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

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DOS MANGUEZAIS DA BARRA DO
RIBEIRA-IGUAPE/SP**

Nádia Gilma Beserra de Lima

São Paulo
2009

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

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DOS MANGUEZAIS DA BARRA DO
RIBEIRA-IGUAPE/SP**

Nádia Gilma Beserra de Lima

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

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo
2009

Nádia Gilma Beserra de Lima

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DOS MANGUEZAIS DA BARRA DO
RIBEIRA-IGUAPE/SP**

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ciências (Geografia Física).

Aprovado em: 30/07/2009

Banca Examinadora:

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

Profa. Dra. Sueli Ângelo Furlan
Universidade de São Paulo – FFLCH – Departamento de Geografia

Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção
Universidade Federal de Goiás – UFG – Departamento de Geografia

Ao meu amor Fernando, por tudo o que significa em minha vida

A Família Lima, pelos ensinamentos e presença constante.

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa que termina e depois de uma longa caminhada, cheia de dificuldades, realizações, de muito trabalho e força de vontade, me resta olhar para trás e ver que apesar de árdua, apoio não me faltou. Foram inúmeras as pessoas que me estenderam a mão, com o intuito (essa palavra é em sua homenagem Emerson!!! Calma, pelo menos não é incidente !!) de me ajudar seja de forma direta ou indiretamente. Com certeza, ficaram 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 “incansável”, os quais passo a destacar:

Ao Orientador Prof. Dr. Emerson Galvani pelo incentivo, apoio, atenção e principalmente pela amizade, com quem sempre pude contar nos momentos mais difíceis dessa vida acadêmica. Obrigada pela disposição em atolar inúmeras vezes no manguezal e suportar aquelas infundáveis picadas de insetos, sempre com uma dose extra de bom humor que nos rendeu muitas gargalhadas. Aprendi muito nesses anos de convivência!!! Sem seu apoio essa conquista não teria se concretizado!!! “Obrigada”

Ao Fernando, por todo amor e dedicação que tem demonstrado ao longo dos anos, suportando com muita paciência minhas ausências. Por toda a participação ativa durante esse trabalho, pelo apoio e disposição de atolar no manguezal e pela paciência de trabalhar comigo naquelas infundáveis planilhas do *Excel*. “Você é muito especial!”

Aos meus pais (Jerônimo e Nazaré), pelo apoio incondicional, contribuindo para que não desistisse, por mais árduo que fosse o caminho. Até vocês toparam o desafio de trabalhar no manguezal! Foi simplesmente fantástico contar com vocês em campo!

A Nara e ao Arlindo, por todo o apoio e disposição com que sempre me ajudaram ao longo desses anos, pela participação incondicional em campo. (Nara foi lamentável não ter registrado o que considero o momento mais apreensivo do campo, mas com certeza valeu a experiência e claro o susto também!)

A minha pequena princesinha Sarah, por ter transformado as nossas vidas em momentos de pura alegria.

A Cida (sei que você prefere Antônia), por todo o apoio e amizade, por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e pela torcida absoluta que sempre teve por mim. “Seu apoio me deixa muito mais segura”

A Nanda, pelo apoio e ajuda em todos os momentos, principalmente durante as realizações dos campos. “Sua ajuda foi sempre fundamental!”

A Ana Lúcia Gomes, pela amizade incondicional ao longo de todos esses anos, pelo apoio, ombro amigo, elaboração dos mapas, pela participação em campo (Aprendi muito em campo com você!!) e pela paciência em discutir os resultados comigo até os últimos minutos. Valeu amiga!!! Sem você não teria chegado ao fim!

A Kelly Melo, pela amizade ao longo de todos esses anos, pelo ombro amigo, pela participação em campo, pelo total apoio ao longo de todo esse processo. Obrigada pela oportunidade de ter trocado inúmeras experiências!!! Valeu, mesmo amiga!

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

Ao Guilherme Barduco, Luciano Ramos e Vinícius Alvarenga pela amizade, apoio e disposição em atolar no manguezal. Contar com vocês foi fundamental!

Thalita e Fábio pela amizade, pelo apoio, torcida e pela ajuda em campo. “Ainda hoje me pergunto como vocês tiveram coragem”

As amigas Rita Falcão e Bárbara Cruz, pela amizade, apoio e torcida, principalmente nessa etapa final. Conhecer vocês nesses últimos meses me deu um ânimo a mais para continuar na caminhada. “Obrigada por aceitarem me ajudar em campo, apesar do desafio, atolar no manguezal tem lá seus encantos, não é mesmo, meninas!”

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

Aos barqueiros Guilherme, Roberto, José Walter, e especialmente ao Israel por toda a atenção, apoio e disposição em campo.

As amigas Iara Bustos e Fernanda Lopes, pela amizade, apoio, ombro amigo e pelas ótimas gargalhadas durante nossos encontros. “Vocês são maravilhosas!!!”

Aos amigos de longa data: Silvia Zambuzi, Vanks Estevão, Nazaré Barbosa, Ita Barbosa, Socorro Barbosa, Vitória Barbosa, Mara Barbosa, Sueli Godoy, Edirley Ananias e Silvio Villar pela amizade, apoio e incentivo.

As amigas Josi Figueiredo, Clara Miti, Tati Garcia, Solange Papini, Fernanda Bertaco, Silvana Rabaquim, Malú Salvagnini e Terezinha Costa pela amizade e apoio ao longo desses anos.

Aos amigos de pós-graduação que conquistei e com quem compartilhei essa fase da minha vida e que muito contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, com a oportunidade de troca de experiências: Sérgio Serafini, Marcos Milanesi, Gustavo Armani, Cássio Wollmann, Ivonete Souza, Marcos Melo, Marcos Pinheiro, Bárbara Rocha, Valdir de Cicco (Valdir, obrigada pela ajuda com a interceptação!).

Aos professores Dr. Reinaldo Perez Machado e Dr. Eduardo Salinas pelo apoio e aprendizado durante o trabalho de campo e por aceitarem o desafio de atolar no manguezal!

Aos professores Dra. Sueli Furlan e Dr. Tarik Rezende de Azevedo pelas discussões ao longo do trabalho e principalmente no exame de qualificação.

Aos professores Dr. Luis Venturi, Dra Yara Schaeffer-Novelli (IO) e Dr. Humberto Rocha (IAG) pela atenção e aprendizado nas matérias cursadas durante o período de pós-graduação.

Aos professores Dr. Ailton Luchiari, Dra. Déborah de Oliveira e Dr. Jurandyr Ross pelo apoio durante esse período de pós-graduação.

Ao professor Dr. Hildeu Ferreira de Assunção pelas correções, sugestões e pela atenção.

Aos amigos de SVMA pelo apoio ao longo dessa etapa e de minha vida profissional.

Aos funcionários do Departamento de Geografia, em especial a Cida, Ana, Luciana, Orlando e Tião pelo apoio ao longo desses anos.

A bibliotecária Maria Imaculada pela disposição e rapidez em que me ajudou com a ficha catalográfica.

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

Ao Instituto Florestal, em especial a Mônica Pavão, por disponibilizar as fotografias aéreas da área de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento dos equipamentos e trabalhos de campos (Processo nº 470434/2006-6 referente ao edital MCT/CNPq 02/2006 – Universal).

A 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 “força superior”, pela constante iluminação.

A todos vocês “MUITO OBRIGADA”.

Por último, termino com um agradecimento especial a todos aqueles que fizeram parte de minha equipe de campo, pelo apoio, disposição e dose extra de bom humor com que sempre me ajudaram na difícil tarefa de atolar no manguezal. “Nara e Nanda faltaram vocês!”

Sem a força e apoio de vocês nada teria sido feito!!!

RESUMO

LIMA, Nádia G. B. **Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP**. 2009. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

O manguezal, definido como um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos caracteriza-se por ambiente salinizado e pela constante inundação causada por marés. Com destaque na área do Sistema Costeiro Cananéia – Iguape, sua importância está relacionada à produção de biomassa, inserida no sistema bioenergético natural, aumentando a produtividade da zona costeira com a introdução de particulados orgânicos. Representam comunidades vegetais adaptadas a várias condicionantes físicas atuantes nas zonas costeiras, entre elas, as climáticas. Essa pesquisa objetivou analisar as variações dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade) no manguezal, localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP, verificando se a variação existente está relacionada com as principais características da vegetação, mais especificamente pela presença de dossel no ambiente. 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. Analisaram-se ainda as características estruturais do manguezal, visando comparar com os atributos climáticos. A presente pesquisa contribuiu para entender a variação dos atributos climáticos e sua influência na vegetação do manguezal. Verificou-se que, na escala de trabalho microclimática, os atributos do clima apresentam influência direta na distribuição espacial dessa vegetação. Além disso, as características do dossel é o principal controle para essa variação, principalmente na distribuição pluviométrica abaixo desse dossel, bem como na quantidade de radiação solar, que, conseqüentemente, influencia na distribuição das espécies vegetais do ambiente.

Palavras-chaves: mangue, atributos climáticos, dossel, transmissividade.

ABSTRACT

LIMA, Nádia G. B. **Analysis microclimatic of mangroves in Barra of river Ribeira - Iguape / SP**. 205 f. Dissertation (Master's) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

The mangrove is defined as a coastal ecosystem of transition between terrestrial and marine environments and is characterized by salinized environment and the constant flooding caused by tides. With emphasis in the area of coastal systems Cananéia - Iguape, its importance is more related to the production of biomass, inserted in the natural bioenergy system, that increases the productivity of the coastal zone with the introduction of organic particles. Represent plant communities adapted to different physical conditions in coastal areas, including the weather. This study aimed to analyze the changes of the attributes climate (air temperature, relative humidity, solar radiation, wind and rainfall) in the mangrove at the barra of Ribeira-Iguape/SP, checking if the variation is related to the main characteristics of vegetation, more specifically with the presence of the canopy at the environment. Was installed a tower containing two microclimatic weather stations to obtain an analysis of changes in climatic attributes above and below the canopy of mangrove. It was also analyzed the structural characteristics of mangrove, aiming to compare with the attributes climate. This research contributed to understanding the variation on the attributes of climate and its influence in the mangrove vegetation. It was found that, on the scale of work microclimatic, the attributes of climate have a direct influence on the spatial distribution of vegetation. Furthermore, the characteristics of the canopy are the main control for this variation, mainly in distribution of rainfall below the canopy and the amount of solar radiation, which consequently influences the distribution of plant species of the environment.

Key words: mangrove, attributes climate, canopy, transmissivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP... Erro! Indicador não definido.	
Figura 02: Pluviosidade média anual para Iguape e seu entorno. Situação sem escala. Fonte: Lima et al.(2008).	13
Figura 03: Distribuição dos manguezais no globo terrestre. Situação sem escala.	20
Figura 04: Distribuição dos manguezais no Brasil.	21
Figura 05: Unidades fisiográficas do litoral brasileiro, proposto por Schaeffer-Novelli et al.(1990, p. 206).	23
Figura 06: Níveis hierárquicos proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para os manguezais.	25
Figura 07: Croqui de delimitação da parcela de 400m ² utilizada para obtenção das fotografias hemisféricas, estrutura da vegetação e disposição dos pluviômetros totalizadores.	68
Figura 08: Croqui de instalação da torre microclimática – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	70
Figura 09: Sensores da Plataforma de Coleta de Dados – CPTEC/INPE - 1) Ultrasônico de vento; 2) Temperatura do ar e Umidade relativa do ar; 3) Radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa (PAR); 4) Pluviômetro; 5) Barômetro; 6) Radiação total líquida ou saldo radiômetro; 7) Temperatura do solo e 8) Fluxo de calor no solo. Fonte: www.cptec.inpe.br, consulta realizada em 19/05/2008	77
Figura 10: Localização da Torre Microclimática no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	Erro! Indicador não definido.
Figura 11: Área Basal por classe diamétrica para os indivíduos vivos de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	88
Figura 12: Dominância relativa por classe diamétrica para os indivíduos vivos de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	89
Figura 13: Número de troncos por classe diamétrica para os indivíduos vivos de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	90
Figura 14: Total diário da radiação solar global acima e abaixo do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e na PCD - Iguape/SP, para 2008.	96
Figura 15: Variação da radiação solar global para os dias 13/01/08, com cobertura de céu nublado e 04/03/08, com cobertura de céu limpo.	97
Figura 16: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 13/01/08, com cobertura de céu nublado, ($\tau = 0,15$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	98
Figura 17: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 04/03/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,68$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	99
Figura 18: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 13/06/08, com cobertura de céu nublado ($\tau = 0,09$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	100
Figura 19: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 17/10/08, com cobertura de céu nublado ($\tau = 0,05$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	101
Figura 20: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 07/05/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,70$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	102
Figura 21: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 22/09/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,72$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	102
Figura 22: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 26/05/08, com cobertura de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,4$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	103
Figura 23: Radiação solar global no topo da atmosfera (Io), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 16/12/08, com cobertura de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,4$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	104
Figura 24: Relação entre a radiação solar global obtida acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel do manguezal – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira-Iguape/SP.	105

Figura 25: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel do manguezal, no período de 06/01 a 31/03/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	106
Figura 26: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, no período de 01/04 a 23/06/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	106
Figura 27: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, no período de 21/09 a 31/12/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	107
Figura 28: Relação entre a radiação solar global e a radiação solar global refletida no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira-Iguape/SP.....	108
Figura 29: Albedo obtido para o manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP..	109
Figura 30: Variação da transmissividade do dossel (τ_d) do manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP para o período de 06/01 a 31/12/08.....	111
Figura 31: Radiação solar global a 10m (RG ₁₀) e a 2m (RG ₂), saldo de radiação de onda curta (Sroc) e radiação refletida (Rr) para 20, 21 e 22/03/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira- Iguape/SP - Brasil.....	112
Figura 32: Radiação solar global a 10m (RG10) e a 2m (RG2), saldo de radiação de onda curta (SROC) e radiação refletida (Rr) para 21, 22 e 23/09/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira- Iguape/SP - Brasil.....	113
Figura 33: Variação mensal da temperatura média e das médias de temperatura máxima e mínima do ar para os sensores localizados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e para a PCD - Iguape/SP.	116
Figura 34: Variação sazonal da temperatura média, máxima e mínima do ar para os sensores localizados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e para a PCD - Iguape/SP.	117
Figura 35: Temperatura máxima e mínima absoluta do ar, em escala diária para o manguezal - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e PCD - Iguape/SP.	118
Figura 36: Temperatura média do ar, em escala diária, para o manguezal - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e PCD - Iguape/SP.	118
Figura 37: Temperatura média do ar e precipitação acumulada em 10min para o período de 08/01/08 a 15/01/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	121
Figura 38: Temperatura média do ar para 08 e 09/01/08, sem registro de precipitação, e para 12 e 13/01/08, com registros de precipitação, no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	122
Figura 39: Temperatura média do ar e precipitação para o período de 20h de 12/01/08 à 17h20min de 13/01/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.	123
Figura 40: Temperatura média do ar e precipitação para os dias 13 e 14/04/2008 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	125
Figura 41: Temperatura média do ar e precipitação para os dias 20 e 21/06/2008 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	126
Figura 42: Variação horária da temperatura média do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	127
Figura 43: Variação horária da temperatura média do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	127
Figura 44: Variação horária da temperatura máxima do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	128
Figura 45: Variação horária da temperatura mínima do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	129
Figura 46: Variação horária da temperatura máxima do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	130
Figura 47: Variação horária da temperatura mínima do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	130
Figura 48: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 06/01 a 31/12/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	132
Figura 49: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 08/01 a 15/01/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	133
Figura 50: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 13/04 a 15/04/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.....	134

