar a influência da cobertura vegetal do manguezal na variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta, vento, precipitação e radiação solar);
- ✓ Investigar a interação entre os atributos climáticos quantificados acima e abaixo do dossel durante a atuação de diferentes sistemas atmosféricos.

## 4 HIPÓTESE

As interações que se processam a partir do recebimento da radiação solar resultam em ganhos e perdas de energia que condicionam as características térmicas dos ambientes. No caso da interação ocorrer com a presença de vegetação, essa energia é modificada/redistribuída até atingir a superfície do solo. As questões que se colocam são: existe interação entre os atributos (temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar, vento e precipitação) e os controles climáticos (vegetação, variação da maré e sistemas atmosféricos) no manguezal, em escala microclimática? Como ocorre o acoplamento entre as escalas superiores e inferiores do clima e suas repercussões no manguezal?

## 5 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Sistema Costeiro de Cananéia-Iguape, também denominada Planície Costeira Cananéia-Iguape, no litoral sul de São Paulo, na divisa com o estado do Paraná.

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é considerado uma das áreas mais preservadas do Estado de São Paulo, devido à sua extensão e estágio de preservação (ROSS, 2002). Essa afirmação também é corroborada por outros autores, como CETESB (1998), Diegues (2002) e Cunha-Lignon et al. (2009). Para Ross (2002), essa região destaca-se pela complexa biodiversidade e produtividade, rica em espécies aquáticas de elevado valor econômico. Com extensas áreas de manguezais, restingas e Mata Atlântica, o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape também apresenta interferência antrópica, como, por exemplo, o canal do Valo Grande.

De acordo com Ross (2002), apesar do bom estado de preservação do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, há relativa concentração demográfica em áreas pontuais, como Iguape e Cananéia e em faixas lineares de ocupação na Ilha Comprida na linha de costa das praias abertas para o oceano. Essa região faz parte de uma importante área estuarina de grande complexidade biofísica, onde ocorrem os manguezais ao lado das planícies e cordões arenosos marinhos, recortados por planícies fluviais cujos sedimentos marinhos são remodelados pelos rios e acrescidos de outros sedimentos procedentes do interior do continente. Além disso, os terrenos arenosos, aí depositados pelas fases de transgressão/regressão marinha (transgressões Cananéia e Santos), são recobertos por uma densa cobertura vegetal de mata de porte médio, em grande parte preservada, acompanhada de franjas de vegetação de mangue.

## 5.1 ASPECTOS FÍSICOS

Geomorfologicamente, Ross e Moroz (1997) classificaram a área como unidade morfoescultural Planície Costeira. Para esses autores, essa área caracteriza-se por ser um ambiente extremamente frágil e, ao mesmo tempo, muito rico em biodiversidade, destacando-se a ictiofauna e a avifauna. São ambientes de interação entre oceano, lagoas e continente de grande importância para a preservação por caracterizarem-se como áreas de reprodução marinha e suporte de sobrevivência e reprodução para grande número de espécies animais. Os sedimentos arenosos e argilosos que constituem essas áreas são totalmente inconsolidados.

Esses terrenos planos, de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária, onde ocorrem processos de agração/progradação, apresentam altimetria entre 0 e 20 metros e declividades inferiores a 2 %. Na área, destacam-se sedimentos marinhos fluviais arenosos/argilosos inconsolidados, cascalhos e solos do tipo hidromórficos e podzol hidromórfico. Destacam-se ainda na área uma baixa densidade de drenagem, com padrão meandrante e anastomosado de grande complexidade morfológica e de diferentes fisionomias; os terraços e planícies marinhas, gerados por variações do nível do mar; planícies fluviais, constituídas pelos depósitos dos rios e as planícies intertidais, em que constam os manguezais, relacionadas com oscilações dos níveis de maré (ROSS; MOROZ, 1997).

Possuem potencial de fragilidade muito elevado por serem áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações constantes (ROSS; MOROZ, 1997).

No litoral paulista, os manguezais são encontrados na foz e áreas estuarinas, como na Baixada Santista (Rios Cubatão e Mogi), em Bertioga (Rios Itapanhaú, Guaratuba

e Itaguapé), em Iguape (Rios Ribeira de Iguape e Mar Pequeno), em Peruíbe (Rio Una do Prelado), entre outros de menor extensão (ROSS; MOROZ, 1997).

De acordo com Tessler et al. (2006), a configuração da costa paulista permitiu a compartimentação em dois setores distintos, sul e norte. O setor sul, que se estenderia de Ilha Comprida até Praia Grande, caracterizado pela presença de praias extensas, contínuas e retilíneas existentes em grandes planícies costeiras. O setor norte, entre a Ilha de São Sebastião até Ubatuba, caracterizado por uma costa recortada (devido à proximidade da Serra do Mar), com a presença de diversas baías e enseadas e também de praias de pequenas dimensões e orientações. O trecho entre Santos e Ilha de São Sebastião apresenta características de ambos os segmentos, sendo considerada como uma zona de transição entre estes. Os sistemas de drenagem do litoral paulista estão limitados a maior ou menor distância da Serra do Mar, sendo a bacia do Rio Ribeira de Iguape a mais extensa.

Para Ponçano et al. (1999) a costa paulista pode ser dividida em cinco grandes compartimentos: 1) Cananéia a Praia Grande, 2) Santos a Bertioga, 3) Bertioga a Toque-Toque, 4) Toque-Toque a Tabatinga e 5) Tabatinga a Picinguaba. Esta compartimentação foi baseada no estudo de praias e considerou ainda os indicadores de tendências resultantes de deriva litorânea, que representam a somatória de processos sedimentares ao longo de dezenas de anos. Tessler et al. (2006) utilizando-se dessa classificação, subdivide o compartimento Cananéia a Praia Grande, em duas partes: compartimentos Cananéia-Serra do Itatins e Peruíbe a Praia Grande.

Na classificação de Tessler et al. (2006), o compartimento onde está inserido o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é denominado Compartimento Ilha do Cardoso - Serra do Itatins. Esse compartimento inclui também os setores Barra do Ribeira-Maçiço da Juréia e Rio Verde-Barra do Una, que estão situados na Planície Costeira Cananéia-Iguape. Este compartimento engloba ainda a planície do Guaraú que está encaixada na Serra do Itatins.

A configuração geográfica do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é representada por quatro ilhas (do Cardoso, Comprida, Cananéia e Iguape) separadas entre si por

sistemas de canais e rios (canal de Ararapira; baía de Trapandé; Mar de Cubatão; Mar de Cananéia; Mar Pequeno; Valo Grande e Rio Ribeira de Iguape) que se comunicam com o oceano por desembocaduras denominadas, do sul para norte: Ararapira, Cananéia, Icapara e Ribeira de Iguape, sendo esta última a foz do principal rio desta região e mesmo do litoral paulista. Os setores Barra do Ribeira-Maçiço da Juréia e Rio Verde-Barra do Una estão situados a norte da foz do rio Ribeira de Iguape e são separados entre si pelo Maciço da Juréia (TESSLER et al., 2006).

Suguio e Tessler (1992) consideram que são quatro os fatores principais na formação das planícies costeiras no Brasil: fontes de areias, correntes de deriva litorâneas, armadilhas para retenção de sedimentos e as variações dos níveis do mar.

Para Ross (2002), as planícies fluviais do Baixo Ribeira são articuladas morfológica e geneticamente com a Planície Costeira, e ambas estão fortemente relacionadas com a gênese da Depressão Tectônica do Ribeira. Essa planície é caracterizada por uma densa ramificação de planícies fluviais que apresentam diferenciação significativa entre os trechos a montante de Registro, no Rio Ribeira, e nas bacias dos Rios Juquiá e Jacupiranga. Nos trechos mais a montante da cidade de Registro, prevalecem planícies e terraços mais estreitos, constituídos por depósitos preferencialmente argilo-arenosos e cascalhos, prevalecendo o canal principal do rio mais entalhado e com perfil longitudinal com declividade pouco mais acentuada.

Nos trechos a jusante, as planícies são mais largas, originadas principalmente a partir de vales afogados pela sedimentação marinha, com baixo gradiente topográfico, onde as águas encontram grande dificuldade para serem drenadas para o mar. Nesse trecho inferior do Rio Ribeira de Iguape, prevalece uma grande sinuosidade em formas de meandros divagantes e o tempo de permanência das águas de inundações são de maior duração. Nesse setor, as planícies são mais arenosas e mais úmidas apresentando lençol freático muito próximo à superfície (ROSS, 2002).

Segundo Suguio e Tessler (1992), a bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape desempenhou importante função nos processos evolutivos da área durante o Quaternário, sendo um dos poucos rios do Estado de São Paulo, que ainda apresenta influência continental até bem próximo a sua foz, localizada na Barra do Ribeira, no município de Iguape.

A bacia do Rio Ribeira de Iguape, especialmente em seu setor paulista, é caracterizada por um maior índice de penetração de massas polares e passagens frontais do estado, inclusive no verão, sendo o clima dessa região classificado como clima meridional permanentemente úmido, onde a atuação de massas polares se sobressai sobre a atuação das massas tropicais (MONTEIRO, 1973).

Em sua classificação climática, Monteiro (1973) define a área de estudo como Litoral e Planalto Atlântico Sul. O setor mais meridional (IIa), conforme Figura 1, caracteriza-se por uma maior variação da pluviosidade, já que o afastamento da serra de Paranapiacaba da linha de costa faz alternar a baixada do Rio Ribeira de Iguape com os pequenos maciços isolados (Itatins, da Ilha do Cardoso etc.). Enquanto a unidade rítmica é caracterizada pela frequência de passagens frontais, a distribuição quantitativa das chuvas varia de acordo com a topografia. A faixa mais úmida da costa e, sobretudo, da face exposta dos maciços isolados cede lugar a uma faixa menos úmida ao longo do curso do Rio Ribeira, voltando a aumentar na encosta da serra de Paranapiacaba. As variações topográficas possibilitam uma grande multiplicação de climas locais (MONTEIRO, 1973).

Para Monteiro (1973), o litoral sul do estado de São Paulo está sujeito a uma alta participação anual dos sistemas extratropicais (anticiclone e frente polar) e, sobretudo, pela maior atividade frontal gera um clima regional subtropical permanentemente úmido, controlado por massas tropicais e polares marítimas.



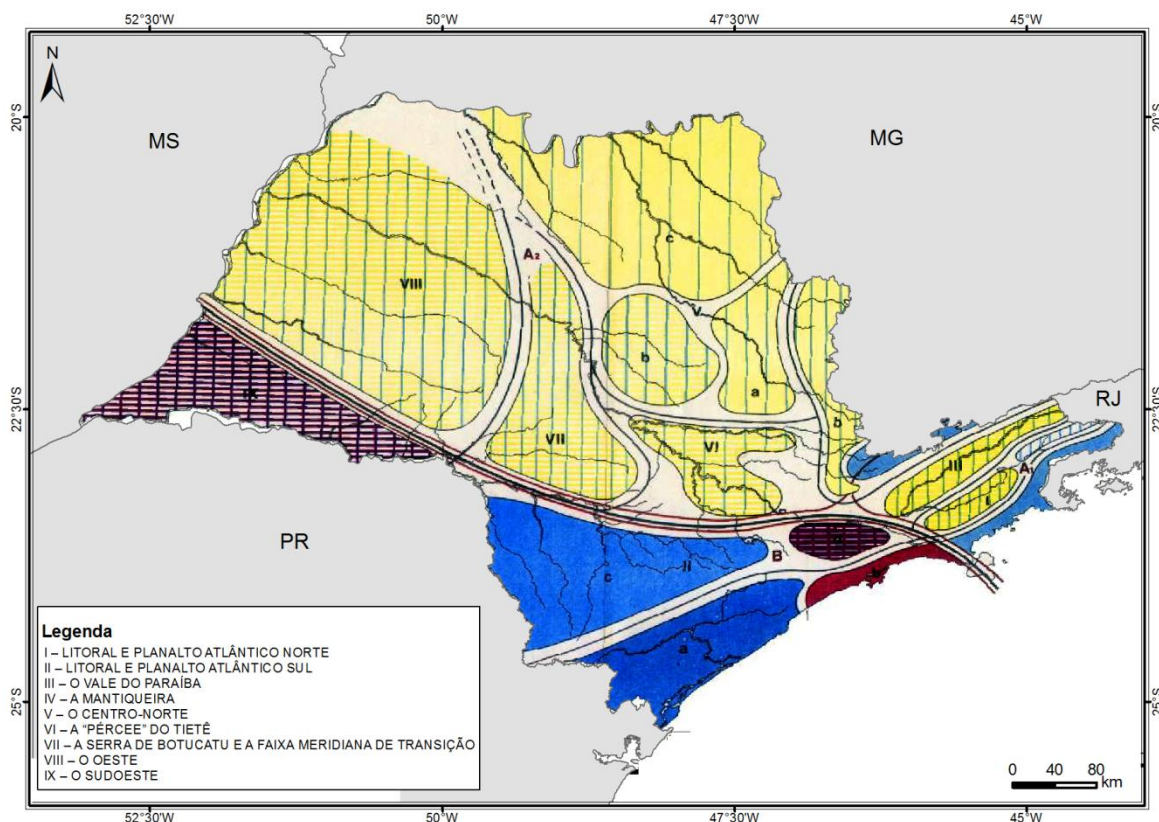


Figura 1 - Classificação climática do Estado de São Paulo proposta por Monteiro (1973).

Para Sant'Anna Neto (1995), o litoral sul de São Paulo é influenciado pelos sistemas extratropicais e tropicais, que compensam uma hipotética diminuição dos totais pluviiais por causa do afastamento da linha serrana. A precipitação anual varia entre 1.800 e 2.500 mm, porém bem distribuída ao longo do ano por se tratar de área localizada sob os domínios do clima subtropical.

Segundo Tarifa (2004), de acordo com os dados obtidos da estação meteorológica de Cananéia, no período de 1956 a 1997, a precipitação média anual da área é de 2.277,8 mm, sendo janeiro (312 mm), fevereiro (318,3 mm) e março (328,9 mm) o trimestre mais chuvoso; enquanto o trimestre menos chuvoso ocorre em junho (112,1 mm), julho (90,5 mm) e agosto (73,7 mm). Devido a sua localização muito próxima do oceano, bem como à trajetória dos sistemas ciclônicos associados às ondulações da frente polar, a área está submetida a intensos totais pluviométricos. A estação quente e chuvosa prolonga-se habitualmente de outubro a abril dentro de um regime

de pressões atmosféricas médias mais baixas, variando entre 1.012,2 mb, em janeiro, e 1.016,3 mb, em outubro, enquanto a estação menos chuvosa (de maio a setembro) ocorre associada a maior frequência de sistemas anticiclônicos polares e tropicais Atlânticos, com pressão variando entre 1.021 mb em julho e 1.018,2 mb em maio. Nesse período, o resfriamento de outono-inverno reduz as médias de temperatura do ar para valores entre 20,2 °C em maio e 17,8 °C em julho.

Durante os meses de outono, inverno e primavera, são frequentes fortes resfriamentos associados ao escoamento de sul dos ciclones extratropicais, quando as mínimas absolutas podem cair a valores inferiores a 10 °C. A radiação solar global apresenta um valor médio anual de 12,38 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, enquanto que janeiro se destaca com a maior média, com 17,02 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> e julho com 8,12 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (TARIFA, 2004).

## 5.2 ASPECTOS HUMANOS E ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído pela Lei Federal nº 7.661/1988 e regulamentado pelo Decreto Federal nº 5.300/2004, a Zona Costeira, considerada pela Constituição patrimônio nacional, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis, abrangendo uma faixa marítima, que se estende por até 12 milhas náuticas (22,2 km), medidas a partir das linhas de base<sup>1</sup>, e uma faixa terrestre, formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na costa.

No Estado de São Paulo, a Zona Costeira apresenta uma área de cerca de 27.000 km<sup>2</sup>, incluindo 36 municípios e abrigando a maior parte da Mata Atlântica existente no Estado. De acordo com Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (Lei Estadual nº 10.019/1998), a zona costeira paulista foi dividida em quatro setores: Litoral Norte,

---

<sup>1</sup> Linhas de base são aquelas estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), a partir das quais se mede a largura do mar territorial.

Baixada Santista, Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia e Vale do Ribeira (Figura 2). Cada um desses setores possui um sistema colegiado de gestão, denominado Grupo Setorial, com participação dos governos estadual, municipal e da sociedade civil, com o objetivo de elaborar o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e o Zoneamento Ecológico-Econômico de cada setor.

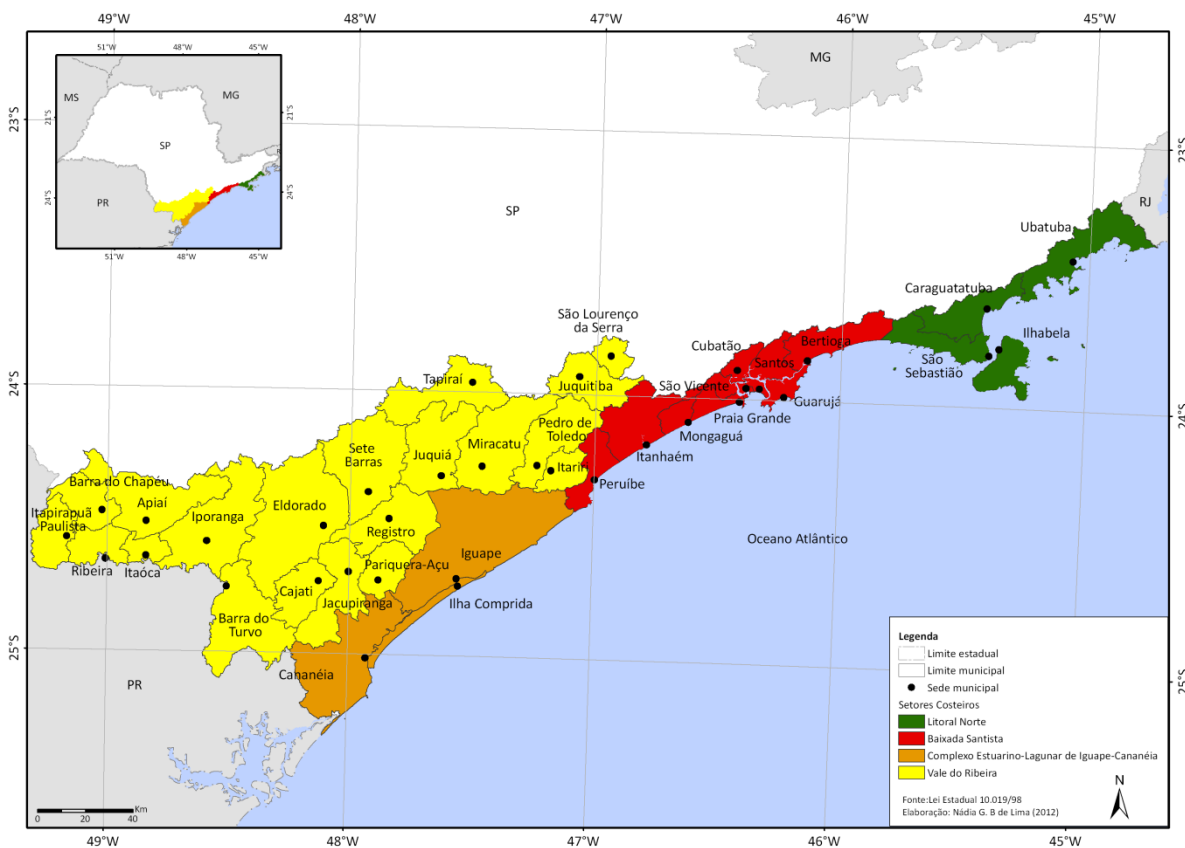


Figura 2 - Setores costeiros no litoral do estado de São Paulo. Fonte: Lei Estadual nº 10.019/1998.

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Iguape localizado no setor costeiro denominado Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia, composto pelos municípios de Iguape, Cananéia e Ilha Comprida (Figura 3). Esta área foi reconhecida pela Unesco como parte da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica pela sua relevância para a conservação do meio ambiente, o conhecimento científico e a preservação de valores humanos e do saber tradicional na busca de modelos de

desenvolvimento sustentável, que atendam da melhor forma possível as necessidades atuais e futuras do homem em consonância com o ambiente e a diversidade biológica (ICMBIO, 2014).

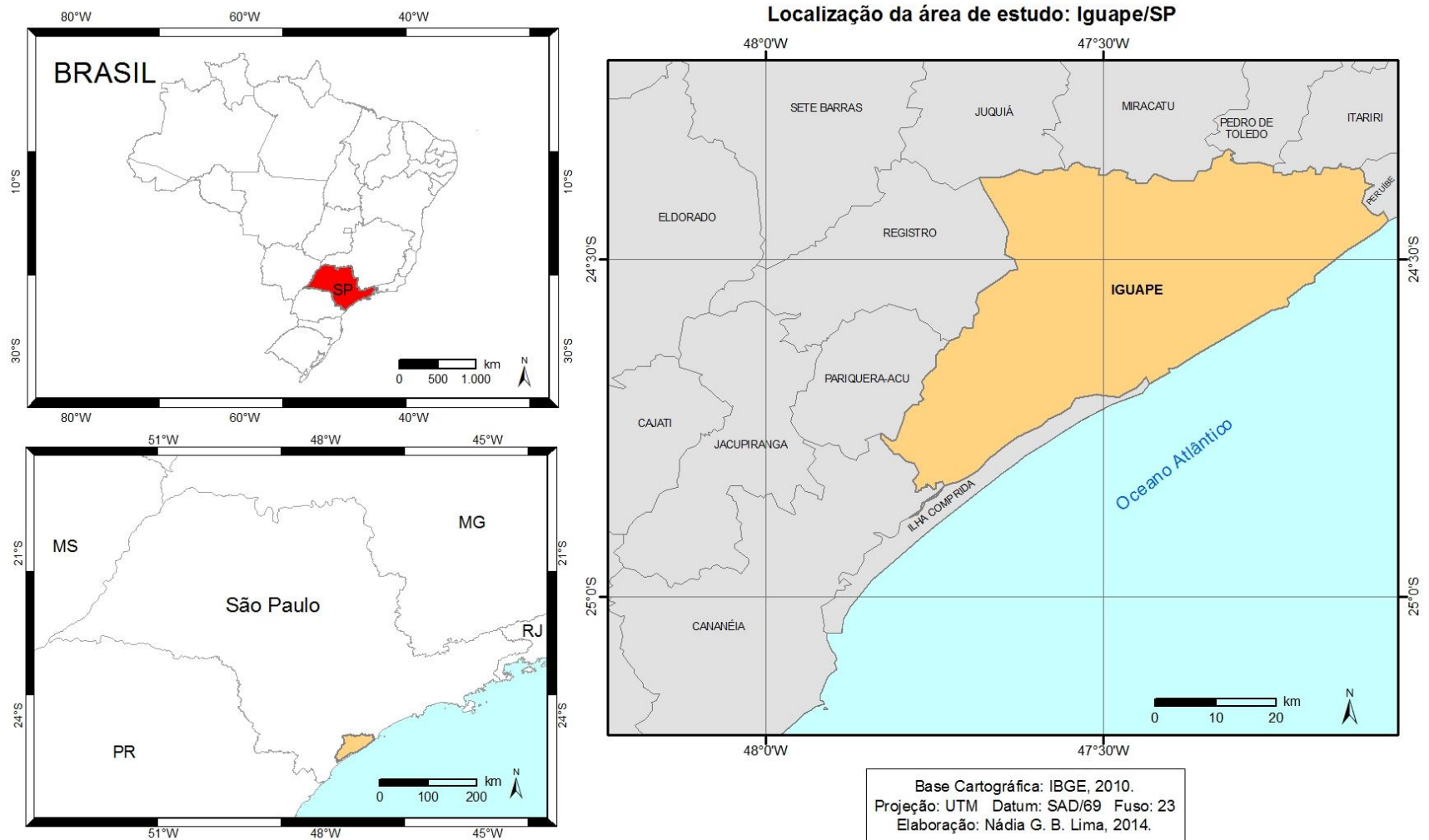


Figura 3 - Localização do município de Iguape – SP.

Esse setor se distingue do restante do litoral paulista por suas feições geomorfológicas, caracterizadas por um complexo fluvio-estuarino e pelas condições de maior isolamento em relação a centros urbanos de polarização regional. Os núcleos de povoamento estão fortemente vinculados ao processo de ocupação, associados às atividades pesqueiras e de escoamento da produção agropecuária. Em Iguape, as atividades agropecuárias são ainda a principal fonte de renda. As sedes municipais têm funções restritas, vinculadas em grande parte a uma economia de subsistência. Em Iguape e Ilha Comprida, é relevante a presença de loteamentos abertos para fins turísticos, em grande parte não ocupados, embora a região tenha potenciais paisagístico e histórico-cultural relevantes (ARCADIS, 2010).

Nessa região também se destaca a delimitação de inúmeras Unidades de Conservação, tanto de proteção integral quanto de uso sustentável, nas esferas estadual e federal. Mais especificamente, a área de instalação da torre microclimática, a Barra do Ribeira – Iguape/SP, faz parte da Área de Proteção Ambiental Federal Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA-CIP), unidade de uso sustentável que abrange todo o território de Ilha Comprida, quase a totalidade do município de Iguape, parte da planície fluvial e a zona litorânea (incluindo morros e o complexo estuarino do Rio Ribeira de Iguape, sobrepondo-se às Unidades de Conservação até o município de Peruíbe).

Destaca-se ainda na área de estudo a Unidade de Proteção Integral Estação Ecológica (EE) Juréia-Itatins, que recentemente teve seus limites alterados por meio da Lei Estadual nº 14.982, de 08 de abril de 2013. Entretanto, em dezembro de 2013, a Procuradoria Geral do Estado promoveu uma Ação Direta de Inconstitucionalidade, tornando inválidos os dispositivos da referida Lei, exceto aqueles que dispunham sobre a incorporação da Estação Ecológica (EE) Banhados de Iguape à EE Juréia-Itatins (Art. 3º) e a criação do Refúgio Estadual de Vida Silvestre das Ilhas do Abrigo e Guaritama (Art. 10).

Além disso, inúmeras outras unidades de conservação destacam-se na região, como a EE Chaúas, o Parque Estadual (PE) Ilha do Cardoso, o PE Lagamar de Cananéia, as Reservas Extrativistas do Mandira, da Ilha do Tumba e do Taquari, a Reserva de

Desenvolvimento Sustentável (RDS) Itapanhapima, a APA Marinha Litoral Sul, a EE Tupiniquins, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Guará e a da Zona de Vida Silvestre da Ilha Comprida, a APA Ilha da Comprida, entre outras categorias.

A Figura 4 apresenta o mosaico de Unidades de Conservação presente ao longo da litoral sul de São Paulo.

INTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS NOS MANGUEZAIS DO LITORAL SUL DE SÃO PAULO E SUA RELAÇÃO COM OS CONTROLES CLIMÁTICOS

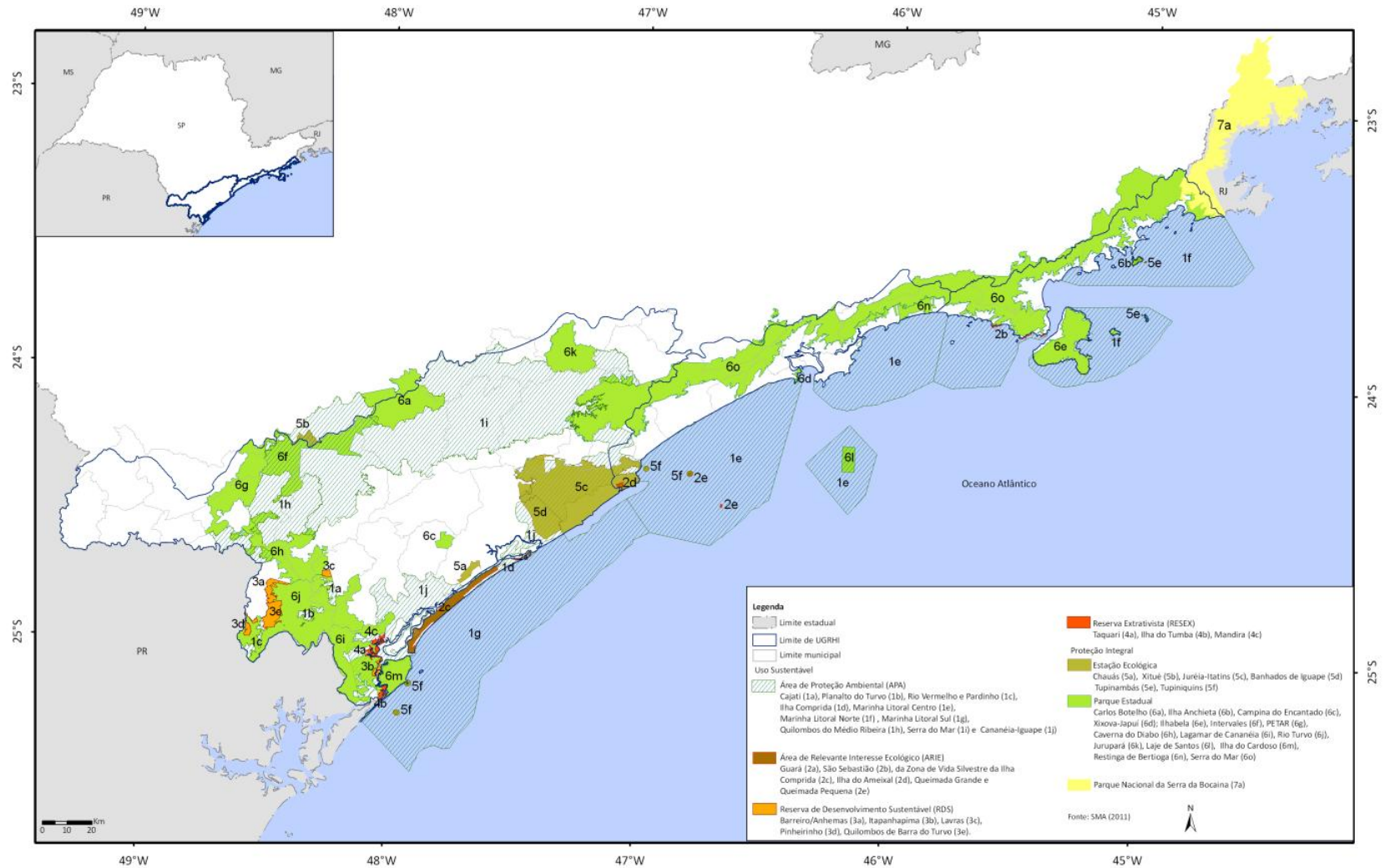


Figura 4 - Unidades de Conservação delimitadas na zona costeira paulista. Fonte: SMA (2011).



### 5.2.1 A influência do Valo Grande

A cidade de Iguape é considerada uma ilha artificial devido à abertura, em 1827, de um canal de ligação entre o denominado Mar Pequeno e o Rio Ribeira de Iguape, que posteriormente recebeu o nome de Valo Grande.

No século XIX, Iguape se constituía em importante porto por onde, a bordo de navios da época (vapores), escoava a maior parte das riquezas produzidas no Vale do Ribeira. As embarcações desciam o Rio Ribeira de Iguape e chegavam ao Porto do Ribeira, em um trecho do rio próximo à cidade de Iguape, onde as mercadorias eram transportadas em carroças até o Porto de Iguape. Outra opção de transporte era por via marítima, na qual as embarcações, saindo pela foz do Rio Ribeira, tinham que enfrentar o mar aberto, com muitas áreas de arrebentação, até atingirem a Barra de Icapara e, finalmente, o Porto de Iguape pelo chamado Mar Pequeno (DAEE, 2011).

Diante dessa situação, visando facilitar o transporte e também reduzir despesas com o custo de transporte, iniciou-se, em agosto de 1827, a abertura de um canal, que ligaria o Rio Ribeira de Iguape até o Porto de Iguape, passando inicialmente uma canoa por vez. De acordo com informações obtidas do DAEE (2011), constava ainda do projeto inicial o prolongamento do canal, que atravessaria a Ilha Comprida até o Oceano Atlântico, porém esse prolongamento não foi executado. A Figura 5 apresenta o projeto inicial do canal do Valo Grande, em que a seta *A* indica o canal que foi aberto e a seta *B*, destaca a proposta de prolongamento do canal na Ilha Comprida.



Figura 5 - Projeto original do Valo Grande (seta A) e seu prolongamento (seta B) até a Ilha Comprida, que não foi executado. Fonte: DAEE (2011).

No entanto, com o passar do tempo, devido a intensos processos erosivos instalados na margem do canal e a força das águas do Rio Ribeira, que começaram a entrar pelo canal aberto, todo esse sedimento começou a ser depositado em frente ao Porto de Iguape o que, aos poucos, foi dificultando a entrada de embarcações.

O Valo Grande tornou-se a passagem preferencial das águas do Rio Ribeira, passando pelo trecho original pequena parte da vazão, que acabou ficando cada vez mais assoreado. Além disso, a entrada da água do Rio Ribeira no Mar Pequeno mudou as condições locais, prejudicando a reprodução e manutenção da vida marinha (CBH-RB, 2008). Ao término de sua construção, o canal apresentava 4,40 m de largura. Entretanto, atualmente, o canal apresenta-se com cerca de 300 m de largura, fazendo com que grande parte da vazão do Rio Ribeira de Iguape escoe por ele.

Em 1978, o Governo do Estado fechou o canal do Valo Grande com a construção de uma “barragem” provisória, com objetivos principais de restabelecer as condições ambientais da região estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia que existia antes da

abertura do canal, de proteger as margens contra constantes erosões e de possibilitar a ligação rodoviária que era impedida pelo Valo Grande. No entanto, grandes inundações nas áreas baixas do Rio Ribeira ocorreram, principalmente, em 1979, 1980 e 1981, quando houve o primeiro galgamento da barragem, fato que se repetiu em mais de uma oportunidade até ocorrer o rompimento da barragem durante a inundação de 1983 (DAEE, 2011).

No período em que permaneceu aberto, aproximadamente mais de um século, o curso do Rio Ribeira teve seu leito assoreado, reduzindo drasticamente sua capacidade de dar vazão às cheias. Além disso, as barras de Icapara e do Ribeira, na prática fundiram-se em uma única, razão pela qual as vazões do Ribeira também adentram o Mar Pequeno (DAEE, 2011).

Atualmente, o canal está aberto por uma soleira vertente e há uma estrutura de concreto armado, esperando a instalação de comportas, sobre a qual passa o tráfego de veículos, servindo de ligação entre a região central do município de Iguape e o Bairro do Rocio, que fica situado na outra margem do Valo Grande (DAEE, 2011), conforme Figura 6. Devido às várias alterações, o canal do Valo Grande tornou-se um dos principais exemplos de interferência antrópica para todo o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape.



Figura 6 - Vista do Valo Grande, Iguape (SP), de sua margem esquerda. Foto: Nádia G. B. Lima (01/09/2012).

## **6 REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico dessa pesquisa tem como embasamento a abordagem sistêmica, apoiada na Teoria Geral do Sistema, refletida nas escalas de análise utilizadas por Bertrand (1971), Monteiro (1976) e Schaeffer-Novelli et al. (2000).

### **6.1 A ABORDAGEM SISTÊMICA E AS ESCALAS DE ANÁLISE**

A Teoria Geral do Sistema (TGS), proposta por Ludwig von Bertalanffy (1976), abriu caminho para um pensamento científico integrador (VALE, 2004). Para Rodriguez e Silva (2013), essa teoria constituiu a base metodológica do que se conhece hoje como pensamento sistêmico. Para Woodworth (1976 apud Bertalanffy, 1976) a abordagem sistêmica seria um modo de pensar acerca dos elementos que compõem um organismo ou fenômeno, movendo-se além das partes componentes para a totalidade, para a consideração de como funcionam as subdivisões, e para um exame das finalidades para as quais o organismo funciona.

De acordo com Bertalanffy (1976), a Teoria Geral do Sistema tem por objetivo identificar as propriedades, princípios e leis características dos sistemas em geral, independentemente do tipo de cada um, da natureza, de seus elementos e de suas relações ou forças. Um sistema se define como um complexo de elementos em interação, de natureza ordenada. Essa teoria é interdisciplinar, isto é, pode ser usada para fenômenos investigados nos diversos segmentos da pesquisa científica (BERTALANFFY, 1976).

Até meados do século XX, a TGS era pouco difundida e propunha que os sistemas podiam ser definidos como conjuntos de elementos com variáveis e características diversas, que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente (GREGORY, 1992).

Quanto aos principais propósitos da TGS, de acordo com Bertalanffy (1973), há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências naturais e sociais. Esta proposta pode ser um importante meio para alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência, desenvolvendo princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais. Esta teoria aproxima-nos da meta da unidade da ciência, o que poderia conduzir a integração muito necessária na educação científica.

Assim, Bertalanffy (1976) esboçou a TGS e descreveu matematicamente várias propriedades sistêmicas (totalidade, soma, crescimento, competência, alometria, mecanização, centralização, finalidade, equifinalidade etc.) derivadas da descrição do sistema mediante equações diferenciadas simultâneas.

Para Vale (2004), os sistemas devem ter suas partes componentes, denominadas unidades ou elementos, as quais devem encontrar-se inter-relacionadas, dependentes umas das outras, por meio de ligações que denunciam os fluxos. Tais unidades ou elementos possuem atributos ou qualidades que as caracterizam, bem como caracterizam os sistemas.

Assim, a visão sistêmica passou a ser o esteio de várias disciplinas científicas. Um dos primeiros ramos científicos a utilizá-la foi a Ecologia, com a proposição do conceito de ecossistemas (GREGORY, 1992). Na Geografia, sua penetração foi muito maior na área de Geografia Física, tendo em vista que sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva acabaram por inibir até mesmo a utilização de suas ideias centrais na Geografia Humana (RODRIGUES, 2001).

Vale (2004) destaca que os sistemas apresentam ainda uma entrada e saída, *input* e *output*, respectivamente. A entrada é composta por aquilo que o sistema recebe, é o alimento dos sistemas, por exemplo, um rio recebe água da precipitação e sedimentos fornecidos pelas vertentes; o planeta recebe energia solar. Assim, cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas.

Essas entradas que o sistema recebe sofrem transformações em seu interior e posteriormente, são enviadas para fora, constituindo a saída ou o *output*, portanto, toda entrada corresponde a um tipo de saída.

Para Vale (2004), quando se decide qual o sistema a ser estudado, definindo os seus elementos e as suas relações, é mais fácil delimitá-lo no tempo e no espaço, diferenciando suas unidades componentes, interligadas pelas relações internas e estabelecer os sistemas ambientais controlantes que atuam sobre o sistema escolhido por meio das relações externas.

Com o intuito de contribuir com o entendimento de sistema, Vale (2004, p. 26) narra a seguinte situação:

Imagine o sistema solar, através da radiação solar enviada para a Terra, em uma escala hierárquica maior que gera, através das diferentes direções e velocidades, portanto agindo no sistema atmosférico, em uma escala hierárquica menor ainda, através da quantidade da precipitação gerada em um dado lugar, que irá favorecer o escoamento, a erosão, o transporte e a sedimentação, que buscará um nível de base para depositar todo o sedimento e nutrientes e que possivelmente encontrará o sistema oceânico. Continuando com o raciocínio, esse dado lugar pode estar entre os trópicos, numa costa abrigada, proporcionando o desenvolvimento do ecossistema manguezal, que possuirá, dentro desta escala hierárquica, quando comparado ao sistema solar, uma dimensão muito pequena. Ainda assim, podem-se individualizar diferentes sistemas dentro do manguezal, tais como o sistema flora, o sistema sedimentológico, o sistema hidrológico, o sistema microtopográfico etc.

Assim, o presente trabalho tem como fio condutor o pensamento sistêmico, que se reflete nas escalas de análises utilizadas ao longo de toda pesquisa. Foram utilizadas três escalas de análises que, apesar de serem apresentadas e formuladas em períodos diferentes pelos seus autores, as mesmas interagem entre si e refletem o pensamento sistêmico. As escalas utilizadas são três categorias taxonômicas. Bertrand (1971) e sua classificação taxonômica das paisagens, onde se destacam seis diferentes unidades de escala (as unidades superiores e inferiores). As escalas climáticas, baseada na proposta de Monteiro (1976), que se utilizou da abordagem sistêmica para elaborar um referencial-teórico para o desenvolvimento do seu Sistema Clima Urbano. E, por fim, a

abordagem da hierarquia dos manguezais, proposta por Schaeffer-Novelli et al. (2000).

## 6.2 AS ESCALAS DE ANÁLISES

Tricart (1972<sup>2</sup> apud MONTEIRO, 1976) considerava estranho o fato de que, sendo uma disciplina de repartições espaciais, a Geografia tenha se preocupado tão pouco com taxonomia. Para Monteiro (1976), o problema de taxonomia deveria ser enfrentado em conjunto pela geomorfologia e climatologia, sem, no entanto, estabelecer limites absolutos a cada uma das unidades morfoclimáticas definidas.

Bertrand (1971) considera que cada disciplina especializada no estudo de um aspecto da paisagem se apoia num sistema de delimitação mais ou menos esquemático formado de unidades homogêneas (ao menos em relação à escala considerada) e hierarquizadas, que se encaixam umas nas outras. Para Bertrand (1971) ainda, a delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação em relação à realidade geográfica. O sistema taxonômico deve permitir classificar as paisagens em função da escala, isto é, situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço.

Em climatologia, os franceses tiveram preocupação com as escalas de definição climática. Para Monteiro (1976), as contribuições de Max Sorre foram extremamente úteis, sobretudo nas relações entre os climas zonais, regionais e locais.

Para Nunes (1998), a escala de abordagem é um dos aspectos mais importantes de uma pesquisa em climatologia, definindo não apenas a área e o período de abrangência, mas também as técnicas e os métodos a serem empregados em busca de seus objetivos.

---

<sup>2</sup> TRICART, J. *La terre Planete Vivante*. Press Univ. de France, Cd. SUP, Paris.



Muitas vezes, dependendo do estudo, é necessário transitar por diferentes escalas de abordagem, e em climatologia isso é fundamental. Nos trabalhos desenvolvidos nessa área, a dificuldade, frequentemente, está na delimitação da escala a ser trabalhada, isto é, em se determinar qual a relação mais adequada entre as dimensões reais e as representadas do objeto em estudo. É necessário definir a escala de trabalho temporal e espacial, que apresentam certa relação entre si. As escalas espaciais variam desde níveis globais (níveis zonais) a microclimáticos.

Ribeiro (1993), antes de propor um sistema taxonômico para o estudo do clima, ressaltou a importância de apresentar os critérios orientadores desse sistema, como disposto a seguir:

[...] a) são consideradas escalas superiores àquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores àquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície terrestre; b) as combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores; c) as combinações de processos físicos interativos numa escala inferior possuem limitada repercussão nas escalas superiores; d) o grau de dependência da radiação solar na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores; e) quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro; f) a extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, o inverso igualmente verdadeiro.

Para Sant'Anna Neto (2013), as escalas do clima não devem ser entendidas apenas como as dimensões espaciais e temporais, nas quais os elementos climáticos se manifestam, mas sim como processos dinâmicos dotados de atributos altamente sensíveis aos ritmos, variações e alterações de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que, de alguma forma, exercem ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático. Incluem-se, aqui, também, as interferências de origem antrópica e socioespacial.

### 6.2.1 Escala da paisagem

Bertrand (1971) apresenta um sistema de classificação para estudos das paisagens que comportam seis níveis têmporo-espaciais: 1) unidades superiores: zonal, domínio e região; 2) unidades inferiores: geossistema, geofácies e geótopo.

A classificação proposta por Bertrand (1971) esta de acordo com as escalas do clima apresentadas por Monteiro (1976) e Ribeiro (1993). Até mesmo porque o próprio Bertrand (1971) já ressaltava que a hierarquia conhecida desde Max Sorre (clima zonal, clima regional, clima local e microclima) fornecia um primeiro ponto de partida para as classificações das paisagens.

Bertrand (1971) baseou-se também na classificação taxônomica dos fatores geomorfológicos proposta por Cailleux e Tricart (1956<sup>3</sup> apud BERTRAND, 1971). Para Monteiro (1976), essa proposta teria sido o primeiro esboço sério de sistematização da taxonomia geomorfológica, havendo nessa proposta uma relação entre as unidades geomorfológicas e as climáticas correspondentes nas diferentes ordens de grandeza.

Para Bertrand (1971), as unidades superiores são definidas como: a) zona, que é reservado aos conjuntos de primeira grandeza, definidos primeiramente pelo seu clima e biomas; b) domínio, conjunto de segunda grandeza; c) região natural, denominadas de terceira e quarta grandeza.

Nas escalas inferiores, Bertrand (1971) definiu três unidades: d) geossistema; e) geofácies e f) geótopo. Esse autor define geossistema como o resultado da combinação local e única de fatores como sistema de declive, clima, rocha, manto de decomposição, hidrologia e de uma dinâmica comum, como a geomorfogênese, pedogênese e mesma degradação antrópica da vegetação. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados (BERTRAND, 1971).

O geossistema seria o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certo(s) tipo(s) de

---

<sup>3</sup> CAILLEUX, A.; TRICART, J. *Le problème de la classification des faits géomorphologiques*. Ann. de Géogr., 1956. 65:162 -186.

exploração biológica. Tal associação expressa a relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo uma dinâmica ao geossistema. Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução (BERTRAND, 1971).

No interior de um geossistema, o geofácies corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Em cada geofácies é possível identificar um potencial ecológico e uma exploração biológica. Nesta escala, é justamente a exploração biológica que, muitas vezes, será determinante para a evolução do potencial ecológico. Por fim, Bertrand definiu o geótopo como sendo o refúgio de biocenoses originais, isto é, a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno. Os geótopos correspondem ao último nível da escala têmporoespacial de Bertrand, apresentando, geralmente, condições diferentes do geossistema e do geofácies em que se encontram. Constituem a menor unidade homogênea diretamente visualizada no terreno, representando o refúgio de biocenoses originais, por vezes relictuais ou endêmicas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A tabela 1 apresenta o resumo da classificação hierárquica das paisagens proposta por Bertrand (1971).

Considerando essa proposta de Bertrand (1971), o estudo aqui apresentado foi desenvolvido tanto nas escalas superiores (principalmente o nível regional, quando se trabalha a influência dos sistemas meteorológicos no sistema manguezal) quanto nas escalas inferiores. Neste último caso, a área de estudo pode ser classificada como geossistema, quando apresenta as características físicas e sócio-econômicas do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, demonstrando assim como geofácies os manguezais que permeiam todo o sistema e como geótopo o bosque de mangue da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 1 - Classificação hierárquica das paisagens proposta por Bertrand (1971).

Unidades da Paisagem	Escala têmporo-espacial G: Grandeza (1)	Relevo (1)	Clima (2)	Unidades Elementares		Unidade trabalhada pelo homem (3)
				Botânica	Biogeográfica	
Zona	G. I		Zonal		Bioma	Zona
Domínio	G. II	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
Região natural	G. III.- IV	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
Geossistema	G. IV - V	Unidade estrutural	Local		Zona equipotencial	
Geofácies	G. VI			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão (pequena ilha em cidade)
Geótopo	G. VII		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

\* As correspondências entre as unidades são muito aproximadas e dadas somente a título de exemplo: 1) Conforme Cailleux e Tricart; 2) Conforme M. Sorre. 3) Conforme Brunet (Bertrand, 1971).

Fonte: Bertrand (1971, p. 12).

### 6.2.2 Escala climática

Ainda, considerando a escala de análise, utilizou-se também da fundamentação teórica elaborada por Monteiro (1976), que a partir da abordagem sistêmica propôs um referencial teórico que subsidiou o desenvolvimento do denominado Sistema Clima Urbano. Monteiro (1976) sintetizou em um quadro o relacionamento das unidades climáticas e suas ordens de grandezas, conforme exposto na tabela 2.

Monteiro (1976) destaca que para as escalas superiores não houve problema quanto à classificação, já que não havia dúvidas sobre o conceito de zonal e regional, mas destaca que é necessário incluir nessa unidade o sub-regional. Monteiro (1976) ainda destaca que a sua proposta limitava-se a elucidar dois pontos: a) o escalonamento das unidades entre si (o que está contido dentro do quê); b) a possibilidade de relacionar, também de modo escalonado, as unidades de urbanização desde habitação até a região urbana.

O clima em escala global é também denominado de macroclima ou de clima zonal. Nessa escala espacial há influência direta de fatores astronômicos como, por exemplo, a posição relativa Terra-Sol, que influencia a variação da distribuição da radiação solar no planeta e, também, de fatores geográficos mais abrangentes como a latitude, a altitude, a continentalidade/maritimidade. Para Cuadrat e Pita (2011), essa escala climática representa as grandes áreas geográficas, de milhões de km<sup>2</sup> de superfície, controladas pela circulação geral da atmosfera, podendo ser o clima de um continente ou até mesmo de todo o planeta.

Tabela 2 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”, proposta elaborada por Monteiro (1976).

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográficas	Espaços climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	10 <sup>6</sup> (milhões de km)	1: 45.000.000 1: 10.000.000	Zonal	—	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10 <sup>4</sup> (milhões de km)	1: 5.000.000 1: 2.000.000	Regional	—	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	10 <sup>2</sup> (centenas de km)	1: 1.000.000 1: 500.000	Sub-regional	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	10 (dezenas de km)	1: 250.000 1: 100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geoecológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 <sup>-2</sup> (centenas de km)	1: 50.000 1: 25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	
—	Dezenas de metros	1: 10.000 1: 5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	Especiais
—	Metros	1: 2.000	Microclima	Grande edificação Habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro (1976).

A escala espacial a ser cartografada refere-se a uma escala pequena da ordem de 1: 45.000.000 a 1: 10.000.000 (MONTEIRO, 1976). Para Ribeiro (1993), a representação cartográfica deve contemplar o tratamento dos registros mencionados, como os atlas planisféricos, por meio de cartas de ventos em diferentes cortes isobáricos, cartas de campos de pressão a superfície e cartogramas representativos dos parâmetros hídricos e energéticos, sempre no sentido da compreensão da circulação geral da atmosfera e fenômenos correlatos. Os registros necessários à compreensão dos climas na escala zonal devem ser obtidos em nível de normal climatológica<sup>4</sup>, com períodos de 30 anos de observações, principalmente aquelas que dizem respeito aos parâmetros relacionados à circulação geral da atmosfera (pressão e ventos), às precipitações (chuva e neve) e à energia (radiação e temperatura), de acordo com Ribeiro (1993).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) definiram macroclima como a maior das unidades climáticas, compreendendo áreas muito extensas da superfície da Terra. Sua abrangência estaria relacionada desde o Planeta (clima global), passando por faixas ou zonas (clima zonal), até extensas regiões (clima regional).

Em uma hierarquização, a próxima escala espacial abordada por Monteiro (1976) refere-se à escala regional, abrangendo áreas de extensas regiões. Nessa abordagem os controles climáticos influenciadores do clima resultam da circulação atmosférica presente na área estudada, bem como das massas de ar e as barreiras orográficas.

Para Ribeiro (1993), a definição do clima regional no interior de um clima zonal deve-se à ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por um conjunto de fatores de superfície, como a distribuição entre as áreas continentais

---

<sup>4</sup> A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normal Climatológica como sendo os valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas e padrões climatológicos normais como "médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos. No caso de estações para as quais a mais recente Normal Climatológica não esteja disponível, seja porque a estação não esteve em operação durante o período de 30 anos ou por outra razão qualquer, Normais Provisórias podem ser calculadas. Normais Provisórias são médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos (INMET, 2013).

e oceânicas, forma dos continentes, correntes marítimas, rugosidade dos continentes e continentalidade/maritimidade.

Com a escala espacial são delimitadas as escalas intermediárias entre 1: 5.000.000 e 1: 2.000.000 (MONTEIRO, 1976) e escala temporal correspondente nessa escala varia de 5 a 10 anos, em grandezas mensais e anuais. A análise de cartas sinóticas nas escalas hemisféricas e continentais e de imagens de satélites meteorológicos apoiados nos registros obtidos em estações climatológicas de superfície, contribui para a compreensão dos climas regionais, através da metodologia proposta por Monteiro (1969 e 1971). As dificuldades para a análise sinótica sugerem a adoção de séries com duração inferior a Normal Climatológica, no sentido da compreensão do ritmo da variação anual, sazonal e mensal dos elementos climáticos associados à circulação na escala regional.

Cuadrat e Pita (2011) denomina o clima regional como mesoclima, que constitui uma face do clima zonal, de dimensões variando entre 200 e 2.000 km. No entanto, para Monteiro (1976) o termo mesoclima só irá aparecer quando se referir às classes mais inferiores do clima, hierarquicamente inferior ao clima local.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o mesoclima é a unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima, dividindo-o em clima regional, local e topoclima. O clima regional, por essa característica, é uma subunidade de transição entre a ordem superior e esta. O clima local seria definido por aspectos específicos de determinados locais, como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta etc., enquanto o topoclima seria definido pelo relevo; ambos, entretanto, estão inseridos no clima regional. A extensão espacial do mesoclima é bastante variável, sendo mais definidas as subunidades clima local e topoclima, que se enquadram de km<sup>2</sup> a dezenas de km<sup>2</sup>, enquanto o clima regional situa-se em dimensões superiores a esta. Mas é o dinamismo do movimento da atmosfera por meio dos sistemas atmosféricos, notadamente a circulação secundária ou regional, que irá definir as dimensões das subunidades do mesoclima. Os fluxos energéticos estabelecidos pelas diferentes superfícies locais e a configuração topográfica definem a ordem de grandeza do clima local e do topoclima.



Para Ribeiro (1993), o clima regional pode apresentar significativas variações em seu interior devido à ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no transporte de massa da circulação regional, diferenciando subsistemas de circulação secundária, resultando no mesoclima ou no clima local.

O clima local tem suas características definidas por certo grau de homogeneidade como, por exemplo, uma área metropolitana, uma área rural ou um maciço florestal. É nessa escala que está inserida a análise de Clima Urbano, propostas por Monteiro (1976). Para Cuadrat e Pita (2011), o clima local é a unidade em que as características meteorológicas estão mais ligadas às condições locais, como por exemplo, uma cidade, um bosque ou um vale.

A escala espacial nessa unidade refere-se às escalas médias e grandes, entre 1: 250.000 e 1: 100.000 (MONTEIRO, 1976). Para o estudo nessa unidade escalar, geralmente, são usados dados diários e horários obtidos por meio de equipamentos instalados ao longo da área analisada. A partir dessa escala a ação antrópica é facilmente percebida e os dados da estação meteorológica oficial constituem fonte fundamental para seu entendimento.

Para Monteiro (1976), após a classificação do clima local, em uma hierarquização inferior estaria o denominado mesoclima, com escala cartográfica de 1: 50.000 e 1: 25.000. Nessa escala, Monteiro (1976) também associa a análise de clima urbano, mas limitada ao estudo de uma cidade grande, um bairro ou subúrbio de uma metrópole.

Hierarquicamente, após a escala mesoclimática, Monteiro (1976) destaca a escala topoclimática, trabalhada agora em um nível cartográfico de detalhe. De acordo com Ribeiro (1993), o termo topoclimatologia foi introduzido por Thorntwaite em 1953, no sentido de ampliar a significância do gradiente horizontal da variação dos elementos climáticos, uma vez que as pesquisas a respeito da variação da temperatura do ar, da umidade e dos ventos com a altitude já estavam em adiantado estado de desenvolvimento, visando a solução dos mecanismos de transferência de calor, umidade e *momentum* na interação terra-ar.

Nessa escala busca-se o entendimento das relações existentes entre os atributos climáticos e as características topográficas a partir dos dados registrados e armazenados nos equipamentos instalados ao longo da área de estudo. O topoclima corresponde a uma derivação do clima local devida à rugosidade do terreno, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno (RIBEIRO, 1993).

A escala espacial trabalhada é definida como grande, variando de 1: 10.000 a 1: 5.000 (MONTEIRO, 1976). Assim, como na escala local, na escala topoclimática são obtidos dados diários e horários, por meio de equipamentos instalados ao longo da área analisada.

A próxima escala abordada é a microclimática, considerada a de maior detalhe de acordo com a proposta de Monteiro (1976), e, portanto, a de maior aproximação da superfície terrestre. É influenciada pelo tipo de cobertura do terreno como, por exemplo, vegetação alta ou baixa, presença de *mulching* sobre o solo, vegetação densa ou rala, presença de extensos corpos de água e solo desnudo, que condiciona um microclima diferente e especial. Essa escala tem apresentado cada vez mais estudos desenvolvidos, principalmente, devido à atenção dada hoje em dia aos estudos ambientais, com análises mais detalhadas.

De acordo com Geiger (1950), o início da microclimatologia se deu por volta de 1893, quando Theodor Homén, na Finlândia, efetuou medidas comparativas do balanço térmico em diferentes tipos de solo. No entanto, o botânico alemão Gregor Kraus, em 1911, publicou o livro “Solo e clima nos espaços mais ínfimos”, e é apontado como pai da microclimatologia. A microclimatologia nos seus fundamentos e aplicações práticas seria depois desenvolvida por Wilhem Schimidt (1883-1936), em Viena, e por August Schmaub (1877-1954), em Munique.

De acordo com Ribeiro (1993), os autores que tratam, direta ou indiretamente, da taxonomia climática, são unânimes em reconhecer a existência dos microclimas como o nível escalar mais próximo dos indivíduos. Entretanto, existe muita controvérsia a respeito dos seus limites. O próprio Monteiro (1976) afirmou que microclima seria o termo sobre o qual recai a maior variedade e imprecisão de

usos. Para Barry e Chorley (2013) o limite superior do microclima estaria em torno de 100 m.

Geiger (1961) definiu a microclimatologia como sendo o estudo da camada de ar junto do solo e inferior a altura convencionada de 2 m. Segundo Monteiro (1976), o próprio Geiger, mais adiante, flexionaria um pouco a rigidez do limite traçado, considerando-o apenas um referencial necessário à prática agrícola. Para Geiger (1961, p. 5), nessa camada estariam localizadas, na maioria das vezes, as condições essencialmente mais diversas:

Quanto mais nos aproximamos da superfície do solo, tanto maior é o atrito e por isso tanto menor é a velocidade do vento, e conseqüentemente, também a mistura do ar que permitiria compensar a diferença em pequenos espaços. Ora a superfície do solo, que absorve a luz do Sol e irradia calor, é umas vezes fonte quente, outra fonte fria em água – que pela evaporação chega a atmosfera, fonte de poeira e de gases que se desprendem do solo. As circunstâncias particulares que resultam daí para as camadas de ar junto do solo são de grande interesse, porque são estas as condições dominantes na camada limite entre o solo e a atmosfera, sem o conhecimento das quais não se compreendem os fenômenos da atmosfera. Ora nestas camadas de ar junto do solo vivem também as plantas e os animais a sofrerem a sua influência.

Segundo Geiger (1961), na proximidade do solo existem inúmeras diferenças entre todos os elementos meteorológicos, surgindo também diferenças horizontais em pequenas áreas, causadas pelas diversas características do solo e pelo tipo e altura da vegetação que o cobre. “Resumindo chama-se a todos esses climas de áreas muito reduzidas, microclima, por contraposição ao macroclima” (GEIGER, 1950, p. 6).

A escala espacial para abordagem no microclima refere-se a escalas grandes que variam de 1: 2.000 a 1: 500. A maior dificuldade em se trabalhar nessa escala está na aquisição de equipamentos, pois os mesmos apresentam elevados custos e necessitam de recursos para sua adequada manutenção.

Para Stoutjesdijk e Barkman (1992), o microclima refere-se à interação que ocorre entre a superfície e os demais elementos climáticos, ocorrendo de forma mais intensa nos 2 m mais inferiores da atmosfera e a 0,5 a 1 m no interior do solo,

com a vegetação exercendo uma considerável influência nessa escala microclima.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o microclima refere-se a menor e a mais imprecisa unidade escalar climática; sua extensão pode ir de alguns centímetros a até algumas dezenas de m<sup>2</sup>, tendo autores que consideram até centenas de m<sup>2</sup>. Os fatores que definem essa unidade dizem respeito ao movimento turbulento do ar na superfície (circulação terciária), a determinados obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e da ocupação do solo, entre outros.

Para Tarifa (2002) nessa escala de trabalho é necessário considerar que os fluxos e insumos de energia de macroescala (astronômicos, planetários e regionais) são permanentemente utilizados, dissipados e transformados pelas diferentes formas de vida (biológica, humana e social) e de apropriação e produção do espaço, e que os controles mesoclimáticos, topoclimáticos e microclimáticos redefinem as ofertas, disponibilidades e ritmos nos lugares onde o ser humano vive.

Do ponto de vista das escalas climáticas, ao longo da literatura, é possível identificar diferentes tentativas de sistematizar uma classificação taxonômica. Dependendo da literatura adotada há divergências quanto aos nomes e divisões escalares para os estudos do clima. Há quem considere apenas as escalas macroclimáticas, que se referem aos fenômenos em escala global e regional; mesoclimática, que refere-se a escala local e microclimática, que é função do tipo de cobertura do terreno. A Figura 7 apresenta uma ilustração das diferentes escalas climáticas e os fenômenos a eles associados, proposto por Hupfer (1996<sup>5</sup> apud FOKEN, 2008). É possível observar que o microclima está associado principalmente com processos na camada de superfície, por exemplo, energia e troca de matéria, processos de radiação solar perto da superfície do solo, os efeitos da superfície subjacente etc.

---

<sup>5</sup> HUPFER, P. 1996. *Unsere Umwelt: Das Klima*. B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig. 335 p.

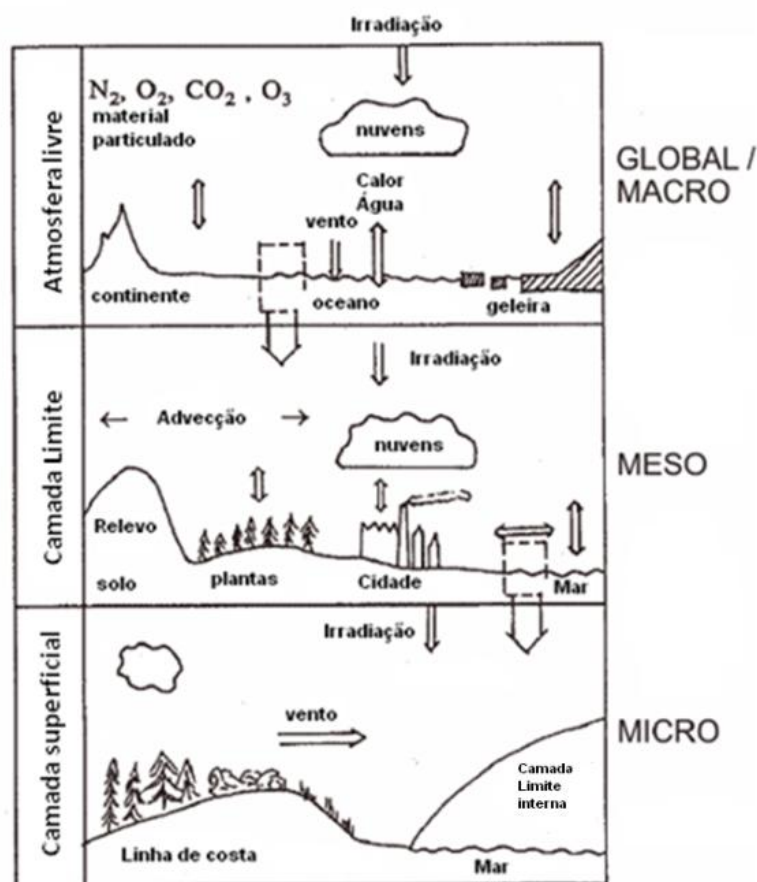


Figura 7 - Sistema climático na escala macro, meso e micro (Hupfer, 1996<sup>6</sup> apud Foken, 2008).

Para Cuadrat e Pita (2011), na análise climática é possível diferenciar quatro escalas climáticas: macroclimática, mesoclimática, clima local e microclimática, sendo que cada uma delas tem características próprias e permitem diferentes níveis de generalização. A Figura 8 apresenta a ilustração esquemática das escalas propostas por Cuadrat e Pita (2011).

A figura 9 apresenta ilustração usada por Serafini-Junior et al. (2012), visando exemplificar a hierarquização e relação entre as diferentes escalas climáticas.

<sup>6</sup> HUPFER, P (1996) *Unsere Umwelt: Das Klima*. B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, 335 pp.

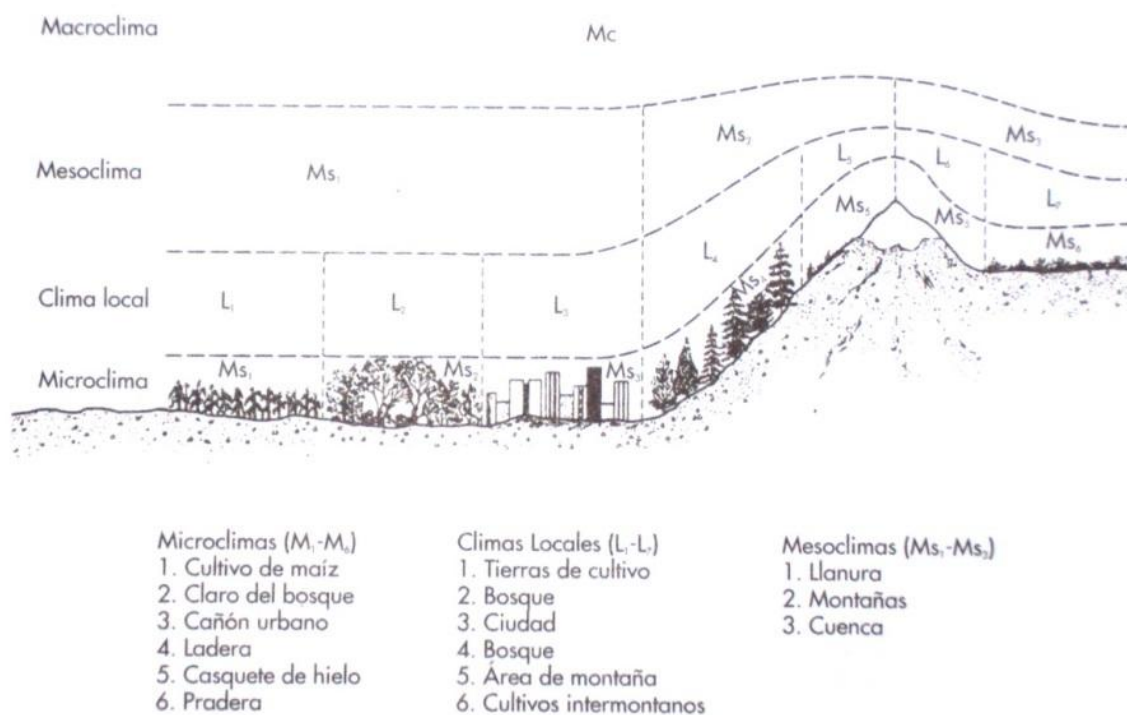


Figura 8 - Esquema representativo das escalas climáticas propostas por Cuadrat e Pita (2011).

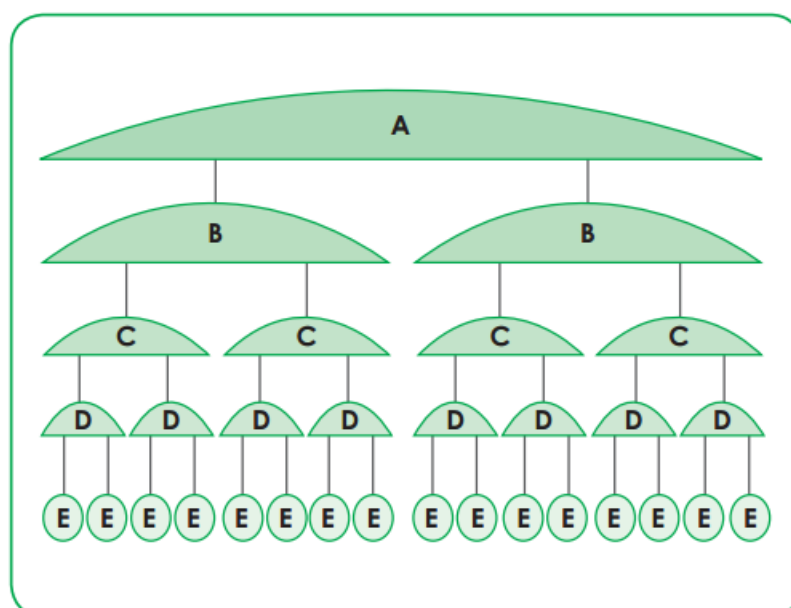


Figura 9 - Organização hierárquica das escalas climatológicas Zonal (A), Regional (B), Local (C), Topoclimática (D) e Microclimática (E). Fonte: Serafini Junior et al. (2012).

### 6.2.3 Níveis hierárquicos dos manguezais

A terceira escala de análise utilizada refere-se à proposta de Schaeffer-Novelli et al. (2000) que propõe uma hierarquização do ecossistema manguezal, com o intuito de organizar o entendimento da distribuição de energia no ecossistema. Cada uma das unidades de dissipação de energia deve ser relacionada a um elemento da paisagem (ou uma unidade geográfica), dimensionados nas escalas espacial e temporal, de modo que o fluxo de energia através de seus limites seja minimizado. Assim, foram propostas as seguintes escalas de abordagens:

*Large Marine Ecosystems (Grandes Ecossistemas Marinhos)*: equivalentes às regiões biogeográficas em oceanos e áreas costeiras.

*Coastal Domain (Domínio Costeiro)*: os segmentos ou domínios costeiros ocupam entre 500 a 1.000 km da costa, correspondendo, no Brasil, aos oito segmentos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (1990), onde os critérios utilizados foram os elementos oceanográficos, climáticos e continentais.

*Setting* (séries geomorfológicas): termo proposto por Thom (1984), representa extensões de 10 a 100 km, estando submetidas às variações geomorfológicas, apresentando respostas erosivas e deposicionais.

*Stand* (Padrões): compreende o bosque de 0,1 a 100 ha, correspondendo ao conjunto de unidades do primeiro nível organizacional. Essa unidade trata-se de um grupo de árvores e elementos funcionais associados, ocupando um relevo influenciado por uma força estruturante particular ou por regimes de perturbação.

*Site (Patch - indivíduos)*: considerado o nível básico dessa hierarquia, consiste na árvore, correspondendo à unidade da cobertura vegetal, ocupando entre 0,01 e 0,1 ha de área. O processo dominante nessa escala é a forte competição entre árvores pelo espaço, luz, nutrientes e água.

A figura 10 apresenta os níveis hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para os manguezais.

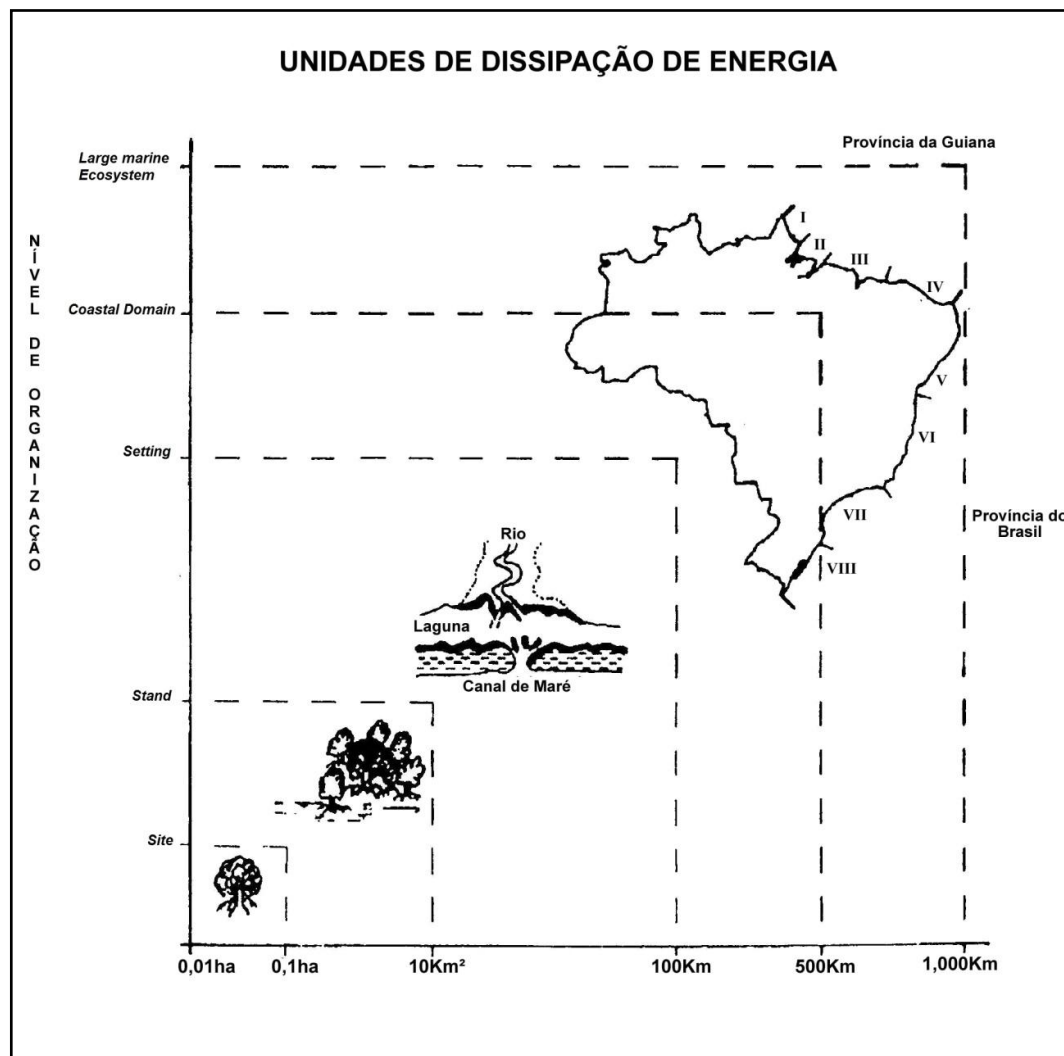


Figura 10 - Unidades de dissipação de energia para o sistema manguezal. Fonte: Schaeffer-Novelli (não publicado apud VALE, 2004, p. 49).

Essas três propostas utilizadas, por apresentarem em suas bases a abordagem sistêmica podem ser relacionadas, conforme proposta da tabela 3, apresentada para as escalas inferiores.

Tabela 3 - Síntese das escalas de análise utilizadas na presente pesquisa.

Área de Estudo	Bertrand (1971)	Monteiro (1976)	Schaeffer-Novelli et al. (2000)
Sistema Costeiro Cananéia-Iguape	Geossistema	Clima Local	Setting
Manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP	Geofácies	Microclima	Stand
Bosque de mangue	Geótopo	Microclima	Site



### **6.3 CONTROLES CLIMÁTICOS**

Os controles climáticos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera de um dado local. Os mais comumente utilizados para caracterizar a atmosfera são a temperatura do ar, a umidade do ar e a pressão atmosférica, que influenciados pela diversidade geográfica, manifestam-se por meio de precipitação, vento, nebulosidade, entre outros. A elevada variação espacial e temporal da manifestação dos elementos climáticos deve-se a ação de controles climáticos, também conhecidos como fatores do clima. Nessa presente pesquisa os atributos climáticos trabalhados foram: temperatura do ar, umidade absoluta do ar, precipitação, radiação solar e vento. Enquanto os controles climáticos referem-se à estrutura da vegetação, à variação da maré e à circulação atmosférica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

#### **6.3.1 Estrutura da vegetação**

A estrutura vertical de uma floresta, que depende da composição das espécies, das associações ecológicas e da idade da vegetação, determina seu microclima. A influência climática de uma floresta pode ser explicada em termos de sua geometria, que inclui características morfológicas, porte, cobertura, idade e estratificação. As características morfológicas incluem a quantidade de ramificações, a periodicidade do crescimento (perene ou decídua), junto com o porte, a densidade, idade e a textura das folhas. A cobertura do dossel determina a obstrução física para as trocas de radiação e escoamento do ar (BARRY; CHORLEY, 2013). Para Barry e Chorley (2013), é adequado descrever os efeitos climáticos das áreas de florestas em termos da modificação que causam nas transferências de energia, no escoamento do ar, na umidade e na temperatura do ar.

A cobertura promovida pelo dossel controla a quantidade, qualidade e distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, refletindo posteriormente em níveis diferenciados de umidade, temperatura e condições de umidade do solo, além de promover a interceptação das chuvas, reduzindo o impacto direto sobre o solo, alterando, portanto, as condições microclimáticas do ambiente. A quantidade e a forma de orientação da vegetação em um determinado ambiente determinam a densidade de uma cobertura e constituem os fatores primários não só no regime de radiação como também nas trocas gasosas e energéticas entre o meio vegetal e a atmosfera (MARQUES FILHO, 1997). Dessa forma, a cobertura é um dos determinantes do "micro-habitat" de uma floresta, influenciando o crescimento e sobrevivência de plântulas, o processos de oxidação da matéria orgânica, a composição florística e controlando processos erosivos (MELO et al., 2007), portanto a cobertura atua diretamente nas condições microclimáticas do ambiente.

Assim, a caracterização da cobertura vegetal, em sua estrutura e distribuição espacial, representa o ponto inicial para estudos de fenômenos físicos e fisiológicos que ocorrem em seu interior. Uma forma de analisar a estrutura da vegetação, refere-se ao denominado Índice de Área Foliar (IAF) definido por Watson (1974) como a área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo ( $m^2/m^2$ ), computado ao considerar a superfície de apenas uma das faces das folhas. Esse índice é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições químicas, físicas e biológicas do solo; às condições do microclima; as condições bióticas como herbivoria, competição e as interdependências desses fatores nos diferentes estágios sucessionais da vegetação (WANDELLI; MARQUES FILHO, 1999).

Existem duas categorias de técnicas para estimar o IAF e conseqüentemente analisar o regime de luminosidade dentro de uma cobertura vegetal: as técnicas diretas e indiretas.

As técnicas diretas, geralmente, são destrutivas e demoradas, o que implica na colheita das folhas ou de biomassa, de difícil obtenção e execução, principalmente em cobertura vegetal arbórea. Ou ainda, a avaliação quantitativa do regime de luz em ambiente de floresta por medição direta, que demanda

tempo e dinheiro, devido à considerável variação espacial e temporal desse fator ambiental (JARČUŠKA, 2008).

Schaeffer-Novelli (1986) destaca que no manguezal uma das técnicas utilizadas para obtenção do IAF é o método da prumada. Neste método utiliza-se uma linha (um fio de nylon) com um prumo na extremidade, suspenso de forma a atravessar a copa perpendicularmente. O número de folhas que toca o fio é registrado e este número corresponde ao IAF. Para bosques com até 10 m de altura pode ser utilizada uma vara telescópica para sustentar o fio. Em bosques muito altos é difícil este tipo de medida devido a ação do vento. As medidas são feitas em pontos ao acaso, repetindo-se cinco vezes ou mais em cada ponto. Desta forma, podem ser feitos 50 ou mais pontos em um único dia. Há ainda o método do delimitador. Nesse método é empregado um delimitador, que é uma moldura quadrada, geralmente de 1 m x 1 m de área, construído de madeira ou de tubo de PVC. A área foliar é estimada decalcando-se as folhas sobre o papel, recortando-o e pesando-o. Com a multiplicação do peso do papel e a área do papel recortado, estima-se a área das folhas delimitadas.

Dada elevada dificuldade de obtenção em campo do IAF, foram desenvolvidas técnicas indiretas que visam determinar o IAF e a quantidade de radiação solar, com base na avaliação da estrutura do dossel. A fotografia hemisférica é uma técnica utilizada para mapear o tamanho, a magnitude e a distribuição da abertura do dossel em relação ao local em que a fotografia foi obtida (JELASKA et al., 2006). Dessa forma, a fotografia hemisférica é utilizada para determinar a geometria e a posição da abertura de dossel, a passagem da radiação solar em períodos sazonais, e subsequentemente, para calcular indiretamente vários parâmetros de luminosidade abaixo do dossel, permitindo inferir sobre as propriedades do dossel (ROXBURGH; KELLY, 1995).

A primeira lente hemisférica foi fabricada por HILL, em 1924, com o objetivo de estudar a nebulosidade. Ecologistas florestais começaram a usar a técnica cerca de 35 anos mais tarde (JELASKA et al., 2006). Muito da fundamentação teórica da fotografia hemisférica foi desenvolvido por Anderson et al., (1964, 1974), em grande parte utilizando análise manual de fotografia. Desde então, tem se analisado o uso computacional para as fotografias hemisféricas, aliadas as técnicas de mensuração da luz no ambiente (TONELI, 2007).

Algumas das limitações destes métodos são esclarecidas por Weiss et al. (2003): a demasiada simplificação da forma da folha e a dificuldade de ajustar a variação dos ângulos entre folhas, galhos e frutos em relação à radiação incidente levam a uma perda na precisão comparados as técnicas diretas. Por outro lado, todas as técnicas diretas de mensuração são difíceis e demoradas quando se deseja medir grandes áreas. Além disso, algumas das vantagens da fotografia hemisférica em relação a outras técnicas são o baixo custo e a maior versatilidade do processamento na análise, proporcionando maior número de variáveis relacionadas ao dossel.

As fotografias hemisféricas servem como registros semipermanentes da geometria da abertura de clareiras e são utilizados em estudos de dinâmica do dossel da floresta para derivar parâmetros como IAF, abertura do dossel e estimativa da penetração da radiação solar direta e difusa através das aberturas do dossel da floresta, bem como a transmissividade da radiação pelo dossel (HARDY, 2004).

As melhores fotografias hemisféricas, com alto contraste, podem ser obtidas um pouco antes do nascer do sol ou sob um céu nublado. Mas alguns autores ressaltam que as condições ideais não são frequentemente encontradas no campo (JELASKA, 2004).

Para análise das fotografias hemisféricas foram desenvolvidos programas de computadores, tanto comerciais quanto livres, e que, conseqüentemente, vem sendo usados em uma ampla variedade de aplicações. Softwares como o Winscanopy (Regent Instruments, Quebec, Canadá), Solarcalc, Winphot (STEEGE, 1997), HemiView (Delta-dispositivo t, Cambridge, Reino Unido), Gap Light Analyser (FRAZER; TROFYMOW; LERTZMAN, 1997), CIMES (WALTER et al., 2003), de acordo com Jonckheere et al. (2005), tem sido usados em diferentes aplicações. A principal dificuldade da interpretação das fotografias em programas computacionais está no processamento da imagem, onde deve se encontrar o limiar ideal de um valor de luminosidade para o ponto da imagem (pixel), bem como o limiar para distinguir a vegetação e a presença do céu (JONCKHEERE et al., 2004).

### 6.3.2 Maré

Outro fator importante a ser considerado e analisado quando se estuda os manguezais refere-se à influência dos componentes do sistema oceanográfico, como as ondas e as marés.

As ondas, marés, rios e chuvas afetam a circulação de água através da geração de turbulência, mistura advectiva, longitudinal, aprisionando de águas costeiras e influenciando a taxa de erosão e deposição de sedimentos em que manguezais crescem. As variações físicas e ecológicas são frequentemente expressas em um único estuário (DUKE et al., 1998).

As marés são oscilações diárias complexas no nível do mar, com variação global de praticamente imperceptível até vários metros. A ação da maré é um agente implacável de energia para a mudança da morfologia costeira. Conforme ocorre o movimento de subida e descida da maré, a migração diária da linha de costa, em direção ao continente e ao mar, causa mudanças significativas que contribuem para os processos erosivos e afetam o transporte de sedimentos (CHRISTOPHERSON, 2012).

As marés resultam da atração gravitacional exercida nas águas oceânicas pelo Sol e, principalmente, pela Lua, que exerce o dobro da força gravitacional do Sol, devido a maior proximidade com a Terra. Como consequência do movimento de rotação da Terra, as águas oceânicas sobem e descem duas vezes ao dia na maior parte das zonas costeiras, produzindo as marés semidiurnas. Algumas áreas da zona costeira, entretanto, devido à configuração das bacias oceânicas e às complexidades da linha de costa, exibem marés diurnas com uma subida e uma descida por dia, ou marés mistas com subidas e descidas de diferentes magnitudes. Durante o mês, as variações entre o alinhamento do Sol e da Lua geram as marés astronômicas de sizígia (lua nova e cheia) e de quadratura (minguante e crescente). As marés de sizígia são cerca de 20 % mais altas (maré alta) e mais baixas (maré baixa) do que as de quadraturas (SOUZA, 2005).

Para Souza (2005), as áreas costeiras apresentam diferentes regimes de marés, que são classificadas em três tipos diferentes: micromarés, quando a amplitude

da maré de sizígia é  $< 2$  m; mesomarés, quando as amplitudes variam entre 2 e 4 m; ou macromarés, quando as amplitudes são  $> 4$  m, podendo atingir até 12 m em algumas regiões do planeta. No Brasil, as micromarés ocorrem nas costas sul e sudeste, as mesomarés atuam na costa leste, norte e em parte da costa nordeste (SOUZA, 2005). O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, localizado no litoral sudeste brasileiro apresenta um regime de micromarés.

As marés também são influenciadas por outros fatores, como as características da bacia oceânica (tamanho, profundidade e relevo), latitude e formato da linha de costa, que causam uma grande variedade nas amplitudes de maré (CHRISTOPHERSON, 2012).

As marés constituem o mecanismo principal da penetração das águas salgadas no interior da costa, sendo, portanto o agente de formação e manutenção do substrato dos manguezais, aptos a serem colonizados pelas espécies de mangue tolerantes ao sal (halófitas) e na formação do ecossistema, sendo que o limite máximo do manguezal coincide com a máxima distância até onde penetra a água salgada. A maré é, portanto, responsável pela salinidade presente no ambiente.

### **6.3.3 Sistemas meteorológicos**

A análise de sistemas meteorológicos sobre a área de estudo foi considerada visando identificar como ocorre a relação entre as escalas superiores (local e regional) e as inferiores (microclima) e analisar a variação dos atributos climáticos no manguezal sob atuação de diferentes sistemas meteorológicos.

De acordo com Nunes, Vicente e Candido (2009), as condições climáticas na Região Sudeste do Brasil apresentam caráter transicional nos níveis zonal e regional, por ser atravessada pelo Trópico de Capricórnio, com terras nos trópicos e subtropicais e faixa de conflito entre sistemas tropicais e extratropicais, sendo que seus mecanismos de circulação estão sob o controle da dinâmica da frente polar.

Por sua posição e pelo arranjo dos fatores geográficos, a região é envolvida pelas principais correntes de circulação atmosférica da América do Sul, sendo uma faixa de conflito entre massas de ar distintas, com participação de correntes

tropicais marítimas de leste-nordeste, correntes polares de sul e correntes do interior de oeste-noroeste (NUNES; VICENTE; CANDIDO, 2009).

A atuação da massa polar atlântica no centro-sul do Brasil influencia significativamente os totais pluviométricos nesta região. Em sua borda, no contato com os sistemas atmosféricos tropicais, configuram-se extensas zonas de pressão relativamente baixa e intensa convergência, usualmente chamada de frente polar. Estas frentes comportam-se como verdadeiros rios atmosféricos, canalizando importantes volumes de ar em fluxo concentrado em direção a centros de baixa pressão, que normalmente atingem seu máximo aprofundamento e atividade sobre o oceano atlântico. A passagem do sistema frontal, que antecede a chegada do ar polar propriamente dito, promove condições de forte instabilidade gerando chuvas antes, durante e depois da passagem da frente em várias áreas do território paulista (MONTEIRO, 1973; TARIFA, 1975).

O ar frio que vem na retaguarda, alimentando este sistema, por ser ligeiramente mais denso, avança pelo continente sul-americano em forma de cunha elevando o ar mais quente do sistema tropical que se encontra em sua trajetória. A elevação resulta em resfriamento adiabático da parcela de ar deslocada pelo ar mais denso. O ar deslocado termina por atingir a temperatura do ponto de orvalho. O excedente de vapor, associado à presença de núcleos higroscópicos, passa para a fase líquida formando as nuvens. Caso as gotículas atinjam tamanho suficientemente grande, a força de gravidade as arrasta para o solo vencendo a força de ascensão que as mantém em suspensão dando origem a chuvas e eventualmente chuviscos. Portanto, a massa polar atlântica não transporta umidade, mas seu deslocamento em direção aos trópicos gera condições necessárias para a ocorrência de chuvas. Boa parte da umidade que resulta em chuva, de fato, estava presente no ar do sistema tropical “invadido” pelo ar polar. Este fato pode ser verificado pouco depois da passagem da frente polar. Com a hegemonia do ar de origem polar, predomina um tipo de tempo caracterizado pelo aumento progressivo da pressão atmosférica, céu limpo, ar relativamente frio e umidade mais baixa que antes (GALVANI; AZEVEDO, 2012).

As chuvas resultantes da atuação da frente situada na borda da massa polar, ou do anticiclone migratório polar, numa terminologia diferente, são denominadas de chuvas frontais. A chuva oriunda de *cumulonimbus* resultante da instabilidade

gerada pela aproximação da frente, mas que não é oriunda da frente propriamente dita é chamada de pré-frontal. Depois da passagem da frente, é comum que ocorra precipitação, muitas vezes na forma de chuvisco e/ou chuva leve, oriunda do manto de nuvens *stratiformes* que chegam a cobrir integralmente o céu, sobretudo no período de outono/inverno. Esta precipitação é chamada de pós-frontal. Como as séries históricas se constituem por registros de totais pluviométricos diários, não há como distinguir a gênese exata da chuva com tal detalhamento a partir de registros tão grosseiros. Por isto, habitualmente, toda esta precipitação é tratada em conjunto como oriunda ou derivada da passagem da frente polar (MONTEIRO, 1973).

Para Ferreira (2002), as frentes são fenômenos meteorológicos, em escala sinótica, que mais influenciam o continente sul americano. A previsão desses fenômenos é uma forma de interpretar em que áreas podem ocorrer os vários tipos de tempo causados por eles.

A Frente Polar Atlântica (FPA), na costa sul oriental do Brasil, é um importante controle climático, pois é responsável pela maior parte da pluviosidade que incide sobre a área (aproximadamente 70 %). Derivados dos processos frontológicos estão, além da chuva, a nebulosidade associada, a mudança nos padrões de escoamento da baixa troposfera e o resfriamento e aquecimento pós e pré-frontal, respectivamente. Além disso, ela é importante como uma referência para o ritmo e para a sequência dos tipos de tempo (ARMANI; GALVANI, 2011).