Figura 51: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 20/06 a 21/06/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	135
Figura 52: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 13/04 a 23/06/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	137
Figura 53: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 30/09 a 31/12/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	137
Figura 54: Pluviosidade total registrada para 2008 e total máximo em 24h para o manguezal (P10) e PCD - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	140
Figura 55: Pluviosidade total diária para janeiro, registrada no manguezal (P10) da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira (10) e para a PCD – Iguape/SP.....	141
Figura 56: Coeficiente de determinação para a precipitação total diária obtida no manguezal (P10) da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.	142
Figura 57: Distribuição sazonal da precipitação para P10, localizado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira, Iguape/SP.....	143
Figura 58: Coeficiente de determinação entre a precipitação total e a precipitação interna para o manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	144
Figura 59: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para janeiro de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	147
Figura 60: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para abril de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	147
Figura 61: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para junho de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	148
Figura 62: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para novembro de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	148
Figura 63: Coeficiente de correlação entre a precipitação total e a precipitação interna para janeiro no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	149
Figura 64: Disposição dos pluviômetros totalizadores em uma parcela de 400m ² - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. Situação sem escala.....	152
Figura 65: Rajada máxima registrada acima (V10) e abaixo (V2) do dossel de manguezal - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira - Iguape SP.....	153
Figura 66: Velocidade média do vento registrada acima (V10) e abaixo (V2) do dossel de manguezal - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira - Iguape SP.....	154
Figura 67: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrada acima (D10) e abaixo do dossel (D2), em 2008.....	156
Figura 68: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano.....	157
Figura 69: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, para 2008, considerando o período noturno e diurno, registrado a 10m e a 2m da superfície.....	159
Figura 70: Síntese dos dados obtidos acima e abaixo do dossel de manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	161
Figura 71: Coeficiente de determinação para a radiação solar global a 10 m (RG10) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.	178
Figura 72: Coeficiente de determinação para a radiação solar global a 10 m (RG10) e a 2 m (RG2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	178
Figura 73: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	179
Figura 74: Coeficiente de determinação para a temperatura média do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	179
Figura 75: Coeficiente de determinação para a temperatura mínima do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.....	180
Figura 76: Coeficiente de determinação para a temperatura média do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e a PCD – Iguape/SP.....	180
Figura 77: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.....	181

Figura 78: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP	181
Figura 79: Coeficiente de determinação para a pluviosidade a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP	182
Figura 80: Coeficiente de determinação para a pluviosidade a 10 m (P10) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.	182
Figura 81: Coeficiente de determinação para a pluviosidade a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.	183

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 01: <i>Rhizophora mangle</i> – Barra do Ribeira - Iguape/SP.	29
Fotografia 02: <i>Avicennia schaueriana</i> – Cubatão/SP.	30
Fotografia 03: Destaque de folha de <i>Laguncularia racemosa</i> – Barra do Ribeira/Iguape/SP.	31
Fotografia 04: <i>Conocarpus erecta</i> – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	32
Fotografia 05: Fotografia hemisférica obtida em 11/07/08 para a Parcela 1 – P4 no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	69
Fotografia 06: Abrigo meteorológico, contendo sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar - CS215.	71
Fotografia 07: Pluviômetros instalados nos manguezais da Barra do Ribeira, a) tipo TE525MM-L15, b) pluviômetros para localidades remotas.	72
Fotografia 08: Sensor de velocidade e direção do vento, instalados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, no nível 2 m.	73
Fotografia 09: Saldo-Radiômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	73
Fotografia 10: Piranômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	74
Fotografia 11: Plataforma de Coleta de Dados (CPTEC), localizada no município de Iguape/SP.	77
Fotografia 12: <i>Rhizophora mangle</i> presentes nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.	78
Fotografia 13: Vista dos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.	79
Fotografia 14: Manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	79
Fotografia 15: <i>Rhizophora mangle</i> , localizada na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape/SP.	80
Fotografia 16: Vista do manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	81
Fotografia 17: Equipamentos, em elevação, instalados no topo da torre microclimática, (pluviômetro, saldo-radiômetro, abrigo meteorológico, contendo sensores de temperatura e umidade relativa do ar e sensores de velocidade e direção do vento).	82
Fotografia 18: Equipamentos instalados no topo da torre microclimática - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape/SP.	83
Fotografia 19: Equipamentos instalados abaixo do dossel de manguezal (pluviômetro, piranômetro, sensor de temperatura e umidade relativa do ar, sensor de velocidade e direção do vento, datalogger e painel solar) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	83
Fotografia 20: Pluviômetros instalados na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	84
Fotografia 21: Pluviômetros instalados na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”	40
Tabela 02 - Intervalos de classes para os valores de transmissividade atmosférica (τ)	75
Tabela 03 - Número de indivíduos, número de troncos por 0,04 hectare, altura média, alturas das emergentes, área basal, densidade relativa (DR) e Dominância Relativa dos indivíduos vivos – manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP	87
Tabela 04 - Número de indivíduos por 0,04 hectare e densidade relativa (DR) dos indivíduos mortos – manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP	88
Tabela 05 - Índice de área foliar e abertura do dossel para 22/03/08, 11/07/08 e 20/09/08, obtidos com o processamento de fotografias hemisféricas no <i>software</i> GLA, para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP	93
Tabela 06 - Transmissividade atmosférica (τ) e cobertura do céu para os dias 13/01, 04/03, 07/05, 13/06, 22/09, 17/10 e 20/11/08 – Barra do Ribeira-Iguape/SP	96
Tabela 07 - Transmissividade mensal do dossel (τ_d) do manguezal – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	110
Tabela 08 - Total de radiação solar global a 10m e a 2m no manguezal da Barra do Ribeira-Iguape/SP/Brasil.	114
Tabela 09 - Temperatura máxima absoluta, média e mínima absoluta do ar para os sensores localizados no manguezal (T10 e T2) e para a TPCD – Iguape/SP	116
Tabela 10 - Dias selecionados para análise diária dos dados de temperatura do ar – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP	120
Tabela 11 - Umidade relativa do ar para os sensores UR10 e UR2 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.	131
Tabela 12 - Dias selecionados para análise diária dos dados de umidade relativa do ar – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP	133
Tabela 13 - Precipitação (mm) para 2008, obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP e na Plataforma de Coleta de Dados – PCD	139
Tabela 14 - Período de análise, número de dias com chuva, números de eventos ($N^{\circ}_{\text{Eventos}}$), P10 (mm), P02 (mm), Concentração (C, mm), Perda por Interceptação (I, mm) e porcentagem de perda por interceptação (%)	145
Tabela 15 - Pluviosidade registrada pelos pluviômetros distribuídos ao longo das 4 parcelas, P10 e P2.	151
Tabela 16 - Direção predominante do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, para 2008 registrado em dois níveis, 10m (D10) e 2m (D02)	155
Tabela 17 - Direção predominante do vento no manguezal, por estação do ano, acima (D10) e abaixo do dossel (D02) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.	157
Tabela 18 - Direção predominante do vento no manguezal para o período noturno (18h10min às 5h50min) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, registrado em dois níveis, 10m (D10) e 2m (D02)	158

LISTA DE ABREVIATURAS

τ_d .	transmissividade do dossel (adimensional ou porcentagem)
C	concentração de precipitação realizada por folhas e galhos
D02	direção predominante do vento abaixo do dossel de manguezal, registrada a 2 m da superfície
D10	direção predominante do vento acima do dossel de manguezal, registrada a 10 m da superfície
I_0	irradiância atmosférica extraterrestre ($W.m^{-2}$ e $MJ.m^{-2}$).
P1	parcela 1
P2	parcela 2.
P3	parcela 3.
P4	parcela 4.
P02	precipitação obtida abaixo do dossel de manguezal, a 2 m de altura da superfície.
P10	precipitação obtida acima do dossel de manguezal, a 10 m de altura da superfície.
PPCD	precipitação registrada na Plataforma de Coleta de dados do CPTEC/INPE.
RG10	radiação solar global acima do dossel de manguezal, obtida a 10 m de altura da superfície ($W.m^{-2}$ e $MJ.m^{-2}$).
RG2	radiação solar global abaixo do dossel de manguezal, obtida a 2 m de altura da superfície ($W.m^{-2}$ e $MJ.m^{-2}$).
R_r	radiação solar global refletida ($W.m^{-2}$ e $MJ.m^{-2}$).
RPCD	radiação solar global registrada na Plataforma de Coleta de Dados do CPTEC/INPE.
T10	temperatura do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 10 m de altura da superfície.
T10max	temperatura máxima absoluta do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 10 m de altura da superfície.
T10med	temperatura média do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 10 m de altura da superfície.
T10min	temperatura mínima do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 10 m de altura da superfície.
T2	temperatura do ar registrada abaixo do dossel do manguezal, a 2 m de altura da superfície.
T2max	temperatura máxima do ar registrada abaixo do dossel do manguezal, a 2 m de altura da superfície.
T2med	temperatura média do ar registrada abaixo do dossel do manguezal, a 2 m de altura da superfície.
T2min	temperatura mínima do ar registrada abaixo do dossel do manguezal, a 2 m de altura da superfície.
TPCD	temperatura média do ar na Plataforma de Coleta de dados do CPTEC/INPE.

UR10	umidade relativa média do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 10 m de altura da superfície.
UR2	umidade relativa média do ar registrada acima do dossel do manguezal, a 2 m de altura.
V10	velocidade média do vento registrada acima do dossel de manguezal, a 10 m de altura da superfície.
V10max	rajada máxima do vento registrada acima do dossel de manguezal, a 10 m de altura da superfície.
V2	velocidade média do vento registrada abaixo do dossel de manguezal, a 2 m de altura da superfície.
V2max	rajada máxima do vento registrada abaixo do dossel de manguezal, a 2 m de altura da superfície.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ω	ângulo horário.
δ	declinação solar.
ϕ	latitude.
Σ	somatória.
%	porcentagem
τ	transmissividade atmosférica (adimensional ou porcentagem).
<	menor
>	maior
$\leq$	menor ou igual
AF	Área Foliar.
cm	centímetro.
CO ₂	gás carbônico.
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.
DAP	Diâmetro a Altura do Peito.
Dor	dominância relativa.
DR	densidade relativa.
E	leste.
E0	fator de correção da excentricidade da órbita da terra.
g	área basal.
GLA	Gap Light Analyzer.
h	hora.
H ₂ 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.
Isc	constante solar, equivalente a 1367 W m^{-2} .
m	metro.
m ²	metro quadrado.
m ² /ha	metro quadrado por hectare.
m ² /m ²	metro quadrado de folha por metro quadrado de terreno (caso expresse IAF)
min	minuto.
MJ.m ⁻²	megajoule por metro quadrado.
mm	milímetro.
N	norte.
n	número de espécies.
NE	nordeste.
nº	número.
NW	noroeste.
°C	graus Celsius.
PCD	Plataforma de Coleta de Dados.
PI	precipitação interna.
PT	precipitação total.
r	raio.
R ²	coeficiente de determinação.
S	sul.
SE	sudeste.
SP	São Paulo.
Sroc	Saldo de radiação de onda curta.
SW	sudoeste.
W	oeste.
W.m ⁻²	watts por metro quadrado.
π	3,1416

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivos específicos.....	3
3 HIPÓTESE.....	4
4 ÁREA DE ESTUDO.....	5
4.1 Caracterização climática regional.....	8
5 OS MANGUEZAIS.....	14
5.1 Origem dos manguezais	17
5.2 Distribuição atual dos manguezais.....	19
5.3 Os níveis hierárquicos do ecossistema manguezal	23
5.4 A flora do manguezal	27
5.6 Fatores abióticos	33
5.6.1 Aspectos climáticos	33
5.6.2 Salinidade	34
5.6.3 Marés	35
5.6.4 Substrato e Aspectos Geomorfológicos.....	36
5.7 Funções dos manguezais	38
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	39
6. 1 Escalas do Clima.....	39
6. 2 Escala Microclimática: um enfoque para os manguezais	46
7 REFERENCIAL TEÓRICO	51
7.1 O dossel da vegetação.....	51
7.2 Radiação solar.....	55
7.3 Temperatura do ar e Umidade Relativa do Ar	58
7.4 Pluviosidade	60
7.5 Vento.....	61

8 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	63
8.1 Levantamento dos aspectos fisionômicos da vegetação.....	63
8.2 Levantamento dos principais atributos climáticos	69
8.3 Instalação dos equipamentos, obtenção dos dados e preenchimento de falhas	78
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
9.1 Características estruturais dos manguezais	87
9.2 Índice de Área Foliar.....	92
9.3 Radiação Solar	95
9.3.1 Análise diária da radiação solar global	96
9.3.2 Análise horária da Radiação solar global	105
9.3.3 Coeficiente de reflexão do dossel do manguezal	108
9.3.4 Transmissividade do dossel (τ_d) e sua relação com o índice de área foliar.....	110
9.4 Temperatura do ar	115
9.4.1 Análise da temperatura do ar na escala sazonal e mensal	115
9.4.2 Análise da temperatura do ar na escala diária.....	117
9.4.3 Análise da temperatura do ar na escala horária	126
9.5 Umidade Relativa do Ar	131
9.5.1 Análise da umidade relativa do ar na escala mensal e diária	131
9.5.2 Análise da umidade relativa do ar na escala horária.....	136
9.6 Pluviosidade	139
9.6.1 Pluviosidade mensal e sazonal.....	139
9.6.2 Interceptação da pluviosidade pela vegetação	143
9.6.3 Distribuição espacial da precipitação abaixo do dossel.....	150
9.7 Vento.....	153
9.7.1 Velocidade e direção predominante do vento.....	153
10 SÍNTESE DOS DADOS.....	160
11 CONCLUSÃO.....	166
12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	169
APÊNDICE A	178

1 INTRODUÇÃO

A área do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape pode ser considerada uma das mais preservadas do Estado de São Paulo, devido à sua extensão e estágio de preservação. Possui uma complexa biodiversidade, apesar de também apresentar exemplos da interferência antrópica, como o canal do Valo Grande¹. Esta região se destaca por sua diversidade e produtividade, rica em espécies aquáticas de elevado valor econômico, com extensas áreas de manguezais, restingas e Mata Atlântica.

Os manguezais, com importante destaque na área de estudo, caracterizam-se por ambiente salinizado e pela constante inundação causada por marés. Sua importância maior está relacionada à produção de biomassa, introduzida no sistema bioenergético natural, para aumentar a produtividade da zona costeira com a introdução de particulados orgânicos, nas águas estuarino-lagunares, pelos processos químicos e biológicos (HERZ, 1988). Representam comunidades vegetais adaptadas a várias condicionantes físicas atuantes nas zonas costeiras, entre elas, as climáticas.

A elevada biodiversidade característica do manguezal tem sofrido com alterações significativas realizadas pela ação antrópica. Essas modificações alteram a

¹ Valo Grande – Canal de ligação entre o Mar Pequeno e o Rio Ribeira de Iguape, localizado no município de Iguape, aberto em 1832, cujas margens sofreram intenso processo de erosão, contribuindo para um rápido assoreamento do canal.

cobertura vegetal, que por sua vez, altera o microclima. Ultimamente, tem aumentado a preocupação sobre a possível irreversibilidade do impacto ambiental local e sua influência nos regimes hidrometeorológicos desse ambiente, ao mesmo tempo, em que se conhece pouco a respeito das respostas do manguezal às condições climáticas.

Estudos apontam o ecossistema manguezal como indicador biológico das variações climáticas globais e do aumento previsto do nível relativo do mar, como Snedaker et al., (1981) e Schaeffer-Novelli (2002). Outros estudos foram realizados visando entender a influência de atributos climáticos na germinação de sementes de espécies de manguezais (OLIVEIRA, 2005).

Assim, entender como se dá a variação dos atributos climáticos no ambiente manguezal, torna-se fundamental, na medida em que traz elementos para se determinar como ocorre essa faixa limite entre as máximas e mínimas condições para sobrevivência das espécies.

A análise detalhada, do ponto de vista microclimático, se justifica pela necessidade de se entender em escalas inferiores esse ambiente, considerando a relação existente entre os componentes do meio físico, entre eles a estrutura da vegetação, visando contribuir com a identificação de futuras alterações, sejam elas de escala global ou resultantes de alterações locais. A preservação desse ambiente passa a ser importante não só pelo seu vasto ecossistema e pelas inúmeras espécies que abriga, mas também pelo equilíbrio nas condições climáticas que proporciona.

2 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo analisar as variações dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade) no manguezal, localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP, verificando se a variação existente está relacionada com as principais características do controle climático vegetação, mais especificamente pela presença de dossel no ambiente.

2.1 Objetivos específicos

- ✓ Analisar os aspectos fitossociológicos da vegetação do manguezal, com levantamento de área basal, densidade relativa, dominância relativa, entre outros.
- ✓ Avaliar a transmissividade da radiação solar global no interior do ambiente manguezal, enfocando sua variabilidade temporal e os fatores que determinam a sua atenuação verticalmente.
- ✓ Analisar a influência do dossel da vegetação de manguezal quanto à temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a direção e velocidade do vento, identificando se existem relações entre as variações desses atributos e as características do dossel.
- ✓ Comparar e relacionar os valores obtidos no manguezal com os dados de uma estação meteorológica automática da rede oficial do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

-
- ✓ Analisar a variação ao longo do ano da densidade do dossel do manguezal, com a obtenção do Índice de área foliar.
 - ✓ Avaliar e quantificar a interceptação de pluviosidade pelo dossel do manguezal.

3 HIPÓTESE

As hipóteses que nortearam esse trabalho foram:

- Existe interação entre os atributos climáticos, (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade), em escala microclimática, e a vegetação do manguezal.
- É possível entender as relações entre os atributos do clima monitorados no ambiente de manguezal e aqueles obtidos em uma estação meteorológica padrão.

4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada ao sul do litoral do Estado de São Paulo, constituída, principalmente, pelo setor nordeste do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape e drenada pelo curso inferior do Rio Ribeira de Iguape, sob as coordenadas 47°30' W e 47°22'W e 24°38' e 24°40' (figura 01).

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 cidade de Iguape é considerada uma ilha artificial por ter sido originada pela abertura no ano de 1832 de um canal de ligação entre o Mar Pequeno e o Rio Ribeira de Iguape, que recebeu o nome de Valo Grande.

A abertura do Valo Grande pretendia um melhor escoamento da produção de arroz, de forma que se tornasse mais eficaz, visto que contribuía para uma melhor navegação no trecho final do Rio Ribeira. Ao término de sua construção, o canal apresentava 4,40 m de largura. Entretanto, devido à erosão nas bordas, o canal apresenta-se, atualmente, com cerca de 300 m de largura, fazendo com que grande parte da vazão do Rio Ribeira de Iguape escoe por ele, acarretando grande efeito sobre o sistema como um todo. Esse canal tornou-se um dos principais exemplos de

interferência antrópica para todo o Sistema Costeiro Cananéia-Iguape. Segundo Cunha-Lignon (2001), cerca de 60% da drenagem do Rio Ribeira escoia pelo Canal do Valo Grande.

O Sistema Costeiro Cananéia-Iguape é considerado um dos mais produtivos, em relação à produtividade primária e um dos principais locais de abrigo e reprodução de inúmeras espécies marinhas da costa sudeste brasileira. Ross (2002) classifica a área como Sistema da Planície Costeira Cananéia-Iguape. Segundo esse autor, essa região faz parte de uma importante área estuarina de grande complexidade biofísica, onde ocorrem os ecossistemas de mangues ao lado das planícies e cordões arenosos marinhos, recortados por planícies fluviais cujos sedimentos marinhos são retrabalhados pelos rios e acrescidos de outros sedimentos procedentes do interior do continente. Além disso, os terrenos arenosos são recobertos, aí depositados pelas fases de transgressão/regressão marinha (transgressões Cananéia e Santos), por uma densa cobertura vegetal de mata de porte médio, em grande parte preservada, acompanhada de franjas de vegetação de mangue que ocupam as planícies intertidais (planícies de Mangue).

De acordo com Ross, op. cit., essa região é uma das mais preservadas do litoral paulista, embora haja relativa concentração demográfica em áreas pontuais como Iguape e Cananéia e faixas lineares de ocupação na Ilha Comprida na linha de costa das praias abertas para o oceano.

A figura 01 apresenta o uso do solo e a vegetação da Barra do Ribeira – Iguape/SP, elaborada a partir de fotografias aéreas, ano 2001, onde é possível visualizar a atual distribuição dos manguezais ao longo da foz do Rio Ribeira de Iguape.

Figura 1: Uso do Solo e Vegetação da Barra do Ribeira - Iguape/SP.

4.1 Caracterização climática regional

De acordo com Schroeder (1956), a distribuição regional da precipitação no litoral do Estado de São Paulo, na faixa compreendida entre o mar e a crista da serra, bem como ao sul do município de Santos até a Serra do Itatins, mostra-se mais regular. Ao contrário, na parte sul do litoral, desde a Serra de Itatins até o Vale do Ribeira, na fronteira com o Estado do Paraná, a variação da distribuição regional de chuva é semelhante aquela do interior do estado. Assim, nesta pequena área, ao lado de regimes chuvosos, que superam 3.000 mm anuais, principalmente na serras ao sul de Cananéia, encontram-se regimes pluviométricos que oscilam em torno de 1.300 mm anuais, como ao redor do município de Registro/SP.

Para Monteiro (1973), o Estado de São Paulo, devido à sua posição geográfica e combinações de fatores geográficos, encontra-se no limite de duas zonas climáticas: a) Zona Climática Intertropical - dominando grande parte de seu território, grosso modo ao norte do Trópico de Capricórnio, cujos climas são controlados por sistemas atmosféricos equatoriais e tropicais; b) Zona Climática Subtropical – mais ao sul, por sua vez, há o desenvolvimento de climas controlados por sistemas tropicais e polares. A bacia do Rio Ribeira de Iguape, especialmente em seu setor paulista tem sua unidade rítmica caracterizada pelo maior índice de penetração de massas polares e passagens frontais do estado.

Considerando, ainda, a dinâmica dos sistemas atmosféricos, Monteiro (1973), classifica o clima como sendo meridional permanentemente úmido, onde a atuação de massas polares (50%) sobrepuja a atuação das massas tropicais.

A faixa litorânea coincide com o desenvolvimento orográfico paralelo do sistema atlântico, apresentando valores superiores a 1.400 mm anuais, atingindo no trecho serrano entre Santos e São Sebastião, valores superiores a 3.000 mm anuais. Assim como no trecho elevado e voltado para o sul, de onde provêm as perturbações frontais, verifica-se uma acentuação na pluviosidade. Enquanto na Baixada do Ribeira observa-se uma diminuição, motivada pelas condições de abrigo topográfico à mesma corrente de perturbações (MONTEIRO, op. cit.).

De acordo com Monteiro, op. cit., em algumas áreas serranas do litoral paulista ocorrem totais pluviométricos anuais dos mais elevados do país, em torno de 4.500 mm. Essa pluviosidade é consequência da atuação das principais correntes da circulação atmosférica da vertente Atlântica da América do Sul e, sobretudo, do choque entre elas. A frente polar Atlântica que oscila do Rio da Prata até próximo ao Equador é a principal responsável pela gênese das chuvas aqui atuantes. O fenômeno pluvial não se mantém regular e constante através dos anos, apresentando sensíveis variações. A causa essencial destas flutuações é encontrada nas diferenças de abastecimento e atividade das massas polares. Os anos de intensa atividade polar implicam em elevada pluviosidade, enquanto o enfraquecimento das mesmas em proveito dos sistemas intertropicais responde pelos anos secos.

Monteiro (1973) propôs uma classificação climática para o Estado de São Paulo, onde a área de estudo, se encaixa no que denominou de Litoral e Planalto Atlântico Sul.

Gutjahr (1993) propôs uma compartimentação climática para a bacia do Rio Ribeira de Iguape, dividindo-a em dois compartimentos principais:

- ✓ Compartimento I: compreendendo toda a Baixada do Ribeira, e consequentemente a Barra do Ribeira, e algumas porções serranas, como o Maciço da Juréia e a Serra de Itatins a NE e a Serra do Mar a SW. Em sua parte central, esse compartimento encontra-se a uma distância média de 60 km do oceano, e dá idéia de continuidade tanto ao norte quanto ao sul ao longo do litoral, devendo ser considerado como um limite regional. Embora seja esse o compartimento de altitudes mais rebaixadas, com algumas exceções, é essa a área de maior influência oceânica e com os maiores totais pluviométricos e temperaturas mais elevadas.
- ✓ Compartimento II - compreende todo o setor paranaense da bacia, abrangendo o alto curso e parte do médio curso do Rio Ribeira de Iguape, bem como toda a parte norte da bacia representada pela Serra de Paranapiacaba.

Sant'Anna Neto (1995) também propôs uma tipologia pluvial para o Estado de São Paulo, sendo o litoral classificado em litoral norte, central e sul. O litoral sul compreende a área situada entre Peruíbe e Cananéia, portanto compreende também o município de Iguape, eminentemente influenciada pelos sistemas extratropicais e frontais, que compensam uma provável diminuição dos totais pluviais 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.

Para Monteiro (1973) e Tarifa (2004), o setor meridional do litoral paulista caracteriza-se também por uma maior variação da pluviosidade, em relação ao litoral norte, já que o afastamento da Serra de Paranapiacaba da linha de costa faz alternar a baixada do único tributário atlântico de porte do Estado de São Paulo – o Rio Ribeira de Iguape – com os pequenos maciços isolados (Itatins, Juréia e Ilha do Cardoso). Enquanto a unidade rítmica é caracterizada pelo maior índice de penetração das massas polares e 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 Ribeira, voltando a aumentar na encosta da Serra de Paranapiacaba.

Tarifa, op. cit., classificou o clima regional como subtropical úmido, sem estação seca definida. Para esse autor o total anual médio da pluviosidade é de 2.277,8 mm, com o trimestre mais chuvoso concentrado em janeiro, fevereiro e março e o trimestre menos chuvoso de junho a agosto. A estação quente e chuvosa prolonga-se habitualmente de outubro a abril dentro de um regime de pressões atmosféricas mais baixas, enquanto a estação menos chuvosa, de maio a setembro, ocorre associada à maior frequência dos sistemas anticiclônicos polares e tropicais atlânticos. Nesse período, o resfriamento de outono-inverno reduz as médias de temperatura para valores entre 20,2 °C (maio), sendo o mês mais frio julho, com 17,8 °C. A radiação solar global registra um valor médio anual de 295,8 cal cm⁻² dia⁻¹ (12,38 MJ.m⁻².dia⁻¹) enquanto que o mês com o máximo registrado é janeiro, com 406,6 cal cm² dia⁻¹ (17,02 MJ.m⁻².dia⁻¹) e mínimo mensal em julho com 193,9 cal cm⁻² dia⁻¹ (8,12 MJ.m⁻².dia⁻¹).

Devido a localização muito próxima do oceano e a trajetória dos deslocamentos dos sistemas ciclônicos associados as ondulações da frente polar, a área está submetida a forte impactos pluviométricos, sendo o máximo mensal registrado o valor de 966,8 mm, em fevereiro de 1960 e o máximo em 24 horas de 409,3 mm, em abril de 1973 (TARIFA, 2004).

Lima et al. (2007) realizaram um estudo referente a eventos extremos em 24h no município de Iguape e seu entorno. Para isso foram obtidos, junto ao DAEE, dados de 21 postos pluviométricos, com série de 1970 a 1990, distribuídos ao longo do município de Iguape/SP e os municípios vizinhos de Miracatu, Registro, Jacupiranga, Pariquera-Açú, Juquiá, Itariri, Pedro de Toledo, Ilha Comprida e Cananéia. Por meio do mapeamento da pluviosidade média anual, constatou-se a influência dos dois principais controles climáticos: 1) influência oceânica, com a variação da pluviosidade na medida em que há um distanciamento da linha da costa; 2) influência do relevo, com intensa pluviosidade nas fachadas oceânicas das serras. A área de estudo apresentou uma pluviosidade média anual de 1.899 mm, com registro de intensa pluviosidade ao longo do litoral, principalmente no setor nordeste do município de Iguape, onde a pluviosidade ultrapassa a 2.800 mm, enquanto o setor norte e noroeste apresentam uma pluviosidade média de 1.600 mm (figura 02).