Outra importante influência na definição de certas situações de tempo atmosférico no Sudeste brasileiro, gerando condições particulares de instabilidade, é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), definida como uma faixa de nebulosidade persistente orientada de NW para SE, associada ao escoamento convergente na baixa troposfera do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central e particularmente bem caracterizada no verão (NUNES; VICENTE; CANDIDO, 2009). De acordo com Armani e Galvani (2011), este sistema meteorológico transfere umidade, calor e momento da Amazônia para o sudeste do Brasil. Muitas vezes, a FPA organiza e intensifica a convecção no Brasil central, contribuindo para a formação da ZCAS.



Estudos prévios mostraram a importância das ZCAS na transferência de calor e umidade dos trópicos para as latitudes mais altas. Observações indicam evidente associação entre períodos de enchentes de verão na região sudeste e veranicos na região sul com a permanência da ZCAS por períodos prolongados sobre a região sudeste; por outro lado, períodos extremamente chuvosos no sul coincidem com veranicos na região sudeste, indicando a presença de ZCAS mais ao sul (TAVARES, 2009).

Na área de estudo do presente trabalho predominam sistemas extratropicais, com o maior índice de penetração de massas polares e passagens frontais do Estado de São Paulo (MONTEIRO, 1973).

Para Armani e Galvani (2011), os sistemas atmosféricos podem ser separados pela sua gênese (origem tropical ou extratropical) e pelas modificações ocorridas durante suas trajetórias continentais ou oceânicas. Os sistemas extratropicais foram subdivididos em dois grupos: os frontais e os anticiclônicos – os primeiros se referem a todas as fácies da Frente Polar. O segundo grupo dos sistemas extratropicais são aqueles relacionados aos desdobramentos do anticiclone migratório polar. Dependendo do local da anticiclogênese, as características destes anticiclones podem ser muito diversificadas, podendo ser separadas entre o Sistema Polar Continental (SPC) e o Sistema Polar Atlântico (SPA); no primeiro caso, a anticiclogênese e trajetória principal acontecem sobre o continente; e, no segundo, quando se dá preferencialmente sobre o oceano Atlântico.

## **6.4 ATRIBUTOS CLIMÁTICOS**

### **6.4.1 Radiação solar de onda curta**

O espectro de distribuição da radiação solar que chega à superfície terrestre é constituído predominantemente de ondas curtas (com comprimento inferior a 3.000 nm) e a distribuição espacial e estacional dessa radiação é a principal

causa dos fenômenos meteorológicos. A radiação solar atua diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas, e indiretamente sobre o regime térmico de qualquer sistema terrestre, assim como sobre a evaporação de água. A radiação de onda curta, ao interagir com a atmosfera e a superfície, sofre processos de atenuação (absorção, difusão e reflexão), sendo que uma parte do que chega no limite externo da atmosfera ( $I_0$ ) atinge a superfície, onde outra parte é ainda refletida. Isto estabelece um balanço de radiação de ondas curtas (PEREIRA et al., 2002). A radiação solar de onda curta que chega à superfície, seja de forma direta ou difusa, resultante do espalhamento causado por gases na atmosfera, material particulado e gotas de água em suspensão, compõe o que se denomina de radiação solar global.

A absorção e a difusão da radiação solar pela atmosfera promovem perdas durante sua passagem pela atmosfera, de modo que a irradiância solar em uma superfície horizontal paralela ao plano do horizonte na superfície da Terra é menor que no topo da atmosfera ( $I_0$ ). Os valores instantâneos da irradiância solar global que representam a soma das componentes direta e difusa, passam por grandes variações temporais em função das condições atmosféricas e da época do ano.

A fração  $RG/I_0$  é denominada de transmissividade atmosférica ( $t$ ), ou seja, é definida como a razão entre a radiação solar global em superfície ( $RG$ ) e aquela no topo da atmosfera ( $I_0$ ) e representa a quantidade de radiação solar global que efetivamente chega até a superfície terrestre. Essa relação representa a habilidade com que a atmosfera permite a radiação atravessar por ela. Como a espessura da atmosfera a ser atravessada pelos raios solares é função do ângulo zenital, a transmissividade atmosférica varia ao longo do dia, com valores menores no nascer e no pôr-do-sol, e maiores durante a passagem meridiana (PEREIRA et al., 2002).

Em dias com céu encoberto, os valores de  $t$  tendem a valores próximos de zero e em dias com de céu limpo, tendem a unidade. A transmissividade expressa, portanto, as condições atmosféricas em termos de cobertura de nuvens e presença de material particulado, vapor d'água e aerossóis de um modo geral.

Ao ser interceptada pela cobertura vegetal (dossel), a radiação solar pode ser absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo dos fatores acima citados. A produtividade biológica de uma vegetação é determinada por sua habilidade em capturar e transformar a radiação solar global. Essa captura radiativa é um fenômeno físico determinado por vários fatores físicos e biológicos, entre os quais se destacam: o tamanho e a geometria das plantas; a maneira com que as plantas ocupam o terreno disponível, isto é, a distribuição horizontal na área; a cor, tamanho, orientação e idade das folhas; a arquitetura da planta ou a distribuição vertical da folhagem no espaço disponível; e o ângulo de incidência dos raios solares (PEREIRA et al., 2002). A radiação refletida não participa dos processos biológicos, portanto, as frações absorvidas e transmitidas são aquelas efetivamente disponíveis para tais processos em um dossel vegetativo.

A cobertura vegetal influencia nos totais de radiação global que atinge a superfície abaixo do dossel: quanto mais elevados forem a área foliar e o Índice de Área Foliar (IAF), maior a atenuação da radiação solar pelo dossel.

Quando a radiação solar direta ou difusa chega à superfície, ou atinge a vegetação, parte é refletida, sendo denominada de coeficiente de reflexão, reflectância ou albedo da superfície, enquanto a outra parte é absorvida e, portanto, transformada em calor que passará a influenciar a temperatura do ar. O albedo varia de acordo com as propriedades da superfície e é altamente dependente do ângulo de incidência dos raios solares, que varia com a latitude e a época do ano. Embora, para uma determinada superfície, o albedo seja variável durante o ano, via de regra, utiliza-se um valor constante. Por coeficiente de reflexão ou albedo ( $\alpha$ ) entende-se a relação entre a radiação refletida e a recebida, expressa geralmente em porcentagem.

A caracterização da radiação solar dentro do dossel em fragmentos florestais é importante como subsídio para compreender o processo de sucessão em floresta secundária. Entretanto, essa caracterização da radiação solar no dossel de uma floresta tropical é complexa, uma vez que existem várias camadas que interceptam essa radiação e condicionam a distribuição vertical da mesma e das espécies arbóreas (PEZZOPANE et al., 2005).

O saldo de radiação de ondas curtas (SROC) representa para determinado meio, a disponibilidade de energia solar que depois de contabilizada a emissão de ondas longas para a atmosfera e a contra-irradiada pelas nuvens e a atmosfera, representaria a energia disponível para os processos que nesse meio ocorrem. Assim, o saldo de radiação de ondas curtas representa a fonte primária de energia para um meio vegetal qualquer (GALVANI et al., 2001).

Os dosséis das florestas alteram significativamente o padrão de radiação solar incidente e de emissão. A refletividade de ondas curtas das florestas depende em parte das características das árvores e da sua densidade. As florestas de coníferas, por exemplo, têm albedo de 8 a 14 %, enquanto os valores para as florestas decíduas variam entre 12 e 18 %, aumentando conforme o dossel se torna mais aberto. Além de refletir a energia, o dossel da floresta a aprisiona, sendo que o maior aprisionamento ocorre em condições de céu nublado, visto que a radiação solar difusa tem maior possibilidade de penetrar lateralmente no espaço entre os troncos. Essa penetração da radiação solar está sujeita a inúmeras variações, dependendo do tipo de árvore, da época do ano, da idade, da densidade e da altura da cobertura vegetal (BARRY; CHORLEY, 2013).

Um dos fatores mais importantes que influenciam no microclima é a atenuação da radiação solar pelo dossel das florestas naturais, por atuar diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais (HERNANDEZ et al., 2004).

#### **6.4.2 Radiação solar de onda longa**

A radiação solar é predominantemente de ondas curtas, ao passo que a radiação que deixa a Terra é de ondas longas, ou infravermelha. A radiação de onda longa é o fluxo radiante de energia resultante da emissão dos gases atmosféricos e de superfícies líquidas e sólidas dispostas sobre a superfície terrestre. Todos os objetos sobre a superfície terrestre apresentam temperatura mais reduzida que a do sol, assim esta radiação emitida apresenta comprimentos de onda maiores que a desta estrela. O intervalo de comprimento de onda emitida pela superfície e pela atmosfera terrestre apresentam-se entre 4 e 100  $\mu\text{m}$  sendo denominados,

portanto, de radiação de onda longa. A dificuldade no monitoramento da radiação de onda longa resulta do fato que o próprio sensor emite comprimento de onda e intensidade semelhante àquela proveniente da atmosfera e da superfície terrestre, sendo necessária, portanto, correções dos valores gerados pelo sensor que dependem da obtenção da temperatura do sensor.

A radiação atmosférica e terrestre de onda longa constitui-se em importante componente no balanço global de radiação e de energia. A sua avaliação e modelagem são necessárias para: (a) previsão de resfriamento noturno, formação de nevoeiros e ocorrência de geadas, variação de temperatura noturna e cobertura de nuvens; (b) estudos de balanço de energia e radiação; (c) projetos de sistemas de refrigeração; e também (d) determinação de variabilidade climática e aquecimento global (CRAWFORD; DUCHON,1999). Assim, como no saldo de radiação de onda curta, a contabilidade entre a emissividade atmosférica e a emissividade terrestre define o saldo de radiação de onda longa (SROL).

#### **6.4.3 Saldo de radiação**

Para Galvani et al. (2001), o saldo de radiação representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre. Essa energia é a diferença entre os fluxos totais da radiação incidente e a emitida e/ou refletida por uma superfície, medida normalmente, em plano horizontal. Ao longo do dia, nas horas de brilho solar, o saldo de radiação em uma superfície qualquer tende a ser positivo, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são superiores às frações refletidas e emitidas. Por outro lado, durante a noite, é comum que esses valores sejam negativos, pois o fluxo incidente passa a ser apenas atmosférico e a energia emitida pela superfície, superior a este, resultando em um saldo de radiação negativo. A contabilidade entre o saldo de radiação de onda curta e do saldo de radiação de onda longa resulta no denominado Saldo de Radiação.

#### 6.4.4 Temperatura do ar

A temperatura do ar é definida como uma medição da energia cinética média (movimento) de moléculas individuais na matéria. Temperatura e calor estão relacionados porque as mudanças de temperaturas são causadas pela absorção ou emissão (ganho ou perda) de energia cinética. A interação de complexos controles físicos produz padrões de temperatura da Terra. Essas principais influências sobre as temperaturas incluem latitude, altitude e elevação, nebulosidade e diferenças de aquecimento entre terra e água (CHRISTOPHERSON, 2012).

A temperatura do ar exerce influência decisiva no crescimento e desenvolvimento das plantas. À medida que a temperatura se afasta da faixa específica ótima, o crescimento é inibido, chegando a cessar completamente quando certo limite (máximo ou mínimo) é atingido. A temperatura também se relaciona à existência de água na atmosfera e suas mudanças de fases, que desempenham um papel importante em vários processos físicos, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e a evapotranspiração, a absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre, na fotossíntese etc.

A água é o fator mais importante na distribuição da vegetação na superfície da Terra e componente essencial dos seres vivos. Sua importância envolve desde o aspecto fisiológico, participando de processos metabólicos vitais às plantas, até o aspecto ecológico, condicionando o clima e o solo (CASTRO, 2007). A água interage com outros fatores determinantes do clima, sobretudo com a temperatura e a energia radiante. Temperaturas elevadas ocasionam incremento na taxa de evapotranspiração, aumentando o teor de água na atmosfera e reduzindo o aporte de energia que chega a superfície, tornando as temperaturas mais amenas. A água, sob esse ponto de vista, atua como regulador do ecossistema.

Além disso, a superfície do solo é um dos componentes mais importantes do microclima da planta, que serve não só como suporte para a planta, mas para um meio, através do qual a água e os nutrientes são transferidos para o sistema radicular. Além disso, fisicamente o solo funciona como principal mecanismo de armazenamento de energia (MOURA et al., 2006a).

A temperatura é um fator importante que varia muito dentro de florestas, entre os tipos de floresta, e geograficamente em toda a área de distribuição da vegetação de mangue, e, portanto, pode ter um elevado impacto no estabelecimento de plântulas (KRAUSS et al., 2008).

#### **6.4.5 Umidade do Ar**

Para Barry e Chorley (2013), a umidade refere-se ao vapor d'água presente na atmosfera. O vapor d'água na atmosfera se origina a partir da superfície terrestre pela evaporação e transpiração, estando fortemente concentrado nas baixas camadas da atmosfera. De fato, quase metade do vapor d'água total na atmosfera se encontra abaixo de 2.000 metros. Há, geralmente, uma contínua diminuição na quantidade da umidade contida na atmosfera, com o aumento da altitude.

A pressão atmosférica engloba o vapor d'água, bem como gotículas de água e cristais de gelo nas nuvens. O teor de umidade da atmosfera é determinado pela evaporação local, pela temperatura do ar e pelo transporte atmosférico horizontal de umidade. A água das nuvens, em média, representa apenas 4 % da umidade atmosférica. O teor de umidade da atmosfera pode ser expresso de várias maneiras, separadamente da pressão de vapor, dependendo de qual aspecto se quer enfatizar. Uma dessas medidas é a massa total de água em um determinado volume de ar, denominada umidade absoluta e medida em gramas por metro cúbico ( $\text{g.m}^{-3}$ ). Mais de 50 % do teor de umidade atmosférica está localizado abaixo de 850 mb (aproximadamente 1.450 m) e mais de 90 % abaixo de 500 mb (5.575 m) (BARRY; CHORLEY, 2013).

#### **6.4.6 Precipitação**

A condensação é a causa direta de todas as formas de precipitação. Ela ocorre como resultado de mudanças no volume do ar, na temperatura, na pressão ou na umidade. As circunstâncias mais comuns que favorecem a condensação são aquelas que geram uma queda na temperatura do ar, ou seja, resfriamento por

contato, resfriamento radiativo e mistura de massas de ar de temperaturas diferentes. (BARRY; CHORLEY, 2013).

As características climatológicas da precipitação podem ser descritas em termos da precipitação média anual, do ciclo anual, da variabilidade anual e de tendências decenais. A intensidade da precipitação, que se refere à relação entre a quantidade que precipita e sua duração em um evento pluviométrico específico é vital para a previsão de enchentes ou para controle de erosão (BARRY; CHORLEY, 2013)

A precipitação é um dos atributos que mais contribui para o desenvolvimento dos manguezais. De acordo com Ribeiro (2001) as precipitações têm repercussão na fisiologia das plantas halófitas e propriedades físicas dos solos, expostos as precipitações ou aos deflúvios extremos que reduzem a salinidade das águas no interior dos canais de drenagem das planícies costeiras.

No entanto, quando se fala no consumo de água por diferentes tipos florestais, frequentemente o processo de interceptação da água da chuva pela cobertura florestal é ignorado, ou, quando muito, tratado como componente isolado do ciclo hidrológico (LIMA, 1983).

De acordo com Lima (1983), a interceptação é um processo extremamente importante na hidrologia de uma dada área, pois se trata de um processo evaporativo que resulta em perdas de água que de outra forma chegaria ao solo. Esse processo ilustra a importância dos fatores biológicos no ciclo da água, ou na hidrologia de uma bacia hidrográfica e a evaporação da água interceptada ocorre a uma taxa cerca de 2 a 3 vezes mais elevada do que a que ocorreria em condições de dossel seco o que implica, para um dado balanço de energia, que deve haver alguma forma de compensação na demanda de água do solo enquanto há interceptação.

#### **6.4.7 Vento**

O vento cria turbulência mecânica, facilitando as trocas de calor e CO<sub>2</sub>, principalmente em dosséis rugosos e com folhas menores. As florestas impedem



o movimento lateral vertical do ar. De modo geral, o movimento do ar dentro das florestas é pequeno, se comparado com o que ocorre no espaço aberto, e variações bastante grandes na velocidade do vento externo têm pouco efeito dentro da mata. Outras influências incluem a densidade da mata e a estação do ano (BARRY; CHORLEY, 2013).

De acordo com Barry e Chorley (2013), em condições normais, a velocidade do vento tende a ser menor perto do amanhecer, quando existe pouca mistura térmica vertical. Da mesma forma, as velocidades de certos ventos locais são maiores ao redor das 13-14 horas, quando o ar está mais sujeito ao aquecimento terrestre e ao movimento vertical, desse modo possibilitando um acoplamento com o movimento do ar superior (mais veloz). O ar sempre se move mais livremente longe da superfície, pois não está sujeito aos efeitos do atrito. Quando o atrito é zero o vento em altitude é denominado vento geostrófico, quando atuam somente o gradiente horizontal de pressão e a força de Coriolis.

Na área de estudo, um regime de vento induzido por condições térmicas a que a região está sujeita refere-se às brisas terrestres e marinhas. A expansão vertical da coluna de ar que ocorre durante o aquecimento diurno sobre a terra, que esquenta mais rapidamente, inclina as superfícies isobáricas perto da costa, causando ventos em direção à terra na superfície e compensando o movimento superior em direção ao mar. As diferenças de pressão típicas entre a terra e o mar são da ordem de 2 mb. À noite, o ar sobre o mar é mais quente, invertendo a situação, embora essa inversão também seja causada pelos ventos que sopram das encostas montanhosas em direção ao mar (BARRY; CHORLEY, 2013).

Para Ribeiro (2001), as constantes modificações na composição foliar do dossel da vegetação alteram sua rugosidade e, portanto, influenciam o padrão do vento e os transportes turbulentos de calor e umidade. Esse atributo influencia no crescimento da vegetação por ser um mecanismo de transporte de gás carbônico, vapor d' água e calor sensível, entre a vegetação e a atmosfera.

## 7 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

Primeiramente, serão apresentados os materiais e procedimentos para o levantamento dos controles climáticos seguidos pelos equipamentos utilizados para os atributos climáticos.

### 7.1 CONTROLES CLIMÁTICOS

#### 7.1.1 Estrutura da vegetação

A estrutura da vegetação do manguezal foi obtida com a delimitação de uma parcela com 13 m x 13 m (169 m<sup>2</sup>), localizada ao lado da torre microclimática, sob as coordenadas UTM 23K 255.147 x 7.272.063, utilizando a técnica de delimitação de parcela. Os dados foram levantados em dois momentos: em 01/09/2012 e em 24/08/2013. Para a caracterização das estruturas dos bosques, adotou-se a metodologia de Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). No levantamento foram considerados apenas os indivíduos com altura superior a um metro. A coleta de dados refere-se à medida de diâmetro a altura do peito (DAP), altura, área basal, densidade, dominância e identificação das espécies. Os dados foram organizados por classes de DAP  $\leq 2,5$  cm (pequena); entre  $> 2,5$  cm e  $\leq 10$  cm (intermediária); e  $> 10$  cm (elevada), conforme medidas e parâmetros propostos por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), descritos a seguir:

Diâmetro: é uma medida empregada para fornecer informações quantitativas sobre a estrutura arbórea. Convencionalmente, mede-se o diâmetro da árvore à altura do peito do observador (DAP), mais especificamente em torno de 1,30 m do

solo, devido à correlação entre diâmetro e biomassa ser mais estreita nessa altura do que na base da árvore, bem como em virtude da facilidade de medir a altura do peito. Nos indivíduos com altura entre 1 m e 1,30 m, obteve-se o diâmetro na base da última ramificação da planta, conforme adaptação da metodologia de Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986) proposta por Cunha-Lignon (2005).

Para a obtenção do DAP de cada indivíduo presente na parcela utilizou-se uma trena graduada especificamente para diâmetro. A partir do diâmetro é possível obter a área basal e o diâmetro médio. Enquanto para os demais indivíduos o diâmetro foi obtido à altura do peito (DAP). Posteriormente, os dados foram transformados para hectares.

As medidas de diâmetro são agrupadas em três classes de troncos: 1) classe inferior:  $DAP \leq 2,5$  cm; 2) classe intermediária:  $2,5 \text{ cm} \leq DAP < 10$  cm; e 3) classe superior:  $\geq 10$  cm.

Área basal: de acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a área basal (AB) é definida como a área ocupada por um tronco com um dado diâmetro. Por definição, assume-se que o referido tronco é perfeitamente cilíndrico. Para obtenção da área basal de um tronco utilizou-se a fórmula 1, onde AB é a área basal e  $r$  é o raio.

$$AB = \pi r^2 \quad \text{Fórmula 1}$$

No entanto, considerando que o raio é determinado pela fórmula 2, então em termos de diâmetro, a área basal (AB) pode ser obtida pela fórmula 3:

$$r = \frac{DAP}{2} \quad \text{Fórmula 2}$$

$$AB = \pi \frac{DAP^2}{4} \quad \text{Fórmula 3}$$

Para expressar a área basal em  $m^2$ , quando se mede o diâmetro em centímetros utiliza-se a fórmula 4 ou a fórmula 5:

$$AB = \pi \frac{DAP^2}{4} * 10.000 \quad \text{Fórmula 4}$$

$$AB(m^2) = 0,00007854 * DAP (cm^2) \quad \text{Fórmula 5}$$

Para um bosque, a área basal é obtida pela soma das áreas basais de todos os troncos por unidade de área. Esta medida expressa o grau de desenvolvimento

adquirido por um bosque, pois está intimamente relacionada com o volume de madeira e com a biomassa do bosque (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

*Diâmetro médio (DAP)*: o diâmetro médio de um bosque é definido como sendo o diâmetro da árvore de área basal média. A média dos diâmetros é sempre menor que o diâmetro da árvore de área basal média. A área basal da árvore média é dada pela fórmula 6.

$$\overline{AB} = \frac{\text{área basal por hectare (AB)}}{\text{número de árvores por hectare}} \quad \text{Fórmula 6}$$

Como a área basal é calculada pela fórmula 5 ( $AB = 0,00007854 * DAP$ ), então o diâmetro médio é dado pela fórmula 7 ou fórmula 8.

$$\overline{DAP} = \sqrt{\frac{(AB)}{n} / 0,00007854} \quad \text{Fórmula 7}$$

$$\overline{DAP} = \sqrt{\frac{(AB) * (12732,39)}{n}} \quad \text{Fórmula 8}$$

Para Schaeffer-Novelli (1986), o diâmetro médio não é igual à média aritmética dos diâmetros. O diâmetro da árvore de área basal média é uma medida descritiva de grande utilidade, que permite a comparação entre os bosques. Além disso, pode ser correlacionada com outras medidas estruturais.

*Densidade Relativa*: é definida em função de sua idade e amadurecimento. Os bosques passam durante seu desenvolvimento de uma fase em que o terreno está ocupado por uma grande densidade de árvores de diâmetro reduzido, a uma fase de maior amadurecimento, quando o domínio é feito por poucas árvores de grande porte e volume. A densidade, então, se reduz com o amadurecimento de um bosque (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986). A densidade relativa foi obtida pela fórmula 9. A densidade é o número de árvores por unidade de área, expressa em termos de indivíduos por hectare.

$$DR = \frac{\text{nº de indivíduos da espécie } i}{\text{nº total de indivíduos}} * 100 \quad \text{Fórmula 9}$$

*Dominância Relativa*: representa o espaço ocupado pela espécie na comunidade e é expressa pela fórmula 10.

$$\mathbf{DoR} = \frac{\mathbf{Área\ Basal\ da\ espécie\ i}}{\mathbf{Área\ Basal\ total}} * \mathbf{100} \qquad \text{Fórmula 10}$$

A Figura 11 apresenta uma vista geral do bosque de mangue da Ilha dos Papagaios, localizada na Barra do Ribeira – Iguape/SP, a partir do topo da torre microclimática instalada nas proximidades da parcela delimitada. Nessa Figura 12 é possível visualizar indivíduos de *Rhizophora mangle* também localizados próximos à parcela delimitada na Ilha dos Papagaios.



Figura 11 - Vista geral dos manguezais da Ilha dos Papagaios, localizada na Barra do Ribeira – Iguape/SP, foto obtida acima do dossel, a partir do topo da torre microclimática.  
Foto: Fernando Godoy (2012).



Figura 12 - *Rhizophora mangle*, localizada nas proximidades da parcela delimitada para levantamento dos dados estruturais de vegetação na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2012).

### 7.1.2 O USO DAS FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS

Nos estudos microclimáticos dentro da Climatologia Geográfica, com ênfase em áreas florestadas, o uso de fotografias hemisféricas ainda é incipiente, com destaque para Armani (2009) e Lima (2009). Estudo de Salvi-Sakamoto (2001) demonstrou o uso destes procedimentos em ambientes urbanos. Essa autora utilizou-se da fotografia hemisférica para obter a configuração do céu, que indica quanto do céu está obstruído por elementos do ambiente (edifícios e árvores, principalmente no caso de ambientes urbanos), acima de um ponto qualquer da superfície terrestre.

O uso desta tecnologia é mais comum nas áreas de Ecologia, Biologia, Agronomia, utilizada para obtenção do índice de área foliar e/ou estimativa da transmissão da radiação solar para dentro do ambiente.

As fotografias hemisféricas, para o presente trabalho, foram obtidas no bosque de mangue em que ocorreu o levantamento dos dados estruturais da vegetação (altura, diâmetro a altura do peito, densidade e dominância por espécie) e dos dados microclimáticos (temperatura e umidade absoluta do ar, direção e velocidade do vento, precipitação, radiação solar global direta e refletida, emissividade terrestre e atmosférica). Essas fotografias foram obtidas por meio de



uma câmera NIKON, Modelo F-501, acoplada por uma lente “fish eye” NIKOR 8 mm com ângulo de visada de 180°, conhecida como “lente olho-de-peixe”.

No manguezal, devido a sua particularidade de sedimento inconsolidado, não é possível o uso de tripé para fixar a máquina. Para sanar essa dificuldade, fixou-se um bambu que serviu de apoio para o equipamento de forma que a fotografia hemisférica fosse obtida sempre no mesmo ponto, para que assim pudesse ser acompanhada a evolução do dossel temporalmente. A câmera fotográfica deve então ser posicionada sobre esse bambu, orientada para o norte e nivelada para que se possa obter a fotografia. As figuras 13 e 14 apresentam a instalação do equipamento no manguezal localizado no Litoral Sul de São Paulo, no município de Iguape/SP.

Posteriormente, as fotografias foram processadas no *software* Gap Light Analyzer - GLA versão 2. Foram obtidas sete fotografias hemisféricas nas seguintes datas: 27/05/2011, 27/08/2011, 10/12/2011, 05/02/2012, 22/04/2012 e 14/07/2012.

O *software* GLA tem sido usado para diferentes aplicações ao redor do mundo, como descrito por Simoni et al. (2003), Schnitzler e Closset (2003), Jelaska (2004), Crane e Shearer (2007), entre outros.



Figura 13 - Câmera fotográfica acoplada a uma lente “olho de peixe”, instalada no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G.B. de Lima (2013).



Figura 14 - Câmera fotográfica com lente “olho de peixe”. Foto: Nádia G.B. de Lima (2013).

A figura 15 apresenta dois exemplos de fotografias hemisféricas obtidas no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 27/05/2011 e 27/08/2011.



Figura 15 - Fotografias hemisféricas obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP em 27/05 e 27/08/2011, respectivamente. Foto: Nádia G.B. de Lima (2011).

Jarcuska (2008) destacou que uma das desvantagens do GLA é que ele realiza, manualmente e de forma interativa, a seleção do valor de limiar para diferenciar a cobertura vegetal e o céu, o que pode gerar erros com a variação dependente da



sensibilidade do usuário. No entanto, autores como Jelaska et al. (2006), também observado por Frazer, Canham e Lertzman (1999) e Zhang et al. (2005) afirmam que uma forma de minimizar esse tipo de erro seria usar o canal do azul, considerado o melhor canal para a separação dos pixels entre classes de céu e da presença de vegetação. No entanto, apesar de todas as limitações associadas a este método indireto para a avaliação dos dosséis florestais e iluminação sub-bosque (ROXBURGH; KELLY, 1995; JENNINGS et al., 1999), a fotografia hemisférica fornece uma ferramenta importante e útil em estudos ecológicos (JARCUSKA, 2008).

A seguir são descritas as principais etapas na utilização do *software* Gap Light Analyser – GLA versão 2, para análise das fotos hemisféricas, de acordo com Jonckheere et al. (2003).

1) Registro das fotografias: As fotografias digitais foram registradas para identificar a orientação geográfica e a extensão circular da imagem hemisférica. Para isso é necessária a identificação de dois pontos conhecidos na imagem, o primeiro ponto, denominado ponto inicial, determina a orientação geográfica da imagem, enquanto o segundo ponto localiza-se de forma oposta ao azimute, ou seja, se o ponto inicial é 0° norte, o segundo será 180° sul e marca a extensão circular da imagem.

2) Configuração dos arquivos de entrada: Os arquivos de entrada foram configurados para os modelos que o programa utiliza, incluindo informações de coordenadas geográficas (latitude/longitude), projeção, posição local (inclinação do relevo e aspecto de exposição solar), radiação solar incidente e condições atmosféricas.

3) Classificação da imagem: Quando a foto não possuía um bom contraste entre o céu e o dossel, aproximou-se o limiar entre os valores de brilho para melhorar a classificação durante a análise da imagem. Por último, foi computado o processo de análise para geração dos resultados.

Para esse trabalho foram calculados apenas o Índice de Área Foliar (IAF), sendo utilizado o IAF efetivo integrado sobre o ângulo zenital de 0-60°, referido como LAI 4 no *software* GLA e a abertura do dossel, que refere-se à porcentagem do céu aberto visto sob um dossel da floresta.

Vale destacar que o *software* GLA não diferencia folhas de galhos e troncos, portanto apesar de usar o nome de Índice de Área Foliar, o dado se refere a todas as estruturas superiores da planta.

### 7.1.3 MARÉ

O papel da maré é marcante no ambiente manguezal, contribuindo com entrada e saída de energia no ambiente. Dada a interação entre as fases da lua e o nível de maré, em que se têm as maiores amplitudes de variação da maré nas luas cheia e nova (maré de sizígia) e menores amplitudes nas luas minguante e crescente (maré de quadratura), optou-se por separar os dados de acordo com as fases da lua (início e término de cada fase), visando agrupar os períodos de máxima variação da maré e os de mínima variação.

Diante disso, os dados de temperatura do ar e do solo/água foram separados de acordo com as quatro fases da lua. Esse procedimento foi realizado para os dados de 2011. Durante esse ano, os dados obtidos a cada 10 minutos abaixo do dossel foram separados nas diferentes fases da lua, o que resultou em 11 períodos de lua nova, 10 de lua crescente, 10 de lua cheia e 11 de lua minguante, com 864 dados cada um. Posteriormente, obteve-se a média para cada período, obtendo-se um único conjunto de dados para cada fase da lua. Em alguns momentos, esses dados foram agrupados por tipo de maré. Para a maré de sizígia foram agrupados os dados da lua cheia e nova e para a maré de quadratura foram selecionadas as luas minguante e crescente.

### 7.1.4 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

Para verificar como ocorre a variação dos atributos climáticos dentro do manguezal em sistemas atmosféricos específicos, bem como entender a integração das escalas climáticas zonal, regional e microclimática, foram analisados diferentes períodos sobre influência de sistemas atmosféricos específicos, conforme Tabela 4. Para seleção dos períodos analisados foram

utilizados os boletins técnicos e análises sinóticas diárias, além da síntese sinótica mensal e a análise de casos significativos realizados pelo Centro de Pesquisas e Previsão do Tempo (CPTEC), disponibilizados no site <http://tempo.cptec.inpe.br/>. Além disso, visando subsidiar a escolha dos eventos, foram selecionados no banco de dados das estações meteorológicas instaladas no manguezal registros que se destacaram ao longo do período de análise, como, por exemplo, dia com maior total pluviométrico, maior registro de temperatura do ar, entre outros. Foram selecionados cinco períodos, conforme consta na Tabela 4.

Tabela 4 - Períodos analisados em diferentes sistemas atmosféricos.

<b>Nº</b>	<b>Período</b>	<b>Sistema atmosférico (Fonte: CPTEC, 2011 e 2012)</b>	<b>Evento no manguezal</b>
1	13 a 17/02/11	Atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul	Maior total precipitado em 24h: 14/02/2011.
2	26/06 a 05/07/11	Passagem de sistema frontal e atuação de massa de ar polar e seca pós-frontal	Menor valor de radiação de onda longa terrestre: 28/06/11; Menor temperatura do ar: 29/06/11; Menor registro de radiação solar global: 03/07/11.
3	28/07 a 04/08/11	Passagem de uma frente fria (baixa pressão atmosférica)	Umidade relativa do ar reduzida e menor valor de radiação de onda longa atmosférica: 04/08/11.
4	19/12 a 23/12/11 24/12 a 26/12/11	Massa de ar quente e frente estacionária	Maior valor de radiação solar global: 20/12/11.
5	01/06 a 12/06/12	Frente fria e frente fria estacionária	

## 7.2 ATRIBUTOS CLIMÁTICOS

Os dados dos atributos climáticos foram obtidos em uma torre microclimática (coordenadas UTM 254471.90 m E; 7273441.60 m S), que contém duas estações meteorológicas nos manguezais localizados na Ilha dos Papagaios, na Barra do Ribeira – Iguape/SP, instalada no local desde 06/01/08. No entanto, em janeiro de 2011 foi necessário providenciar a troca da torre por uma de alumínio galvanizado, bem como proceder a manutenção dos equipamentos. Em 05 de fevereiro de 2011 a torre foi novamente instalada no manguezal.

A torre microclimática (Figura 16) apresenta uma estação meteorológica instalada acima do dossel da vegetação, com o intuito de registrar os atributos climáticos antes da interferência da vegetação, com 12 m de altura em relação à superfície, com registro da temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação, radiação solar global, radiação solar global refletida, radiação de onda longa atmosférica, radiação de onda longa terrestre e outra estação localizada abaixo do dossel, a 2 m de altura da superfície, contendo sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação e radiação solar global, visando obter os dados com a influência do dossel. Além disso, na base da torre foi instalado um termômetro de solo.



Figura 16 - Vista da torre microclimática instalada no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádía G. B. de Lima (2011).

Vale destacar que nos ambientes microclimáticos, é importante descrever a variação vertical dos atributos, pois são indicativos dos processos que regulam o microclima e a transferência de energia e matéria do solo para a atmosfera acima dele, ou vice-versa. Porém, Armani (2009) ressaltou que dentro da Geografia Física esse tipo de enfoque é raro, com destaque para os trabalhos de Monteiro e Azevedo (2005) e Lima (2009). Os poucos trabalhos da Geografia sob este aspecto revelam que a leitura geográfica do clima ainda poderia ser expandida nos ambientes microclimáticos (ARMANI, 2009). A tabela 5 apresenta o período de análise para cada um dos atributos climáticos.

Tabela 5 - Período de análise de cada atributo climático registrado e/ou derivado utilizado ao longo da pesquisa.

<b>Atributos climáticos (registrados e derivados)</b>	<b>Símbolo/Sigla</b>	<b>Período</b>
<b>Radiação Solar</b>		
Radiação solar global e radiação solar refletida acima do dossel	$RG^{12}$ e $Rr^{12}$	06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
Radiação solar global abaixo do dossel e Albedo	$RG^2$ e $\alpha$	06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
Radiação de onda longa terrestre e atmosférica	$R_{ter}^{12}$ e $R_{atm}^{12}$	06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
Saldo de onda curta, de onda longa e saldo de radiação	$SROC^{12}$ , $SROL^{12}$ e $SR^{12}$	06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
Transmissividade da radiação solar global no dossel	$\tau d$	06/01/2008 a 31/12/2008 06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
<b>Temperatura do ar e do solo</b>		
Temperatura do ar acima e abaixo do dossel e temperatura do solo	$Tar^{12}$ , $Tar^2$ e $Ts$	06/02/11 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
Temperatura do solo e relação com a maré	$Ts$	06/02/2011 a 31/12/2011
<b>Umidade absoluta do ar</b>		
Umidade absoluta acima e abaixo do dossel	$UA^{12}$ e $UA^2$	06/02 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 20/03/13
<b>Precipitação</b>		
Precipitação acima e abaixo do dossel	$P^{12}$ e $P^2$	06/02 a 30/11/12
<b>Vento</b>		
Velocidade do vento acima e abaixo do dossel	$V^{12}$ e $V^2$	07/03/11 a 05/04/12 e 15/07 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 05/04/12 e 15/07/12 a 20/03/13.
Direção do vento acima e abaixo do dossel	$D^{12}$ e $D^2$	07/03/11 a 05/04/12 e 15/07 a 31/12/12 Sazonal: 20/03/11 a 05/04/12 e 15/07/12 a 20/03/13.

A seguir são apresentados os equipamentos utilizados para levantamento dos atributos climáticos.

Temperatura e umidade do ar: Para a obtenção da temperatura e da umidade relativa do ar foram instalados dois sensores CS215, fabricados pela Campbell Scientific, um acima do dossel, a 12 m da superfície e outro abaixo do dossel, a 2 m da superfície, programados para interrogar os sensores a cada cinco segundos e registros a cada 10 minutos. A Figura 17a apresenta o abrigo meteorológico no

qual os sensores foram instalados, enquanto a figura 17b mostra o sensor de temperatura e umidade relativa do ar.

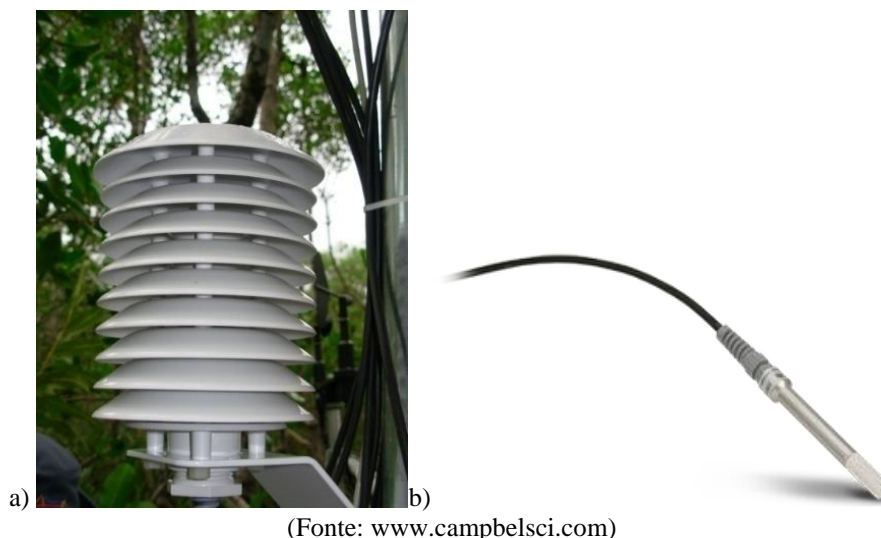


Figura 17 - Abrigo meteorológico (a), contendo sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar – CS215 (b). Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).

Para a quantificação da umidade presente no ar, ou seja, o vapor d' água contido na atmosfera, foi necessário estimar a umidade absoluta do ar (UA) a partir da umidade relativa do ar e da temperatura do ar, que é expressa em gramas de água por m<sup>3</sup> de ar (g.m<sup>-3</sup>).

Para obter-se a umidade absoluta, primeiramente calculou-se a tensão de saturação do vapor d'água (*es*) pela fórmula 11. Em seguida, obteve-se a tensão atual do vapor (*ea*) pela fórmula 12, utilizando o dado de umidade relativa (UR) obtido no sensor instalado no manguezal, e por fim, obtém-se a umidade absoluta (UA) a partir da fórmula 13.

$$es = 0,611 * 10^{[(7,5*Ts)/(237,3+Ts)]} \quad (\text{kPa}) \quad \text{Fórmula 11}$$

$$UR = \left( \frac{ea}{es} \right) \quad (\%) \quad \text{Fórmula 12}$$

$$UA = 2168 \left[ \frac{ea}{273+Ts} \right] \quad (\text{g/m}^3) \quad \text{Fórmula 13}$$

Temperatura do solo: Para a identificação da influência da maré no microclima do manguezal instalou-se um sensor de temperatura do solo modelo 109 G (Figura 18). Devido a posição de instalação do sensor, a 2 cm de profundidade, e a influência diária da maré, em alguns momentos do dia quando a maré está alta (preamar), o termômetro registra a temperatura do solo submerso, e em outros momentos o sensor registra a temperatura do solo saturado, em maré vazante (baixamar). Portanto, quando se representa a temperatura do solo está implícita esta condição de movimento de maré. Além disso, os dados de temperatura do ar foram utilizados para comparar com os de temperatura do solo.



Figura 18 - Termômetro de solo instalado nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, modelo 109G. Fonte: <http://www.campbellsci.com/109-temperature-ordering>.

Precipitação: Foram instalados dois pluviômetros, tipo TE525MM-L15, fabricados pela Texas Instruments, com registros a cada 10 min (Figura 19). A precipitação total foi medida pelo sensor instalado acima do dossel ( $P^{12}$ ) e a precipitação interna, que é a chuva que atinge o solo, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas entre as copas e gotas que respigam do dossel, pelo sensor instalado abaixo do dossel ( $P^2$ ).





Figura 19 - Pluviômetro instalado nos manguezais da Barra do Ribeira, tipo TE525MM-L15. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).

Direção e velocidade do vento: Foram instalados dois sensores de velocidade e direção do vento na torre microclimática, Modelo 03001-LS15-LD15, fabricação Campbell Scientific, um abaixo do dossel e outro acima, com registro a cada 10 minutos (Figura 20).



Figura 20 - Sensor de velocidade e direção do vento, instalados no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP, no nível 2 m. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).

Os dados de velocidade do vento foram ainda classificados de acordo com a Escala de Beaufort. Essa escala foi proposta em 1806 pelo Contra-Almirante britânico Francis Beaufort, um hidrógrafo, que descreveu em seu diário, pela

primeira vez, a escala que leva seu nome. A escala foi posteriormente alterada de 14 para 13 níveis, pelo próprio Beaufort. A escala Beaufort foi oficialmente utilizada, pela primeira vez, em 1831, na famosa expedição em que Charles Darwin participou (DHN, 2014). A tabela 6 apresenta as divisões da escala de Beaufort.

Para analisar a influência da brisa marítima e terrestre na direção do vento, os dados foram separados no período diurno das 10h às 21h50min e noturno das 22h às 09h50min.

Tabela 6 - Escala proposta por Beaufort para a classificação de ventos.

Designação de Beaufort	Velocidade (km/h)	Designação
0	<1	Calmo
1	1-5	Bafagem
2	6-11	Aragem
3	12-19	Vento fraco
4	20-28	Vento moderado
5	29-38	Vento fresco
6	39-49	Vento muito fresco
7	50-61	Vento forte
8	62-74	Vento muito forte
9	75 – 88	Temporal
10	89 – 102	Temporal desfeito
11	103 – 117	Tufão
12	>118	Furacão

Fonte: DHN (2014)

Radiação Solar: Foram instalados dois sensores para obter medidas de radiação solar global: um saldo radiômetro, CNR1, fabricado pela Kipp & Zonen, instalado acima da cobertura vegetal (Figura 21); e um piranômetro, também fabricado pela Kipp & Zonen, para medir a radiação solar global abaixo da copa das árvores (Figura 22).



Figura 21 - Saldo radiômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).



Figura 22 - Piranômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios, Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).

A transmissividade do dossel ( $\tau_d$ ) foi obtida com uso da fórmula 14, onde  $RG^2$  é a radiação solar global abaixo do dossel e  $RG^{12}$  é a radiação solar global acima do dossel.

$$\tau_d = \frac{RG^2}{RG^{12}} \quad \text{Fórmula 14}$$

O coeficiente de transmissividade atmosférico ( $\tau$ ) foi determinado pela fórmula 15.

$$\tau = \frac{RG^{12}}{I_0} \quad \text{Fórmula 15}$$

Em que  $I_0$  é irradiância no topo da atmosfera, calculada instantaneamente conforme Iqbal (1980), pela fórmula 16, em que  $I_{sc}$  representa a constante solar equivalente a  $1367 \text{ W m}^{-2}$ ;  $E_0$  é o fator de correção da excentricidade da órbita da terra;  $\delta$  é a declinação solar;  $\phi$  é a latitude local e  $\omega$  é o ângulo horário.

$$I_0 = I_{sc} E_0 (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega) \quad \text{Fórmula 16}$$

A transmissividade é um valor adimensional que varia entre valores próximos de zero (dias e horários totalmente nublados) e menor que um (dias e horários com cobertura de céu totalmente limpo).

Para a análise dos dados na escala diária durante os sistemas atmosféricos atuantes, os dias foram agrupados e classificados de acordo com a Tabela 7, que apresenta os intervalos de transmissividade atmosférica.

Tabela 7 - Intervalos de classes para os valores de transmissividade atmosférica ( $\tau$ ).

Classes para $\tau$	Cobertura de céu
$\tau < 0,30$	Nublado
$0,31 > \tau < 0,65$	Parcialmente nublado
$\tau > 0,66$	Limpo

Obteve-se, ainda, o albedo ou coeficiente de reflexão para os manguezais. O albedo ( $\alpha$ ) médio foi obtido por meio da fórmula 17, em que  $\alpha$  é o albedo da superfície;  $\sum R_r$  é a somatória da radiação solar global refletida;  $\sum R_G$  é a somatória da radiação solar global, em escala diária.

$$\alpha = \left( \frac{\sum R_r}{\sum R_G} \right) * 100 \quad (\%) \quad \text{Fórmula 17}$$

Considerou-se ainda a definição de que o coeficiente de reflexão é o coeficiente angular de regressão (b) e a inclinação da reta entre a radiação refletida e a incidente.

O saldo de radiação de onda curta (SROC) foi obtido pela fórmula 18. Enquanto o saldo de radiação de onda longa foi calculado pela fórmula 19 e o saldo total de radiação obtido pela fórmula 20.

$$\text{SROC} = \text{RG} - \text{Rr} \quad \text{Fórmula 18}$$

$$\text{SROL} = \text{Ratm} - \text{Rter} \quad \text{Fórmula 19}$$

$$\text{SR} = \text{SROC} + \text{SROL} \quad \text{Fórmula 20}$$

### 7.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram analisados por meio dos softwares Minitab e BioEstat – versão 5.0. Foram utilizados recursos de estatística descritiva, análises de regressão e de correlação, testes para identificar a normalidade das variáveis, testes de hipóteses t pareado e não paramétrico Wilcoxon, além de gráficos de linha, de barras, *boxplot* e histograma que contribuem para analisar a variabilidade e homogeneidade da série de dados.

A função descritiva da estatística consiste em sumarizar os dados coletados, ordenando-os e classificando-os, para torná-los de fácil entendimento, conforme o tipo da variável que está em estudo (AYRES et al., 2007). Os seguintes descritores foram selecionados: valor mínimo, valor máximo, média aritmética, desvio-padrão e coeficiente de variação.

Quando apresentamos uma medida de tendência central para representar um conjunto de dados, é necessário que esta medida seja acompanhada de outra que reúna a variabilidade (dispersão) dos dados. Para os métodos estatísticos, a medida de dispersão é de fundamental importância, pois a estatística só existe porque os fenômenos têm variabilidade. Para o desvio padrão, o princípio básico é analisar os desvios das observações em relação à média aritmética. O valor zero para o desvio padrão indica ausência de variação; o valor da medida de dispersão vai aumentando conforme aumenta a variação (ANDRADE; OGLIARI, 2007).

O coeficiente de variação (CV) é uma medida relativa percentual da variabilidade dos dados em torno da média. É uma medida de dispersão relativa porque estabelece uma relação entre o desvio padrão e a média. De acordo com Andrade e Ogliari (2007), em experimentos agrícolas de campo, os coeficientes de variação são classificados com os seguintes critérios:  $CV \leq 10\%$  = baixo;  $10\% < CV \leq 20\%$  = médio;  $20\% < CV \leq 30\%$  = alto; e  $CV > 30\%$  = muito alto.

O CV representa a variabilidade dos dados em relação à média, sendo que quanto menor for, mais homogêneos serão os dados, o que significa menor dispersão em torno da média. É um dado adimensional, que será positivo se a média for positiva, será zero quando não houver variabilidade entre os dados, é

usualmente expresso em porcentagem, indicando o percentual que o desvio padrão é menor ( $CV < 100 \%$ ) ou maior ( $CV > 100 \%$ ) do que a média.

O gráfico *boxplot* é um bom exemplo de representação de dispersão de dados. Nesse gráfico estão representados a mediana e os *quartis*. O objetivo do uso da mediana e dos *quartis* é obter informações sobre a forma, o valor representativo, a dispersão e os valores discrepantes da distribuição dos dados observados e, assim, responder importantes questões da pesquisa. A média e o desvio padrão são afetados, de forma exagerada, por valores extremos, portanto, não são medidas indicadas para distribuições assimétricas, pois não representam bem a realidade dos fatos. Além disso, somente com a média e o desvio padrão não se tem a ideia da forma como os dados se distribuem. Para melhor análise são utilizados a mediana, o menor valor (mínimo) e o maior valor (máximo), o primeiro *quartil* ( $Q_1$ ), o terceiro *quartil* ( $Q_3$ ) e o intervalo interquartilício (ANDRADE; OGLIARI, 2007). Esses conceitos são apresentados ao longo das análises dos dados por meio de gráfico *boxplot*. Ademais, o gráfico *boxplot* também permite analisar a simetria dos dados.

Quando se pode demonstrar que existe associação entre duas variáveis quantitativas, isto é, quando se constata que elas variam juntas, as variáveis estão correlacionadas. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) pode variar de +1 a -1, e quanto mais próximos desses valores, mais forte a associação das variáveis, sendo que o valor zero desse coeficiente indica ausência de correlação. Em algumas situações, além do interesse em saber se existe relação entre duas variáveis, pode-se desejar estabelecer uma relação de causalidade, sendo necessário quantificar qual é a mudança observada em uma das variáveis quando a outra varia. Para isso aplicou-se análise de regressão linear simples nos dados. De acordo com Callegari-Jacques (2003), o estudo da regressão aplica-se àquelas situações em que há razões para supor uma relação de causa-efeito entre duas variáveis quantitativas e se deseja expressar matematicamente essa relação.

A análise de regressão linear simples refere-se a um teste estatístico que determina o modelo estimador dos valores de Y a partir dos valores de X. Uma

tendência nos dados pode ser modelada por uma linha reta, mostrando uma taxa constante de aumento ou diminuição.

Ao longo do trabalho também foram utilizados testes de hipóteses estatísticas, que são procedimentos utilizados em pesquisas que possibilitam decidir pela escolha ou rejeição da hipótese determinada. O objetivo do teste de hipótese é dizer, usando estatística, se a hipótese formulada é ou não aceitável (BUSSAB; MORETIN, 2010).

Em muitas situações práticas o interesse do pesquisador é verificar a veracidade de uma afirmação sobre um ou mais parâmetros populacionais. Essas afirmações são consideradas hipóteses estatísticas, porque se referem a parâmetros populacionais, e comumente precisam ser verificadas a partir de amostras. Assim, o objetivo de um teste estatístico de hipóteses é fornecer ferramentas que nos permitam rejeitar ou não uma hipótese estatística através dos resultados de uma amostra. A construção de um teste de hipótese requer a especificação de duas hipóteses, denominadas hipótese nula –  $H_0$  (que sugere um valor para o parâmetro populacional ou a igualdade dos parâmetros em teste) e hipótese alternativa –  $H_1$  (que sugere que a afirmação da hipótese nula seja falsa) e de um critério para a rejeição da hipótese nula (ANDRADE; OGLIARI, 2007).

Qualquer que seja a decisão tomada, de rejeitar ou não a hipótese nula, corre-se o risco de uma decisão errônea, pois os resultados são baseados em uma amostra. Assim, há o risco de se rejeitar uma hipótese quando essa deveria ser aceita, o que se denomina de *erro tipo I*, ou não rejeitar quando ela deveria ser rejeitada, denominado *erro tipo II*. A probabilidade de erro tipo I é usualmente representada pela letra  $\alpha$  e denominada *nível de significância do teste*. Um valor aceitável para essa probabilidade é 0,05 (ou 5 %). A probabilidade do erro tipo II é geralmente representada pela letra grega  $\beta$ . Usualmente esse valor não deve exceder a 0,20 (ou 20 %) (ANDRADE; OGLIARI, 2007).

#### **7.4 ROTEIRO METODOLÓGICO E PROCEDIMENTAL**

Os procedimentos metodológicos, operacionais e as etapas apresentadas nesta pesquisa podem ser visualizados de forma mais direta e esquematizada na figura 23.

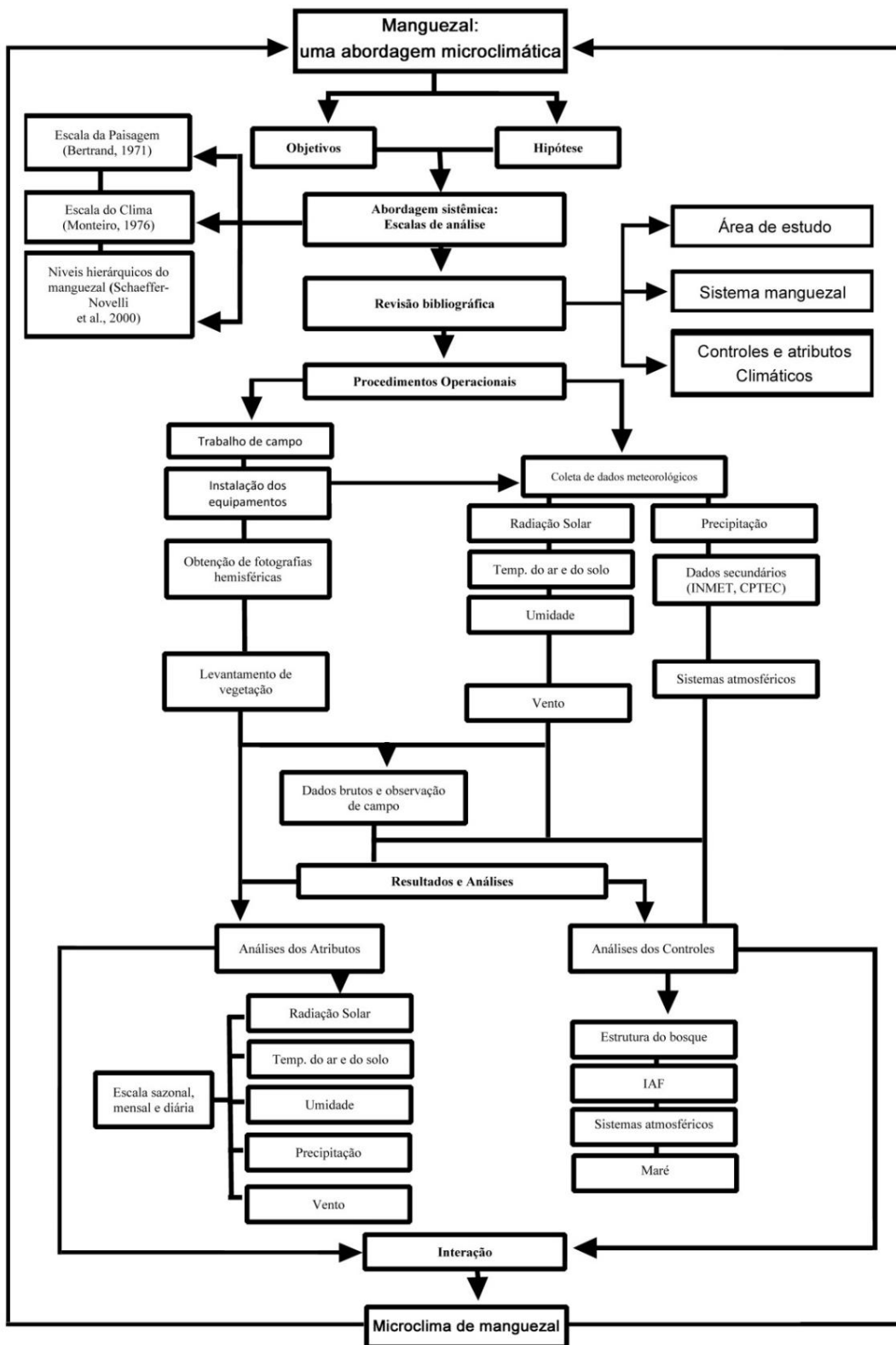


Figura 23 - Roteiro metodológico e procedimental da pesquisa. Elaboração: Nádia G. B. Lima (2014).



## 8 SISTEMA MANGUEZAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os manguezais são distribuídos na zona intertidal, entre o mar e a terra nas regiões tropicais e subtropicais do mundo no intervalo de, aproximadamente, 30° N e 30° S de latitude. Sua distribuição global é delimitada pelas grandes correntes oceânicas e a isoterma de 20 °C da água do mar no inverno (ALONGI, 2009).

De acordo com Tomlinson (1986), a palavra manguezal tem sido usada para referir-se tanto às plantas constituintes das florestas tropicais intertidais quanto ao ecossistema como um todo. É comumente utilizado para identificar as árvores e arbustos que desenvolveram adaptações morfológicas a este ambiente (por exemplo, raízes aéreas, glândulas de excreção de sal e viviparidade de sementes), bem como o próprio ecossistema (FAO, 2007).

O manguezal representa a interface entre sistemas terrestres e marinhos, que recebem entrada diária de água do mar (marés), de água doce, sedimentos e nutrientes. Esse ambiente contribui para a proteção da linha de costa contra danos causados pela erosão costeira e tempestades, fornecem habitat para uma variedade de espécies terrestres, estuarinas e marinhas e serve como fonte de nutrientes e sedimentos para outros ecossistemas costeiros e marinhos, incluindo algas marinhas e recifes de coral (POLIDORO et al., 2010).

Algumas famílias das árvores que compõem esse ambiente, como a Rhizophoraceae, Avicenniaceae e Combretaceae, desenvolveram adaptações fisiológicas e estruturais para o habitat de água salobra em que vivem os manguezais. De acordo com as fontes consultadas (TOMLINSON, 1986; LUGO; SNEDAKER, 1974; FAO, 2007; SPALDING et al., 2010) o número de espécies de manguezal varia entre 50 e 70 espécies, com maior diversidade de espécies encontradas na Ásia, seguida pela África Oriental.

Chapman (1970<sup>7</sup> apud WOODROFFE; GRINDROD, 1991) enumera dezesseis gêneros *core*, que podem ser considerados manguezais característicos: *Aegialitis*, *Aegiceras*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Camptostemon*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Laguncularia*, *Lumnitzera*, *Osbornia*, *Pelliciera*, *Rhizophora*, *Scyphiphora*, *Sonneratia*, *Xylocarpus* e *Nypa*. Estes são tratados como gêneros núcleo de manguezais, embora *Conocarpus* nas Américas, e *Acanthus*, *Diospyros*, *Excoecaria* e *Heritiera* na costa do Oceano Pacífico e Índico, também sejam considerados manguezais por alguns autores. Além disso, duas espécies de samambaias do gênero *Acrostichum* são frequentemente associados com os manguezais.

As distribuições dos manguezais se dividem em dois setores distintos, a região do Novo Mundo (as Américas e a costa oeste da África), e do Velho Mundo (costa leste da África, Ásia, Austrália e Oceania). Destes, o Novo Mundo é o mais depauperado em espécie. Grande parte de sua extensão é dominada por três espécies: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L. e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn., embora também possam ser encontrados manguezais com a presença de *Rhizophora racemosa* G.Mey., *Rhizophora harrisonii* Leechm., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, *Avicennia bicolor* Standl., *Avicennia tonduzii* Moldenke, *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana e *Conocarpus erectus* L. O Velho Mundo contém representantes de todos os dezesseis gêneros *core*, exceto *Laguncularia* e *Pelliciera* (WOODROFFE; GRINDROD, 1991).

Segundo Tomlinson (1986), o Velho Mundo é muito mais rico do que o Novo Mundo em número de espécies, sendo a região mais diversificada entre a Malásia e o Norte da Austrália.

Recentemente, Spalding et al. (2010) listou 73 espécies de manguezal, considerando também as espécies híbridas, todas com adaptações para esse ambiente e raramente encontradas em outros locais.

Em países subtropicais e zonas áridas, os manguezais, muitas vezes, aparecem apenas como pequenas árvores, mas ainda desempenham um papel essencial para as comunidades humanas locais (FAO, 2007).

---

<sup>7</sup> Chapman, V.J. (1970) *Mangrove phytosociology*. Trop. Ecol. 11, 1-19.

Odum (1967<sup>8</sup> apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985) enfatiza a elevada complexidade presente nos manguezais, mencionando que vários fatores, de diferentes naturezas, são responsáveis pelo desenvolvimento desse ambiente, como a maré, a energia solar, aporte de água doce e nutrientes e que os fluxos dessas energias e materiais disponíveis contribuem para um maior ou menor desenvolvimento, dependendo da intensidade e frequência com que atuam essas forças.

Lugo e Snedaker (1974), baseados na linguagem do circuito ecológico criado por H. Odum (1967), construíram um modelo (Figura 24) que representa a estrutura essencial e os atributos funcionais do ecossistema manguezal, bem como a principal fonte externa de energia e estresse que afetam o sistema.

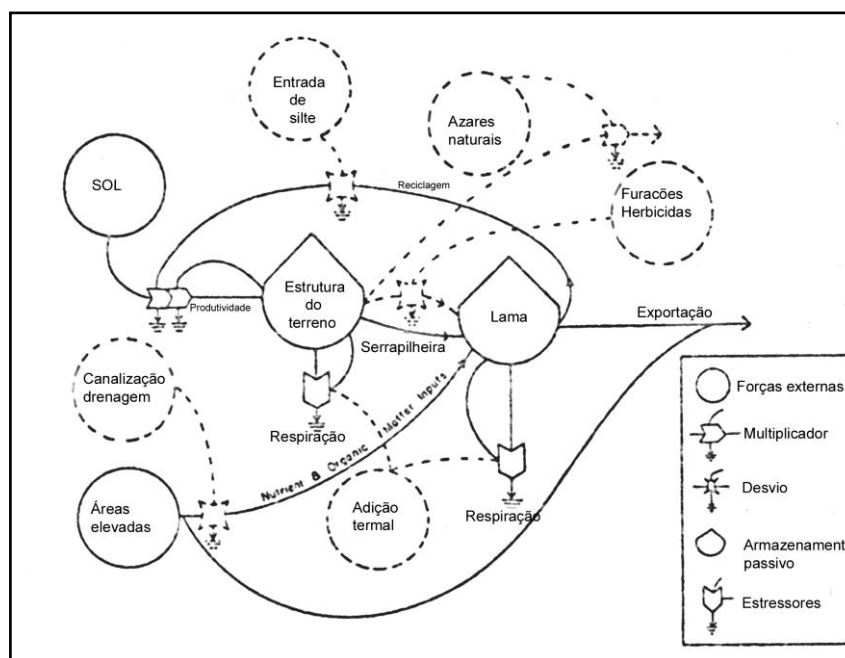


Figura 24 - Modelo de energia ilustrando os maiores armazenamentos e fluxos em um ecossistema manguezal. Os estressores potenciais estão distinguidos por linhas tracejadas. Fonte: Lugo e Snedaker (1974).

Este modelo é composto por dois compartimentos de manguezal (estrutura do terreno e substrato, que inclui raízes e processos aeróbicos e anaeróbicos); por

<sup>8</sup>ODUM, H.T. Work circuits and system stress. In: YOUNG, H.E. (Ed.). *Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems*. Orono Maine, University of Marine Press, p. 81-138, 1967.

duas fontes externas de energia (o Sol e escoamento de áreas elevadas, que inclui a precipitação); cinco processos que ocorrem nos manguezais (produtividade primária, respiração subaérea, respiração intersticial, reciclagem de nutrientes minerais e exportação de matéria orgânica para os estuários e ambientes contíguos) e seis potenciais fatores estressantes (canalização, drenagem, sedimentação, tempestades, herbicidas e carga termal) (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Manguezais são importantes para conservação da diversidade biológica, visto que fornecem habitats, áreas de desova, berçários e nutrientes para um grande número de espécies, muitas delas ameaçadas de extinção. Destacam-se espécies de répteis (como crocodilos, iguanas e cobras), anfíbios, mamíferos (como tigres, veados, lontras, peixes-boi e golfinhos) e aves (garças, pelicanos e águias, entre outras). Uma grande variedade de peixes e mariscos também depende dessas florestas costeiras. O papel dos manguezais na cadeia alimentar marinha é crucial (FAO, 2007).

A maior quantidade de manguezais pode ser encontrada no Sudeste Asiático, onde apresentam um melhor desenvolvimento e têm maior diversidade de espécies, conforme figura 25.

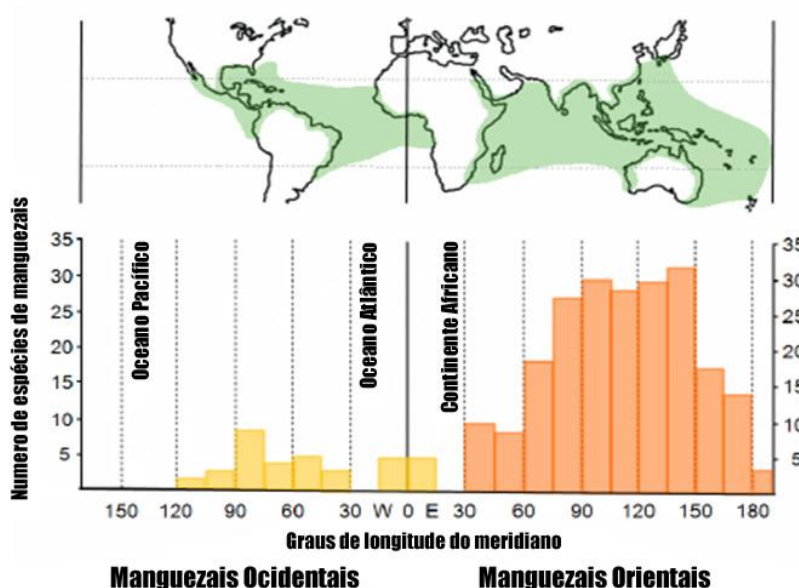


Figura 25 - Número de espécies de manguezais distribuídas a cada 15° de longitude  
Fonte: Tomlinson (1986).

Para Duke, Ball e Ellison (1998), a distribuição dos manguezais pode ser avaliada de acordo com quatro escalas geográficas, conforme figura 26: 1) com análise de sua ocorrência em todo o mundo, portanto em uma escala global; 2) em uma ou mais regiões biogeográficas, com análise de sua posição na costa de cada setor, o que seria a escala regional; 3) sua localização dentro de um estuário, portanto na escala local; 4) e sua posição ao longo do perfil intertidal, abordando questões de microescala.

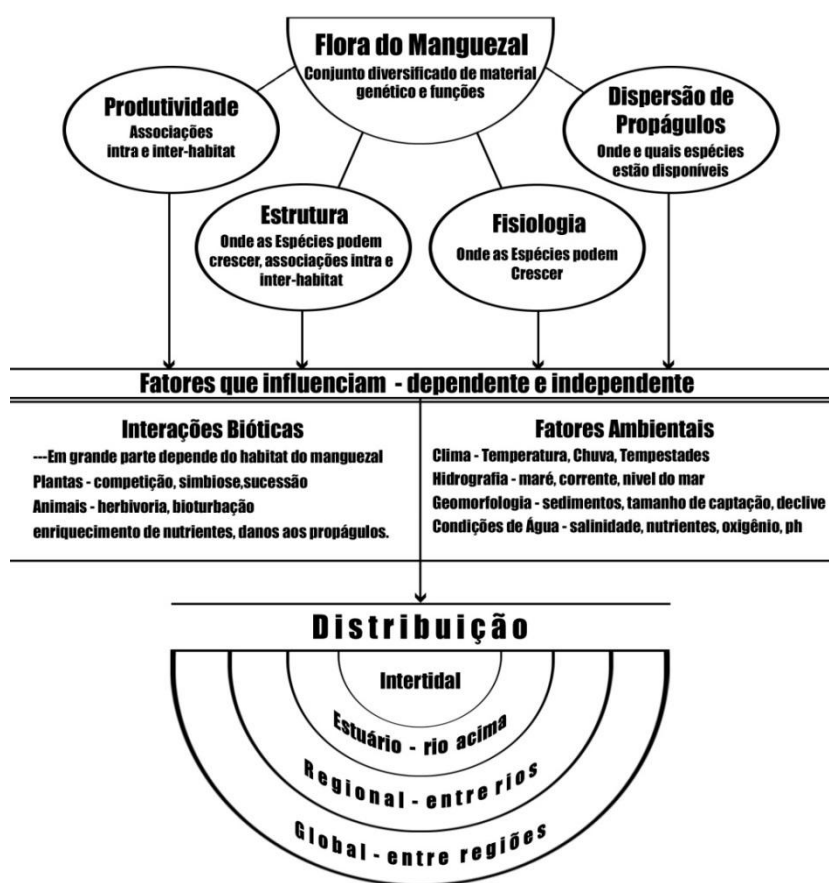


Figura 26 - As relações entre a florística do mangue, sua diversidade estrutural e funcional e os fatores que influenciam sua distribuição. Fonte: Duke, Ball e Ellison (1998).

Duke, Ball e Ellison (1998) ressaltam que os manguezais são encontrados em todo o mundo em regiões tropicais e, ocasionalmente, em latitudes subtropicais. Nenhuma espécie ocorre apenas em ambientes subtropicais. Esses autores destacam que as espécies de mangue são divididas principalmente em dois hemisférios globais, a área do Atlântico e Leste do Pacífico (AEP) e no Oeste do

Pacífico e Índico (IWP). A diversidade de espécies é maior no IWP, com um total de 58 táxons, o que equivale a mais de quatro vezes a diversidade da AEP, com 13 espécies que ocorrem naturalmente. Há uma sobreposição de apenas uma espécie entre os hemisférios, o *Acrostichum aureum* L., conhecido popularmente por samambaia de mangue.

### 8.1 ADAPTAÇÃO DA FLORA DO MANGUEZAL

As espécies de mangue possuem adaptações ao meio, que lhes permite a sobrevivência. Entre estas adaptações, destacam-se a habilidade em impedir a entrada de sais nos seus tecidos, ou a presença de órgãos especiais para a excreção de sal; os pneumatóforos e as lenticelas nas raízes escora que permitem a respiração da planta; as raízes escora e adventícias que ajudam a sustentar a árvore em substratos movediços; e propágulos que flutuam na água salgada (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986). Embora essas plantas possam se desenvolver em ambientes livres da presença do sal, em tais condições não ocorre formação de bosque, pois perdem espaço na competição com plantas de crescimento rápido e melhor adaptadas à presença de água doce.

O processamento excessivo de sal na água absorvida é um dos maiores desafios no ambiente salgado em que vivem os manguezais. Estas plantas desenvolveram vários métodos, de acordo com as espécies, para se adaptar ao ambiente salgado do mar. As espécies podem excluir a absorção de sal na raiz ou remover o excesso de sal na folha, usando as glândulas de excreção de sal (como o gênero *Avicennia*, *Aegiceras* e *Aegialitis*) ou pela transpiração cuticular, ou ainda acumulando sal em tecidos das folhas (FAO, 2007).

Outra adaptação facilmente reconhecível desenvolvida pelos manguezais é o sistema de enraizamento, que é completamente ou parcialmente exposta à atmosfera, pelo menos, parte do dia, mas coberta por água durante a maré alta. Suas principais funções são a troca de gases, a sustentação da árvore no solo lamacento e absorção dos nutrientes (FAO, 2007). Essa sustentação ocorre por

meio de raízes aéreas que crescem a partir do tronco e dos galhos mais baixos de *Rhizophora* spp. ou por meio de pneumatóforos (extensões do sistema subterrâneo de enraizamento) que se levantam do solo e se estendem a uma longa distância da árvore parental nos gêneros *Avicennia*, *Sonneratia* e *Laguncularia* (FAO, 2007).

Outra adaptação refere-se à reprodução dessas espécies. Para aumentar a propagação bem sucedida da planta, algumas famílias de mangue desenvolveram sistemas de reprodução muito eficientes. Por exemplo, na família Rhizophoraceae, a semente é germinada sobre a árvore-mãe. Nesta espécie vivípara, o embrião não tem nenhuma dormência e é separado apenas quando maduro e pronto para ser estabelecido. Outras espécies, por exemplo, nos gêneros *Aegiceras*, *Avicennia*, *Nypa* e *Pelliciera*, desenvolveram criptoviviparidade, em que o embrião emerge da semente, mas não a partir do fruto (FAO, 2007).

A maioria das angiospermas consideradas como típicas do manguezal apresenta reprodução por viviparidade. Esse processo permite que as sementes permaneçam na árvore-mãe até se transformarem em embriões. Essas estruturas, conhecidas pelo nome de propágulos, acumulam quantidade de reservas nutritivas, permitindo sua sobrevivência enquanto flutuam por longos períodos de tempo até encontrarem ambiente adequado à sua fixação (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995). Nos manguezais, existem também espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas típicas.

## **8.2 A FLORA DO MANGUEZAL NO BRASIL**

O manguezal brasileiro representa uma associação de espécies de mangue dos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia*, *Conocarpus*, de espécies facultativas dos gêneros *Hibiscus*, *Acrostichum* e de gêneros associados como *Spartina*.

No Brasil, ocorrem três espécies do gênero *Rhizophora*, também conhecido por mangue vermelho: *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora harrisonii* Leechm., *Rhizophora racemosa* G.Mey. Esse gênero é encontrado nas franjas em contato com o mar, ao longo de canais, na foz de alguns rios e também em bacias interiores onde a salinidade não é muito alta. É uma árvore de casca lisa e clara, que quando raspada apresenta em seu interior a cor vermelha (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). A *Rhizophora* tem um sistema de estruturas aéreas que lhe fornece estabilidade em solo permanentemente alagado. Na verdade, estas estruturas, conhecidas como "raízes aéreas", são ramos especiais com geotropismo positivo, que formam um grande número de raízes quando em contato com o solo e são denominados rizóforos (MENEZES, 2006).

Esse gênero realiza as trocas gasosas, através de lenticelas, presentes nas raízes e possui também raízes adventícias que partem dos galhos e auxiliam na sustentação da árvore. As copas são arredondadas, formando bosques com estaturas variando de 5 a 30 m de altura. As folhas são opostas, coriáceas, carnosas e ovaladas, apresentando comprimento aproximadamente igual ao dobro da largura. A *Rhizophora* é o gênero menos tolerante à presença do sal, desenvolvendo-se melhor em locais onde a água contida no sedimento (água intersticial) apresenta teores menores que 50 partes de sal por 1.000 partes de água (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). A figura 27 apresenta indivíduos de *Rhizophora mangle* presente no litoral sul de São Paulo.



Figura 27 - Mangue vermelho (*Rhizophora mangle* L.) – Iguape/SP. Foto: Nadia G. B. Lima (2007).



De acordo com Schaeffer-Novelli (1991), o gênero *Avicennia*, ou ainda siriúba ou mangue preto, como é popularmente conhecido, é uma árvore com casca lisa, de cor castanho-claro, que quando raspada mostra cor amarelada. Os bosques maduros variam de 6 a 25 metros de altura. Seu sistema radicular é muito ramificado horizontalmente, apresentando distribuição radial, não ultrapassando os 50 cm de profundidade no sedimento. Dessas raízes axiais saem ramificações que crescem eretas (geotropismo negativo), chamadas pneumatóforos, que apresentam consistência esponjosa e têm função destacada no processo das trocas gasosas entre a planta e o meio. *Avicennia* é o gênero mais tolerante ao sal, conseguindo sobreviver em locais onde as águas intersticiais chegam a conter 65 a 90 partes de sal por 1000 partes de água. A reprodução ocorre por viviparidade. As espécies desse gênero comum no Brasil são *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke e *Avicennia germinans* (L.) L. No litoral sul de São Paulo, principalmente no município de Cananéia destaca-se a presença da *Avicennia schaueriana* (Figura 28). Na Ilha dos Papagaios, local de instalação da torre microclimática não ocorre essa espécie, provavelmente pela baixa salinidade encontrada na área.



Figura 28 - Mangue preto (*Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke) – Cubatão/SP. Foto: Ana Lúcia G. dos Santos (2008).

Outro gênero que merece destaque é *Laguncularia*, representado pela espécie *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn., conhecido popularmente por mangue

branco. Encontra-se, às vezes, ao longo de canais de água salobra, em bordos de praias arenosas de costas de baixa energia. O sistema radicular desenvolve-se a partir das raízes radiais subterrâneas, de onde partem ramificações com geotropismo negativo – os pneumatóforos, que possuem extremidade bifurcada e arredondada. Esse sistema é semelhante ao do gênero *Avicennia*, porém menos desenvolvido. É uma árvore cujas folhas têm pecíolo vermelho, com duas glândulas em sua parte superior, junto à lâmina foliar. O porte é arbustivo ou arbóreo, com copa arredondada, variando de 2 a 8 m de altura. A reprodução se dá por viviparidade. O gênero *Laguncularia* apresenta tolerância intermediária à salinidade, quando comparado aos dois gêneros descritos anteriormente (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

A figura 29 apresenta a espécie *Laguncularia racemosa* presente no litoral sul de São Paulo.



Figura 29 - Mangue branco (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn) – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. Lima (2013).

O gênero *Conocarpus*, conhecido popularmente por mangue botão, é representado pela espécie *Conocarpus erectus* L. (Figura 30), muitas vezes, considerada uma espécie associada ao manguezal. Corresponde a uma árvore de pequena estatura, atingindo no máximo 4 m de altura. As folhas são alternadas, possuindo pecíolos curtos e alados. O sistema radicular não é adaptado à vida em terrenos alagados e salgados. Geralmente, as plantas

crecem em locais somente atingidos por preamares excepcionais – zonas de transição com a terra firme (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).



Figura 30 - Mangue botão (*Conocarpus erectus* L.) – Iguape/SP. Foto: Nadia G. B. Lima (2005).

Nas faixas de transição entre o manguezal e os sistemas de terra firme, ou em manguezais alterados, podem ocorrer outras espécies vegetais associadas ao manguezal, tais como: o algodoeiro da praia (*Hibiscus pernambucensis* Arruda), que é um arbusto ramificado, com folhas em forma de coração, flores grandes e vistosas de cor amarelada; samambaia do mangue (*Acrostichum aureum* L.), conforme figura 31, cujas folhas podem chegar a 2 metros de comprimento, e o lírio do mangue – *Crinum attenuatum* Willd. ex Schult. & Schult. (Figura 32). Quando a maré está baixa pode também se ver o praturá (*Spartina alterniflora* Loisel), gramínea comum em áreas de manguezais (Figura 33).



Figura 31 - Samambaia do mangue (*Acrostichum aureum* L.) – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2012).





Figura 32 - Lírio do mangue (*Crinum attenuatum* Willd. ex Schult. & Schult.f). Foto: Nádia G. B. de Lima (2012).



Figura 33 - Praturá (*Spartina alterniflora* Loisel). Foto: Ana Lucia G. dos Santos (2012).

### 8.3 FATORES ABIÓTICOS DETERMINANTES

Os processos físicos, tais como regime de marés e a topografia tornaram-se cada vez mais reconhecidos como fatores importantes na estrutura dos ecossistemas de mangue (LUGO; SNEDAKER, 1974). Contudo, Mazda, Wolanski e Ridd (2007) destaca que o reconhecimento destas relações foi mais qualitativa do que quantitativa e que é necessário obter um entendimento quantitativo dos processos

físicos e os mecanismos hidrodinâmicos que ocorrem nessas áreas como condição fundamental para a existência de manguezais.

Para Mazda, Wolanski e Ridd (2007), os processos físicos que ocorrem dentro de um manguezal são tão importantes quanto as árvores e a biologia associada à área. Diversos fatores físicos são fundamentais para a instalação dos manguezais, entre eles o fluxo das marés, com sua importância na troca de material entre o manguezal e o mar aberto, a influência de eventos como tsunamis e tempestades, a topografia local, o fluxo de água subterrânea e os processos atmosféricos. Esses dois últimos muitas vezes negligenciados em estudos de áreas de manguezais (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

Os efeitos de parâmetros atmosféricos, como radiação solar, chuva, evaporação, temperatura do ar, umidade e vento em ecossistemas de mangue são também frequentemente negligenciados, por serem muitas vezes considerados sem importância em comparação com a influência dos parâmetros hidrodinâmicos (MAZDA; WOLANSKI; RIDD 2007).

Wolanski (2006) salientou que o manguezal deve ser entendido como um componente da paisagem que compreende a bacia do rio e as águas estuarinas e costeiras, formando um sistema que deve ser considerado usando uma abordagem holística.

Os manguezais são influenciados por elementos atmosféricos, como a radiação solar, o vento, a chuva, a evaporação, a evapotranspiração, a temperatura do ar e a umidade (BLASCO, 1994; KJERFVE, 1990; WOLANSKI, 2006).

Para Herz (1998), todos os elementos encontrados na estrutura física e biológica dos manguezais integram um conjunto de variáveis ambientais, em que se destacam os componentes hidrológicos caracterizados nas marés, deflúvios e correntes que influenciam sua inundação e drenagem. Nesse aspecto as alterações encontradas no substrato em presença da água e da sedimentação associada à produtividade foliar causam diferentes efeitos sobre sua microclimatologia. Cada um dos componentes, segundo propriedades físicas em relação a sua interação com a radiação solar, promove circunstâncias de absorção, reflexão e transmissão de energia capazes de manter fatores muito

próprios de transformação que incidem sobre o condicionamento microclimático dos bosques, especialmente do seu balanço térmico.

Muitas explicações dos limites latitudinais para a distribuição do manguezal enfatizam a influência de controles e atributos climáticos, principalmente a temperatura do ar. Apesar das espécies de mangue possuírem diferentes limites latitudinais, muitos autores acabam por generalizar as restrições da distribuição em escala global (WOODROFFE; GRINDROD, 1991).

De acordo com Walsh (1974), o manguezal não cresce quando existe mais de 5 % de oscilação em torno da temperatura média do ar abaixo de 20 °C para cada mês do ano. Macnae (1963) acredita que os limites ocorrem onde as temperaturas médias do ar estão abaixo de 19 °C ou onde a média de temperaturas mínimas do ar estão abaixo de 13 °C. Chapman (1976) sugere que a média de temperatura mínima a partir de 10 a 12 °C pode ser tolerada. Barth (1982) enfatiza a influência da temperatura da água e indica a ausência geral de mangue onde as temperaturas médias da superfície do mar são sempre menores do que 24 °C.

Os fatores abióticos influenciam diretamente a existência do manguezal e tais condicionantes, em situações adversas, conduzem o manguezal a alterações fisiológicas extremas, que podem resultar em seu desaparecimento.

Segundo Ribeiro et al. (2010), a estrutura e funcionalidade do mangue depende da estabilidade do ambiente físico. No entanto, este ambiente está sob pressão, muitas vezes, provocada por ações antrópicas. Esse fato tem causado preocupações sobre a irreversibilidade do possível impacto ambiental local e sua influência sobre o regime micrometeorológico do manguezal. Além disso, os manguezais são importantes para a proteção costeira dos ventos e das ondas de tempestade tropical.

Blasco (1984) em suas considerações sobre a biogeografia do manguezal indica que as espécies desapareceriam quando a temperatura média do ar do mês mais frio fosse inferior a 16 °C. Chapman (1976) cita *Avicennia germinans* (L.) L. como espécie capaz de tolerar uma temperatura mínima de 10 °C.

Para Chapman (1975), a existência de extensos manguezais depende de sete requisitos básicos, ainda que Walsh (1974) destaque apenas os cinco primeiros:

- ✓ Temperatura do ar: os manguezais ocorrem geralmente onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 20 °C e a variação sazonal não excede 5 °C, exceto no leste da África onde a variação pode chegar a 10 °C.
- ✓ Costas abrigadas: o manguezal melhor se desenvolve sob áreas costeiras em que há proteção contra a forte ação de ondas e marés, visto que as mesmas podem mover as plântulas antes que elas se estabilizem.
- ✓ Água salgada: apesar de não ser um pré-requisito para o desenvolvimento dos manguezais, a presença de água salgada contribui para que o mangue ganhe na competição com espécies terrestres não adaptadas a presença de sal no sedimento.
- ✓ Variação da maré: as marés controlam a zonação de algumas espécies de mangue. Uma larga amplitude de maré associada com um plano costeiro suavemente inclinado promove o desenvolvimento de um largo cinturão de manguezal.
- ✓ Substrato argiloso: manguezais mais extensos estão associados com solos argilosos, apesar de também crescerem sobre areia, turfa e rochas.
- ✓ Correntes oceânicas: é notado que o limite sul dos manguezais da costa oeste da África coincide com a fronteira entre uma corrente de água fria dirigida ao sul e uma corrente de água quente. A mesma situação é verificada na costa oeste da Austrália e para uma distribuição muito restrita na costa oeste da América do Sul, onde a corrente fria de Humboldt estende-se para o norte.
- ✓ Baixios praias: provêem uma oportunidade para o desenvolvimento extensivo dos manguezais, enquanto sob declive íngreme é possível o desenvolvimento de franja de mangue.

Em geral, os manguezais mantêm temperatura do ar diferenciada dos ambientes periféricos, principalmente em relação à mata costeira, que processa e acumula a radiação de modo próprio muito distinto ao da Floresta Atlântica. Por comparações realizadas simultaneamente entre as duas identidades botânicas referidas com relação à variação diurna da temperatura, foram constatadas

temperaturas mais elevadas nos espaços ocupados por mangues (SILVA; HERZ, 1987).

Pela elevação da temperatura sobre os manguezais deduz-se que a umidade em suspensão promove a absorção parcial das radiações do infravermelho, cujo produto soma-se à quantidade de energia acumulada pelo substrato negro, resultante da decomposição e oxidação da biomassa, como também pela água superficial mantida nos interstícios do substrato e pequenas depressões. Pode-se afirmar que os manguezais em sua funcionalidade capacitam o ambiente em superfícies de absorção das radiações, especialmente do espectro infravermelho, caracterizando diferentes albedos (SILVA, 1991).

As condições climáticas dos manguezais alteram-se em relação à latitude e sazonalmente em função da declinação solar, que provoca mudanças no balanço térmico e na capacidade energética pela variação no fluxo de radiações incidentes. Entretanto, deve-se considerar que os ciclos de produção foliar nas diversas espécies associadas condicionam também a incidência das radiações, expondo de modo variado e diferenciado a copa das árvores, e conforme a posição das mesmas, o substrato que acumula parte de toda a energia encontrada no balanço térmico do manguezal (HERZ, 1998).

Segundo Herz (1998), as chuvas regionais exercem uma influência importante na dissolução dos sais marinhos, diminuindo seu conteúdo acumulado no substrato, que, caso contrário importaria um processo de concentração do sal durante secas pronunciadas por longos períodos, afetando a estabilidade das soluções no lençol freático. Tais condicionantes induzem alterações fisiológicas extremas no ecossistema manguezal que levam as espécies à intolerância e extinção. Porém, na maioria dos estudos, as chuvas em manguezais geralmente são negligenciadas, pois é uma fonte menor de água em comparação com a enorme quantidade de água que inunda o bosque na maioria das marés. No entanto, em regiões tropicais, o ano é geralmente dividido em duas estações, úmida e seca, e a variação na precipitação ao longo de um ano é um parâmetro importante. A diferença entre as condições ambientais nas estações secas e úmidas podem ser extremas (RIDD; STIEGLITZ, 2002).



Para Tomlinson (1986), a distribuição dos manguezais é claramente correlacionada com a temperatura da água do mar e seus limites mostram uma correlação com a isoterma de 24 °C. Exceção a este padrão ocorre na costa atlântica da América do Norte e da África, onde o limite é mais próximo de 27 °C, e no sul do Japão. Isso sugere que as espécies do gênero *Avicennia* no hemisfério ocidental são menos tolerantes ao frio do que a espécie no hemisfério oriental. Tomlinson (1986) ainda destaca que os manguezais não toleram resfriamento e frequentemente, temperaturas em torno de 5 °C são desfavoráveis ao crescimento da maioria das espécies.

Para Silva e Herz (1987), o manguezal tem uma característica de regulador térmico, devido ao acúmulo da radiação solar no substrato, cujo elevado conteúdo de água, constantemente renovado pelo efeito de maré, está sempre disponível no substrato para ser usado pelas plantas no processo de evaporação.

De acordo com Chapman (1976), a temperatura e a precipitação têm papel de destaque na biogeografia do manguezal, com influência marcante na distribuição do manguezal. Ribeiro (2001) afirma que as precipitações têm repercussão na fisiologia das plantas halófitas e nas propriedades físicas dos solos, expostos às precipitações ou aos deflúvios extremos que reduzem a salinidade das águas no interior dos canais de drenagem das planícies costeiras.

Para Spalding et al. (2010), os manguezais prosperam em áreas onde a água salgada é diluída por alta regularidade de chuvas, fluxos de água subterrânea e rios. Em locais onde as condições são ideais, os manguezais formam extensas florestas, com dossel acima de 30 metros. Por outro lado, onde as condições são mais áridas ou salinas, poucas espécies podem sobreviver, e essas têm altura que raramente atinge 3 metros.

A influência da temperatura e da precipitação na distribuição dos manguezais foi analisada por Blasco (1984), que relatou quatro grupos de classificação: 1) áreas quentes e úmidas, onde 90 % dos manguezais do mundo são encontrados, principalmente do sul do México à Colômbia, no Caribe, Norte do Brasil e sudeste da Ásia e Norte de Queensland, na Austrália; 2) as áreas subúmidas onde manguezais são encontrados ocasionalmente, como o leste da África, Índia, sul de Queensland (Austrália), México e Venezuela; 3) áreas semiáridas, onde os

mangues são raramente encontrados, geralmente perto da foz de rio, como o Delta do Indo (Paquistão), Gujarat (Índia), oeste e norte das províncias da Austrália e Equador; e 4) as áreas áridas onde os manguezais são praticamente desconhecidos, exceto onde há inverno chuvoso, como na no Mar Vermelho na costa da Etiópia e do Egito, no Golfo Pérsico e no Golfo da Califórnia.

Do ponto de vista dos manguezais, a temperatura do ar é um atributo importante no balanço de energia, influenciando significativamente a evapotranspiração e demais fluxos de energia. Os extremos de temperatura são fundamentais por limitar o desenvolvimento e a sobrevivência das espécies de mangue, garantindo suas funções metabólicas de produtividade em função do armazenamento e balanço de calor local (RIBEIRO, 2001).

Em áreas equatoriais e tropicais com chuvas de verão abundantes, os mangues são altos, densos e com florística diversificada. Em áreas subtropicais áridas os manguezais são baixos, dispersos e esporádicos. Áreas costeiras com chuva elevada e altos *inputs* de água doce tendem a apresentar áreas de manguezais mais desenvolvidas do que em áreas costeiras de baixa precipitação e escoamento limitado. Isto ocorre na Austrália, onde em 22,5° S (Trópico de Capricórnio) há quatro espécies na costa oeste e seca e vinte espécies na costa leste e úmida (TOMLINSON, 1986). No litoral leste da Austrália, as mais altas (até 35 m de altura) e mais densas florestas de mangues habitam áreas onde a precipitação média anual é superior a 1.500 mm e distribuídas ao longo do ano. Em áreas onde a precipitação é menor que 1.500 mm e com regime sazonal, os mangue são menores, com cerca de 1 a 6 m de altura. Em geral, a adequabilidade do habitat para determinadas espécies de mangue depende de condições climáticas e da geografia costeira (DUKE et al., 1998).

Para Duke, Ball e Ellison (1998), a temperatura do ar e a precipitação são dois grandes fatores ambientais, que, em partes, explicam a distribuição regional dos manguezais. Para esses autores, as baixas temperaturas restringem a extensão latitudinal de diferentes espécies e áreas de maior precipitação geralmente têm um maior número de espécies. Essa influência se dá não apenas como resultado da precipitação que incide diretamente no mangue, mas também como resultado do escoamento das bacias fluviais.

Duke, Ball e Ellison (1998) apresentam a análise da distribuição de duas regiões biogeográficas (AEP e IWP) colocando em destaque suas particularidades. No continente americano, na região do Caribe, existem cerca de 13 espécies de ocorrência natural e duas introduzidas. Nesta região, há um declínio no número de espécies conforme há um aumento da latitude, o que também ocorre quando se parte do oeste para leste na costa do istmo centro-americano, com a biodiversidade de mangue sendo máxima no Oceano Pacífico que banha o litoral da Colômbia, Panamá e Costa Rica. Por outro lado, a flora dos manguezais da Austrália é uma das mais ricas do mundo, com 47 espécies em 21 gêneros.

Recentemente, Quisthoudt et al. (2012) estudaram os limites latitudinais de dois gêneros de manguezais (*Avicennia* e *Rhizophora*). Os autores partiram da hipótese de que a temperatura do ar mensal ou a temperatura da superfície do mar são fatores globais que determinam os limites latitudinais superiores dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora*. Como resultado, tanto a temperatura do ar quanto a temperatura da superfície do mar diferiram entre os limites latitudinais dos dois gêneros.

Para os limites da *Avicennia*, a temperatura da superfície do mar variou entre 4,3 °C e 13,8 °C e temperatura anual entre 6,2 °C e 20,6 °C. Diferenças semelhantes foram encontradas entre os limites de *Rhizophora*, com temperatura da superfície do mar variando de 4,3 °C a 13,2 °C e temperatura do ar entre 3,8 °C a 15,8 °C (QUISTHOUDT et al., 2012).

Em escala global, a diferença entre os limites de *Avicennia* e *Rhizophora* foram mais significativos apenas para a temperatura da superfície do mar no mês mais frio, que apresenta valores superiores nos limites de *Rhizophora* (média de 20,8°C) do que nos limites da *Avicennia* (média de 18,7 °C). Considerando ainda a mesma linha de costa, de acordo com Quisthoudt et al. (2012), a temperatura média anual do ar também foi superior no limite da *Rhizophora* (Figura 34).

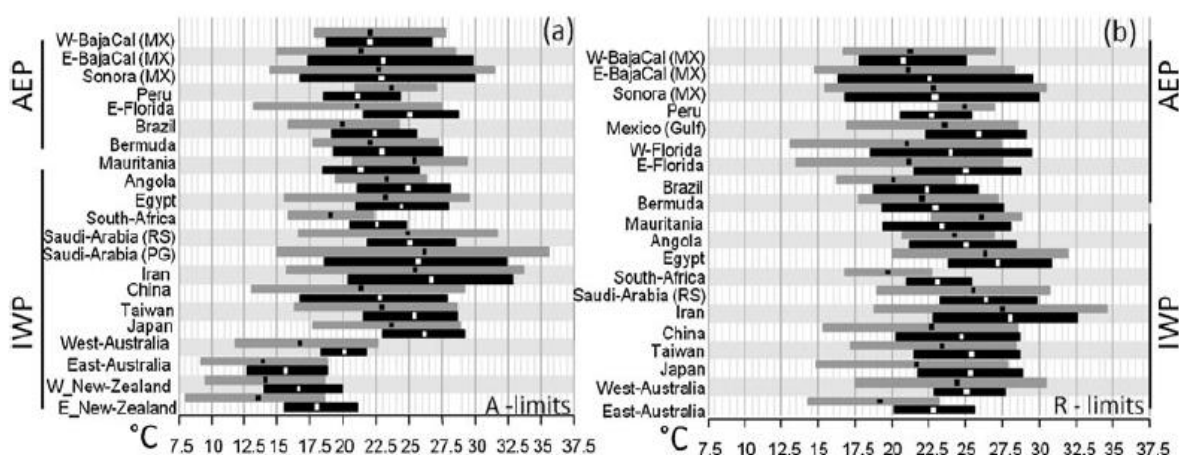


Figura 34 - Temperatura média mensal da superfície do mar (caixa preta) e temperatura do ar (caixa cinza) para os gêneros *Avicennia* (a) e *Rhizophora* (b): temperatura média do mês mais frio (TC) e temperatura média do mês mais quente (TW) são representados no limite esquerdo e à direita da caixa, respectivamente, enquanto a temperatura média anual (TA) é indicada por um quadrado branco. Fonte: Quisthoudt et al. (2012).

As variações de temperatura foram geralmente elevadas, sendo maiores para a temperatura do ar do que para a temperatura da superfície do mar, para a *Avicennia* do que para os limites de *Rhizophora*, conforme Tabela 8.

A Figura 35 apresenta os limites latitudinais dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora* ao longo do mundo.

Tabela 8 - Variação da temperatura do ar e da superfície do mar entre os limites dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora*: mínima (temperatura do limite mais frio), média, temperatura máxima (temperatura do limite mais quente) e amplitude térmica (TMax - TMin) considerando todos os limites latitudinais. Fonte: Quisthoudt et al. (2012).

	Temperatura do ar (°C)			Temperatura da superfície do mar (°C)		
	Tc	Tw	Ta	SSTc	SSTw	SSTa
<i>Avicennia</i>						
Mínima	8,1	18,6	13,5	12,7	18,8	15,6
Média	15,2	27,0	21,2	18,8	26,7	22,6
Máxima	20,9	35,6	26,1	23,0	32,8	26,7
Amplitude	12,8	17,0	12,6	10,3	14,0	11,1
<i>Rizophora</i>						
Mínima	13,1	22,7	19,2	16,4	25,0	20,8
Média	17,2	28,1	22,9	20,5	28,3	24,3
Máxima	23,1	34,6	27,5	23,8	32,6	28,0
Amplitude	10,0	11,9	8,3	7,4	7,6	7,2

Onde: Tc - temperatura do ar no mês mais frio; Tw - temperatura do ar do mês mais quente; Ta - temperatura média anual; SSTc - temperatura da superfície do mar no mês mais frio; SSTw - temperatura da superfície do mar no mês mais quente; SSTa - temperatura média anual da superfície do mar.

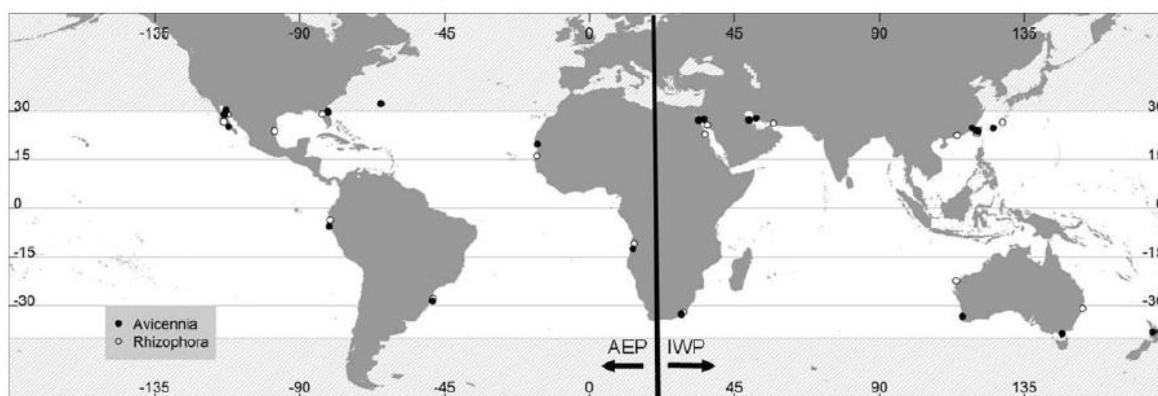


Figura 35 - Limites latitudinais para os gêneros *Avicennia* (pontos pretos) e *Rhizophora* (pontos brancos). Fonte: Quisthoudt et al. (2012).

A Figura 36 apresenta a temperatura do ar e da superfície do mar para os limites latitudinais dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora*. É possível perceber que tanto a temperatura do ar quanto a temperatura média mensal da superfície do mar são significativamente mais quentes no Hemisfério Norte do que no Hemisfério Sul.

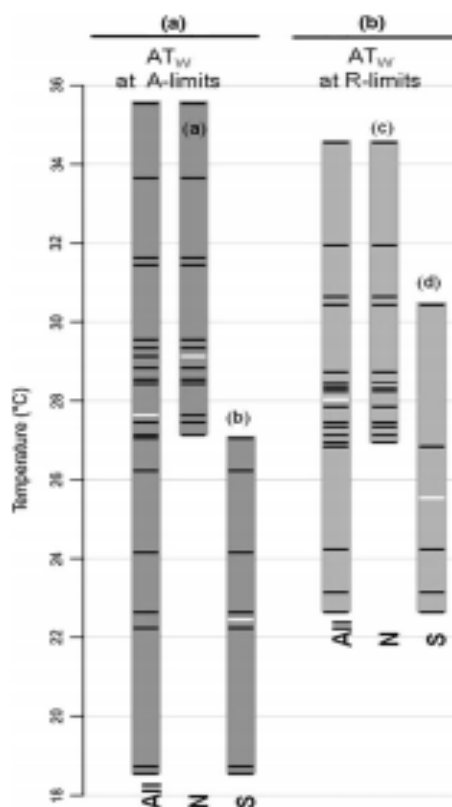


Figura 36 - Temperatura mensal do ar e da superfície do mar em limites agrupados por hemisfério (N: Norte e S: Sul). A e B: temperatura média do mês mais quente no limite superior de latitude *Avicennia* (A) e *Rhizophora* (R), respectivamente. N: Hemisfério Norte, S: Hemisfério Sul. Fonte: Quisthoudt et al. (2012).

De acordo com Quisthoudt et al. (2012), nos limites latitudinais de *Avicennia* e *Rhizophora*, a faixa de temperatura anual a cada limite é altamente variável. Embora as florestas de mangue em seus limites latitudinais na maioria das vezes não apresentem grandes extensões, os autores Quisthoudt et al. (2012) destacam a importante flexibilidade do ecossistema para uma larga faixa de temperatura anual. A maioria dos limites da *Avicennia* e *Rhizophora* são efetivamente mais quentes do que os valores de temperaturas descritas na literatura, enquanto que os limites na Austrália e na Nova Zelândia são mais frios.

Quisthoudt et al. (2012), ao analisar uma mesma costa, constataram que a temperatura do ar do mês mais frio e a temperatura média anual da superfície do mar foi mais quente para o limite das *Rhizophora* do que para a *Avicennia*. A tolerância de *Avicennia* para temperaturas inferiores aos tolerados por qualquer outro gênero de mangue é explicada pelo menor rigor dos requisitos ambientais de *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh e *Avicennia germinans* (L.) L.

No entanto, a *Rhizophora mangle* pode formar árvores adultas com a altura tão baixa quanto as menores árvores de *Avicennia* quando os recursos (por exemplo, fósforo) ou variáveis ambientais diretas (por exemplo, a salinidade) são limitantes (LOVELOCK et al., 2006; HAO et al., 2009). O que pode ser uma vantagem para suportar temperaturas mais frias porque as diferenças de temperatura entre os limites latitudinais de *Rhizophora mangle* e de *Avicennia* (0-2 °C) são menores do que as diferenças de temperatura entre outras espécies de *Rhizophora* e *Avicennia* (0-8 °C).

Vale destacar ainda que os autores trabalharam com dados médios mensais, portanto na escala global e regional, e que apesar de sua magnitude biologicamente relevante, um organismo está exposto a temperaturas reais muito diferentes, sendo essas temperaturas extremas mais decisivas para explicar a distribuição das plantas. Eventos de frio extremo, como a geada, mesmo por um curto período, também têm um impacto direto sobre os manguezais, conforme Woodroffe e Grindrod (1991) e Krauss et al. (2008). Além disso, os manguezais são frequentemente encontrados em baías e estuários abrigados, onde podem existir microclimas, que não são captados pela resolução espacial dos conjuntos de dados globais. Assim, bases de dados climáticos específicos para as zonas

costeiras e monitoramento meteorológico de manguezais são, portanto, importantes para otimizar os estudos futuros (QUISTHOUDT et al., 2012).

Para Duke et al. (1998), os manguezais requerem no inverno uma temperatura média da superfície do mar (SST) de pelo menos 20 °C, com exceções do Brasil, Austrália e Nova Zelândia, onde no inverno esse valor é menor.

Na Flórida, o nível de tolerância a geadas para a espécie *Avicennia germinans* (L.) Stearn está entre -4 e -6,7 °C (STEVENS et al., 2006). Tanto a intensidade de congelamento como a frequência de eventos de geada influenciam a sobrevivência do mangue. A série de invernos com eventos de geada entre 1977 e 1989, na Flórida resultou na destruição catastrófica dos manguezais, enquanto que os eventos de congelamento em 1995-1996 representaram uma mortalidade de 4-12% das árvores de mangue. Os manguezais remanescentes estavam florescendo novamente na primavera de 1997 (STEVENS et al., 2006).

Estudos como Stevens et al. (2006), Markley et al. (1982), Lugo e Patterson-Zucca (1977) e Stuart et al. (2007) analisaram a influência das baixas temperaturas em manguezais.

Stuart et al. (2007), estudaram o papel das baixas temperaturas na definição dos limites latitudinais de florestas de mangue. Para esses autores, as árvores dos manguezais dominam a vegetação costeira em regiões tropicais e são completamente substituídas por vegetação herbácea em latitudes acima de 32° N e 40° S. Os autores analisaram a vulnerabilidade dos manguezais nos limites latitudinais na América do Norte, em uma área onde o congelamento é raro, mas grave, e na Austrália, em uma área onde o congelamento é frequente, mas leve. As espécies com xilemas mais largos sofreram 60-100 % de perda de condutividade hidráulica após o congelamento e descongelamento sob tensão, enquanto as espécies com vasos mais estreitos apresentaram 13-40 % de perda da condutividade hidráulica. Estes resultados indicam que a embolia por congelamento pode desempenhar um papel na definição dos limites latitudinais de distribuição dos mangues.

Para Stevens et al. (2006), na década de 1980, houve o congelamento de manguezais, resultando na morte de bosques dominados por *Avicennia germinans* (L.), no norte do Golfo do México. Após 4 a 5 anos desse evento, a

região passou a ser dominada por *Spartina alterniflora* Loisel, que revegetou a zona intertidal e apenas depois de uma década de invernos amenos, os mangues começaram a recuperar a área.

Para Tomlinson (1986), a altura do dossel depende do clima, da topografia e da extensão das perturbações causadas pelo homem. Uma floresta madura, sem perturbação, desenvolve um alto e denso dossel.

Woodroffe e Grindrod (1991) destacam, a partir de revisões bibliográficas, que, geralmente, manguezais que crescem perto de seu limite latitudinal apresentam tamanhos menores. No entanto, essa relação com a latitude é muito mais complexa, por exemplo, em Bermuda, onde estão os manguezais mais setentrionais do mundo e as árvores não são raquíticas. As *Rhizophora mangle* apresentam cerca de 10 m ou mais de altura, enquanto os espécimes individuais de *Avicennia germinans* chegam a 15 m de altura, e até 48 cm de DAP. Estas árvores são as maiores encontradas na Nova Zelândia, Louisiana ou no limite latitudinal da Flórida (WOODROFFE; GRINDROD, 1991). A ausência de grandes árvores em Louisiana parece ser resultado de geadas frequentes que levam a mortalidade generalizada (WEST, 1977<sup>9</sup> apud WOODROFFE E GRINDROD, 1991).

A direção das correntes marítimas pode ser importante para a distribuição dos manguezais, visto que sua fixação tende a ser restrito à costa onde há ressurgência ou fluxo de correntes frias. Isso fica bem evidente na costa do Perú, mas também é significativo ao longo da costa oeste da África e Austrália. Por outro lado, a presença de manguezais em Bermuda, onde a corrente marítima quente do Golfo oferece condições adequadas de crescimento e de fonte de propágulos; e a extensão de manguezais ao longo da cadeia de ilhas do sudoeste do Japão, em que a corrente Kuroshio desempenha um papel similar, pode indicar a importância do fluxo de correntes quentes para entender a distribuição dos manguezais latitudinalmente.

As correntes também variam consideravelmente em velocidade e direção, mudando nestes aspectos com clima e condições meteorológicas. Temperaturas

---

<sup>9</sup> West, R.C. (1977) Tidal salt-marsh and mangal formations of Middle and South America. *Wet Coastal Ecosystems* (ed. by V. J. Chapman), pp. 193-213. *Ecosystems of the World I*. Elsevier, Amsterdam



mais frias e a falta de habitat adequado também servem para limitar a viabilidade da instalação de propágulos (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

A dependência dos limites de distribuição dos manguezais com a temperatura do mar é claramente mostrada pela influência das correntes frias. Na América do Sul, na costa banhada pelo Oceano Pacífico, por exemplo, o limite meridional dos manguezais são 3°40' S em Punta Malpelo, Tumbes, Peru, em uma latitude na qual no sudeste da Ásia existam talvez 30 espécies de mangue. Essa distribuição limitada na América é condicionada pela corrente fria de Humboldt, a qual se dirige em direção ao Equador, acentuando mais ainda a costa árida. No lado atlântico da América do Sul, os manguezais ocorrem até a latitude de Laguna/SC - Brasil. Similarmente, os manguezais do oeste africano têm um limite latitudinal muito menor (12° S) em Lobito, em Angola, sobre a influência da corrente quente sul-americana (Bengela), enquanto no leste da África o manguezal estende-se ao sul no rio Nahoon (33° S) no cabo Province (TOMLINSON, 1986).

A maré também é determinante para o desenvolvimento dos manguezais, correspondendo ao principal mecanismo de penetração das águas salinas nos manguezais. Essas inundações periódicas tornam o substrato favorável à colonização pela vegetação de mangue. Isto porque excluem plantas que não possuem mecanismos de adaptação para suportar a presença de sal. O limite dos manguezais sentido continente coincide com a distância máxima onde a água salgada penetra (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). A amplitude das marés determina as renovações superficiais e intersticiais, levando consigo certa quantidade de oxigênio. Essas renovações têm papel importante no transporte, seleção e fixação de propágulos, bem como no transporte e distribuição de matéria orgânica particulada e/ou dissolvida (folhas, galhos, restos de animais), para as regiões adjacentes (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995), além de contribuírem para que não se acumulem gases nocivos, tais como o ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e sais (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

As marés podem, ainda, de acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983) controlar os padrões de estabelecimento de sementes já que determinam o número de dias consecutivos que pode ficar sem cobrir de água o substrato do mangue. Um número mínimo de dias é necessário para a fixação das sementes menores, sem que estas sejam desalojadas pela maré.

Os aspectos geológico-geomorfológicos referem-se à disponibilidade de sítios para o estabelecimento dos manguezais. Falta de reentrâncias, de costas abrigadas, protegidas do embate das ondas e marés, restringem a expansão dos manguezais.

Recentemente, Cavanaugh et al. (2014) estudaram a expansão em direção ao polos dos limites dos manguezais na Flórida, evidenciando que essa expansão seria uma resposta da diminuição da frequência de eventos extremos na área estudada. Os autores com uso de imagem de satélite, chegaram à conclusão de que áreas de manguezais aumentaram de forma considerável entre 1984 e 2011, perto do limite norte dos manguezais na Flórida. Ao longo deste período de tempo, a extensão espacial de manguezais entre 29° e 29,75° N duplicou. Em termos absolutos, a área de mangue aumentou em  $1.240 \pm 93$  ha ao longo da costa leste da Flórida, entre 1.984 ha em 2011. Regiões ao norte de 26,75° N aumentou em um total de  $1.700 \pm 130$  ha, porém as regiões ao sul diminuíram  $464 \pm 35$  ha. As áreas costeiras em toda a Flórida experimentaram uma diminuição em área de mangue após um intenso resfriamento no inverno de 1989-1990.

Os resultados indicam que os manguezais estão se expandindo em direção aos polos ao longo da costa leste da América do Norte, e ainda sugerem que essa expansão está associada com o aquecimento recente presente na região. No entanto, a expansão observada na costa leste da Flórida não foi resultado do aumento da temperatura média, mas pela diminuição na frequência de eventos frios. O número de dias com temperaturas mínimas mais frias do que  $-4$  °C representa um limiar ecológico para as florestas de mangue: ano em que a temperatura diminuiu para menos de  $-4$  °C apresentaram diminuição na cobertura de manguezais, enquanto os aumentos na área de mangue ocorreram em regiões que sofreram pequenas reduções na frequência de dias mais frios do que  $-4$  °C entre 1984 e 2011 (CAVANAUGH et al., 2014).

Além disso, Cavanaugh et al. (2014) ressaltam que estudos experimentais mostraram uma mortalidade significativa de mudas de mangue (*Avicennia*) expostas a uma temperatura de  $-6,5$  °C, mas a mortalidade foi insignificante a temperaturas próximas de 0°C. Relativamente, uma pequena diminuição futura na

frequência de eventos extremos de frio pode levar a novos aumentos na cobertura de manguezais perto dos limites atuais das florestas de mangue na Flórida.

Cavanaugh et al. (2014) também ressaltam que em áreas com baixa precipitação ou com entrada de água doce (por exemplo, Arábia Saudita, Austrália Ocidental), a abundância e a extensão dos manguezais podem ser limitadas por fatores como a tolerância à seca, e por isso a resposta dos manguezais para um eventual aquecimento futuro provavelmente seja diferente. Além disso, há evidências de que a tolerância ao frio varia entre as espécies de manguezais, como exposto por Stuart et al. (2007). Vale destacar ainda que embora a redução na frequência de eventos extremos de frio esteja contribuindo para uma expansão das florestas de mangue em direção aos polos, estas florestas enfrentam uma série de outras ameaças locais e de escala regional de modo que a mudança na área de mangue mundial pode ser negativa a curto prazo.

Temperaturas mínimas do ar são amplamente consideradas como controle primário sobre os limites latitudinais de mangues no mundo todo (TOMLINSON, 1986; DUKE et al., 1998). O manguezal é essencialmente tropical e sua distribuição é limitada pela sensibilidade ao congelamento pelas temperaturas mínimas (STEVENS et al., 2006; STUART et al., 2007).

Embora bem menos estudada, as altas temperaturas podem influenciar fortemente a sobrevivência e crescimento dos manguezais, principalmente no caso de mudas de mangue. A radiação solar varia espacialmente através de florestas de mangue, por exemplo, com grau de desenvolvimento da copa ou frequência e gravidade da perturbação. A radiação solar incidente afeta a temperatura do solo e da água, o que pode aumentar muito a respiração da planta ou causar danos diretos aos tecidos sensíveis. As altas temperaturas podem limitar os processos fisiológicos através de desnaturação da enzima ou danos de membrana, ou ainda causar a morte de tecidos ou de toda a planta, reduzindo sua competitividade ou eliminando-a de seu nicho.

Em geral, as plantas possuem mecanismos para evitar danos causados pelo calor, que também são observados em manguezais, como: heliotropismo (reorientação das folhas para minimizar interceptação da radiação incidente), aumento de propriedades de reflectância da folha para diminuir sua temperatura

(por exemplo, pelos na superfície inferior das folhas de *A. germinans*), a dissipação de calor por resfriamento evaporativo durante a transpiração, e estabelecimento em habitats frios (sombra, água). Tecidos vegetais podem sofrer altas temperaturas, mas apresentam tolerância protoplasmática, que é determinada geneticamente e varia entre as espécies de plantas (LARCHER, 2001).

#### **8.4 ESTUDOS MICROCLIMÁTICOS DESENVOLVIDOS NOS MANGUEZAIS DO BRASIL**

Estudos microclimáticos envolvendo manguezais vêm sendo desenvolvidos no Brasil desde a década de 1980. Silva e Herz (1987) realizaram estudo de microclima em manguezais do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, com uso de informações produzidas pelo canal termal (TM7) do satélite Landsat 5. Para esses autores, o ambiente halófito dos manguezais, devido à capacidade de absorver componentes do infravermelho e transformá-los em manifestações do termal, manteriam as temperaturas mais altas do que áreas adjacentes de vegetação, durante o período diurno com desvio de até 3 °C. No período noturno, essa situação se inverteria, permanecendo os manguezais sob temperaturas mais baixas, devido à interrupção do fluxo solar e imersão do ecossistema pela penetração da maré.

Silva (1991) avaliou o balanço de radiação nas áreas cobertas por manguezais do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, determinando a variação sazonal e suas relações com outros parâmetros físicos, para o período de 1986 a 1987. O autor concluiu que o balanço de radiação sobre as áreas de mangue apresentou altos valores quando comparado com superfícies revestidas por outras coberturas vegetais, demonstrando uma grande capacidade de absorção da radiação solar e consequente influência sobre a reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes para as áreas estuarinas.

No município de Bragança/PA, Ribeiro et al. (2010) realizaram estudo micrometeorológico no manguezal, relacionando com os impactos do

desmatamento no ambiente. Esses autores constataram que na área desmatada uma parte considerável da energia absorvida foi conduzida para as camadas mais profundas, enquanto no manguezal em seu estado natural esta transferência é muito pequena, portanto, o solo é protegido da forte radiação solar e da maior perda de energia radiante.

Costa et al. (2005) analisaram a variabilidade sazonal dos diferentes componentes do balanço de energia em um manguezal preservado no município de Bragança/PA. Os autores constataram uma forte redução entre o período chuvoso e seco no total de radiação solar global (38 %), no saldo de radiação solar (33 %) e no fluxo de calor sensível (63 %).

Moura et al. (2006b) realizaram um estudo com o intuito de avaliar a atenuação da radiação solar global pela copa das árvores no manguezal do município de Marechal Deodoro/AL. Os resultados mostraram grande variação entre as estações seca e chuvosa no tocante as máximas atingidas pela radiação global. Os autores concluíram que com relação à radiação solar global externa houve uma redução de 33 % na incidência média máxima entre as estações. Para a radiação solar global interna houve entre o período chuvoso e seco uma redução de aproximadamente 66 %, também com grande influência da nebulosidade.

No intuito de conhecer as características sazonais da temperatura do solo, Moura et al. (2006a) realizaram um estudo no manguezal do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Mangaba (AL). De acordo com o estudo, os autores observaram que o regime térmico do solo é regido pelos fenômenos da precipitação e fluxo das marés e que as maiores temperaturas do solo ocorreram nos meses secos.

Lima et al. (2013), comparando um ambiente degradado de manguezal e outro conservado no litoral de São Paulo, observaram que o mangue degradado destacou-se com valores extremos mais acentuados, concluindo que o estado de conservação do manguezal contribui para a variação da temperatura do ar no ambiente.

Lima e Galvani (2012), estudando um perfil vertical de variação dos atributos climáticos dentro do manguezal no município de Iguape/SP, constataram que ao longo do ano o dossel do manguezal apresenta uma variação na quantidade de folha e conseqüentemente na abertura desse dossel, influenciando a variação dos

atributos microclimáticos obtidos no ambiente, principalmente a precipitação, a radiação solar e a velocidade do vento.

Com referência ao estudo realizado por Takle et al. (2006), Wolanski (2006) também discutiu quantitativamente a função das copas de árvores de mangue na absorção de energia eólica e na interceptação e transporte de *spray* marinho para áreas localizadas no interior das florestas de mangue.

### **8.5 FUNÇÕES DOS MANGUEZAIS EM CASO DE EVENTOS EXTREMOS**

Manguezais estão entre os ecossistemas biologicamente mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços ecossistêmicos importantes e únicos para a sociedade e os sistemas costeiros e marinhos. As florestas ajudam a estabilizar a linha de costa e reduzir o impacto de fenômenos como tsunamis e furacões (GIRI et al., 2010).

De acordo com Soares (1997), destacam-se como principais bens e serviços promovidos pelos manguezais: a proteção da linha de costa, evitando a ação erosiva das marés e o assoreamento dos corpos d'água adjacentes; constitui a base da cadeia trófica de espécies de importância econômica e/ou ecológica, devido à alta produção de detritos (matéria orgânica) e sua posterior exportação para as águas costeiras adjacentes; refúgio para inúmeras espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres, que nele encontram área de abrigo, reprodução, alimentação e desenvolvimento; fornece pontos de alimentação e repouso para diversas espécies de aves migratórias; age como filtro biológico, absorvendo e imobilizando produtos químicos (metais pesados, por exemplo), filtrando sedimentos e funcionando também no tratamento de esgotos; serve como fonte de alimento e de produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas aos manguezais. Vale ressaltar, ainda, a relevante contribuição para o equilíbrio do balanço energético na região em que está inserido.

Estudos têm considerado os ecossistemas costeiros, como manguezais, recifes de coral e restingas, como protetores naturais para linha de costa em caso de eventos extremos. Além disso, esses ambientes possuem uma série de serviços ecossistêmicos associados, que em caso de substituição por estruturas construídas poderão ser perdidos (MCLVOR et al., 2012b).

Woodroffe e Grindrod (1991) também enfatizam a importância de eventos extremos na distribuição dos manguezais ao longo do mundo. Chapman (1976) indica que os manguezais da África sobrevivem onde as temperaturas do ar ficam abaixo de 4,4 °C, uma vez em 37 anos ou diminuem a 2,8 °C, uma vez a cada 68 anos.

Woodroffe e Grindrod (1991) destacam os estudos detalhados de Calvin Mcmillan realizados nas décadas de 1970 e 1980, sobre o efeito do frio em manguezais. Esse autor demonstrou que mudas de *Avicennia germinans* podem sobreviver à exposição a temperaturas entre 2 e 4 °C (MCMILLAN, 1971). Woodroffe e Grindrod (1991) ainda demonstram que é evidente que os registros de temperatura média do ar, obtidos em estações meteorológicas convencionais, muitas vezes urbanas, localizadas a alguma distância do manguezal, são uma indicação pobre das condições realmente experimentadas pelas espécies no bosque.

Mclvor et al. (2012b) ressaltam que é necessário ter uma base científica sólida sobre a capacidade de prever quando e sob que condições o ecossistema pode ser capaz de funcionar efetivamente como uma defesa contra os eventos que apresentam perigo à costa.

Recentemente, inúmeros estudos vêm analisando a importância dos manguezais como proteção da linha de costa em caso de tempestade, furacão e tsunami, como, por exemplo, Zhang et al. (2012), Mclvor et al. (2012a), Mclvor et al. (2012b), Klauss et al. (2009), Alongi (2008), Mazda et al. (1997a) e Lacambra et al. (2008).

Para Mclvor et al. (2012a), as evidências da capacidade dos manguezais em reduzir tempestades e danos associados, seguem principalmente três fontes: a) observações diretas de altura do nível de água; b) o uso de modelos numéricos, que simulam o comportamento da tempestade na presença e/ou ausência de

manguezais; e c) observações dos danos causados e o número de vidas perdidas durante a tempestade.

Krauss et al. (2009), visando investigar a importância dos manguezais na atenuação das ondas oriundas de tempestades, mediram o nível de água em zonas úmidas durante os furacões Charley (2004) e Wilma (2005), na Flórida, EUA. Os autores concluíram que os níveis de água foram reduzidos durante a tempestade na presença de manguezais. No entanto, ressaltaram que ainda há incerteza sobre a contribuição relativa dos manguezais em relação a outros tipos de zonas úmidas similares, ressaltando que os modelos numéricos têm papel fundamental nessa discussão, visto que incluem uma gama maior de fatores em suas análises.

Para McIvor et al. (2012a), as simulações numéricas têm sido usadas para representar o comportamento da tempestade na presença de manguezais, bem como são usados para observar o efeito de diferentes parâmetros, como altura e velocidade da tempestade e a largura do manguezal.

Zhang et al. (2012) concluíram que as florestas de mangue com larguras de 6 a 30 km ao longo do Golfo da Costa Sul da Flórida atenuaram ondas de tempestades geradas pelo furacão Wilma (categoria 3), reduzindo tanto a amplitude quanto a extensão da inundação. De acordo com Zhang et al. (2012), simulações numéricas mostraram que a área de inundação pelo furacão Wilma se estenderia pelo menos 70 % a mais para o continente, caso não existisse o manguezal, causando inundação nas áreas localizadas atrás do manguezal.

McIvor et al. (2012b), recentemente, analisaram vários estudos que medem a atenuação de vento e de ondas em manguezais, encontrando atenuação de 50 a 99 % na altura de onda ao passar em 500 m de floresta de mangue. Os autores ainda fazem a ressalva de que esses estudos não podem ser diretamente comparáveis, porque parâmetros como altura, período da onda e profundidade da água são diferentes entre si, além de ressaltarem que a maioria desses estudos foi realizada com ondas relativamente pequenas.

Existe uma série de fatores que tendem afetar a redução da onda de tempestades pelos manguezais, como a largura da floresta, a densidade e a complexidade estrutural, a presença de raízes escoras, pneumatóforos, diâmetro do caule,



ramos e folhas da espécie dominante (KRAUSS et al., 2009; ALONGI, 2008) e ainda características físicas do ambiente, como a presença de canais e a topografia da área, além das características da própria tempestade, como tamanho e velocidade de avanço (MCLVOR et al., 2012a).

Mazda et al. (1997a) estudaram os fluxos de maré, que são relativamente semelhantes aos fluxos de tempestades, em uma área com indivíduos jovens de *Kandelia candel*, com menos de 7 anos de idade. Os autores descobriram que as marés subiam mais rápido na fase inicial da maré enchente e diminuía mais lentamente na fase final da vazante nesses locais do que em outros nas proximidades sem a presença de manguezais. Os autores ainda destacaram que as alterações na velocidade de fluxo foram consideravelmente menores que as observadas nos manguezais dominados por *Rhizophora* spp. ou *Bruguiera* spp., como medido por Wolanski et al. (1992). Ao contrário da espécie *Kandelia candel*, essas outras espécies têm raízes escoras ou pneumatóforos, que contribuem para atenuação das ondas (MAZDA et al., 1997a).

Mazda et al. (1997b) concluíram que o tipo de espécie, a densidade e o nível de maré afetam fortemente a hidrodinâmica nos manguezais. Para Mclvor et al. (2012a), os impactos de tempestades neste ambiente dependem da ecologia dos manguezais e da geomorfologia local. Ondas oriundas de tempestades menores podem resultar em mortalidade de árvores e desfolha, mas na maioria dos casos, a complexidade estrutural da floresta é mantida e sua capacidade de se recuperar também permanece. No entanto, durante eventos extremos, a mortalidade de árvores pode ser mais extensa, causada pela quebra de troncos, queda de árvores e /ou de folhas. Aliados a isso, as enchentes e o assoreamento que, às vezes acompanham os ciclones podem causar a mortalidade de mais árvores (LACAMBRA et al., 2008).

Para Mclvor et al. (2012b), entre os fatores que afetam a atenuação das ondas pelos manguezais, destacam-se a profundidade da água, que é função da topografia e batimetria do local, a altura das ondas e a estrutura do bosque de mangue, que depende da espécie, idade e tamanho das árvores; juntos, estes fatores determinam os obstáculos encontrados pelas ondas durante a passagem na floresta de mangue.

Quanto às características fisionômicas e sua influência na atenuação de ondas, Mclvor et al. (2012) relatam que espécies com raízes escoras, como a *Rhizophora* spp., apresentam uma resistência considerável ao fluxo de água, pois formam uma rede acima do substrato; espécies como a *Bruguiera* spp. apresentam raízes articuladas, que são bastante diferentes das raízes de *Rhizophora* spp., mas que também atenuam as ondas de forma similar. Espécies como *Sonneratia* spp. e *Avicennia* spp. possuem pneumatóforos que atuam como obstáculos ao movimento da água em profundidades rasas.

A Figura 37 apresenta uma síntese dos possíveis fatores que podem influenciar a atenuação das ondas pelos manguezais.

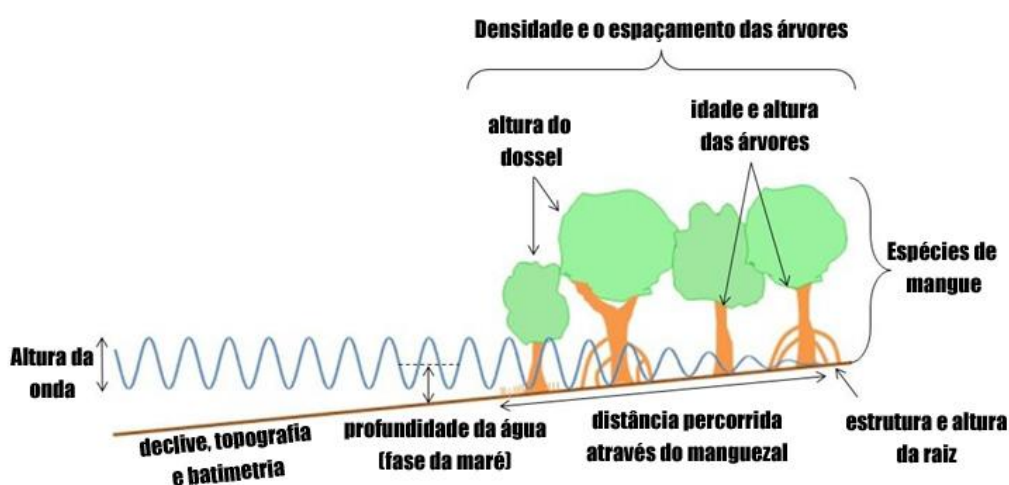


Figura 37 - Fatores que podem influenciar a atenuação de ondas pelos manguezais.  
Fonte: MCLVOR et al. (2012a).

A regeneração depois de uma tempestade pode assumir diferentes vias, dependendo da gravidade dos danos causados, que podem determinar se a recolonização ocorrerá principalmente via brotação de árvores sobreviventes (mais provavelmente a partir de espécies de *Avicennia* ou *Laguncularia*) ou por meio de estabelecimento de plântulas novas (por espécies de *Rhizophora*) (MCLVOR et al., 2012a).

Embora ciclones possam alterar a estrutura da vegetação, em muitas áreas esses eventos não ocorrem com muita frequência, sendo os manguezais muitas vezes

capazes de recuperar sua integridade estrutural ao longo de várias décadas, antes que outro ciclone atinja a mesma área novamente (KRAUSS et al., 2009).

Para Mclvor et al. (2012a), a velocidade de recuperação depois de um evento é susceptível de ser determinada pela magnitude do evento e das condições locais. Isto torna difícil prever os efeitos em longo prazo de ciclones e tempestades em mangue de uma determinada localidade. Vale ressaltar que uma gestão adequada dos manguezais pode contribuir com a atenuação das ondas.

Danos à floresta de mangue e sua recuperação dependem da intensidade, frequência e magnitude dos grandes eventos de perturbações e as características de cada área impactada (ALONGI, 2008; LACAMBRA et al., 2008). Lacambra et al. (2008) destacam que tsunamis, tempestades, furacões, ciclones, tufões, raios e descargas de água doce são perturbações comuns para estes ecossistemas. A tabela 9 apresenta a resistência de algumas espécies de mangue em caso de furacão, conforme Lacambra et al. (2008).

Tabela 9 - Resistência das espécies de mangue para furacões. Fonte: Lacambra et al. (2008).

<b>Atributos</b>	<b><i>Rhizophora mangle</i></b>	<b><i>Avicennia germinans</i></b>	<b><i>Laguncularia racemosa</i></b>
Resistência ao vento	Baixo (-)	Intermediário	Alto (-)
Resistência à ruptura	Alto (-)	Intermediário	Baixo (-)
Brotamento do tronco danificado	Baixo	Intermediário	Baixo
Densidade inicial das plântulas	Baixo	Alto	Intermediário
Tolerância à sombra	Intermediário	Alto	Baixo
Taxa de crescimento das plântulas	Intermediário	Baixo	Alto
Taxa de sobrevivência das plântulas	Alto	Intermediário	Baixo (-)

(-) Resultados contraditórios entre estudos de investigação.

Para Das e Vincent (2009), a capacidade dos manguezais em reduzir os danos causados por tsunamis e tempestades tropicais é declaradamente um dos serviços dos ecossistemas mais subvalorizadas prestados por essas florestas, mas há muitos autores que consideram essa proteção controversa.

Alguns pesquisadores, como Baird et al. (2009), colocam em dúvida a capacidade dos manguezais em proteger a linha de costa contra tsunamis. Por outro lado, esses autores têm notado que os manguezais podem ser mais capazes de

proteger contra ondas de tempestade tropical. As tempestades diferem de tsunamis por terem comprimentos de onda mais curtos e por sua maior energia estar relativamente mais perto da superfície da água.

Os modelos teóricos indicam que os manguezais atenuam ondas curtas mais do que ondas mais longas e experimentos de campo confirmam que faixas estreitas de mangue podem reduzir substancialmente a energia das ondas geradas pelo vento (MAZDA et al., 1997).

## **8.6 DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DOS MANGUEZAIS**

Descrever, definir e, principalmente, delimitar as áreas de ocorrências dos manguezais é extremamente importante pelo significado que os mesmos têm no processo de sustentação do ecossistema, que se caracteriza como fundamental ambiente de reprodução de inúmeras espécies da fauna aquática e subaquática, que por sua vez desempenham importante papel no processo de cadeia trófica marinha (ROSS; MOROZ, 1997).

Para Giri et al. (2010), a compreensão científica da extensão e distribuição dos manguezais do mundo é inadequada. Os bancos de dados disponíveis em nível global sobre manguezais são compilações utilizando diferentes fontes de dados geoespaciais e estatísticos que precisam ser melhorados. Nesse sentido, Giri et al. (2010) mapearam a distribuição dos manguezais no mundo, a partir da análise de imagens de satélite Landsat e concluíram que sua área total, em 2000, era de 137.760 km<sup>2</sup>, presentes em 118 países e territórios nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Desse total, aproximadamente 75 % dos manguezais são encontrados em apenas 15 países, conforme Tabela 10, e só 6,9 % estão em áreas protegidas já existentes (GIRI et al., 2010).

Destaca-se ainda que a maior extensão de manguezais é encontrada na Ásia (42 %), seguida pela África (20 %), América do Norte e América Central (15 %), Oceania (12 %) e América do Sul (11 %) (GIRI et al., 2010). A estimativa de Giri et al. (2010) é cerca de 12,3 % menor do que a estimativa recente da FAO (2007).

Tabela 10 - Os quinze maiores países em áreas de manguezais. Fonte: Giri et al. (2010).

Nº	País	Área (ha)	Porcentagem Em relação ao total global (%)	Continente
1	Indonésia	3.112.989	22,6	Ásia
2	Austrália	977.975	7,1	Oceania
3	Brasil	962.683	7,0	América do Sul
4	México	741.917	5,4	América do Norte
5	Nigéria	653.669	4,7	África
6	Malásia	505.386	3,7	Ásia
7	Myanmar (Burma)	494.584	3,6	Ásia
8	Papua Nova Guiné	480.121	3,5	Oceania
9	Bangladesh	436.570	3,2	Ásia
10	Cuba	421.538	3,1	América central
11	Índia	368.276	2,7	Ásia
12	Guiné Bissau	338.652	2,5	África
13	Moçambique	318.851	2,3	África
14	Madagascar	278.078	2,0	África
15	Filipinas	263.137	1,9	Ásia

Spalding et al. (2010) também apresentaram uma estimativa global da área de manguezal, gerada por sensoriamento remoto, entre 1999 e 2003. Para esses autores, a área total de manguezal é de aproximadamente 152 mil km<sup>2</sup>. No entanto, as áreas de manguezais apresentam um declínio considerável sobre a área original, resultado principalmente da interferência antrópica no ambiente (SPALDING et al., 2010).

Em 2007, também com o objetivo de obter a área total de manguezal no globo, a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) elaborou um estudo em que concluiu que 124 países apresentavam pelo menos uma ou mais espécies de mangue<sup>10</sup>, correspondendo, em 2005, a 15,2 milhões de hectares de manguezais no globo, enquanto em 1980 esse valor era de 18,8 milhões de hectares.

De acordo com a FAO (2007), a definição de espécies de mangue é baseada em uma série de adaptações anatômicas e fisiológicas de solução salina e solos hipóxicos, como: reprodução por viviparidade; pneumatóforos ou raízes aéreas que permitem a oxigenação de raízes em solos hipóxicos; e exclusão do sal para

<sup>10</sup> No Relatório da FAO (2007), a lista de espécies de mangue de Tomlinson (1986) foi adotada e completada com espécies listadas por Saenger, Hegerl e Davie (1983).

lidar com altas concentrações de sal. Essas espécies, que são exclusivamente restritas a habitats tropicais intertidais, têm sido definidas como espécies “verdadeiras de mangues”, enquanto aquelas que não são exclusivas desse habitat foram denominadas “associadas ao manguezal”.

Durante os últimos 25 anos, aproximadamente 3,6 milhões de hectares foram perdidos, o que corresponde a cerca de 20 % da área total de mangue em 1980. A Ásia apresentou a maior perda, com mais de 1,9 milhão de hectares desde 1980, principalmente devido a mudanças no uso da terra durante o período de 1980 a 1990. As Américas do Norte e Central e a África também contribuíram significativamente para a diminuição da área de mangue, com perdas de cerca de 690 mil e 510 mil ha, respectivamente, nos últimos 25 anos (FAO, 2007). A Tabela 11 apresenta as maiores extensões contínuas de manguezais no mundo.

Tabela 11 - Maiores extensões contínuas de manguezais no mundo, de acordo com Spalding et al. (2010).

Extensões de manguezais	Descrição	Área km <sup>2</sup>	Proporção mundial
Norte do Brasil	Entre Belém e São Luís, extensões próximas e contínuas	6.516	4,3 %
Floresta Sudarbans	Contínua ao delta da Índia e Bangladesh, extensões acima de 85km	6.502	4,3 %
Sul da Papua	Contínua ao delta costeiro (135°-139° E)	5.345	3,5 %
Costa oeste da África	Embora com pequenos intervalos, os manguezais são contínuos por mais de 1 mil quilômetros da costa do sul do Senegal ao centro de Serra Leoa	7.887	5,2 %
Delta do Níger	Contínua ao delta, ao redor do Rio do Rey	6.642	4,4 %
Orinoco e Golfo de Paria	Manguezais contínuos deltaicos, o adjacente Rio del Rey complexos de mais 1.500 km <sup>2</sup>	2.799	1,8 %

Polidoro et al. (2010), baseado na lista vermelha de espécies ameaçadas instituída pela União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN - *International Union for Conservation of Nature*), destacaram que 11 das 70 espécies de mangue (16%) estão em risco elevado de extinção. Para esses autores, áreas como a costa do Atlântico e do Pacífico na América Central, requerem atenção visto que até 40% das espécies de manguezais estão

ameaçadas de extinção. A Figura 38 apresenta a distribuição dos manguezais no mundo.

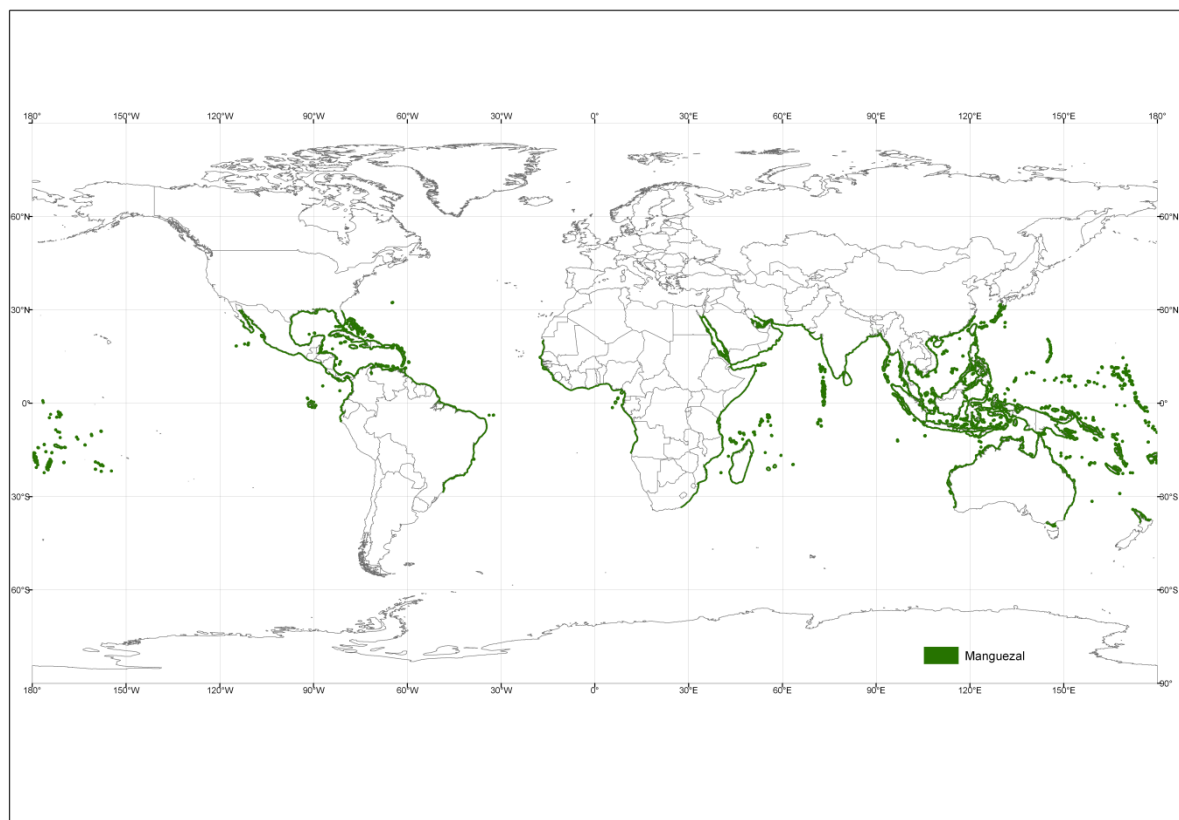


Figura 38 - Distribuição dos manguezais no mundo. Fonte: IUCN (2010). Elaboração: Nádía G. B. de Lima (2010).

Estima-se que 26 % das florestas de mangue em todo o mundo foram degradadas devido à exploração de lenha e produção de madeira (VALIELA et al., 2001). Da mesma forma, a carcinicultura contribui com 38 % de perda global de manguezal, e 14 % de perda oriunda de outras atividades de aquicultura (ELLISON, 2008). Na Índia, mais de 40 % da área de mangue na costa ocidental foi convertida em agricultura e área urbana (POLIDORO et al., 2010). Para Duke (2007), devido à taxa acelerada de perda de manguezal, as florestas, pelo menos funcionalmente, podem desaparecer em menos de 100 anos.

### 8.7 DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NA AMÉRICA DO SUL

Os manguezais da América do Sul cobrem cerca de 2 milhões de hectares, abaixo dos cerca de 2,2 milhões de hectares em 1980 (FAO, 2007).

Cerca de metade da área de manguezal da América do Sul é encontrada no Brasil e mais de 90 % encontra-se em cinco países: Brasil, Colômbia, Venezuela, Equador e Suriname (Figura 39). Guiana, Guiana Francesa e Peru compartilham os restantes 140.000 hectares. Os manguezais encontram-se ao longo de baías e estuários, distribuídos a partir de Laguna, no estado de Santa Catarina, Brasil, ao longo do Oceano Atlântico até a cidade de Sechura, ao longo do Rio Piura, no Peru, ao longo do Pacífico, onde florestas monoespecíficas são encontradas (*Avicennia germinans*) (FAO, 2007).

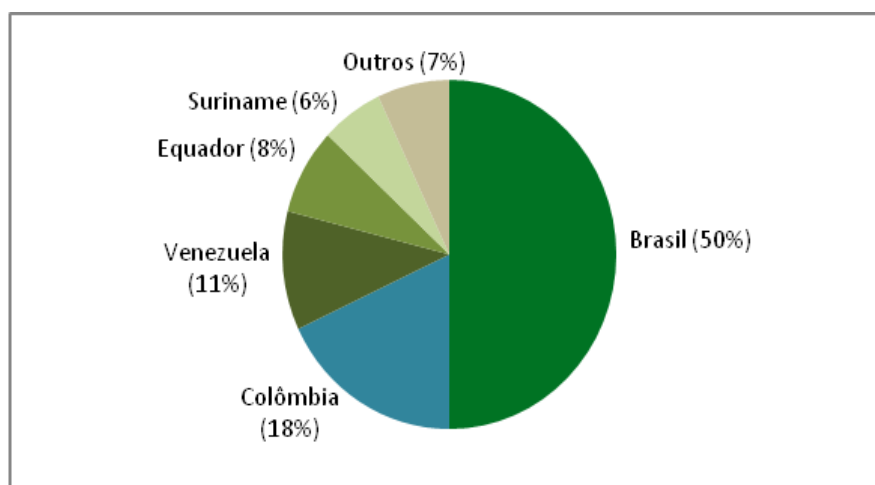


Figura 39 - Países com as maiores áreas de manguezais na América do Sul. Fonte: FAO (2007).

De acordo com a FAO (2007), uma ampla variedade de alturas de árvores de mangue pode ser encontrada em diferentes países desta região e até mesmo dentro do mesmo país. Embora a cobertura do dossel do manguezal raramente exceda os 20 m de altura, árvores altas de 45 a 50 m podem ser encontradas, por



exemplo, nos estados do Amapá, Pará e Maranhão (Brasil), onde existem espécimes de *Avicennia* spp. com diâmetro de cerca de 1 m e árvores de *Rhizophora harrisonii* atingindo 40-45 m. A costa do Pacífico da Colômbia e o delta do Orinoco na Venezuela têm importantes florestas de mangue, com árvores de até 30 m de altura, enquanto as árvores de 20-25 m, têm sido relatadas na Guiana. Porém, a diversidade de espécies de árvores de mangue nessa região é baixa, com apenas 10 espécies nativas, a menor em todo o mundo. Três espécies (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*) são as mais comuns e são encontradas nos oito países (FAO, 2007).

Em termos absolutos, os países que mais registraram perdas de manguezais foram Colômbia, Equador, Brasil e Venezuela, cada um com mais de 30.000 ha de manguezais perdidos desde a década de 1980. Na Colômbia, os manguezais diminuíram ao longo dos últimos 25 anos, embora a taxa de variação anual tenha diminuído de -1,12 % (1980-1990) para -0,86 % (1990-2000) e, finalmente, para -0,58 % nos últimos cinco anos. Por outro lado, no Equador as perdas significativas dos anos 1980 a 1990 (cerca de 40.000 ha) estão lentamente se recuperando. O Brasil perdeu pelo menos 50.000 ha de manguezais ao longo dos últimos 25 anos, principalmente ao longo da costa sul. O país ainda possui florestas de mangue significativas, porque a maioria das áreas de manguezais está localizada nos estados menos urbanizados do norte (FAO, 2007).

Entre as causas mais significativas de perdas estão o uso intensivo para produção de madeira, o desenvolvimento urbano e o uso para lenha. No Brasil, a carcinicultura (cultivo de camarão), que começou no país na década de 1970 e, atualmente, é amplamente praticada, principalmente ao longo da costa dos estados do nordeste (como Ceará e Rio Grande do Norte), ainda representa uma ameaça significativa aos manguezais. Em 2003, fazendas de camarão cobriam cerca de 13.000 ha, muitos destes adjacentes às florestas de mangue, que geralmente resultaram em eutrofização de riachos e canais de maré de mangue (FAO, 2007).

## 8.8 DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO BRASIL

O Brasil apresenta papel de destaque quanto à área total de manguezal presente em seu território, apesar de divergências que variam conforme a fonte consultada, consequência das diferentes metodologias de mapeamento utilizadas. De acordo com a FAO (2007), o Brasil apresenta a terceira maior área de manguezal do mundo, com 1.012.376 ha. Por outro lado, para Spalding et al. (2010), em seu mapeamento realizado por meio de imagens de satélite, o Brasil apresenta a segunda maior área do mundo, com 1,3 milhão de hectares, ou 8,5 % da área total do globo, atrás apenas da Indonésia.

No Brasil, os manguezais são encontrados ao longo de praticamente todo o litoral, margeando estuários, lagunas e enseadas, desde o Amapá até Laguna (28°30'S), em Santa Catarina, limite austral desse ecossistema no Atlântico Sul Ocidental (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

A costa brasileira apresenta diferentes formas de relevos costeiros, incluindo rios, baías, enseadas, costões rochosos, deltas, estuários e lagunas costeiras que possibilitam a ocorrência dos mangues em diversos trechos da costa. Ao longo do litoral, tais formas encontram-se sob a influência de diferentes tipos climáticos e de diferentes morfoestruturas. Esse fato levou Schaeffer-Novelli et al. (1989) a associar as feições do litoral (relevo, tipo de solo, cobertura vegetal) aos valores de temperaturas médias anuais, evapotranspiração potencial, amplitude das marés médias e de sizígia, resultando na identificação de oito Unidades Fisiográficas no litoral brasileiro, conforme Figura 40: Unidade I: (04°30'N – 01°42'N) do Oiapoque ao Cabo Norte, no litoral do Amapá; Unidade II: (01°42'N – 00°36'S), do Cabo Norte à Ponta Coruçá, no litoral do Pará (Golfão Amazônico); Unidade III – (00°36"S – 02°15"S), de Ponta Coruçá à Ponta Mangues Secos, no litoral do Maranhão; Unidade IV – (02°15'S – 05°08'S) da Ponta Mangues Secos ao Cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte; Unidade V - (05°08'S – 13°00'S) do Cabo Calcanhar ao Recôncavo Baiano; Unidade VI - (13°00'S – 23°00'S) do

Recôncavo Baiano ao Cabo Frio; Unidade VII – (23°00'S – 29°20'S), de Cabo Frio a Torres; Unidade VIII - (29°20'S – 33°45'S) de Torres ao Chuí. Dessas oito unidades apenas na última não ocorrem os manguezais, mas predominam as marismas.

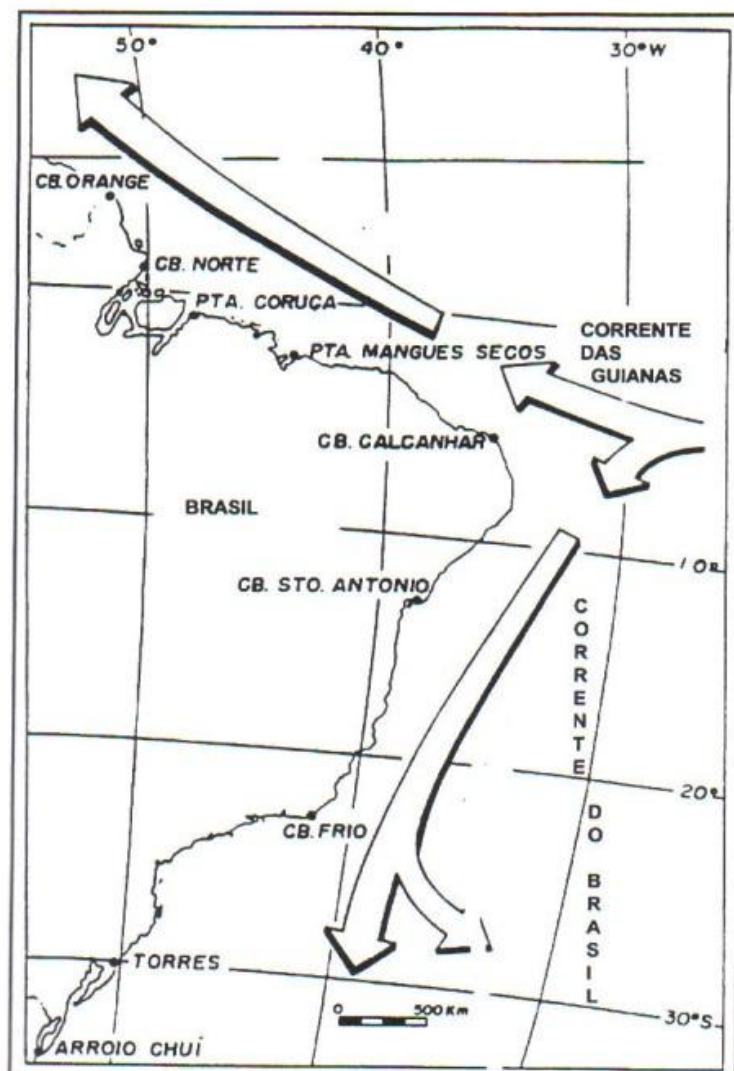


Figura 40 - Unidades Fisiográficas do litoral brasileiro, de acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1989).

Para Diegues (2002), as maiores extensões de manguezais da costa brasileira ocorrem entre a desembocadura do rio Oiapoque, no extremo norte, e o Golfão Maranhense, formando uma barreira entre o mar, os campos alagados e a terra firme. Do sudeste maranhense até o Espírito Santo, os mangues são reduzidos e estão associados a lagunas, baías e estuários. Na Baía da Guanabara, esse

ecossistema apresenta grande extensão novamente, apesar do intenso processo de degradação. O Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia e Paranaguá, situado entre os estados de São Paulo e Paraná, representa uma das reservas de mangues mais importantes do país.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2010), os manguezais abrangem cerca de 1.225.444 ha em quase todo o litoral brasileiro, constituindo zonas de elevada produtividade biológica, uma vez que acolhem representantes de todos os elos da cadeia alimentar. Aproximadamente 160.648 ha de manguezais estão protegidos em Unidades de Conservação de Proteção Integral, o que representa 13,1 % de área protegida nessa categoria. Por outro lado, quando a análise considera a proteção fornecida exclusivamente pelas unidades de conservação do grupo de uso sustentável e excluindo sobreposições com unidades de proteção integral e entre APA e outras categorias de uso sustentável, os manguezais apresentam uma área de 759.049 hectares localizados em Unidade de Conservação de uso sustentável, equivalente a 61,9 %. Em síntese, dos 1.225.444 ha de manguezais presentes no Brasil, 75 % estão localizados em algum tipo de Unidade de conservação, conforme exposto na Tabela 12.

Tabela 12 - Área (ha) do ecossistema manguezal por categoria de unidade de conservação (federal e estadual) no Brasil. Fonte: MMA (2010).

Manguezal	Hectares (ha)
Área Total do manguezal no Brasil	1.225.444
Área em Unidade de Conservação de Proteção Integral	160.648
Área em Unidade de Conservação de Uso Sustentável	759.049
Total em Unidade de Conservação	919.697
% Total protegida	75,1 %

De acordo com o MMA (2010), grande parte dessa proteção tem baixa efetividade, por estar assegurada por Área de Proteção Ambiental (APA). As exceções são os estados da Paraíba e de Santa Catarina, onde a maior parte da área de manguezais protegida está em outras categorias de unidade de conservação.

Na parte norte da Zona Costeira e Marinha, Amapá e Pará exibem percentuais de proteção bem acima do recomendado (77,2 % e 53,7 %, respectivamente). No Maranhão, o elevado percentual (97,2 % do total no estado) deve-se, sobretudo, à

parcela protegida exclusivamente por APA (85 % da área total sob proteção no estado). No Piauí, onde 82,4 % (3.774 hectares) do ecossistema está protegido, esse percentual se reduz para 10 % (460 hectares) quando calculada a área fora de APA. Na costa nordestina, todos os estados, com exceção do Rio Grande do Norte, detêm expressivos percentuais de seus mangues protegidos. Porém, Alagoas, Bahia, Ceará e Sergipe têm percentuais elevados desse ecossistema protegidos por APA – respectivamente, 96,5 %, 66,4 %, 91,5 % e 99,7 % –, o que levanta preocupações em relação à efetividade dessa proteção (MMA, 2010).

No Sudeste e no Sul, Espírito Santo (23 %), Rio de Janeiro (55,3 %), São Paulo (50,9 %) e Paraná (80 %) apresentam percentuais bastante satisfatórios de proteção de seus manguezais; esses percentuais se mantêm acima dos 10 % mesmo quando descontados do cálculo a área contida exclusivamente em APA (MMA, 2010).

### **8.9 DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

As planícies costeiras da Baixada Santista e do Sistema Costeiro Iguape-Cananéia somam as maiores áreas de manguezais no Estado de São Paulo, devido à própria condicionante sedimentar atual, formada por depósitos acumulados a partir de processos derivados da flutuação do nível médio do mar. De acordo com Cetesb (1998), o Litoral Norte do Estado de São Paulo, devido a sua morfologia, possui poucas áreas de manguezal que se restringem à desembocadura de alguns rios. Em um levantamento realizado pela Cetesb no início da década de 90, os manguezais do Litoral Norte correspondiam a uma área de 340 ha, sendo que os mais expressivos se localizavam em Ubatuba e Caraguatatuba.

Nessa mesma época, os manguezais da Baixada Santista representavam 13.100 ha de área, sendo que desse total, 40 % (5.300 ha) apresentavam bom estado de conservação, com a maior parte (2.300 ha) situados em Bertioga. O município de São Vicente se destacava com 1.300 ha, enquanto Guarujá e Cubatão abrigavam,

cada um, 500 ha de área de manguezal. Os manguezais degradados totalizavam 31 % (4.100 ha), concentrados em Santos (2.000 ha), Guarujá (1.000 ha), Cubatão, (400 ha), Praia Grande (400 ha) e São Vicente (300 ha). Além disso, desse total, 2.100 ha (13 %) foram ocupados e 1.700 ha foram considerados degradados por poluição (CETESB, 1998). Por outro lado, o Litoral Sul apresenta extensas áreas de manguezal em função da grande extensão da planície costeira nessa região. Cananéia é o município que apresenta a maior área de manguezal (69 %), seguida por Iguape (18 %) e Ilha Comprida (13 %) (CETESB, 1998).

Cunha-Lignon et al. (2009), analisando a dinâmica natural e os impactos antrópicos ocorridos em áreas de manguezal no Estado de São Paulo, concluíram que os manguezais do estado sofreram distintas alterações ao longo do tempo, em função de cada trecho de segmento de costa. Para esses autores, o Litoral Norte e a Baixada Santista apresentaram alterações de origem antrópica, no espaço e no tempo. No Litoral Norte destacou-se o incremento de casas de veraneio instaladas sobre o manguezal e a vegetação de restinga. Na Baixada Santista, no trecho sul do Canal de Bertioga, observou-se expansão de mancha urbana e introdução de estruturas náuticas. Enquanto na Ilha Barnabé destacou-se a construção de rodovia e ferrovia, expansão portuária e retificação de canal provocando perda de extensas áreas de manguezal por aterros, alagamentos, cortes de vegetação e alterações da hidrodinâmica local. Em direção contrária, no Litoral Sul encontram-se os manguezais mais conservados do Estado de São Paulo; nessa região, os bosques de mangue respondem positivamente à deposição sedimentar nas faces convexas dos canais lagunares (CUNHA-LIGNON et al., 2009).

### **8.10 DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS NO SISTEMA COSTEIRO CANANÉIA – IGUAPE**

Os manguezais do Sistema Costeiro Cananéia–Iguape são considerados os mais preservados do Estado de São Paulo (ROSS, 2002; CUNHA-LIGNON et al., 2009). No entanto, estudos apontam para ocorrência de clareiras em áreas de

mangue na região de Iguape, devido do aumento de macrófitas aquáticas invasoras nesse setor do sistema costeiro, resultado da abertura do canal do Valo Grande (CUNHA-LIGNON et al., 2009; CUNHA-LIGNON et al., 2011).

A abertura desse canal artificial ocorreu entre 1827 e 1852 e causou mudanças significativas tanto na salinidade e nos padrões de sedimentação, quanto no aporte de metais pesados para o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape (MAHIQUES et al., 2009).

Cunha-Lignon e Kampel (2011), analisando imagem de satélite Landsat de 1997 mapearam 827 ha de áreas de manguezal e 226 ha de macrófitas aquáticas localizadas nas margens do Rio Ribeira e em meandros abandonados, mas ausentes em áreas próximas aos manguezais do sistema costeiro. Os mesmos autores também analisaram imagens de 2010, nas quais foram mapeados 952 ha de área de manguezal e 329 ha de bancos de macrófitas aquáticas, encontradas no sistema costeiro, sobretudo em áreas próximas ao canal artificial Valo Grande e nas margens do Rio Ribeira de Iguape. Os autores concluíram que, apesar do aumento de áreas de manguezal de 125 ha entre 1997 e 2010, há expressiva ocorrência de macrófitas em torno dos bosques de mangue, sobretudo nas proximidades do Valo Grande e ao longo do canal lagunar, em direção ao sul. Em direção à desembocadura norte do sistema costeiro, a maior influência das marés, aumenta a salinidade das águas, reduzindo a ocorrência de macrófitas aquáticas. A Figura 41 apresenta a distribuição dos manguezais e macrófitas no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, conforme Cunha-Lignon et al. (2011).

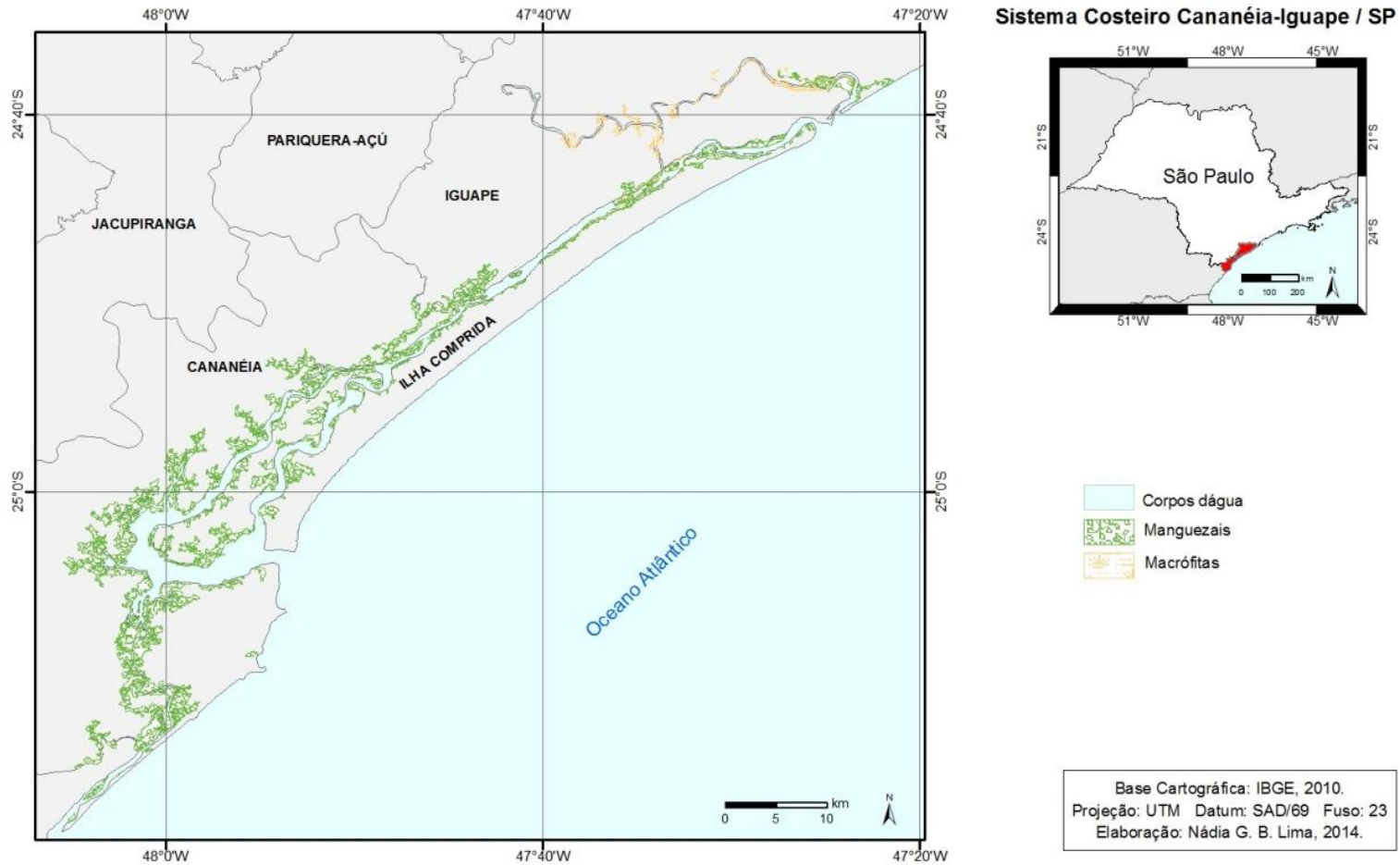


Figura 41 - Distribuição dos manguezais no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Fonte: CUNHA-LIGNON et al. (2011).



As Figura 42 e Figura 43 apresentam fotografias do Mar Pequeno nas proximidades do Valo Grande, em dois momentos: 1) em dezembro de 2000 (Figura 42), e 2) em setembro de 2012 (Figura 43), em que é possível verificar o aumento considerável de macrófitas no entorno dos manguezais (Figura 44).



Figura 42 - Vista do Mar Pequeno no município de Iguape, nas proximidades do Valo Grande, com início de colonização por macrófitas. Foto: Nádia G. B de Lima (2000).



Figura 43 - Vista do Mar Pequeno no município de Iguape, nas proximidades do Valo Grande, com destaque para presença das macrófitas ao longo de todo o sistema. Foto: Nádia G. B de Lima (2012).



Figura 44 - Vista das macrófitas no entorno dos manguezais na Barra do Ribeira – Iguape/SP. Foto: Nádia G. B. de Lima (2008).

A Figura 45 apresenta a distribuição dos manguezais e das macrófitas para o setor nordeste do sistema costeiro. Nessa figura é possível observar que a Ilha dos Papagaios, local onde está instalada a torre microclimática desse trabalho, apresenta uma elevada quantidade de macrófitas, que estão influenciando o desenvolvimento dos manguezais da ilha, dificultando a renovação do ambiente.

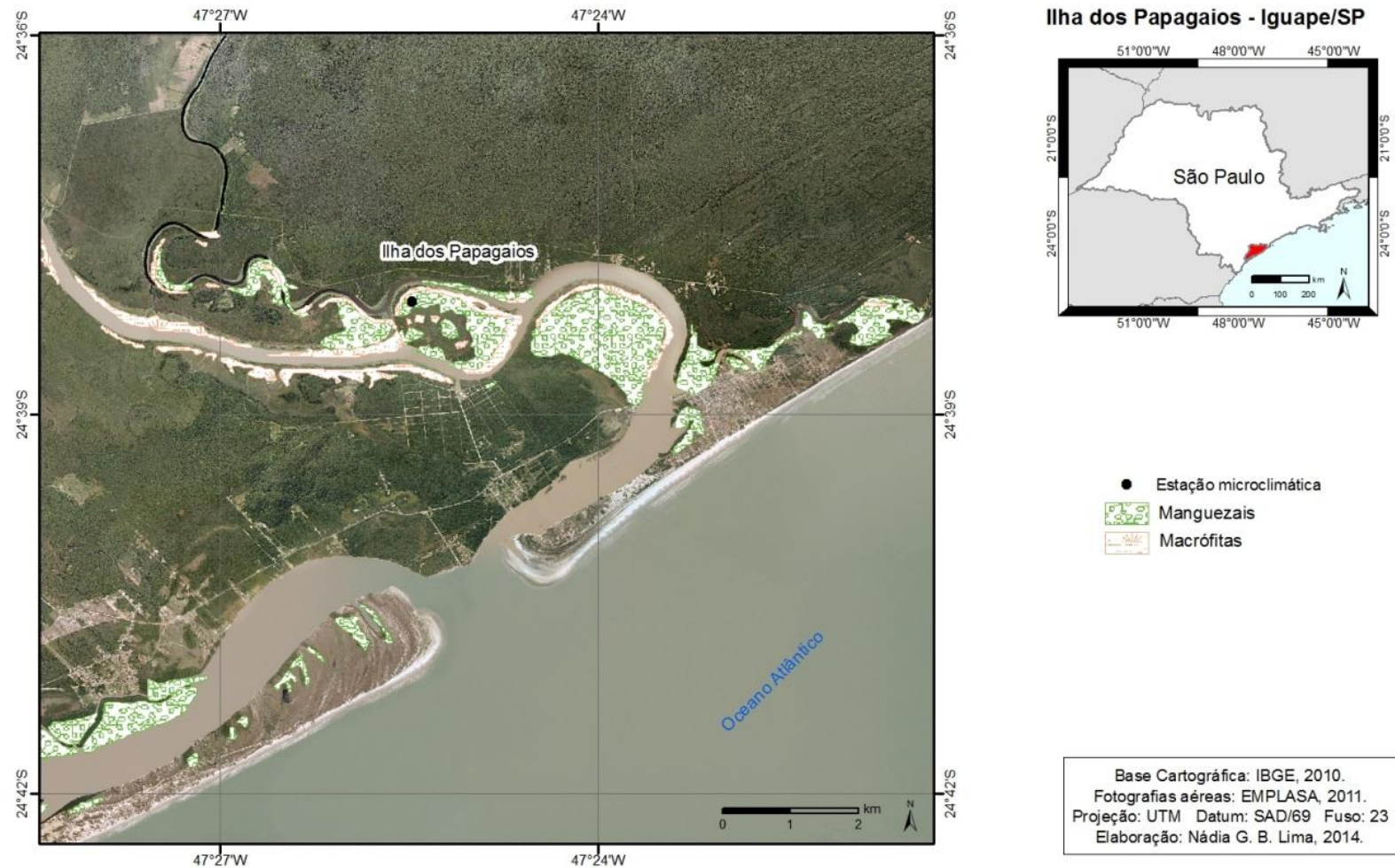


Figura 45 - Distribuição dos manguezais e macrófitas na Ilha dos Papagaios e na foz do Rio Ribeira de Iguape – SP, trecho norte do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Fonte: Cunha-Lignon et al. (2011).

Conforme destacam Cunha-Lignon et al. (2013), os bosques de mangue localizados no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape apresentam estruturas distintas, em função de sua fase de desenvolvimento e das espécies vegetais típicas de mangue dominantes em cada área. No Mar de Cananéia dominam bosques com *Laguncularia racemosa*, enquanto na Baía de Trapandé dominam bosques formados por *Rhizophora mangle*. O monitoramento de bosques de mangue em parcelas permanentes tem possibilitado o entendimento de processos sucessionais na região, sobretudo em áreas de intensa deposição de sedimento (áreas em progradação por processo natural). No trecho sul do sistema costeiro, observa-se dominância em área basal de troncos vivos. Troncos mortos nessa área ocorrem por processo de desbaste natural, sobretudo em bosques jovens.

Por outro lado, bosques de mangue no setor norte do sistema costeiro, área próxima a desembocadura de Icapara são dominados por *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* ou *Avicennia schaueriana*. A dominância de cada espécie está diretamente relacionada a fatores ambientais, tais como presença de microcanais, maior ou menor frequência de inundação entre outros. Os manguezais localizados nas proximidades do canal artificial Valo Grande são dominados por *Laguncularia racemosa*. Os bosques de mangue em parcelas permanentes apresentam grande presença de troncos mortos, os quais promovem dossel pouco denso. A presença de macrófitas aquáticas é marcante na região, inclusive dentro das parcelas permanentes.

Para Wolanski (2008), o excesso de sedimentação na foz dos riachos de maré pode inibir a troca de água entre áreas de mangue e do mar adjacente aberto, resultando na degradação do ecossistema manguezal.

## 9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados a serem apresentados serão os dados de vegetação, com as características estruturais e o IAF. Posteriormente, serão apresentados os dados dos atributos climáticos em sua escala anual, mensal, diária e horária e por fim os períodos selecionados para análises dos sistemas atmosféricos.

### 9.1 CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL

A seguir serão apresentados os dados fitossociológicos do bosque de mangue, obtidos em 01/09/2012 e 24/08/2013, que serão a partir de agora denominados de 2012 e 2013, respectivamente.

Em 2012, foram identificados 21 indivíduos das espécies *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*, enquanto em 2013, foram amostrados 28 indivíduos. Assim, houve incremento de sete indivíduos em 2013 que passaram a ter altura superior a 1 metro, visto que apenas os indivíduos superiores a esse valor foram amostrados. A partir do número de indivíduos, foi calculado o número de troncos vivos e mortos por hectare, que será utilizado para a presente análise.

A Tabela 13 apresenta o número de troncos vivos e mortos por hectare, altura média, altura superior e inferior e o diâmetro a altura do peito (DAP) médio levantados no manguezal da Ilha dos Papagaios – Iguape/SP.

Tabela 13 - Número de troncos vivos e mortos por hectare, altura média e DAP médio para o manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

	Troncos vivos/ha	Troncos mortos/ha	DAP médio (cm)	Altura superior (m)	Altura média (m)	Altura inferior (m)
2012	1538	592	11,2	9,9	7,7	3,7
2013	1716	473	10,8	10,9	7,4	2,2

O bosque estudado se destaca pela presença de indivíduos bem desenvolvidos, principalmente de *Rhizophora mangle*, com valores superiores aos de *Laguncularia racemosa*, tanto em 2012 quanto em 2013.

Em 2012, registrou-se 1.538 troncos vivos/ha e 592 troncos mortos/ha, com altura média de 7,7 m e DAP médio de 11,2 cm. Em 2013, foram registrados 1.716 troncos vivos/ha e 473 troncos mortos/ha, sendo que a altura média apresentou uma ligeira diminuição para 7,4 m, assim como o DAP médio, 10,8 cm. Portanto, entre 2012 e 2013 houve um aumento de troncos vivos no bosque, com o acréscimo de cerca de 11,6 %. Nesse mesmo período, verificou-se uma diminuição do número de troncos mortos no bosque, com o decréscimo de cerca de 20,1 %. A diminuição da altura média e do DAP médio em 2013 se deve à inserção de indivíduos novos no bosque, ou seja, em 2012, havia plântulas que cresceram durante esse período de coleta de dados e em 2013 apresentaram alturas superiores a 1 metro e assim foram acrescidas na análise. Dessa forma, o acréscimo de indivíduos jovens no bosque aumentou o número total de indivíduos vivos, mas diminuiu a altura média e também o DAP médio.

Destaca-se também uma redução de 6 % no DAP médio em 2013 quando comparado com 2012, devido à influência dos registros de DAP de indivíduos jovens, na classe diamétrica inferior ( $\leq 2,5$  cm). Enquanto em 2012, o menor registro de DAP ocorreu na classe intermediária (entre  $> 2,5$  cm e  $\leq 10$  cm).

Quanto à altura, a regressão linear considerando os dois levantamentos e com os dados separados por espécies evidencia uma boa correlação, principalmente para a *Rhizophora mangle*, com  $R^2 = 0,7026$  e  $R^2 = 0,5739$  para a *Laguncularia racemosa*, conforme figura 46.

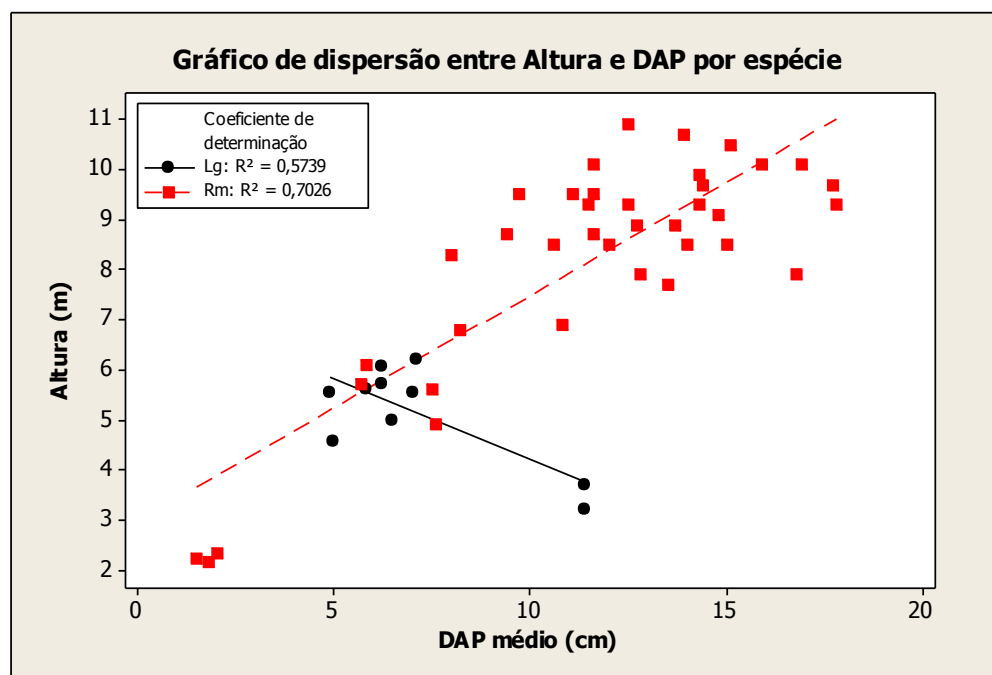


Figura 46 - Regressão linear entre o DAP médio e a altura por espécie nos dois períodos analisados nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Conforme Figura 47, há um aumento na altura dos indivíduos em 2013, principalmente em *Rhizophora mangle*. Para essa espécie, em 2012, prevaleciam alturas superiores entre 8 m e 10 m, enquanto em 2013, os indivíduos superiores atingiram até 11 m. É possível ainda visualizar os indivíduos menores que 3 m de altura, em destaque para 2013. Observa-se ainda que a maioria dos indivíduos de *Rhizophora mangle* apresentou DAP superior a 10 cm, enquanto para a *Laguncularia racemosa* há destaque para os indivíduos com DAP inferior a 7 cm.

As figuras 48 e 49 apresentam a densidade absoluta (troncos/ha) e relativa (%) para 2012 e 2013, em que é possível observar um aumento de indivíduos vivos de *Rhizophora mangle* (Rm\_v) e uma redução dos indivíduos mortos (Rm\_m). Enquanto para *Laguncularia racemosa*, os troncos vivos (Lg\_v) permaneceram constantes e houve uma diminuição dos troncos mortos (Lg\_m). Quanto à densidade relativa, observa-se que a *Rhizophora mangle* viva apresenta a maior densidade nos dois anos analisados.



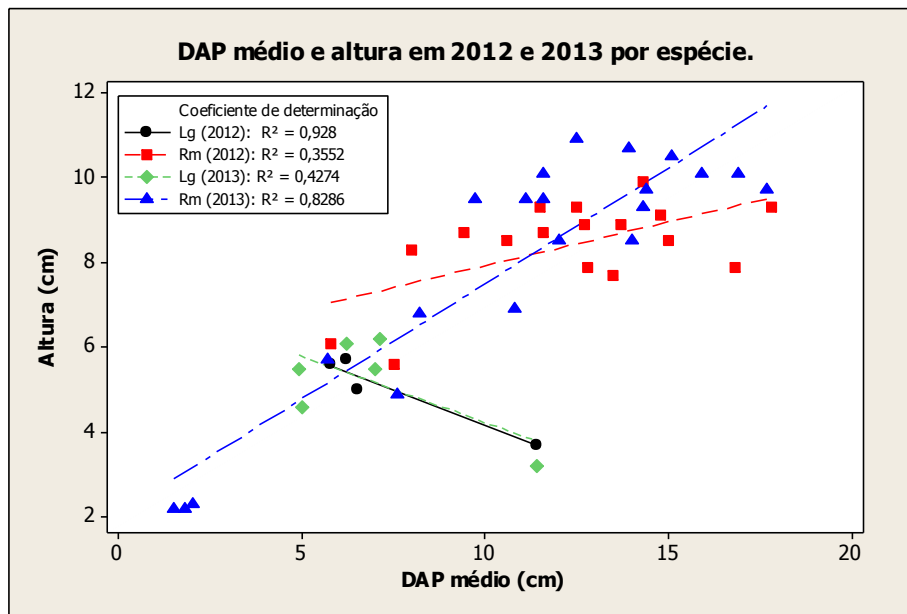


Figura 47 - Regressão linear entre o DAP médio e a altura por espécie em 2012 e 2013 nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

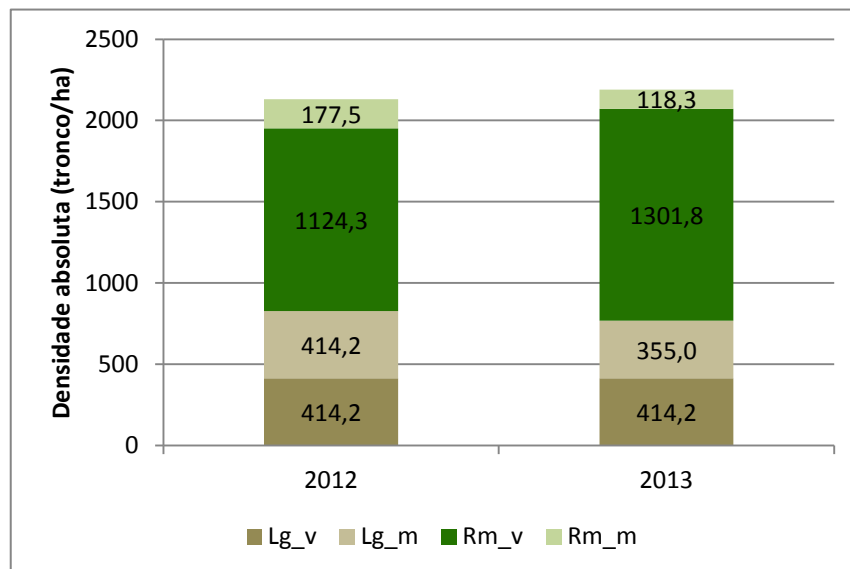


Figura 48 - Densidade absoluta para os troncos vivos e mortos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2012 e 2013.