Na análise da frequência relativa de eventos extremos em 24h (chuvas entre 50 a 80 mm e maiores que 80 mm) o Posto Cachoeira do Guilherme - Iguape/SP apresentou as maiores ocorrências. Os municípios de Iguape, Cananéia e Ilha Comprida apresentaram elevada frequência de eventos extremos, enquanto Juquiá e Miracatu, mais distantes da costa, apresentaram índices muito reduzidos.

Figura 01: Pluviosidade média anual para Iguape e seu entorno. Situação sem escala. Fonte: Lima et al.(2008).

A distribuição da pluviosidade média ao longo do ano demonstra que os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, com 273, 269 e 260 mm, respectivamente. Enquanto que os meses menos chuvosos destacam-se junho (109 mm), julho (72 mm) e agosto (85 mm), concordando com Monteiro (1973), Sant'anna Neto (1995) e Tarifa (2004).

5 OS MANGUEZAIS

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. Esse ambiente halófito, estabelecido sobre as zonas de entre marés, associa-se a cobertura vegetal típica, com desenvolvimento de flora especializada, caracterizada por espécies arbóreas que lhe conferem fisionomia peculiar (feição “mangue”), o qual exposto as lavagens diárias das marés exportam folhas, galhos, propágulos e material particulado, a ser decomposto nos corpos d’água adjacentes (rios, estuários, águas costeiras). Ocorrem em regiões abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), o termo manguezal refere-se ao ecossistema, enquanto mangue é utilizado para designar o grupo de espécies arbóreas com adaptações para sobreviver no ambiente entre-marés.

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (1995), o maior grau de desenvolvimento dos manguezais dependeria de cinco requisitos: (1) temperatura média do mês mais frio superior a 20 °C e amplitude térmica anual maior que 5 °C (CHAPMAN, 1976); (2) sedimentos predominantemente lodosos, ricos em matéria orgânica; (3) áreas

abrigadas contra tormentas; (4) presença de água salgada, pois as plantas de mangue são halófitas facultativas e assim ganham na competição com espécies terrestres não adaptadas a presença do sal no sedimento; (5) elevada amplitude de maré com reduzida declividade, o que permitiria a penetração de águas marinhas a grandes distâncias.

No Brasil a ocorrência dos manguezais se faz sobre as superfícies holocênicas resultantes dos últimos episódios representativos transgressivos / regressivos do mar sobre o continente. As superfícies geológicas relativamente jovens, em geral desenvolvidas nas bordas de terraços pleistocênicos de níveis mais altos, com destaque para sedimentos recentes, freqüentemente inundados pelas marés atuais, recebem em seu conteúdo volumes de matéria orgânica e argilo-minerais finos depositados a partir de suspensões que aderem às partículas arenosas do terraço. Tais ambientes de hidrodinâmica complexa, mas caracterizados em geral por índices de baixa energia agregam tais partículas que oferecem excelentes condições ao desenvolvimento das plântulas de mangue (HERZ, 1988).

Os mangues apresentam adaptações particulares em função dos fatores limitantes do seu ambiente. Dentre elas destaca-se o sistema radicular, altamente especializado e fisiologicamente adaptado. A necessidade do desenvolvimento de um sistema radicular que permaneça exposto à atmosfera em, pelo menos, uma parte do dia, está relacionada à natureza anaeróbica e inconsolidada dos substratos nos quais se desenvolvem (VALE, 2004).

Odum (1967² apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985) enfatiza a elevada complexidade presente nos manguezais, mencionando que vários fatores, de diferentes naturezas, são responsáveis pelo desenvolvimento dos manguezais, como a maré, a energia solar, aporte de água doce e nutriente e que os fluxos dessas energias e materiais disponíveis contribuem para que o mangue se desenvolva mais ou menos, dependendo da intensidade e freqüência com que atuam essas forças.

Inúmeros estudos têm sido desenvolvidos nos manguezais localizados no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, com destaque para os que enfocam a ecologia e a zonação dos manguezais. Os manguezais de Cananéia-Iguape dominam praticamente todas as margens do sistema, compreendendo uma área de aproximadamente 72 km² (CUNHA-LIGNON, 2001).

Cunha-Lignon, op. cit., caracterizou as tendências da dinâmica dos bosques de mangue no Sistema Cananéia-Iguape em feições de deposição, com auxílio de tratamento de imagens digitais.

Coelho Júnior (1998) caracterizou de forma detalhada os padrões de zonação estrutural e de espécies de mangue da região de Cananéia no que diz respeito aos bosques de franja e bacia, definindo os fatores determinantes dessa zonação. Com os resultados, esse autor concluiu que a zonação estrutural, com dominância de uma espécie sobre as demais (dominância de *Rhizophora mangle*), é espelho das condições e das características do gradiente físico-químico. Este gradiente é o resultado de diversos fatores, como a salinidade e freqüência de inundação, levando

² 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.

a uma íntima relação espacial e temporal ao longo das transversais, determinando as zonas e as sucessões.

5.1 Origem dos manguezais

Segundo Vale (2004), as teorias que explicam a origem e a atual distribuição dos manguezais ao longo das regiões costeiras da Terra, não convergiram para uma única hipótese. Entretanto, a maioria é unânime em afirmar a existência de um centro de origem, a partir do qual os mangues dispersaram-se, ocupando as costas dos continentes e ilhas ao redor do mundo ao longo da evolução geológica da Terra.

Segundo Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), a riqueza de espécies de mangue no Indo-Pacífico e a pobreza de espécies no novo Mundo têm sugerido a vários investigadores que o centro de origem destas plantas seria a região Indo-Malásia. Deste centro de origem, segundo Ding Hou e Steenis (1960³; 1962⁴ apud CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, op. cit.), os gêneros de *Rhizophora* e *Avicennia* disseminaram para o leste no sentido das Américas e para o oeste da África. Ambos gêneros teriam alcançado a região do Caribe durante o Cretáceo Superior, quando não existia o istmo do Panamá. Da região do Caribe, a dispersão das espécies continuou para a costa oriental da América do Sul e a costa Ocidental do continente africano (CHAPMAN, 1975). Para Chapman, op. cit., a distribuição dos manguezais

³ DING HOU. **A review of the genus *Rhizophora* with special reference to the Pacific species.** Blumea 10, p. 625 a 634. 1960.

⁴ STEENIS, C.G.G.J. van. 1962. **The distribution of mangrove plant genera and its significance for paleogeography.** Kon. Neder. Acad. Van Wetensch. 65. p. 164 a 169.

não pode ser explicada em termos de posição das atuais massas continentais, e a história do passado geológico é de grande importância para o entendimento de tal distribuição.

Para Chapman (1975) é notável a ausência dos manguezais nas ilhas do Pacífico Central e que seria lógico que estas ilhas tivessem mangues se a rota de migração tivesse sido através do Pacífico. Esse autor sugere que o padrão de distribuição das espécies é consequência das mudanças na orientação das massas terrestres como resultado da deriva continental. Devido à ampla distribuição mundial dos gêneros *Rhizophora* e *Avicennia*, considera-se que estas foram as primeiras a evoluírem.

As sementes dessas plantas colonizaram as bordas dos continentes e ilhas e foram se disseminando pelas correntes de seu centro de origem, pelo Mar de Tethys, alcançando à costa oeste da África e o leste das Américas, cruzando o istmo do Panamá e chegando a costa das Américas. Da região Mediterrânea continuaram sua difusão para o oeste, cruzando o Oceano Atlântico. Durante este período, este oceano era ainda relativamente jovem, facilitando a chegada das sementes a costa do Novo Mundo. Mudanças climáticas posteriores suprimiram os mangues na região do Mediterrâneo e o fechamento do Mar de Tethys, impediu a passagem para o Novo Mundo daquelas espécies que evoluíram, mais tarde na região Indo-Malásia.

Chapman, op. cit., alegou que as distâncias entre a costa leste do continente asiático e a costa ocidental das Américas seria muito grande para permitir a disseminação por essa rota. Algumas espécies de mangue colonizaram a costa oeste das Américas dada a inexistência durante este período do istmo do Panamá. As baixas temperaturas que presente na parte sul do continente africano impediu a chegada ao Novo Mundo das demais espécies de mangue por essa via.

No entanto, autores como McCoy e Heck (1976) não concordam que o centro de maior diversidade específica seja correspondente ao centro de origem e consideram que a tectônica de placas pode explicar o atual padrão de distribuição biogeográfica dos manguezais.

Tomlinson (1986⁵ apud Vale, 2004) acredita que ainda tem que haver mais consistência experimental para considerar a distribuição da atual flora de mangue. Para esse autor é necessário um entendimento baseado em mais registros, tanto fósseis quanto atuais, integrados com conhecimento biogeográfico geral e análises paleoclimáticas.

5.2 Distribuição atual dos manguezais

Os manguezais são formações que ocorrem principalmente na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio (23° 30' N e 23°30'S). Ocasionalmente se estendem para latitudes superiores, alcançando 30°N e 30°S, mas o desenvolvimento nesses extremos latitudinais se reduz, devido ao clima dessas latitudes. O máximo de desenvolvimento dos manguezais, de acordo com Chapman (1975) ocorre na linha do Equador.

Na costa do Oceano Pacífico do continente americano, o limite norte dos manguezais corresponde a latitude 31°, próximo a Puerto Lobos, no litoral desértico do Estado de Sonora, no México, enquanto que o limite sul corresponde a 5°30'S, na

⁵ TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Nova York: Cambridge University Press, 1986.

desembocadura do Rio Piura, no Peru. No Atlântico, o limite norte dos manguezais alcança 32º, nas ilhas Bermudas (figura 03).

Figura 02: Distribuição dos manguezais no globo terrestre. Situação sem escala.
Fonte: Schaeffer-Novelli (1995, p. 09).

De acordo com Schaeffer-Novelli et al. (1995), o Brasil possui de 10.000 a 25.000 km² de manguezais, dependendo da fonte consultada, enquanto que no mundo inteiro existem 162.000 km² desse ecossistema. No Brasil, os manguezais são encontrados ao longo de praticamente todo o litoral, margeando estuários, lagunas e enseadas, desde o Amapá (Cabo Orange ou Rio Oiapoque – 04º20” N) até Laguna (28º30’S), em Santa Catarina, limite austral desse ecossistema no Atlântico Sul Ocidental (SCHAEFFER-NOVELLI et al., op. cit.). No litoral sudeste, no Estado de São Paulo, uma faixa densa de manguezais é encontrada na Baixada Santista e no Sistema Costeiro Iguape- Cananéia, (figura 04).

Figura 03: Distribuição dos manguezais no Brasil.

Fonte: Schaeffer-Novelli (1994, p.4).

Elaboração e Organização: Santos (2006).

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

diferentes morfoestruturas. Esse fato levou a 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, a saber: 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. De acordo com Vale (2004), dessas oito unidades apenas na última não ocorrem os manguezais, mas apenas marismas. A figura 05 apresenta as unidades fisiográficas do litoral brasileiro.

Os manguezais do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape estão localizados na Unidade VII - Cabo Frio a Torres.

Figura 04: Unidades fisiográficas do litoral brasileiro, proposto por Schaeffer-Novelli et al. (1990, p. 206).

5.3 Os níveis hierárquicos do ecossistema manguezal

Schaeffer–Novelli et al. (2000) propõem a hierarquização do ecossistema manguezal, com o intuito de organizar o entendimento da dissipação de energia no ecossistema. Cada uma das unidades de dissipação de energia deve ser relacionada a um elemento da paisagem (ou a unidade geográfica), dimensionados nas escalas espacial e temporal. Segundo os autores, as unidades estariam mais abertas quando dominadas por forças abióticas e mais fechadas quando dominadas

por forças biológicas. Assim, foi proposta a organização dos manguezais em função da escala espacial adotada:

1) *Site* (indivíduo) - seria o nível básico dessa hierarquia, consistindo na árvore, correspondendo a unidade da cobertura vegetal, ocupando entre 0,01 e 0,1 ha de área. Essa unidade estrutural do terreno corresponde a uma menor área sobre a influência de árvores maduras. O *site* é uniforme em termos de estrutura vegetal, substrato e forma de relevo. O processo dominante nessa escala é a forte competição entre árvores pelo espaço, luz, nutrientes e água.

2) *Stand* (bosque) - compreende o bosque de 0,1 a 100 ha, correspondendo ao conjunto de unidades do primeiro nível organizacional. Essa unidade funcional 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.

3) *Setting* (séries geomorfológicas) - termo proposto por Thom (1984), representaria extensões de 10 a 100 km, estando submetidas às variações geomorfológicas, apresentando respostas erosivas e deposicionais. Os manguezais modificam algumas formas de relevo e ajudam criar outras, contribuindo para a formação de um mosaico de fragmentos dentro de uma série. Esses fragmentos são entendidos como padrões ou tipos fisiográficos.

4) *Coastal Domain* (domínio costeiro) - os segmentos ou domínios costeiros constituem o nível seguinte, ocupando 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.

5) *Large Marine Ecosystems (Grandes Ecossistema Marinhos)* - equivalente às regiões biogeográficas em oceanos e áreas costeiras.

A figura 06 apresenta os níveis hierárquicos proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para os manguezais.

Figura 05: Níveis hierárquicos proposto por Schaeffer-Novelli et al. (2000) para os manguezais.

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), as características fisionômicas e funcionais dos padrões de manguezais refletem a resposta das espécies componentes a fatores ecofisiológicos locais.

Lugo e Snedaker (1974) apresentaram uma classificação fisiográfica dos bosques de mangue em: bosques ilhote, ribeirinho, de franja, bacia, arbustivo e anão. Cintrón e Schaeffer-Novelli (1985) apresentaram classificação simplificada para essa proposta em apenas três tipos fisiográficos: ribeirinho; franja e ilhote; e bacia.

Os bosques ribeirinhos desenvolvem-se às margens dos rios, que devido ao fluxo de água rico em nutrientes (descarga de água doce e marés), apresentam alto grau de desenvolvimento estrutural. Os bosques de franja e ilhote seriam característicos das margens de costas protegidas, caracterizadas pelas variações diárias das marés. Os bosques de bacia se estabelecem nas partes mais internas dos bosques ribeirinho ou de franja. Nesse último tipo fisiográfico, a renovação de água se faz mais lentamente dentro de uma área ampla, limitando gradientes físico-químicos (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985).