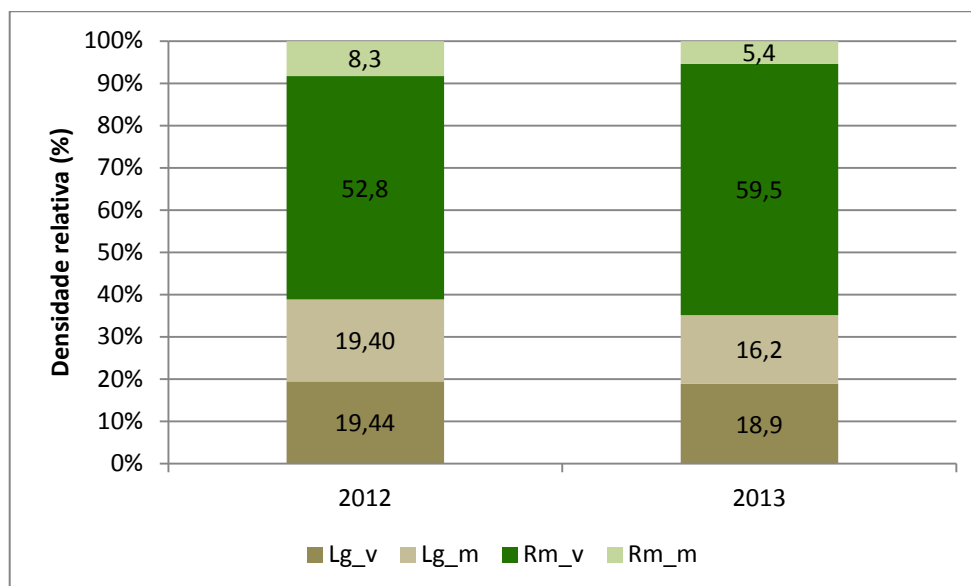


Figura 49 - Densidade relativa para os troncos vivos e mortos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2012 e 2013.

A Figura 50 apresenta a densidade absoluta por ano e por classe diamétrica para os troncos vivos e mortos das duas espécies. Observa-se que em 2012 não houve registro na classe inferior ( $\leq 2,5$  cm) enquanto em 2013 há registro de 177,5 troncos vivos/ha nessa classe. Para a classe intermediária ( $> 2,5$  cm e  $\leq 10$  cm), destaca-se que tanto para *Rhizophora mangle* quanto para *Laguncularia racemosa* não houve variação nos troncos vivos com 236,7 e 355,0 troncos vivos/ha, respectivamente, nos dois anos analisados. No entanto, para os troncos mortos, esta classe diamétrica apresentou maior variação: em 2012, *Laguncularia racemosa* registrou 414,2 troncos mortos/ha e *Rhizophora mangle*, 177,5 troncos mortos/ha, enquanto em 2013 os valores foram, respectivamente, 355,0 e 118,3 troncos mortos/ha, evidenciando portanto um diminuição de 14,3 % para *Laguncularia racemosa* e de 32,5 % para *Rhizophora mangle*.

Por outro lado, na classe superior ( $>10$  cm), tanto *Rhizophora mangle* quanto *Laguncularia racemosa* se destacaram por apresentar apenas indivíduos vivos e com um valor igual nos dois anos analisados, com 887,6 e 59,2 troncos/ha, respectivamente.

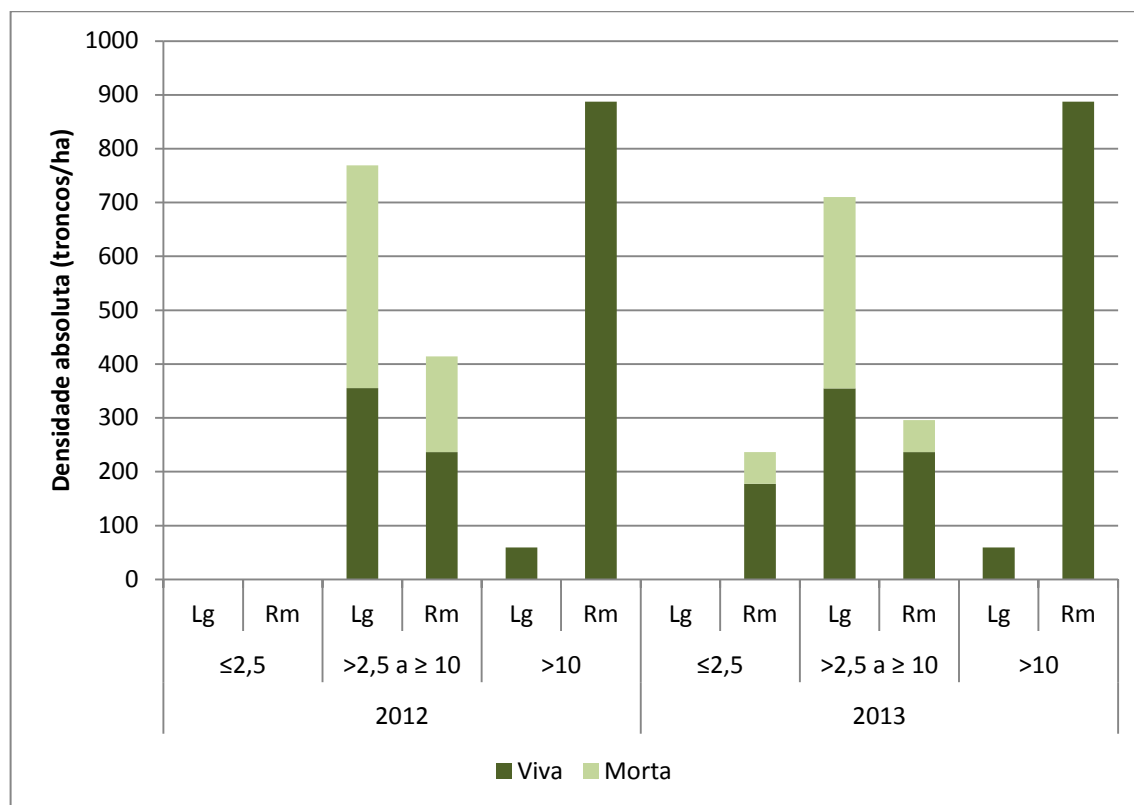


Figura 50 - Densidade absoluta (troncos/ha) por classe diamétrica e por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP.

As figuras 51 e 52 apresentam a área basal viva e morta por espécie e por classe diamétrica no bosque da Ilha dos Papagaios. Observa-se que, em termos absolutos, não há muita variação na área basal do bosque de 2012 para 2013, com um total de 17,2 m<sup>2</sup>/ha em 2012 e 17,1 m<sup>2</sup>/ha, em 2013. A área basal de *Rhizophora mangle* (Rm) apresentou um ligeiro aumento, com registro de 14,2 m<sup>2</sup>/ha em 2013 enquanto em 2012 esse valor foi de 13,7 m<sup>2</sup>/ha. Observou-se que a área basal de *Laguncularia racemosa* (Lg) em 2012 tanto viva quanto morta, foi de 1,4 m<sup>2</sup>/ha, enquanto em 2013 houve uma ligeira diminuição da área basal morta (1,3 m<sup>2</sup>/ha) e aumento da área basal viva (1,6 m<sup>2</sup>/ha). A área basal da Rm morta também reduziu.

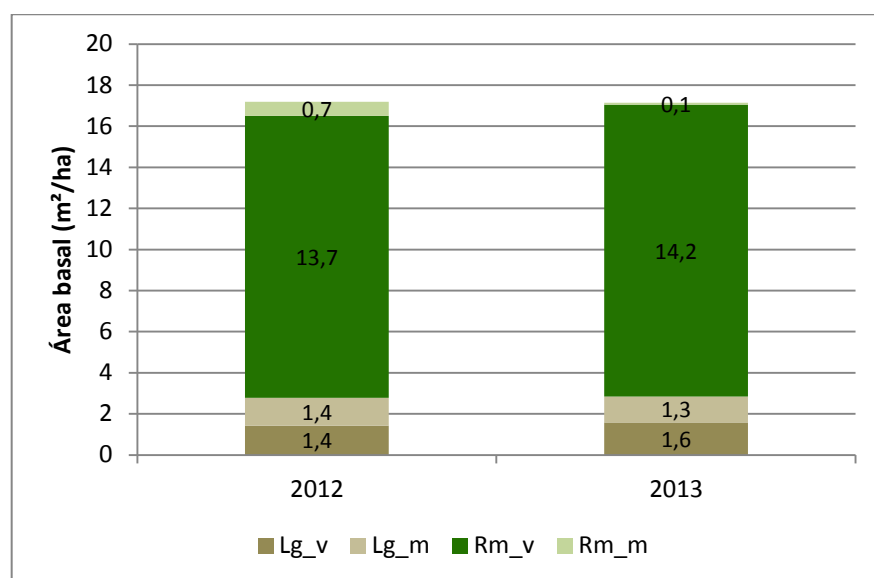


Figura 51 - Área basal ( $m^2/ha$ ) por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP.

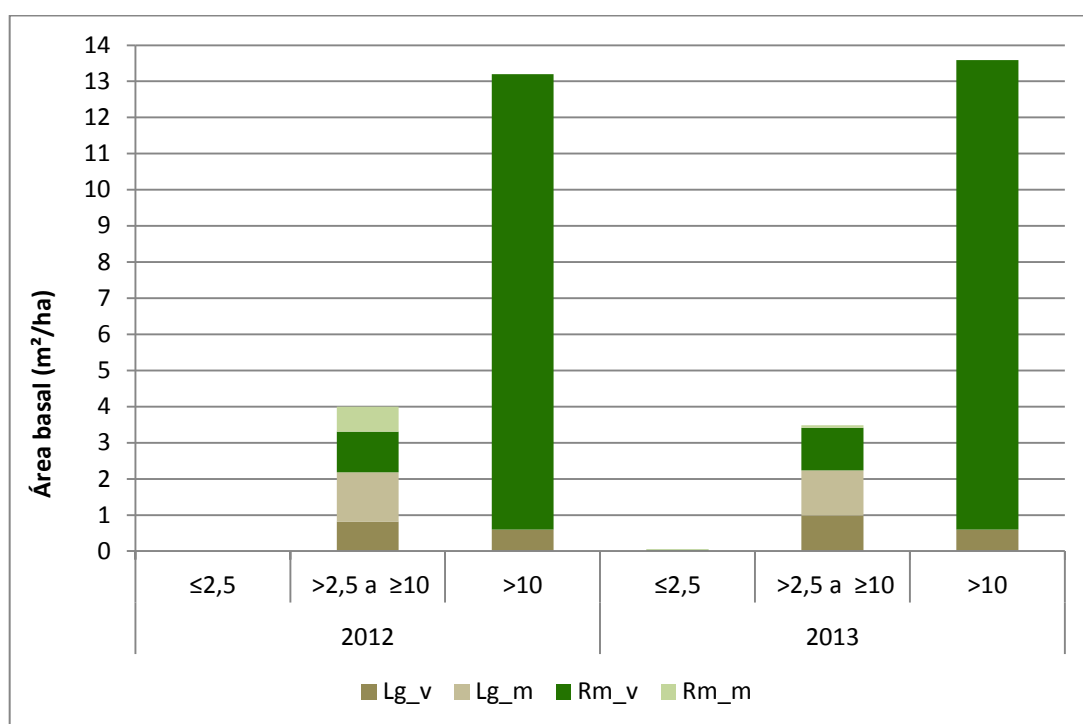


Figura 52 - Área basal ( $m^2/ha$ ) por classe diamétrica em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP.

Tanto em 2012 quanto em 2013, o bosque se destacou pela presença de troncos na classe diamétrica superior ( $>10$  cm), que representaram o maior valor de área basal, com 13,2 e 13,6  $m^2 \cdot ha^{-1}$ , o que evidencia um ligeiro aumento de 2012 para 2013 (Figura 52). A *Rhizophora mangle* se destacou com a maior área basal na

classe diamétrica superior com  $13 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ , enquanto a *Laguncularia racemosa* apresentou apenas  $0,6 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ . Nesta classe não houve registro de área basal morta.

Por outro lado, a classe diamétrica intermediária ( $> 2,5 \text{ cm}$  e  $\leq 10 \text{ cm}$ ) apresentou os maiores registros de área basal morta. Nos dois anos analisados, esta classe apresentou área basal total morta de  $2,1$  e  $1,3 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ , em 2012 e 2013, respectivamente, enquanto a área basal viva em 2012 foi de  $2 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$  e em 2013 de  $2,2 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ . Portanto, para essa classe, o maior destaque ocorreu para a diminuição da área basal morta. Considerando essa classe diamétrica por espécie, destaca-se que a maior variação ocorreu na diminuição da área basal morta de *Rhizophora mangle*, conforme figura 50. Para a classe inferior ( $\leq 2,5 \text{ cm}$ ), a área basal registrada foi inferior a  $0,1 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$  e apenas para *Rhizophora mangle*, evidenciado a presença de alguns indivíduos jovens, diferentemente de 2012.

Ao analisar a dominância em área basal, fica mais evidente a importância de *Rhizophora mangle* no bosque. Observa-se que há dominância para a *Rhizophora mangle* viva nos dois anos analisados,  $79,8 \%$  e  $82,9 \%$ , respectivamente em 2012 e 2013 (Figura 53). Enquanto os indivíduos mortos de *Laguncularia racemosa* apresentou uma diminuição de  $7,9 \%$  para  $7,3 \%$ .

Os bosques analisados por Cunha-Lignon et al. (2013) no setor norte do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, diferentemente da área aqui apresentada, são dominados por *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* ou *Avicennia schaueriana* na área próxima à desembocadura de Icapara. Enquanto os manguezais localizados nas proximidades do canal artificial Valo Grande são dominados por *Laguncularia racemosa*. A dominância de cada espécie está diretamente relacionada a fatores ambientais, tais como presença de microcanais, maior ou menor frequência de inundação entre outros (CUNHA-LIGNON et al., 2013).

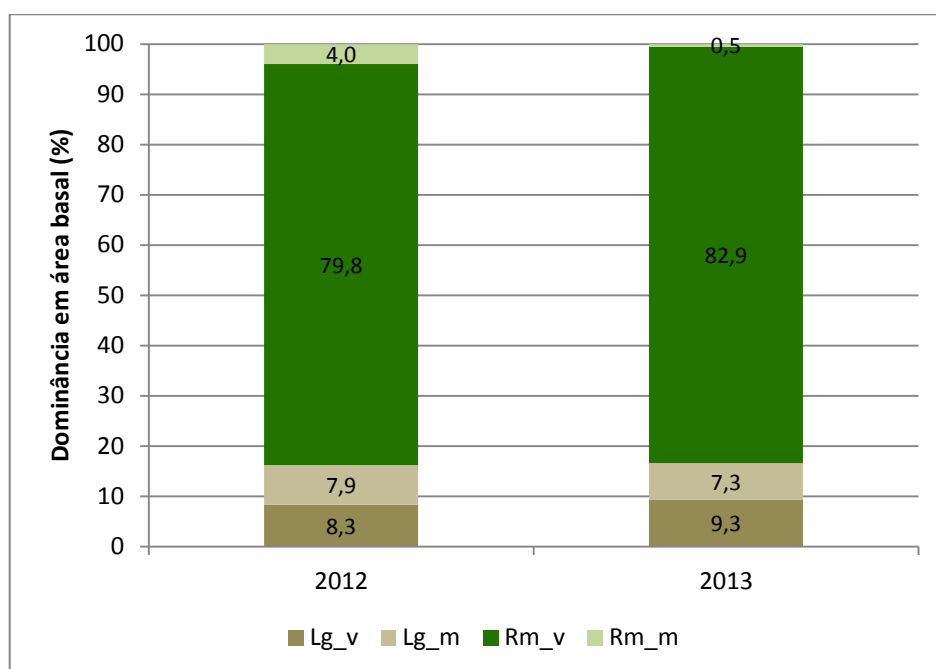


Figura 53 - Dominância em área basal (%) por espécie em 2012 e 2013 no bosque no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape – SP.

Para Cunha-Lignon et al. (2013), no trecho sul do sistema costeiro Cananéia-Iguape, destacam-se a dominância em área basal de troncos vivos, sendo que os troncos mortos nessa área ocorrem por processo de desbaste natural, sobretudo em bosques jovens. Enquanto no setor norte desse sistema, principalmente nas proximidades do canal artificial Valo Grande, os bosques de mangue apresentam elevada presença de troncos mortos, os quais promovem dossel pouco denso. A presença de macrófitas aquáticas é marcante na área, inclusive dentro das parcelas permanentes, assim como evidenciado na Ilha dos Papagaios.

## 9.2 FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS

A área foliar é uma importante característica estrutural para qualquer tipo de cobertura arbórea e não é diferente para o manguezal, visto que é no dossel que ocorrem processos fundamentais para o ecossistema, como transpiração,

interceptação de chuva, fotossíntese e, ainda, fornecem matéria orgânica para a serapilheira.

A Figura 54 evidencia o ciclo de variação da abertura do dossel no manguezal em 2011 e 2012. Observa-se que a primeira medida ocorreu em maio, com 24,7 %, em seguida destaca-se o mês de agosto com uma das maiores aberturas do período, com 35,3 %. A partir desse período observa-se que a abertura diminuiu até o mês de abril quando se iniciou novamente o período de maior abertura do dossel.

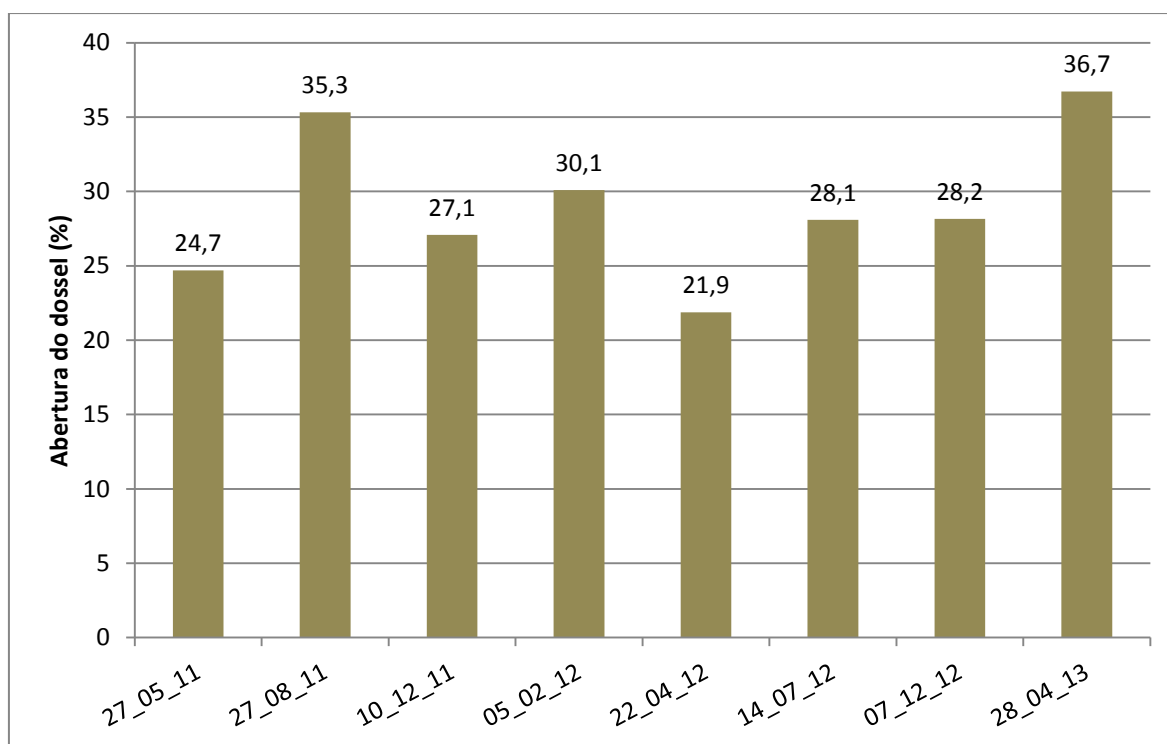


Figura 54 - Variação da abertura do dossel (%) estimada por meio de fotografias hemisféricas no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quanto ao IAF, apresentado na figura 55, o menor valor foi registrado em 27/08/11, durante o inverno, com IAF de 1,12. Em termos de porcentagem, de 27/08/11 (período de menor IAF) a 22/04/2012 (período de IAF mais elevado) houve um aumento de 35 %. Observa-se que do menor registro de IAF (1,12) ao mais elevado (1,71), há uma diferença de 52,7 %. Ao se comparar o valor estimado de inverno nos dois anos, observa-se que em 14/07/12 houve um IAF mais elevado do que em 27/08/11 (IAF = 1,58). Vale destacar que, conforme será

apresentado no item 9.9 sobre precipitação, o mês de julho de 2012, apresentou uma precipitação mais elevada do que em 2011, o que pode ter contribuído para um maior número de folhas presente no manguezal nesse período. Enquanto em julho de 2011 registrou-se 125,8 mm, em julho de 2012 esse valor foi de 243 mm.

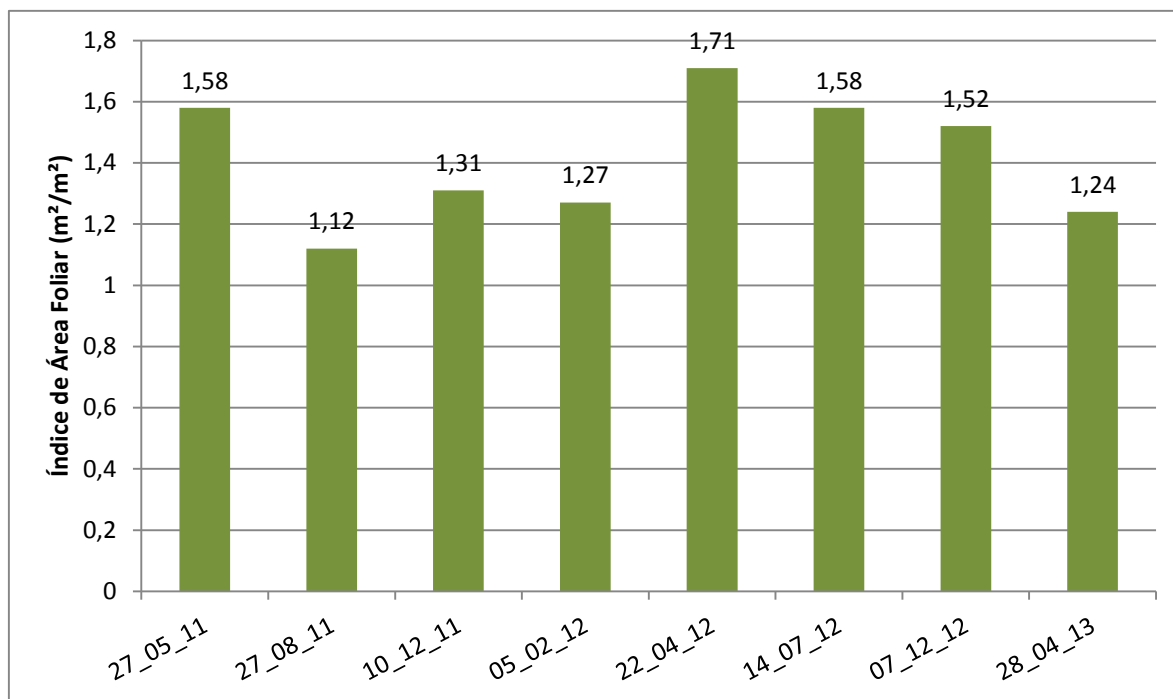


Figura 55 - Variação do índice de área foliar estimado por meio de fotografias hemisféricas no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Durante o período chuvoso (primavera/verão) há um aumento significativo da produção foliar, favorecendo a formação de folhas novas, com diminuição dessa produção na estação menos chuvosa.

Lima (2009) obteve IAF médio de 1,0, sendo maior em março/2008 do que em setembro/2008. Meneses (1994) encontrou para um bosque de mangue com dominância de *Laguncularia racemosa* em Cananéia, com o uso de Delimitador de 26 x 27 cm, o valor de IAF de 2,9. Enquanto Pool et al. (1975) encontraram valores para o IAF variando de 2,0 a 5,1 e o índice de renovação foliar pouco inferior a um, sendo que os bosques ribeirinhos apresentaram média igual a 1,3.

Lugo e Snedaker (1975) encontram valores de IAF iguais a 3,0 e 5,1, respectivamente, para bosques de franja e bacia.

Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983) resumem os dados disponíveis na literatura em relação aos valores de IAF, que podem variar de 0,2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> em bosques anões a 5,1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, em bosques ribeirinhos com maior desenvolvimento estrutural. Para esses autores, esse valor é considerado reduzido quando comparado com a floresta tropical que apresentaria valores entre 8 e 10 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Esse reduzido valor de IAF encontrados em bosque de mangue é atribuído ao fato das espécies não tolerarem sombreamento. As folhas estão em sua maior parte agrupadas na parte superior do dossel. Além disso, não há espécies que formem um estrato inferior dentro do bosque.

Vale destacar que os resultados encontrados neste trabalho diferem dos autores citados e que isso pode estar associado às diferentes técnicas utilizadas para estimar o IAF em cada um dos trabalhos apresentados.

Cintron e Schaeffer-Novelli (1983) destacam que o IAF e a biomassa da copa (biomassa foliar por área de terreno) estão diretamente relacionados com a produção de bosque de mangue.

Almeida (2005) estudou a produção de serapilheira no manguezal da Ilha do Cardoso, em Cananéia/SP. Para esse autor a produção de serapilheira apresentou marcante estacionalidade, com elevação das taxas de produção durante período mais úmido (verão) e diminuição no inverno. A queda de folhas ocorreu durante todos os meses, observando-se picos para a *Rhizophora mangle*, espécie também dominante na área de estudo do presente trabalho, entre abril e outubro, justamente o período de maior abertura foliar.

Destacam-se ainda os trabalhos realizados por Adaime (1985) e Meneses (1994), ambos em Cananéia, que também registraram maiores valores de produção durante meses mais chuvosos e de maior radiação solar, correspondendo aos dias de verão (dias mais longos e com maior número de horas de insolação). Vale destacar que o IAF é resultado da interação das chuvas do período que o antecede, bem como a radiação solar disponível no ambiente.

Adaime (1985) verificou uma intensa variação na quantidade de serapilheira produzida ao longo dos meses, sendo que a maior produção de folhas ocorreu no verão, diminuindo no outono e atingindo menores valores no inverno e, em alguns



casos, na primavera. Este autor constatou elevadas taxas durante a estação úmida (verão) e taxas mais reduzidas durante a estação de menor pluviosidade.

Meneses (1994), estudando a produção de serapilheira nos manguezais de Cananéia, destacou que há uma grande variação na produção total de serapilheira de um ano para outro, sendo que os meses de janeiro, março e abril foram os que apresentaram maiores valores de serapilheira no período amostrado.

Pool et al. (1975) registraram nos manguezais de Porto Rico e da Flórida picos máximos de queda de folhas logo após as primeiras chuvas e a diminuição na queda durante a estação seca. Para Pool et al. (1975), a planta aproveita a redução dos sais intersticiais do solo durante o período chuvoso para deixar cair as folhas mais velhas e promover a formação de folhas novas. Segundo Lugo e Snedaker (1975), quando a temperatura e a disponibilidade de água doce aumentam, é esperado um aumento na razão fotossintética, ao contrário da razão que corresponderia às reduzidas temperaturas inferiores e elevada salinidade.

Schaeffer-Novelli et al. (1980) encontraram uma certa relação do fotoperíodo com a produção foliar na zona de franja do bosque de mangue em Cananéia. Este resultado parece indicar que o bosque aproveita a maior disponibilidade de radiação solar para intensificar sua produção do novo tecido fotossintético. Desta maneira, elimina as substâncias nocivas armazenadas nas folhas velhas que permite a translocação de minerais para as folhas jovens e gemas das futuras flores e frutos.

Para Day Jr. et al. (1987) há uma tendência geral para o pico de produção da serapilheira nos manguezais ocorrer no período chuvoso, facilitando, assim, a exportação desse material para as áreas adjacentes. No entanto, nos manguezais da costa amazônica alguns estudos têm registrados picos de produção de serapilheira na estação seca (FERNANDES, 2003; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007). Esta alta produção no período seco pode ser atribuída ao maior custo energético requerido para a planta manter os tecidos fotossintetizantes em condições ambientais de alta salinidade durante essa estação, causando, assim, a abscisão (queda) do maior número de folhas, que é

o principal componente da serapilheira (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007).

Ao considerar a precipitação e o IAF obtido no manguezal da Ilha dos Papagaios observou-se que há uma relação entre os acréscimos/reduções do IAF e a distribuição mensal das chuvas, de acordo com a literatura apresentada anteriormente. Conforme exposto na Figura 56, há maior produção foliar durante a primavera/verão, quando ocorre também o período chuvoso da área de estudo.

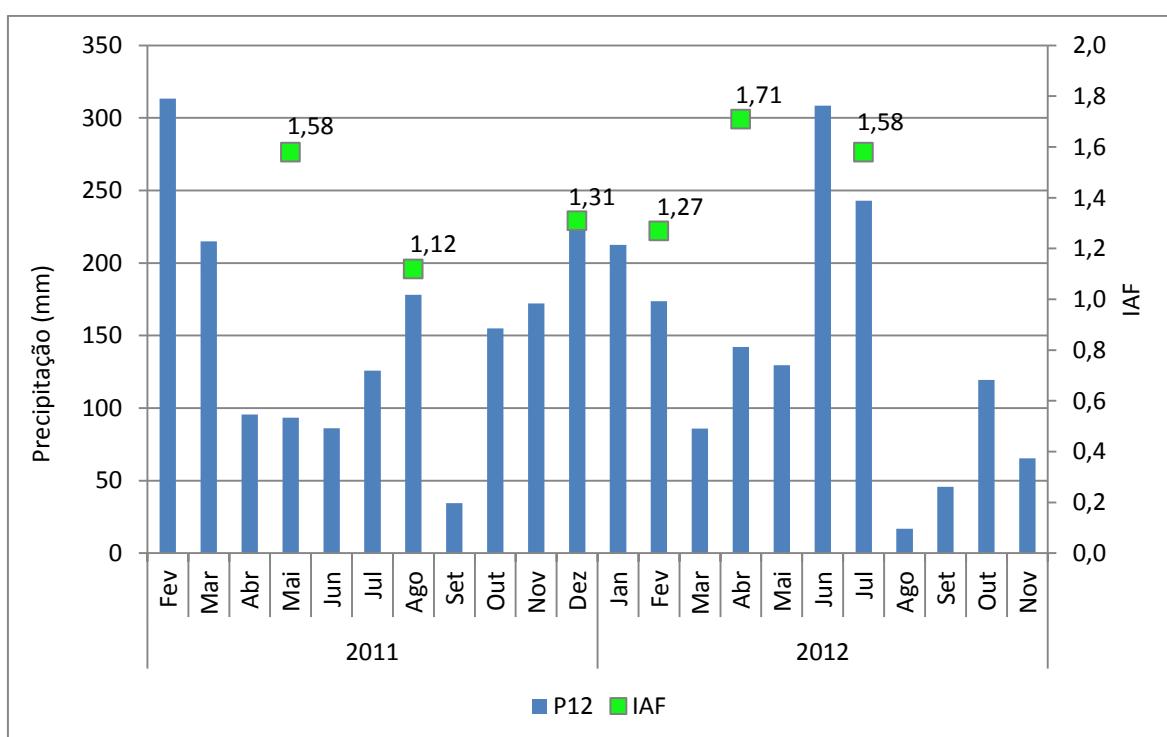


Figura 56 - Normal Climatológica para a precipitação no município de Iguape/SP e IAF obtido no manguezal – Barra do Ribeira – Iguape/SP em 2011 e 2012.

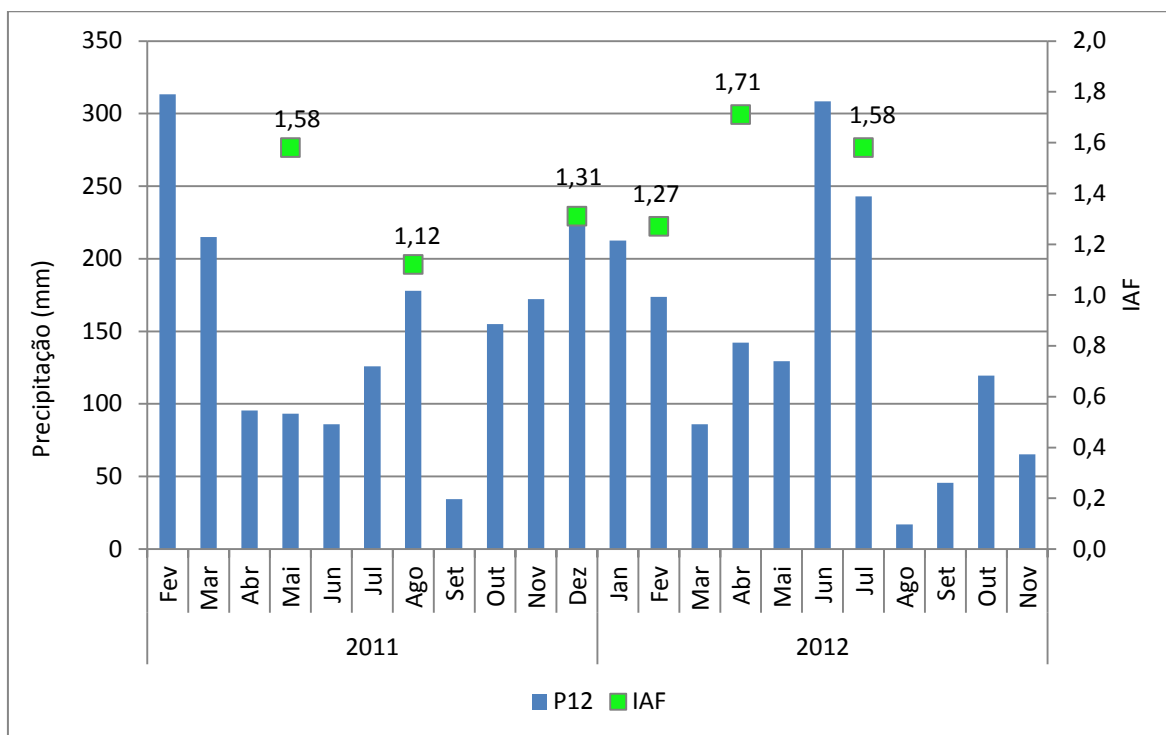


Figura 57 - Precipitação obtida em 2011 e 2012 acima do dossel do manguezal e IAF – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

No entanto, essa resposta do IAF em relação à precipitação é mais perceptível quando se relaciona com a precipitação mensal Normal Climatológica e menos evidente quando se avalia os anos de 2011 e 2012, conforme figura 56, o que indica que a vegetação não responde a totais pluviométricos imediatamente anteriores ao mês e sim a uma variabilidade de longa duração, como a Normal Climatológica. Porém, mesmo a figura 57 não descrevendo um padrão anual de chuvas igual a Normal tem-se uma tendência que no geral se aproxima da Normal. Destaca-se ainda que essa relação não ocorre de forma linear e que, portanto, além da precipitação existem outros controles para o IAF.

### 9.3 RADIAÇÃO SOLAR DE ONDA CURTA

Para o período de 06/02/11 a 31/12/11, a média diária de radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ) foi de  $13,9 \text{ MJ.m}^{-2}$ , enquanto abaixo do dossel ( $RG^2$ ), a

média diária foi de  $4,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ . O valor máximo diário de radiação solar global ocorreu no dia 20/12/11, com  $30,6 \text{ MJ.m}^{-2}$  acima do dossel e  $10,6 \text{ MJ.m}^{-2}$  registrado abaixo do dossel. O menor valor de radiação global ocorreu em 03/07/2011, com  $0,98 \text{ MJ.m}^{-2}$  e  $0,08 \text{ MJ.m}^{-2}$ , respectivamente, acima e abaixo do dossel.

Em 2012, a média diária de radiação solar global acima do dossel foi de  $14,1 \text{ MJ.m}^{-2}$  e abaixo do dossel foi de  $4,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ . O dia 04/01/12 registrou o valor máximo diário de radiação solar global, com  $30,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ , acima do dossel e  $10,5 \text{ MJ.m}^{-2}$ , abaixo do dossel. O menor valor de radiação global, em 2012, também foi registrado em julho, porém no dia 07, com  $1,15 \text{ MJ.m}^{-2}$  acima do dossel e  $0,32 \text{ MJ.m}^{-2}$ , abaixo do dossel.

A Figura 58 apresenta a variação da radiação solar global nos dois níveis de medida entre 06/02/11 a 31/12/12.

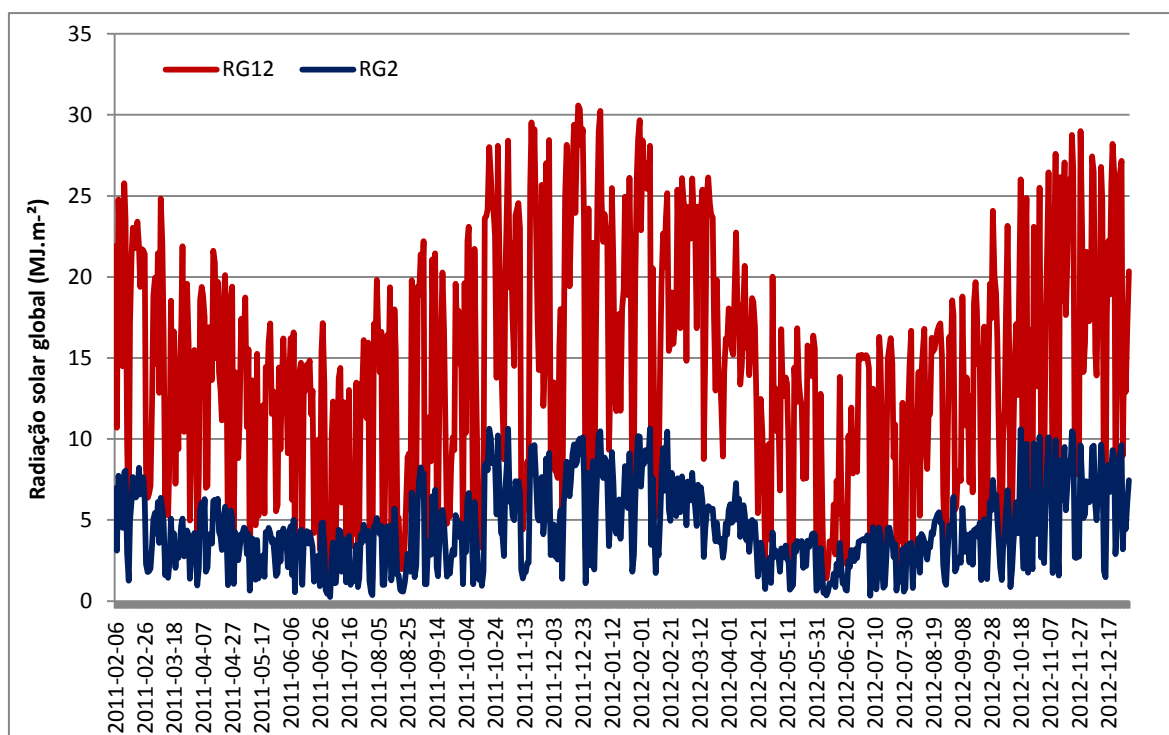


Figura 58 - Radiação solar global acima (RG12) e abaixo (RG2) do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape (SP), durante o período de 06/02/11 a 31/12/12.

Vale destacar que Lima e Galvani (2013), encontraram valores semelhantes em 2008, com  $14,1 \text{ MJ.m}^{-2}$ , acima do dossel e  $4,0 \text{ MJ.m}^{-2}$ , abaixo do dossel. No período considerado pelos autores, 06/01/08 a 31/12/08, o valor máximo diário de radiação solar global registrado ocorreu em 05/12/08, com  $30,4 \text{ MJ.m}^{-2}$  e  $12,6 \text{ MJ.m}^{-2}$ , acima e abaixo do dossel, respectivamente. Enquanto os valores mínimos ocorreram em 23/06/08, com registro de  $1,84 \text{ MJ.m}^{-2}$  acima do dossel e  $1,4 \text{ MJ.m}^{-2}$  abaixo do dossel.

A Figura 59 apresenta a regressão linear entre a radiação solar global acima e abaixo do dossel, durante os anos de 2011 e 2012. Observa-se um elevado coeficiente de determinação, evidenciando que 92 % dos dados apresentam associação entre si.

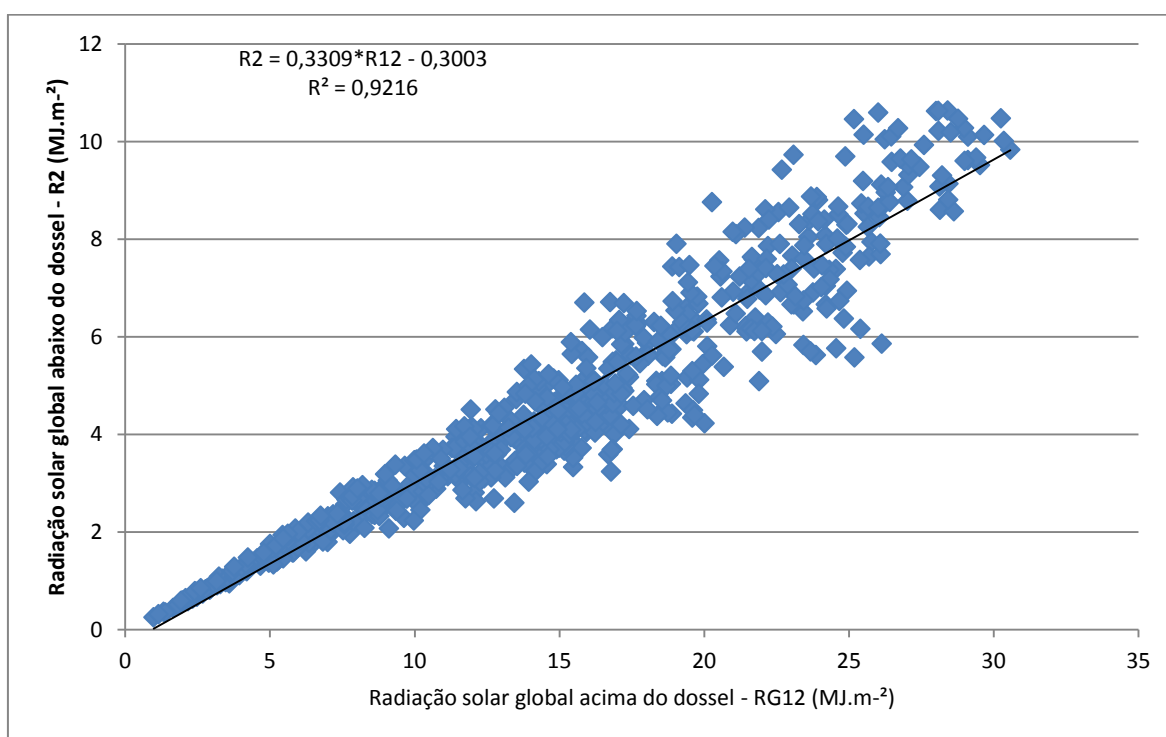


Figura 59 - Relação entre a radiação solar global a 12 metros e a 2 metros nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/11 a 31/12/12.

A Figura 60 apresenta a variação mensal para a radiação global acima do dossel. Em 2011, novembro se destacou com o maior valor médio de radiação solar global, com  $19 \text{ MJ.m}^{-2}$ , acima do dossel. Enquanto em 2012 esse valor ocorreu em janeiro, com  $20 \text{ MJ.m}^{-2}$ , seguido por fevereiro com  $19,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ .

Conseqüentemente, quanto à radiação solar global abaixo do dossel se destacaram os meses de novembro e dezembro em 2011 e janeiro e fevereiro em 2012 (Figura 60).

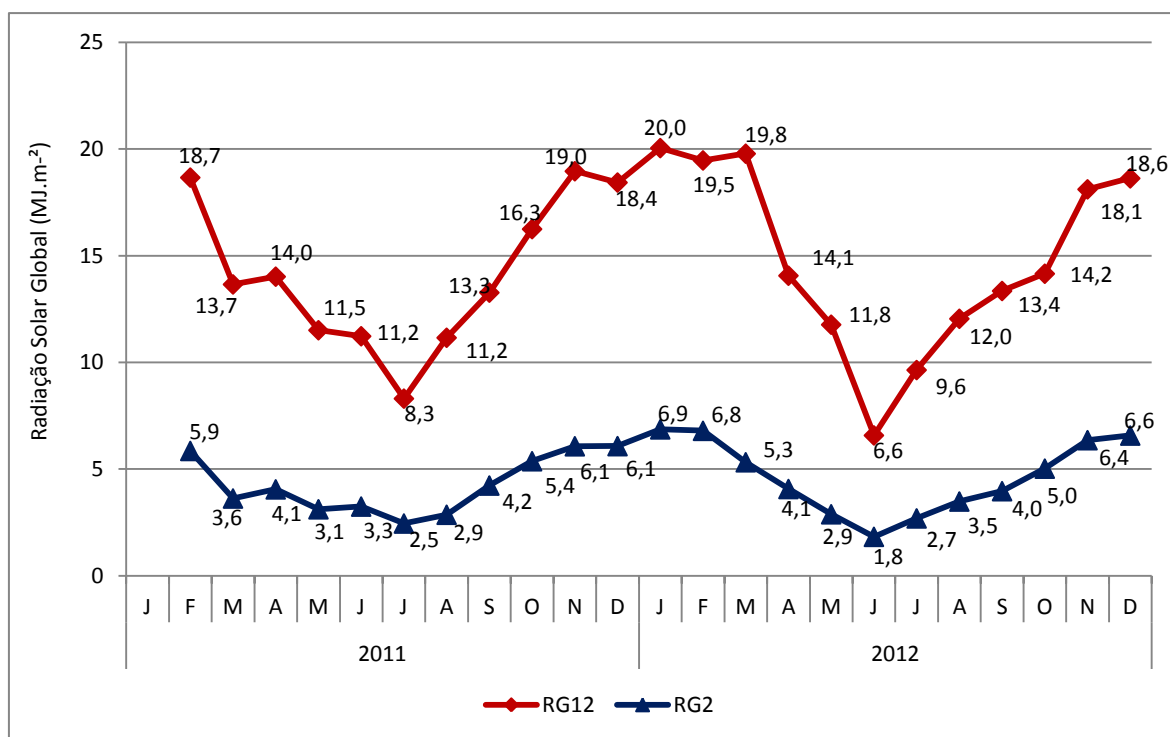


Figura 60 - Radiação solar global nos dois níveis de análise (acima e abaixo do dossel) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/11.

Quanto à sazonalidade, o maior coeficiente de variação foi observado no inverno/2011 com valor superior a 60 %, o que evidencia um conjunto de dados mais heterogêneo. Enquanto o verão se destacou com a menor variação, mas ainda com um coeficiente de variação alto, 32,7 % a 12 m e 34 % abaixo do dossel (Tabela 14). A diminuição da presença do vapor d'água e da cobertura de nuvens na atmosfera durante o inverno contribui para que o conjunto de dados seja mais heterogêneo nessa época do ano.

Tabela 14 - Variação sazonal da radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $RG^2$ ) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Estação	Ano	$RG^{12}$					$RG^2$				
		Média (MJ.m <sup>-2</sup> )	DP	CV (%)	Mínimo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Máximo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Média (MJ.m <sup>-2</sup> )	DP	CV (%)	Mínimo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Máximo (MJ.m <sup>-2</sup> )
O	2011	12,7	4,8	37,7	1,9	21,9	3,6	1,4	38,5	0,5	6,3
	2012	11,6	5,8	49,9	1,4	23,8	3,1	1,6	51,2	0,3	7,3
I	2011	9,8	6,1	61,5	1,0	22,2	3,0	1,9	64,4	0,2	8,2
	2012	10,9	5,0	45,7	1,1	19,7	3,1	1,3	43,4	0,3	6,4
P	2011	17,6	8,0	45,4	3,3	30,6	5,7	2,7	47,9	0,9	10,6
	2012	16,6	7,4	44,7	1,8	29,0	5,8	2,7	47,4	0,6	10,6
V	2011/12	19,9	6,6	33,7	3,2	30,2	6,5	2,2	34,4	1,1	10,6
	2012/13	16,5	6,6	40,4	4,3	28,2	5,7	2,5	43,3	1,3	11,3

Onde: O = Outono; I = Inverno; P = Primavera, V = Verão; DP = desvio-padrão; CV = Coeficiente de Variação.

### 9.3.1 Albedo

O albedo ( $\alpha$ ) médio, que representa a relação entre a radiação solar refletida e a radiação solar global acima do dossel do manguezal, foi de 8,2 % durante o período 06/02/11 a 31/12/12, considerando os registros obtidos no intervalo das 08 h às 15h50min. Esse valor é importante visto que representa a quantidade de radiação solar global que não é absorvida, mas refletida pelo sistema. A Figura 61 apresenta o coeficiente de determinação e a relação entre a radiação solar global e a refletida, em que é possível observar uma elevada associação entre os dados, com 97 % da radiação refletida associada à radiação solar global. Ainda é possível determinar o albedo com o uso dessa equação, sendo definido como o coeficiente b da reta de regressão (GALVANI et al. 2000).

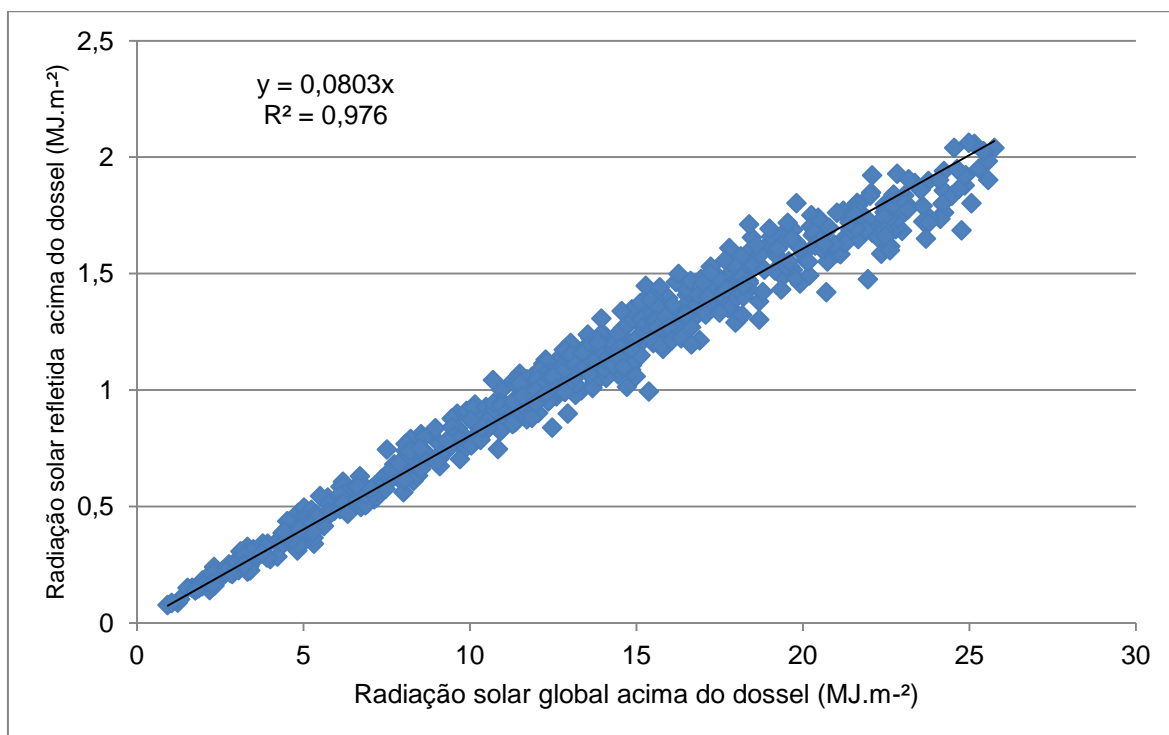


Figura 61 - Relação entre a radiação solar global e a radiação solar global refletida acima do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/12

A Figura 62 apresenta a variação do albedo ao longo do período. O maior valor de albedo ocorreu no dia 30/06/2011, com 10,6 %. Em 2011, o albedo médio foi de 8,7 % enquanto em 2012 o valor foi de 8,1 %.



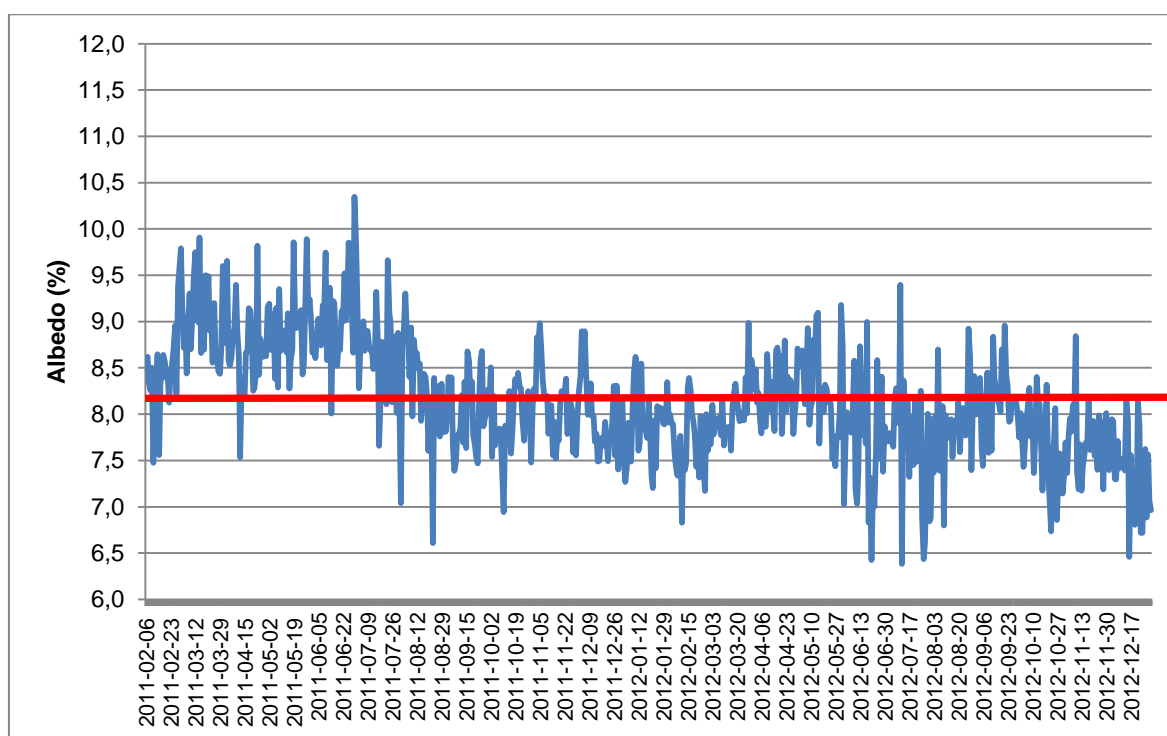


Figura 62 - Albedo médio diário obtido acima do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 06/02/11 a 31/12/12.

Na figura 62 é possível verificar que o albedo reduziu ao longo do período de 06/02/11 a 31/12/12, o que evidencia que a radiação solar global refletida está aumentando. Os mangues presentes na área de estudo, conforme Cunha-Lignon (2009) apresentam um quadro de degradação ambiental acentuado. Tem sido constatado ao longo dos trabalhos de campo que a presença das macrófitas no entorno da Ilha dos Papagaios resulta no represamento de água nas proximidades da estação meteorológica, contribuindo para uma maior reflexão da radiação solar em comparação ao solo do manguezal. Também é possível inferir que o movimento de entrada/saída da maré tem sido obstruído. Além disso, a análise visual das folhas do dossel demonstram que essas estão mais amareladas, indicativo de folhas em processo de senescência, resultando em maior poder de reflexão.

Querino, Moura e Querino (2013) também estudaram o albedo sobre floresta de mangue, concluindo que geralmente, é maior do que em outras florestas tropicais, com média de 18 %, 5 % superior em relação, por exemplo, ao da floresta tropical amazônica (13 %). Em área degradada de manguezal, esses autores

encontraram um albedo médio de 35 %, o que implica em uma elevação aproximada de 49 %, quando se substitui a cobertura de floresta natural.

### **9.3.2 Transmissividade da radiação solar global pelo dossel**

Em 2011, a transmissividade média da radiação solar global pelo dossel ( $\tau_d$ ) foi de 30,1 %, variando entre um mínimo de 21,7 %, registrado em 26/05/11 e um máximo de 39,4 %, que ocorreu em 02/09/11. Em 2008, considerando o período de 01/01 a 31/12/08, Lima e Galvani (2012) obtiveram 26,8 % de transmissividade média do dossel. No entanto, ao selecionar nos dados de 2008 o mesmo período de análise utilizado em 2011, portanto de 06/02/08 a 31/12/08, a  $\tau_d$  média do dossel seria um pouco menor, com 26,2 %. Em 2012, a transmissividade média do dossel foi de 30,7 %, com valores entre 19,3 e 43,2 %. O valor máximo (43,2%) ocorreu no dia 28/10/2012.

Comparando esses valores obtidos no mangue com estudos realizados em outros tipos de vegetação, observa-se um alto valor de transmissividade obtido nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. Em uma floresta estacional semidecidual secundária, localizada em Viçosa (MG), Pezzopane (2001) obteve um valor médio de 12,3 %. Hernandez et al. (2004) também estudou a radiação solar transmitida para o interior de uma mata semidecídua obtendo o valor médio de 5,5 % e máximo de 13,9 % da radiação solar medida em ambiente externo, tendo variação sazonal de 3,3 % para o verão, 6,4 % para a primavera e 8,2 % para o inverno.

Considerando o estudo de Querino et al. (2011), desenvolvido em área de manguezal em Alagoas, a transmissividade anual esteve entre 15 % e 35 %. Portanto, com valores bem próximos aos obtidos no presente trabalho.

A Figura 63 apresenta a variação de  $\tau_d$  ao longo de 2008, 2011 e 2012. Visando analisar se a variação obtida entre os três anos ocorreu de forma significativa foi aplicados teste de hipótese t pareado ( $\alpha = 5\%$ ) após a comprovação da distribuição normal dos dados. Primeiramente, foram analisados os anos de 2008 e 2011, 2011 e 2012 e 2008 e 2012.

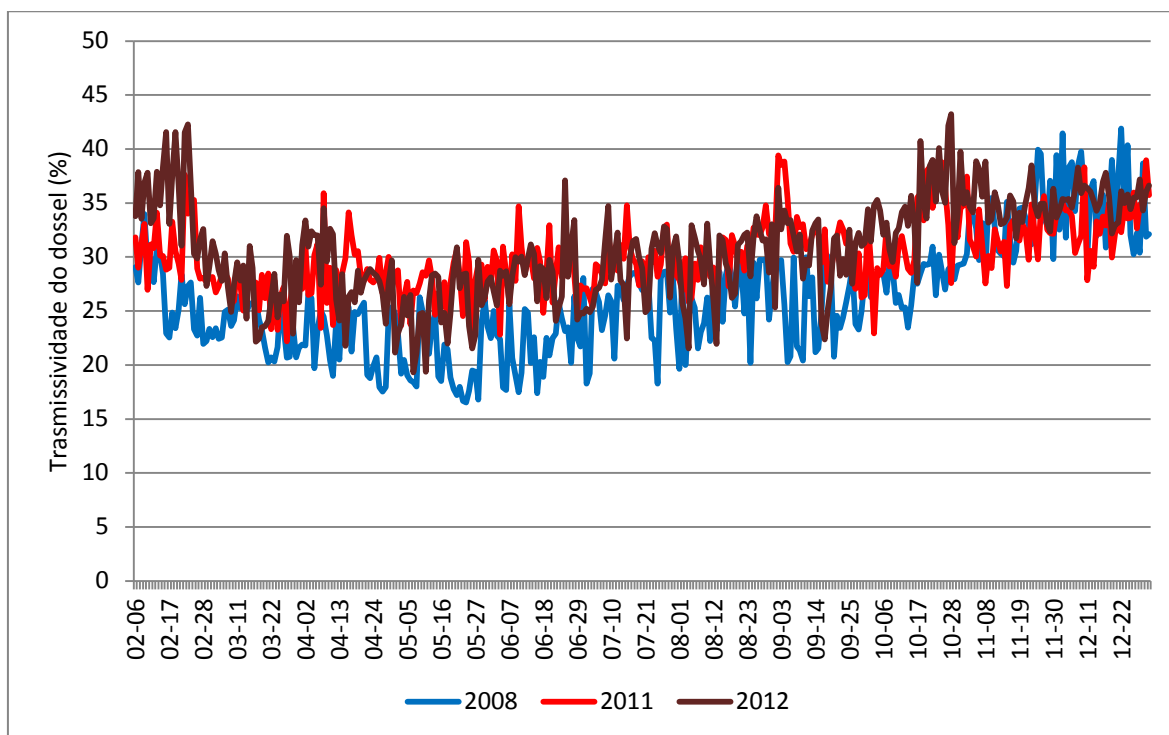


Figura 63 - Transmissividade do dossel ( $\tau_d$ ) em 2008, 2011 e 2012 nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Com a aplicação do teste, constatou-se que os dados de 2008 e 2011 apresentaram distribuição normal ( $p$  valor = 0,148) o que implicou na aplicação do teste de hipótese  $t$  pareado ( $\alpha$  = 5% de significância), verificando-se que os dados de transmissividade do dossel em 2008 e 2011 foram significativamente diferentes ( $p$  valor = 0,000 e Intervalo de Confiança = 3,382; 4,396), indicando que a  $\tau_d$  em 2011 foi, em média, superior a 2008. Isso evidencia um aumento indicando que a  $\tau_d$  em 2011 foi, em média, superior a 2008, que evidencia um ligeiro aumento da transmissividade em 2011. Isso evidencia um aumento na quantidade de radiação solar que está atingindo o sensor localizado abaixo do dossel.

Por outro lado, os dados de 2012 e 2011 não apresentaram distribuição normal, sendo aplicado o teste não paramétrico Wilcoxon. Com a aplicação do teste, constatou-se que os dados de 2011 e 2012 são significativamente diferentes ( $p$  valor = 0,000 e Intervalo de Confiança = 0,198 a 0,994), indicando que a  $\tau_d$  em 2012 foi, em média, superior a 2011.

Em relação à diferença entre os dados de 2012 e 2008, constatou-se distribuição normal, sendo aplicado o teste t pareado. Com a aplicação do teste, constatou-se que os dados são significativamente diferentes (Intervalo de Confiança = 4,020 a 5,045 e p valor = 0,000).

A redução que vem sendo observada ao longo do período pode estar associada ao estado de degradação do ambiente pela presença de macrófitas que impede que haja renovação e que novos indivíduos prosperem no manguezal (CUNHA-LIGNON, et al., 2011). Os dados apresentados no capítulo de Estrutura da vegetação também corroboram com essa hipótese, visto o baixo número de indivíduos jovens (DAP < 2,5 cm) encontrados na parcela estudada.

Em análise mensal, em 2011, destaca-se que a maior transmissividade do dossel ocorreu em dezembro, com 33,4 %, enquanto o mês de março apresentou a menor transmissividade com 26,8 %. Em 2012, fevereiro se destacou com a menor atenuação, ou seja, maior transmissividade, com 35,8 %. O mês de maio em 2012 apresentou a menor transmissividade com 25,2 %. A Figura 64 apresenta a variação mensal da  $\tau_d$  para 2011 e 2012.

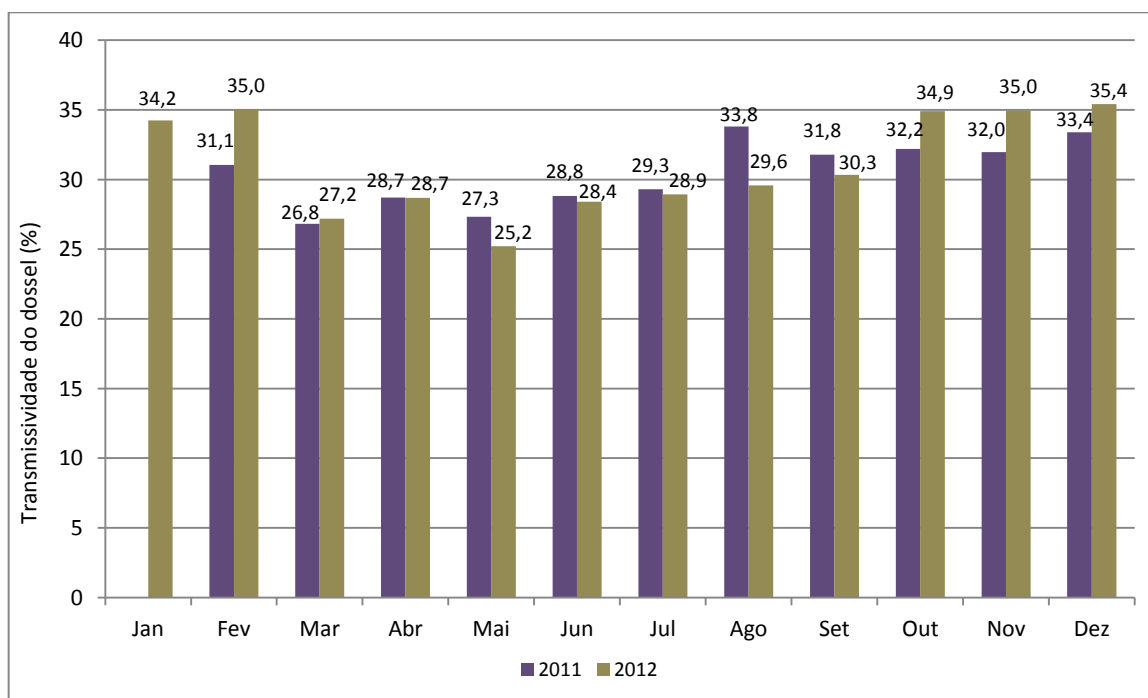


Figura 64 - Variação da transmissividade mensal média do dossel para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011.

As estações primavera e verão apresentaram a maior transmissividade do dossel, como pode ser visualizado na Figura 65.

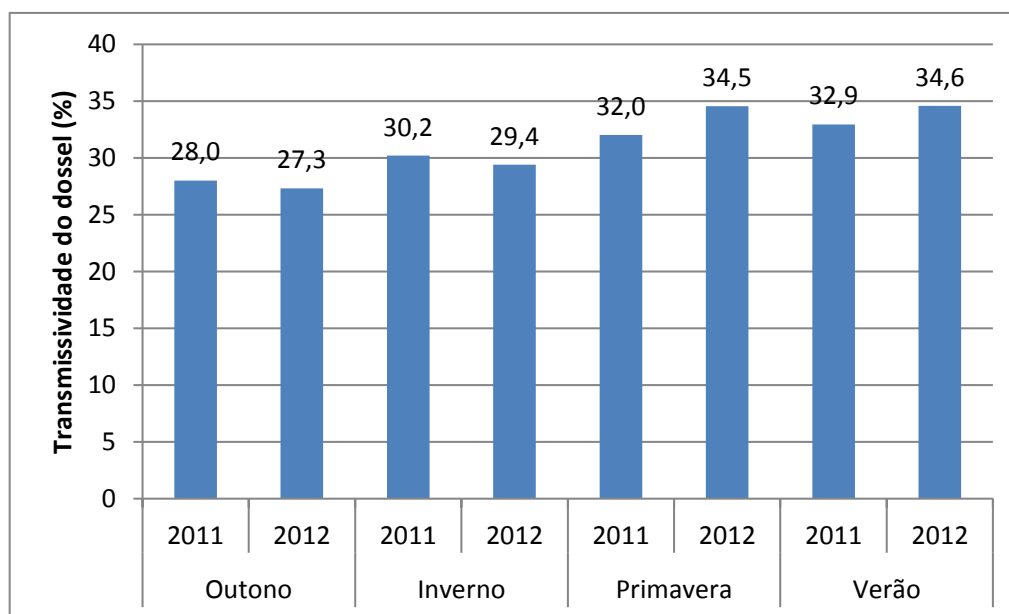


Figura 65 - Variação sazonal da transmissividade mensal média do dossel para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011.

A Figura 66 apresenta a variação de  $\tau_d$  no período de 06/02/11 a 31/12/12, juntamente com a declinação solar para o período. Constatou-se que a transmissividade do dossel no ambiente manguezal apresenta um ciclo de variação, com redução/aumento ao longo do ano, reflexo da variação da declinação solar (LIMA; GALVANI, 2012), que pode ser verificado nos dois anos de análise.

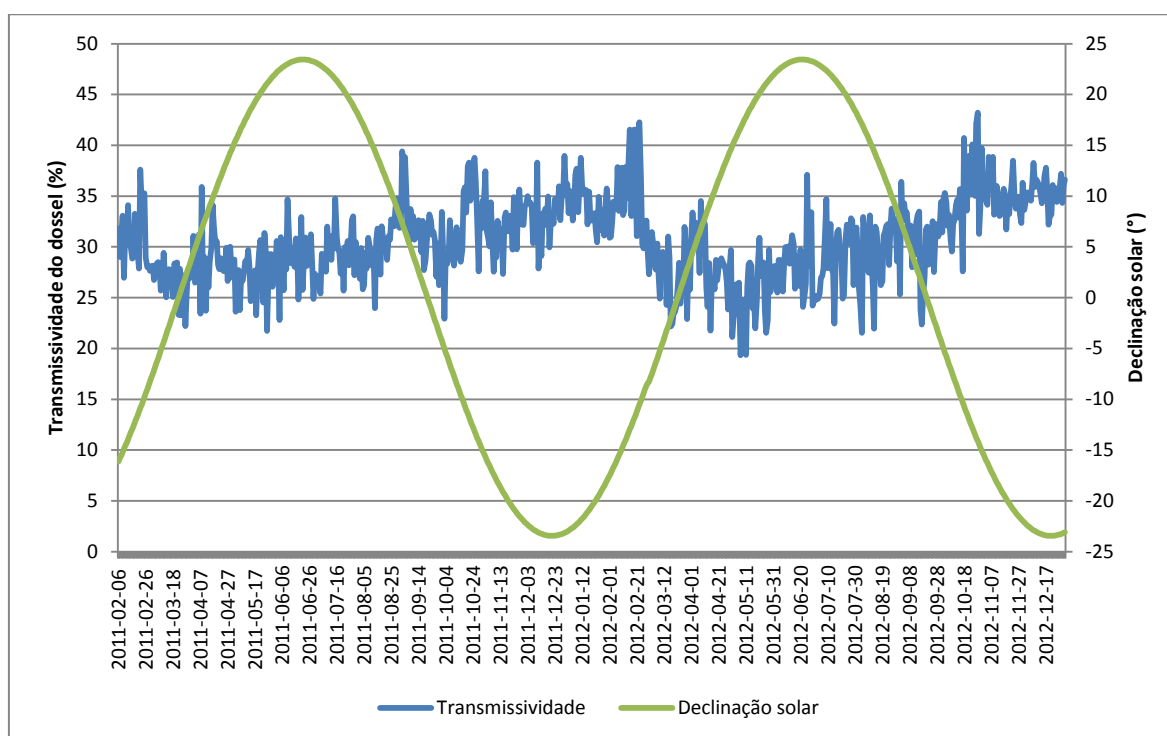


Figura 66 - Variação da transmissividade da radiação solar pelo dossel em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Assim, quando o sol declina para o Hemisfério Norte (meses coincidentes com o período de outono e inverno, no Hemisfério Sul) a transmissividade do dossel tende a apresentar os menores valores. Por outro lado, quando o sol encontra-se com valores declinação negativa (meses coincidentes, em geral, com a primavera e verão, no Hemisfério Sul) os valores de transmissividade do dossel tendem a apresentar valores mais elevados.

#### 9.4 RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA (RATM) E TERRESTRE (RTER)

As radiações de onda longa atmosférica e terrestre constituem-se em importantes componentes no balanço global de radiação e de energia. No manguezal a média para a radiação terrestre e atmosférica em 2011 (06/02 a 31/12) foi de 36,4 e 33,9 MJ.m<sup>-2</sup>, enquanto em 2012 (01/01 a 31/12) foi registrado 37 e 34,6 MJ.m<sup>-2</sup>,

respectivamente. O ano de 2011 apresentou valores inferiores a 2012 tanto de radiação terrestre quanto atmosférica.

A Tabela 15 apresenta os valores máximos obtidos em cada ano analisado. Observa-se que os valores máximos, foram registrados durante o verão enquanto os valores mínimos, nos meses de inverno, tanto para  $R_{atm}$  quanto para  $R_{ter}$ .

Tabela 15 - Valores máximos obtidos em 2011 e 2012 para a Radiação atmosférica ( $R_{atm}$ ) e terrestre ( $R_{ter}$ ) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ano	$R_{ter}$		$R_{atm}$	
	Máximo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Mínimo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Máximo (MJ.m <sup>-2</sup> )	Mínimo (MJ.m <sup>-2</sup> )
2011	23/12	28/06	10/02	04/08
	40,1	32,5	37,2	25,4
2012	26/12	14/07	07 e 27/12	14/07
	41,1	33,2	38,0	29,4

A Figura 67 apresenta a variação diária da radiação atmosférica e terrestre em 2011 e 2012.

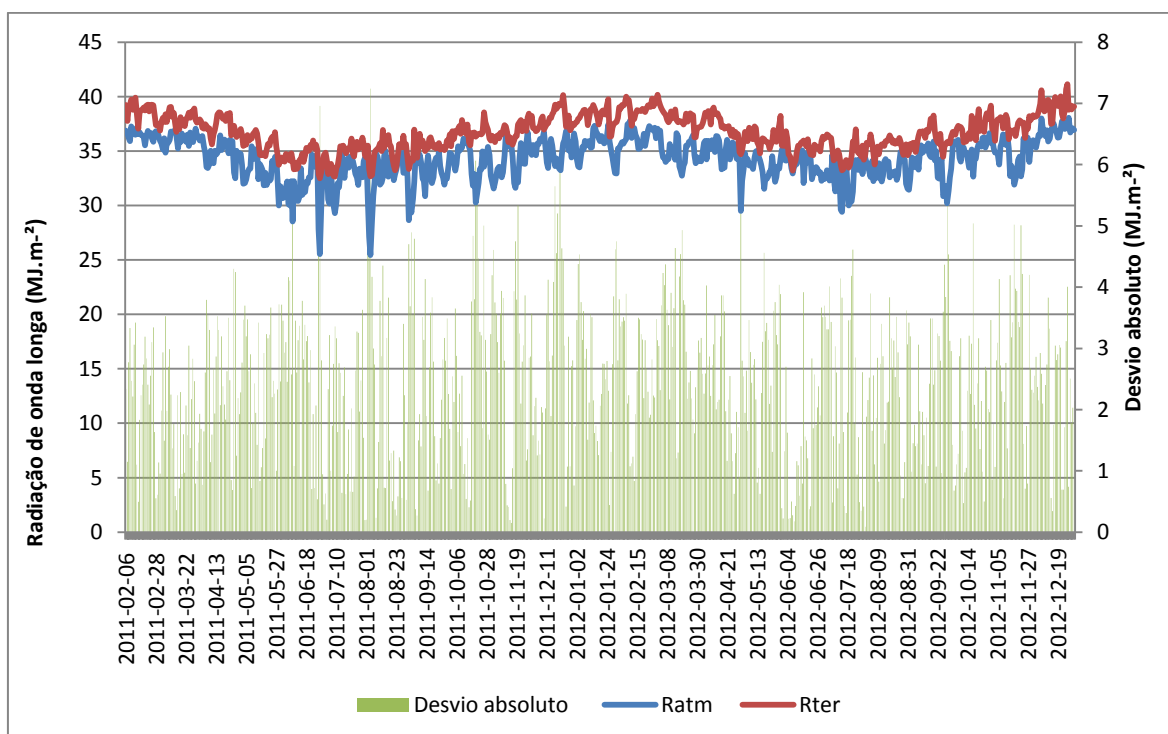


Figura 67 - Radiação atmosférica e terrestre no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A diferença média entre a radiação atmosférica e a terrestre foi de  $2,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ , com maior valor registrado em 04/08/11, com  $7,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ . Observa-se que em alguns dias há picos inferiores no valor emitido pela atmosfera, evidenciando os dias mais secos do período, como, por exemplo, nos dias 28/06/11 e 04/08/11, que registram as menores umidades absolutas do período, com  $7,8$  e  $7,6 \text{ g/m}^3$ , respectivamente. Isso demonstra que a presença/ausência de vapor na atmosfera é fundamental para uma maior/menor emissão de radiação de onda longa. Quando há maior quantidade de vapor d'água na atmosfera há maior absorção de radiação de onda longa emitida pela superfície e conseqüentemente o vapor passa a emitir maior quantidade de energia. Assim, a radiação atmosférica é maior quando há maior presença de vapor d'água na atmosfera, que por sua vez, funciona como regulador térmico.

Em 2011, junho se destacou com os menores valores médios de radiação atmosférica e terrestre, enquanto fevereiro apresentou os maiores registros (Figura 68). Reflexo mais uma vez da presença de vapor d'água que é mais elevado em fevereiro do que em junho. Por outro lado, a menor emissão terrestre se dá durante os meses de verão, quando há maior radiação solar de onda curta chegando na superfície, resultando em aquecimento da mesma e conseqüentemente maior emissão de ondas longas.

Os dados de  $R_{atm}$  e  $R_{ter}$  apresentam um coeficiente de correlação de Person de  $0,754$ . A Figura 69 apresenta a regressão linear para os dados de  $R_{ter}$  e  $R_{atm}$ , com um coeficiente de determinação de  $56,7 \%$ .



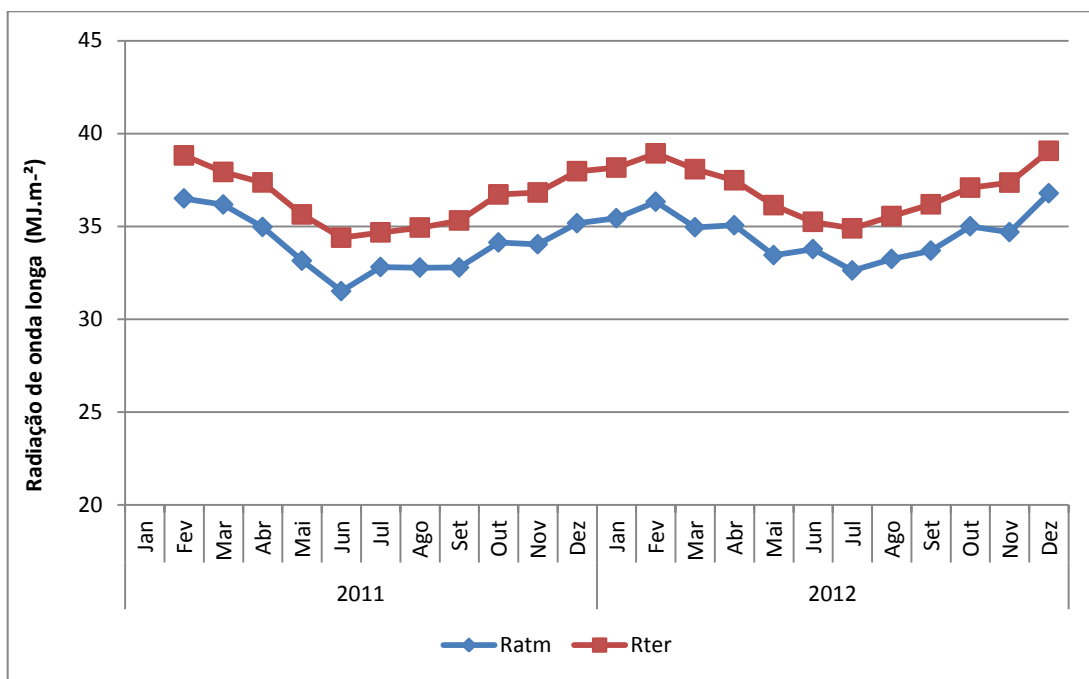


Figura 68 - Radiação mensal atmosférica (Ratm) e terrestre (Rter) média no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

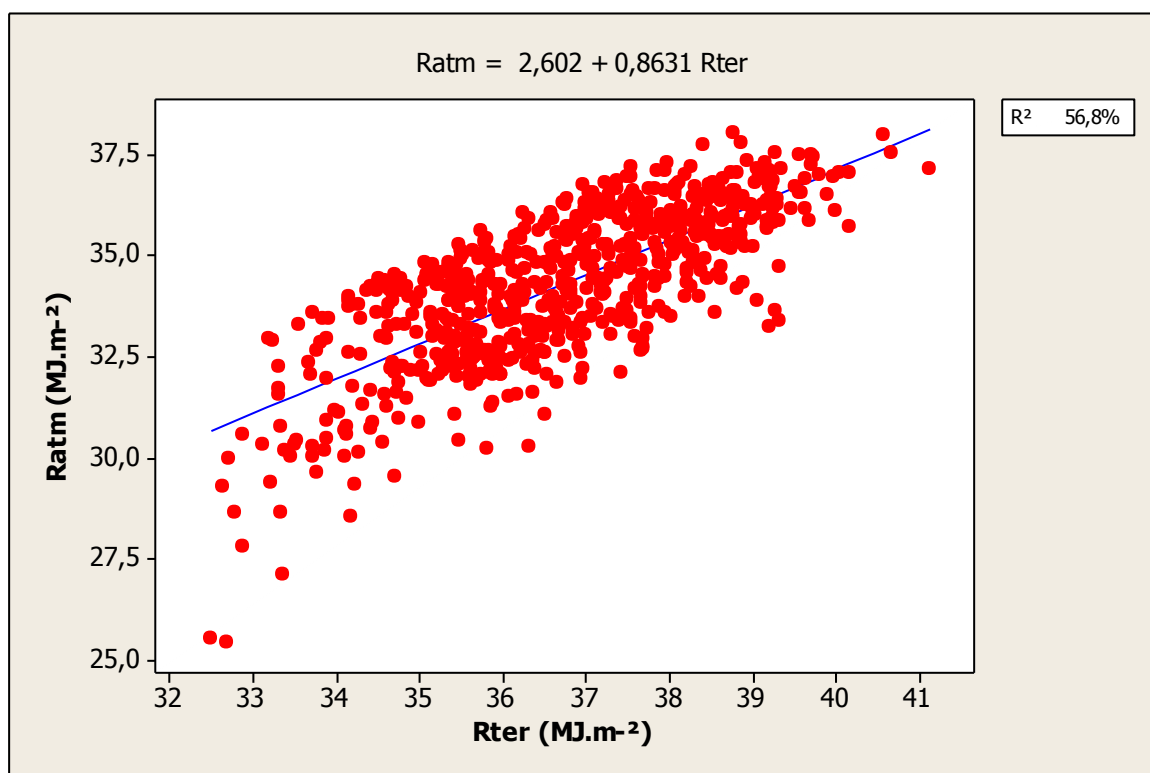


Figura 69 - Regressão linear para os dados de Radiação terrestre e Radiação atmosférica para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tanto na Figura 70 quanto na figura 71, é possível verificar que tanto para a radiação atmosférica quanto para a terrestre, o inverno apresentou valores inferiores de radiação. Porém, para a  $R_{atm}$ , o inverno se destacou com a presença de valores mínimos significativos (*outliers*), evidenciando que nesse período ocorreram valores extremos ao se considerar toda a série. Esses menores valores foram registrados em dias de céu limpo e parcialmente nublado, evidenciando a importância da presença de vapor d'água na atmosfera. Por outro lado, o outono apresentou um maior intervalo interquartil, portanto, essa estação apresentou uma maior variabilidade nos dados de  $R_{atm}$ .

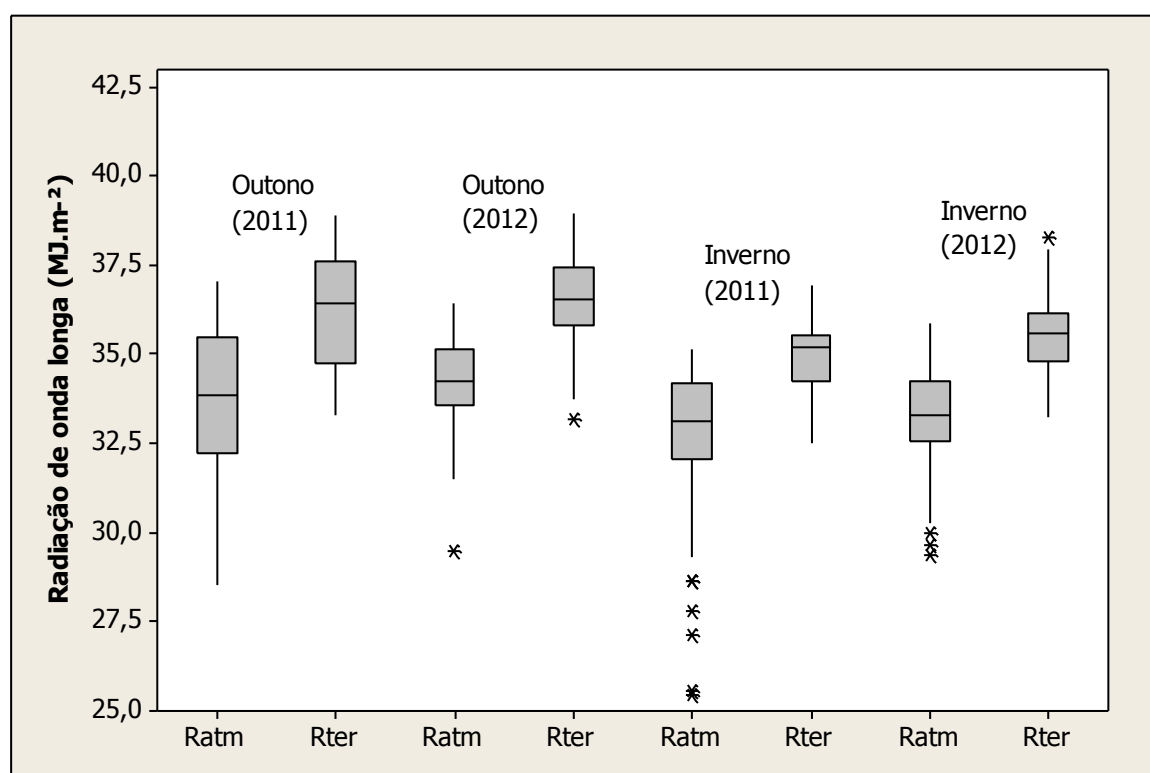


Figura 70 - Radiação atmosférica sazonal no manguezal Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano em 2011 e 2012.

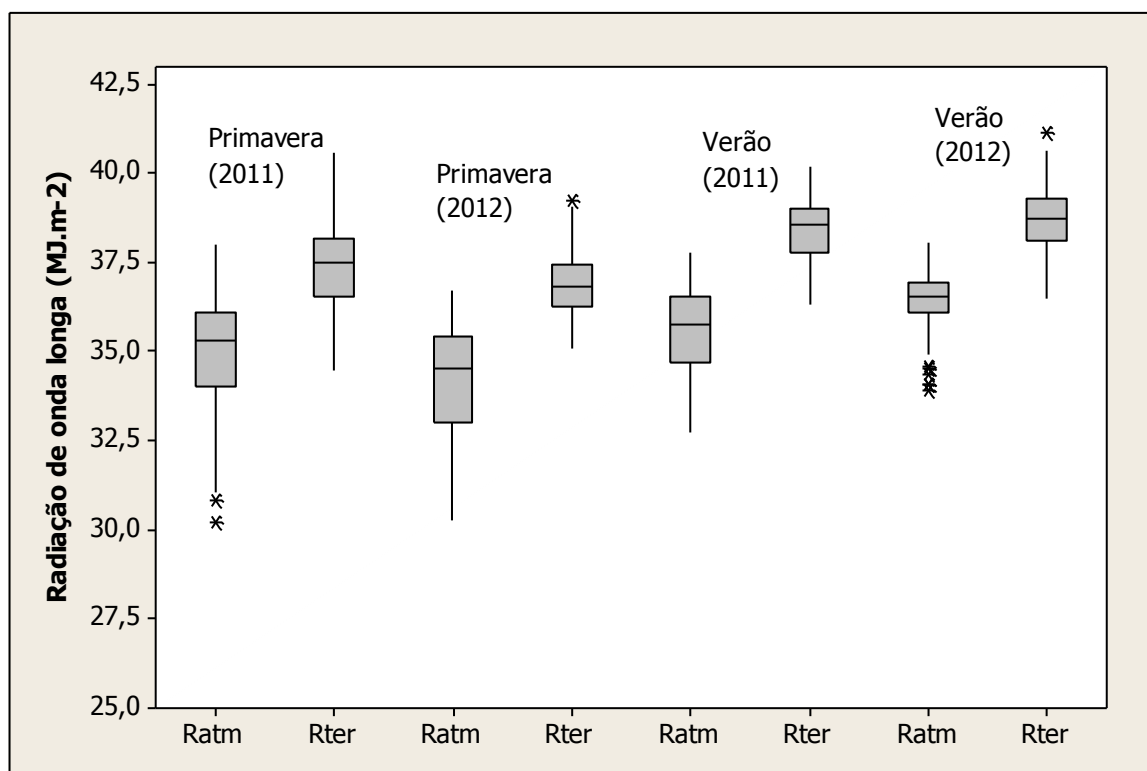


Figura 71 - Radiação terrestre sazonal no manguezal da Barra do Ribeira, Iguape (SP), em 2011 e 2012.

### 9.5 SALDO DE RADIAÇÃO

A variação diária dos saldos de radiação de onda curta e de onda longa e o saldo de radiação para o período de 06/02/11 a 31/12/2012 é mostrada na Figura 72. A média diária do saldo de radiação de onda curta (SROC) foi de  $13,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ , enquanto o saldo de radiação de onda longa (SROL) foi igual a  $-2,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ , resultando em um saldo de radiação (SR) de  $10,3 \text{ MJ.m}^{-2}$ , no período de 06/02/11 a 31/12/2012. A Tabela 16 apresenta o SROC, SROL e SR para 2011 e 2012.

Em termos de coeficiente de variação, os dados apresentam uma alta variabilidade. O coeficiente de variação obtido para o SROC foi de 52 % e 48,2 %, em 2011 e 2012, respectivamente, enquanto para SROL foi de -56 % e -47,5 %. Para o Saldo de Radiação o coeficiente de variação foi de 54,2% (2011) e 50,6 % (2012).