Schaeffer-Novelli et al. (2000) baseados nos fluxos de água e na forma de relevo apresenta dois tipos de padrões de manguezais: franja e bacia. O mangue tipo franja ocorre na borda dos ambientes em contato com o mar, em linha de costa protegida e ilhas. A salinidade aproxima-se muito da salinidade do mar e a recepção de nutrientes é menor quando comparada ao do tipo ribeirinho. Podem ocorrer gradientes de salinidade em direção ao interior do bosque, condicionados pela altura das marés. O mangue tipo bacia desenvolve-se nas áreas interiores condicionadas por uma suave depressão, onde a frequência de inundação pelas marés é menor que no mangue tipo franja, podendo mesmo restringir-se às marés mais altas. O desenvolvimento estrutural desse tipo fisiográfico mostra-se maior onde a precipitação excede a evapotranspiração potencial.

A presente pesquisa dentre os níveis hierárquicos propostos por Schaeffer-Novelli et al., op. cit., se desenvolveu no nível *site e stand*, mas considerou que as interações nesses níveis de análise refletem o que acontece nas escalas superiores, do ponto de vista dos fluxos de matéria e energia, distribuindo as força externas para as unidades subsequentes.

5.4 A flora do manguezal

As espécies de manguezais possuem adaptações ao meio, que lhes permitem a sobrevivência. Entre estas adaptações, está a presença de pneumatóforos e lenticelas que permitem a respiração da planta e propágulos que flutuam na água salgada (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, op. cit.). 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, melhor adaptadas a presença de água doce.

Nesse ambiente existem também espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas típicas. 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 como 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).

A seguir são descritas as características dos principais gêneros encontrados no Brasil, segundo Schaeffer-Novelli (1991), com destaque para espécies encontradas na Barra do Ribeira – Iguape/SP.

✓ Gênero *Rhizophora*:

Nos manguezais brasileiros ocorrem três espécies do gênero *Rhizophora*, também conhecido por mangue vermelho: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii* e *Rhizophora racemosa*. Esse gênero é encontrado nas franjas em contato com o mar, ao longo de canais, na boca de alguns rios e também em bacias interiores onde a salinidade não é muito alta. É uma árvore de casca lisa e clara, que ao ser raspada mostra a cor vermelha. Seu sistema de sustentação é formado por raízes-escoras, também considerados por alguns pesquisadores como extensão do caule e não raízes, portanto denominando de caule-escora. Essa estrutura mantém a árvore fixa ao terreno lodoso. Realizam as trocas gasosas, através de lenticelas, presentes nas raízes, possuem 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 reprodução se dá por viviparidade. 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 fotografia 01 apresenta indivíduos de *Rhizophora mangle* presentes na Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Fotografia 01: *Rhizophora mangle* – Barra do Ribeira - Iguape/SP.
(Autoria: Nadia G. B. Lima, 2007).

✓ Gênero *Avicennia*:

De acordo com Schaeffer-Novelli (1991), a siriúba ou mangue preto, como é popularmente chamada, 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), são os chamados pneumatóforos, que apresentam consistência esponjosa e têm função destacada no processo das trocas gasosas entre a planta e o meio. A reprodução se dá por viviparidade. Principais espécies: *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*. A *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 fotografia 02 apresenta a *Avicennia schaueriana*, no município de Cubatão, visto não ter sido encontrada durante os trabalhos de campo realizados na Barra do Ribeira - Iguape/SP.

Fotografia 02: *Avicennia schaueriana* – Cubatão/SP.
(Autoria: Ana Lúcia Gomes dos Santos, 2008).

✓ Gênero *Laguncularia*

O gênero *Laguncularia*, representado pela espécie *Laguncularia racemosa*, é conhecida popularmente como mangue branco. Encontra-se, às vezes, ao longo de canais de água salobra, em bordos de praias arenosas de costas de baixa energia, sozinha ou em associação com o gênero *Conocarpus* L. O sistema radicular desenvolve, a partir das raízes radiais subterrâneas, formações com geotropismo negativo – os pneumatóforos, que possuem extremidade bifurcada e arredondada. Esse sistema é semelhante a da siriúba, porém menos desenvolvido. É uma árvore cujas folhas têm pecíolo vermelho, como pode ser observado na fotografia 03, com duas glândulas em sua parte superior, junto a lâmina da folha. O porte é arbustivo ou arbóreo, com copa arredondada, variando de 2 a 8 m de altura. A reprodução se

dá por viviparidade. A *Laguncularia* apresenta tolerância intermediária a salinidade, quando comparada com a dos dois gêneros anteriores (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

Fotografia 03: Destaque de folha de *Laguncularia racemosa* – Barra do Ribeira/Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. Lima, 2009).

✓ Gênero *Conocarpus*

O gênero *Conocarpus* L., representado pela espécie *Conocarpus erecta* (fotografia 04), conhecido popularmente por mangue botão, muitas vezes considerada uma espécie associada ao manguezal, é uma árvore de pequena estatura, atingindo no máximo cerca de 4 m de altura. As folhas são alternadas, possuindo pecíolos curtos e alados. O sistema radicular não se apresenta adaptado a vida em terrenos alagados e salgados. Geralmente, as plantas crescem em locais somente atingidos por preamares excepcionais – zonas de transição com a terra firme (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

Fotografia 04: *Conocarpus erecta* – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.
(Autoria: Nádia 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*), que é um arbusto ramificado, com folhas em forma de coração, flores grandes e vistosas de cor amarelada; samambaia do mangue (*Acrostichum aureum*), cujas folhas podem chegar a 2 metros de comprimento, bem como o lírio do mangue (*Crinum attenuatum*). Quando a maré está baixa pode também se ver o praturá (*Spartina brasiliensis*), gramínea comum em áreas de manguezais.

5.6 Fatores abióticos

Os fatores abióticos influenciam diretamente na existência do manguezal e, tais condicionantes, em condições adversas, conduzem o manguezal a alterações fisiológicas extremas, que podem resultar em seu desaparecimento. No entanto, apesar da importância do estudo do manguezal sob vários aspectos da ciência pouco se conhece a respeito dos processos de trocas de massa, energia e outros parâmetros bióticos e abióticos nesse ambiente (RIBEIRO, 2001).

5.6.1 Aspectos climáticos

Os manguezais representam comunidades vegetais adaptadas a condicionantes climáticas atuantes nas zonas costeiras, geograficamente distribuídas entre latitudes intertropicais. Os atributos climáticos, particularmente a temperatura do ar, exercem controle sobre a vegetação de forma limitante. Segundo Schaeffer-Novelli et al. (1995), o maior grau de desenvolvimento dos manguezais, do ponto de vista microclimático, dependeria da temperatura média do mês mais frio, superior a 20 °C e amplitude térmica anual maior que 5 °C.

Blasco (1984) em suas considerações sobre a biogeografia do manguezal, refere-se que as espécies desaparecem quando a temperatura média do mês mais frio é inferior a 16°.

Vale (2004) ressalta que, com relação à distribuição latitudinal, em muitos lugares o comportamento em relação à temperatura do ar não é observado. Em Santa Catarina, por exemplo, a temperatura média do ar durante o inverno é inferior a 10 °C, assim como em outras localidades em latitudes mais elevadas. Todavia, a vegetação pode sofrer estresse, apresentando menor desenvolvimento estrutural e, muitas vezes, sendo representada apenas por *Avicennia*, gênero que resiste melhor as temperaturas mais frias.

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 para ser usado pelas plantas no processo de evaporação.

Ribeiro (2001) afirma que a precipitação tem 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. Para Ribeiro, op. cit., o dossel do manguezal e a atmosfera interagem dinamicamente através de processos físicos que produzem transportes de energia e massa. Portanto, todas as informações relacionadas a partição de energia radiante sobre o manguezal, são fundamentais para o entendimento destes processos que controlam o microclima do ambiente.

5.6.2 Salinidade

A salinidade é fundamental no desenvolvimento dos bosques de mangue. As espécies que compõem os manguezais são halófitas facultativas, embora possam

se desenvolver em ambientes livres da presença de sal, em tais condições não ocorre formação de bosques, pois perdem espaço na competição com plantas de crescimento mais rápido, melhor adaptadas a presença de água doce (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

5.6.3 Marés

Os aspectos oceanográficos também são importantes no desenvolvimento dos manguezais. As correntes oceânicas frias inibem e, às vezes, impedem a distribuição dos manguezais ao longo da costa de vários sítios insulares e continentais. A direção das correntes também é outro fator oceanográfico importante na distribuição e manutenção dos manguezais, uma vez que é mais fácil para os propágulos estabelecerem-se no sentido predominante da corrente (VALE, 2004).

As marés também são determinantes para o desenvolvimento dos manguezais. São o principal mecanismo de penetração das águas salinas nos manguezais. Essas inundações periódicas tornam o substrato favorável a colonização pela vegetação de mangue, isto porque excluem plantas que não possuem mecanismos de adaptação para suportar a variação da salinidade. O limite dos manguezais coincide com a distância máxima onde a água salgada penetra (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

A amplitude das marés determina a renovação superficiais e intersticiais, levando consigo certa quantidade de oxigênio. Essa renovação tem 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), bem como contribui para que não se acumule sais e gases nocivos, como o sulfeto de hidrogênio (H_2S) (CINTRON; SCAHEFFER-NOVELLI, op. cit.).

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 os sedimentos do mangue. Um número mínimo de dias é necessário para a fixação das sementes menores, sem que estas sejam desalojadas pela maré.

5.6.4 Substrato e Aspectos Geomorfológicos

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

A correlação sedimentológica e geomorfológica é extremamente importante para criar habitats viáveis para o estabelecimento dos manguezais e facilita a compreensão a respeito do comportamento de um bosque de mangue. Os manguezais são ainda, do ponto de vista geomorfológico, protetores naturais da linha de costa contra erosão, por reterem entre suas raízes os sedimentos costeiros e continentais (VALE, 2004).

Segundo Chapman (1976), os manguezais mais extensos são aqueles desenvolvidos sobre substratos lamosos, mesmo que eles possam crescer sobre areia, turfa ou rochas coralinas. O suprimento de sedimentos finos, tais como argila

e silte, depositados pelos rios e pelo escoamento superficial, somados a matéria orgânica dos próprios manguezais, deveria, portanto, favorecer o desenvolvimento dos bosques. Neste aspecto, os manguezais também contribuem para a retenção dos sedimentos por meio do seu sistema radicular.

Os sedimentos dos manguezais apresentam diferentes origens, podendo ser originados no próprio ambiente, pela decomposição de folhas, galhos ou restos de animais (solos conhecidos como turfas). Podem ainda serem formados a partir dos produtos de decomposição de rochas de diferente natureza, associados a materiais vulcânicos, graníticos, gnáissicos, ou sedimentares, associados a restos de plantas e de animais, trazidos de fora do ambiente por ondas, ventos, correntes litorâneas ou fluxo dos rios (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

A própria cobertura vegetal pode modificar as características dos substratos, devido a maior ou menor contribuição em matéria orgânica. As condições ambientais, como precipitação, marés, correntes, ondas, aporte de rios, tormentas, ventos fortes, podem alterar suas características. Embora os manguezais também possam se desenvolver em diferentes substratos, como os constituídos por partículas mais grosseiras (recifes de coral, areias), eles se desenvolvem melhor em locais onde o substrato se apresenta menos consistente, com baixa declividade e granulometria fina. Nos ambientes abrigados, há dominância de partículas finas associadas a grandes quantidades de matéria orgânica, de água e de sais. Devido a decomposição da matéria orgânica e a saturação com água, esses sedimentos são pobremente arejados e ricos em sulfeto de hidrogênio (H_2S). Quando os sedimentos do manguezal entram em contato com o ar ocorre redução, baixando ainda mais os

valores do pH, podendo resultar em condições extremamente ácidas quando pode haver produção de ácido sulfúrico (SCHAEFFER-NOVELLI et al., op. cit.).

5.7 Funções dos manguezais

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; funciona como 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; a possibilidade de desenvolvimento de atividades de recreação e lazer.

Vale ressaltar, ainda, a relevante contribuição para o equilíbrio do balanço energético na região em que está inserido.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6. 1 *Escalas do Clima*

De acordo com Geiger (1961), a disposição padrão das estações meteorológicas a cerca de 2m acima da superfície do solo foi determinada no final do século XIX, após longas observações, concluiu-se que a essa altura se conseguia escapar da maior parte das influencias dos locais de observação escolhidos. Para Geiger, op. cit., os valores medidos nas estações que distam entre si 20, 50 ou mais quilômetros uma das outras, representam o clima de uma determinada região, a que se chama macroclima.

Monteiro (1976) apresentou suas considerações a respeito da falta de taxonomia em Geografia Física, ressaltando as dificuldades de se estabelecer tais classificações. Para esse autor, o problema de taxonomia deveria ser enfrentado conjuntamente em Geomorfologia e Climatologia. Ainda, ressaltou que a preocupação taxonômica não deveria estabelecer limites rígidos para cada unidade morfoclimática.

Monteiro, op. cit., elaborou um quadro didático de relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandezas taxonômica das formas e com as unidades (ou graus) de urbanização. Para esse autor, o clima urbano tem sido apontado como um clima local modificado, mas a metrópole pode ultrapassar esse limite enquanto a megalópole se amplia no regional, tudo isso demonstra a fraqueza de qualquer definição ao nível taxonômico, conforme tabela 01.

Tabela 01 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”.

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	10 ⁶ (milhões de km)	1: 45.000.000 1:10.000.000	Zonal	—	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10 ⁴ (milhões de km)	1: 5.000.000 1:2.000.000	Regional	Megalópole Grande área metropolitana	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas Rede meteorológica de superfície	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	10 ² (centenas de km)	1:000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies)			Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	10 (dezenas de km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológica Rede complementar	Integração geoecológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 ⁻² (centenas de m)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especiais
—	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
—	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro (1976).

Para Stoutjesdijk e Barkman (1992), o macroclima pode ser definido como a situação do tempo sobre um período longo, de pelo menos 30 anos, que ocorre independentemente da topografia, do tipo do solo e da vegetação local. Os atributos climáticos são medidos de acordo com os padrões meteorológicos, como abrigos meteorológicos a 1,50 m do solo, instalado em superfície coberta por gramado.

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), em uma definição mais recente, o macroclima refere-se a maior das unidades climáticas que faz o compartimento do clima no globo e compreende áreas muito extensas da superfície da Terra. Sua abrangência vai desde o planeta (clima global), passando por faixas ou zonas (clima zonal), até extensas regiões (clima regional). A extensão espacial dos climas desta unidade escalar é, genericamente, superior à ordem de milhões de km², sendo sua definição subordinada à circulação geral da atmosfera (notadamente as células de altas e baixas pressões), a fatores astronômicos e fatores geográficos maiores (grandes divisões do relevo, oceano, continente, etc.) e a variação da distribuição da radiação solar no planeta (baixas e altas latitudes).

De acordo com Stoutjesdijk e Barkman, op. cit., o mesoclima ou o topoclima são uma variação local do macroclima, causados pela topografia, ou em alguns casos pela vegetação e pela ação humana. Os vales podem ter seu próprio mesoclima, como também grandes lagos, florestas extensivas e cidades grandes. O topoclima descreveria os efeitos do relevo e da paisagem (VAN EIMEM, 1986 ⁶apud STOUTJESDIJK; BARKMAN, op. cit.). Na pesquisa do mesoclima o foco está na

⁶ VAN EIMEM, J. Vergleich der Strahlungsverhältnisse über einem Buchenwald, zwei Kiefernwaldern und einer Grasfläche. **International Journal of Biometeorological**, v. 31, p. 217 – 235, 1986.

variação horizontal e não na variação vertical apenas, como no macroclima (WALLÉN, 1969⁷ apud STOUTJESDIJK; BARKMAN, 1992).

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o mesoclima é a unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima. As regiões naturais interiores aos continentes, inferiores àquelas da categoria superior, como grandes florestas, extensos desertos ou pradarias, etc., são bons exemplos desta subunidade, pois a região por si só não possui delimitações espaciais precisas, a não ser por um ou outro elemento de destaque da paisagem. O clima regional, por essa característica, é uma subunidade de transição entre a ordem superior e esta. O clima local e o topoclima também se configuram em subunidades do mesoclima. O primeiro é definido por aspectos específicos de determinados locais, como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta etc., o segundo é definido pelo relevo; ambos, entretanto, estão inseridos no clima regional. A extensão espacial do mesoclima é bastante variável, sendo mais definidas as subunidades de clima local e topoclima, que se enquadram de km² a dezenas de km², 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.

⁷ WALLÉN, C. C. Definitions and scales in climatology as applied to agriculture. **Proc. Regional Training Seminar on Agrometeorology**. Wageningen: Agricultural Univ. Wageningen, p. 207-212, 1969.

As pesquisas desenvolvidas na área da Climatologia têm em sua maioria, focado a escala regional. Entretanto devido à atenção dada atualmente aos estudos ambientais e com isso a necessidade de estudos em escalas inferiores do clima, com análises mais detalhadas, os estudos microclimáticos acabaram ganhando destaque. No entanto, apesar da atualidade dos estudos microclimáticos, os mesmos já vêm sendo desenvolvidos há algum tempo, conforme Geiger (1961).

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 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 Schmidt (1883-1936), em Viena, e por August Schaub (1877-1954), em Munique (GEIGER, op. cit.).

Geiger, op. cit., definiu a microclimatologia como sendo o estudo da camada de ar junto do solo e inferior a altura convencionada de 2m. Segundo Monteiro (1976), o próprio Geiger, mais adiante, flexibilizaria um pouco a rigidez do limite traçado, considerando-o apenas um referencial necessário a prática agrícola. Para esse autor, nessa camada estaria localizado, 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. (1961, p. 05).

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 das redes nacionais” (GEIGER, op. cit, p. 06).

Para Stoutjesdijk e Barkman (1992), o microclima refere-se a interação que ocorre entre a superfície e os demais elementos climáticos (radiação solar, temperatura do solo e do ar, umidade, vento, etc.), 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 nesse microclima. Para esses autores, o clima dentro da vegetação pode, ainda, ser chamado de ecoclima, podendo a diferença entre microclima e ecoclima ser explicada com o exemplo a seguir: em uma floresta alta o ecoclima pode se estender distante além do limite de 2m do microclima, visto que em um ambiente livre da vegetação, por exemplo, um deserto, a rua da cidade ou o campo da neve, lá são ainda um microclima, mas nenhum ecoclima. Para micro e ecoclima é essencial que não somente os gradientes horizontais sejam estudados, mas também os verticais (WALLÉN 1969⁸ apud STOUTJESDIJK; BARKMAN, 1992).

Tarifa (2002) faz uma ressalva às considerações de que microclima se refere, primeiramente, ao “clima próximo do solo”, compreendendo os dois metros mais

⁸ WALLÉN, C. C. Definitions and scales in climatology as applied to agriculture. **Proc. Regional Training Seminar on Agrometeorology**. Wageningen: Agricultural Univ. Wageningen, p. 207-212, 1969.

baixos da atmosfera, que é a necessidade de não se estabelecer limites rígidos para essa definição. Esse autor considera 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/produção do espaço, supondo que os controles meso, topo e microclimáticos, redefinam as ofertas, disponibilidades e ritmos.

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^2 , tendo autores que consideram até centena de m^2 . 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.

Diante do exposto, o presente trabalho se desenvolveu na escala microclimática, identificando sua influência e importância para o desenvolvimento dos manguezais. Como referencial teórico, adotou-se o conceito de microclima proposto por Geiger (1961) e que, segundo Stoutjesdijk e Barkman, op. cit., essa escala de trabalho é diretamente relevante à ecologia da vegetação, à distribuição e à dinâmica da população das plantas e dos animais.

6. 2 Escala Microclimática: um enfoque para os manguezais

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos recentemente levando em consideração a escala microclimática, desde estudos de ambientes urbanos, aqueles voltados a ecologia ou agricultura e até mesmo voltados para a influência de lagos artificiais na instalação de pequenas centrais hidrelétricas, visando a caracterização e derivações climáticas de diversos ambientes.

Shirley (1945⁹ apud CHEN, 1999) enfatizou que o microclima seria determinante para padrões ecológicos em comunidades de plantas e de animais, além de um estimulador dos processos como o crescimento e a mortalidade dos organismos. A importância do microclima em influenciar processos ecológicos tais como a regeneração e o crescimento da planta, a respiração do solo, o ciclo nutriente, e a seleção do habitat por animais selvagens, transformou-se um componente essencial da pesquisa ecológica (PERRY 1994¹⁰ apud CHEN, op. cit.).

Silva e Herz (1987), utilizando-se de ensaios realizados sobre informações produzidas pelo canal termal (TM7) do satélite Landsat 5, realizaram um estudo de microclima em ambientes de manguezais no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, demonstrando a eficiência da utilização dos dados termais decorrentes dos imageadores orbitais. Para esses autores, o ambiente dos manguezais em sua estrutura física implica num condicionador de radiações eletromagnéticas especialmente na região espectral do infravermelho, por sua

⁹ SHIRLEY HL. Light as an ecological factor and its measurement. 1945. Botanical Review 1: 497-532.

¹⁰ Perry DA. Forest Ecosystems. 1994. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

capacidade em absorver suas componentes, transformando-as em manifestações do termal, mantendo temperaturas mais altas do que áreas de vegetação adjacentes. A temperatura do ar no período diurno nos bosques de manguezais alcançou valores superiores aos da vegetação adjacente posicionada sobre terraços marinhos pleistocênicos. Enquanto no período noturno, a situação se inverte, com os manguezais sob temperaturas mais baixas, devido a interrupção do fluxo solar e imersão do ecossistema pela penetração da maré.

Silva (1991) avaliou o balanço de radiação solar nas áreas cobertas por manguezais no Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, determinando a variação sazonal e suas relações com outros parâmetros físicos. O autor concluiu que o balanço de radiação sobre as áreas de mangue apresentou altos valores quando comparado com superfícies revestidas por coberturas de natureza diferente, demonstrando uma grande capacidade de absorção da radiação solar e conseqüente influência sobre a reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes para as áreas estuarinas.

Ribeiro (2001) realizou um estudo micrometeorológico dentro de um manguezal, relacionando com os impactos do desmatamento dentro desse ambiente, concluindo que na área desmatada uma parte considerável da energia absorvida foi conduzida para as camadas mais profundas do solo, enquanto no manguezal em seu estado natural esta transferência é muito pequena. Esta condução e armazenamento de calor são gerados em função do elevado grau de aquecimento sobre a superfície na área desmatada devido à incidência direta da radiação solar, ao passo que no manguezal a quantidade de radiação que chega a superfície é bastante reduzida

devido às múltiplas reflexões que ocorrem quando a radiação penetra no dossel até atingir a superfície.

A influência da degradação dos manguezais no microclima também foi estudada por Andrade et al. (2003), em Bragança/PA, particularmente relacionada com a variação na temperatura do ar e do solo e a umidade relativa do ar, concluindo que há uma influência marcante da degradação do manguezal na alteração do microclima, evidenciando a urgente necessidade de intensificação de estudos meteorológicos nestes ecossistemas.

As variações horárias da radiação solar global em área de manguezal no município de Bragança/PA foi analisada por Ribeiro et al. (2003). As variações de radiação solar global (R_g) mostraram uma sazonalidade bem definida com picos ocorrendo entre setembro a novembro, período em que há menor agrupamento de nebulosidade, com os menores valores de precipitação registrados. Os autores concluíram que há uma acentuação das especificidades microclimáticas do manguezal, como elevados valores de radiação solar global, temperatura do ar, precipitação e umidade relativa, dados imprescindíveis para a distribuição das espécies, dentro da biogeografia dos manguezais.

Costa et al. (2005) analisaram a variabilidade média sazonal de diferentes componentes do balanço de energia em manguezal preservado, em Bragança/PA, observando que durante a época chuvosa da região, ao comparar com a estação menos chuvosa, houve uma redução no total da radiação solar global (38%), no saldo de radiação (33%), no fluxo de calor sensível e de calor latente, existindo uma intensa sazonalidade nos mesmos, sendo evidente a influência das precipitações

locais e das marés, que inundam periodicamente aquele ambiente, e influenciam decisivamente a variação sazonal dos fluxos energéticos.

Dados micrometeorológicos sobre temperatura do ar e temperatura foliar em um manguezal da cidade de Bragança/PA foi estudado por Costa et al. (2006). A temperatura foliar foi determinada através de um termômetro infravermelho de contato, escolhidas no mesmo nível de medição de temperatura do ar, a 25 m de altura. A temperatura foliar se manteve maior do que a temperatura do ar durante o período diurno, em virtude das propriedades físicas das folhas, que se aquecem mais do que o ar durante o dia. Enquanto no período noturno, o ar se aquece mais que a folha, devido à perda de calor das folhas, tendo assim uma temperatura do ar maior do que a foliar durante o período noturno. Conclui que o manguezal apresenta uma contribuição significativa para o equilíbrio do balanço energético nesta região, uma vez que as folhas absorvem as radiações solares, que atingiria diretamente o solo e provocaria maiores temperaturas do ar na superfície.

Moura et al., (2006) avaliou a radiação solar global externa e interna, bem como a atenuação da mesma provocada pela copa das árvores, por meio de dados provenientes do sítio experimental, no município de Marechal Deodoro/Al. Os resultados mostraram intensa variação entre as estações seca - chuvosa no tocante as máximas atingidas pela radiação solar global. Internamente, observou-se dependência da penetração dos raios solares em função do ângulo de incidência e uma atenuação de até 80%.

Para conhecer as características sazonais da temperatura do solo no manguezal do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Mangaba, em Alagoas, Moura et al. (2006) realizaram medidas nas profundidades de 5, 15 e 30 cm. O autor observou que as

maiores temperaturas média do solo ocorreram nos meses menos chuvosos (janeiro até abril) e que o regime térmico do solo é regido pelos fenômenos da precipitação e fluxo das marés. Constatou-se que quando a amplitude diária da maré é máxima, a temperatura do solo, aumenta em 1-2 °C, pois 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 e quando a amplitude diária da maré diminui e o solo permanece submerso, a temperatura do solo se estabiliza para atingir máximos e mínimos.

7 REFERENCIAL TEÓRICO

7.1 O dossel da vegetação

A vegetação é um dos principais controles climáticos para a determinação de microclima, já que estes estão essencialmente ligados ao uso e/ou cobertura do solo. A caracterização de uma cobertura vegetal em sua estrutura e distribuição espacial dos elementos vegetais representa o ponto de partida para o estudo de fenômenos físicos e fisiológicos que ocorrem em seu interior. Visto que a forma, a distribuição e a arquitetura do dossel contribuem diretamente para a quantidade de radiação solar incidente no ambiente em questão.

A estrutura dos bosques de mangue reflete as características e os hábitos de crescimento das espécies que o constituem. O grau de desenvolvimento que pode alcançar um bosque e sua composição específica é influenciado pelas energias subsidiárias do local. A partir da descrição estrutural pôde-se ter a idéia do grau de desenvolvimento, além de permitir a identificação e a delimitação de bosques, bem como a comparação entre si. Portanto, a fisionomia da comunidade vegetal reflete a densidade, o porte e a distribuição das espécies que a compõe. A estrutura do bosque varia ao longo do tempo determinando vários graus de maturidade. Os bosques jovens caracterizam-se por apresentar alta densidade de troncos de

diâmetro reduzido, já os bosques maduros caracterizam-se por apresentar uma baixa densidade de troncos, porém de diâmetro elevado.

Os bosques de manguezal podem apresentar diferenças importantes em sua estrutura e funcionamento de acordo com a região, obedecendo a um grande número de fatores e processos ambientais (CUNHA-LIGNON, 2001).

A quantidade e a forma de orientação no espaço dos elementos vegetais são reflexos da estrutura, 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).

A cobertura promovida pelo dossel controla a quantidade, qualidade e distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, determinando níveis diferenciados de umidade do ar, temperatura e condições de umidade do solo, além de promover a interceptação das chuvas, reduzindo o impacto direto sobre o solo. Dessa forma, a cobertura é um dos determinantes do "micro-habitat" de uma floresta, afetando o crescimento e sobrevivência de plântulas, influenciando processos de oxidação da matéria orgânica e controlando processos erosivos (MELO et al., 2007), portanto a cobertura atua diretamente nas condições microclimáticas do ambiente.

Outro item importante relacionado diretamente a estrutura do dossel da vegetação, refere-se a densidade desse dossel, refletindo na permeabilidade à entrada e saída de radiação solar nos ambientes microclimáticos, bem como na interceptação da precipitação. A penetração da radiação solar em uma cobertura vegetal depende das características dos elementos vegetais (tamanho, textura, espessura e orientação das folhas e galhos) e da estrutura da vegetação (altura das árvores,

continuidade do dossel, densidade de indivíduos e densidade foliar), expressa pelo índice de área foliar (IAF).

O índice de área foliar (IAF) de uma cobertura vegetal definido por Watson (1974) como a área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2), é 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 a interdependências desses fatores nos diferentes estágios sucessionais da vegetação (WANDELLI; MARQUES FILHO, 1999). O conhecimento do IAF é necessário para muitos estudos fisiológicos e ecológicos, constituindo um importante indicador da vitalidade das árvores, refletindo-se nas taxas de assimilação e transpiração da copa, nas trocas gasosas e no balanço hídrico. A determinação desse índice é importante para estudos de estrutura da vegetação, uma vez que está associado à processos físicos como evapotranspiração, fluxos de CO_2 , interceptação da radiação solar e da chuva.