Tabela 16 - Saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa e saldo de radiação para 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ano	Variável	Media	Desvio-padrão	Coefficiente de Variação	Mínimo	Máximo
2011	SROC	12,76	6,6	52,0	0,9	28,0
	SROL	-2,4	1,3	-56,0	-7,2	-0,1
	SR	10,3	5,5	54,2	0,4	22,6
2012	SROC	13,6	6,5	48,2	1,0	27,8
	SROL	-2,4	1,1	-47,5	-5,6	-0,1
	SR	11,2	5,6	50,6	0,6	23,3

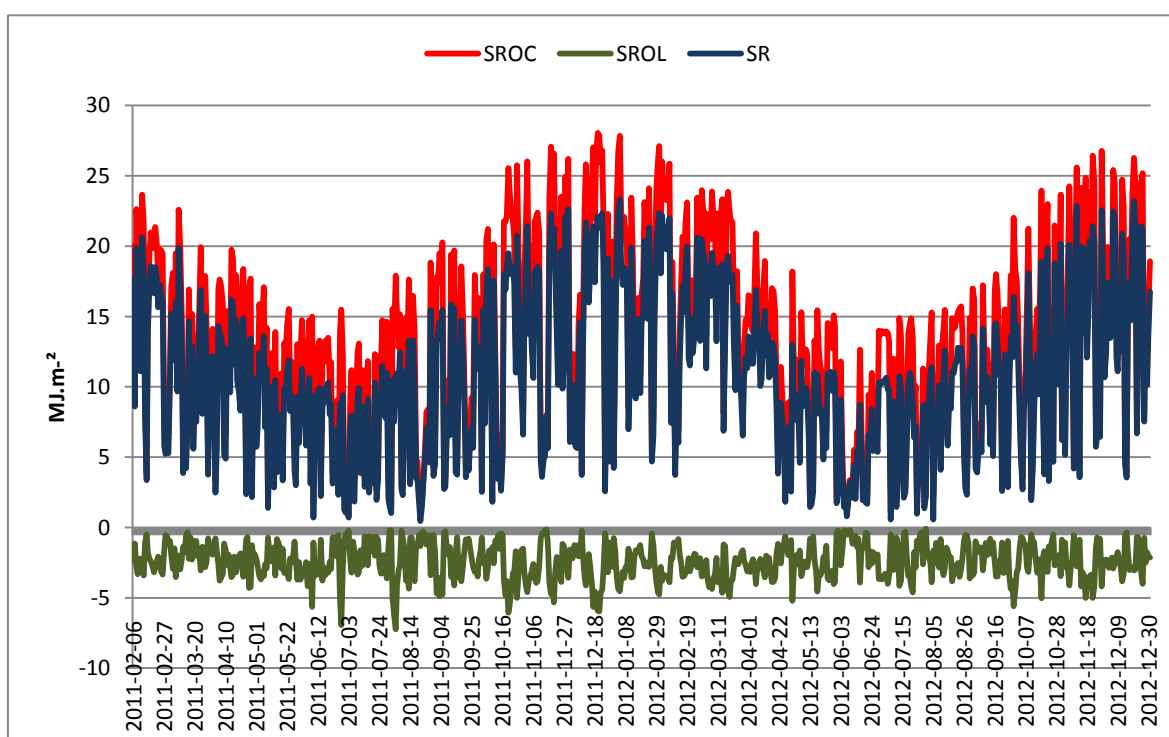


Figura 72 - Variação diária do saldo de radiação de onda curta (SROC), saldo de radiação de onda longa (SROL) e saldo de radiação (SR) no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A seguir, a Figura 73 apresenta a relação entre a radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ) e o saldo total de radiação, em que é possível visualizar um alto coeficiente de determinação, em que 98,1 % dos dados do saldo de radiação são associados aos dados da radiação solar global. Como a radiação solar global é de certa forma mais fácil de ser obtida, visto que comercialmente os sensores são

mais baratos que os demais, as relações serão apresentadas considerando primeiramente esse tipo de radiação.

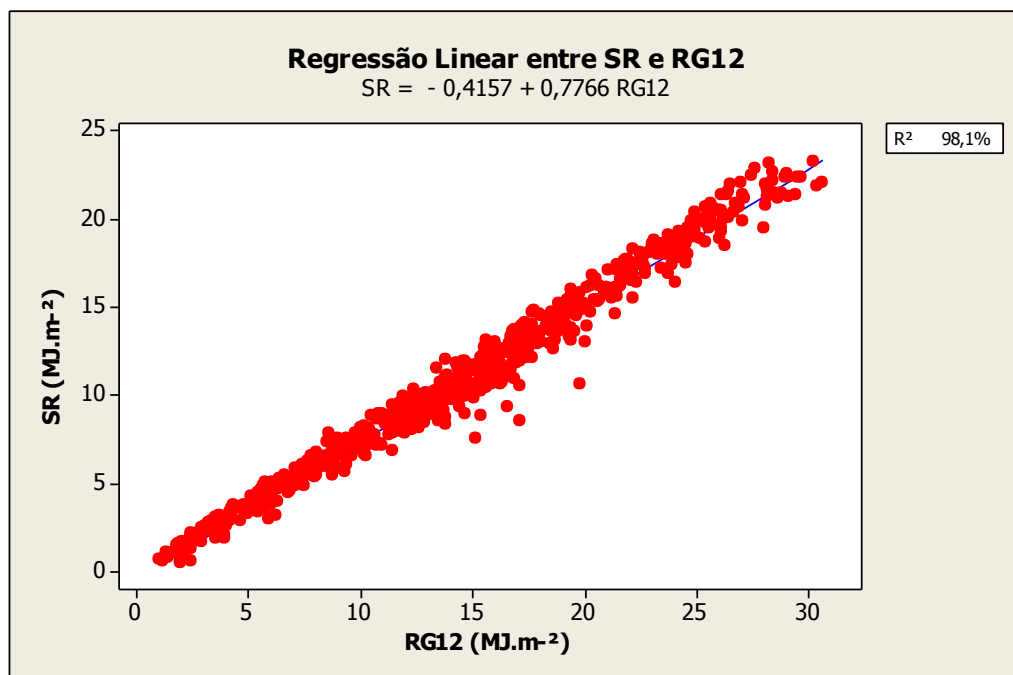


Figura 73 - Regressão linear simples entre os dados de saldo total e a Radiação solar global acima do dossel (RG<sup>12</sup>), obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A Figura 74 apresenta a análise de regressão linear simples para os dados de saldo de radiação de onda curta e saldo de radiação. A análise de regressão evidenciou que 98,3 % da variação observada no saldo de radiação é dependente do saldo de radiação de onda curta.

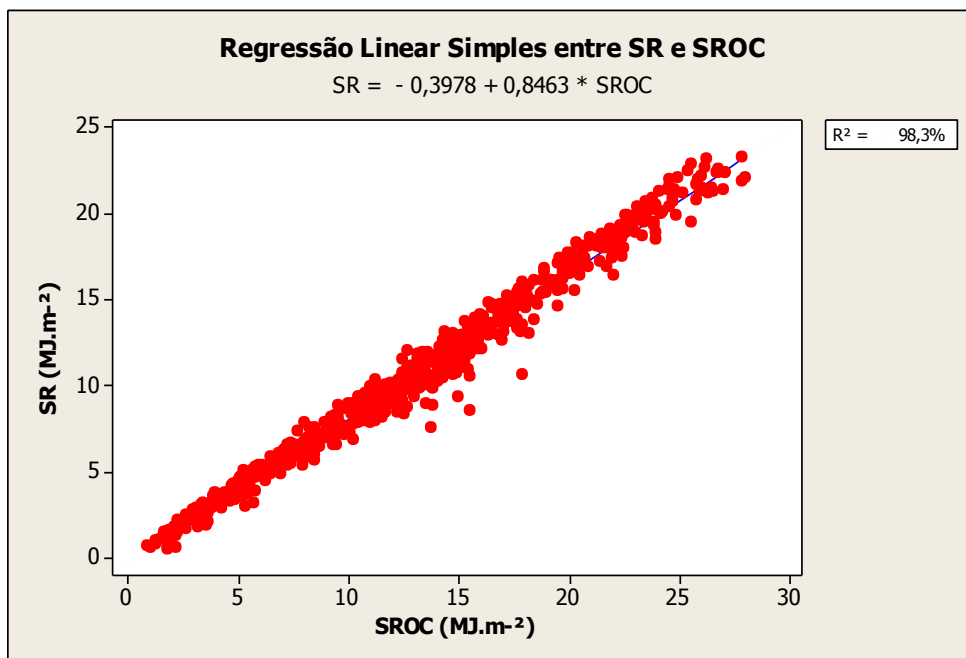


Figura 74 - Regressão linear simples entre os dados de saldo total de radiação de onda curta e saldo de radiação, obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, acima do dossel, em 2011 e 2012.

Considerando a Figura 75, é possível verificar uma associação moderada entre o saldo de radiação de onda longa e a radiação solar global acima do dossel, em que 66,1 % dos dados do SROL estão associados a  $RG^{12}$ . Vale destacar que essa correlação mais baixa deve-se ao fato de que o SROL depende de outros fatores tais como a cobertura de nuvens e a presença de vapor d'água na atmosfera. Destaca-se que em dias de energia reduzida o saldo de radiação de onda longa tende a zero, pois há o equilíbrio entre a radiação atmosférica e a terrestre. Por outro, dias com elevada energia que resultam em temperatura da superfície também elevadas a perda de energia é mais acentuada.

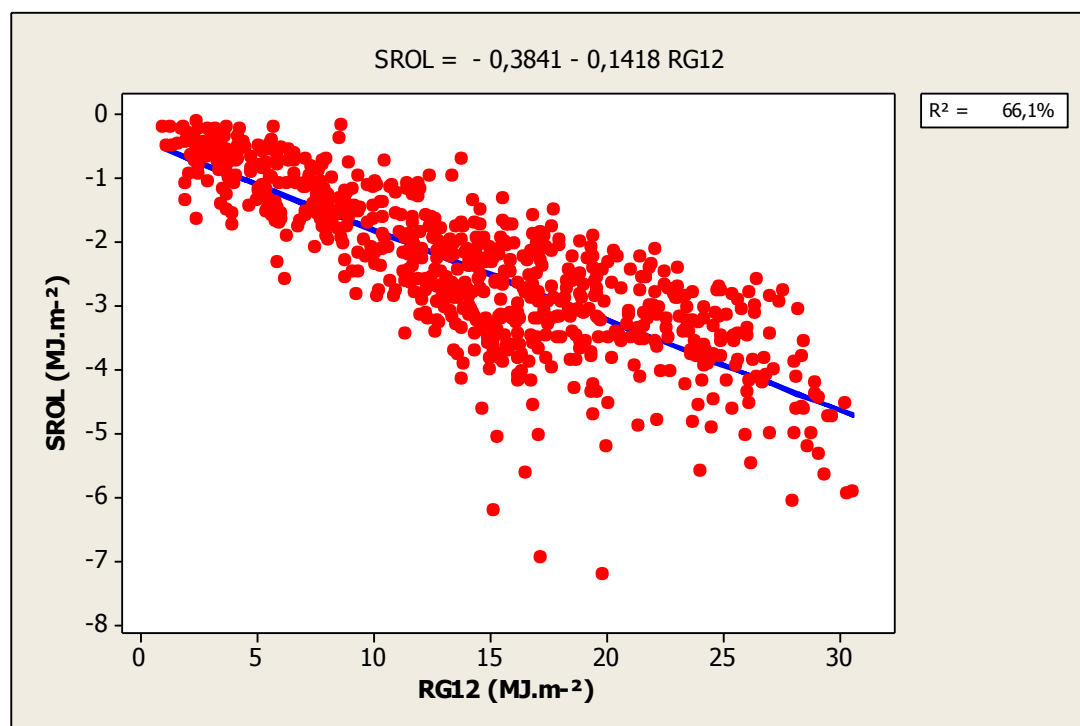


Figura 75 - Regressão linear simples entre os dados de saldo de radiação de onda longa (SROL) e a Radiação solar global acima do dossel ( $RG^{12}$ ), obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A Figura 76 apresenta a distribuição do SR, SROC e SROL mensal. Em 2011, julho se destacou com o menor valor de SROC e de SR, enquanto em 2012 esses valores foram registrados em junho. Os maiores valores ocorreram em janeiro, novembro e dezembro, tanto em 2011 quanto 2012. Como as componentes SROC e o SR dependem em maior proporção da radiação solar global, e nesses meses o sol está declinando para o Hemisfério Sul, há mais energia disponível para os saldos de radiação. Para o SROL, observa-se que há pouca variação quando comparado com as demais componentes.

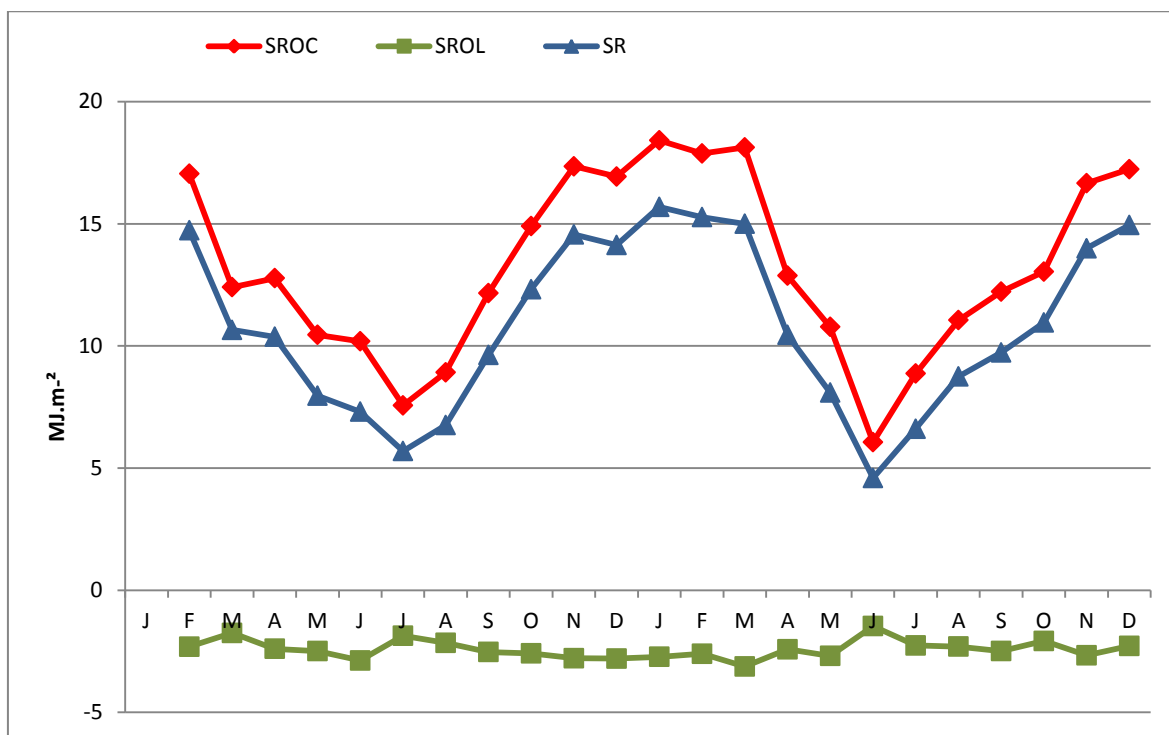


Figura 76 - Valores mensais do saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa, saldo de radiação mensal no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A estação do verão se destacou com a média mais elevada de SROC e de SR nos dois anos, conforme Figura 77. O inverno apresentou os menores valores de SROC e SR. Tanto para o SROC quanto para o SR, a primavera apresentou valores superiores ao outono, mas inferiores ao verão. Por outro lado, para o SROL destaca-se que a estação que mais emite radiação de onda longa é o verão, com  $-2,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ , enquanto o inverno emite  $-2,2 \text{ MJ.m}^{-2}$ , reflexo da maior presença de umidade no verão.



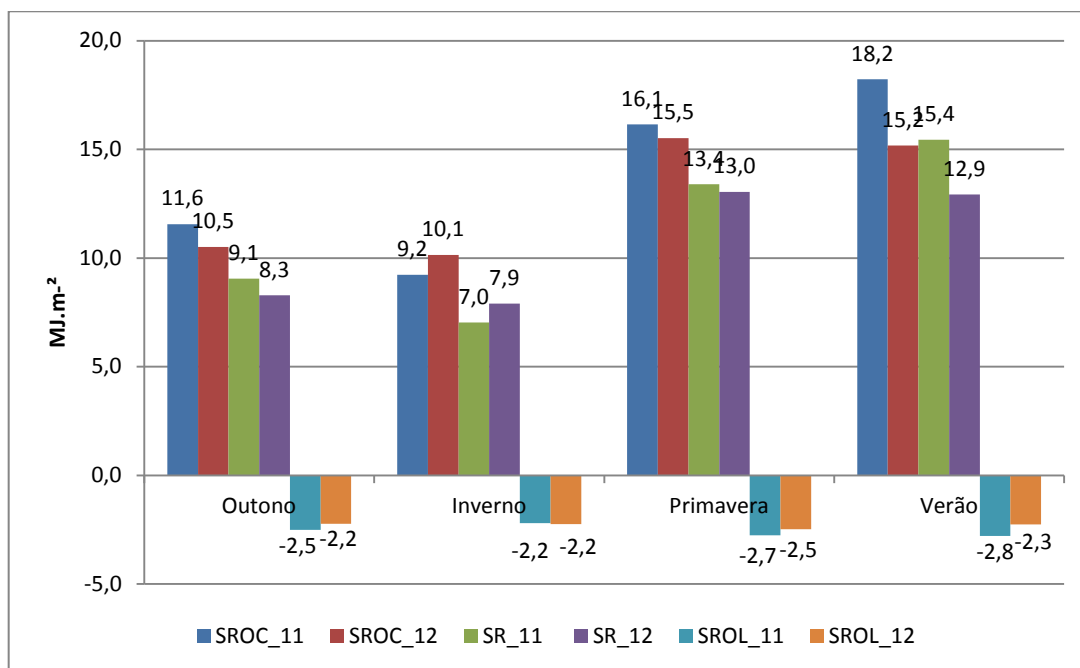


Figura 77 - Saldo de radiação de onda curta, saldo de radiação de onda longa e saldo de radiação sazonal, para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

Para o SROC, destaca-se uma maior variabilidade dos dados para a primavera (Figura 78). Nessa estação houve um maior intervalo interquartil.

Para o SROL, destaca-se uma maior variabilidade dos dados para o inverno, com destaque para a presença de *outliers*, evidenciando que nesse período ocorrem valores extremos ao se considerar toda a série (Figura 79).

Para o SR, destaca-se uma maior variabilidade dos dados na primavera/verão, com um maior intervalo interquartil (Figura 80).

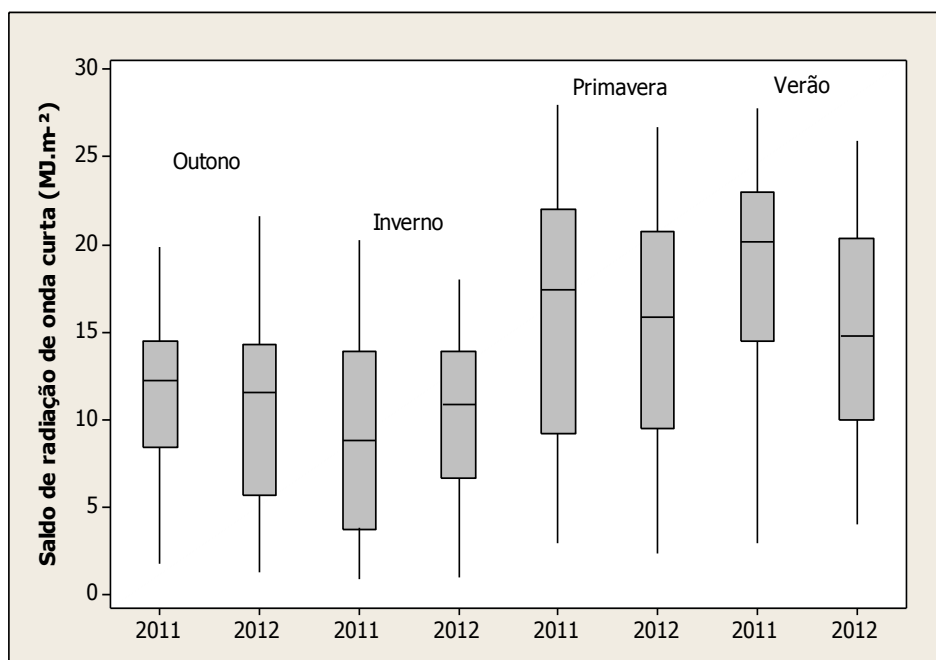


Figura 78 - Variabilidade sazonal do saldo de radiação de onda curta, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

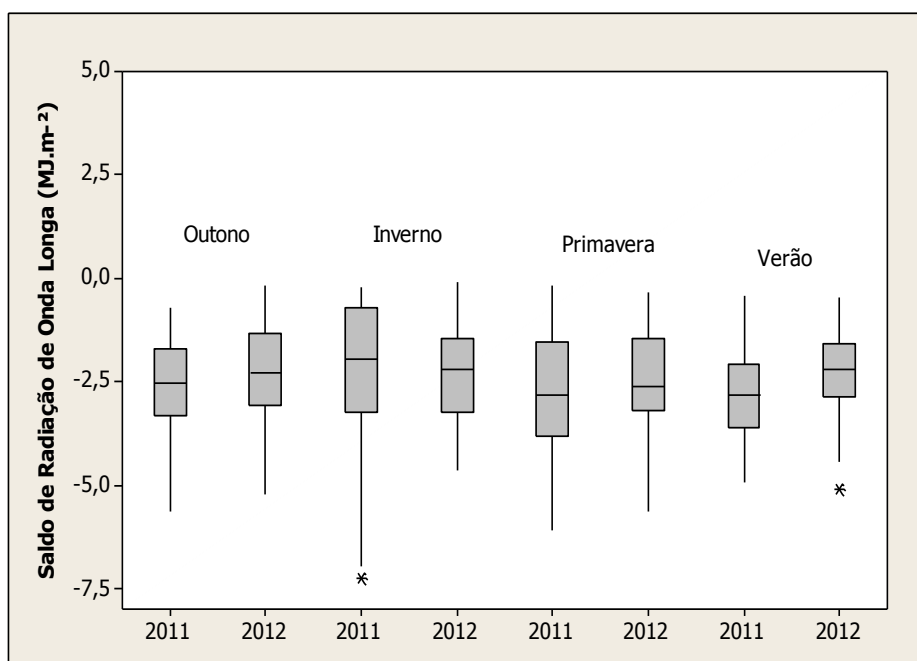


Figura 79 - Variabilidade sazonal do saldo de radiação de onda longa, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

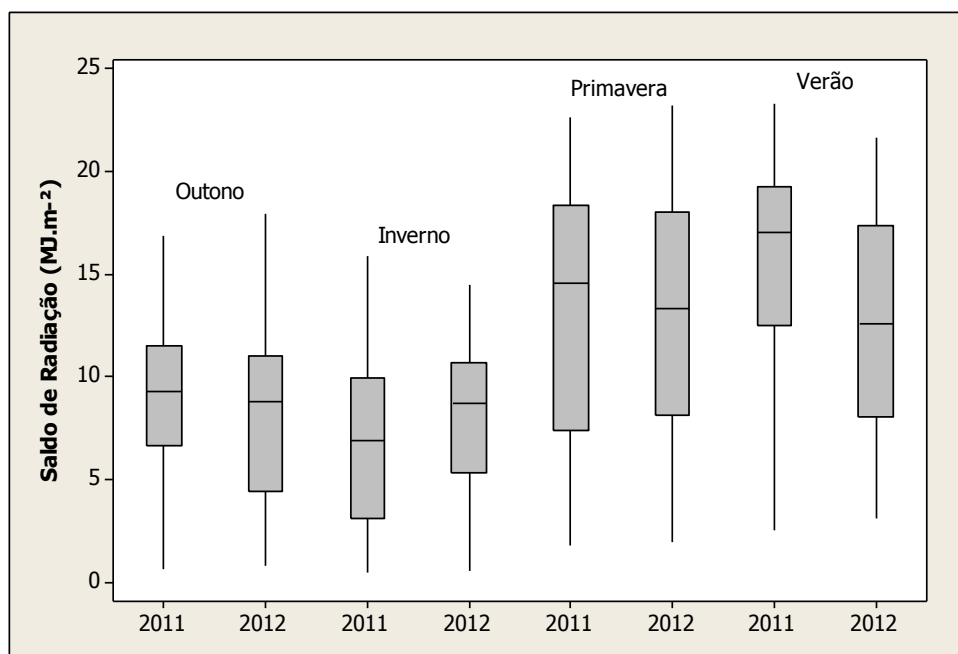


Figura 80 - Variabilidade sazonal do saldo de Radiação, por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

## 9.6 TEMPERATURA DO AR

Durante os anos de 2011 e 2012, a temperatura do ar apresentou variação muito semelhante à Normal Climatológica (1961 a 1990), conforme Figura 81. Em 2011, abril e outubro foram os únicos meses que apresentaram valores inferiores à Normal Climatológica, enquanto junho apresentou a maior diferença, com 1,8 °C. Por outro lado, em 2012, a maior diferença ocorreu em janeiro, com 1,2 °C abaixo da Normal, enquanto dezembro destacou-se com os dados superiores a Normal em 1,6 °C.

Considerando o período de 06/02/11 a 31/12/12, em 2011 a média da temperatura do ar foi de 20,7 °C, enquanto em 2012 o valor médio anual foi de 21,6 °C e a Normal climatológica expressa um valor médio de 21,3 °C. Embora a temperatura do ar demonstre valores próximos a Normal, é possível, calculando o desvio padrão, visualizar que 2011 apresentou uma maior variabilidade entre os

dados, com desvio padrão de 3,0. O ano de 2012 apresentou desvio padrão de 2,7 enquanto a Normal Climatológica expressa um valor de 2,8.

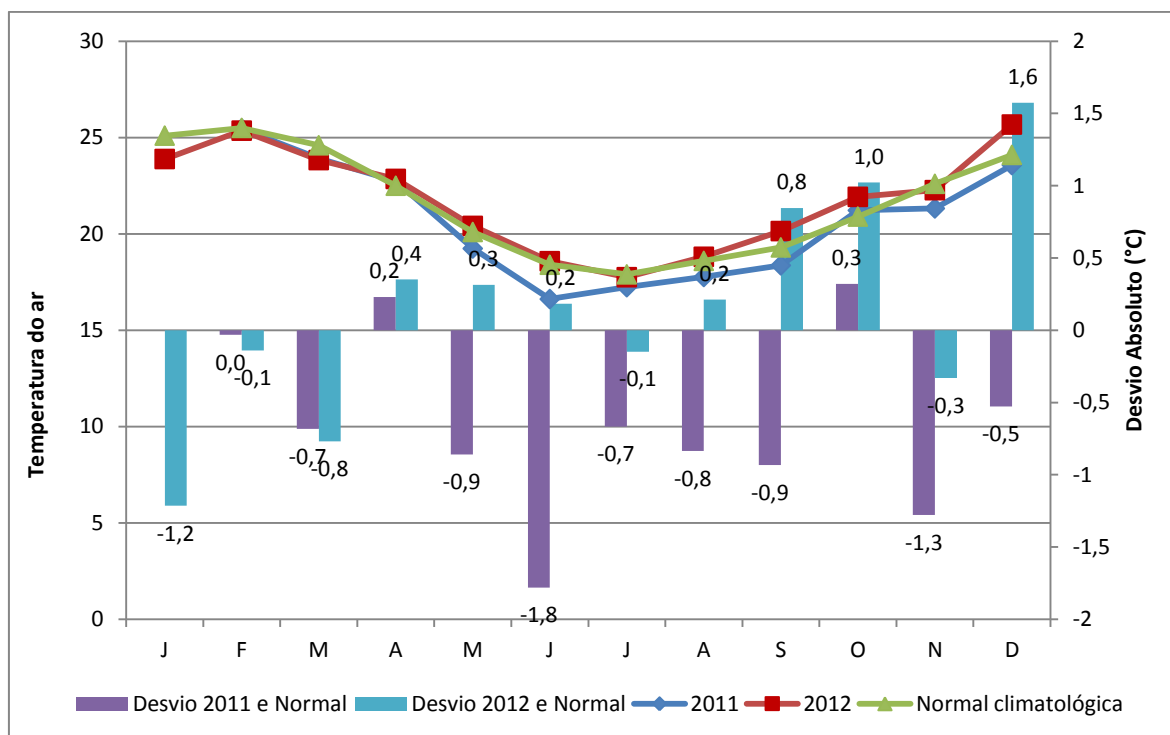


Figura 81 - Temperatura do ar mensal para o manguezal em 2011 e 2012, na Barra do Ribeira – Iguape/SP e a Normal Climatológica (1961 – 1990).

Ao analisar os dados mensais de temperatura do ar no manguezal, tanto em 2011 quanto em 2012, considerando o sensor acima do dossel, fevereiro apresentou a temperatura média do ar mais elevada, com 25,5 °C e 25,4 °C, respectivamente. Enquanto a menor temperatura média ocorreu em junho (16,6 °C) em 2011 e em julho (17,8 °C) em 2012. A Figura 82 apresenta a variação da temperatura média mensal, a máxima absoluta e a mínima absoluta mensal para os dois anos analisados.

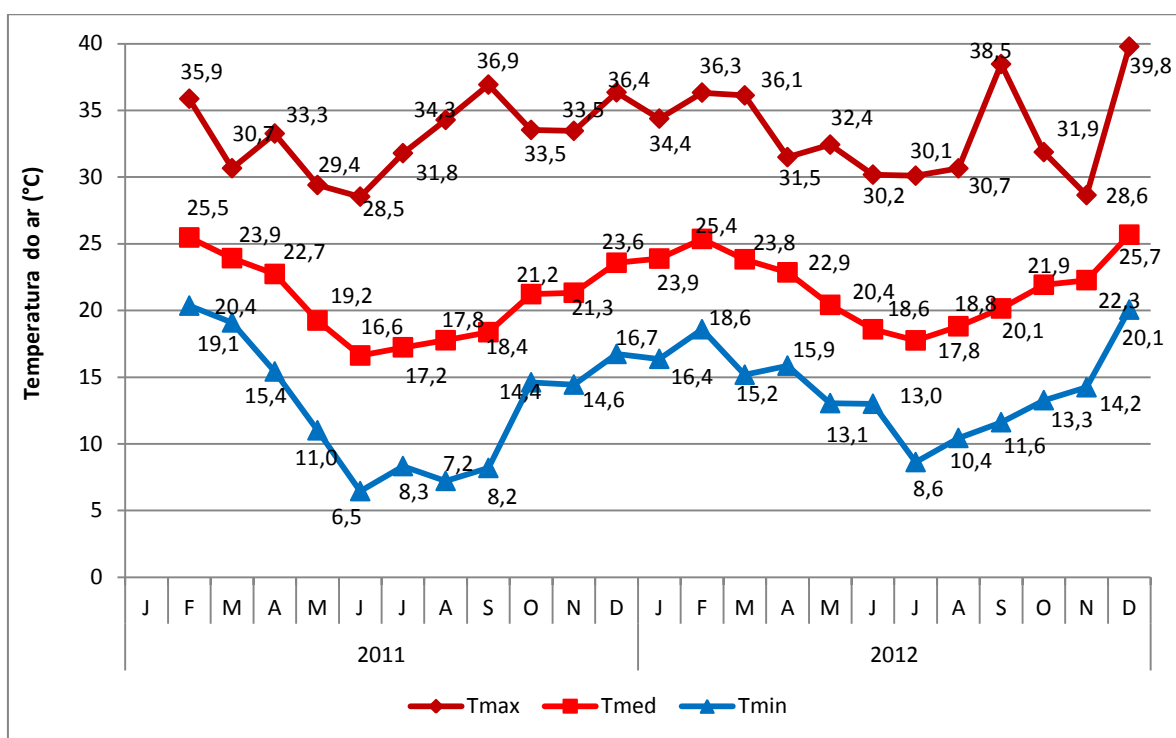


Figura 82 - Variação da temperatura média mensal (Tmed), mínima absoluta (Tmin) e máxima absoluta (Tmax) do ar (°C), no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, de fevereiro de 2011 a dezembro de 2012.

Segundo informações de Walsh (1974) e Chapman (1975), que consideram que para a existência de manguezais a temperatura média do mês mais frio deve ser superior a 20 °C e a variação sazonal não pode exceder a 5 °C, ou ainda, como Blasco (1984) que afirma que as espécies de manguezais desapareceriam quando a temperatura média do mês mais frio é inferior a 16 °C, a área de estudo apresenta variação da temperatura do ar divergente dessas informações. No entanto, considerando o período (2011 e 2012) e a Normal Climatológica da área de estudo, constatou-se que esses dados não refletem os parâmetros gerais definidos por esses autores, pois obteve-se uma amplitude térmica anual de 8,8 °C em 2011, 7,9 °C em 2012 e de 7,6 °C de acordo com a Normal Climatológica (Tabela 17).

Silva-Junior et al. (2006), estudando os manguezais do Pará, encontraram as maiores temperaturas médias do ambiente no mês de dezembro, enquanto que os menores valores ocorreram em abril, sendo a temperatura média anual do ar de 27 °C.

Tabela 17 - Temperatura média do mês mais quente, mais frio e amplitude anual para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Período	2011	2012	Normal Climatológica
Mês mais quente	25,5 °C (fevereiro)	25,7 °C (fevereiro)	25,5 °C (fevereiro)
Mais frio	16,6 °C (junho)	17,8 °C (julho)	17,9 °C (julho)
Amplitude anual	8,8 °C	7,9 °C	7,6 °C

As figuras 83, 84 e 85 apresentam, em escala diária, a temperatura média, a máxima e mínima absolutas do ar e o desvio absoluto entre os níveis analisados, acima e abaixo do dossel. Em 2011, a máxima absoluta ocorreu no dia 05/09, com 36,9 °C acima do dossel e 35,9 °C, abaixo do dossel. Por outro lado, em 2012, a máxima absoluta registrada acima do dossel foi de 39,8 °C, enquanto dentro do ambiente esse valor foi de 39,1 °C, que ocorreu no dia 07/12/2012. O desvio absoluto representa a diferença entre a temperatura máxima absoluta diária nos dois níveis (Figura 83), observa-se que as máximas absolutas foram superiores acima do dossel, com valores de até 2 °C.

A mínima absoluta ocorreu no dia 29/06/11, com ambos os sensores registrando 6,5 °C. Enquanto em 2012 esse valor foi de 8,6 °C nos dois níveis e ocorreu em 15/07/2012. Quanto à diferença diária entre os níveis, esse valor chegou a 1,2 °C.

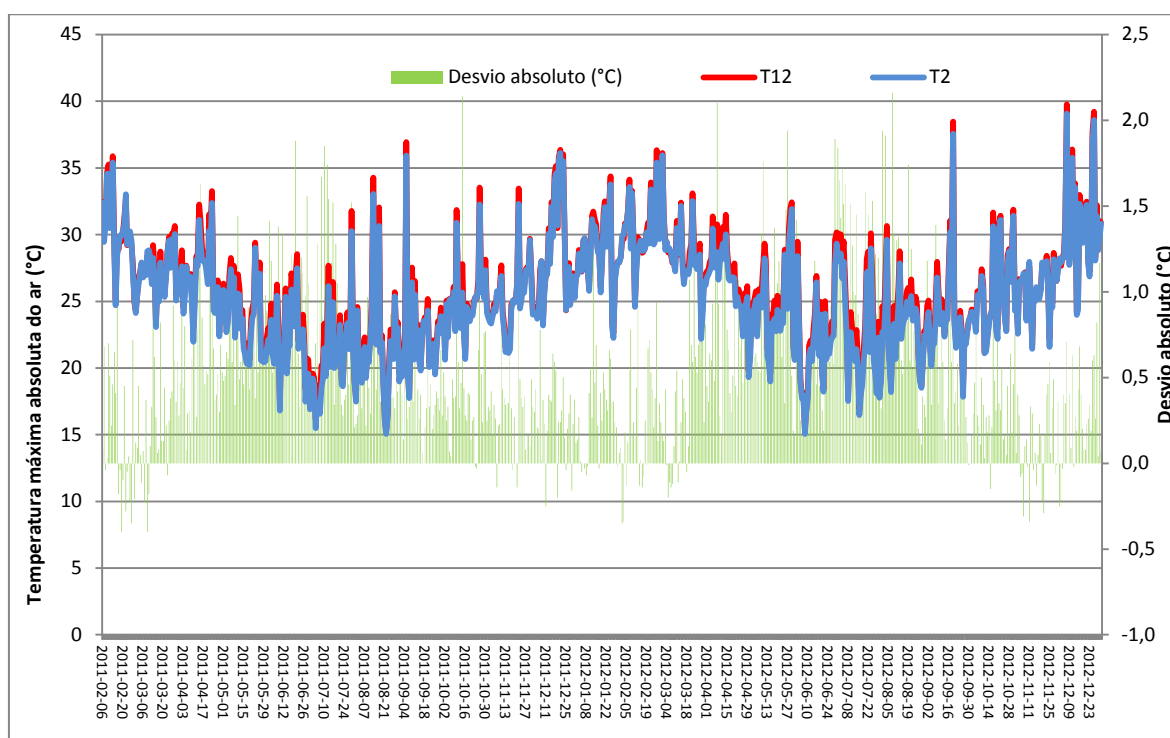


Figura 83 - Variação da temperatura máxima absoluta do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape (SP), durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012.

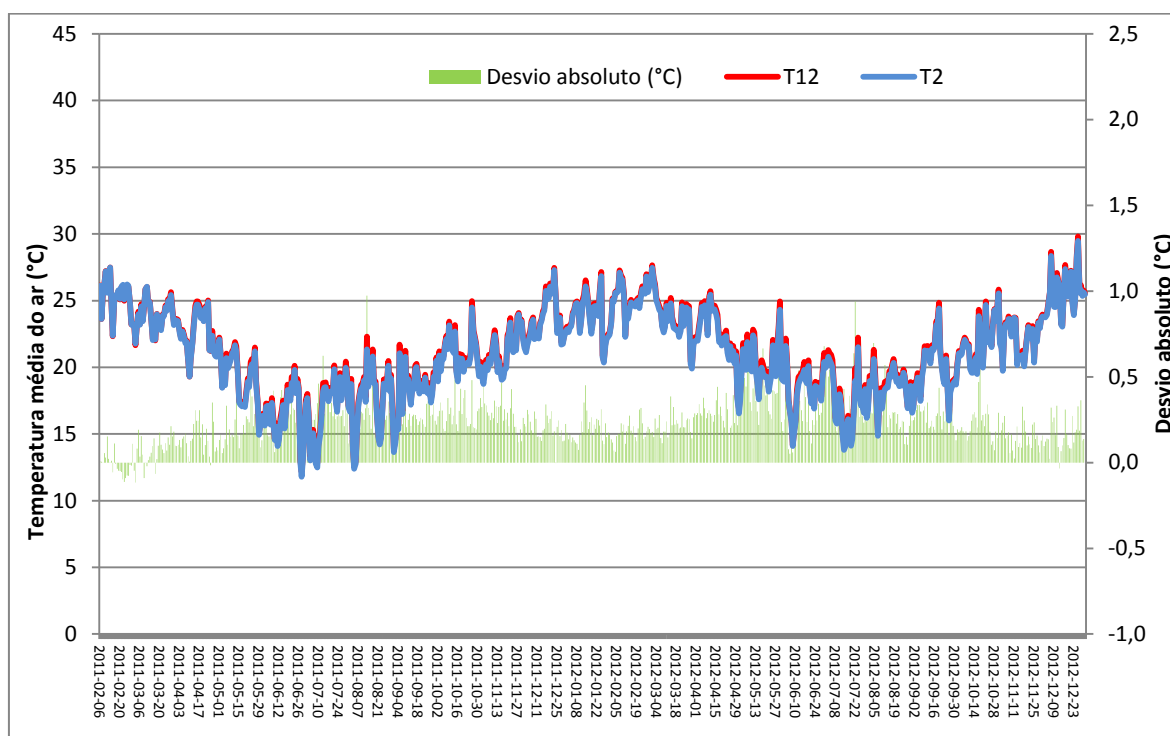


Figura 84 - Variação da temperatura média do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012.

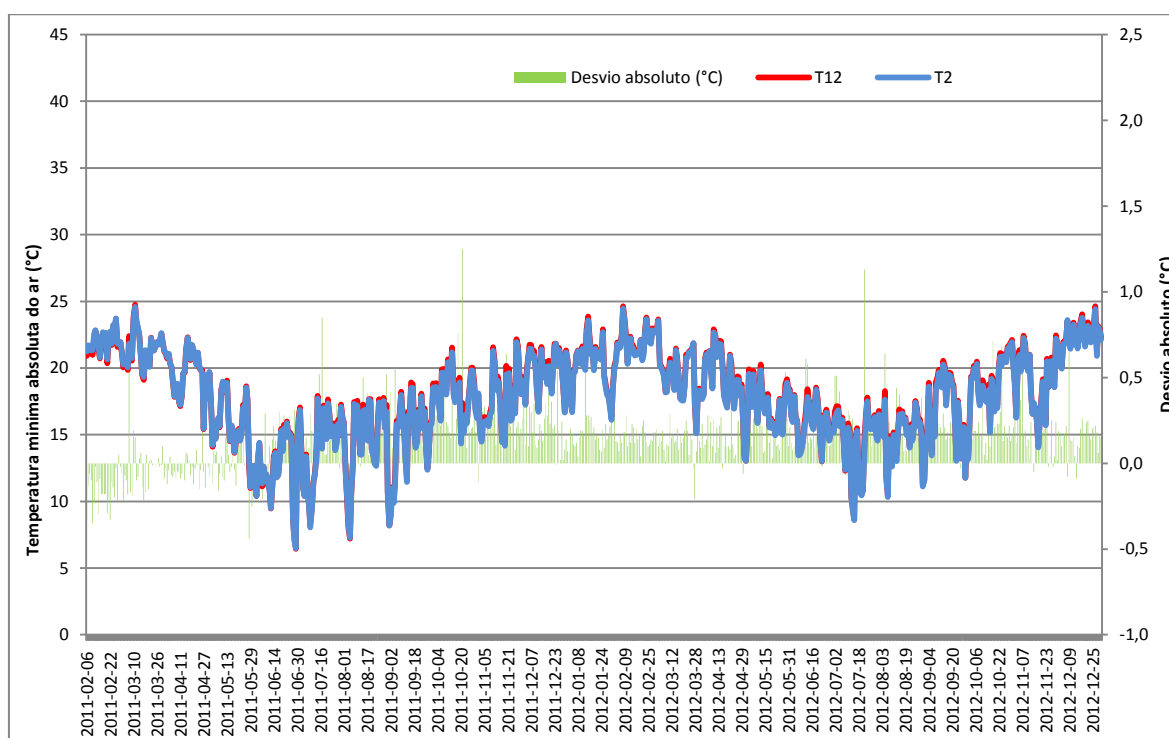


Figura 85 - Variação da temperatura mínima absoluta do ar a 12 metros e a 2 metros e o desvio absoluto entre os dois níveis nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, durante o período de 06/02/2011 a 31/12/2012.

A Figura 86 apresenta a diferença entre os dados de temperatura média do ar acima e abaixo do dossel. Destaca-se que a diferença entre os dois níveis, apresentam picos de até 1 °C. Ainda, na Figura 86 é possível constatar a sazonalidade dos dados, em que os dias do inverno apresentam maior diferença entre os níveis, resultado da inclinação com que os raios solares chegam no manguezal durante essa estação. A irradiância (quantidade de energia que atinge uma área unitária por unidade de tempo), que irá alterar a temperatura do ar posteriormente, é resultado do ângulo de incidência com que os raios solares atingem à superfície. Quando os raios solares atingem a superfície verticalmente eles são mais concentrados, isso ocorre no verão quando o sol está declinando para o Hemisfério Sul.



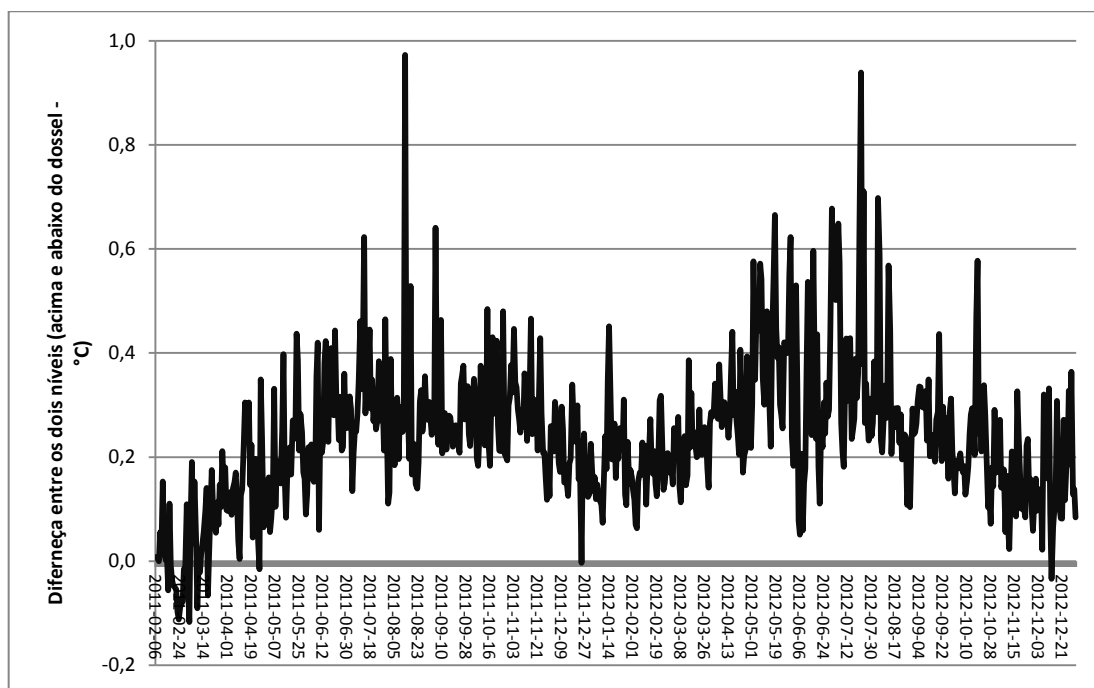


Figura 86 - Diferença entre a temperatura média do ar nos níveis analisados no manguezal, no período de 06/02/11 a 31/12/12 – Iguape/SP.

No entanto, considerando a máxima diferença diária registrada entre os dois níveis, acima e abaixo do dossel, os valores foram maiores ainda, com até 5 °C de diferença entre os dois níveis, conforme Figura 87.

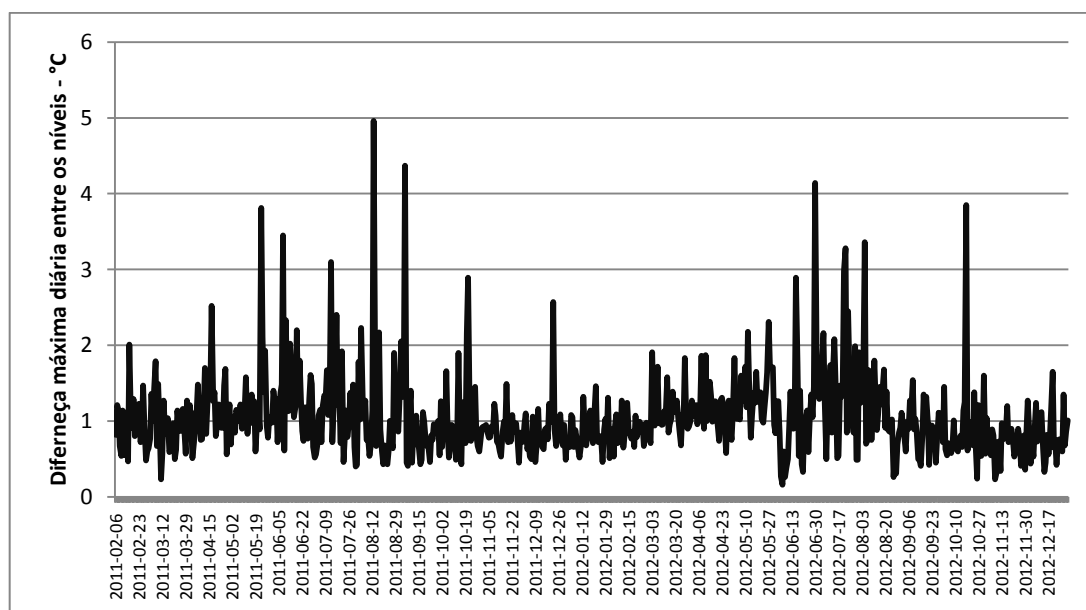


Figura 87 - Máxima diferença diária entre os níveis analisados no manguezal (acima e abaixo do dossel) no período de 06/02/11 a 31/12/12 – Iguape/SP.

Para identificar se os dados apresentavam diferenças significativas entre os níveis, os mesmos foram submetidos a teste de normalidade Anderson-Darling. Com a aplicação do teste, constatou-se que os dados em escala diária não apresentaram distribuição normal (valor  $p < 0,005$ ), que implicou na aplicação do teste de hipótese não paramétrico Wilcoxon, a um nível de 5 % de significância. Posteriormente, com a aplicação desse segundo teste, constatou-se que a diferença entre os dados acima e abaixo do dossel são significativamente diferentes, tanto considerando a média (IC = 0,2245 a 0,2421 °C) quanto a máxima diferença (IC = 0,9500 a 1,0050 °C), que representa que a temperatura do ar foi mais elevada acima do dossel.

Em 96,8 % dos dados diários, a temperatura média do ar foi maior acima do dossel e em 3,2 % ocorreu processo inverso, principalmente durante o verão, mas com diferença de até 0,2 °C. Observa-se na Figura 88 uma alta correlação entre a temperatura do ar acima e abaixo do dossel.

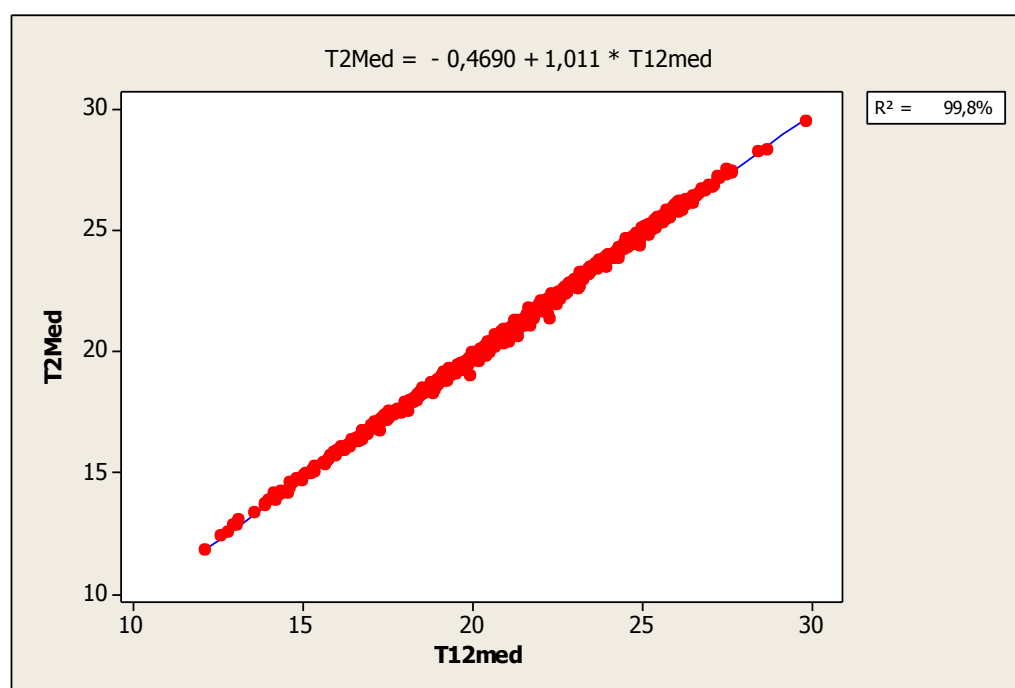


Figura 88 - Regressão linear simples entre os dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ao analisar os dados por estações do ano, acima do dossel, o verão apresentou temperaturas médias superiores a 24 °C. Em 2011, a temperatura média do ar foi

de 24,4 °C, enquanto em 2012 foi de 25,0 °C. Essa estação apresentou as maiores temperaturas médias. No entanto, considerando as temperaturas máximas absolutas, todas as estações apresentaram registros superiores a 33 °C, conforme Tabela 18. Em 2011, a máxima absoluta registrada ocorreu no inverno, com 36,9 °C, enquanto em 2012, esse valor ocorreu na primavera, com 39,8 °C. A mínima absoluta mais intensa ocorreu no inverno, com 6,5 °C em 2011 e 8,6 °C em 2012. Entretanto, considerando a média das temperaturas máximas, observa-se que os valores mais elevados, ocorreram no verão, com valores superiores a 29 °C nos dois sensores (Tabela 18).

Em relação ao nível abaixo do dossel, a temperatura média do ar foi superior no verão, com apenas 0,2 °C de diferença em relação à temperatura obtida acima do dossel, tanto em 2011 quanto em 2012 (24,2 °C e 24,8 °C, respectivamente). O inverno apresentou a temperatura média menos elevada, com valores superiores a 17 °C (17,3 °C e 18,5 °C, respectivamente).

Quanto à amplitude térmica, o inverno apresentou as maiores amplitudes térmicas, em 2011 a diferença entre a máxima absoluta e a mínima absoluta foi de 30,5 °C e em 2012, de 29,8 °C (Tabela 18).

Tabela 18 - Variação sazonal da máxima absoluta, média das máximas, mínima absoluta e média das mínimas a 12 metros ( $T^{12}$ ) e a 2 metros ( $T^2$ ), nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ano	$T^{12}$ (°C)					$T^2$ (°C)				
	Máxima Absoluta	Média das Máximas	Média	Mínima Absoluta	Média das Mínimas	Máxima Absoluta	Média das Máximas	Média	Mínima Absoluta	Média das Mínimas
<b>Outono</b>										
2011	33,3	25,5	20,4	9,5	17,0	32,4	24,8	20,2	9,5	17,0
2012	33,1	25,5	21,2	13,1	18,0	32,5	24,8	20,8	13,0	17,9
<b>Inverno</b>										
2011	36,9	22,1	17,6	6,5	14,3	35,9	21,4	17,3	6,5	14,1
2012	38,5	24	18,9	8,6	15,6	37,6	23,1	18,5	8,6	15,4
<b>Primavera</b>										
2011	35,1	25,6	21,5	12,5	18,2	34,6	25,2	21,2	12,4	17,9
2012	39,8	26,5	22,5	11,8	19,3	39,1	26,2	22,3	11,8	19,1
<b>Verão</b>										
2011	36,4	29,3	24,4	16,4	20,7	36,1	29,1	24,2	16,1	20,5
2012	39,2	29,8	25,0	17,7	21,7	38,6	29,3	24,8	17,7	21,6

As figuras 89 e 90 apresentam dois gráficos *box plot*, um para as estações outono e inverno e outro para a primavera e verão. Nesses gráficos, é possível visualizar alguns aspectos da distribuição dos dados, como a posição, variabilidade, assimetria e ocorrência de valores atípicos.

O outono de 2011 apresentou uma maior variabilidade dos dados em relação a 2012 - enquanto em 2012 foram registrados valores atípicos à série, com registros de *outliers*. Essa estação também se destaca por apresentar uma maior variabilidade em relação às demais estações, com um maior intervalo interquartil. As outras estações do ano apresentaram intervalos interquartis semelhantes.

O inverno de 2011 apresentou valores inferiores de temperatura média do ar, evidenciando que nesse período ocorreram valores extremos ao se considerar toda a série, com a presença de *outliers* acima e abaixo do dossel. Essa estação ainda apresentou uma assimetria negativa, destacando que valores inferiores aparecem com menor frequência do que valores superiores, ou seja, há maior distribuição dos valores de temperatura média do ar nas classes superiores desses registros. No entanto, em 2012, ocorreram valores superiores atípicos no inverno, que apresentaram uma maior simetria.

A primavera de 2011 destacou-se por uma menor variabilidade dos dados em relação a 2012. Neste último ano ainda foram registrados *outliers* ao longo da série, tanto para valores superiores quanto para os inferiores.

O verão de 2012 apresentou a menor variabilidade, também com registro de valores extremos superiores. No verão de 2011, os dados apresentaram uma leve assimetria negativa.

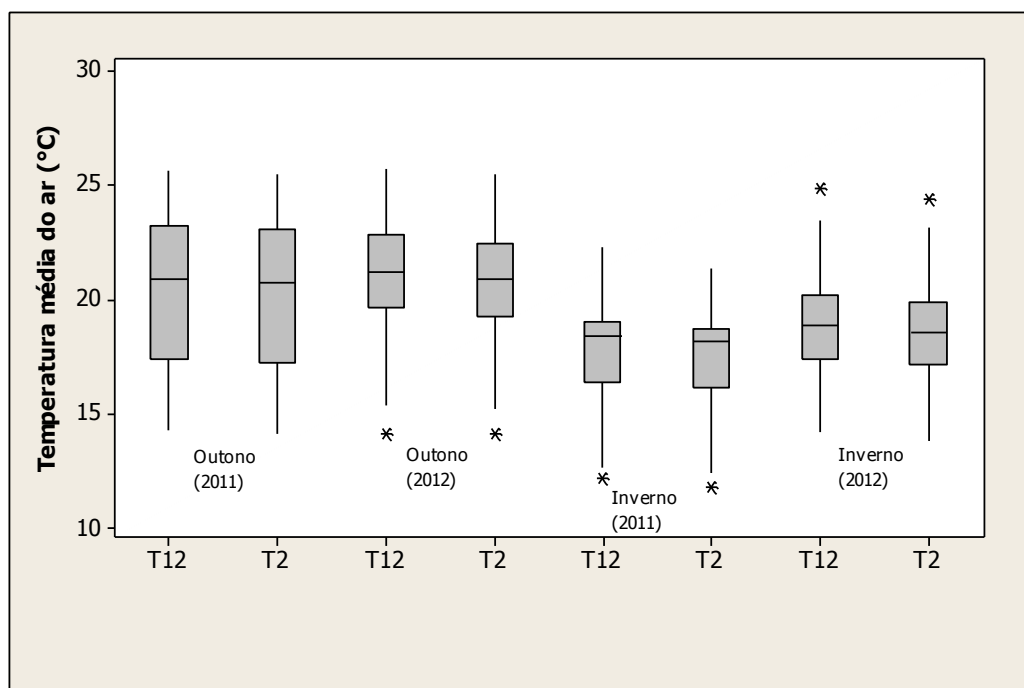


Figura 89 - Distribuição sazonal dos dados de temperatura do ar acima ( $T^{12}$ ) e abaixo ( $T^2$ ), nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

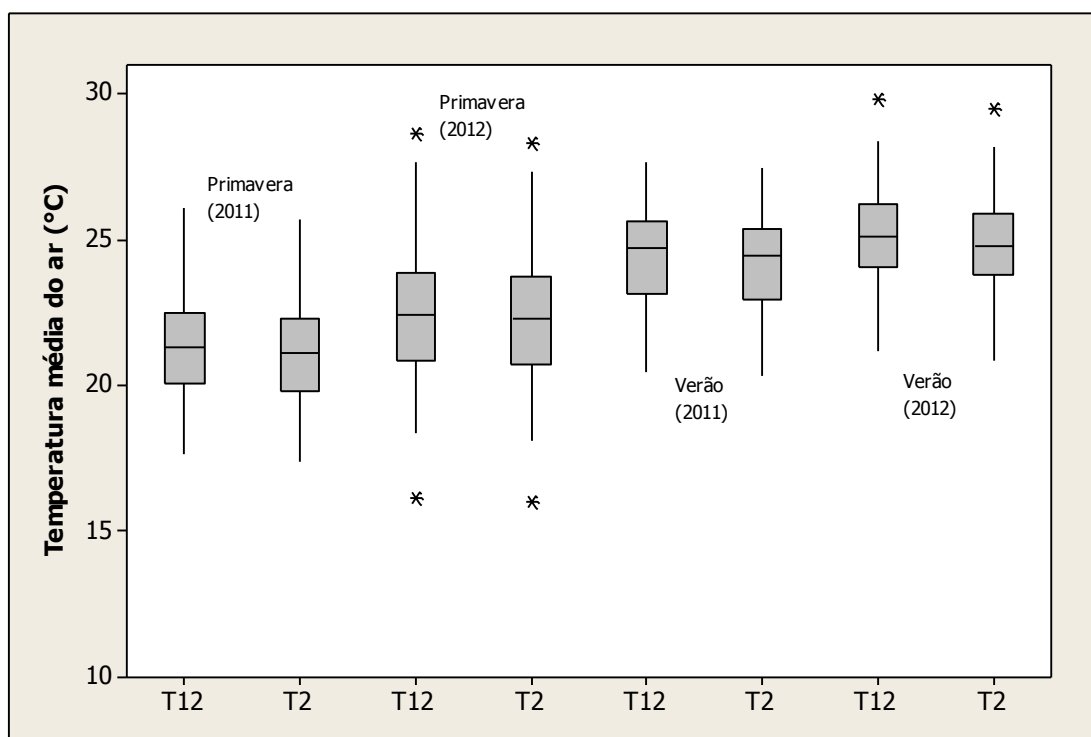


Figura 90 - Distribuição sazonal dos dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Com a aplicação dos testes de hipótese foi possível constatar que as diferenças de temperatura média do ar entre os dois níveis foram significativamente diferentes nas quatro estações. A Tabela 19 apresenta o resultado do teste de normalidade realizado para analisar se a distribuição dos dados apresentava distribuição normal, como evidenciado com o  $p$  valor. Enquanto a Tabela 20 apresenta o intervalo de confiança (IC) obtido para cada estação. Como é possível observar, o intervalo de confiança em todas as estações foi positivo, evidenciando que a temperatura do ar acima do dossel foi superior a temperatura do ar abaixo do dossel.

Tabela 19 - Teste de normalidade aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, entre o níveis.

Teste normalidade	2011	2012
Outono	p valor < 0,005 <sup>a</sup>	p valor < 0,008 <sup>a</sup>
Inverno	p valor < 0,005 <sup>a</sup>	p valor < 0,005 <sup>a</sup>
Primavera	p valor < 0,203 <sub>b</sub>	p valor < 0,037 <sup>a</sup>
Verão	p valor 0,021 <sup>a</sup>	p valor 0,214 <sup>b</sup>

Onde: a = não apresentam distribuição normal (teste de Wilcoxon); b = distribuição normal (teste t pareado).

Tabela 20 - Testes de hipóteses (Wilcoxon e t pareado) aplicados nos dados sazonais de temperatura do ar nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, entre os níveis.

Teste de hipótese	Intervalo de confiança	
	2011	2012
Outono	0,1553 - 0,2002*	0,2523 - 0,2877*
Inverno	0,2643 - 0,2939*	0,2741 - 0,3214*
Primavera	0,2564 - 0,2911*	0,1610 - 0,1996*
Verão	0,1742 - 0,2022*	0,22630 - 0,2586*

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.

Conforme Figura 91, o inverno apresentou as maiores diferenças entre os sensores acima e abaixo do dossel, com valores de até 5,0 °C, enquanto o verão se destacou com as diferenças menos elevadas.

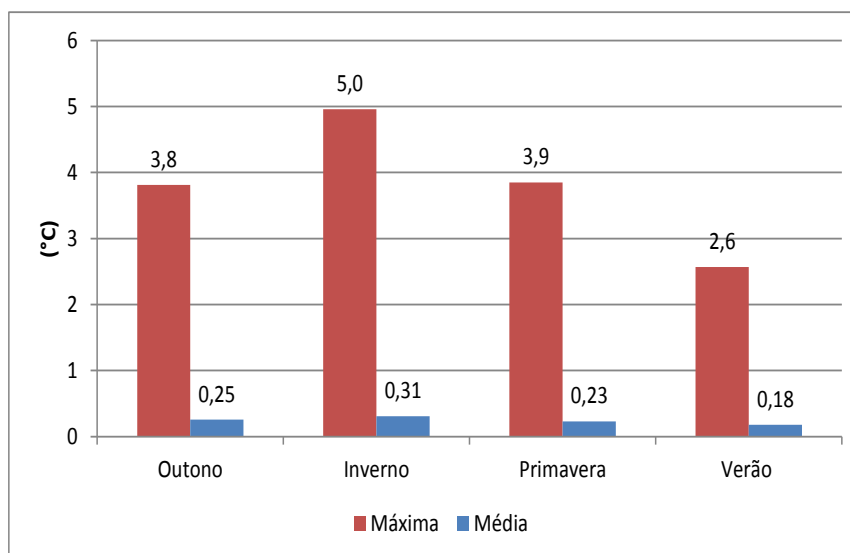


Figura 91 - Diferença máxima obtida entre os dados de temperatura do ar acima e abaixo do dossel por estação do ano, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

### 9.7 TEMPERATURA DO SOLO E TEMPERATURA DO AR ABAIXO DO DOSSEL

A temperatura do solo ( $T_s$ ) mais elevada ocorreu em fevereiro, com valores superiores a 26 °C. Por outro lado, a maior diferença mensal entre a temperatura do solo ( $T_s$ ) e a temperatura abaixo do dossel ( $T^2$ ) ocorreu em março de 2012, com diferença de 1,87 °C (Figura 92).



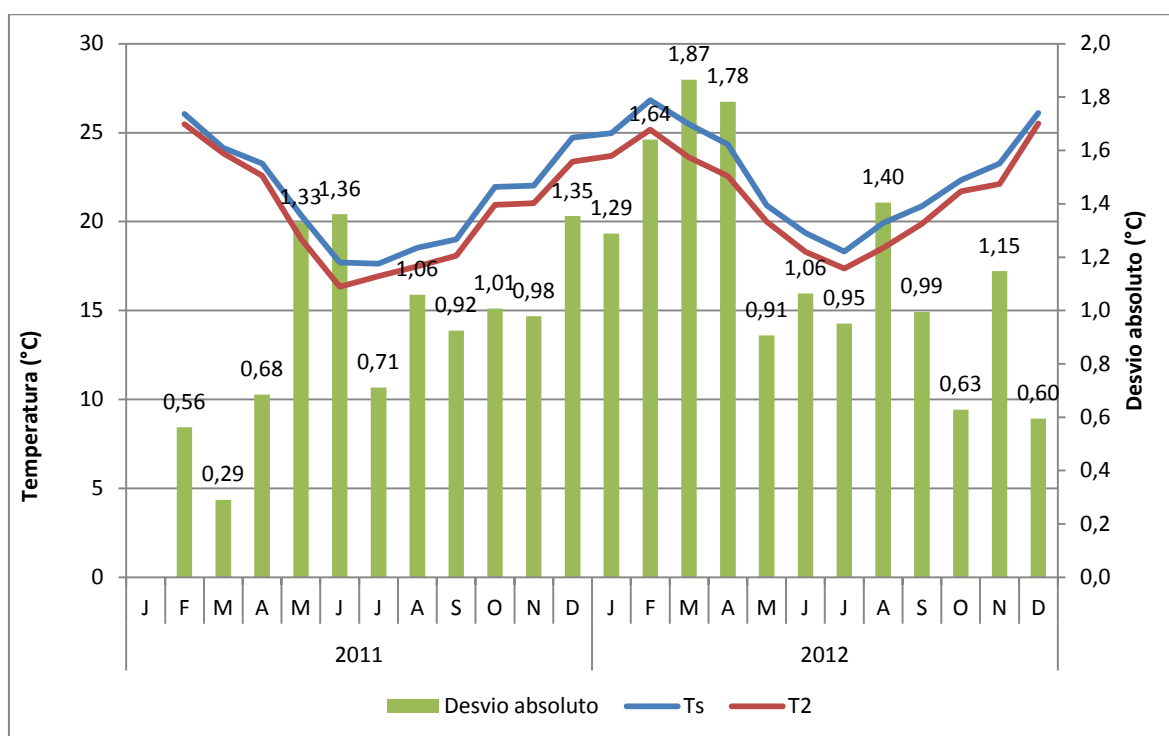


Figura 92 - Variação da temperatura abaixo do dossel ( $T^2$ ) e da temperatura do solo ( $T_s$ ) nos dois níveis de análise no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A média da temperatura do ar em 2011 foi de 20,4 °C, enquanto que para  $T_s$  a média foi de 21,3 °C, tal como indicado na Tabela 21, além de valores de dispersão dos dados. Em 2012, a média da temperatura do ar foi de 21,5 °C enquanto a temperatura do solo registrou 22,7 °C. Destaca-se que a temperatura do ar apresenta uma maior variabilidade dos dados com um coeficiente de variação e um desvio-padrão superior a temperatura do solo.

Tabela 21 - Desvio padrão, média, máxima e mínima para os dados de temperatura do ar a 2 metros de altura e da temperatura do solo para os manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Média (°C)	Desvio Padrão (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Coefficiente de Variação (%)
2011					
$T^2$	20,4	4,1	6,6	35,9	20,4
$T_s$	21,3	3,2	10,7	31,9	15,5
2012					
$T^2$	21,5	3,9	8,6	38,9	18,2
$T_s$	22,7	3,2	13,6	33,3	14,0

Na escala diária, a maior diferença entre esses dados ocorreu em 27/06, em 2011 e em 26/09, em 2012, com a temperatura do solo sendo superior a do ar em 5,1°C, tal como visto na Figura 93.

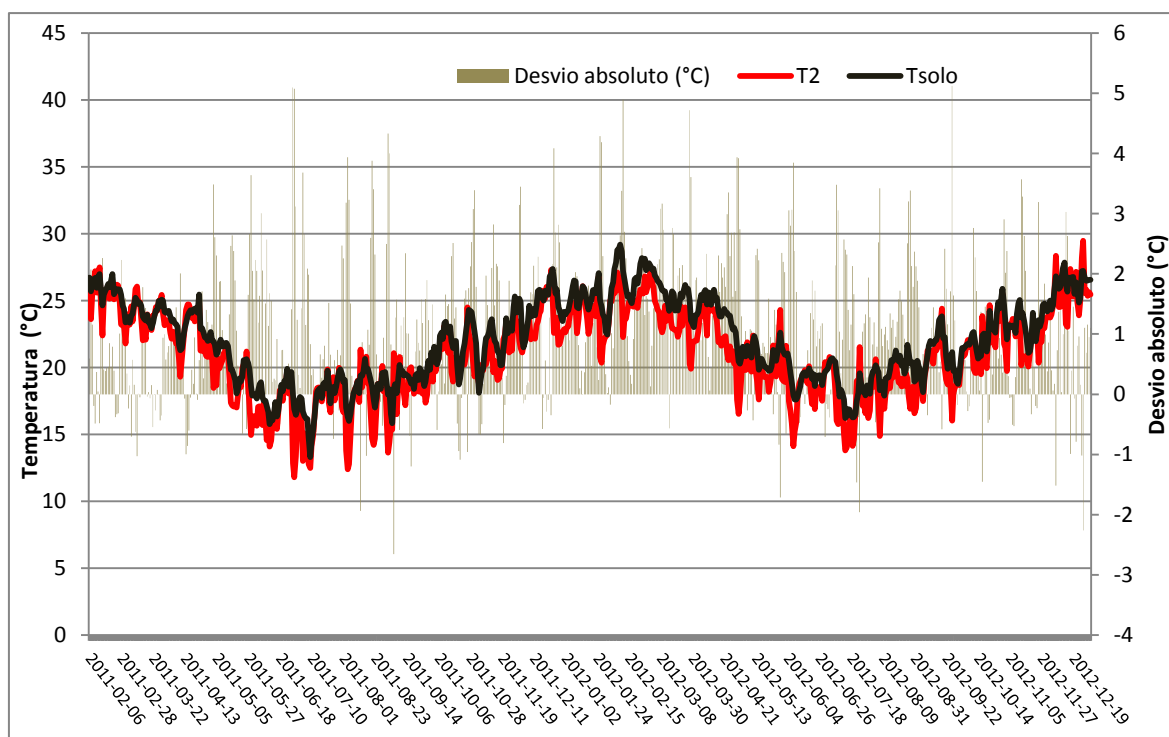


Figura 93 - Variação diária da temperatura do solo (Ts) e do ar (T<sup>2</sup>) para o período de 06/02/11 a 31/12/11 – Iguape/SP.

Considerando todo o período de análise, na escala diária, em 84,3 % dos registros a temperatura do solo foi superior a temperatura do ar e em 15,7 % esse processo se inverteu.

Observa-se que, em termos de média, as diferenças entre os sensores variaram a um máximo de 5,1 °C. No entanto, os valores médios diários acabam por mascarar as variações em escala de tempo menor, como a variação horária, sendo que em alguns períodos essas diferenças ultrapassaram 10 °C, em que a temperatura do solo foi superior à temperatura do ar a 2 metros. No entanto, em outros momentos essa diferença chegou até a -13 °C, quando a temperatura do ar esteve superior a do solo. Essa diferença ocorreu durante um aquecimento pré-frontal que incidiu na área de estudo no dia 05/09/2011. Às 15h40min, a

temperatura do ar era de 35,8 °C enquanto a temperatura do solo registrava 22,7 °C.

Após serem submetidos a teste de normalidade, confirmou-se que os dados não apresentaram distribuição normal, o que implicou na aplicação do teste de hipótese Wilcoxon, com nível de 5 % de significância. Considerando-se a diferença entre a temperatura média do ar (abaixo do dossel) e a do solo, constatou-se que esses dados são significativamente diferentes, com intervalo de confiança positivo entre 0,870 a 1,032 °C, indicando que a temperatura do solo foi, em média, superior à temperatura do ar, decorrente das propriedades físicas e hídricas do ar e solo. O ar apresenta um calor específico médio de 0,240 cal/g °C e o do solo em média de 0,187 cal/g °C, evidenciando a capacidade diferenciada desses dois ambientes (ar e solo/água) em interagir com a radiação solar, além de destacar a menor variabilidade da temperatura no interior do solo. Isso demonstra a capacidade de armazenamento de calor absorvido da radiação solar pela água, apesar das trocas de água pelas correntes de marés, a água perde menos calor, enquanto que o ar perde mais calor durante a noite, mesmo considerando um o aquecimento diurno bastante acentuado.

Na Figura 94 é possível verificar que a temperatura média do ar foi superior no outono, com uma maior variabilidade do que a temperatura do solo. No outono, o intervalo interquartil foi superior às demais estações.

No verão, a temperatura do ar foi inferior à temperatura do solo, enquanto no inverno foi registrada uma maior dispersão nos dados de temperatura do ar do que na temperatura do solo. Nessa estação, o intervalo interquartil também foi inferior nos dados de temperatura do ar. O verão, por outro lado, apresentou o maior registro de temperatura do solo (Figura 95). Para a temperatura do ar esse valor foi registrado na primavera. O outono apresentou a maior variabilidade dos dados no período. Isso demonstra que na área de estudo as estações do ano outono e primavera são mesmo estações de transição.

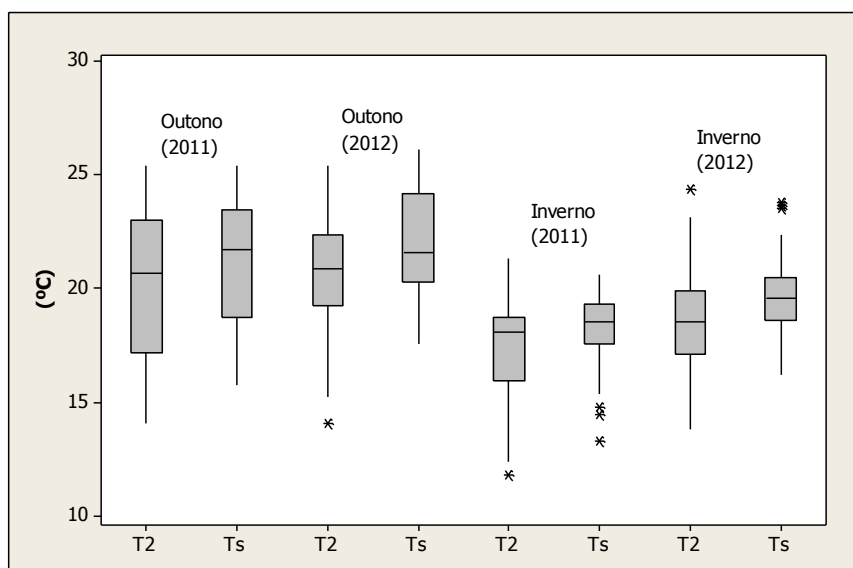


Figura 94 - Variabilidade da temperatura média do ar abaixo do dossel ( $T^2$ ) e do solo ( $T_s$ ) - manguezal da Barra do Ribeira, Iguape (SP), no outono/inverno de 2011 e 2012.

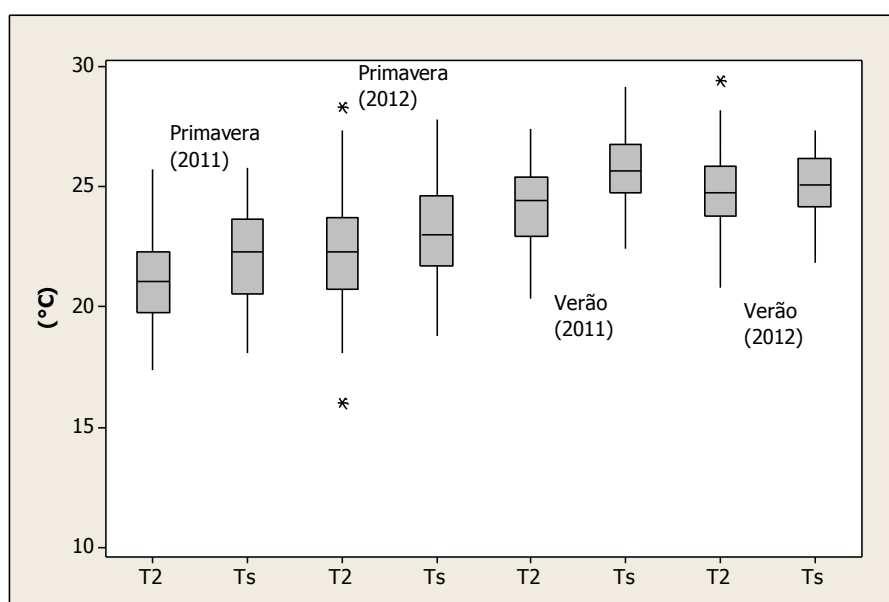


Figura 95 - Variabilidade da temperatura média do ar abaixo do dossel ( $T^2$ ) e do solo ( $T_s$ ) - manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, na primavera/verão de 2011 e 2012.

A Tabela 22 apresenta a temperatura do ar abaixo do dossel e a temperatura do solo por estação do ano.

Com a aplicação dos testes de hipótese foi possível constatar que as diferenças entre a temperatura do solo e a temperatura do ar também foram significativamente diferentes nas quatro estações (Tabela 23). Como é possível

observar, o Intervalo de Confiança (Tabela 24) em todas as estações foi positivo, evidenciando que a temperatura do solo foi em média superior a temperatura do ar.

Tabela 22 - Temperatura média do ar por estação do ano abaixo do dossel e temperatura do solo, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ano	Variável	Outono	Inverno	Primavera	Verão
2011	T <sup>2</sup>	20,2	17,3	21,2	24,2
	Ts	21,2	18,3	22,2	25,8
2012	T <sup>2</sup>	20,8	18,5	22,3	24,8
	Ts	22,2	19,6	23,2	25,1
Média do período (2011 a 2012)	T <sup>2</sup>	20,5	17,9	21,7	24,5
	Ts	21,7	18,9	22,7	25,5

Tabela 23 - Teste de normalidade aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar e do solo (Ts-T<sup>2</sup>) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Teste normalidade	2011	2012
Outono	p valor = 0,291 <sup>b</sup>	p valor = 0,914 <sup>b</sup>
Inverno	p valor < 0,005 <sup>a</sup>	p valor = 0,057 <sup>b</sup>
Primavera	p valor = 0,531 <sup>b</sup>	p valor = 0,011 <sup>a</sup>
Verão	p valor = 0,172 <sup>b</sup>	p valor = 0,186 <sup>b</sup>

Onde a = não apresentam distribuição normal; b = distribuição normal.

Tabela 24 - Testes de hipóteses (Wilcoxon e t pareado) aplicado nos dados sazonais de temperatura do ar e do solo (Ts-T<sup>2</sup>) nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Teste de hipótese	Intervalo de confiança	
	2011	2012
Outono	0,736; 1,148 <sup>b</sup>	1,131; 1,627 <sup>b</sup>
Inverno	0,675; 1,26 <sup>b</sup>	0,862; 1,275 <sup>b</sup>
Primavera	0,831; 1,269 <sup>b</sup>	0,680; 1,154 <sup>b</sup>
Verão	1,337; 1,784 <sup>b</sup>	0,071; 0,499 <sup>b</sup>

Onde a = não apresentam distribuição normal; b = distribuição normal.

Os dados de temperatura do solo e do ar abaixo do dossel apresentam uma elevada associação, no qual 87,7 % dos dados de temperatura do solo se relacionam com a temperatura do ar, conforme Figura 96.

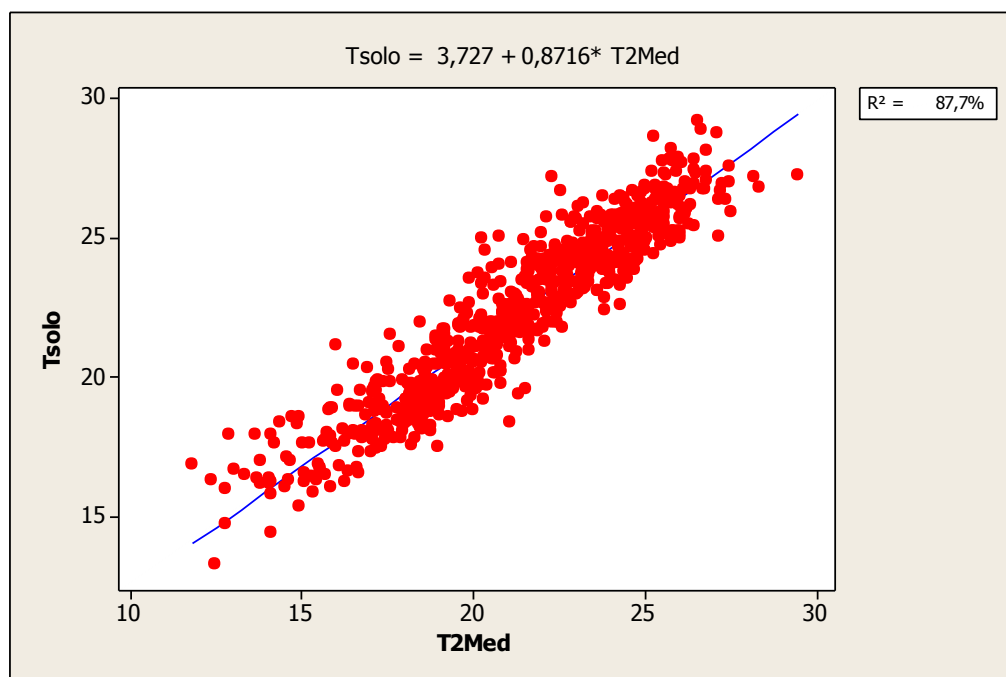


Figura 96 - Regressão Linear simples entre os dados de temperatura do ar abaixo do dossel e temperatura do solo, no período de 2011 a 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

### 9.7.1 Temperatura do ar, do solo e a relação com a maré

O papel da maré é marcante no manguezal, contribuindo com entrada e saída de energia no ambiente. Os dois momentos de entrada de maré no manguezal contribuem, em certos momentos, com o resfriamento relativo do ambiente, como por exemplo, em dias quentes dos meses de primavera/verão em que a temperatura da água é inferior a do ar. Por outro lado, em outros momentos em que a temperatura do ar está reduzida, a entrada de maré pode contribuir para um aquecimento relativo desse ambiente. Conforme consta no capítulo de materiais e métodos, a análise aqui apresentada sobre a influência da maré nos dados de temperatura do ar e do solo foi realizada em 2011.

A Tabela 25 apresenta a média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimas e máximas para a temperatura do solo e do ar nas diferentes fases da lua. Destaca-se que as temperaturas médias foram maiores durante a fase de lua minguante.

Tabela 25 - Média aritmética, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimas e máximas absolutas para a temperatura do solo e do ar nas diferentes fases da lua, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, período de 06/02/11 a 31/12/2011.

Variável	Média (°C)	Desvio-Padrão (°C)	Coeficiente de Variação (%)	Mínimas (°C)	Máximas (°C)
Lua Nova					
T <sup>2</sup>	19,5	2,0	10,4	15,5	23,4
Ts	21,2	0,86	4,0	19,1	22,9
Lua Crescente					
T <sup>2</sup>	18	1,9	10,5	14,3	22,1
Ts	18,4	0,9	5,1	16,2	20,5
Lua Cheia					
T <sup>2</sup>	18,6	1,7	9,0	15,9	22,3
Ts	19,3	0,8	4,2	17,9	21,0
Lua Minguante					
T <sup>2</sup>	20,5	2,0	9,8	18,7	24,1
Ts	21,3	1,0	5,0	20,5	23,5

Conforme tabela 26 verificou-se que as maiores diferenças entre a temperatura do solo média e a temperatura abaixo do dossel do manguezal, ocorreram durante a fase de lua nova, com uma média de variação de 1,7 °C entre os dois atributos e um valor máximo de 5,4 °C e mínimo de -1,37 °C, evidenciando uma amplitude de 6,8 °C. Nas demais fases, a variação média foi inferior a 1 °C. Na fase de lua minguante a maior diferença foi de 4,5 °C, enquanto o menor valor foi de -2,4 °C, o que significa uma diferença de 6,9 °C.

Tabela 26 - Média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimas e máximas diferenças entre temperatura do ar e do solo.

Lua	Média (°C)	Desvio-Padrão (°C)	Mínimas (°C)	Máximas (°C)
Nova	1,7	1,6	-1,4	5,4
Crescente	0,4	1,29	-2,5	2,5
Cheia	0,7	1,1	-1,72	2,9
Minguante	0,9	1,4	-2,4	4,4

As figuras 97, 98, 99 e 100 apresentam a média da temperatura do ar, do solo e o desvio absoluto, obtidos por meio de todos os períodos de lua nova, crescente, cheia e minguante, respectivamente.

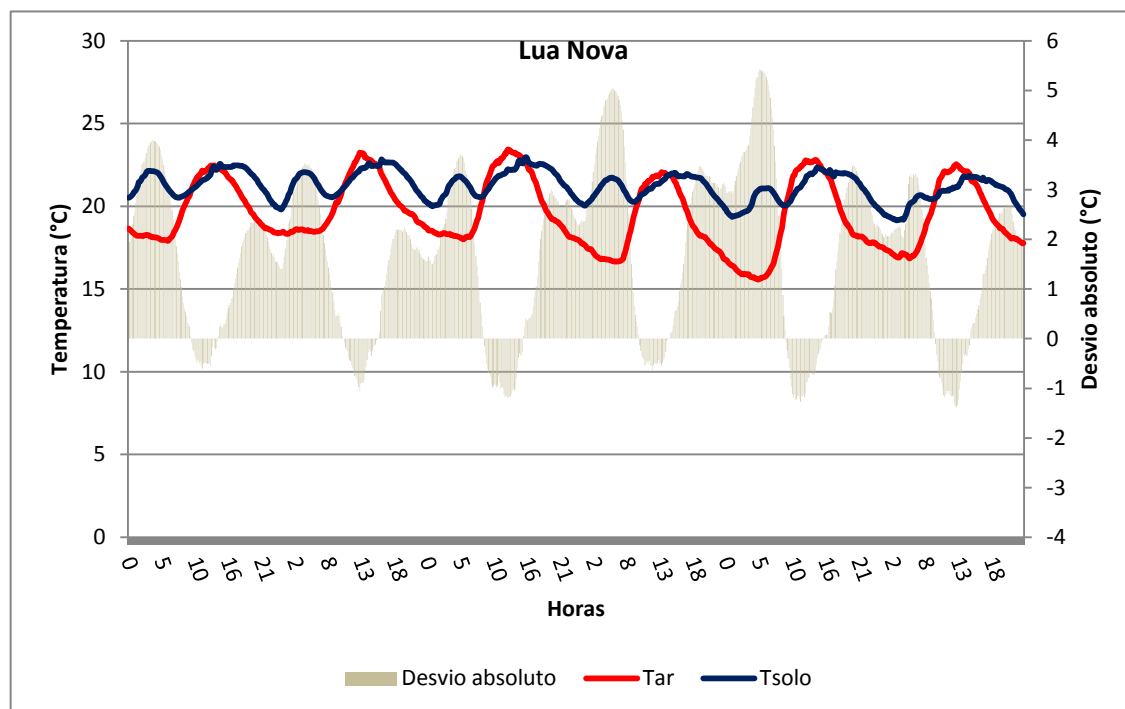


Figura 97 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua nova.

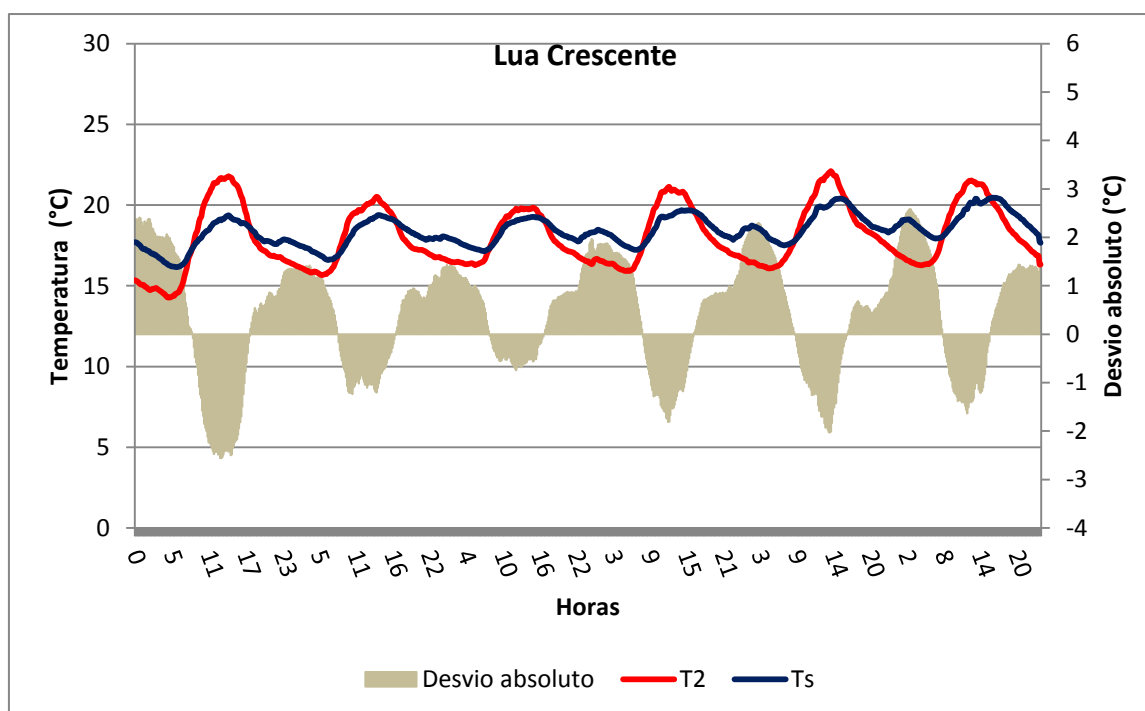


Figura 98 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua crescente.