Existem duas categorias de métodos para estimar o IAF: métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos, na maioria destrutivos e demorados, implicam a colheita das folhas ou de biomassa, de difícil obtenção e, por vezes, de impossível execução principalmente em comunidades arbóreas. Em alternativa, os métodos indiretos baseados na estreita relação entre a transmissão da radiação e a estrutura da copa vêm ganhando importância, visto serem mais rápidos e menos trabalhosos.

A fotografia hemisférica é uma das técnicas que pode ser utilizada para medição da interceptação da radiação solar sob o dossel. 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, a dificuldade de ajustar a variação dos ângulos entre folhas, galhos e frutos em relação a radiação incidente levam a uma perda na precisão comparados a métodos diretos. Por outro lado, todos os métodos diretos de mensuração são difíceis e demorados quando se deseja medir grandes áreas.

Desta 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 subsequente, calcular indiretamente vários parâmetros de luminosidade abaixo do dossel, permitindo inferir sobre as propriedades do dossel (ROXBURGH; KELLY, 1995). Algumas vantagens da fotografia hemisférica em relação a outros métodos são o baixo custo e a maior versatilidade do processamento na análise proporcionando maior número de variáveis relacionadas ao dossel.

7.2 Radiação solar

O espectro de distribuição da radiação solar que chega à superfície terrestre é constituído predominantemente de ondas curtas (comprimentos menores que 3.000 nm) e a distribuição espacial e estacional dessa radiação é a grande causa dos fenômenos meteorológicos. A radiação solar atua diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas, e indiretamente pelos efeitos no regime térmico de qualquer sistema terrestre, assim como sobre a evaporação de água pelas superfícies naturais. 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, que atinge a superfície diretamente 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 (RG) que representam a soma das componentes direta e difusa, sofrem grandes variações temporais em função das condições atmosféricas e da época do ano. A fração RG/I_0

é denominada de transmissividade atmosférica (τ), ou seja, é definida como a razão entre a radiação solar global em superfície (R_G) e aquela no topo da atmosfera (I_0), representa a quantidade de radiação solar global que efetivamente chega até a superfície terrestre. Como a espessura da atmosfera a ser atravessada pelos raios solares é função do ângulo zenital, τ 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 cobertura de céu encoberto os valores de τ tendem a valores próximos de zero e em dias com cobertura de céu limpo tendem a unidade. A τ 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 deste, e é tanto maior quanto mais elevado for a área foliar (AF) e o índice de área foliar (IAF) do 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 (α) 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).

As equações utilizadas para obtenção das variáveis relacionadas a radiação solar global, como transmissividade atmosférica, transmissividade do dossel, albedo e saldo de radiação de onda curta são apresentadas no capítulo 09.

7.3 Temperatura do ar e Umidade Relativa do Ar

A temperatura do ar também 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. Aliada, ainda, a 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.

Do ponto de vista dos manguezais, a temperatura do ar é um atributo importante no balanço de energia, influenciando significativamente na 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).

A influência de fatores abióticos vem sendo demonstrada em diversos estudos com plântulas de mangue. Dentre os principais fatores ambientais que influenciam na germinação destacam-se a água e a temperatura (BEWLEY; BLACK, 1994¹¹ apud OLIVEIRA, 2005). Cada fator atua por si ou em interação com os demais. Da absorção de água resulta a hidratação dos tecidos com conseqüente intensificação

¹¹ BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 275p.

da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento, por parte do eixo embrionário. A temperatura regula as velocidades de absorção de água e das reações bioquímicas que determinam todo o processo.

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 (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 2005¹² apud 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.

¹² BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology**: from individuals to ecosystems. Oxford: Blackwell Scientific, 2005. 269 p.

7.4 Pluviosidade

A pluviosidade é um dos atributos que mais contribui para o desenvolvimento dos manguezais. De acordo com Chapman (1976), a precipitação, juntamente com a temperatura do ar, têm papel de destaque na biogeografia do manguezal, com influência marcante dessas variáveis para a organização da distribuição do manguezal. Ribeiro (2001) afirma que as precipitações tem 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, freqüentemente 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, op. cit., a interceptação é um processo extremamente importante na hidrologia de uma dada área, pois trata-se de um processo evaporativo que resulta em perdas de água que de outra forma chegaria ao solo, 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.

Em florestas naturais ou plantadas, a quantidade de água de chuva que atinge o solo é denominada precipitação efetiva, dada pela precipitação interna e pelo escoamento pelo tronco (LIMA, 1976). Precipitação interna é a chuva que atinge o piso florestal, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas entre as copas e gotas que respigam do dossel. A fração da chuva que é retida temporariamente pelas copas juntamente com aquela que atinge diretamente os troncos e que posteriormente escoam pelo tronco das árvores, chegando ao solo, é denominada escoamento tronco. A soma da precipitação interna e escoamento é um dos responsáveis pela água do solo (ARCOVA et al., 2003). Dessa forma, a precipitação efetiva é importante para os estudos dos processos de interceptação, infiltração, percolação, absorção, transpiração e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (OLIVEIRA JUNIOR et al, 2005).

7.5 Vento

De acordo com 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. O vento 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. O vento cria turbulência mecânica, facilitando as trocas de calor e CO₂, principalmente em dosséis rugosos e com folhas menores.

O vento também é um atributo climático importante, principalmente na escolha do posicionamento dos equipamentos, que devem ficar alinhados a direção

predominante do vento, pois isso contribui para uma melhor propagação da energia incidente ao longo da área. Destaca-se ainda, a importância do vento como agente no processo de polinização das flores e nos aspectos ligados à economia de água, dada a sua influência na evapotranspiração e na transferência de calor e vapor d'água mediante processos advectivos.

8 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

8.1 Levantamento dos aspectos fisionômicos da vegetação

A estrutura da vegetação do manguezal foi levantada com a delimitação de uma parcela com 400 m², de forma que a torre microclimática (coordenadas geográficas 24°38'01,4" S e 47°25'31,9"W) localiza-se no centro dessa parcela, subdividida em 4 parcelas menores, com área de 100 m² (Parcela 1, 2, 3 e 4), para facilitar a coleta dos dados.

A coleta de dados fitossociológicos e florísticos da estrutura da vegetação ocorreu no dia 20/09/08 e referem-se a medida de diâmetro a altura do peito (DAP), altura, área basal, densidade, dominância e identificação das espécies. Os dados foram registrados em fichas, organizados por classes de DAP $\leq 2,5$ cm (pequena); entre $\geq 2,5$ cm ≤ 10 cm (intermediária); e ≥ 10 cm (elevada).

Existem diversos índices e parâmetros que podem ser adotados na análise quantitativa de vegetação. Para esse estudo adotou-se medidas e parâmetros propostos por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), descritos a seguir:

✓ Diâmetro.

O diâmetro é uma medida empregada para fornecer informação quantitativa sobre a estrutura arbórea. Convencionalmente, mede-se o diâmetro da árvore a altura do peito do observador (DAP), mais especificamente a 1,30 m do solo, em virtude da

facilidade de medir a altura do peito, bem como devido a correlação entre diâmetro e biomassa ser mais estreita nessa altura do que na base da árvore.

Nesse estudo as medidas de diâmetro a altura do peito (DAP) foram realizadas em plantas com mais de 1 m de altura. Com uma fita métrica mediu-se o perímetro do tronco, que após ser dividido por π (3,1416) obtém-se o diâmetro.

De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), nas áreas de manguezais ocorrem inúmeras variedades de bifurcações e presença de raízes escora, o que muitas vezes dificulta suas medidas. Diante disso, Schaeffer-Novelli e Cintrón op. cit apresenta as seguintes sugestões para levantamento em áreas de manguezais: se o tronco bifurca abaixo da altura do peito, consideram-se como dois troncos e registram-se duas medidas de diâmetro; quando a árvore é formada por troncos muito próximos, ramificados acima ou abaixo da superfície do solo, mede-se o diâmetro de cada um dos troncos; em caso de deformidades no tronco, a altura do peito, mede-se o diâmetro acima ou abaixo das mesmas; no caso de *Rhizophora mangle*, o diâmetro deve ser medido a 1,30 m do solo, ou acima do nível da última raiz escora.

✓ Área basal.

De acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón op. cit, a área basal (g) é definida como sendo a área ocupada por um tronco com um dado diâmetro. Por definição se assume que o referido tronco é perfeitamente cilíndrico. A área basal (g) de um tronco é dada pela equação 1.

$$g = \pi r^2$$

Equação 1

Onde g é a área basal e r é o raio.

Como o raio é determinado pela equação 2.

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

Então em termos de diâmetro, g é dado pela equação 3:

$$g = \pi \frac{DAP^2}{4} \quad \text{Equação 3}$$

Para expressar g em termos de m^2 quando se mede o diâmetro em centímetros se utiliza a equação 4:

$$g = \pi \frac{DAP^2}{4} * 10.000 \quad \text{Equação 4}$$

Ou a equação 5.

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

Para um bosque a área basal é obtida pela soma das áreas basais de todos os troncos por unidade de área. Esta medida é 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 E CINTRÓN, 1986).

✓ Densidade Relativa.

A densidade é o número de árvores por unidade de área, expressa em termos de indivíduos por hectare.

A densidade de um bosque 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 equação 6.

$$DR = \frac{\text{nº de indivíduos da espécie } i}{\text{nº total de indivíduos}} * 100 \quad \text{Equação 6}$$

✓ Dominância Relativa.

A Dominância representa o espaço ocupado pela espécie na comunidade. A dominância relativa é expressa pela equação 7:

$$DoR = \frac{\text{Área Basal da espécie } i}{\text{Área Basal total}} * 100 \quad \text{Equação 7}$$

Índice de Área Foliar

Obteve-se o índice de área foliar e a abertura do dossel para passagem de radiação solar e de precipitação no manguezal através da análise de fotografias hemisféricas. Foram obtidas fotografias hemisféricas na mesma parcela delimitada para o levantamento dos dados estruturais da vegetação, com uma câmera NIKON, Modelo F-501, acoplada por uma lente “fish eye” NIKOR 8 mm com ângulo de visada de

180º, conhecida como “lente olho-de-peixe”. Posteriormente, as fotografias foram processadas no *software Gap Light Analyser* - GLA versão 2.

As fotografias foram obtidas nas seguintes datas: 1) 22/03/08, início do outono; 2) 11/07/08, inverno; 3) 20/09/08, início da primavera e do período chuvoso, e 4) 30/10/08. Foram obtidas 4 fotografias hemisféricas em cada parcela, totalizando 64 fotografias nos quatro dias selecionados.

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., (2003¹³ apud TONELLI, 2007).

1) Registro das fotografias: As fotografias digitais foram registradas para identificar a orientação geográfica e a extensão circular da imagem hemisférica. Para isso foi necessário 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 azimuth, ou seja, se o ponto inicial é 0º norte o segundo será 180º 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.

¹³ 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.

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.

A figura 07 apresenta um croqui da parcela delimitada na área de estudo, utilizada tanto na obtenção das fotografias hemisféricas, como no levantamento da estrutura da vegetação e na instalação dos pluviômetros totalizadores, que serão apresentados no capítulo 9.2 - Levantamento dos principais atributos climáticos. As fotografias foram obtidas sob cada pluviômetro totalizador instalado na área, a 1,5 m de altura da superfície do solo. Assim, em cada ponto identificado com P1, P2, P3 e P4, nas 4 parcelas, obteve-se uma fotografia hemisférica (fotografia 05) nos dias selecionados.

Figura 06: Croqui de delimitação da parcela de 400m² utilizada para obtenção das fotografias hemisféricas, estrutura da vegetação e disposição dos pluviômetros totalizadores.

Fotografia 05: Fotografia hemisférica obtida em 11/07/08 para a Parcela 1 – P4 no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

8.2 Levantamento dos principais atributos climáticos

O levantamento dos atributos climáticos ocorreu com a instalação de uma torre microclimática, coordenadas geográficas 24°38'01,4" S e 47°25'31,9"W, contendo duas estações meteorológicas, nos manguezais localizados na Ilha dos Papagaios, na Barra do Ribeira-Iguape/SP, de forma a obter uma análise da variação dos atributos climáticos acima e abaixo do dossel de manguezal. A figura 08 apresenta um croqui da torre microclimática no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. O levantamento de dados ocorreu durante o período de 06/01 a 31/12/08.

Figura 07: Croqui de instalação da torre microclimática – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.
Autoria: Nara Lima, 2009.

A torre microclimática apresenta uma estação meteorológica localizada a 2 m de altura em relação à superfície, contendo sensores para medir temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, precipitação e radiação solar global transmitida, visando obter os dados com a influência do dossel e outra estação meteorológica instalada de forma a ultrapassar o dossel da vegetação, com o intuito de registrar os atributos climáticos antes da interferência da vegetação, com 10 m de altura em relação a superfície, com obtenção dos mesmos atributos climáticos mais a radiação solar global refletida. A seguir são apresentados os equipamentos utilizados para levantamento dos atributos climáticos observados.

Temperatura e umidade relativa do ar: Para a obtenção da temperatura e da umidade relativa do ar foram instalados dois sensores CS215, fabricado pela Campbell Scientific, um acima do dossel, a 10m da superfície e outro abaixo do dossel, a 2m da superfície, programados para registros a cada 10 minutos. A

fotografia 6 apresenta o abrigo meteorológico no qual está instalado os sensores em questão, tanto a 2 m quanto a 10 m.

Fotografia 06: Abrigo meteorológico, contendo sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar - CS215.

(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Pluviosidade: Foram instalados dois pluviômetros, tipo TE525MM-L15, fabricados pela Texas Instruments, com registros a cada 10 min. Além disso, foram instalados 4 pluviômetros totalizadores ao longo de cada sub-parcela para uma melhor análise da interceptação da precipitação pelo manguezal, confeccionados de acordo com os procedimentos determinados por Milanesi e Galvani (2005) para a confecção de pluviômetros para localidades remotas, de difícil acesso, cujo período de obtenção de dados refere-se a escala mensal (fotografia 07, a e b).

Para a quantificação da interceptação da pluviosidade no manguezal, foram analisados os eventos de precipitação de cada mês. Para a determinação desses eventos, considerou-se as precipitações com total superior a 1 mm e com intervalo de no mínimo 1h entre o término e o início do próximo evento, no sensor P10. Esse procedimento foi adotado visando uma possível identificação de precipitação oculta,

pois eventos inferiores a 1 mm podem estar associada a ocorrência de nevoeiro. A precipitação oculta pode ser definida como minúsculas partículas de neblina carregadas pelos ventos, que ao entrar em contato com o dossel pode ser interceptada.