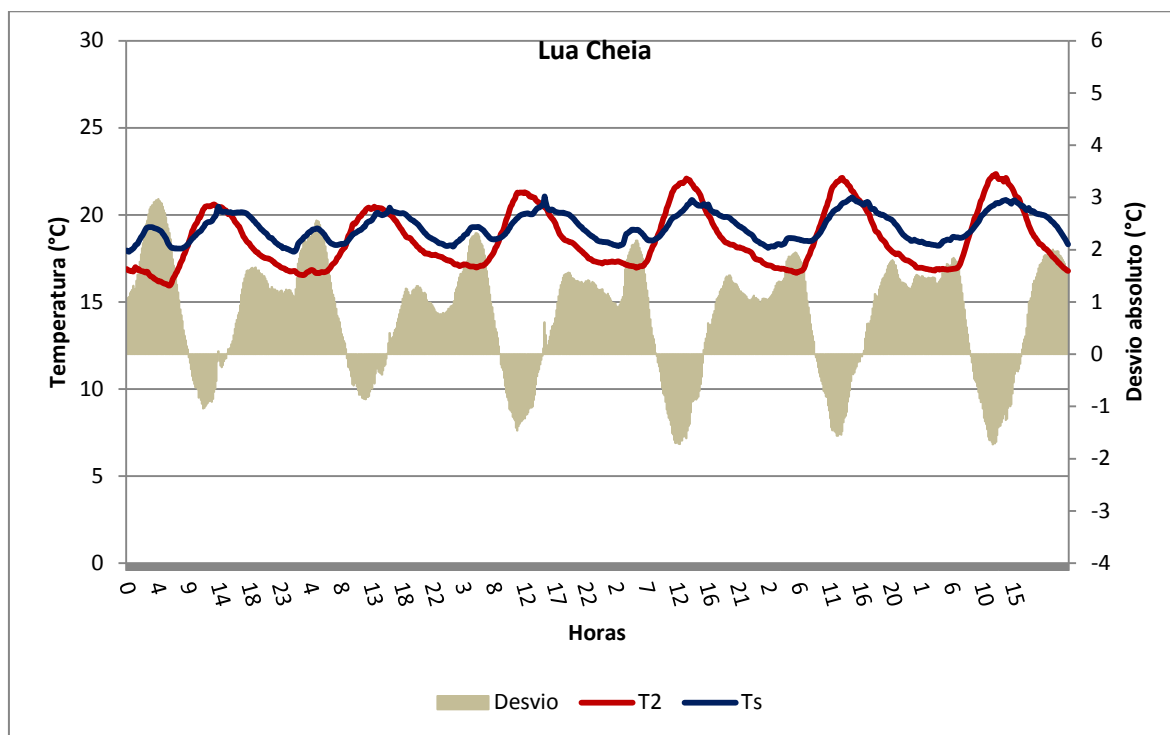


Figura 99 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua cheia.

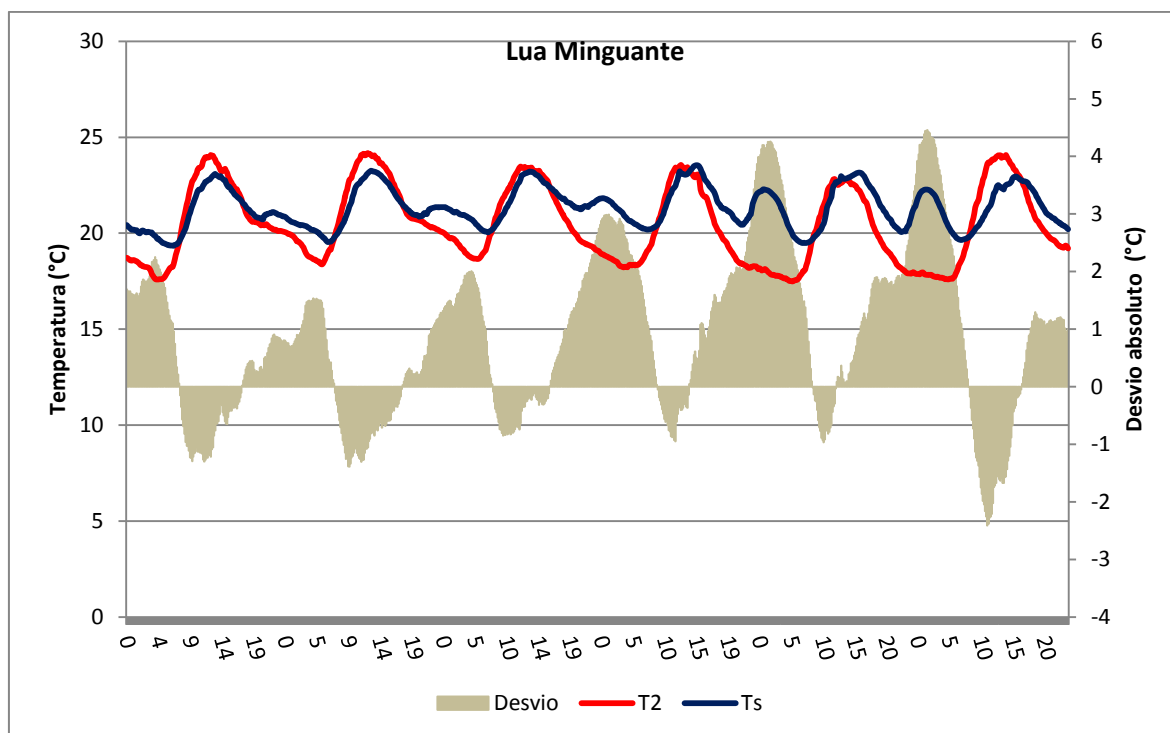


Figura 100 - Temperatura média do ar, do solo e desvio absoluto para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011, durante a fase de lua minguante.

Observa-se que no período de aquecimento diurno, a temperatura do ar apresentou valores superiores à temperatura do solo, enquanto durante a noite essa variação se inverte. Aliado a isso, é possível perceber que o solo, no período de resfriamento do ar (período noturno), também inicia seu período de resfriamento, porém esse processo é interrompido pela entrada da maré, que contribui para uma elevação da temperatura do solo. Isso é perceptível ao longo de todas as fases da lua e nos diferentes tipos de maré. Por outro lado, durante o período de aquecimento, a temperatura do solo também é influenciada pela entrada da maré, reduzindo os picos nesses horários. Essa variação é observada em todas as fases da lua.

A Figura 101 apresenta o desvio absoluto entre a temperatura do ar e do solo durante a maré de quadratura e de sizígia. Observa-se que os maiores desvios ocorreram na maré de sizígia. Vale destacar que é justamente durante a maré de sizígia que ocorrem as maiores amplitudes de maré.

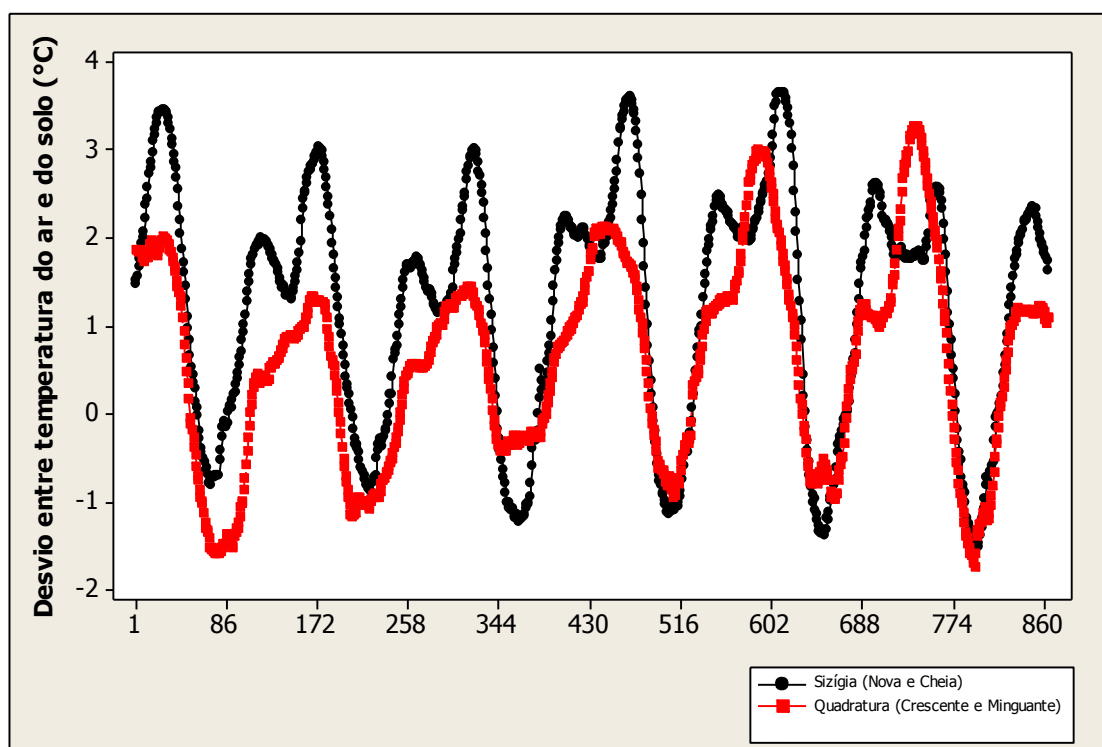


Figura 101 - Desvio absoluto entre a temperatura média do ar e do solo durante maré de sizígia e quadratura, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Moura et al. (2006a) também constataram a influência da maré sobre a temperatura do solo, indicando que quando a amplitude diária da maré é máxima, a temperatura do solo também aumenta e a amplitude da temperatura do solo diminui. Isso ocorre porque os solos são expostos, por conta de a maré atingir seu ponto mínimo, então o solo recebe diretamente energia solar para aquecer-se, mas não consegue se resfriar totalmente, pois logo em seguida o nível da água volta a subir, afirmando que a temperatura do solo é na realidade conduzida pela temperatura da água da maré.

### **9.8 UMIDADE ABSOLUTA DO AR**

Com a análise dos dados mensais, observou-se que o mês de junho em 2011 apresentou a menor quantidade de vapor no manguezal, com uma média de  $13,1 \text{ g.m}^{-3}$  (Figura 102). Enquanto em 2012, o menor registro ocorreu no mês de julho, com  $14,1 \text{ g.m}^{-3}$ . O mês de fevereiro foi o que apresentou o maior registro tanto em 2011 quanto em 2012, com  $21,1 \text{ g.m}^{-3}$  e  $21,6 \text{ g.m}^{-3}$ , respectivamente. Ressalta-se que em janeiro de 2011 não houve registros, visto que as medidas se iniciaram apenas em 06 de fevereiro de 2011.

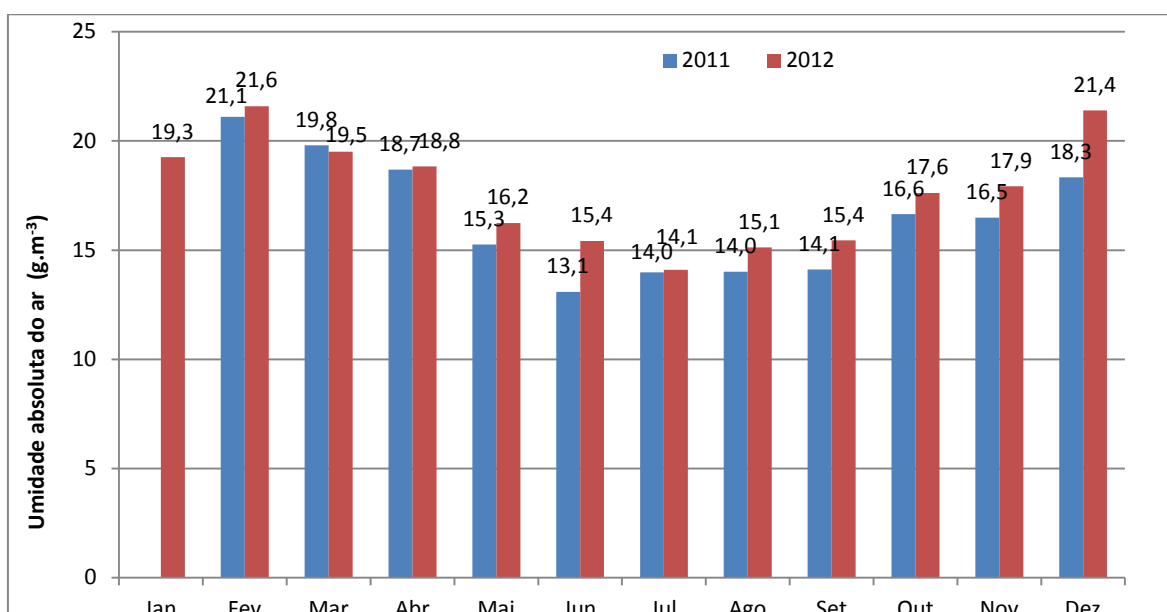


Figura 102 - Variação da umidade absoluta do ar ( $\text{g.m}^{-3}$ ) acima do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

O ciclo anual da umidade absoluta acompanha a variação da temperatura do ar com máximos valores ocorrendo nos meses de maior energia no manguezal, como em fevereiro (Figura 103).

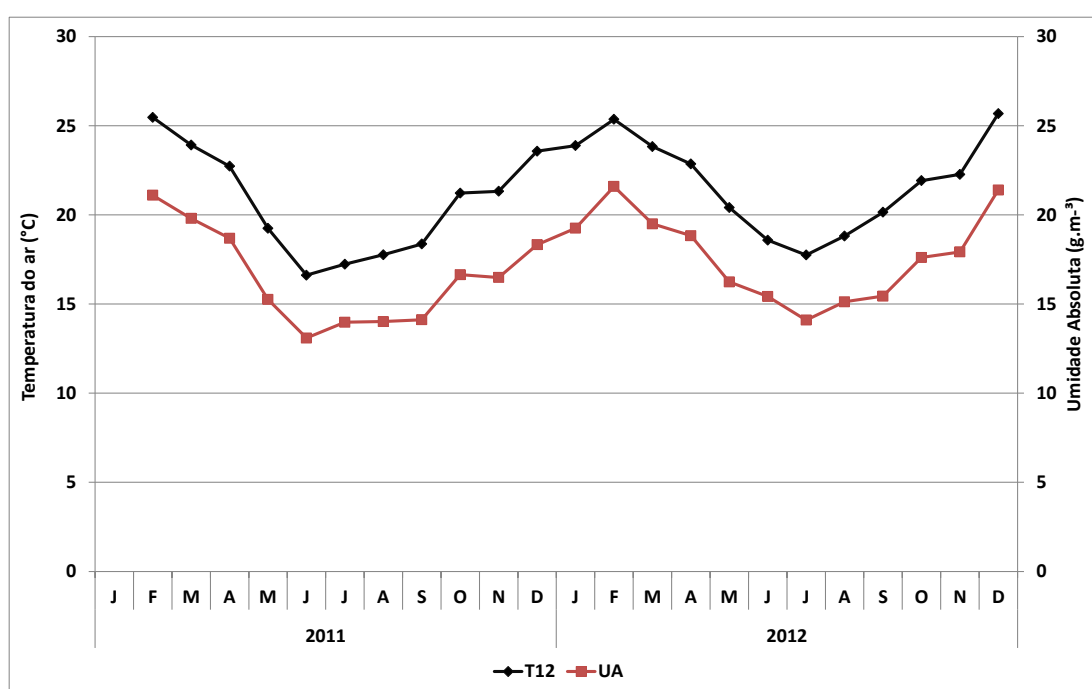


Figura 103 - Variação mensal da temperatura do ar e da umidade absoluta do ar ( $\text{g.m}^{-3}$ ) acima do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

A figura 104 apresenta a variação mensal da umidade absoluta acima e abaixo do dossel. Observou-se que em 2012 a maior diferença entre os níveis ocorreu em fevereiro. No entanto, fevereiro de 2011 foi o único mês a apresentar variação inversa, com a umidade absoluta sendo superior abaixo do dossel.

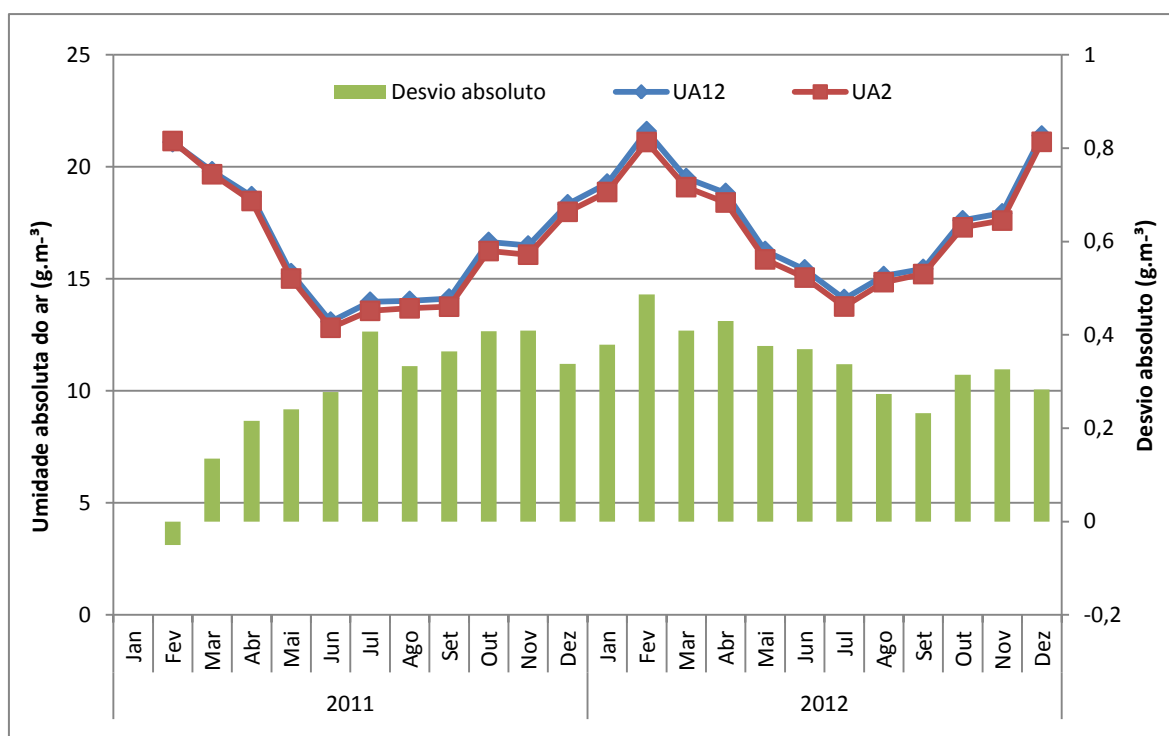


Figura 104 - Umidade absoluta do ar e desvio absoluto (g.m<sup>-3</sup>) entre os dados obtidos acima (UA<sup>12</sup>) e abaixo (UA<sup>2</sup>) do dossel do manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Em termos médios, o ano de 2012 apresentou valores mais elevados de umidade absoluta quando comparado com 2011 (Tabela 27). Destaca-se que o maior valor de umidade absoluta em 2012 é reflexo de uma maior capacidade do ar em reter vapor d'água, visto que nesse ano houve maior temperatura média do ar, com 21,3 °C, enquanto em 2011 foi registrado 20,7 °C. De acordo com a Lei dos Gases Ideais, o ar atmosférico tem a capacidade de se contrair e expandir com a variação de sua temperatura. A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e conseqüentemente há maior demanda hídrica, o que implica em uma umidade mais elevada.

Tabela 27 - Umidade absoluta obtida acima ( $UA^{12}$ ) e abaixo ( $UA^2$ ) do dossel em 2011 e 2012.

Umidade absoluta ( $g.m^{-3}$ )	2011		2012	
	$UA^{12}$	$UA^2$	$UA^{12}$	$UA^2$
Máxima	22,1	22,0	23,9	23,5
Média	16,4	16,1	17,7	17,3
Mínima	7,6	7,7	9,8	10,0
Desvio-padrão	3,042	3,045	2,85	2,78
Coeficiente de variação (%)	18,5	18,9	16,1	16,0

O ano de 2011 se destacou com um maior coeficiente de variação, indicando uma maior variabilidade dos dados em relação a 2012, com coeficiente de variação igual a 18,5 % enquanto em 2012 esse valor foi de 16,1 %.

Após serem submetidos a teste de normalidade, confirmou-se que os dados em análise diária, não apresentaram distribuição normal, o que implicou na aplicação do teste de hipótese não paramétrico Wilcoxon, em nível de 5 % de significância.

Considerando a diferença entre a umidade absoluta acima e abaixo do dossel, com a aplicação do teste, constatou-se que os dados são significativamente diferentes, com intervalo de confiança positivo, entre 0,27 e 0,32  $g.m^{-3}$ , representando que a umidade absoluta foi mais elevada acima do dossel.

Quantificou-se que em 94 % dos registros diários, a umidade absoluta foi superior acima do dossel, enquanto em 6 % dos dados isso se inverteu, com a umidade sendo maior abaixo do dossel. Como no sensor acima do dossel foram registradas as maiores temperaturas do ar, isso resulta em maior capacidade de retenção de vapor d'água neste nível, resultando em maiores valores de umidade absoluta e menores valores de umidade relativa do ar. Aliado a isso, o efeito da transpiração é menor que o efeito da relação temperatura do ar e umidade absoluta, ou seja, a transpiração não consegue repor o vapor na mesma proporção que a relação psicrométrica.

A Figura 105 apresenta a variação diária da umidade absoluta do ar para os dois sensores, em que é possível observar que acima do dossel os registros foram superiores, apesar da variação semelhante aos dados obtidos abaixo do dossel

ao longo do período. A diferença entre os dois níveis chegou a valores de até 0,7  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . No entanto, ao considerar as máximas diferenças obtidas em cada dia, considerando que em 94 % dos dias a umidade foi superior acima do dossel, esse valor foi de 2,4  $\text{g}/\text{m}^3$  e ocorreu em 24/05/2011, conforme exposto na figura 106.

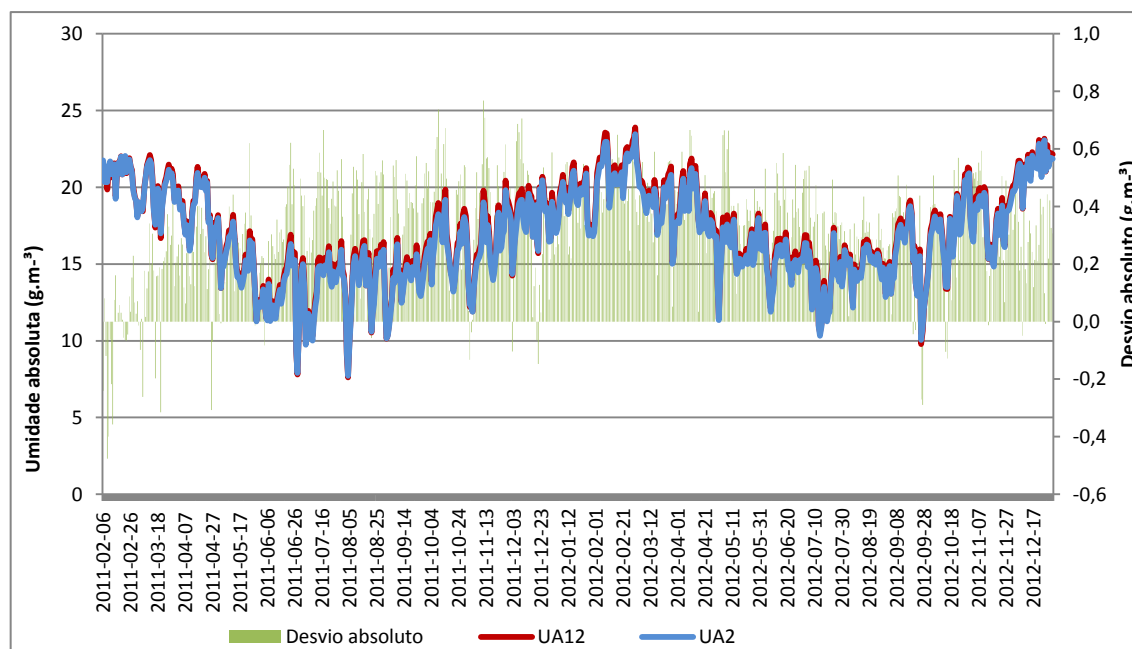


Figura 105 - Variação da umidade absoluta do ar ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) e desvio absoluto ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para o período de 06/02/2011 a 31/12/2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

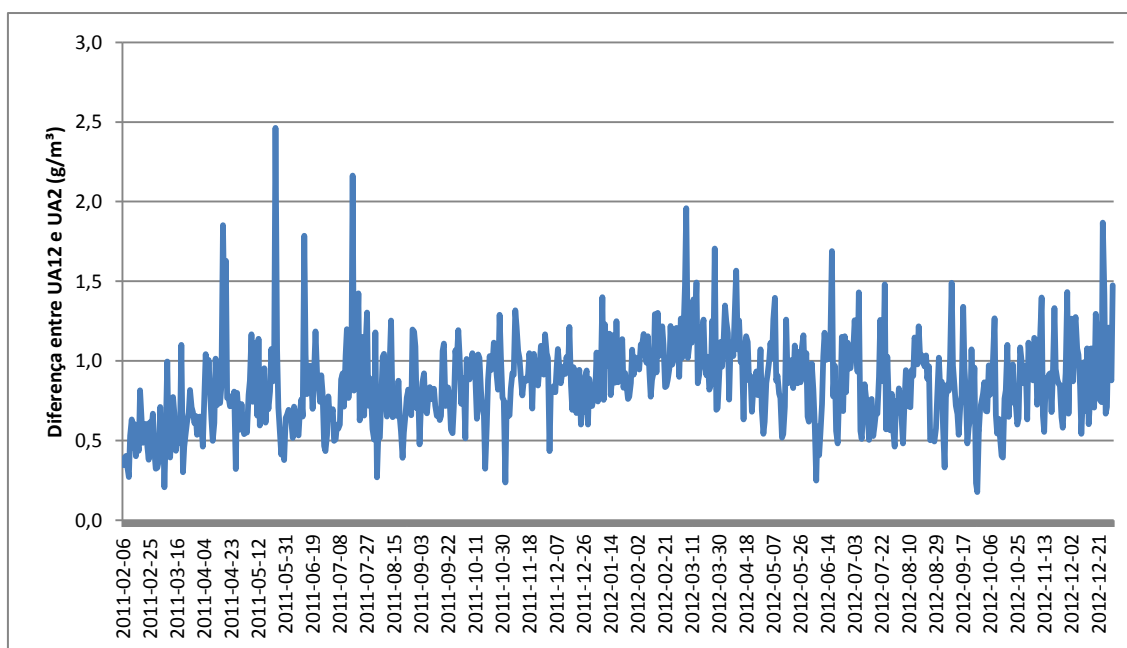


Figura 106 - Máxima diferença diária de umidade absoluta do ar entre os dados obtidos acima e abaixo do dossel ( $\text{UA}^{12}-\text{UA}^2$ ), em 2011 e 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A figura 107 apresenta a regressão linear simples entre os dados de umidade absoluta acima e abaixo do dossel, em que é possível observar um elevado coeficiente de determinação.

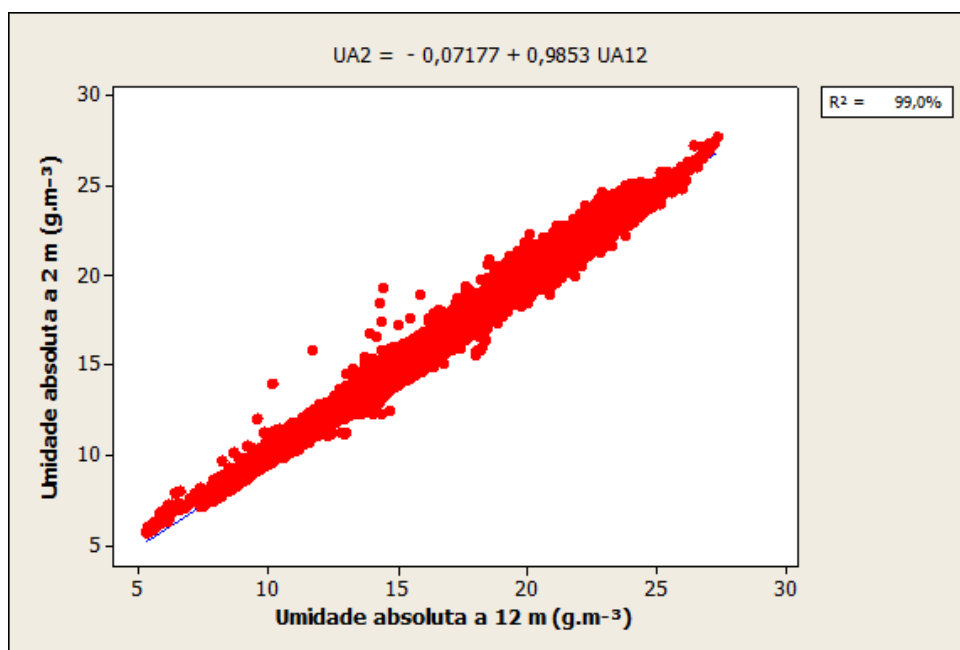


Figura 107 - Regressão linear simples entre os dados de umidade absoluta acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Ao analisar os dados por estações do ano, destaca-se o verão como a estação mais úmida, com valores superiores a 19 g/m<sup>3</sup> de vapor d' água, nos dois níveis. Enquanto a estação mais seca foi o inverno, com valores inferiores a 15,1 g/m<sup>3</sup>, tanto acima quanto abaixo do dossel (Tabela 28). O ano de 2012 foi um ano bem úmido nas quatro estações quando comparado com 2011.



Tabela 28 - Estatística descritiva para a umidade absoluta sazonal nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

Ano	UA <sup>12</sup>				UA <sup>2</sup>			
	Média	Máxima	Mínima	Coefficiente de variação	Média	Máxima	Mínima	Coefficiente de variação
Outono								
2011	16,5	21,5	11,3	18,3	16,2	21,1	11,2	18,3
2012	17,3	21,9	11,4	12,8	16,9	21,2	11,3	12,6
Inverno								
2011	13,9	16,9	7,6	15,2	13,6	16,3	7,7	14,5
2012	15,1	19,1	10,5	11,1	14,8	18,8	10,3	11,06
Primavera								
2011	16,8	20,4	11,9	12,26	16,4	19,8	11,89	11,76
2012	18,1	22,3	9,77	14,83	17,8	22,1	10,04	14,51
Verão								
2011	20,0	23,9	15,7	8,7	19,6	23,5	15,84	8,52
2012	20,7	23,7	15,9	8,09	20,4	23,1	16,18	7,93

O outono apresentou média de 16,5 g.m<sup>-3</sup> em 2011 e 17,3 g.m<sup>-3</sup> de umidade absoluta do ar no manguezal acima do dossel, a segunda estação com menor registro de umidade. O mínimo encontrado nessa estação foi de 11,3 g.m<sup>-3</sup> e o máximo de 21,9 g.m<sup>-3</sup>.

A primavera se destacou, portanto, como a segunda estação mais úmida. Nessa estação, o menor valor registrado foi de 9,8 g.m<sup>-3</sup> e 10 g.m<sup>-3</sup>, acima e abaixo do dossel, em 2012, respectivamente.

Nas figuras 108 e 109 é possível verificar que o inverno apresentou os valores inferiores de umidade, bem como presença de valores extremos tanto acima quanto abaixo do dossel. Para o inverno destaca-se ainda uma assimetria negativa em 2011, isto indica que a média dos dados é menor que a mediana, evidenciando uma maior frequência de dados superiores de umidade.

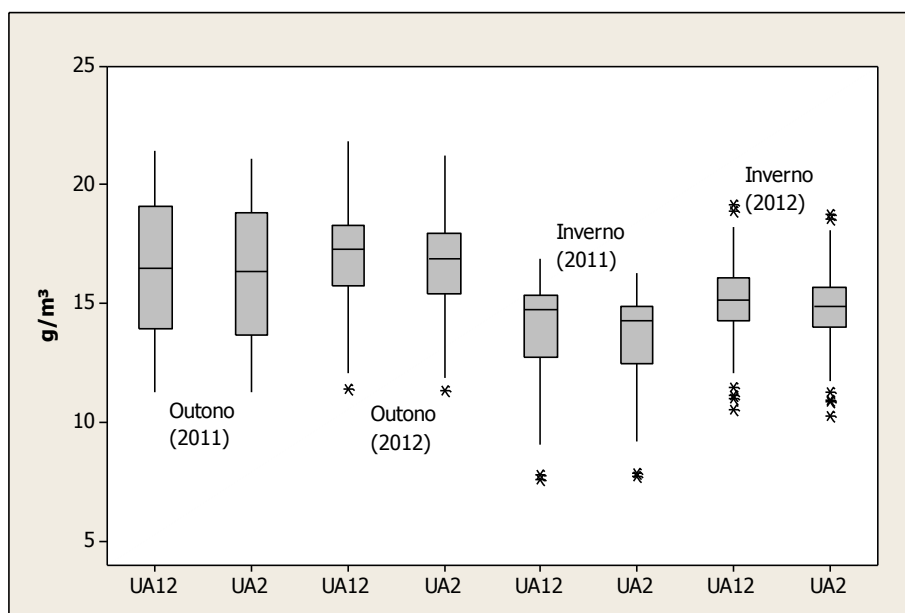


Figura 108 - Umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel no outono e no inverno, em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

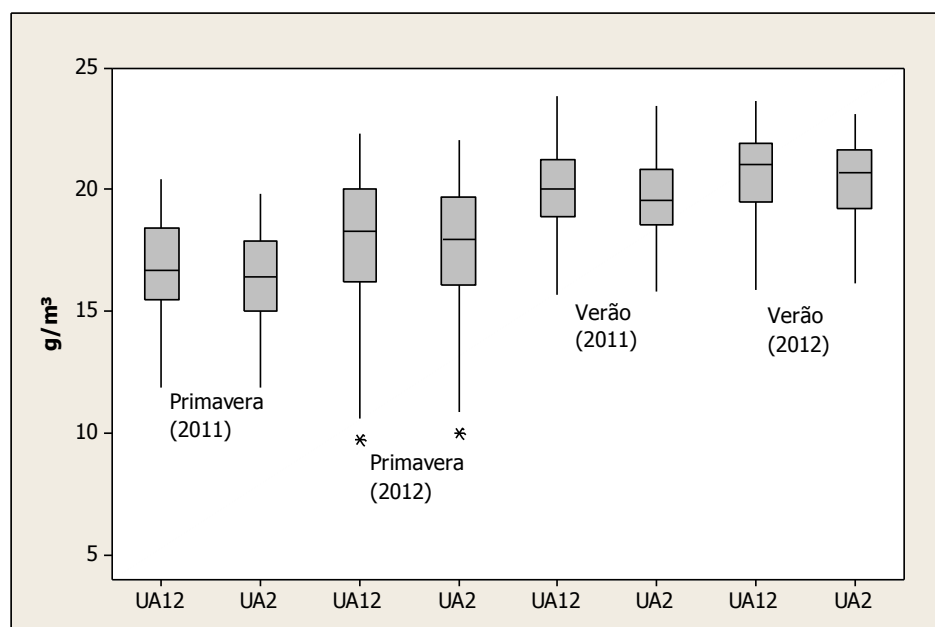


Figura 109 - Umidade absoluta do ar ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) acima e abaixo do dossel na primavera e no verão, em 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Por outro lado, no outono houve uma maior variabilidade dos dados principalmente em 2011, com maior intervalo interquartílico (retângulo). O verão apresentou o menor intervalo interquartílico, o que representa uma menor

dispersão dos dados, mas com os maiores valores de umidade ao longo do período.

### 9.9 PRECIPITAÇÃO

Ao longo do período de 06/02/2011 a 31/12/11, o sensor instalado no manguezal acima do dossel registrou 1.691,4 mm. Enquanto, no período de 01/01/12 a 30/11/2012 totalizou-se 1.542,7 mm.

Ao analisar os dados mensais de precipitação, em 2011 (Figura 110) o mês de fevereiro destacou-se como o mais chuvoso (em janeiro de 2011 não houve medições), com um total de 313,3 mm, o que representa um percentual de 51,7 % acima do esperado. Considerando a Normal Climatológica, o valor máximo mensal na região deveria ser observado em março, no entanto, em 2011, esse mês registrou apenas 18,2 % do total esperado.

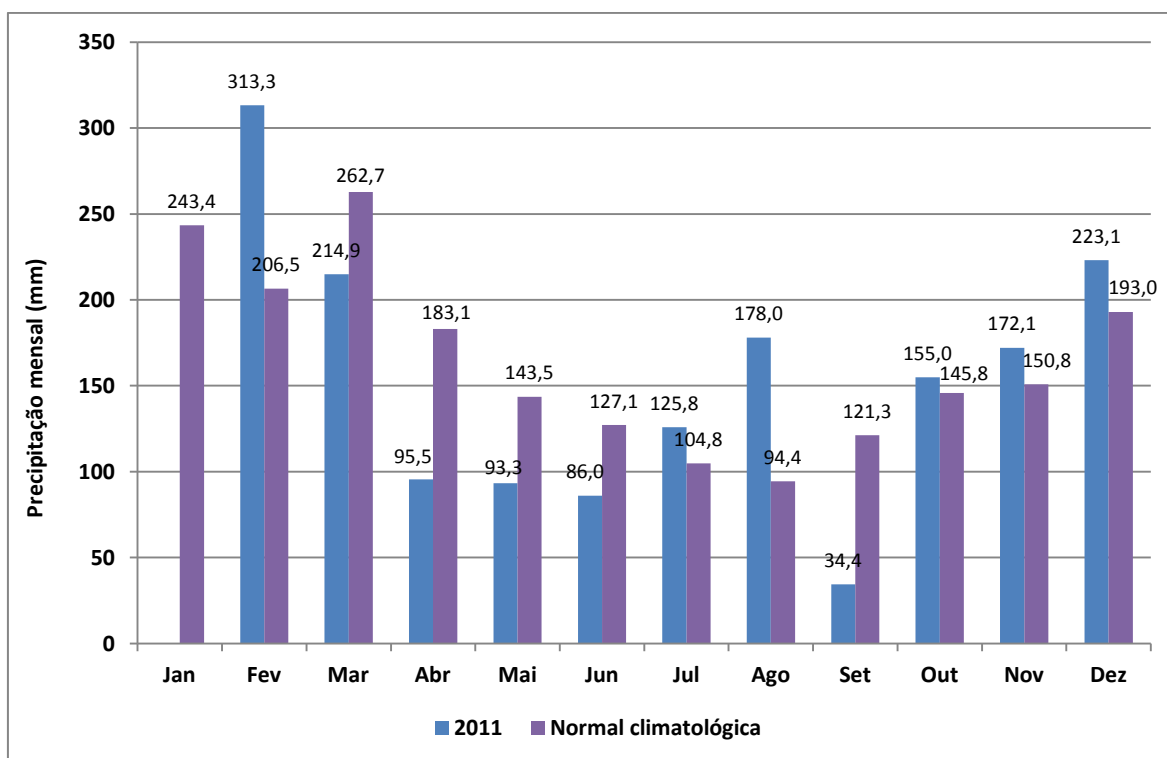


Figura 110 – Precipitação total registrada em 2011 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960 – 1991) para o município de Iguape – SP.

Os meses de abril, maio e junho apresentaram registros abaixo da Normal climatológica, com 47,8 %, 35 % e 32,3 %, respectivamente. Enquanto julho e agosto se destacaram com valores superiores à Normal Climatológica. O mês de julho registrou 125,8 mm, o equivalente a 20 % acima do valor esperado. O mês de agosto, que de acordo com a Normal Climatológica deveria ser o período menos chuvoso do ano, se destacou por registrar 178 mm, equivalente a 88,6 % acima do valor esperado para o mês. Por outro lado, o mês de setembro registrou o menor valor de 2011, com 34,4 mm, que representa 71,6 % abaixo do valor esperado. Os demais meses (outubro, novembro e dezembro) apresentaram valores superiores a Normal Climatológica, com 6,3 %, 14,1 % e 15,6 % respectivamente.

Em 2012, no mês de dezembro houve falha no sensor instalado no manguezal, assim no período de 01/01/12 a 30/11/12 foram registrados 1.542,7 mm.

Como pode ser visualizado na Figura 111, os meses com os maiores totais pluviométricos foram junho e julho, que evidencia um ano atípico, considerando a Normal Climatológica de 1961 a 1990, em que esses meses apresentam valores inferiores aos registrados. O mês de junho registrou 308,5 mm, que corresponde a 142,7 % acima do valor esperado para esse mês, sendo o mês mais chuvoso de 2012. O mês de julho registrou 243 mm, quando na realidade era esperado 104,8 mm, o que equivale a um aumento de 131,9 %. Tanto junho quanto julho ultrapassaram inclusive o mês de janeiro, correspondendo ao mais chuvoso pela Normal Climatológica. O ano de 2012 foi também considerado como atípico, devido ao fato de, com exceção dos meses de junho e julho, apresentar todos os meses com dados inferiores a Normal climatológica, com destaque para março, agosto, setembro e novembro, com 67,3 %, 82,1 %, 62,8 % e 56,7 %, respectivamente, abaixo da Normal (Tabela 29).

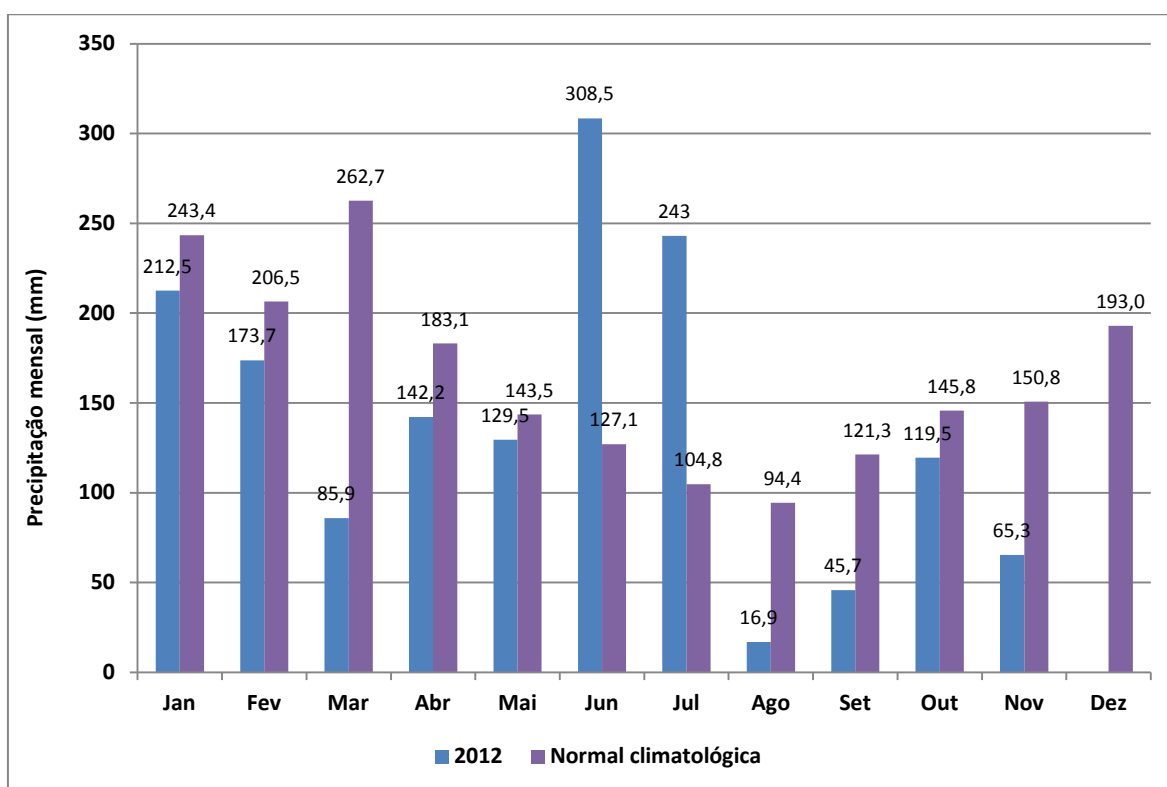


Figura 111 - Pluviosidade total registrada em 2012 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960 – 1991) para o município de Iguape – SP.

Tabela 29 - Precipitação mensal obtida no manguezal da Barra do Ribeira em 2011 e 2012, Normal Climatológica (1961 – 1990) para o município de Iguape, desvio absoluto e relativo para os anos de 2011 e 2012 em relação à Normal.

Meses	$p^{12}$	$p^{12}$	Normal Climatológica (mm)	Desvio absoluto <sup>1</sup> (mm)	Desvio relativo <sup>2</sup> (%)	Desvio absoluto <sup>1</sup> (mm)	Desvio relativo <sup>2</sup> (%)
	(mm)	(mm)					
	2011	2012	1961 - 1990	2011	2011	2012	2012
Jan	-	212,5	243,4	-	-	30,9	12,7
Fev	313,3	173,7	206,5	-106,8	51,7	32,8	15,9
Mar	214,9	85,9	262,7	47,8	18,2	176,8	67,3
Abr	95,5	142,2	183,1	87,6	47,8	40,9	22,3
Mai	93,3	129,5	143,5	50,2	35,0	14,0	9,8
Jun	86	308,5	127,1	41,1	32,3	-181,4	142,7
Jul	125,8	243	104,8	-21,0	20,0	-138,2	131,9
Ago	178	16,9	94,4	-83,6	88,6	77,5	82,1
Set	34,4	45,7	121,3	86,9	71,6	75,6	62,3
Out	155	119,5	145,8	-9,2	6,3	26,3	18,0
Nov	172,1	65,3	150,8	-21,3	14,1	85,5	56,7
Dez	223,1	-	193,0	-30,1	15,6	-	-
<b>Total</b>	<b>1.691,4</b>	<b>1.542,7</b>	<b>1.976,4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

<sup>1</sup> Desvio absoluto: Normal Climatológica menos precipitação no manguezal em 2011 e em 2012.

<sup>2</sup> Desvio relativo: Porcentagem em que a precipitação no manguezal em 2011 e 2012 foi superior ou inferior à Normal Climatológica (em azul = superior; em vermelho = inferior).

Para o manguezal, ao longo do período de 06/02/2011 a 31/12/11, os sensores instalados no manguezal registraram 1.691,4 mm acima do dossel ( $P^{12}$ ) e 1.469,5 mm abaixo do dossel ( $P^2$ ), resultando em uma interceptação de 13,1 %. Por outro lado, no período de 01/01/12 a 30/11/2012 registrou-se 1.542,7 mm e 1.481,6 mm, respectivamente, acima e abaixo do dossel, o que equivale a uma interceptação de 4,0 %.

Na análise da interceptação considerou-se apenas a entrada e a saída de água (precipitação total) nos pluviômetros localizados acima do dossel e o localizado abaixo do dossel. Foram desconsideradas outras variáveis como: evaporação, escoamento pelo tronco e vento. Considerando todo o período de análise (06/02/2011 a 30/11/2012) foram registrados 3.261,9 mm acima do dossel e 2.979,9 mm como precipitação interna abaixo do dossel, equivalente a 282 mm de interceptação, ou seja, 8,8 % do total precipitado acima do dossel foi interceptado pelo próprio dossel. Lima e Galvani (2010), na mesma área de estudo, mas analisando a precipitação em 2008, encontraram uma interceptação de 19,6 %. Portanto, constatou-se uma diminuição na interceptação da vegetação perante a precipitação total.

Cicco (2009) ressalta a variedade de ambientes em que foram quantificadas a interceptação florestal, com destaque para uma elevada amplitude, com valores de 8,9 % na floresta amazônica e na mata atlântica a um máximo de 30 % em floresta paludosa. Dos 22 trabalhos analisados por Cicco (2009), 54 % (12) quantificaram uma interceptação entre 10 % e 20 % em relação à precipitação total. Arcova et al. (2003), estudando mata atlântica, encontraram uma interceptação de 18,6 %; Thomaz (2005) chegou a uma interceptação de 23 % em mata secundária. Oliveira e Dias (2005), também estudando mata secundária, encontraram 18,3 % de interceptação. Silva e Costa (2006), analisando o manguezal do Pará, quantificaram uma interceptação de 28 %.

Ao analisar os dados mensais de precipitação, em 2011, o mês de fevereiro destacou-se como o mais chuvoso (em janeiro de 2011 não houve medições), com um total de 313,3 mm e 318,1 mm, acima e abaixo do dossel, respectivamente. Enquanto setembro apresentou o menor registro de precipitação

nos dois sensores, 34,4 mm acima do dossel e 25,2 mm, abaixo do dossel, conforme Figura 112.

O mês de fevereiro se destacou juntamente com novembro como os únicos meses em que o total abaixo do dossel foi superior ao registrado acima do ambiente, no entanto com uma diferença de apenas 4,8 mm e de 0,8 mm (0,6 %), respectivamente. Por outro lado, a maior diferença em termos absolutos ocorreu em agosto com 39 mm (21,9 %) (Tabela 30). A interceptação média da pluviosidade para o manguezal em 2011 foi de 12,8 %.

Em 2012 foram registrados 1.542,7 mm acima do dossel e 1.482,6 mm abaixo da copa das árvores, resultando em uma interceptação de 60,1 mm (4 %). Como pode ser visualizado na figura 113, os meses com maiores totais pluviométricos foram junho e julho, que caracteriza um ano atípico, considerando a Normal Climatológica de 1961 a 1990, em que esses meses apresentam valores bem inferiores aos registrados. Destaca-se ainda que, com exceção dos meses de junho e julho, todos os demais apresentaram dados inferiores a Normal Climatológica.

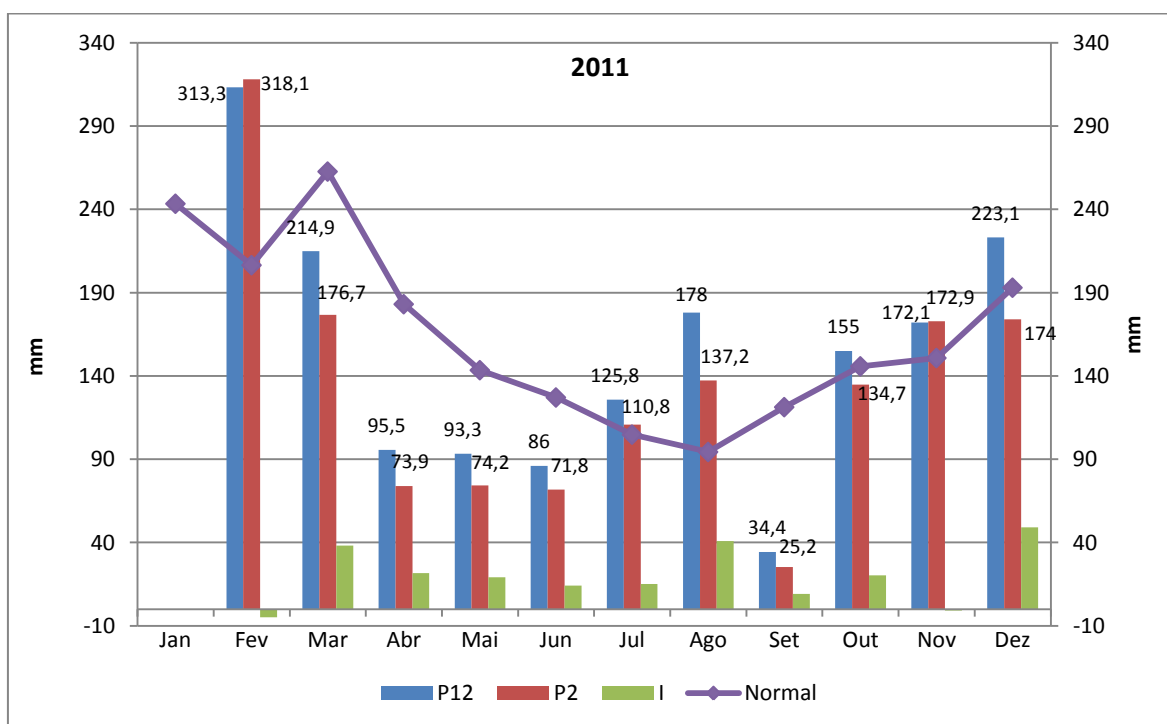


Figura 112 - Totais mensais de precipitação registrada em 2011 acima ( $P^{12}$ ) e abaixo ( $P^2$ ) do dossel, interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961 - 1990) – Iguape/SP.

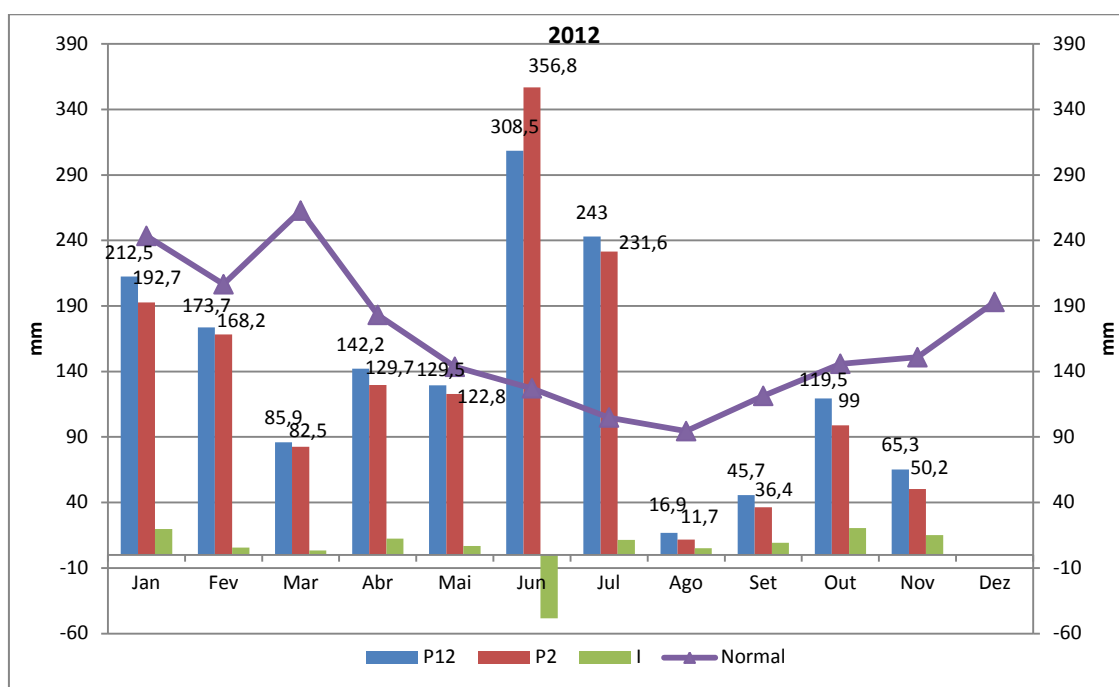


Figura 113 - Totais mensais de precipitação registrada em 2012 acima ( $P^{12}$ ) e abaixo ( $P^2$ ), interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961 a 1990) – Iguape/SP.

Quanto ao valor registrado abaixo do dossel, o mês de junho também se destacou por apresentar 15,7 % a mais do que o registrado acima do dossel. A maior interceptação em 2012 ocorreu em agosto, com 30,8 % de interceptação. Enquanto a maior interceptação, em termos absolutos, ocorreu em outubro, com 20,5 mm (17,2 %) (Tabela 30).

Tabela 30 - Precipitação (mm) para 2011 e 2012, obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Mês	2011				2012				Normal Climatológica (mm)
	$P^{12}$ (mm)	$P^2$ (mm)	I (mm)	I (%)	$P^{12}$ (mm)	$P^2$ (mm)	I (mm)	I (%)	
Jan	Dados não coletados				212,5	192,7	19,8	9,3	243,4
Fev	313,3	318,1	-4,8	-1,5	173,7	168,3	5,5	3,2	206,5
Mar	214,9	176,7	38,2	17,8	85,9	82,5	3,4	4,0	262,7
Abr	95,5	73,9	21,6	22,6	142,2	129,7	12,5	8,8	183,1
Mai	93,3	74,2	19,1	20,5	129,5	122,8	6,7	5,2	143,5
Jun	86	71,8	14,2	16,5	308,5	356,8	-48,3	-15,7	127,1
Jul	125,8	110,8	15	11,9	243,0	231,6	11,4	4,7	104,8
Ago	178	137,2	40,8	22,9	16,9	11,7	5,2	30,8	94,4
Set	34,4	25,2	9,2	26,7	45,7	36,8	9,3	20,4	121,3
Out	155	134,7	20,3	13,1	119,5	99,0	20,5	17,2	145,8
Nov	172,1	172,9	-0,8	-0,5	65,3	50,2	15,1	23,1	150,8
Dez	223,1	174	49,1	22,0	Dados não coletados				193,0
<b>Total</b>	<b>1691,4</b>	<b>1469,5</b>	<b>221,9</b>	<b>13%</b>	<b>1542,7</b>	<b>1482,6</b>	<b>60,1</b>	<b>4%</b>	<b>1976,4</b>



Em 2011, o dia com precipitação mais elevada ocorreu em 14/02/2011, com 142,7 mm acima do dossel e 162,6 mm abaixo da vegetação. Em 2012, o maior total diário registrado também aconteceu em fevereiro, no dia 10, com 81,2 mm e 80,7 mm, respectivamente, acima e abaixo da copa das árvores.

A

Figura 114 apresenta a relação entre a precipitação acima e abaixo do dossel, evidenciando um coeficiente de determinação de ( $R^2$ ) de 0,939, ou seja, 93,9 % dos dados estão associados.

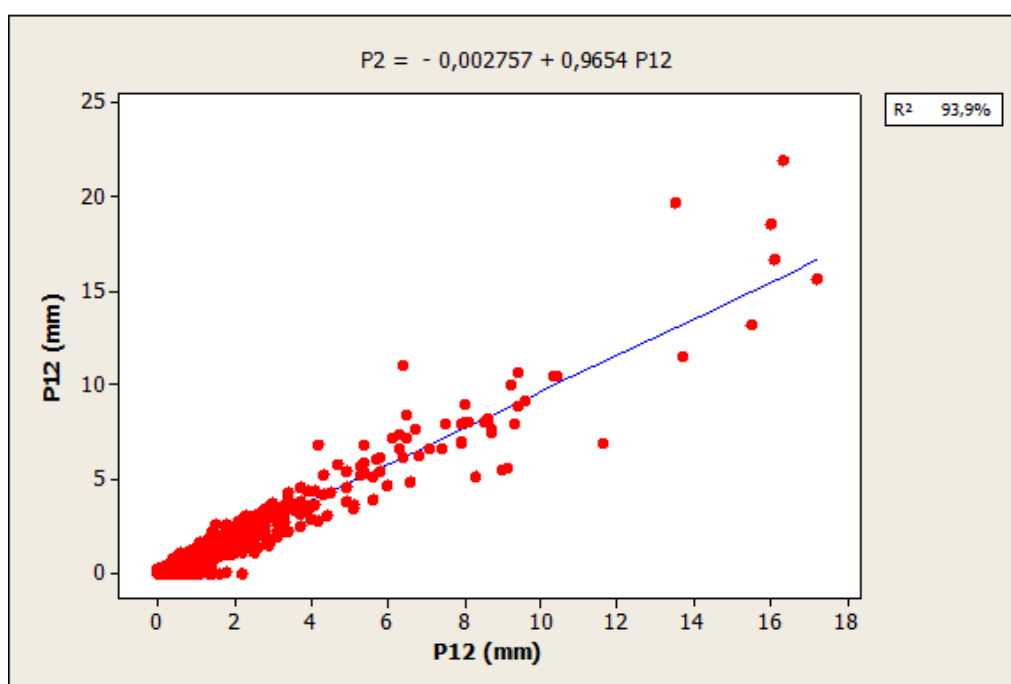


Figura 114 - Regressão Linear Simples para precipitação a 12 m e a 2 m, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A figura 115 apresenta os dados por estações do ano. Observa-se que o outono de 2012 apresentou uma intensa precipitação sendo superior até mesmo às precipitações do verão, com registro de 573,4 mm e 552,1 mm, valores bem superiores ao registrado em 2011. Por outro lado, o outono de 2011 registrou os menores valores de precipitação, com 321,5 mm e 253,7 mm, a 12 e a 2 m, respectivamente. Em 2012 devido a falhas nos equipamentos não foi registrada a precipitação completa para a primavera e verão.

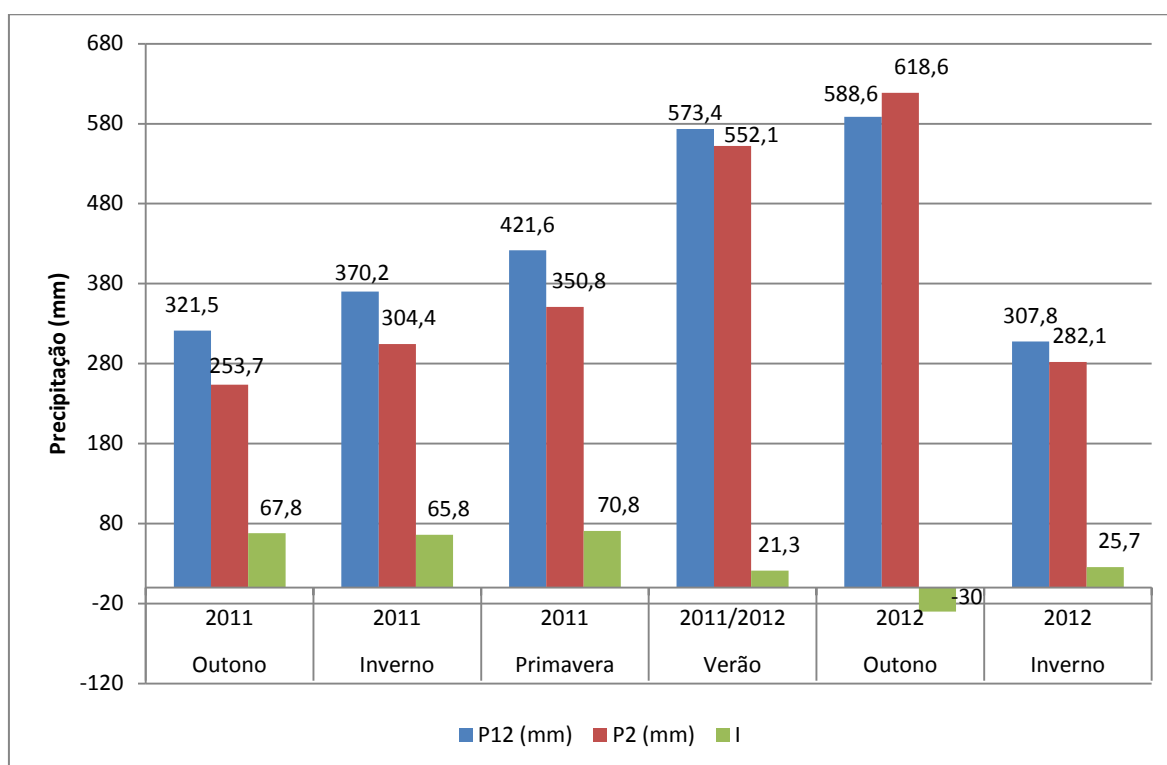


Figura 115 - Precipitação total sazonal para 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A maior interceptação em 2011 ocorreu no outono, com precipitação abaixo do dossel reduzida em 21,1 %. O inverno se destacou como a segunda maior interceptação, com o sensor abaixo do dossel registrando 17,4 % a menos do que acima do dossel. Por fim, o verão se destacou com a menor redução, apenas 3,7 % de diferença em relação ao dado obtido acima do dossel. Na primavera essa redução foi de 16,8 %.

Em 2012, a análise ficou prejudicada visto que houve falha nos sensores tanto em parte da primavera quanto no verão. Porém, destaca-se que o outono não apresentou interceptação, mas registrou valores superiores abaixo do dossel enquanto no inverno interceptou 8,3 %.

Os resultados aqui apresentados corroboram com os estudos de Silva e Costa (2006), Arcova et al. (2003), Thomaz (2005) e Cicco (2009), que destacam que o tipo de precipitação influencia na quantidade interceptada pela vegetação.

Silva e Costa (2006) obtiveram uma interceptação de 28 % nos manguezais de Bragança/PA, verificando ainda que no período de “fraca incidência” de El Niño

ocorreu maior precipitação e menor interceptação, enquanto no período de “forte incidência” de El Niño ocorreu menor precipitação e maior interceptação.

Lima (1983) também ressalta a importância das condições meteorológicas sobre a interceptação, observando que fatores como a velocidade do vento, a umidade relativa do ar, a duração e intensidade de chuva, dentre outros, podem contribuir na interceptação da cobertura vegetal. Nos meses em que prevalecem chuvas convectivas como em fevereiro, outubro, novembro e dezembro, na área de estudo, com intensidade de chuva elevada, constatou-se uma menor interceptação da precipitação em termos percentuais, enquanto meses em que prevalecem chuvas com intensidades moderada a fraca, como em agosto e setembro houve uma maior interceptação.

Diante disso, optou-se por analisar a interceptação da precipitação por classes. A precipitação foi dividida em seis classes, estabelecidas, considerando a climatologia regional da área de estudo. Essas classes são apresentadas na Tabela 31.

Tabela 31 - Precipitação dividida por classes no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

<b>Classe</b>	<b>Intervalo (mm)</b>	<b>Total de dias</b>	<b>P<sup>12</sup> (mm)</b>	<b>P<sup>2</sup> (mm)</b>	<b>I (mm)</b>	<b>I (%)</b>
1	<1,0	196	51,3	18,4	32,9	64,1
2	≥1,0 < 10	149	612,9	475,7	137,2	22,4
3	≥10 < 20	40	559,3	510,9	48,4	8,7
4	≥20 <40	35	917,8	868	49,8	5,4
5	≥40 <60	12	535,1	553,1	-18,0	-3,4
6	≥60	6	515,4	524,7	-9,3	-1,8

Com essa divisão por classes, foi possível constatar que conforme a intensidade da precipitação vai aumentando, a interceptação pelo dossel do manguezal foi diminuindo. A Classe 1 (<1,0 mm) foi a que apresentou a maior interceptação com 64,1 %. Em seguida, destaca-se a Classe 2, com 22,4 % e as Classes 03 e 04, com 8,7 % e 5,4 %, respectivamente (Figura 116). Observa-se que a partir da Classe 05 (≥40 <60 mm) a interceptação passou a ser negativa, ou seja, o sensor abaixo do dossel registrou total superior ao localizado acima do dossel.

A Tabela 32 apresenta as classes de precipitação para as estações outono/inverno e primavera/verão.

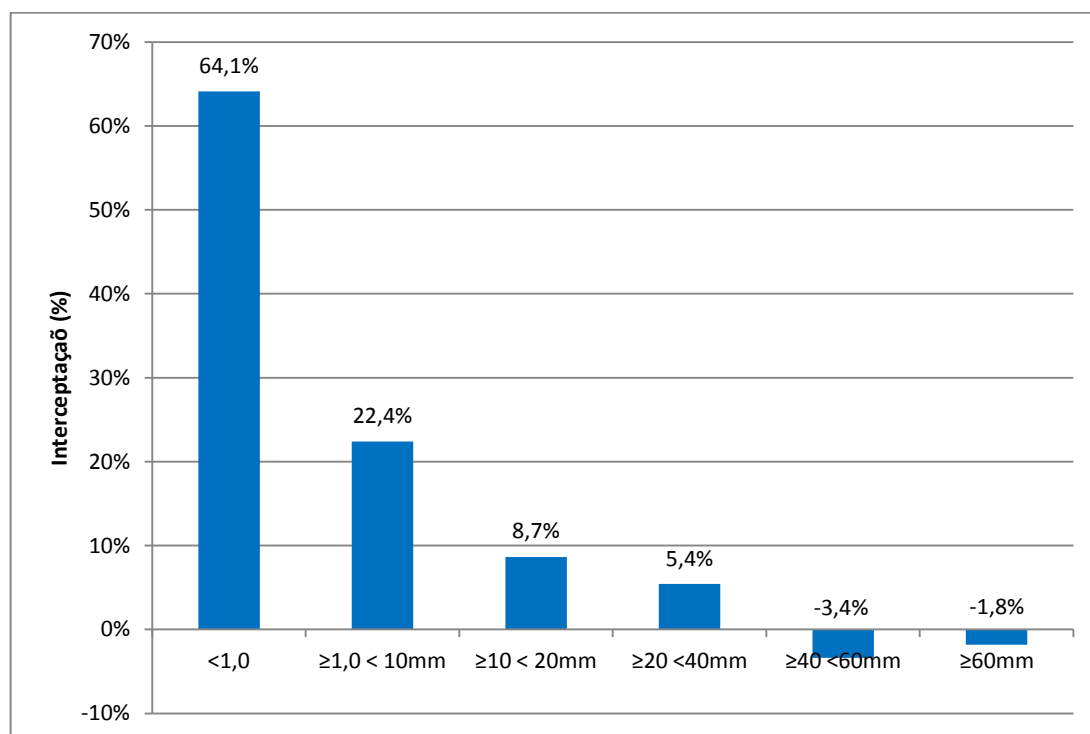


Figura 116 - Interceptação da precipitação pelo dossel do manguezal em diferentes classes de precipitação – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 32 - Classes de precipitação para as estações outono/inverno e primavera/verão.

Classe	Intervalo (mm)	Total de dias	P <sup>12</sup> (mm)	P <sup>2</sup> (mm)	I (mm)	I (%)
Outono/Inverno						
1	<1,0	77	16,7	5,7	11	65,9
2	≥1,0 < 10	58	237,4	183	54,1	22,8
3	≥10 < 20	14	212,1	200	11,7	5,5
4	≥20 < 40	14	378,6	382	-2,9	-0,8
5	≥40 < 60	5	239,3	255	-16	-6,7
6	≥60	1	69,6	52	17,6	25,3
Primavera/Verão						
1	<1,0	68	20,8	7,5	13,3	63,9
2	≥1,0 < 10	62	254	138	116	45,7
3	≥10 < 20	23	308,4	275	33,7	10,9
4	≥20 < 40	15	396,9	355	41,5	10,5
5	≥40 < 60	6	241,9	246	-4,5	-1,9
6	≥60	4	381,4	410	-29	-7,6

A figura 117 apresenta a precipitação por classes para o outono/inverno. Destaca-se que há uma tendência de redução da interceptação conforme ocorre a diminuição na intensidade da chuva, que ocorre até a classe  $> 60$  mm. No entanto, esse comportamento se inverte ao considerar a classe  $\geq 60$  mm. Vale destacar que essa classe é representada no inverno apenas por um único dia, justamente o dia 01/08/2011, quando choveu 69,6 mm acima do dossel e 52 mm abaixo. Por outro lado, na primavera/verão destaca-se que conforme há diminuição na intensidade da precipitação há uma maior interceptação (Figura 118).

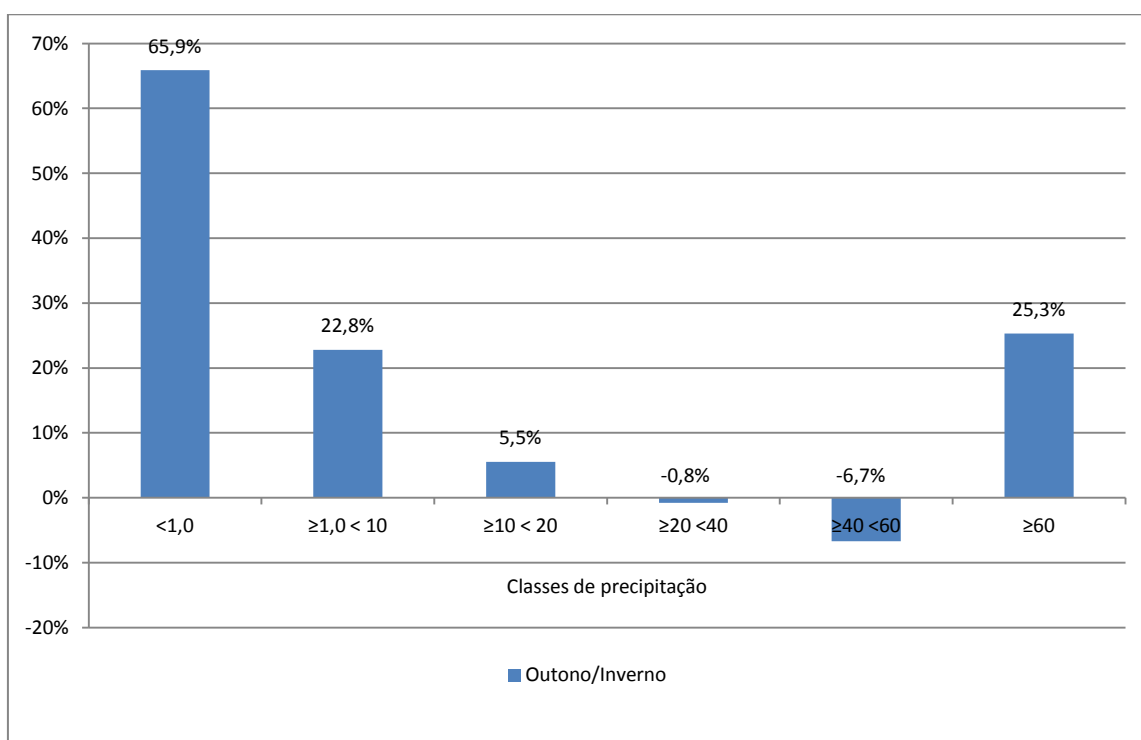


Figura 117 - Interceptação da precipitação por classes para o outono/inverno no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

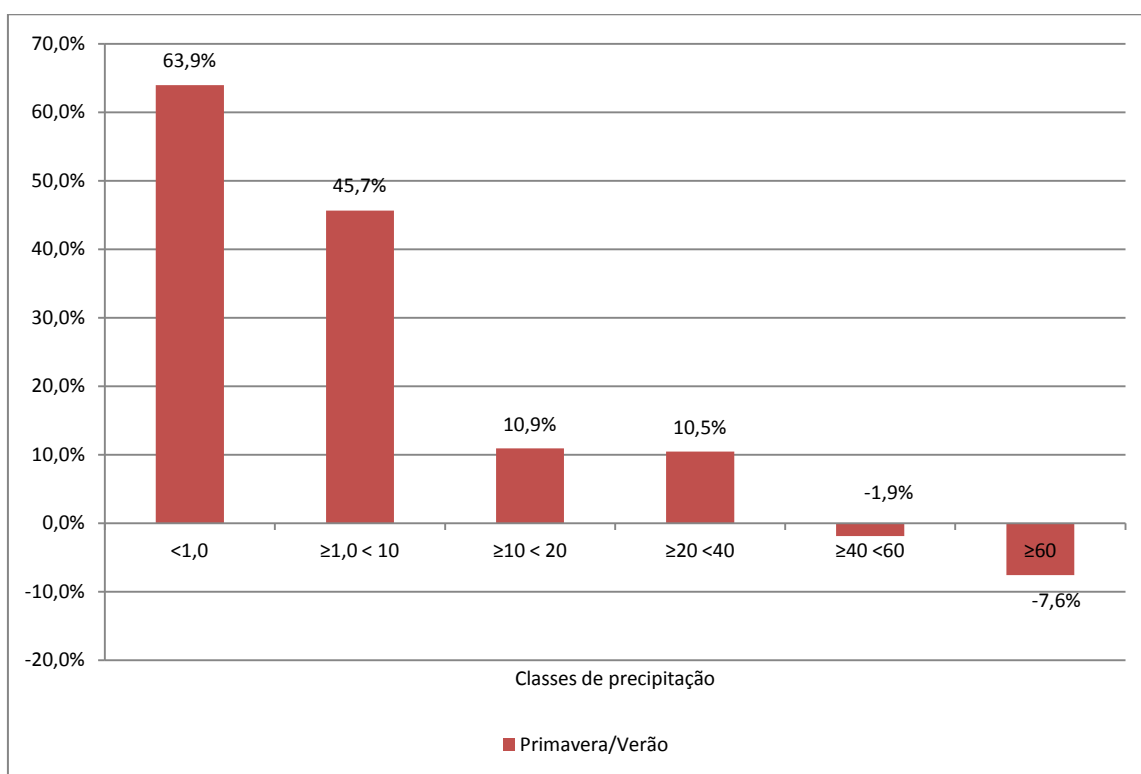


Figura 118 - Interceptação da precipitação por classes para a primavera/verão no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

### 9.10 VELOCIDADE DO VENTO

Ao analisar os dados mensais da velocidade média do vento, destaca-se que os maiores registros foram observados nos meses de primavera e verão, enquanto no outono e inverno houve uma diminuição da velocidade média registrada (Figura 119). Em termos de rajada máxima, em 2011, o mês de agosto destacou-se com o registro da maior rajada, com  $14,1 \text{ m.s}^{-1}$ . Enquanto em 2012, a maior rajada ocorreu em outubro, com  $16,0 \text{ m.s}^{-1}$ .

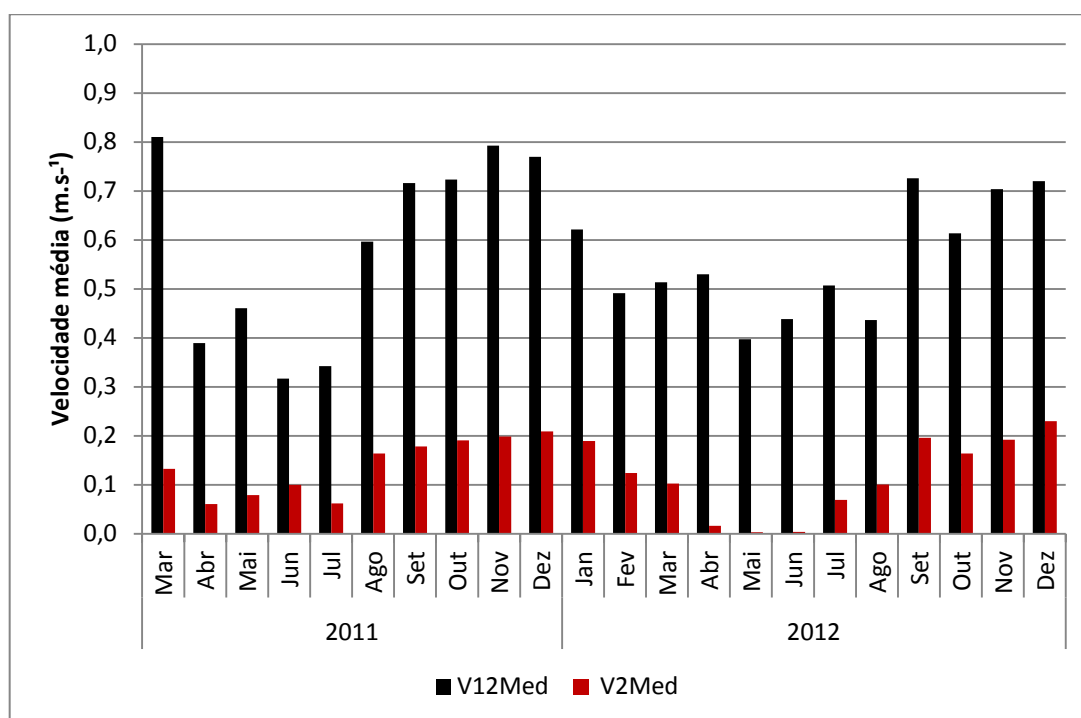


Figura 119 - Velocidade média mensal para os sensores acima e abaixo do dossel no período de março/2011 a dezembro de 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Acima do dossel, a rajada máxima do vento ( $V^{12}Max$ ) registrada foi de  $16,1 \text{ m.s}^{-1}$  e ocorreu em 23/10/12, enquanto abaixo do dossel ( $V^2Max$ ), nesse mesmo dia registrou-se  $5,9 \text{ m.s}^{-1}$  o que significa uma redução de 63,2 %. No entanto, esse não foi o dia de maior registro dentro do bosque, isso ocorreu em 22/02/2012, com  $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ , tendo sido registrado  $9,7 \text{ m.s}^{-1}$  acima do dossel. A figura 120 apresenta as rajadas máximas e a velocidade média registrada no manguezal para o período de 05/03/11 a 31/12/2012. Ao considerar a média das rajadas máximas, o sensor acima do dossel registrou um valor de  $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ , enquanto abaixo do dossel, a média foi de  $2,7 \text{ m.s}^{-1}$ , resultando em uma redução de 57,3 %. Em 2008, Lima e Galvani (2013) encontraram para este mesmo local uma redução em torno de 63 %.

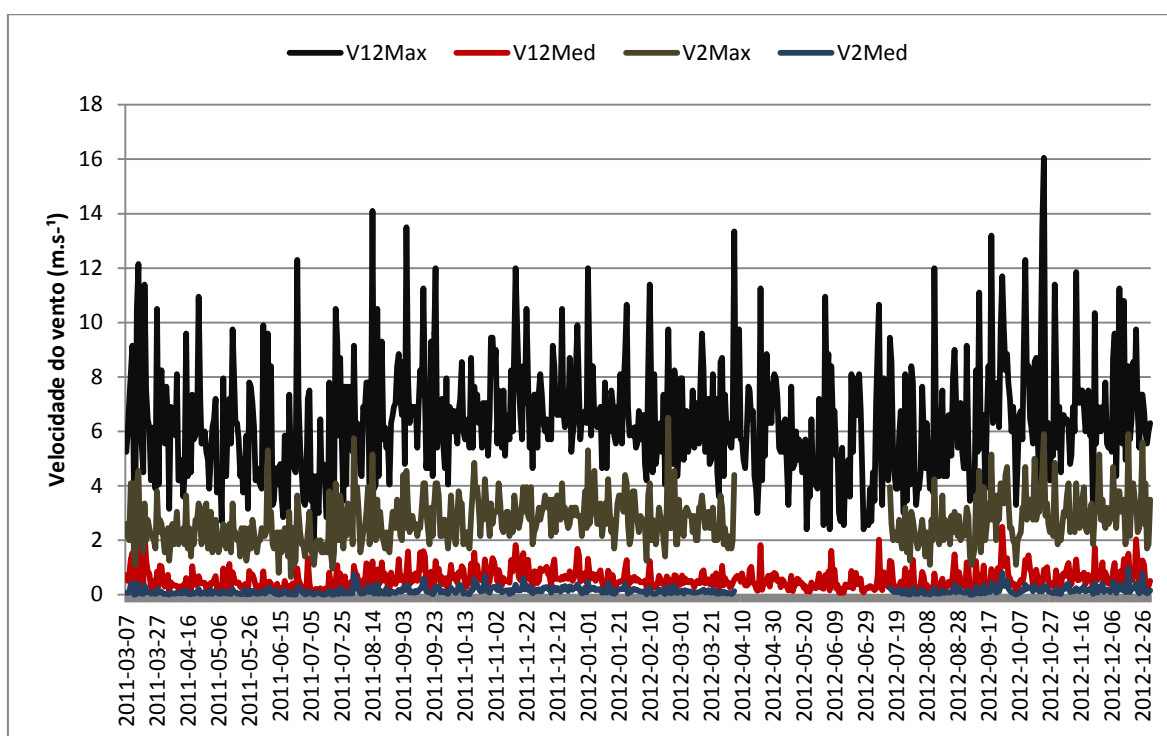


Figura 120 - Rajada máxima e velocidade média diária do vento registrado acima ( $V^{12}$ ) e abaixo ( $V^2$ ) do dossel de manguezal - Barra do Ribeira – Iguape SP, no período de 07/03/2011 a 31/12/2013.

A velocidade média acima do dossel ( $V^{12}$ ) foi de  $0,6 \text{ m.s}^{-1}$ , enquanto em abaixo do dossel ( $V^2$ ) esse valor foi de  $0,14 \text{ m.s}^{-1}$ , correspondendo a uma redução de 75,6 %.

A figura 121 apresenta a redução da velocidade média do vento abaixo do dossel em relação ao valor obtido acima da copa das árvores. Destacam-se valores bem altos de redução, em que 41 % dos dias (232 dias) apresentaram redução maior que 80%. Ao considerar uma redução de 70 %, o número de dias é ainda maior, com 414 dias, o que equivale a 73,1 % dos dias analisados.

Considerando as rajadas máximas (Figura 122), constatou-se um decréscimo na redução, abaixo do dossel apenas dois dias ultrapassaram 80 % de redução e 49 dias (8,7 %) apresentaram atenuação maior que 70 %.



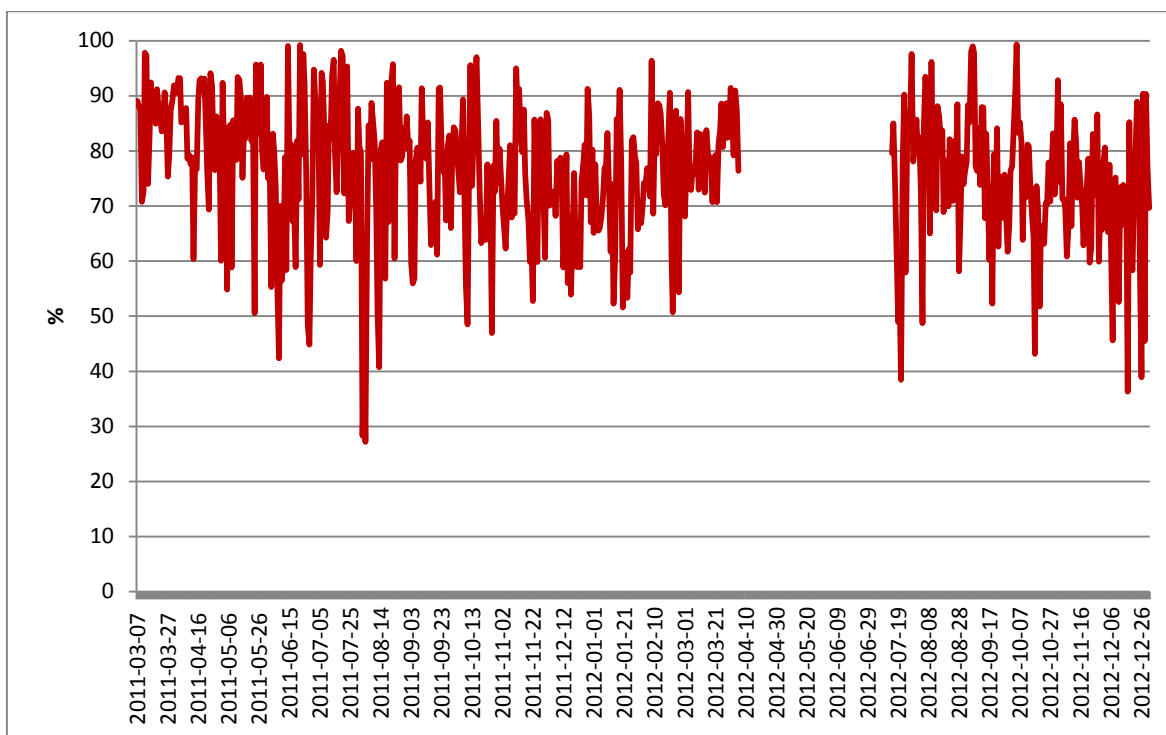


Figura 121 - Redução da velocidade média do vento a 12 m em relação a 2 m, de 06/02/2011 a 31/12/2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

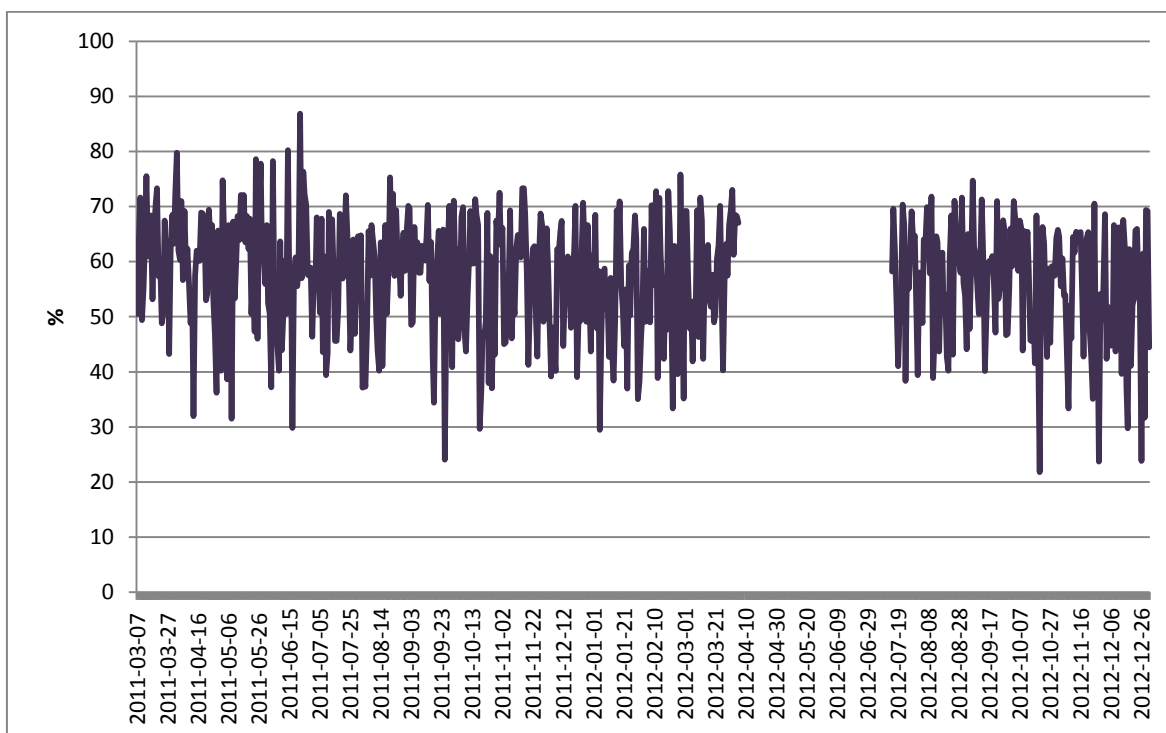


Figura 122 - Redução das rajadas máximas do vento a 12 m em relação a 2 m, em 2011 e 2012, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A Tabela 33 apresenta os dados estatísticos descritivos para esse conjunto de dados.

Tabela 33 - Estatística descritiva para os dados de vento obtidos no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, em 2011 e 2012.

Variável	Média (m.s <sup>-1</sup> )	Coefficiente de Variação (%)	Desvio- Padrão	Máximo (m.s <sup>-1</sup> )
V <sup>12</sup> Max	6,5	31,2	2,0	16,1
v <sup>12</sup>	0,6	62,1	0,36	2,5
V <sup>2</sup> Max	2,7	32,2	0,87	6,5
v <sup>2</sup>	0,15	84,9	0,12	1,0

Para a velocidade do vento, o coeficiente de variação evidencia uma elevada variabilidade dos dados principalmente para as velocidades médias e abaixo do dossel (89,4 %).

Para identificar se os dados obtidos nos dois níveis apresentavam diferenças significativas, os mesmos foram submetidos a teste de normalidade. Com a aplicação do teste constatou-se que os dados, em análise diária, não apresentavam distribuição normal ( $p$  valor < 0,005), que implicou na aplicação do teste de hipótese Wilcoxon, em nível de 5 % de significância. Nesse caso, comparando os dados da velocidade do vento acima e abaixo do dossel, constatou-se que há diferença significativa nesse nível (IC = 0,3807 a 0,4244).

A Figura 123 apresenta a relação entre a velocidade do vento acima e abaixo do dossel. Observa-se um coeficiente de determinação de 0,564 que representa que 56,4 % dos dados acima do dossel apresentam associação com os dados abaixo do dossel.

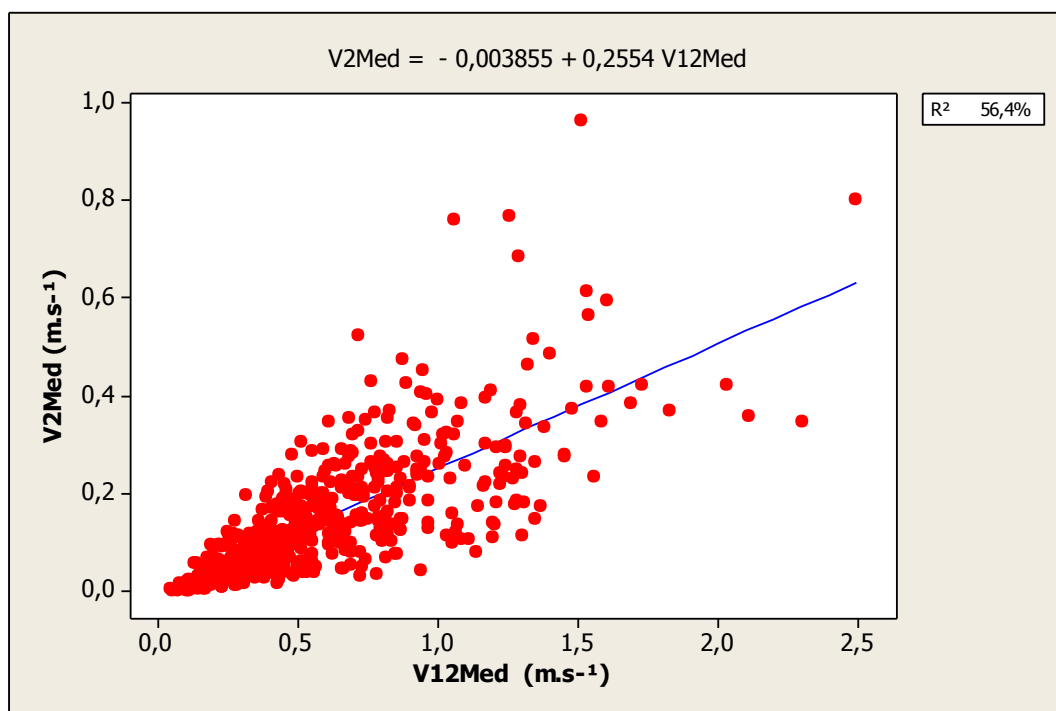


Figura 123 - Regressão Linear simples para a velocidade do vento médio acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A Figura 124 apresenta as maiores rajadas por estação do ano, destaca-se que a acima do dossel a maior rajada em 2011 ocorreu no inverno, com  $14,1 \text{ m.s}^{-1}$ . No entanto, em 2012 ocorreu na primavera. Enquanto abaixo do dossel, a maior rajada foi sempre registrada no verão, com  $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Em relação à velocidade média (Figura 125), a primavera destaca-se com as médias mais elevadas, com  $0,74 \text{ m.s}^{-1}$  acima do dossel e  $0,19 \text{ m.s}^{-1}$  abaixo do dossel.

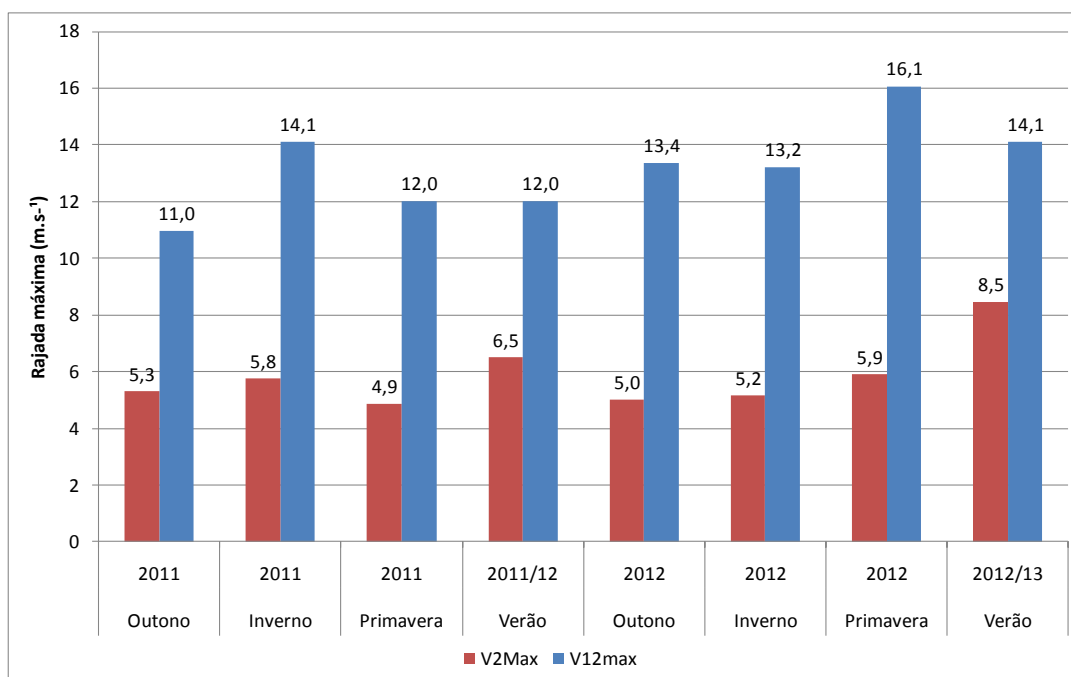


Figura 124 - Rajadas máximas por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

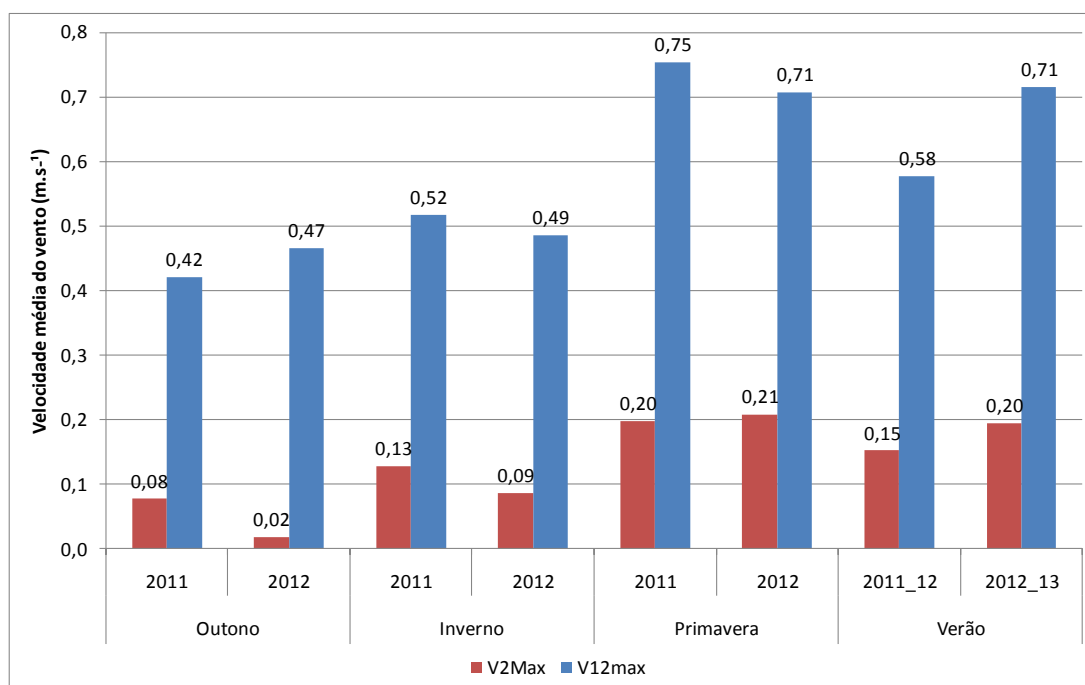


Figura 125 - Velocidade média por estação do ano no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

### 9.10.1 Redução do vento: Escala de Beaufort

A tabela 34 apresenta os dados de ventos separados de acordo com a escala de Beaufort, visando verificar a redução da velocidade máxima do vento pelos manguezais nessas classes de vento previamente estabelecidas.

Tabela 34 - Rajada máxima do vento classificada de acordo com a Escala de Beaufort – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

<b>Escala de Beaufort (m.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>V<sup>12</sup>Max (m.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>V<sup>2</sup>Max (m.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Redução (%)</b>
0 - 0,2	Ausência de dados		
0,3 a 1,5	Ausência de dados		
1,6 a 3,3	2,9	1,6	45,3
3,4 a 5,4	4,6	2,1	53,7
5,5 a 7,9	6,5	2,8	57,6
8,0 a 10,7	8,9	3,4	61,3
10,8 a 13,8	12,0	4,2	64,9
13,9 a 17,1	15,1	5,5	63,4

Conforme há um aumento na velocidade do vento de acordo com as classes de Beaufort há uma intensificação na redução da velocidade do vento. De acordo com os dados, conclui-se que existe um limite no qual a velocidade máxima começou a ser menos atenuada, ou seja, seria o limite no qual o vento tem a máxima atuação e depois diminui. Ao considerar apenas a velocidade média do vento no manguezal, foi possível analisar as três primeiras classes de Beaufort, conforme tabela 35. Destaca-se que conforme a velocidade do vento é reduzida, a atenuação pela vegetação é mais pronunciada (Figuras 126 e 127).

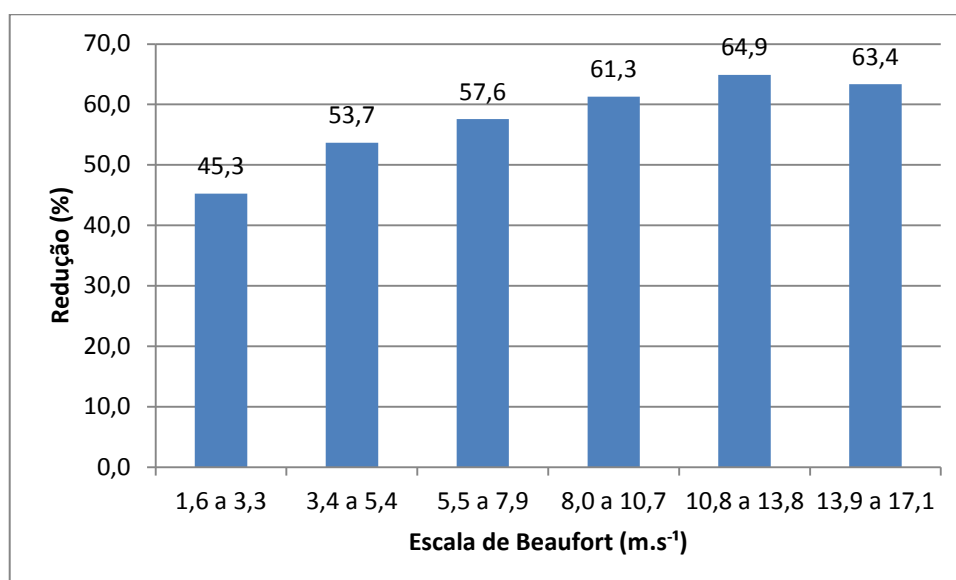


Figura 126 - Redução da rajada máxima do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 35 - Velocidade média do vento no manguezal, conforme as três primeiras classes de Beaufort.

Escala de Beaufort (m.s <sup>-1</sup> )	V <sup>12</sup> med (m.s <sup>-1</sup> )	V <sup>2</sup> med (m.s <sup>-1</sup> )	Redução (%)
0 – a 0,2	0,14	0,02	84,3
0,3 a 1,5	0,65	0,16	75,1
1,6 a 3,3	1,93	0,46	76,1

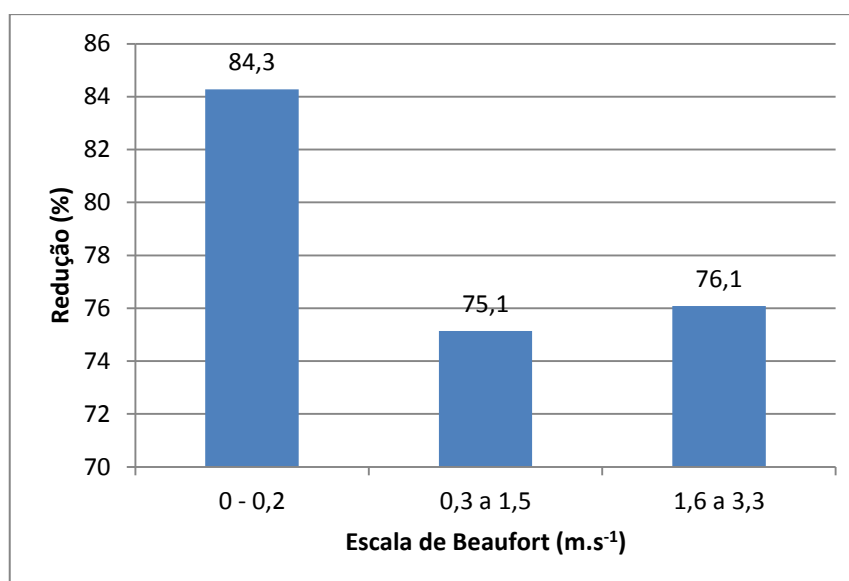


Figura 127 - Redução da velocidade da rajada máxima do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

### 9.11 Direção do vento

Quanto às direções predominantes do vento acima do dossel ( $D^{12}$ ), destacaram-se a direção noroeste (NW), sudeste (SE) e leste (E), com 17,3 %, 16,7 % e 15,4 % das observações, respectivamente. A situação de calmaria prevaleceu durante o período de análise, com 21,0 % das observações, conforme Tabela 36. Abaixo do dossel, predominaram as direções leste (11,1 %), noroeste (10,1 %) e sudeste (9,8 %). Neste nível de medições, a calmaria apresentou maior destaque com 50,6 % dos registros (Figura 128 e Tabela 36). Em 2008, Lima e Galvani (2013) observaram uma direção predominante para sudeste e leste nos dois níveis.

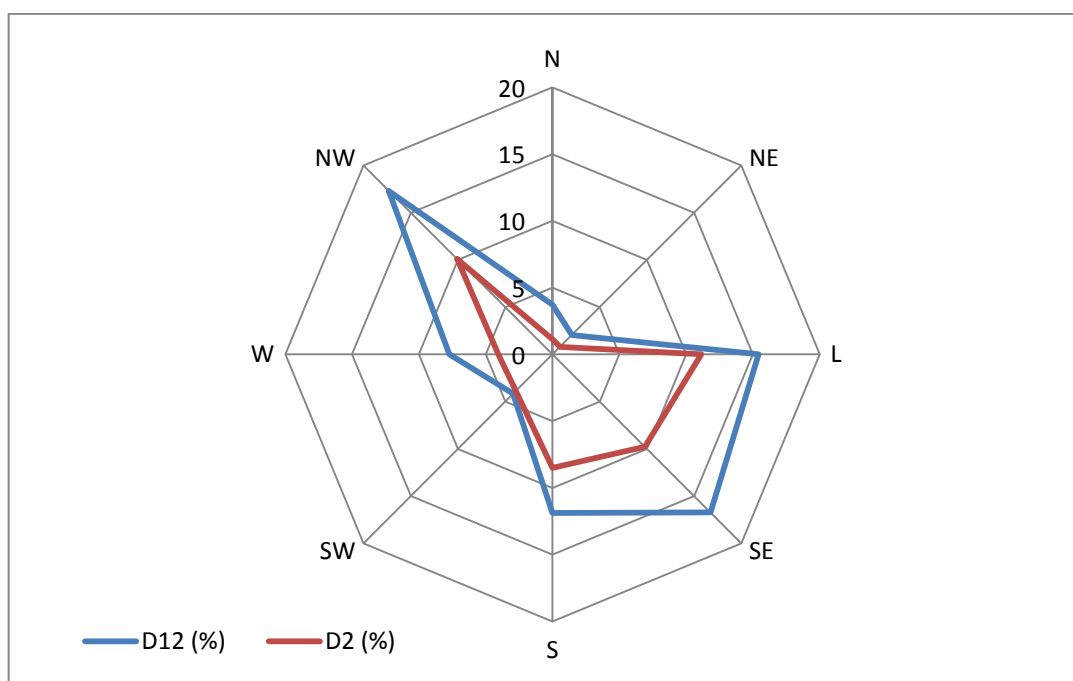


Figura 128 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrada acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ), em 2011 e 2012.

Tabela 36 - Direção predominante do vento no manguezal acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Direção	$D^{12}$ (%)	$D^2$ (%)
Norte (N)	3,7	1,1
Nordeste (NE)	2,1	0,8
Leste (E)	15,4	11,1
Sudeste (SE)	16,7	9,8
Sul (S)	11,9	8,5
Sudoeste (SW)	4,2	3,9
Oeste (W)	7,7	4,1
Noroeste (NW)	17,3	10,1
Calmaria (C)	21,0	50,6

A Figura 129 e

Tabela 37 apresentam a direção predominante do vento no manguezal em escala sazonal. Ao considerar a análise sazonal dos dados, destaca-se que abaixo do dossel a calmaria apresentou os maiores registros em todas as estações, com destaque para o outono em que 67,2 % dos registros foram de calmaria. O inverno também se destacou com 53,6 % dos registros nessa situação. Enquanto acima do dossel, apenas no inverno o registro da calmaria foi superior às demais direções, com 26 % dos registros.

Tabela 37 - Direção do vento por estação do ano acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Direção	$D^{12}$ (%)				$D^2$ (%)			
	O	I	P	V	O	I	P	V
N	4,4	3,4	3,2	3,7	0,8	1,1	1,5	1,6
NE	1,6	1,4	2,8	4,0	0,3	0,6	1,4	1,2
L	8,8	10,4	25,4	20,1	3,5	8,4	19,7	16,2
SE	14,3	12,6	21,4	18,6	5,2	6,4	15,6	11,1
S	12,4	14,4	10,0	9,3	5,2	9,7	10,5	9,4
SW	4,0	6,3	3,2	3,8	4,1	5,5	2,6	2,3
W	9,2	8,5	5,6	9,7	2,8	4,4	3,9	5,9
NW	24,6	16,9	10,9	14,2	10,8	10,4	8,3	13,5
<b>C</b>	20,8	26,0	17,4	16,6	67,2	53,6	36,6	38,7

Onde: O = outono; I = inverno, P = primavera e v = Verão.

Quanto à direção predominante no outono e no inverno, acima do dossel, destacaram-se os ventos oriundos de noroeste (NW), com 24,6 % e 16,9 %, e



respectivamente. Por outro lado, a direção leste se destacou tanto na primavera (25,4 %) quanto no verão (20,1 %), respectivamente.

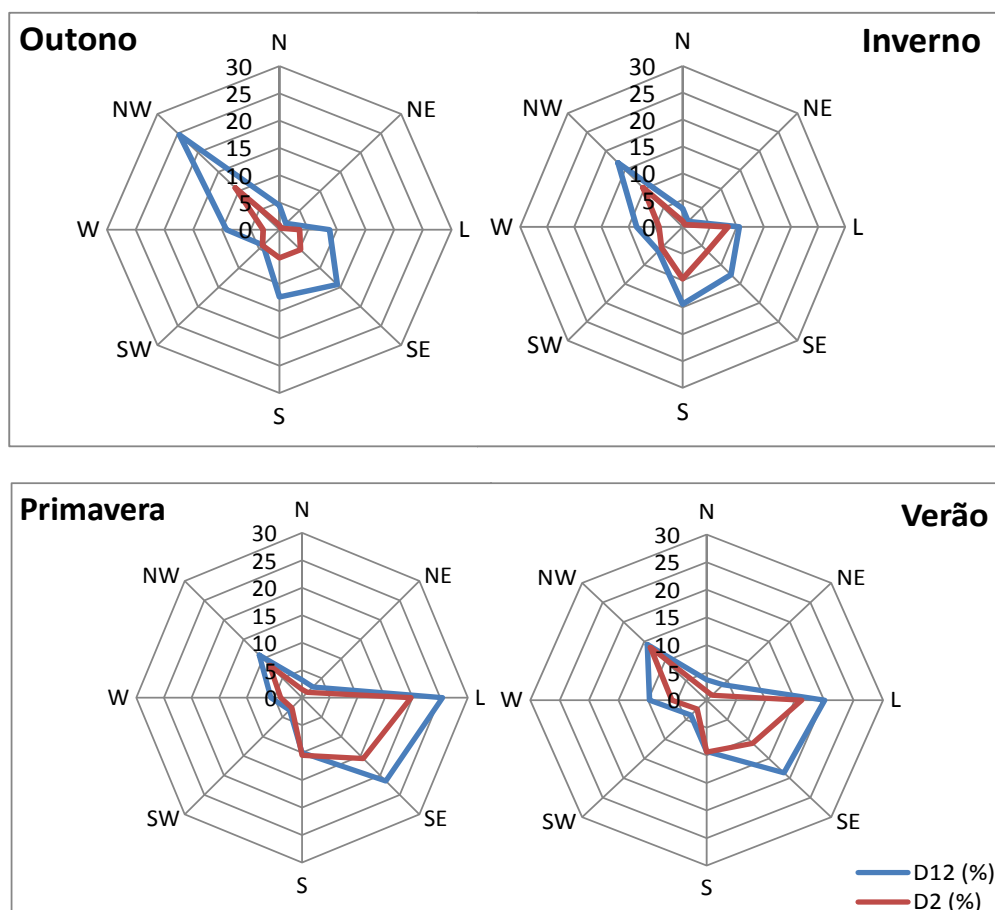


Figura 129 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano, em 2011 e 2012.

Dentro do manguezal, abaixo do dossel, a direção predominante no outono e no inverno também foi de noroeste, com 10,8 % e 10,4 %, respectivamente. Enquanto na primavera e no verão destacaram-se a direção leste, com 19,7 % e 16,2 %, respectivamente, conforme figura 130.

Os fluxos predominantes de leste/sudeste para noroeste evidenciam a influência da atuação da brisa marítima e terrestre na área de estudo. Portanto, as direções dos quadrantes norte - sul e sul - norte são reduzidos, assim como constatado por Lima (2009).

Para analisar a influência da brisa marítima e terrestre na direção do vento, obteve-se a direção predominante do vento para o período diurno (10h às

21h50min) e noturno (22h às 09h50min), apresentados na Tabela 38 e Figura 130.

Tabela 38 - Direção do vento para o período diurno (10h às 21h50min) e noturno (22h às 09h50min) no manguezal da – Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrado acima ( $D^{12}$ ) e abaixo do dossel ( $D^2$ ), em 2011 e 2012.

Direção	$D^{12}$ (%)		$D^2$ (%)	
	Diurno		Noturno	
Calmaria	12,7	37,7	29,2	63,6
N	2,5	1,0	5,0	1,2
NE	1,9	0,9	2,2	0,7
L	22,5	16,8	8,4	5,5
SE	27,3	16,7	6,1	2,9
S	16,3	12,3	7,5	4,7
SW	4,0	5,2	4,3	2,5
W	4,8	3,3	10,7	4,8
NW	8,0	6,0	26,6	14,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Constatou-se uma variação da direção do vento em função da atuação da brisa terrestre (período noturno) e marítima (período diurno), conforme Figura 130.

Destaca-se que durante o período diurno, tanto acima quanto abaixo do dossel, há predominância de vento de sudeste, com 27,3 % e 16,7 %, respectivamente. No entanto, no período noturno há mudança na direção predominante do vento, que agora passa a ser de noroeste, com  $D^2$  registrando 26,6 % das observações e  $D^{12}$ , com 14,1 %. No entanto, vale ressaltar que a situação de calmaria apresentou destaque principalmente dentro do bosque, sendo responsável por 29,2 % dos registros. Enquanto à noite esse valor foi de 63,6 %. Isso ocorre devido ao efeito da brisa terrestre, visto que durante a noite pelo resfriamento radiativo não há aquecimento do ar e, portanto, uma brisa menos intensa.

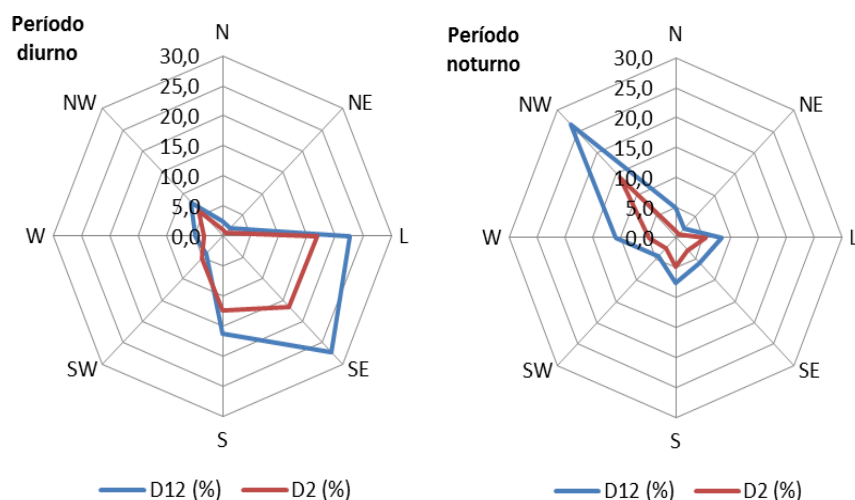


Figura 130 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, para 2011, considerando o período noturno e diurno, registrado a 12 m e a 2 m da superfície.

Visando analisar a direção predominante do vento no caso das rajadas mais intensas, analisou-se a direção predominante de acordo com as classes de Beaufort ( $1,6$  a  $3,3 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $3,4$  a  $5,4 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $5,5$  a  $7,9 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $8,0$  a  $10,7 \text{ m.s}^{-1}$  e  $10,8$  a  $13,8 \text{ m.s}^{-1}$ ).

Na figura 131 observa-se que as rajadas menos intensas, classificadas entre  $1,6$  a  $3,3 \text{ m.s}^{-1}$ , apresentam destaque para a direção noroeste. Ao aumentar a intensidade das rajadas destaca-se que há uma inversão das direções predominantes até atingir as rajadas máximas nas classes de  $10,8$  a  $13,8 \text{ m.s}^{-1}$ , onde a direção predominante é a de sul.

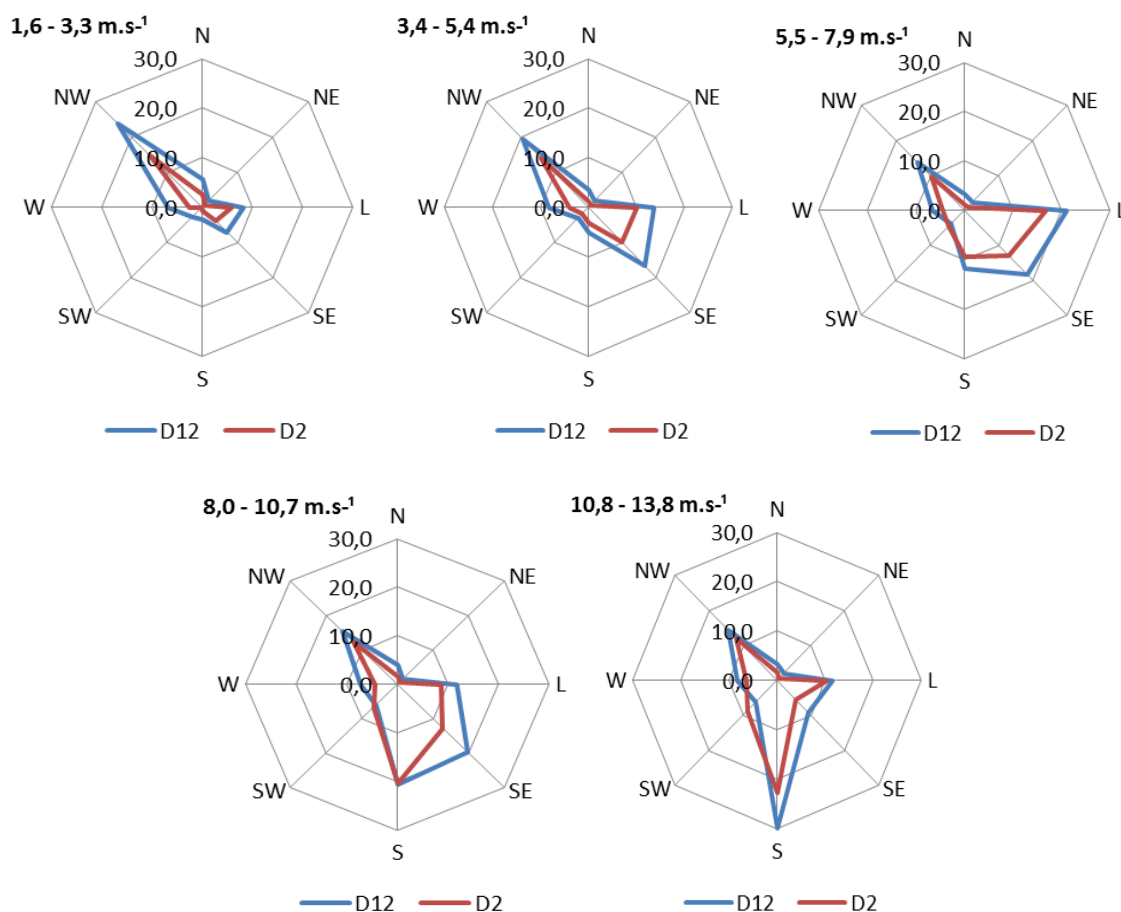


Figura 131 - Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, considerando as classes de Beaufort.

A figura 132 apresenta uma síntese dos resultados apresentados ao longo do texto no período de 06/02/2011 a 31/12/2012.

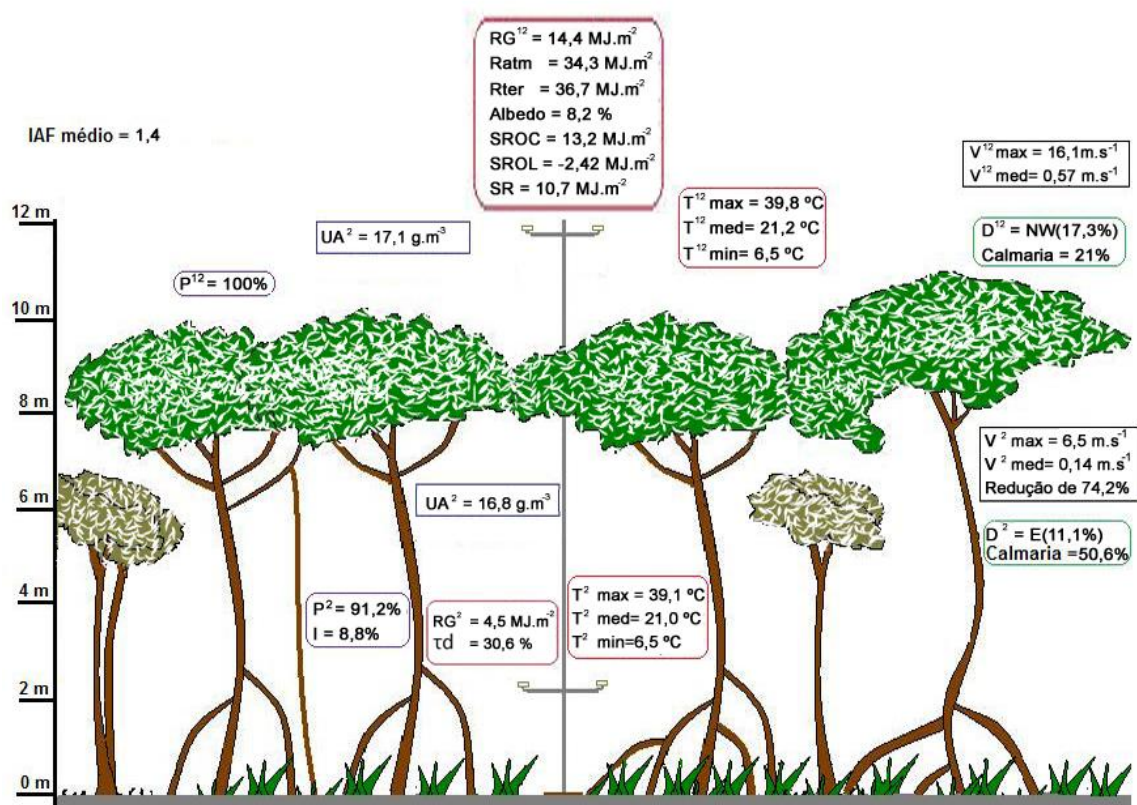


Figura 132 - Síntese dos dados acima e abaixo do dossel de manguezal no período de 06/02/2011 a 31/12/2012 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

## 9.12 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS - DO ZONAL AO MICROCLIMÁTICO

A seguir são apresentadas as análises e os resultados para os períodos selecionados.

### 1º Período: 13/02/11 a 17/02/11

Durante o período de 13/02/11 a 17/02/11, uma área de instabilidade causou chuva intensa no litoral sul de São Paulo. Em Iguape/SP foram registrados 32 mm em 2h (INMET, 2011). Entre os dias 14/02/11 e 15/02/2011, principalmente, a forte convergência de umidade para o litoral sul de São Paulo resultou em chuva ao longo do dia. Esta instabilidade foi alimentada pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e por uma frente fria no oceano. A ZCAS atuou até o dia

16/02/11, gerando muita nebulosidade e chuva forte localizada (INMET, 2011). Na estação oficial do município de Iguape, nos dias 14 e 15/02 foram registrados 152 mm, enquanto no manguezal registrou-se 176,2 mm. A Figura 133 apresenta a imagem de satélite com representação da ZCAS para o dia 15/02/2011, com destaque para sua localização sobre o litoral sul de São Paulo.

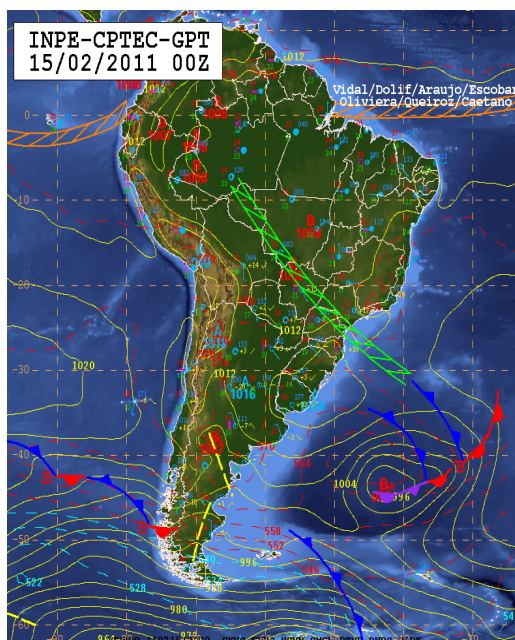


Figura 133 - Imagem de satélite com representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (tracejado verde, orientado NW – SE) para o dia 15/02/2012. Fonte: CPTEC (2012).

A Figura 134 apresenta uma imagem de satélite realçada, que evidencia a temperatura do topo da nuvem. Observa-se uma grande mancha azul e uma mancha rosa sobre o litoral paulista, que corresponde a uma nuvem com forte potencial para chuva com acumulado significativo.

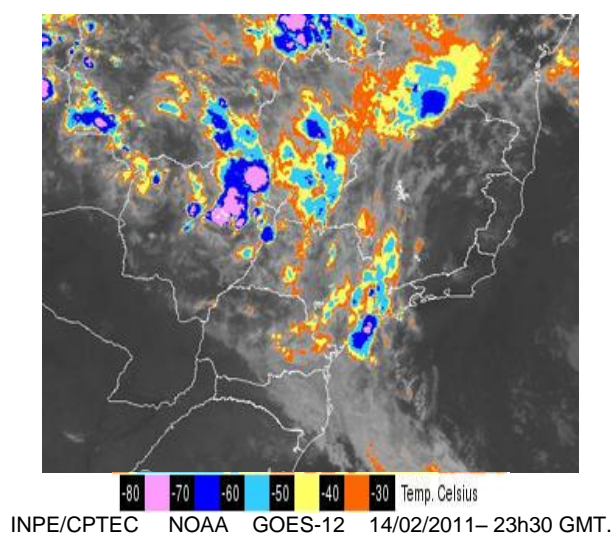


Figura 134 - Imagem de satélite realçada para o dia 14/02/2011. Fonte: CPTEC (2012).

A figura 135 apresenta a evolução dos atributos climáticos durante o período analisado. Observa-se que na condição pré-frontal, as temperaturas do solo e do ar apresentavam variação semelhante, com exceção do momento de entrada da maré, principalmente à noite, quando a temperatura do solo apresenta uma ligeira elevação em relação à temperatura do ar. Durante a atuação desse sistema atmosférico, a temperatura do solo apresenta nítida influência da entrada da maré no ambiente, como pode ser visualizado na figura 136, em destaque pela seta preta.

Com a entrada da maré, a temperatura do solo se elevou e, muitas vezes, apresentou variação inversa à temperatura do ar. Durante o período noturno, quando a temperatura do ar está em processo de resfriamento, a temperatura do solo apresentou elevação, evidenciando a entrada da maré. Isso ocorre porque a água possui maior propriedade de conservar o calor recebido durante o período de aquecimento diurno, que passa a influenciar a temperatura do solo no manguezal.

Durante o dia 13/02/11, dia de intensa radiação solar global, com  $23,6 \text{ MJ.m}^{-2}$ , a temperatura do ar foi superior à temperatura do solo, com diferenças de até  $4,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto nos demais dias, com a atuação da ZCAS e com a nebulosidade associada houve diminuição da radiação solar global incidente no manguezal, contribuindo para que a temperatura do ar não fosse elevada de forma a



ultrapassar a temperatura do solo, com essa sendo superior à temperatura do ar em até 5,5 °C.

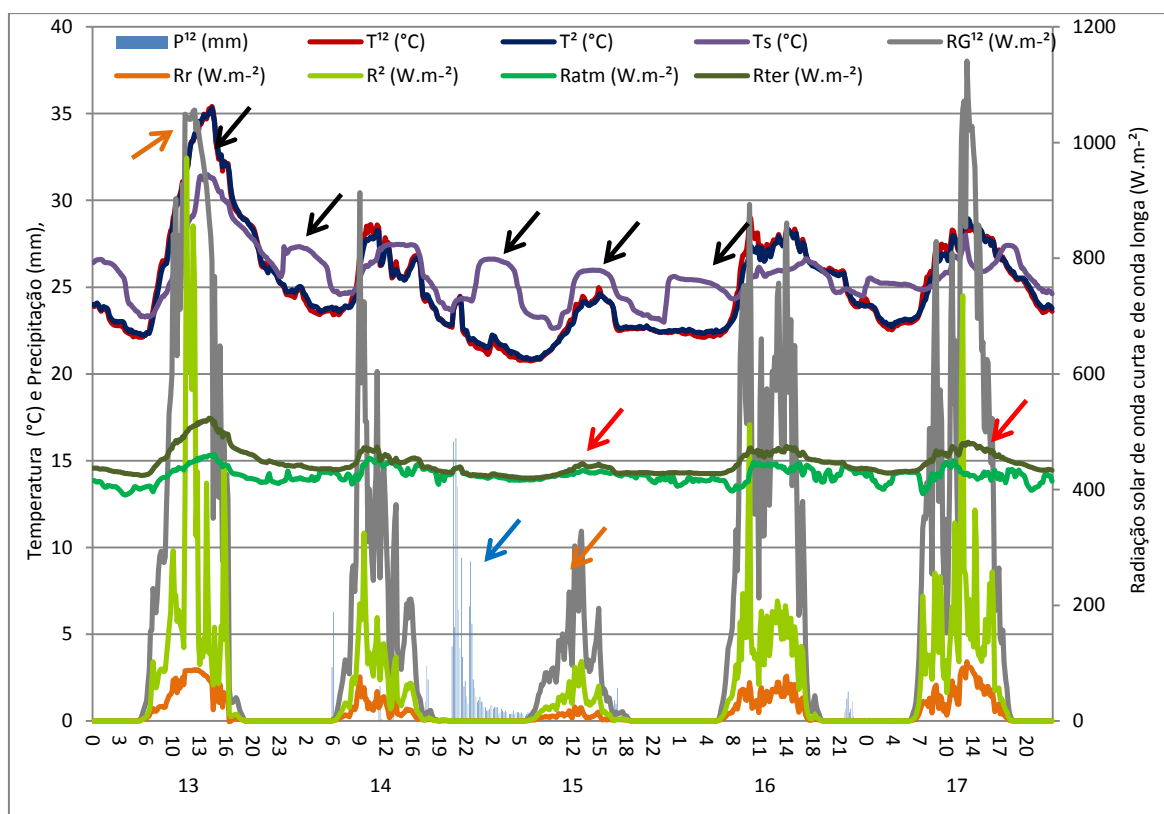


Figura 135 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, chuva e radiação solar) para o período de 13 a 17/02/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quanto a radiação solar de onda curta, durante o período, o menor valor registrado acima do dossel ( $RG^{12}$ ) ocorreu no dia 15/02/11, com 4,2  $MJ.m^{-2}$  (Tabela 39). Neste mesmo dia, o sensor abaixo do dossel ( $RG^2$ ) registrou 1,2  $MJ.m^{-2}$  (dias destacados pela seta laranja na figura 135).



Tabela 39 - Valores de radiação solar global e refletida, transmissividade atmosférica ( $t_{atm}$ ), cobertura do céu e radiação terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Data	$RG^{12}$ (MJ.m <sup>-2</sup> )	$R_r$ (MJ.m <sup>-2</sup> )	$RG^2$ (MJ.m <sup>-2</sup> )	$T_{atm}$	Cobertura do céu	$R_{atm}$ (MJ.m <sup>-2</sup> )	$R_{ter}$ (MJ.m <sup>-2</sup> )
13/02/11	23,60	2,01	8,05	58,5	Parcialmente nublado	36,5	39,9
14/02/11	9,76	0,86	2,94	24,2	Nublado	37,2	38,3
15/02/11	4,18	0,33	1,26	10,4	Nublado	36,6	37,1
16/02/11	17,18	1,46	4,95	43,0	Parcialmente nublado	36,7	38,6
17/02/11	21,44	1,85	6,22	53,8	Parcialmente nublado	36,5	38,7

Com exceção da radiação de onda longa atmosférica, o maior registro das componentes da radiação solar ocorreu no dia 13/02/11, antes da formação da ZCAS. Enquanto para a radiação de onda longa atmosférica, o registro mais elevado ocorreu no dia 14/02/11, classificado como nublado, visto que devido à maior presença de nebulosidade, houve maior absorção de radiação solar pelo vapor d'água, resultando em uma maior emissão (Figura 136). As diferenças entre  $R_{ter}$  e  $R_{atm}$  diminuíram também no período nublado quando a superfície terrestre diminui sua emissão, por receber menor quantidade de radiação solar, que passa a ser mais absorvida pela presença de nebulosidade (Figura 137). Em síntese é mais perceptível as variações resultantes da atuação de ZCAS nas componentes de onda curta e menos nas componentes de onda longa da radiação.

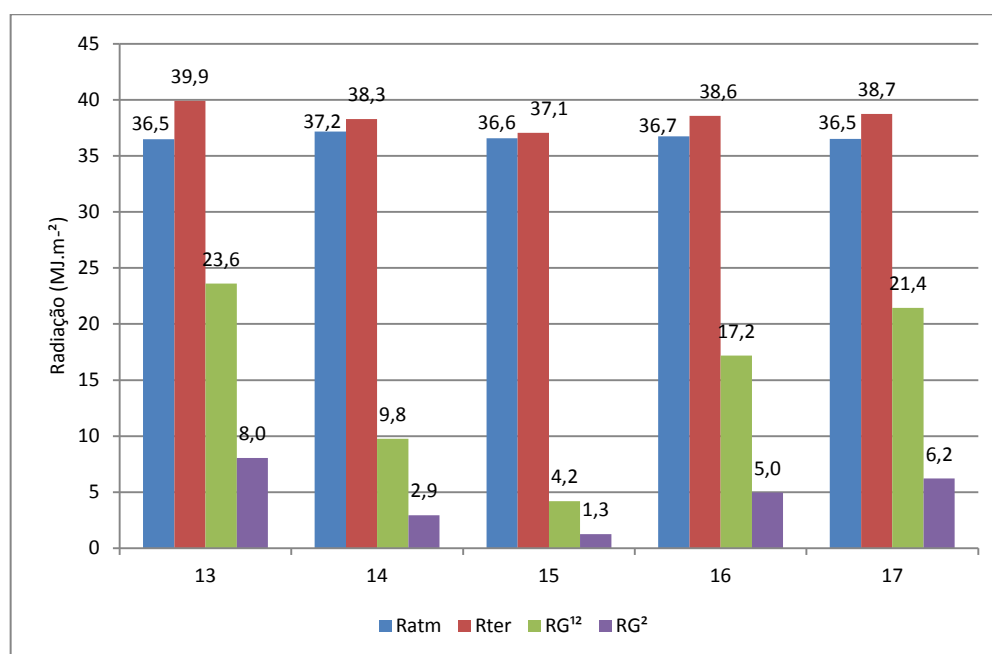


Figura 136 - Radiações terrestre e atmosférica diárias no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, sob atuação de uma ZCAS.

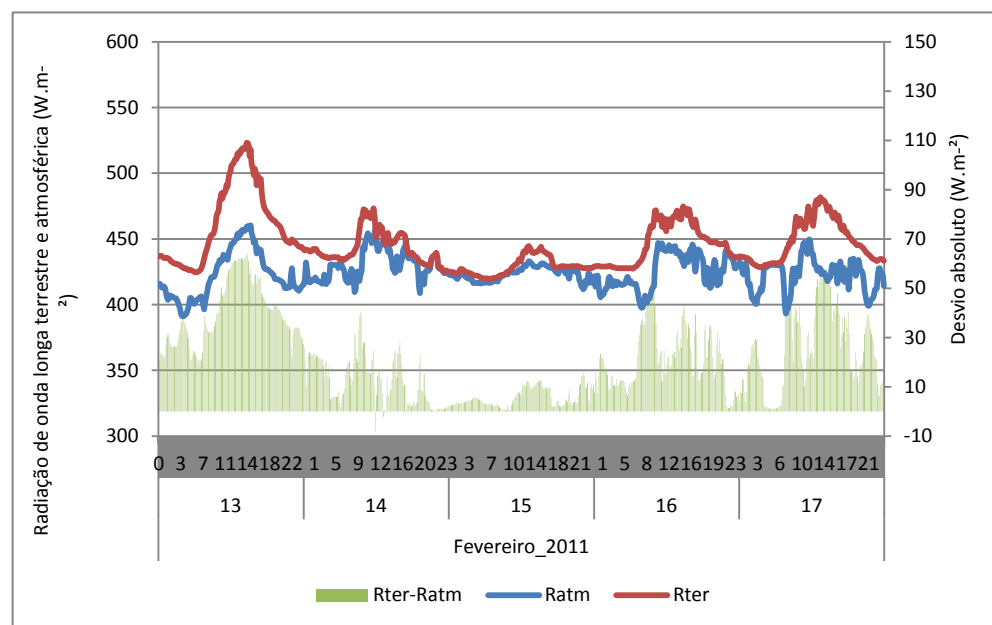


Figura 137 - Variação da radiação terrestre e atmosférica no período de 13 a 17/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quanto à umidade absoluta do ar (Figura 138), observa-se que em alguns momentos, principalmente nos dias classificados como parcialmente nublados, a umidade abaixo do dossel foi superior ao valor registrado acima do dossel.

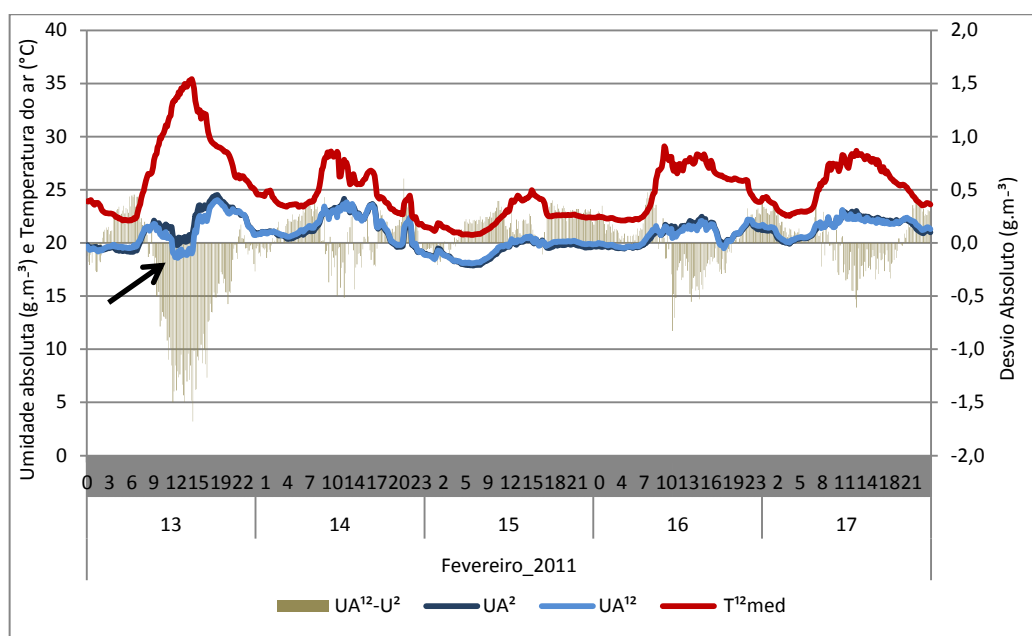


Figura 138 - Variação da temperatura do ar acima do dossel, umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e desvio absoluto no período de 13 a 17/02/2011, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

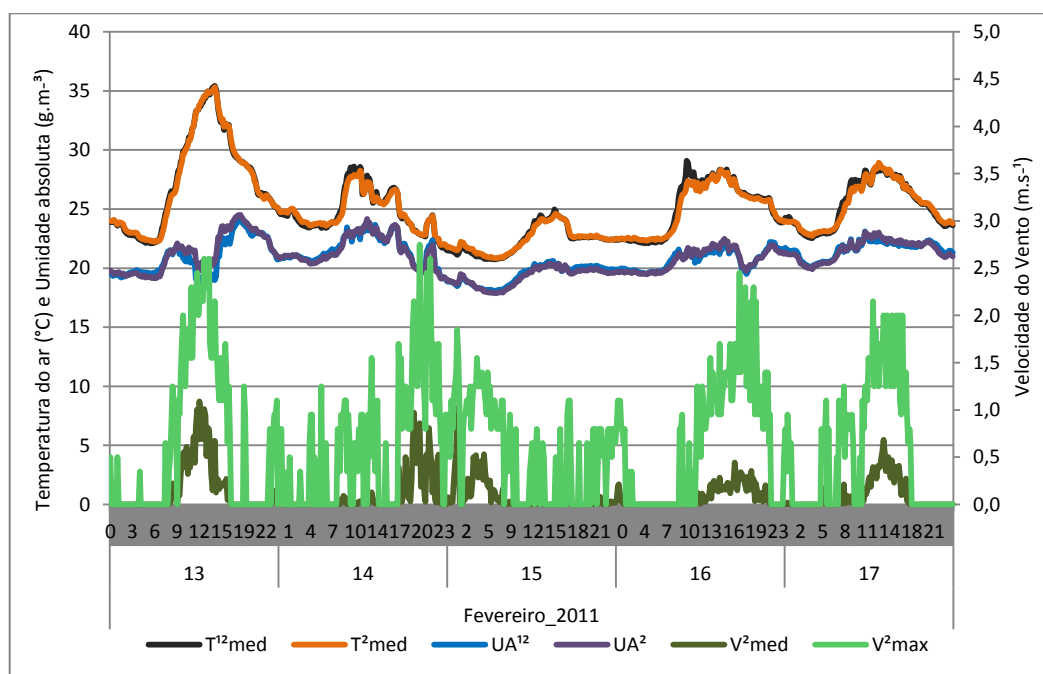


Figura 139 - Variação da temperatura do ar, da umidade absoluta e da velocidade do vento acima e abaixo do dossel no período de 13/02 a 17/02/2011, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Observa-se que a umidade absoluta geralmente segue a variação da temperatura do ar ao longo do período (Figura 139). No entanto, como pode ser observado no

dia 13/02/11, no período entre as 10h e às 15h30min, a umidade absoluta do ar apresentou variação inversa à temperatura do ar. Isso pode ser explicado por advecção lateral de uma massa de ar mais seca predominante no ambiente. Observa-se que a velocidade do vento apresentou um pico nesse horário e a direção do vento que até então registrava calmaria passou a registrar a direção norte. Após esse período a direção passou a ser de sudeste e a umidade do ar voltou a aumentar. Destaca-se que nessa área os ventos oriundos da direção norte tendem a favorecer advecção de ar quente e com umidade menor enquanto ventos oriundos do oceano, portanto do quadrante sudeste e sul tendem a ser mais úmidos e com temperatura mais reduzidas.

Com o intuito de verificar se nessa escala diária há diferença significativa entre os dados com um sistema de ZCAS atuando, aplicou-se teste de hipótese de Wilcoxon para os dados de temperatura do ar, de umidade absoluta do ar e temperatura do solo (Tabela 40). Destaca-se que nessa escala de abordagem, no período analisado, a temperatura do ar abaixo do dossel foi superior a temperatura acima do dossel. Nesse sistema atmosférico observa-se que a inversão da tendência em que o mangue fica mais quente que o ambiente externo.

Tabela 40 - Teste de hipótese aplicado para a temperatura do ar e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a temperatura do solo em relação à temperatura do ar, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Teste de hipótese Wilcoxon Intervalo de Confiança (95 %)	Conclusão
$T^{12}-T^2$	-0,0250 a -0,0450*	$T^{12} < T^2$
$UA^{12}- UA^2$	0,0144 a 0,0580*	$UA^{12} > UA^2$
$T_s - T^2$	0,635 a 0,950 *	$T_s > T^2$

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.

Durante esse evento, a precipitação total acima do dossel foi de 183,6 mm enquanto dentro do manguezal registrou-se 205,7 mm, evidenciando uma interceptação negativa, principalmente nos dias 14 e 15/02/11 (Figura 140).

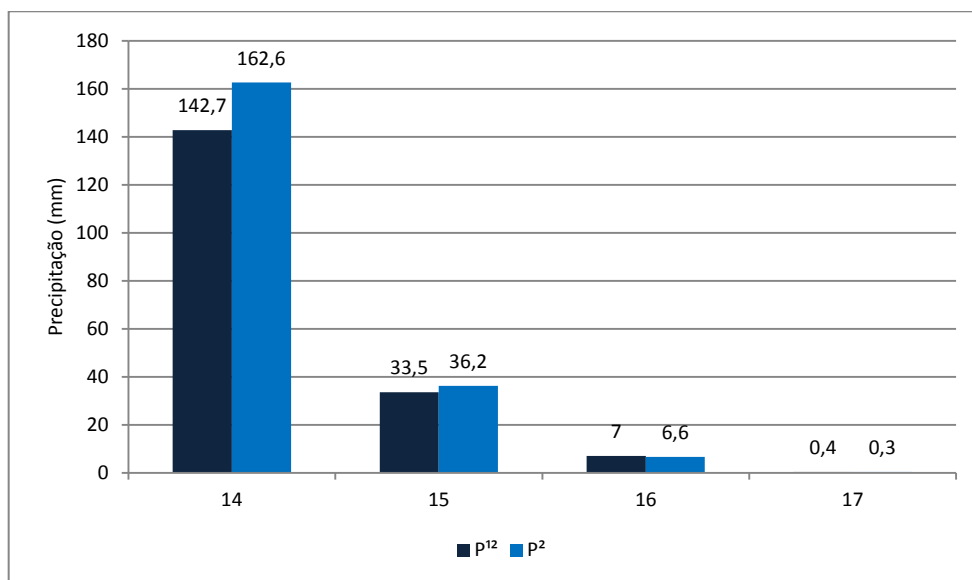


Figura 140 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 14 a 17/02/2011.

A figura 141 apresenta a distribuição horária da precipitação nos dias 14 e 15/02/2011. Observa-se que nos dias 14 e 15, com os maiores totais pluviométricos há maior registro no sensor a 2 metros, evidenciando que nas análises horárias, assim como nas análises sazonais e mensais, com eventos mais intensos a precipitação abaixo do dossel tende a ser maior que o registrado acima do dossel.

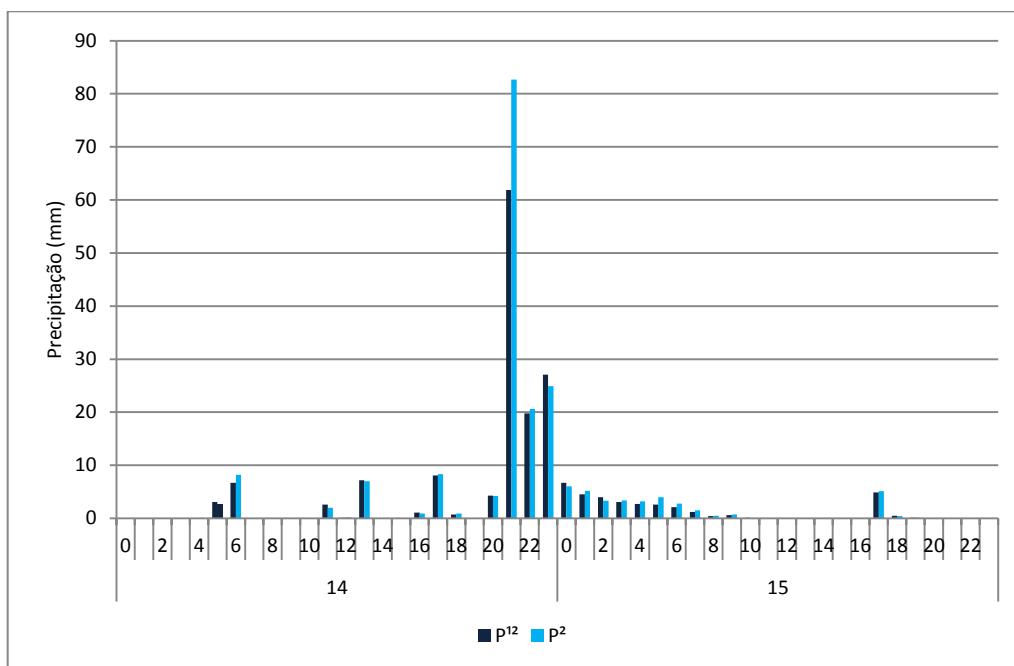


Figura 141 - Precipitação horária nos dias 14 e 15/02/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

## **2º Período: 25/06/11 a 05/07/11**

O período de 25/06 a 05/07/11 registrou os menores valores de temperatura do ar em 2011, com 6,5 °C de temperatura mínima do ar no manguezal no dia 29/06/11. Na estação oficial do município de Iguape/SP, nesse mesmo dia, a mínima registrada foi de 5,1 °C. Durante o dia 25/06/11, o deslocamento de linhas de instabilidades provocadas pela passagem de uma frente fria gerou 38,9 mm, no período das 08h de 26/06/11 às 05h de 27/06/11, no município de Iguape/SP (CPTEC, 2011). Tratava-se da atuação do oitavo sistema frontal do mês de junho de 2011. A massa de ar fria que atuou em sua retaguarda causou acentuado declínio das temperaturas do ar. Em continuidade, o primeiro sistema frontal de julho foi favorecido pelo cavado que se deslocava na média e alta Troposfera e pela maior intensidade do Jato Subtropical (CPTEC, 2011). A figura 142 apresenta a área de instabilidade, representada na figura pela linha tracejada amarela, e a frente fria, representada pela linha em azul.

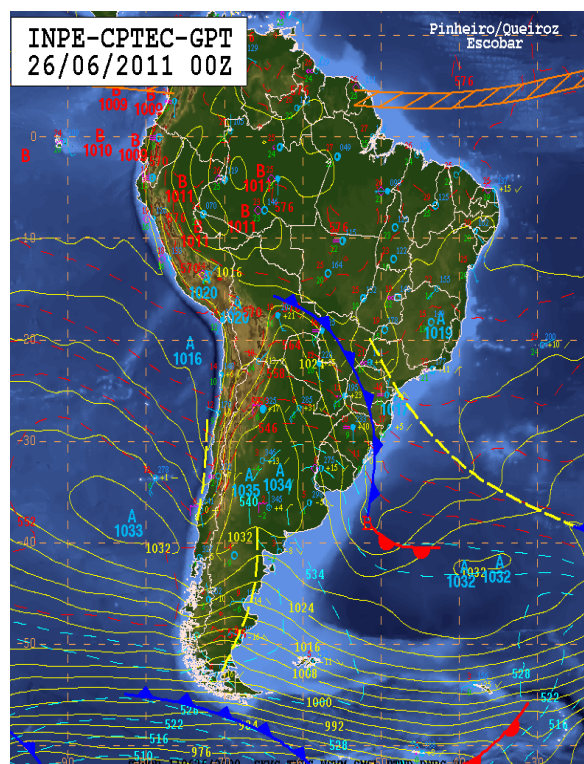


Figura 142 - Imagem de satélite com representação de frente fria e linha de instabilidade no dia 26/06/2011. Fonte: CPETC (2012).

A figura 143 apresenta a evolução dos atributos climáticos no manguezal no período de 25/06 a 05/07/11 durante a passagem de um sistema frontal e a chegada de uma intensa massa de ar polar.

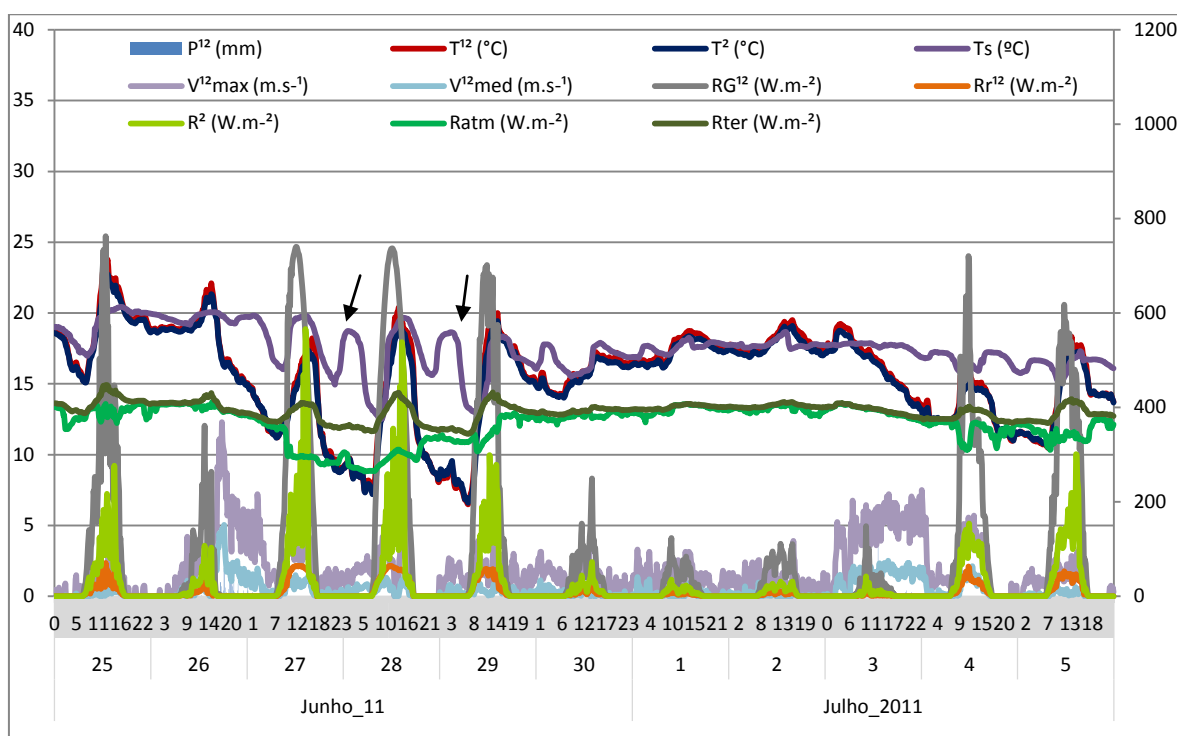


Figura 143 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, velocidade do vento e radiação solar) para o período de 25/06 a 05/07/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Com a aproximação de uma frente de origem polar a pressão atmosférica média diminui, até atingir um mínimo na passagem frontal, em seguida há um aumento rápido com advecção do ar frio pós-frontal. Durante a aproximação da frente a circulação do ar tropical sofre um aumento de temperatura média do ar diária pelo efeito de circulação do gradiente horizontal de pressão, conforme evidenciado no dia 25/06/11. Após a passagem da frente, devido à entrada da massa polar, observa-se uma queda na temperatura do ar nos dias 27 a 29/06/11. Por outro lado, a temperatura do solo, mesmo com a massa de ar atuante, em alguns momentos apresentou aumento, com diferença entre os dois sensores (ar e solo) chegando até a 10 °C (Figura 143, seta preta). À noite, a temperatura do ar, devido ao processo de resfriamento noturno, está diminuindo enquanto a temperatura do solo apresenta uma elevação, evidenciando a entrada da maré. Assim, conclui-se que a maré, nesse nível escalar, é quem controla a variação da temperatura do solo no manguezal, que apesar de responder a radiação solar incidente, essa influência é sobreposta a entrada da maré no ambiente.



No período, o menor valor de radiação solar global acima do dossel foi registrado no dia 03/07/11 com  $0,98 \text{ MJ.m}^{-2}$  (Tabela 41). Nesse mesmo dia, o sensor abaixo do dossel registrou apenas  $0,26 \text{ MJ.m}^{-2}$ . Para a radiação de onda longa terrestre, o maior valor ocorreu no dia 25/06/11, classificado como parcialmente nublado, enquanto para a Radiação de onda longa atmosférica esse valor foi maior no dia 26/06/11, classificado como nublado, visto que há maior presença de nebulosidade (Figura 144).

Tabela 41 - Valores de radiação solar de onda curta, radiação terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Data	$RG^{12}$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	$Rr^{12}$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	$RG^2$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Tatm (%)	Cobertura do céu	Ratm ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Rter ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )
25/06/11	9,96	0,94	2,82	46,39	Parcialmente nublado	33,53	35,60
26/06/11	3,17	0,32	0,91	14,76	Nublado	34,59	35,13
27/06/11	15,34	1,48	4,79	71,32	Limp	27,82	32,89
28/06/11	17,15	1,65	4,85	79,62	Limp	25,53	32,49
29/06/11	13,41	1,18	3,33	62,17	Parcialmente nublado	30,32	33,13
30/06/11	2,48	0,26	0,68	11,47	Nublado	32,96	33,90
01/07/11	1,66	0,17	0,45	7,66	Nublado	34,18	34,63
02/07/11	2,17	0,21	0,59	10,00	Nublado	34,21	34,85
03/07/11	0,98	0,08	0,26	4,50	Nublado	33,95	34,15
04/07/11	10,12	0,88	2,57	46,50	Parcialmente nublado	30,55	32,88
05/07/11	12,32	1,12	3,61	56,50	Parcialmente nublado	30,17	33,39

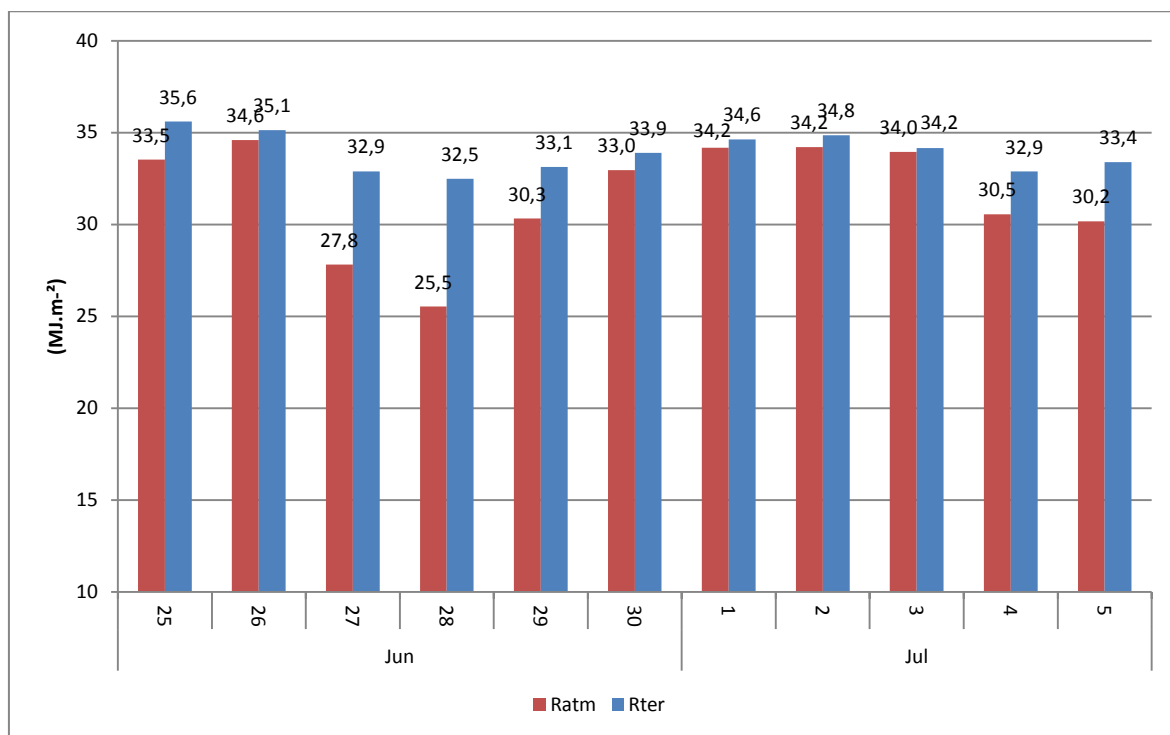


Figura 144 - Radiações de onda longa terrestre e atmosférica integrada no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, sob a passagem de um sistema frontal e atuação de uma massa polar.

As diferenças entre Rter e Ratm diminuíram também no período nublado quando a superfície terrestre reduziu sua emissão, conforme pode ser observado na Figura 145.

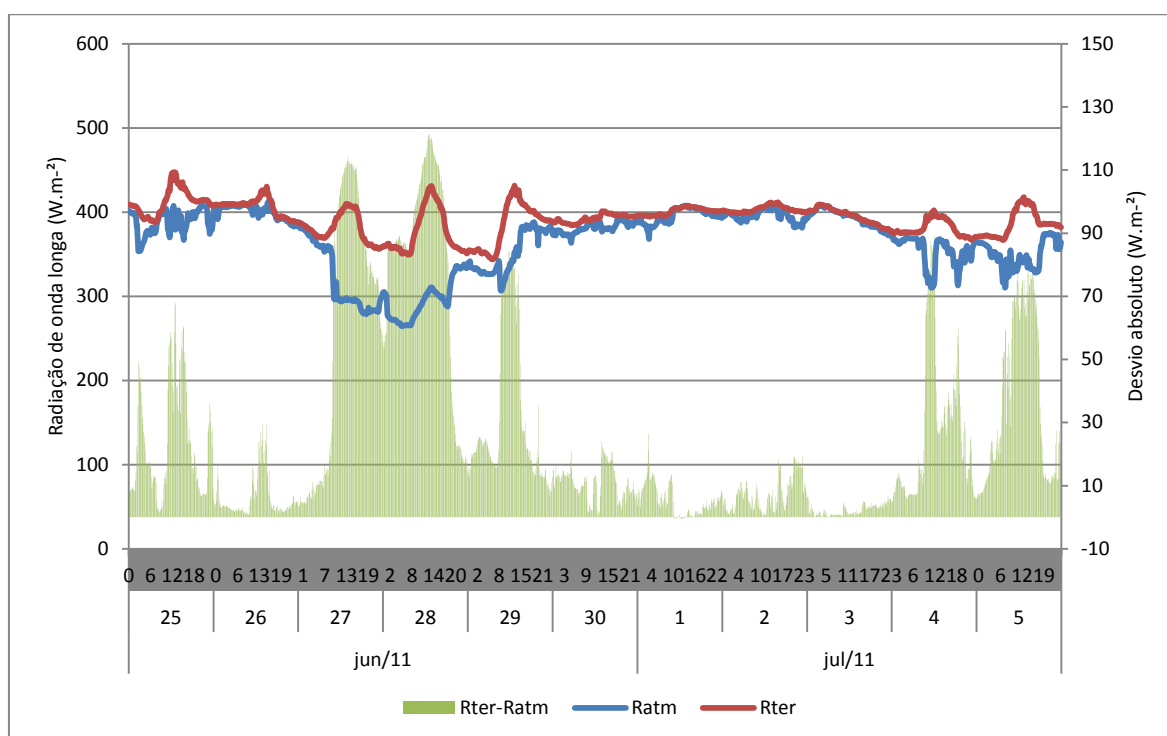


Figura 145 - Variação das radiações de onda longa terrestre e atmosférica no período de 25/06 a 05/07/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quanto à umidade absoluta ( $g \cdot m^{-3}$ ), observa-se que a tendência é seguir a variação da temperatura do ar. No entanto, como pode ser observado nos círculos preto presente na Figura 146, no período entre às 09h20min e às 17h do dia 27/06/11, a umidade absoluta apresentou variação inversa a temperatura do ar. Isso pode ser explicado por advecção lateral de uma massa de ar mais seca que predominou no ambiente até essa inversão. A consulta ao banco de dados permitiu avaliar que a velocidade do vento apresentou um pico nesse horário e a direção do vento que até então registrava direção sudeste passou a registrar a direção noroeste.

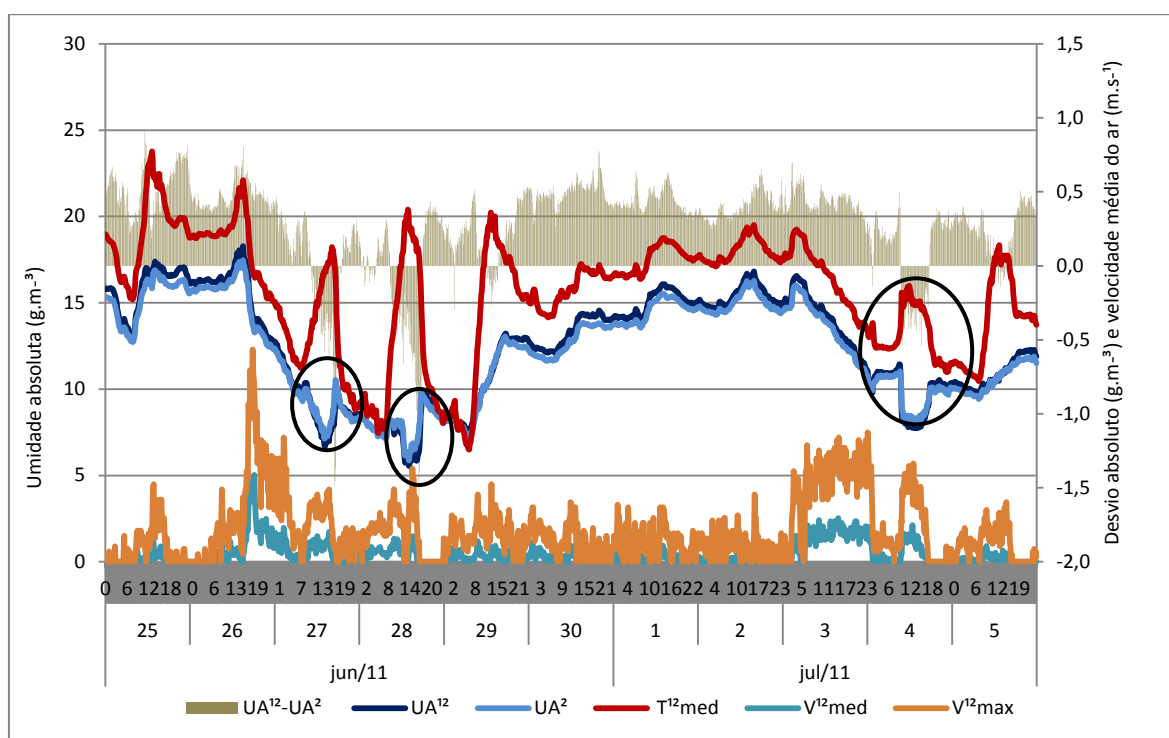


Figura 146 - Temperatura do ar acima do dossel, umidade absoluta do ar acima do dossel e velocidade do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 25/06 a 05/07/2011.

Em um segundo momento, no dia 28/06, essa mesma variação é observada, com uma mudança na direção predominante do vento. Até às 12h30min o vento predominante era de noroeste e no período subsequente até às 17h30 foi registrado vento de sudeste. Por fim, no período das 10h às 17h, do dia 04/07, há novamente essa mudança de direção, o vento oriundo de noroeste até às 10h, passa a ser da direção sul.

Com o intuito de verificar se nessa escala diária, sob a atuação de um sistema frontal, ocorreram diferenças significativas entre os dados acima e abaixo do dossel aplicou-se teste de hipótese de Wilcoxon para os dados de temperatura do ar, umidade absoluta do ar e temperatura do solo, conforme Tabela 42. Diferentemente, do que ocorreu no primeiro sistema analisado, sobre influência de uma ZCAS, nesse caso a temperatura do ar acima do dossel foi superior a temperatura abaixo do dossel.

Tabela 42 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo – manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Teste de hipótese Wilcoxon Intervalo de Confiança	Conclusão
$T^{12} - T^2$	0,2300 a 0,2500*	$T^{12} > T^2$
$UA^{12} - UA^2$	0,3285 a 0,3525*	$UA^{12} > UA^2$
$T_s - T^2$	0,3285 a 0,3525*	$T_s > T^2$

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.

A precipitação total acima do dossel durante esse evento foi de 92,3 mm enquanto dentro do manguezal registrou-se 91,8 mm, o que evidencia uma interceptação de apenas 0,5 %. A Figura 147 apresenta a distribuição diária da precipitação, em que é possível constatar que os dias 26/06 e 03/07/11 apresentaram as maiores totais pluviométricos.

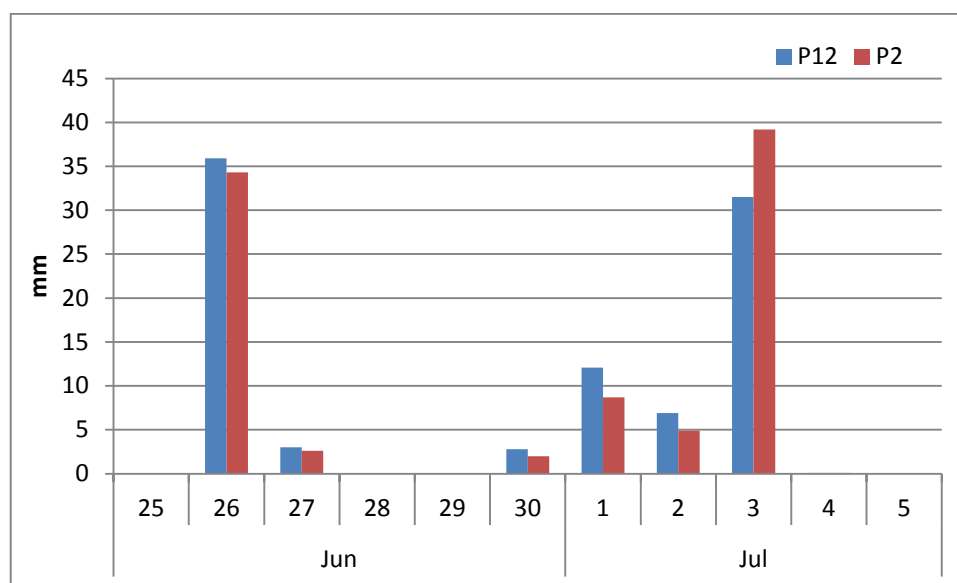


Figura 147 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 25/06/11 a 05/07/11.

Destaca-se ainda que com a aproximação da frente fria os ventos vão gradualmente aumentando a velocidade e desacelerando após a passagem da frente nos dias subsequentes.

### **3º Período: 31/07/11 a 03/08/11**

O próximo evento analisado refere-se ao período de 30/07 a 04/08/11. O final do mês de julho e início de agosto foi marcado por chuvas que ocorreram no estado do Paraná e no Vale do Ribeira/SP, onde a precipitação ocorrida no último dia de julho persistiu até o dia 01/08/11, com valores que ultrapassaram mais de 100 mm em muitos municípios do Paraná e do sul de São Paulo. Isto foi causado pelo deslocamento de um sistema frontal associado a um vórtice ciclônico em 500 hPa e a corrente de jato polar, provocando uma forte instabilização nessas áreas. O Rio Ribeira de Iguape transbordou e a inundação desabrigou mais de 9 mil pessoas, além de causar prejuízos na agricultura e pecuária da região (CPTEC, 2011).

As imagens de satélite evidenciam que durante os dias 31/07 a 02/08/11 houve nebulosidade significativa entre os estados do Paraná e São Paulo, sendo que no dia 01/08 a nebulosidade foi mais persistente no Paraná e no sul de São Paulo, associada a áreas de instabilidade da frente fria (Figura 148 e Figura 149).

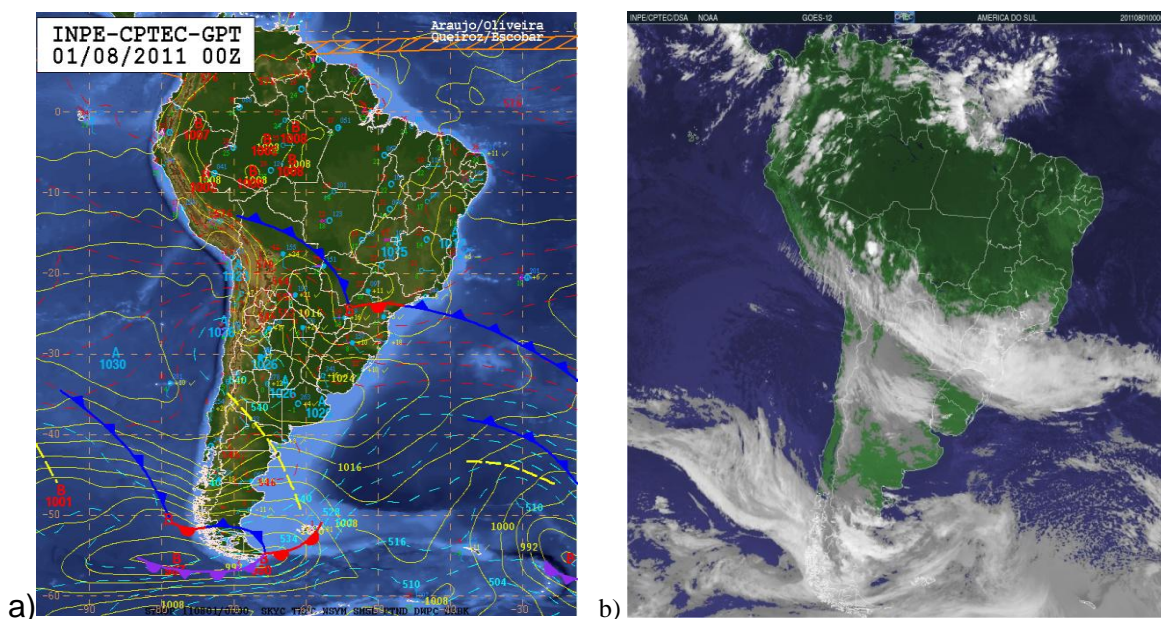


Figura 148 - Imagens de satélite de 01/08/2011. Fonte: CPTEC (2012).

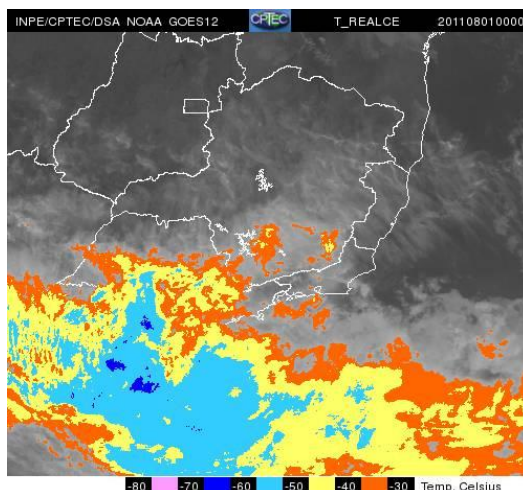


Figura 149 - Imagem de satélite realçada para 01/08/2011. Fonte: CPTEC (2012).

De acordo com o Boletim Técnico do CPTEC (2011), o que provocou toda essa quantidade de chuva foi a presença elevada de umidade do ar transportada pelo Jato de Baixos Níveis e a presença do vórtice ciclônico em 500 hPa, contribuindo para uma forte convergência de umidade em superfície, além da presença dos Jatos Subtropical e Polar, que contribuíram para a forte difluência no escoamento em 250 hPa, causando divergência nesse nível. O município de Iguape/SP, de acordo com dados da estação meteorológica do INMET, registrou acumulado de chuva de 124,2 mm no período de 31/07 a 02/08/11. Enquanto a estação meteorológica do manguezal registrou 127,7 mm.

A Figura 150 apresenta a evolução dos atributos climáticos no período de 28/07/11 a 04/08/11. Observa-se que durante o período de 30/07 a 01/08/11 há uma redução significativa da temperatura do ar em comparação com o valor máximo obtido em 29/07 (31,3 °C). Durante os dias 31/07/11 e 01/08/11 a temperatura do ar não ultrapassou os 18 °C. Enquanto a temperatura do solo atingiu 20 °C em alguns momentos. A entrada da maré no ambiente é perceptível pelo ritmo de subida e descida da temperatura do solo ao longo do período, enquanto a temperatura do ar, nos dias 31/07 e 01/08 foi mais constante. A partir do dia 02/08 observa-se que a temperatura do ar passa a ter sua variação diária de aquecimento diurno e resfriamento noturno.

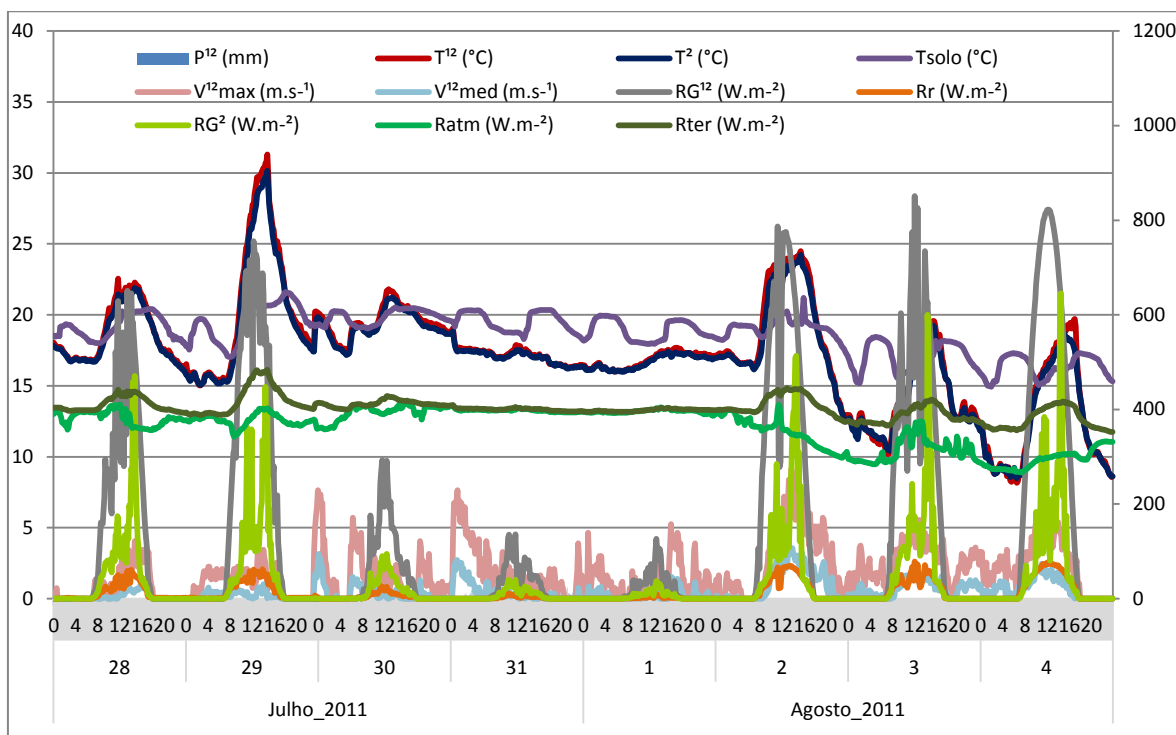


Figura 150 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, velocidade do vento e radiação solar) para o período de 28/07 a 04/08/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Após a passagem do sistema frontal, devido à entrada da massa polar, observa-se uma queda na temperatura do ar nos dias 30/07 a 01/08/11. A temperatura do solo, mais uma vez não responde a esse processo de resfriamento. Durante o processo de aquecimento pré-frontal a temperatura do ar foi superior à temperatura do solo em cerca de 9 °C (Figura 151).



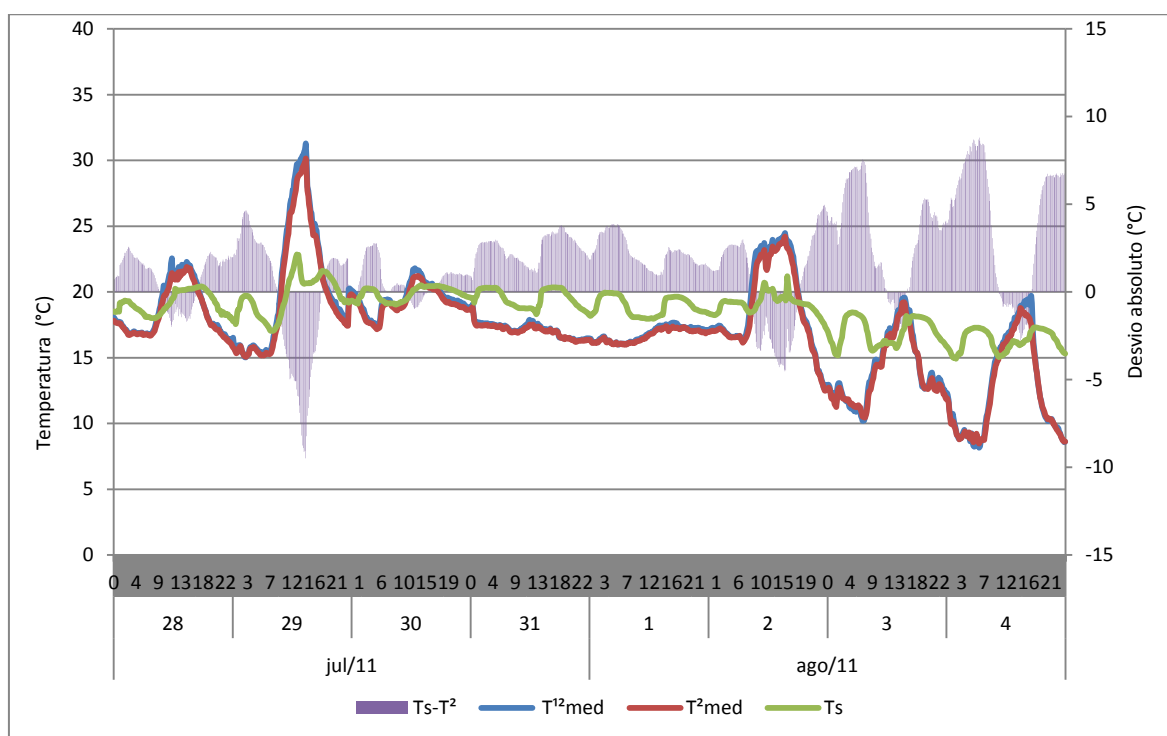


Figura 151 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 28/07 a 04/08/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

O período de menor radiação solar global acima do dossel foi registrado no dia 01/08, com  $1,3 \text{ MJ.m}^{-2}$ . Nesse mesmo dia, o sensor abaixo do dossel registrou  $0,4 \text{ MJ.m}^{-2}$  (Tabela 43).

Tabela 43 - Valores de radiação solar de onda curta, radiações de onda longa terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 31/07 a 04/08/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Data	$RG^{12}$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	$RG^2$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Tatm	Cobertura do céu	Ratm ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Rter ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )
31/07	1,9	0,5	7,6	Nublado	34,4	34,6
01/08	1,3	0,4	5,4	Nublado	34,2	34,4
02/08	17,1	4,6	69,3	Limpo	30,4	35,5
03/08	15,2	4,5	61,0	Parcialmente nublado	27,1	33,4
04/08	19,8	5,1	79,3	Limpo	25,4	32,7

Tanto para a radiação de onda longa atmosférica quanto terrestre, o menor valor ocorreu no dia 04/08/11, classificado como céu limpo. As diferenças entre Rter e Ratm diminuiram também no período nublado quando a superfície terrestre

diminuiu sua emissão, por receber menor quantidade de radiação solar, que passa a ser mais absorvida pela presença de nebulosidade. Nas figuras 152 e 153 é possível observar que nos dias classificados como nublados os desvios entre  $R_{ter}$  e  $R_{atm}$  são próximos de zero.

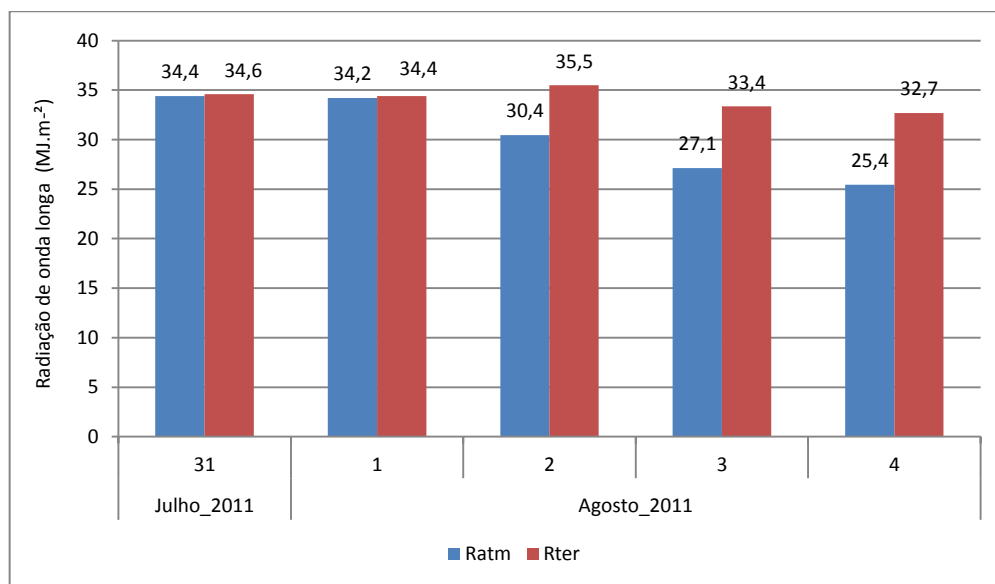


Figura 152 - Radiação de onda longa terrestre e atmosférica integrada no período de 31/07/11 a 04/08/11 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

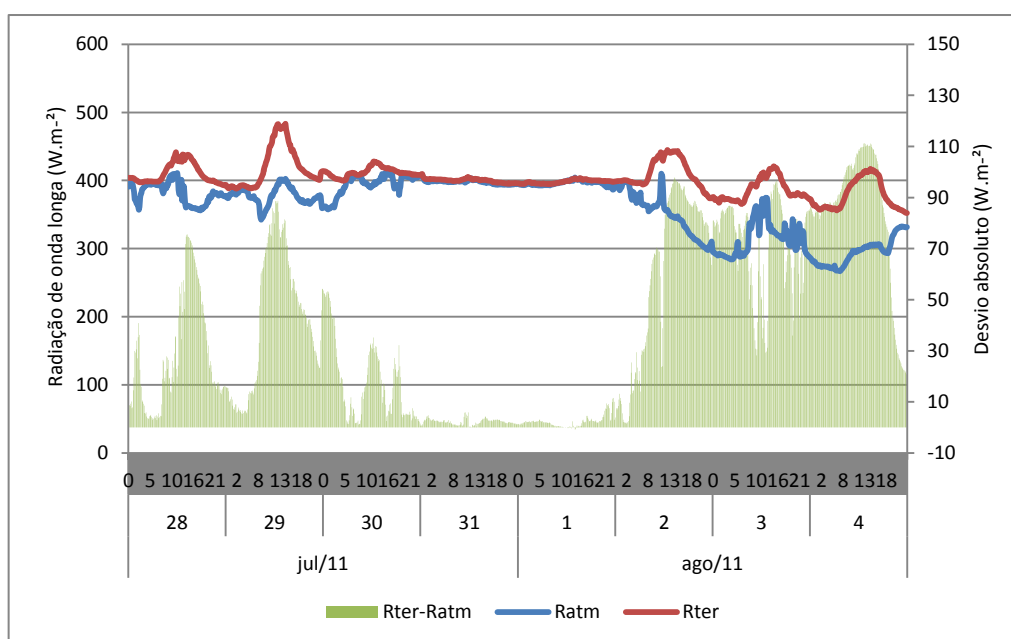


Figura 153 - Variação da radiação de onda longa terrestre e atmosférica no período de 28/07/11 a 04/08/11 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

No período entre às 12h50min e às 15h do dia 29/07/11, a umidade absoluta do ar apresentou variação inversa à temperatura do ar. Observou-se que a velocidade do vento apresentou um pico nesse horário, mas manteve-se a mesma direção noroeste. Em um segundo momento, no dia 04/08/11, essa mesma variação é observada, nesse período a direção do vento foi de noroeste e oeste.

Ao analisar a figura 154 é possível perceber que quando a relação é inversa entre UA e Tar os desvios  $UA^{12}$  e  $UA^2$  ficam negativos, ou seja, a umidade acima do dossel é mais elevada que a umidade abaixo do dossel. Isso pode indicar movimentos verticais e não apenas movimentos laterais.

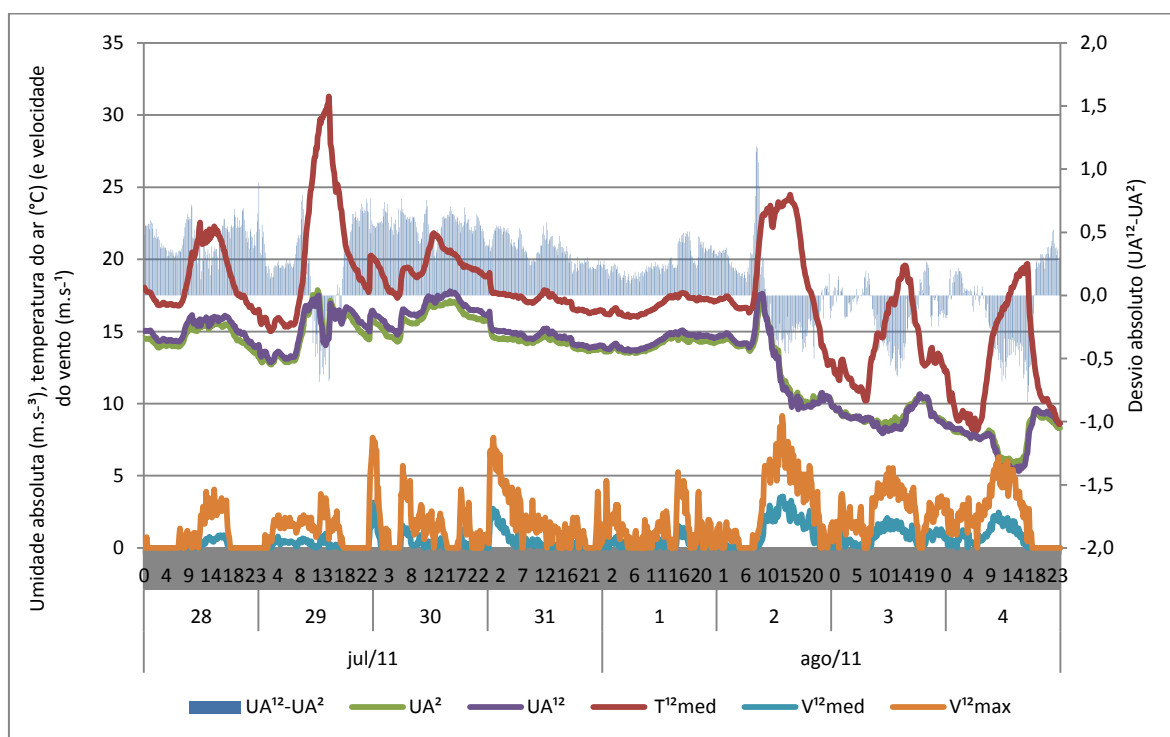


Figura 154 - Variação da umidade absoluta, temperatura do ar e velocidade do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 28/07/11 a 04/08/2011.

Com o intuito de verificar se nessa escala diária, com um sistema frontal atuando, há diferença significativa entre os dados acima e abaixo do dossel aplicou-se teste de hipótese de Wilcoxon para os dados de temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e da temperatura do solo em relação à temperatura do ar, conforme Tabela 44. Nesse sistema atmosférico, assim como o

anterior, a temperatura do ar, a umidade absoluta e a temperatura do solo foi superior acima do dossel.

Tabela 44 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo – manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Teste de hipótese Wilcoxon Intervalo de Confiança (95%)	Conclusão
$T^{12} - T^2$	0,2100 - 0,2350*	$T^{12} > T^2$
$UA^{12} - UA^2$	0,2097 - 0,2531*	$UA^{12} > UA^2$
$T_s - T^2$	1,595 - 1,865*	$T_s > T^2$

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.

Nos dias 31/07, 01 e 02/08/2011, o total precipitado acima do dossel foi de 127,7 mm, enquanto abaixo do dossel registrou-se 97,4 mm, o que corresponde a uma interceptação de 23,7 %, conforme Figura 155.

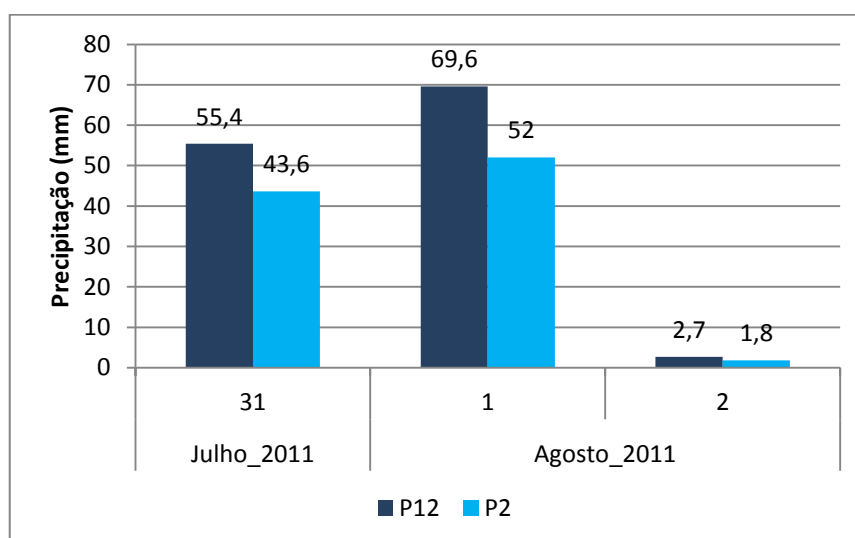


Figura 155 - Precipitação total diária acima e abaixo do dossel no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP no período de 31/07 a 02/08/2011.

#### **4º Período: 19 a 26/12/11**

Durante esse período observa-se uma forte onda de calor atuante sobre a região, com temperatura do ar superior a 35 °C. No dia 25, a segunda frente fria do mês de dezembro chegou até o litoral de São Paulo (Figura 156).

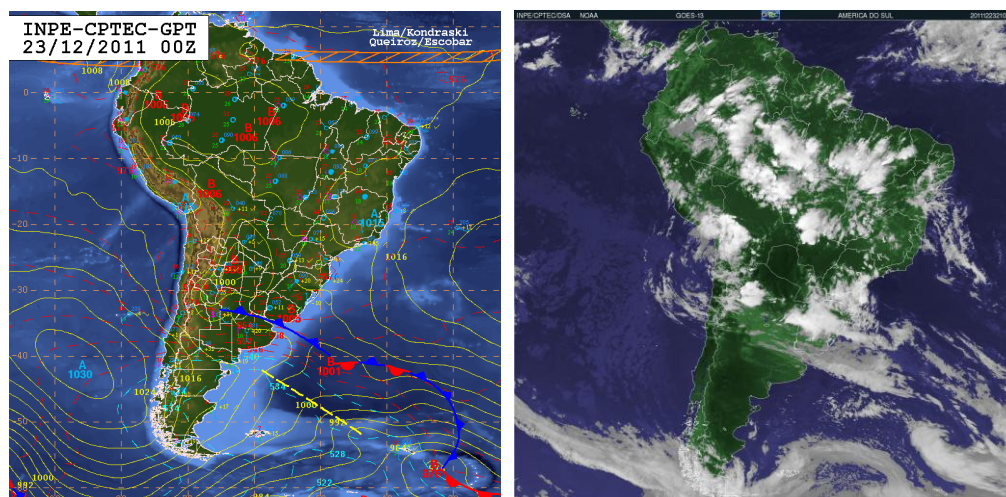


Figura 156 - Imagens de satélite de 23/12/2011. Fonte: CPTEC (2012).

O avanço desta frente fria contribuiu para uma intensa precipitação, com registro de 92,4 mm no dia 25/12/11 no manguezal. A Figura 157 apresenta a evolução dos atributos climáticos nesse período.

Durante os dias 20 a 23/12/11 não houve registro de precipitação. No entanto, com a passagem do sistema frontal, que gerou instabilidade sobre a área a partir do dia 24/12/11 e até o dia 26/12/11 foram registrados 110,6 mm acima do dossel e 115,5 mm abaixo do dossel, evidenciando uma chuva de alta intensidade e com uma interceptação negativa - 4,9 %.

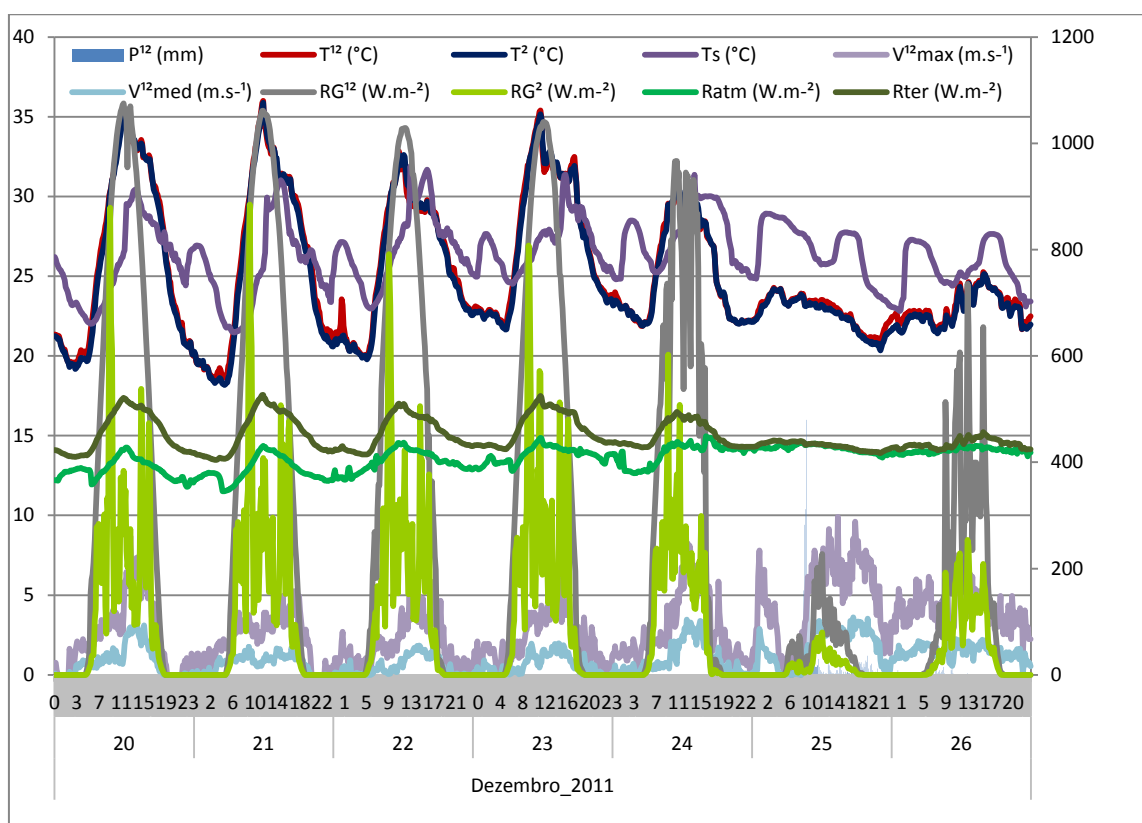


Figura 157 - Variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, do solo, umidade absoluta, radiações de onda curta e de onda longa e vento) para o período de 20/12 a 26/12/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

O maior valor de radiação solar global acima do dossel foi registrado no dia 20/12/11, com  $30,6 \text{ MJ.m}^{-2}$ , enquanto abaixo do dossel foi registrado o valor de  $9,8 \text{ MJ.m}^{-2}$ .

Tabela 45 - Valores de radiação solar de onda curta, radiação de onda longa terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 20/12 a 26/12/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Data	$RG^{12}$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	$RG^2$ ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Tatm (%)	Cobertura do Céu	Ratm ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Rter ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )
20/12/11	30,57	9,84	70,8	Limpo	33,40	39,33
21/12/11	30,35	10,01	70,3	Limpo	33,24	39,19
22/12/11	28,13	9,08	65,1	Limpo	34,70	39,34
23/12/11	29,11	10,10	67,4	Limpo	35,70	40,15
24/12/11	23,46	7,88	54,3	Parcialmente nublado	35,99	39,03
25/12/11	3,24	1,09	7,5	Nublado	36,81	37,23
26/12/11	11,43	4,11	26,5	Nublado	36,49	37,56

Durante o período de céu limpo, observam-se pequenas variações quanto às radiações terrestre e atmosférica. No entanto, a diferença entre essas duas componentes variou substancialmente. Durante o período de céu limpo, a radiação de onda longa terrestre apresentou uma elevada diferença em relação à componente da atmosfera, como pode ser observado na Figura 158, com desvio de até  $90 \text{ W.m}^{-2}$ . Enquanto no período de céu nublado esses desvios tendem a zero.

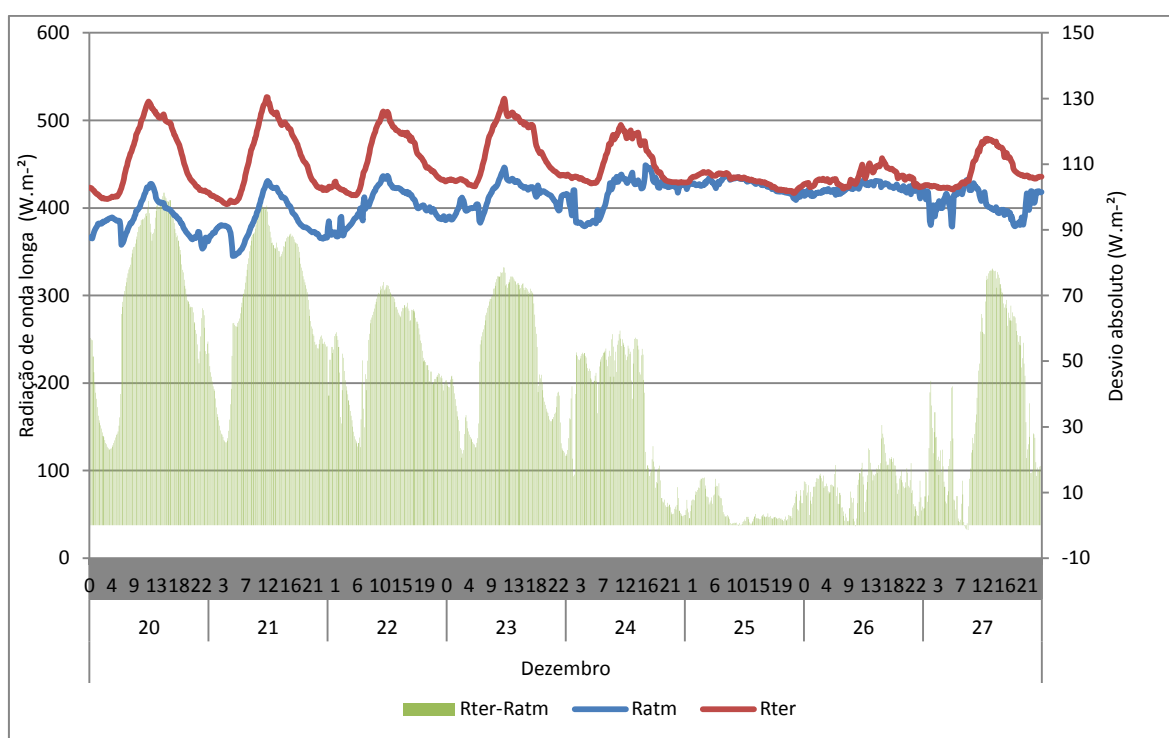


Figura 158 - Variação das radiações de onda longa terrestre e atmosférica no período de 20/12/11 a 27/12/2011 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quando ocorre entrada de maré, assim como nos períodos anteriores, é evidente a variação da temperatura do solo que, muitas vezes, apresenta variação inversa a temperatura do ar. Observa-se que durante os dias 25 a 27/12/11, dias nublados, a temperatura do solo é superior a temperatura do ar, com diferenças de até  $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , enquanto nos demais dias, classificados como de céu limpo, observa-se dois comportamentos: durante o período de aquecimento diurno a temperatura do ar é superior a temperatura do solo, com diferença de até  $10,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e durante o

período noturno a temperatura do solo apresenta-se superior a do ar, com até 6 °C de diferença (Figura 159).

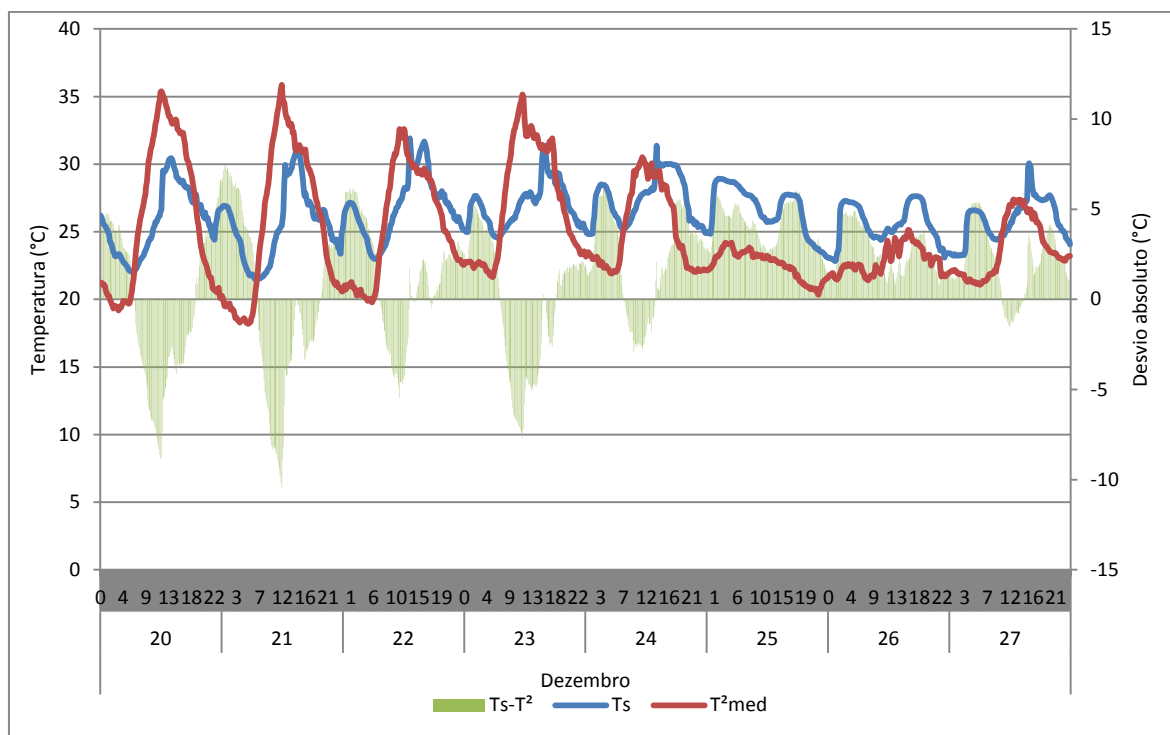


Figura 159 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 20/12 a 27/12/11, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Destaca-se na Figura 160 que as diferenças entre a temperatura do ar acima e abaixo do dossel variaram de forma diferenciada nos dois períodos. Aos dias 25/12/11 e 26/12/11 a temperatura acima do dossel foi superior à temperatura abaixo do dossel, tanto no período de aquecimento diurno quanto de resfriamento noturno. Diferentemente de 20 a 23/12/11, quando a temperatura do ar ora foi mais elevada acima do dossel, ora abaixo do dossel.



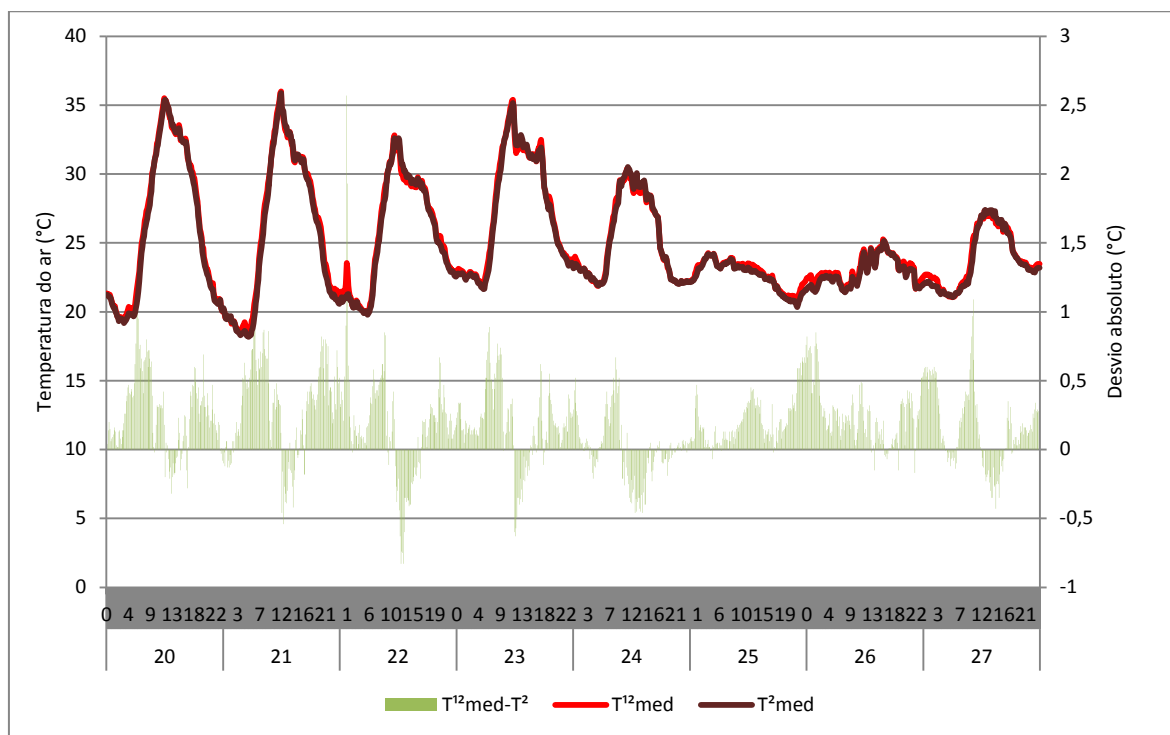


Figura 160 - Variação da temperatura do ar acima e abaixo do dossel do manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 20 a 27/12/2011.

Quanto à umidade absoluta (Figura 161), principalmente nos dias classificados como céu limpo, seu valor abaixo do dossel, em alguns momentos, foi superior a umidade fora do ambiente. Enquanto no período de dias nublados (25 e 26/12), com a atuação do sistema frontal, a umidade absoluta do ar foi superior acima do dossel.

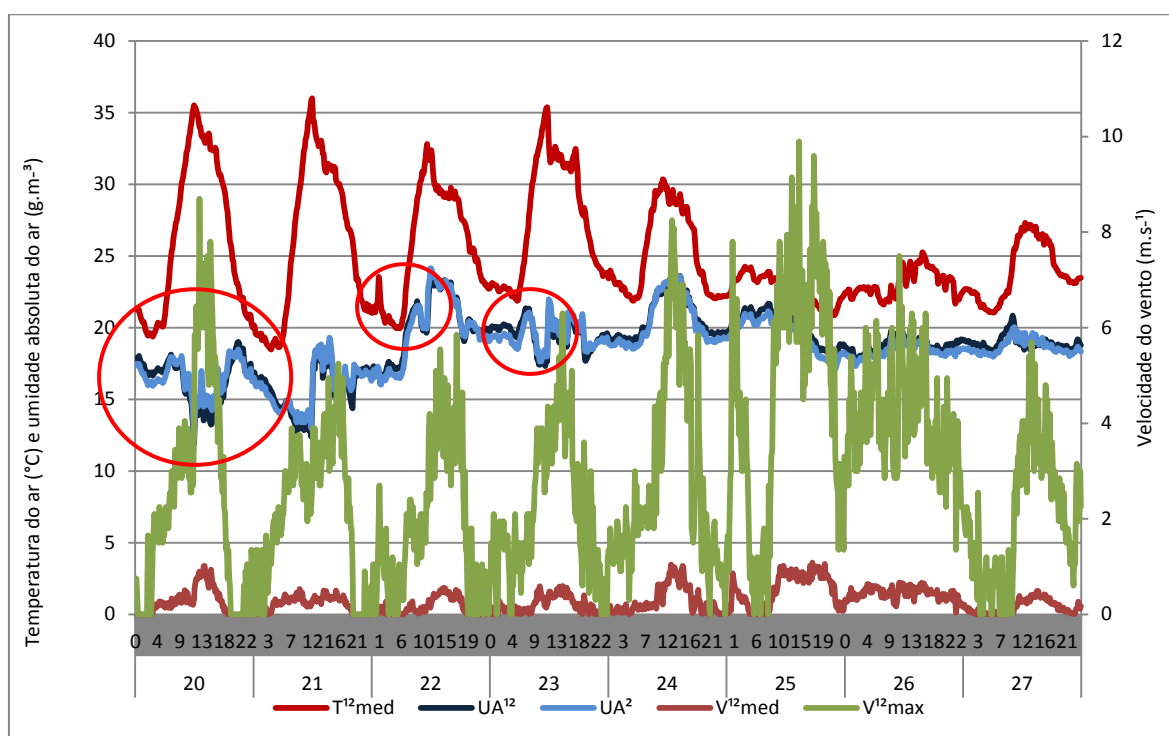


Figura 161 - Variação da temperatura do ar, da umidade absoluta do ar e da velocidade do vento – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, no período de 20 a 27/12/2011.

Com o intuito de verificar se há diferença significativa entre os atributos nessa escala diária, aplicou-se teste de hipótese de Wilcoxon para os dados de temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e da temperatura do solo em relação a temperatura do ar. A Tabela 46 apresenta os resultados dos testes de hipótese.

Tabela 46 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Teste de hipótese Wilcoxon Intervalo de Confiança	Conclusão
$T^{12} - T^2$	0,1650 - 0,1950*	$T^{12} > T^2$
$UA^{12} - UA^2$	0,1746 - 0,2386*	$UA^{12} > UA^2$
$T_s - T^2$	1,625 - 2,065*	$T_s > T^2$

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.

### 5º Período: 01 a 12/06/2012

Ainda nos primeiros dias do mês de junho, o sétimo sistema frontal do mês de maio ainda atuava sobre o litoral de São Paulo com fraca intensidade, mas que trouxe na retaguarda uma massa de ar frio que provocou geada no Sul do país (Figura 162).

Na madrugada do dia 03/06/12, uma frente fria se deslocou rapidamente para o sul e oeste do Rio Grande do Sul, avançando para o litoral do Paraná no dia 04/06/12. No dia 05/06/12 um reforço de ar frio se estabeleceu no Paraguai e Mato Grosso do Sul, intensificando e deslocando a frente fria para o litoral de São Paulo. No dia 10/06/12, a alta pressão pós-frontal adquire característica marítima, deixando o tempo aberto em grande parte do Sudeste e do Sul do Brasil nos dias seguintes. Entretanto a passagem de um cavado entre o Sul e São Paulo provocou temporais isolados entre o Paraná e parte do sul, litoral e cone leste paulista no dia 11/06/2012 (CPTEC, 2011).

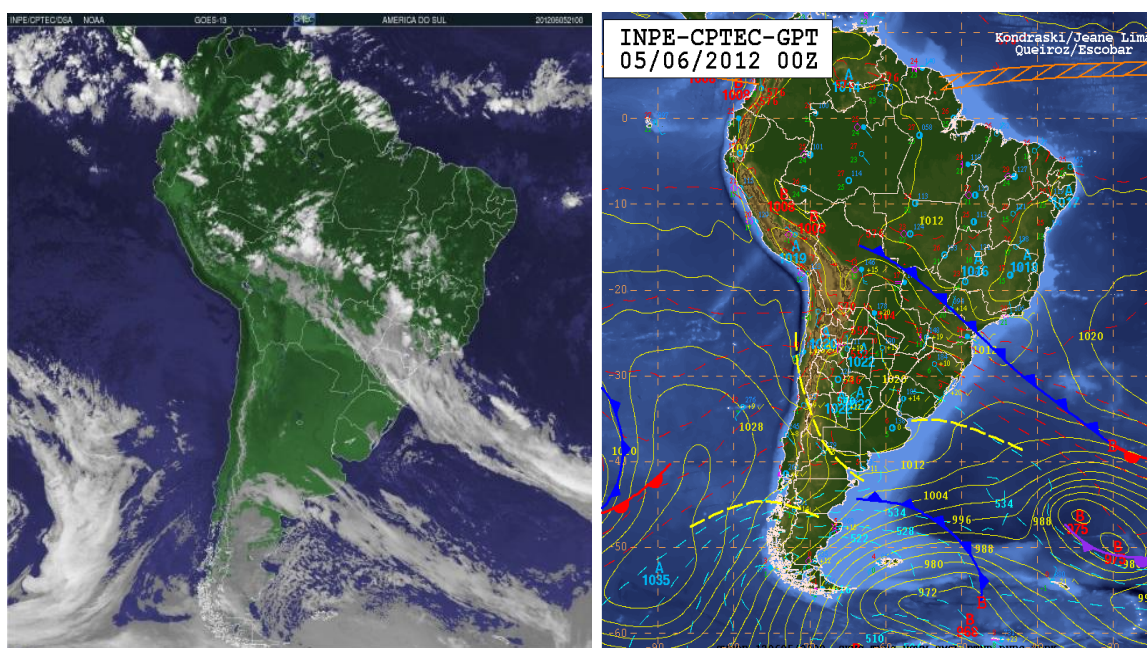


Figura 162 - Imagens de satélite de 05/06/2012. Fonte: CPTEC (2012).

A figura 163 apresenta a evolução dos atributos climáticos no período de 29/05 a 12/06/2012. Observa-se que a partir de 01/06/12 há uma redução significativa da temperatura do ar em comparação com o valor máximo obtido em 30/05, com valor máximo absoluto de 31,3°C. Enquanto a temperatura do solo atingiu valores superiores a 20°C. Durante o período de 04/06 a 11/06/12 observa-se que a temperatura do ar foi superior a temperatura do solo. É possível ainda observar a entrada da maré no ambiente, perceptível pelo ritmo de subida e descida da temperatura do solo ao longo do período.

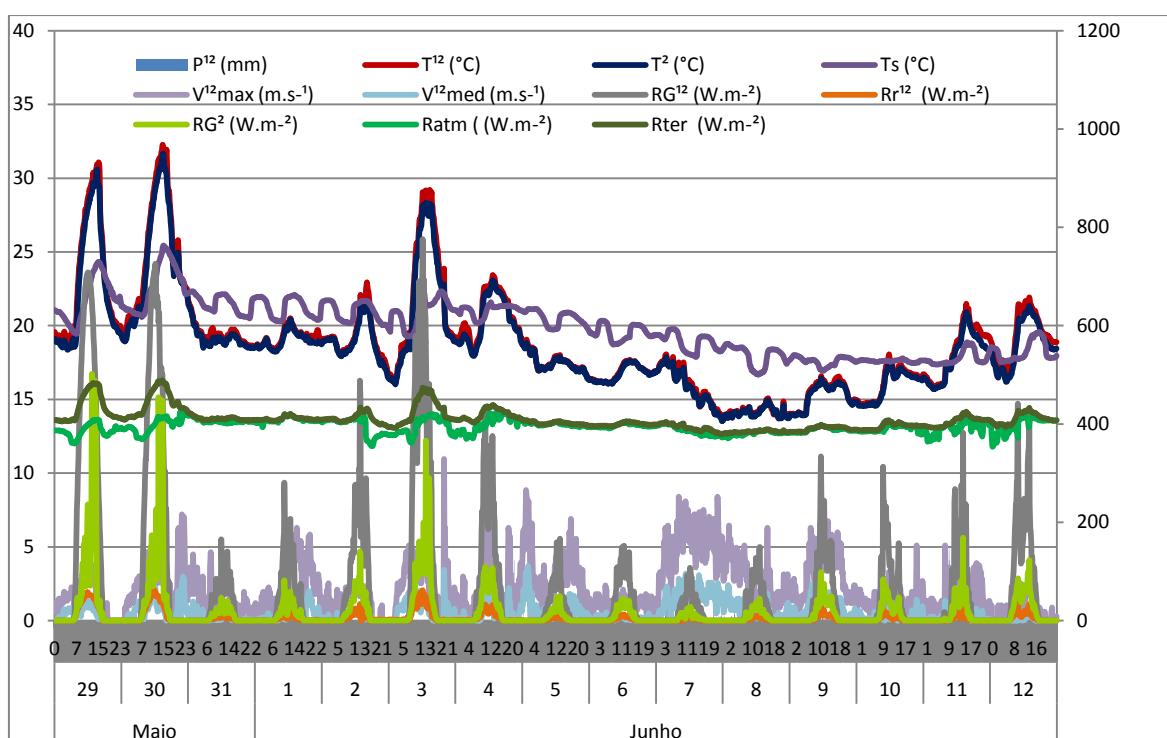


Figura 163 - Variação da temperatura do ar, do solo e desvio absoluto para o período de 29/05 a 12/06/12, nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Durante esse período de 29/05/12 a 12/06/12, a precipitação total registrada a 12 m foi de 266,7 mm enquanto dentro do manguezal foram registrados 321,7 mm, o que evidencia uma interceptação negativa (Figura 164).

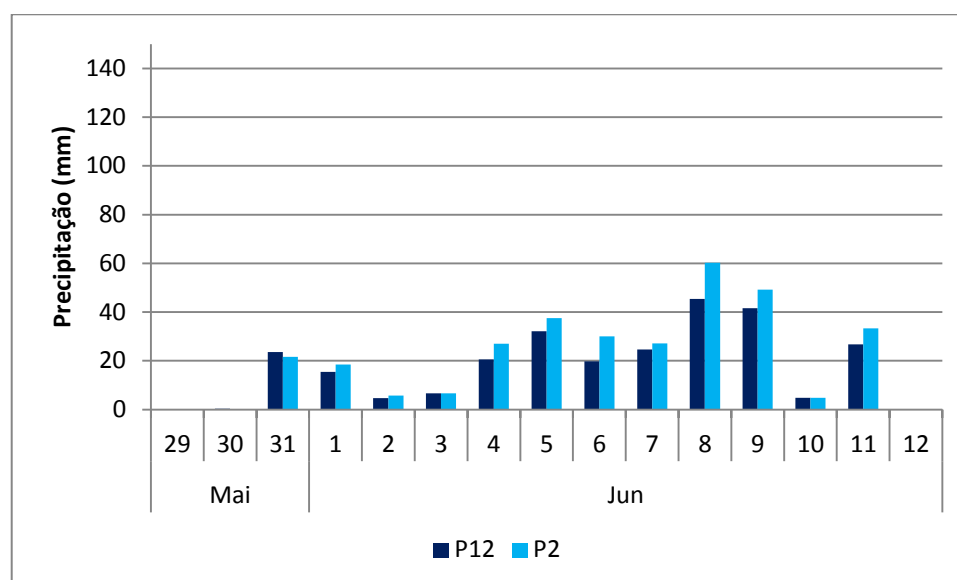


Figura 164 - Precipitação acima e abaixo do dossel no período de 29/05 a 12/06/2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Quanto à radiação solar de onda curta, no período, o menor valor de radiação solar global a 12 m foi registrado no dia 07/06/2012 com  $1,4 \text{ W.m}^{-2}$  conforme tabela 47. Nesse mesmo dia, o sensor a 2 m registrou  $0,1 \text{ W.m}^{-2}$ .

Tabela 47 - Valores de radiação solar de onda curta, radiações terrestre e atmosférica e cobertura do céu no período de 29/05/12 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Data	Ratm	Rter	RG <sup>12</sup>	Rr <sup>12</sup>	RG <sup>2</sup>	Td	Ro	Tatm	Céu
29/05/12	33,4	37,4	16,4	1,3	4,2	25,6	22,6	72,4	Limpo
30/05/12	34,3	38,2	15,6	1,3	4,1	26,3	22,5	69,3	Limpo
31/05/12	35,1	35,5	2,3	0,2	0,6	27,7	22,4	10,4	Nublado
01/06/12	35,3	35,5	2,9	0,3	0,8	28,1	22,3	13,0	Nublado
02/06/12	34,2	35,5	5,5	0,4	1,5	26,8	22,3	24,5	Nublado
03/06/12	34,1	36,8	12,8	1,0	3,2	25,5	22,2	57,6	Parcialmente nublado
04/06/12	34,5	36,2	6,0	0,5	1,7	28,7	22,1	27,4	Nublado
05/06/12	34,5	34,7	1,8	0,1	0,5	28,3	22,0	8,2	Nublado
06/06/12	34,3	34,5	2,5	0,2	0,7	28,7	22,0	11,2	Nublado
07/06/12	33,4	33,9	1,4	0,1	0,4	25,6	21,9	6,3	Nublado
08/06/12	32,9	33,2	2,0	0,2	0,6	28,3	21,8	9,4	Nublado
09/06/12	33,5	33,7	3,7	0,3	1,1	30,0	21,8	16,9	Nublado
10/06/12	33,7	34,1	3,5	0,2	1,0	29,6	21,7	16,0	Nublado
11/06/12	33,8	34,9	3,5	0,2	1,0	30,1	21,7	16,3	Nublado
12/06/12	34,4	35,5	5,9	0,4	1,7	28,3	21,6	27,5	Nublado

Para a radiação terrestre (Figura 165), o menor valor ocorreu no dia 08/06/2012, classificado como nublado. Enquanto a maior emissão ocorreu no dia 30/05, com transmissividade atmosférica de 69,2. Por outro lado, a radiação atmosférica foi maior nos dias 31/05 e 01/06 e o menor valor registrado no dia 08/06. Durante o período de céu limpo a diferença entre a  $R_{ter}$  e  $R_{atm}$  chegou a mais de  $70 \text{ W.m}^{-2}$ .

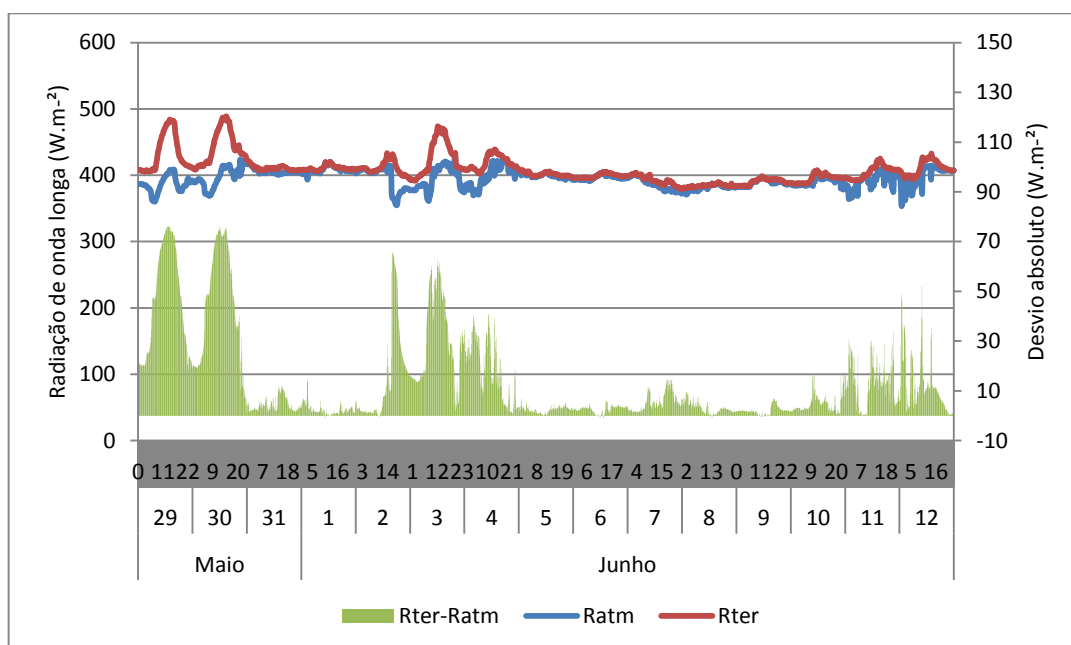


Figura 165 - Radiações terrestre e atmosférica obtidas no período de 29/05 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Nas figuras 166 e 167 observam-se que para o período considerado a umidade absoluta do ar seguiu a variação da temperatura do ar. Destaca-se que nos dias limpos, no período de aquecimento diurno a umidade do ar é superior dentro bosque com a diferença entre os dois sensores chegando a  $1 \text{ g.m}^{-3}$ , enquanto no período de resfriamento noturno essa variação se inverte com a umidade absoluta sendo superior acima do dossel. Por outro lado, nos dias nublados a umidade absoluta é superior acima do dossel.

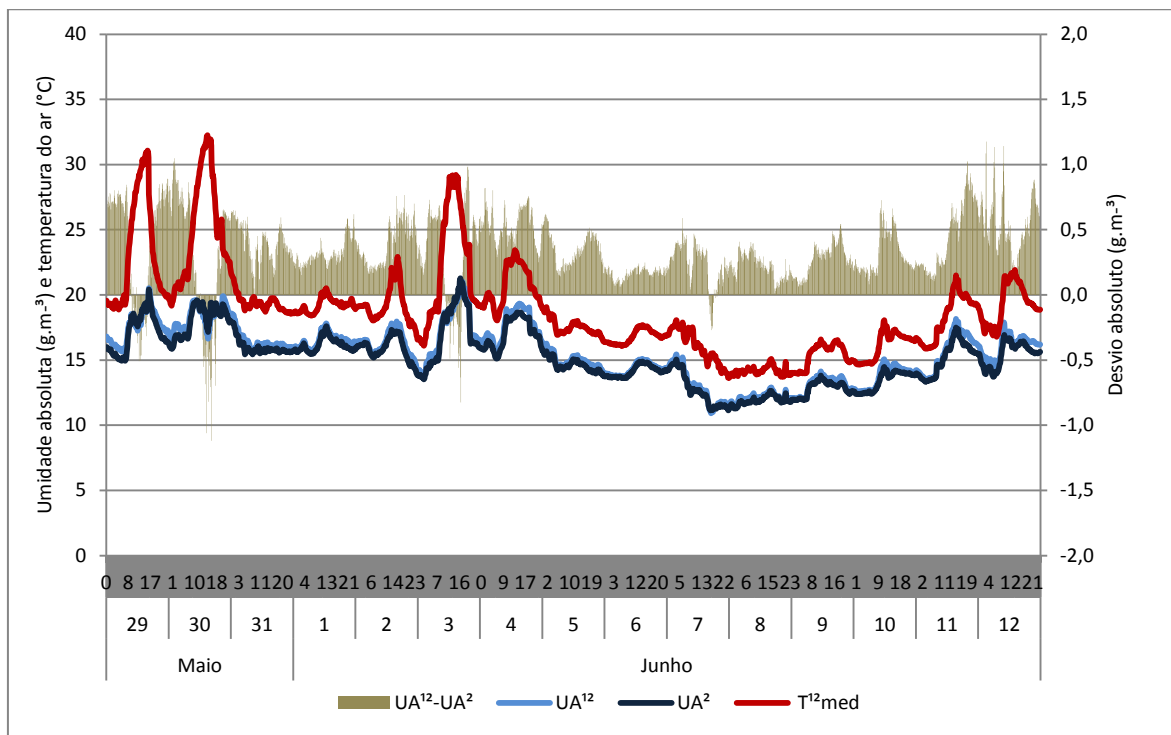


Figura 166 - Umidade absoluta e temperatura do ar no período de 29/05/12 a 12/06/12 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

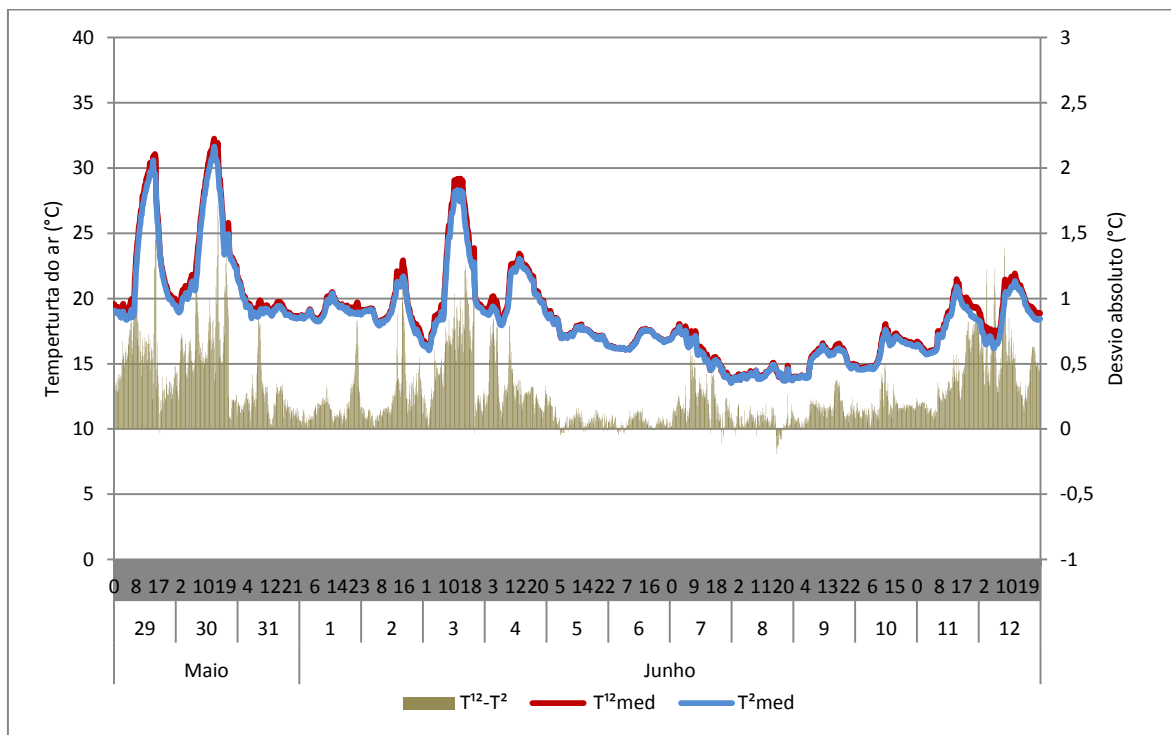


Figura 167 - Variação da temperatura do ar acima e abaixo do dossel no período de 29/05/12 a 12/06/12, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Com o intuito de verificar se nessa escala diária há diferença significativa entre os dados acima e abaixo do dossel aplicou-se teste de hipótese de Wilcoxon para os dados de temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e da temperatura do solo em relação à temperatura do ar. A tabela 48 apresenta os resultados dos testes.

Tabela 48 - Teste de hipótese para a temperatura e umidade absoluta do ar acima e abaixo do dossel e para a relação temperatura do ar e temperatura do solo no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Variável	Teste de hipótese Wilcoxon Intervalo de Confiança	Conclusão
$T^{12} - T^2$	0,2350 - 0,260*	$T^{12} > T^2$
$UA^{12} - UA^2$	0,3375 - 0,3593*	$UA^{12} > UA^2$
$T_s - T^2$	1,650 - 1,825*	$T_s > T^2$

\* os dados apresentam diferenças significativas entre os níveis.



## 10 CONCLUSÃO

A presente pesquisa contribuiu para o entendimento da relação existente entre os controles (estrutura da vegetação, variação da maré e sistemas atmosféricos) e atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e precipitação) no manguezal. Verificou-se que o bosque do manguezal da Ilha dos Papagaios destaca-se pela presença de indivíduos desenvolvidos, principalmente de *Rhizophora mangle*, mas com presença de *Laguncularia racemosa*. Entre 2012 e 2013, constatou-se um aumento de troncos vivos no bosque (11,6 %) e uma diminuição no número de troncos mortos (20,1 %). Destaca-se ainda que ocorreu em 2013 registro de indivíduos jovens de *Rhizophora mangle* no bosque. A presença de macrófitas aquáticas é marcante na área, inclusive dentro da parcela permanente utilizada para monitoramento da estrutura do bosque. A ausência de indivíduos jovens da espécie *Laguncularia racemosa*, bem como a diminuição da densidade absoluta de indivíduos vivos na classe intermediária pode estar associada ao estado de degradação do ambiente pela presença de macrófitas, impedindo a renovação de novos indivíduos prosperem no ambiente.

Quanto ao IAF, constatou-se que há uma variação anual na quantidade de folhas do dossel, entre o período de menor IAF (agosto/2011) e o de maior (abril/2012) quantificou-se um aumento de 35 %. No entanto, o reduzido valor de IAF encontrado em bosque de mangue está atribuído ao fato que as espécies não toleram sombreamento. As folhas estão em sua maior parte agrupadas na parte superior do dossel. Além disso, não há espécies que formem um estrato inferior dentro do bosque. Constatou-se ainda que há uma relação entre os acréscimos/reduções do IAF e o distribuição mensal da precipitação.

Constatou-se que a radiação solar global ao atingir o bosque de manguezal é transmitida para o interior do ambiente e que os dados de transmissividade da

radiação solar global pelo dossel nos anos analisados foram significativamente diferentes e indicaram um aumento na quantidade de radiação solar global que efetivamente atingi o interior do bosque. Esse aumento da transmissividade do dossel pode estar associada a degradação do ambiente, que conforme evidenciado pelos dados de estrutura da vegetação, o bosque não apresenta renovação e os indivíduos novos não prosperam no ambiente, resultado da presença de macrófitas ao longo da área de estudo.

O albedo médio registrado evidenciou que 8,2 % da radiação solar global que chega no topo do dossel, é refletida de volta para atmosfera pelo bosque. Constatou-se que o albedo reduziu ao longo do período estudado, indicando que a radiação solar global refletida pelo bosque está aumentando, ou seja, há menor radiação solar global sendo absorvida pelo ambiente.

Quanto a radiação de onda longa atmosférica e terrestre averigou-se que os picos inferiores no valor emitido pela atmosfera, evidencia os dias mais secos e que registram as menores umidades absolutas. Isso demonstra que a presença/ausência de vapor na atmosfera é fundamental para uma maior/menor emissão de radiação de onda longa. Quando há maior quantidade de vapor d'água na atmosfera há maior absorção de radiação de onda longa emitida pela superfície e conseqüentemente passa a ocorrer maior emissão. Assim, a radiação atmosférica é maior quando há maior presença de vapor d'água na atmosfera, que por sua vez, funciona como regulador térmico.

Para a temperatura do ar, com os resultados concluiu-se que os manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP apresentam divergência quanto aos parâmetros informados nas bibliografias (WALSH, 1974; CHAPMAN, 1975; BLASCO, 1984). No período analisado e considerando ainda a normal climatológica da área de estudo, constatou-se uma amplitude térmica anual de 8,8 °C em 2011, 7,9 °C em 2012 e de 7,6 °C, considerando a Normal Climatológica, diferentemente do que expressa as bibliografias.

Quanto a relação acima e abaixo do dossel, considerando a diferença média entre os dados obteve-se valores de até 1 °C. No entanto, considerando a máxima diferença diária registrada entre os dois níveis, os valores são superiores, com até 5 °C. Considerando a temperatura do solo e a temperatura abaixo do dossel,

constatou-se que em termos de média, as diferenças entre os sensores variaram a um máximo de 5,1 °C. No entanto, os valores médios diários acabaram por mascarar as variações em escala de tempo menor, como a variação horária, sendo que em alguns períodos essas diferenças ultrapassaram 10 °C, em que a temperatura do solo foi superior à temperatura do ar abaixo do dossel.

Quanto a umidade do ar no manguezal, considerando a diferença entre os níveis acima e abaixo do dossel, com a aplicação do teste, constatou-se que os dados são significativamente diferentes, o que representa que a umidade absoluta foi mais elevada acima do dossel. Como no sensor acima do dossel foram registradas as maiores temperaturas do ar, isso resulta em maior capacidade de retenção de vapor d'água neste nível, resultando em maiores valores de umidade absoluta. Aliado a isso, o efeito da transpiração é menor que o efeito da relação temperatura do ar e umidade absoluta, ou seja, a transpiração não consegue repor o vapor na mesma proporção que a relação psicrométrica.

O papel da maré é marcante no manguezal, contribuindo com entrada e saída de energia no ambiente. Os dois momentos de entrada de maré no manguezal contribuem, em certos momentos, com o resfriamento relativo do ambiente, como por exemplo, em dias quentes dos meses de primavera/verão em que a temperatura da água é inferior a do ar. Por outro lado, em outros momentos em que a temperatura do ar está reduzida a entrada de maré pode contribuir para um aquecimento relativo desse ambiente. Observou-se que no período de aquecimento diurno, a temperatura do ar apresentou valores superiores à temperatura do solo, enquanto durante a noite essa variação se inverteu. Aliado a isso, foi possível perceber que o solo, no período de resfriamento do ar (período noturno), também iniciou seu resfriamento, porém esse processo é interrompido pela entrada da maré, que contribui para uma elevação da temperatura do solo. Isso é perceptível ao longo de todas as fases da lua e nos diferentes tipos de maré. Por outro lado, durante o período de aquecimento a temperatura do solo também é influenciada pela entrada da maré, reduzindo os picos nesses horários. Essa variação é observada em todas as fases da lua. No entanto, observou-se que os maiores desvio ocorreram na maré de sizígia. Vale destacar que é justamente durante a maré de sizígia que ocorrem as maiores amplitudes de maré.

Na análise da precipitação constatou-se uma interceptação pelo dossel de 8,8 %. Lima e Galvani (2010), na mesma área de estudo, encontraram uma interceptação de 19,6 %. Portanto, constatou-se uma diminuição na interceptação vegetal. Os meses em que prevalecem chuvas convectivas como de outubro a março, na área de estudo, com intensidade de chuva elevada, constatou-se uma menor interceptação da precipitação em termos percentuais, enquanto meses em que prevalecem chuvas com intensidades moderada a fraca, como em agosto e setembro houve uma maior interceptação.

O dossel da vegetação ainda apresenta um importante papel na atenuação da velocidade do vento, com uma redução de 63,2 % na área de estudo. Ao considerar a média das rajadas máximas, essa redução foi de 57,3 %. Para a velocidade média, a redução foi ainda superior, com 75,6 %. A análise realizada para a rajada máxima evidenciou um aumento no efeito de atenuação da velocidade do vento, considerando as classes da escala de Beaufort. De acordo com os dados, conclui-se que existe um limite no qual a velocidade máxima inicia a atenuação, ou seja, seria o limite no qual o vento tem a máxima atuação e depois diminui.

Quanto a direção do vento, no nível de medição analisado, acima do dossel, a calma apresentou maior destaque com 50,6 % dos registros. Os fluxos predominantes de leste/sudeste para noroeste evidenciam a influência da atuação da brisa marítima e terrestre na área de estudo. Constatou-se uma variação da direção do vento em função da atuação da brisa terrestre e marítima. Durante o período diurno, há predominância de vento de sudeste. No entanto, no período noturno houve mudança na direção predominante do vento, que passou a ser de noroeste. Isso ocorre devido ao efeito da brisa terrestre, visto que durante a noite pelo resfriamento radiativo não há aquecimento do ar e, portanto, uma brisa menos intensa.

Com a análise dos sistemas atmosféricos foi possível constatar que existe interação entre as escalas climáticas no manguezal. Além disso, observou-se como os atributos climáticos se conectam e como as diferenças entre os atributos climáticos ficam mais evidentes em escalas temporais inferiores, evidenciando o importante papel da maré dentro do manguezal. O estudo desenvolvido auxiliou

no entendimento de como as variáveis abióticas se comportam dentro do ecossistema manguezal e de como ocorrem suas relações com a estrutura da vegetação.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIME, R. R.; **Produção do bosque de mangue da Gambôa Nóbrega (Cananéia, 25° Lat.S – Brasil)**. 1985. 305 p. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

ALMEIDA, R. **Ecologia de manguezais; dinâmica da serapilheira e funcionamento do ecossistema, Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil**. 2005. 183 p. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ALONGI, D. M. **Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change**. Estuarine, Coastal and Shelf Science. v. 76, p. 1–13. 2008.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation** 29 (3): 331–349. 2002. Foundation for Environmental Conservation.

ALONGI, D. M. **The energetics of mangrove forests**. Queensland: Springer Science, 2009. 216 p.

ANDERSON, M. C. Studies of the Woodland Light Climate. **Journal of Ecology**, Cambridge, v. 52, n.3, p. 643-663, 1964.

ANDERSON, M.C.; MILLER, E.E. Forest cover as a solar camera: penumbral effects in plant canopies. **Journal of Applied Ecology**, Canberra City, v.11, n.2, p.691-697, 1974.

ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. **Estatística para ciências agrárias e biológicas com noções de experimentação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 432 p.

ARCADIS, T. **Avaliação Ambiental Estratégica Dimensão Portuária, Industrial, Naval e Offshore no Litoral Paulista**. Relatório Técnico. 2010.

ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V. de, ROCHA, P. A. B.; Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v.27, n.2, p.257-262, 2003.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. **Revista Árvore**. 2003, vol.27, n.2, p. 257-262.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do estado de São Paulo. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 23 (1): 7-22, abr. 2011.

AYRES, Manuel; AYRES-JUNIOR, Manuel; AYRES, Daniel Lima; SANTOS, Alex de A. S. **BioEstat – aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. 2007.

BAIRD A.H. et al. Do mangroves provide an effective barrier to storm surges? **PNAS**. 2009, v. 106, n° 40. Disponível em: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.09008799106](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.09008799106)

BARRY, R.G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BERTALANFFLY, L. V. et al. **Teoria dos Sistemas**. Tradução Maria da Graça Lustosa Becskeházy. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976. 143 p.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. (1971). **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. São Paulo, Instituto de Geografia – USP. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13)

BLASCO, F. Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Org.) **The mangrove ecosystem: research methods**. Paris: UNESCO, 1984. p. 18-35.

BUSSAB Wilton de O; MORETTIN, Pedro A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2010. 6ª edição, 540 p.

CAILLEUX, A.; TRICAR, J. 1956. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**, v. 65. p. 162 -186.

CALLEGARI-JACQUES, SIDIA, M. **Bioestatística – princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003, p. 255.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE R. A.; DECHEN, A. R. **Introdução a ecofisiologia vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 2007. 229 p.

CAVANAUGH, K. C., et al. Poleward expansion of mangroves is a threshold response to decreased frequency of extreme cold events. **PNAS**. 2014. v. 111, nº 2. p. 723 – 727.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Apresenta dados de previsão do tempo e estudos climáticos do Brasil. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Mapeamento dos ecossistemas costeiros do estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 108 p.

CHAPMAN, V. J. Mangrove biogeography. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGY AND MANAGEMENT OF MANGROVES. 1975. **Anais....** Hawai: Teas East-West Center, 1975, p. 3-22.

CHAPMAN, V.J. (1970). **Mangrove phytosociology**. Trop. Ecol. 11, 1-19.

\_\_\_\_\_. **Mangrove vegetation**. J. Cramer. Vaduz, 1976. 447

CHRISTENSEN, B. Biomass and primary production of *Rhizophora apiculata* Bl. In a mangrove on southern Thailand. **Aquatic Botany**, 4. p. 43-52. 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução a Geografia Física**. 2012. Tradução Francisco Eliseu Aquino, Jefferson Cardia Simões, Ulisses Franz Bremer. Porto Alegre: Bookman. 2012.

CICCO, V.de. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**. Montevideo: Oficina Regional de Ciência y Tecnologia de la Unesco para a América Latina y el Caribe, 1983. 109p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL (CBH-RB). **Plano de Bacia da UGRHI-11 – 2004-2011. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento**, nº 11. 2008.

COSTA, A. C. L. et al. Estacionalidade do balanço de energia em um ecossistema de manguezal no estado do Pará – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005.



CRANE C. E.; SHEARER B. L. Hemispherical digital photographs offer advantages over conventional methods for quantifying pathogen-mediated changes caused by infestation of *Phytophthora cinnamomi*. **Australasian Plant Pathology**, 2007, 36, 466–474.

CRAWFORD, T.M., DUCHON, C.E. An improved parameterization for estimating effective atmospheric emissivity for use in calculating daytime downwelling longwave radiation. **Journal of Applied Meteorology**, v.38, 474–480, 1999.

CUADRAT, J.M.; PITA, M.F. **Climatologia**. Lisboa: Catedra, 2011.

Cunha – Lignon, M. 2005. **Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no sistema costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CUNHA-LIGNON et al. **Monitoramento de Manguezais: guardiões das zonas costeiras**. São Paulo: Fundação O Boticário. 2013. Relatório Técnico.

CUNHA-LIGNON, M.; KAMPEL, M. Análise multitemporal de imagens Landsat para monitoramento de áreas de manguezal: subsídio à gestão costeira do litoral sul do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2011, Curitiba, PR. **Anais...** 2011.

CUNHA-LIGNON, M.; KAMPPEL, M.; MENGHINI, R.P.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; DAHDOUH-GUEBAS, F., 2011. Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated using satellite images and vegetation structure surveys. **Journal of Coastal Research**, SI 64, v. I, p. 344-348.

CUNHA-LIGNON, M.; MENGHINI, R.P.; SANTOS, L.C.M.; NIEMEYER-DINÓLA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

D'ODORICO, P et al. Vegetation–microclimate feedbacks in woodland–grassland ecotones. **Global Ecology and Biogeography**. v. 22, Issue 4, p. 364–379, 2013.

DAS, S.; VINCENT, J.R. **Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone**. PNAS. May 5, 2009 v. 106, n°. 18, p. 7357–7360.

DAY, Jr., J. W. et al. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, Mexico. **Aquatic Botany**, v.27, p.267-284, 1987.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE). **Sistematização de base de dados ambientais do complexo Estuarino Lagunar de Iguape – Cananéia visando subsidiar a regra operativa da barragem do Valo Grande (Iguape)**. Relatório final. 2011.

DIEGUES, A. C. (Org.). **Povos e Águas – Inventário de áreas úmidas brasileiras**. 2.ed. São Paulo. Nupaub/USP, 2002. p. 15-18.

DUKE, N. N. BALL, C. M; ELLISON, J. C. **Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves** *Global Ecology and Biogeography Letters* (1998), 7, 27-47.

DUKE, N.C. et al. **A world without mangroves?** *Science*. 2007, 317, 41-42.

ELLISON, A. M. (2008) **Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: moving beyond roving banditry**. *J Sea Res* 59: 2–15.

EMPLASA, Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. **Projeto Mapeia São Paulo**. São Paulo: Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo, 2011.

EVANS, G. D., COOMBE, D. E., 1959. Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate. **Journal of Ecology**. 47, 103–113.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The world's mangroves 1980-2005**. Rome: FAO, 2007. 77 p.

FERNANDES, M. E. B. Produção primária: serapilheira. In: FERNANDES, M. E. B (Ed.). **Os manguezais da costa norte brasileira**. São Luís: Fundação Rio Bacanga, 2003. p.61-78.

FERNANDES, M. E. B., NASCIMENTO, A. A. M.; CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no furo grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.949-958, 2007.

FERREIRA, A.G. **Interpretação de Imagens de Satélites Meteorológicos**. São Paulo: INMET. 2002.

FOKEN, Thomas. **Micrometeorology**. Edited for English by Carmen J. Nappo 2008

FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D.; LERTZMAN, K. P. **Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation**. New York: Simon Fraser University Burnaby, B. C., 1999, 36 p.

FRAZER, G.W., TROFYMOW, J.A., LERTZMAN, K.P. 1997. **A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques**. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-373. 73 p..

GALVANI, E.; AZEVEDO, T. A. **A frente polar atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso**. In: *Climatologia Aplicada: resgate aos estudos de caso*. Emerson Galvani e Nádia G. B. de Lima. Curitiba: CRV, 2012.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Revista Bragantia**, Campinas, 60(2), 139-147, 2001.

GALVANI, E.; LIMA, N.G.B., Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. **Revista Mercator**, 9 (1), 25-38, 2010.

GALVANI, et al. Medidas e estimativa do albedo em cultura de pepineiro cultivado a campo e em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 163-169, 2000.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia - o clima da camada de ar junto do solo**. 4. ed. Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GIRI, C. et al. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data**. *Global Ecology and Biogeography*, 2011. **20**, 154–159

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**. Tradução: Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1992.

HAO, G.Y. et al. Hydraulic redistribution in dwarf *Rhizophora mangle* trees driven by interstitial soil water salinity gradients: impacts on hydraulic architecture and gas exchange. **Tree Physiol.** 29:697–705. 2009.

HARDY, J.P., et al. Solar radiation transmission through conifer canopies. **Agricultural and Forest Meteorology** 126 (2004) 257–270.

HERZ, R. **Distribuição dos padrões espectrais associados à estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro subtropical**. 1988. 378 f. Tese (Livre-Docência em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Ceará: Universidade Federal do Ceará, 1998. 716 p.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1991. 221 p.

HUPFER, P (1996). **Unsere Umwelt: Das Klima**. B. G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, 335 pp.

INSTITUTO CHICO MENDES – ICMBIO. Apresenta dados de Unidade de Conservação federal. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/>. Acesso em 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Apresenta dados de previsão do tempo e estudos climáticos do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 2011 a 2013.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press., 1980, 390p.

IUCN. Digital Distribution Maps of The IUCN Red List of Threatened Species – mangroves - 2010. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/spatial-data#mangroves>. Acesso: Janeiro de 2012.

JARČUŠKA, B. Methodological overview to hemispherical photography, demonstrated on an example of the software GLA. **Folia Oecologica**, vol. 35, no. 1 (2008).

JELASKA, S.D. Analysis of canopy closure in the dinaric silver fir – beech fores (Omphalodo-Fagetum) in Croatia using hemispherical photography. **Hacquetia** 3/2. 2004, 43–49.

JELASKA, S.D., et al. Responses of forest herbs to available understory light measured with hemispherical photographs in silver fir–beech forest in Croatia. **Ecological modelling** 194 (2006) 209–218

JENNINGS, S. B.; Brown, N. D.; Sheil, D. Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, vol.72, N° 1, 1999.

JONCKHEERE et al. Assessment of automatic gap fraction estimation of forests from digital hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology** 132 (2005) 96–114

JONCKHEERE, I. et al. Methods for leaf area index determination, Part I: techniques and instruments. **Agriculture and Forest Meteorology**. v. 121, n. 2, p. 37-53, 2003.

JONCKHEERE, I. et al. Methods for leaf area index determination, Part I: techniques and instruments. **Agriculture and Forest Meteorology**. v. 121, n. 2, p. 37-53, 2003

JONCKHEERE, I., FLECK, S., NACKAERTS, K., MUYS, B., COPPIN, P., WEISS, M., BARET, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. theories, sensors and hemispherical photography. **Agriculture Forest Meteorology**., 121: 19–35.

KJERFVE, B. **Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems**. USA: UNESCO. 1990. 80P.

KRAUSS, et al. (2009). Water level observations in mangrove swamps during two hurricanes in florida. **Wetlands**, Vol. 29, No. 1, March 2009, pp. 142–149

KRAUSS, K. W., et al. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. **Aquatic Botany** 89 (2008) 105–127

LACAMBRA, C.; SPENCER, T.; MOELLER, I. Tropical coastal ecosystems as coastal defences. **ProAct Network**, Unitec Kingdom, p. 1-22, 2008.

LARCHER, W., 2001. **Physiological Plant Ecology**, 4 ed. Berlin: Springer.

LIMA, N. G. B. de; **Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. 2009.

LIMA, N. G. B. de; GALVANI, E. Influência da Precipitação nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 7 (2010).

LIMA, N. G. B. de; GALVANI, E. **Transmissividade do dossel e índice de área foliar: os manguezais como estudo de caso**. In: Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso. Org. Galvani, E; LIMA, Nádia G. B. de. Curitiba: CRV. 2012, p. 177 – 191.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Mangrove Microclimate: A Case Study from Southeastern Brazil. **Earth Interactions**, v. 17, p. 1, 2013.

LIMA, N.G.B. de, et al. Air temperature and canopy cover of impacted and conserved mangrove ecosystems: a study of a subtropical estuary in Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue No. 65, 2013.

LIMA, W. P. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. **IPEF**, n.24, p.43-46, ago.1983.

LOVELOCK et al. 2006. Differences in plant function in phosphorus- and nitrogen-limited mangrove ecosystems. **New Phytologist**. v. 172, Issue 3. 2006.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. 1975. **Properties of a mangrove forest in southern Florida**. In: Walsh, G. E.; Snedaker, S. C.; Teas, H. J. (Eds.). Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of mangroves, Gainesville, 1975, Institute of Forest and Agricultural Sciences, University of Florida, v.1, p. 170-212

LUGO, A. E. Conserving Latin American and Caribbean mangroves: issues and challenges. **Madera y Bosques**, vol. 8, n. especial, 2002. p. 5-25.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 5, p. 39-64. 1974.

LUGO, A.E.; PATTERSON-ZUCCA, C.P. 1977. The impact of low temperature stress on mangrove structure and growth. **Tropical Ecology** 18: 149–160.

MAHIQUES, M.M. et al. Anthropogenic influences in a lagoonal environment: a multiproxy approach at the Valo Grande Mouth, Cananéia-Iguape System (SE Brazil). Braz. **Journal Oceanographic**. 2009, 57, 325-337

MARKLEY, J. L., McMILLIAN, C.; THOMPSON, G. A. Jr.; Latitudinal differentiation in response to chilling temperatures among populations of three mangroves, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, and *Rhizophora mangle*, from the western tropical Atlantic and Pacific Panama. Can. **Journal Botany**. 60: 2704–2715. 1982.

MARQUES FILHO, A. O. Regime de radiação solar e características da vegetação – modelos de inversão. **Acta Amazônica**, v. 27, n. 2, p. 119-134. 1997.

MARQUES FILHO, A. O; DALLAROSA, R. G. Atenuação de radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta – Reserva Jarú – Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 1, p. 39-59, 2001.

MARQUES FILHO, A. O; DALLAROSA, R. G. Interceptação de radiação solar e distribuição espacial de área foliar em floresta de terra firme da Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazônica**. V. 30, n. 3, p. 453-470. 2000.

MARQUES FILHO, A. O; DALLAROSA, R. G.; PACHECO, V. Bezerra. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta - Reserva Biológica do Cuieiras, Manaus. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 4, 2005.

MAZDA, Y., et al. 1997a. Drag force due to vegetation in mangrove swamps. **Mangroves and Salt Marshes**, 1, 193–199.

MAZDA, Y., et al. 1997b. Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. **Mangroves and Salt Marshes**, 1, 127–135.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E; RIDD, P.V. **The Role of Physical Processes in Mangrove Environments. Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems**. TERRAPUB, Tokyo. 2007

MCLVOR et al., 2012a . Reduction of wind and swell waves by mangroves. NCP Report 2012-01. Carmen Lacambra, Dr Tom Spencer, Dr Iris Moeller. **Tropical Coastal Ecosystems as Coastal Defences**. Cambridge Coastal Research Unit, Department of Geography, University of Cambridge, United Kingdom, for the report “The Role of Environmental Management and Eco-Engineering in Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation” (ProAct Network 2008), available at [www.proactnetwork.org](http://www.proactnetwork.org). 2008.

MCLVOR, A.; SPENCER, T.; MÖLLER, I.; SPALDING, M. **Storm Surge Reduction by Mangroves**. Natural Coastal Protection Series: Report 2. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 41. 2012b.

MCMILLAN, C. 1971. Environmental Factors Affecting Seedling Establishment of the Black Mangrove on the Central Texas. **Ecology**, Vol. 52, No. 5 (Sep., 1971), pp. 927-930 Published

MEDELLU, C. et al. **The Influence of Opening on the Gradient and Air Temperature Edge Effects in Mangrove Forests**. International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 12 No: 02. 2012.

MELO et al. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.321-328, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia - Noções Básicas e Climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 206.

MENEZES, G.V. **Produção e decomposição em bosques de mangue da Ilha do Cardoso, SP**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 116 p. 1994.

MENEZES, N. L. **Rhizophores in *Rhizophora mangle* L: an alternative interpretation of so-called "aerial roots"**. Anais da Academia Brasileira de Ciências (2006) 78(2): 213-226 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences) ISSN 0001-3765. www.scielo.br/aabc

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2010. **Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. Brasília: MMA, 2010.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1969. 68 p.

\_\_\_\_\_. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de Atlas**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

\_\_\_\_\_. **Análise rítmica em climatologia: Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1971.

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. 1976. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, M.B.D.A.; AZEVEDO, T. R. Comparação do perfil vertical da temperatura e da umidade relativa do ar em fragmentos de mata atlântica no interior e arredores da cidade de São Paulo, SP. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3,n.2, p. 1-13. 2005.

MOURA, M. A. L. et al. Alguns aspectos da interação da maré e precipitação na variação sazonal da temperatura do solo em um manguezal tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006a.

MOURA, M. A. L. et al. Estudo da transferência da radiação solar em uma floresta de mangue em Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006b.

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista do IG**. São Paulo, 19(1/2), 71-73, jan./dez./1998

NUNES, L. H.; KOGA-VICENTE, A.; CANDIDO, D. H. **Clima da Região Sudeste do Brasil**. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; Maria Assunção F. Dias; Maria Gertrudes A. Justi. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. 1ed.São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. , p. 243-258.

ODUM, H. T. Biological circuits and the marine systems of Texas. In: OLON, T. A.; BURGESS, F. J. **Pollution and Marine Ecology**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1967. p. 99-157.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. de; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.9-15, 2005.

PEREIRA, A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. São Paulo: Agropecuária, 2002.

PEZZOPANE, J.E.M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta secundária, em Viçosa, MG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 225p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, 2001.

PEZZOPANE, J.E.M. et al. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-19, 2005.

POLIDORO et al. The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. **PLoS ONE**. Vol. 5. Issue 4 | e10095. 2010.

PONÇANO, W. L; TESSLER, M. G; FREITAS, C. G. L. de; MAHIQUES, M. M. Tendência regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistas. **Revista Geociências**, 4, (6), 1999. P. 102-115.

---



POOL, D.J., LUGO, A.E.; SNEDAKER, S.C. 1975. **Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico**. In: G. Walsh, S. Snedaker & H. Teas, eds. Proceedings of International Symposium on Biology and Management of Mangroves. p. 170-212. Gainesville, Florida, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.

QUERINO, C. A. S; MOURA, M. A. L; QUERINO, J. K. A. da S; RADOW, C. V. MARQUES FILHO, A. de O. **Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas – Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.2, 204 - 294, 2011.

QUERINO, C.A. S., MOURA, M. A. L., QUERINO, J. K.A.S. **Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.4, 401- 408, 2013

QUISTHOUDT, Katrien et al. (2012). Temperature variation among mangrove latitudinal range limits worldwide. **Trees** (2012) 26:1919–1931. DOI 10.1007/s00468-012-0760-1

RIBEIRO, A. G. **As escalas do clima**. In: Boletim de Geografia Teorética. Brasil, 1993. V23, N45-46, p. 288-294.

RIBEIRO, J. B. M. **Micrometeorologia do manguezal e o impacto do desmatamento em Bragança-PA**. 2001. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RIBEIRO, J.B.M. et al. Estudo micrometeorológico do Manguezal de Bragança-PA. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 8, número Especial 2, Manguezais do Brasil, 2010.

RIDD, P.V.; STIEGLITZ, T. (2002): Dry season salinity changes in tropical mangrove and salt flat fringed estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 54, 1039–1049.

RODRIGUES, Cleide. A teoria geossitêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, 14 (2001) 69-77.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossitêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do rio Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. **Revista GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 12, p. 21- 26, 2002.

ROSS, JLS; MOROZ, IC. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1: 500.000. Volume I e II. 1997

ROXBURGH, J. R.; KELLY, D. Short communication uses and limitations of Hemispherical photography for estimating forest light environments. **New Zealand Journal of Ecology**, New Zealand. v. 19, n. 2, p. 213-217, 1995.

SALVI-SAKAMOTO, L. L. Os microclimas e a “configuração do céu” na área central. In: **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. Org. José Roberto Tarifa e Gustavo Armani. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo, 2001.

SANT’ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

SANT’ANNA NETO, J. L. **Escalas geográficas do clima, mudança, variabilidade e ritmo**. In Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso. Org. Margarte Cristiane de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant’Anna Neto e Ana Monteiro. São Paulo: Outras expressões. 2013.

SÃO PAULO. **Lei estadual nº 14.982/2013**, de 08 de abril de 2013. Diário Oficial da Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 10.019/1998**, de 03 de julho de 1998. Diário Oficial da Estado de São Paulo.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y, et al. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. 1990. Variability of mangrove ecosystem along the Brazilian coast. **Estuaries**, 13: 204-219.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Brazilian Mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, n. 3, p. 561-570. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world. In: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J. A. **Muddy coasts of the world**. Amsterdam: Elsevier Science, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros: texto que sistematiza criticamente parte da produção científica**. 1991. Tese (Livre-docência) - Departamento Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal**. São Paulo: Publicação Especial do Instituto Oceanográfico, n. 7, 1989. p. 1-16.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; **Guia para estudo de áreas de manguezal - estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

SCHNITZLER, A.; CLOSSET, A. Forest dynamics in unexploited birch (*Betula pendula*) stands in the Vosges (France): structure, architecture and light patterns. **Forest Ecology and Management**, 183 (2003) 205–220.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO – SMA. **Zona Costeira Paulista. Relatório da Qualidade Ambiental**. São Paulo: CPLA, 2011.

SEMENIUK, V. 1994. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in Northwestern Australia. **Journal of Coastal Research**, 10(4), 1050-1076.

SERAFINI-JUNIOR et al. **Adequação da escala climatológica para Planos de manejo: o Parque Estadual Intervalos como estudo de caso**. In: Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso. Org. Emerson Galvani e Nádia G. B. de Lima. Curitiba: CRV, 2012.

SILVA, J. F.; **Ensaio sobre o balanço de radiação no ambiente costeiro: Sistema Estuarino-Lagunar Cananéia-Iguape**. 1991. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

SILVA, J. F.; HERZ, R. Estudo de microclimas em ambientes de manguezais na região do complexo estuarino-lagunar de Cananéia. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1., 1987, Cananéia. **Anais...** Cananéia: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. p.127-131.

SILVA, R.B.C. e COSTA, A.C.L. Estudo da interceptação pluviométrica em área de manguezal no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA – 1996 a 2006. **Anais...** Disponível em <http://www.cbmet.com/busca.php>.

SIMIONI, G.; GIGNOUX, J.; LE ROUX, X. Tree layer spatial structure can affect savanna production and water budget: results of a 3-D model. **Ecology**, 84(7), 2003, pp. 1879–1894.

SNEDAKER, S. C.; JIMENEZ, J. A.; BROWNS, M. S. Anomalous aerial roots in *Avicennia germinans* (L). **Bulletin of Marine Science**, Flórida, v. 31, n. 2, p. 467-470, 1981.

SOARES, M. L.G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudoeste do Brasil: análise de model**. 1997. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SOUZA, C.R. de G.; SUGUIO, K. OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (eds.). 2005. **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto (SP). 386 p.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves**. London: Earthscan. 2010.

STEVENS, P.W., FOX, S.L., MONTAGUE, C.L. The interplay between mangroves and saltmarshes at the transition between temperate and subtropical climate in Florida. **Wetlands Ecology and Management** (2006) 14:435–444 \_ Springer 2006

STOUTJESDIJK E BARKMAN. **Microclimate, vegetação e fauna**. Uppsala/Suécia: Opulus Press AB, 1992. p. 216.

STUART, A; CHOAT, B; MARTIN, KC; HOLBROOK, NM, BOLA, MC. The role of freezing in setting the latitudinal limits of mangrove forests. **New Phytologist**. v. 173, Issue 3, páginas 576-583, fevereiro 2007.

SUGUIO, K. TESSLER, M. G. **Depósitos quaternários da planície de Cananéia-Iguape**. São Paulo: DPNM, 1992.

TAKLE E.S.; CHEN, T.C.; WU X. 2006. **Protective functions of coastal forests and trees against wind and salt spray**. This conference.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise**. 2002. Tese (Livre Docência) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TARIFA, J. R. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins. In: **Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente Físico, Flora e Fauna**. Org. Otavio A.V. Marques; Wânia Duleba. São Paulo: Holos. 2004. p. 42 a 50.

TARIFA, J.R. **Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no Estado de São Paulo: uma análise quantitativa no processo genético**. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 93p. (Série Teses e monografias, 19), 1975.

TAVARES, Renato. **Clima, tempo e desastres**. In: Desastres naturais: conhecer para prevenir. Org. Lídia Keiko Tominaga; Jair Santoro e Rosangela Amaral. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 1º edição.

TESSLER, MOYSÉS G; GOYA, SAMARA C. Y; YOSHIKAWA, PABLO S.; HURTADO, SHANTY N. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro / São Paulo**. In: Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. Org. MUEHE, D. Ministério do Meio Ambiente. 2006.

THOM, B. G. Coastal landforms and geomorphic processes. In: **The mangrove ecosystem: research methods**. Org. Samuel C. Snedaker e Jane G. Snedaker. Paris: UNESCO. 1984.

THOMAZ, E. L. Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava-PR. **Revista do Departamento de Geociências**. v. 14, n. 1, jan./jun. 2005

TOMLINSON, P.B. **The Botany of Mangroves**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 413 p. 1986

TONELI, 2007. Análise da relação entre a estrutura do dossel a partir de fotografias hemisféricas e dados dendrométricos de inventário florestal, conduzido em um povoamento de *Eucalyptus grandis*. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1891-1898.

TRICART, J. **La terre Planete Vivante**. Press Univ. de France, Cd. SUP, Paris. 1972.

VALE, C. C. do. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santos e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VALIELA, I.; Bowen, J.L.; York, J.K. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. **BioScience** 2001, 51, 807-815.

WALSH, G.E. 1974. **Mangroves: a review**. In: Reinhold RJ, Queen W.H, eds. Ecology of halophytes. New York: Academic Press, 51 – 174.

WALTER et al. Integrating clumping effects in forest canopy structure: an assessment through hemispherical photographs. **Can. J. Remote Sensing**, Vol. 29, No. 3, pp. 388–410, 2003.

Walter, H. (1971). **Ecology of tropical and sub-tropical vegetation**. Oliver and Boyd, Edinburgh.

WANDELLI, E.V.; MARQUES FILHO, A.O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar de coberturas vegetais. **Acta Amazônica**, Manaus, n.29, p. 57-78. 1999.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies in growth of field crops. I. variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Anatomy and Botany**. n. 11, p. 41-76. 1974

WEISS, M.; BARET, F.; SMITH, J. G.; JONCKHEERE, I.; COPPIN, P. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination, Part II: estimation of LAI, errors and sampling. **Agriculture and Forest Meteorology**. v. 121, n. 1, p. 37-53, 2003.

WOLANSKI, E. (2006): The application of ecohydrology for sustainable development and management of mangrovedominated estuaries. The ICEMAN 2006 Mangrove Conference in Kuala Lumpur.

WOLANSKI, E; MAZDA, Y; RIDD, P.V. 1992. Mangrove hydrodynamics. In, Tropical Mangrove Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies 41 (eds. A.I. Robertson and D.M. Alongi), American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 43–62

WOODROFFE, C.D.; SOURCE, J.G. Mangrove Biogeography: The Role of Quaternary Environmental and Sea-Level Change Author(s): **Journal of Biogeography**, Vol. 18, No. 5 (Sep., 1991), p. 479-492

ZHANG, K. et al. The role of mangroves in attenuating storm surges. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 102-103 (2012) 11e23

ZHANG, Y.; CHEN, J. M. MILLER, J. R. Determining digital hemispherical photograph exposure for leaf area index estimation. **Agricultural and Forest Meteorology** 133 (2005) 166–181.