A precipitação total (PT) foi medida pelo sensor instalado a 10m da superfície (P10) e a precipitação interna (PI) pelo sensor a 2m (P2) da superfície.

Fotografia 07: Pluviômetros instalados nos manguezais da Barra do Ribeira, a) tipo TE525MM-L15, b) pluviômetros para localidades remotas.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Direção e Velocidade do Vento: Para a análise do atributo vento, foram instalados dois sensores de velocidade e direção do vento na torre microclimática, Modelo 03001-LS15-LD15, fabricação Campbell Scientific, um abaixo e outro acima do dossel, com registro a cada 10 minutos (fotografia 08).

Fotografia 08: Sensor de velocidade e direção do vento, instalados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP, no nível 2 m.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008).

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 (fotografia 9); e um Piranômetro, também fabricado pela Kipp & Zonen, para medir a radiação solar global abaixo da copa das árvores (fotografia 10). Devido a problemas técnicos o sensor CNR1 não registrou os componentes de radiação solar de onda longa (radiação terrestre e atmosférica).

Fotografia 09: Saldo-Radiômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008).

Fotografia 10: Piranômetro instalado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Fernando Godoy, 2008).

A transmissividade do dossel (τ_d) foi obtida com uso da equação 8.

$$\tau_d = \frac{RG2}{RG10} \quad \text{Equação 8}$$

Onde: τ_d é a transmissividade do dossel; RG2 é a radiação solar global abaixo do dossel (W.m^{-2} ou MJ.m^{-2}) e; RG10 é a radiação solar global acima do dossel (W.m^{-2} ou MJ.m^{-2}).

O coeficiente de transmissividade atmosférico (τ) foi determinado pela equação 9.

$$\tau = \frac{RG10}{I_o} \quad \text{Equação 9}$$

Em que I_o é irradiância no topo da atmosfera, calculada instantaneamente conforme Iqbal (1980), pela equação 10.

$$I_o = I_{sc} E_o (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega) \quad \text{Equação 10}$$

Onde: I_{sc} representa a constante solar equivalente a 1367 W m^{-2} ; E_o é o fator de correção da excentricidade da órbita da terra; δ é a declinação solar; ϕ é a latitude local e ω é o ângulo horário.

A τ 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, os dias foram agrupados e classificados de acordo com a tabela 02, que apresenta os intervalos de transmissividade atmosférica.

Tabela 02 - Intervalos de classes para os valores de transmissividade atmosférica (τ).

Intervalos de classes para τ	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 (α) médio foi obtido através da equação 11.

$$\alpha = \left(\frac{\sum Rr}{\sum RG} \right) * 100 \quad \text{Equação 11}$$

Onde: α é o albedo da superfície; $\sum Rr$ é a somatória da radiação solar global refletida; $\sum RG$ é a somatória da radiação solar global, em escala diária.

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

O saldo de radiação de ondas curtas (Sroc) representa para determinado meio, a disponibilidade de energia solar que após 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, 2001). O S_{roc} foi obtido pela equação 12.

$$S_{roc} = R_G - R_r$$

Equação 12

Visando comparar os registros dos atributos climáticos obtidos no manguezal com dados da rede oficial meteorológica, foram obtidas informações da Estação Meteorológica Automática do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), a Plataforma de Coleta de Dados (PCD), de responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As PCDs, de acordo com o CPTEC, surgiram da necessidade de inúmeras empresas e instituições em obter regularmente informações registradas em locais remotos.

A PCD está localizada no Colégio Agrícola Narciso de Medeiros, no município de Iguape, sob as coordenadas geográficas 24, 67° S e 47,54° W (Coordenada UTM 242.860 x 7.269.170) e, a uma altitude de 10 m. Por se tratar de uma estação meteorológica, a PCD apresenta-se instalada conforme as condições de referência para medidas meteorológicas e climatológicas (figura 09 e fotografia 11).

Figura 08: Sensores da Plataforma de Coleta de Dados – CPTEC/INPE - 1) Ultrassônico de vento; 2) Temperatura do ar e Umidade relativa do ar; 3) Radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa (PAR); 4) Pluviômetro; 5) Barômetro; 6) Radiação total líquida ou saldo radiômetro; 7) Temperatura do solo e 8) Fluxo de calor no solo. Fonte: www.cptec.inpe.br, consulta realizada em 19/05/2008

Fotografia 11: Plataforma de Coleta de Dados (CPTEC), localizada no município de Iguaçu/SP. (Autoria: Silvio Villar, 2005).

8.3 Instalação dos equipamentos, obtenção dos dados e preenchimento de falhas

A escolha do local de instalação dos equipamentos teve como premissa a existência de um bosque com presença de dossel, sem alteração antrópica visual, como desmatamento e com influência direta da variação diária da maré. As fotografias 12, 13, 14 apresentam os manguezais ao longo da Barra do Ribeira – Iguape/SP. O local escolhido para a instalação da torre microclimática foi a Ilha dos Papagaios (fotografias 15 e 16), localizada na foz do Rio Ribeira de Iguape, que apresenta em toda a sua área (1,5 km²) a presença de manguezais. As coordenadas geográficas da torre microclimática são 24°38'01,4" S e 47°25'31,9" W (Coordenada UTM: 254.560 x 7.273.420). Vale ressaltar que a torre microclimática foi instalada a uma distância de 12,5 km de distância da estação meteorológica do CPTEC, a PCD.

Fotografia 12: *Rhizophora mangle* presentes nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Fotografia 13: Vista dos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Fotografia 14: Manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Fotografia 15: *Rhizophora mangle*, localizada na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape/SP.
(Autoria: Fernando Godoy, 2008).

Fotografia 16: Vista do manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008)

Para instalação dos equipamentos foram realizados dois trabalhos de campo, um para a instalação da torre microclimática, que ocorreu no dia 05 de janeiro de 2008 (fotografias 17, 18 e 19); e outro no dia 09 de fevereiro de 2008, quando foram instalados 16 pluviômetros totalizadores ao longo da área de estudo (fotografias 20 e 21). Os equipamentos realizaram as medições durante o período de 06/01/08 a 31/12/08. No entanto, devido problemas técnicos (bateria insuficiente para períodos longos de céu encoberto) os meses de julho e agosto não apresentaram registros de dados.

Fotografia 17: Equipamentos, em elevação, instalados no topo da torre microclimática, (pluviômetro, saldo-radiômetro, abrigo meteorológico, contendo sensores de temperatura e umidade relativa do ar e sensores de velocidade e direção do vento).
(Autoria: Fernando Godoy, 2008).

Fotografia 18: Equipamentos instalados no topo da torre microclimática - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira/Iguape/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008).

Fotografia 19: Equipamentos instalados abaixo do dossel de manguezal (pluviômetro, piranômetro, sensor de temperatura e umidade relativa do ar, sensor de velocidade e direção do vento, datalogger e painel solar) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.
(Autoria: Fernando Godoy, 2008).

Fotografia 20: Pluviômetros instalados na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguapec/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008).

Fotografia 21: Pluviômetros instalados na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguapec/SP.
(Autoria: Nádia G. B. de Lima, 2008).

Durante o período de obtenção dos dados alguns sensores apresentaram problemas, com interrupção de suas medições, para preencher as falhas em escala mensal e diária, optou-se pelo preenchimento através de análise de regressão linear simples entre as variáveis obtidas a 10m; a 2m e na PCD. O apêndice 1 apresenta

as figuras referentes as relações obtidas por regressão linear simples, bem como as equações utilizadas para preenchimentos das falhas e o coeficiente de determinação para os atributos climáticos (Figuras 71 a 81). O uso dessas equações e suas relações com os dados monitorados pela PCD permitem obter os valores dos atributos climáticos dispensando, em futuro próximo, a manutenção da estação meteorológica neste ambiente.

Figura 10: Localização da Torre Microclimática - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 Características estruturais dos manguezais

Os dados de estrutura da vegetação referem-se às medidas de diâmetro (DAP), altura, área basal, densidade relativa, dominância relativa e identificação das espécies. Em uma área de 400m² foram encontrados 65 indivíduos, sendo 51 vivos e 14 mortos, os indivíduos vivos são representados pelas espécies *Rhizophora mangle* (33 indivíduos) e *Laguncularia racemosa* (18 indivíduos), enquanto para os indivíduos mortos, 3 foram identificados como de *Rhizophora mangle* e 11 *Laguncularia racemosa*. A tabela 03 apresenta o número de indivíduos, número de troncos por 0,04 hectare, altura média, alturas das emergentes, área basal, densidade relativa (DR) e dominância relativa dos indivíduos vivos (DoR), levantados no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 03 - Número de indivíduos, número de troncos por 0,04 hectare, altura média, alturas das emergentes, área basal, densidade relativa (DR) e Dominância Relativa dos indivíduos vivos – manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Espécies	Nº de indivíduos/0,04 ha	Nº de troncos/0,04 ha	Altura média (m)	Altura das emergentes (m)	Área Basal (m ² /ha)	DR (%)	DoR (%)
<i>Rhizophora mangle</i>	33	239	8,8	12,5	16,0	64,7	89,5
<i>Laguncularia racemosa</i>	18	45	3,9	7,3	1,9	35,3	10,5
Total	51	284	7,1	-	17,9	100	100

A tabela 04 apresenta o número de indivíduos mortos por 0,04 hectare, bem como a densidade relativa. Para os indivíduos mortos não foi possível quantificar os demais parâmetros visto que a maior parte desses indivíduos apresentavam tamanho inferior ao 0,5 cm.

Tabela 04 - Número de indivíduos por 0,04 hectare e densidade relativa (DR) dos indivíduos mortos – manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

Espécies	Nº de Indivíduos/0,04 ha	DR (%)
<i>Rhizophora mangle</i>	03	21,4
<i>Laguncularia racemosa</i>	11	78,6
Total	14	100

A figura 11 apresenta a área basal por classe diamétrica. Observa-se que a *Rhizophora mangle* apresentou distribuição nas três classes diamétricas, com destaque para a classe intermediária, com 8,73 m²/ha, mas apresentando considerável contribuição também na classe superior, 7,20 m²/ha. Enquanto, a *Laguncularia racemosa* apresentou contribuição significativa apenas na classe intermediária.

Figura 9: Área Basal por classe diamétrica para os indivíduos vivos de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

A figura 12 apresenta a dominância relativa por classe diamétrica. Observa-se que a *Laguncularia racemosa* apresentou 97,1% de dominância na classe diamétrica intermediária, não apresentando registros para a classe superior. A *Rhizophora mangle*

apresentou elevada dominância relativa para as classes diamétrica intermediária e superior e apenas 0,7% na classe inferior, comprovando o seu alto desenvolvimento estrutural.

Figura 10: Dominância relativa por classe diamétrica para os indivíduos vivos de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguapec/SP.

Os números de troncos, por classe diamétrica, são apresentados na figura 13. A maior contribuição de troncos para *Rhizophora mangle* foi para a classe diamétrica intermediária ($2,5 \leq \text{DAP} \leq 10$ cm), com 205 troncos, em seguida se destacou a classe diamétrica superior (≥ 10 cm). Registrou-se ainda 13 troncos na classe diamétrica inferior ($< 2,5$ cm). Para essa espécie a classe diamétrica com maior área basal também foi a classe intermediária, com $8,73 \text{ m}^2/\text{ha}$, correspondendo a um percentual de dominância de 54,4%, seguida da classe superior, com $7,2 \text{ m}^2/\text{ha}$, equivalente a 44,9 % de dominância em área basal e, por último, a classe diamétrica inferior apresentando apenas $0,12 \text{ m}^2/\text{ha}$ de área basal, correspondendo apenas a 0,7%.

Para a espécie *Laguncularia racemosa* a maior contribuição de troncos também foi para a classe diamétrica intermediária, com 38 troncos, representando uma área basal de 1,71 m²/ha ou 97,1% de dominância. Enquanto para a classe diamétrica inferior registrou-se apenas 7 troncos, com área basal de 0,05 m²/ha, equivalente a 2,9% de dominância. Para a classe > 10 cm não houve registro de dados para essa espécie.

Figura 11: Número de troncos por classe diamétrica para os indivíduos vivos de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A altura média do bosque foi de 7,1 m, no entanto, ao considerar apenas os indivíduos de *Rhizophora mangle*, a altura média dos indivíduos é de 8,8 m e indivíduos emergentes com 12,5m. Ao considerar, apenas, os indivíduos de *Laguncularia racemosa* a altura média foi de 3,9 m.

Com a análise dos dados, verificou-se que a *Rhizophora mangle* apresenta destaque na área de estudo para todos os parâmetros analisados, com valores

superiores aos de *Laguncularia racemosa*, demonstrando sua estrutura mais desenvolvida.

O bosque estudado pode ser classificado como tipo franja, ocorrendo ao longo da Ilha dos Papagaios, área abrigada da influência direta do mar. Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), o movimento da maré é mais sentido nas franjas, que facilita a ventilação do sistema radicular e facilita a remoção de materiais tóxicos, que se deposita sob o substrato. As franjas estão também submetidas à ampla variação de salinidade, tornando-as áreas menos oligotróficas e, portanto, com maior desenvolvimento estrutural, como pôde ser observado na Ilha dos Papagaios, cuja área central da ilha apresenta bosques, visivelmente, menos desenvolvidos.

Deve-se destacar que, ao longo da área de levantamento dos dados há o predomínio de plântulas de *Rhizophora mangle*, no sub-bosque, além da presença marcante de *Crinum attenuatum*, (lírio do mangue) e *Acrostichum aureum* (samambaia do mangue).

Coelho Junior (1998), ao estudar a zonação dos bosques de mangue em Cananéia, definiu que essa dominância de uma espécie sobre as demais (dominância de *Rhizophora mangle*) é espelho das condições e das características do gradiente físico-químico, resultante de diversos fatores, como a salinidade e frequência de inundação.

9.2 Índice de Área Foliar

A tabela 05 apresenta os resultados da análise das fotografias hemisféricas por parcela, bem como a média para cada dia analisado. Os resultados mostraram uma abertura média de dossel de 35,2%, 41,3%, 42,2% e 40,3% e Índice de área foliar médio de 1,18 e 0,96, 0,93 e 0,96, para as parcelas 1, 2, 3 e 4, em 22/03, 11/07, 20/09 e 30/10/08, respectivamente.

Observou-se que para o período em questão, a abertura do dossel foi menor em 22/03, com 35,2%, enquanto em 11/07 a abertura foi de 41,3%, o que equivale a um aumento de 17,3%. Em setembro a abertura do dossel foi maior ainda, com 42,2%, equivalente a um aumento de 2,2% em relação a julho e de 20% em relação a março. Em 30/10 observa-se uma diminuição na abertura do dossel, com 40,3%, correspondendo a uma redução de 4,5% na abertura do dossel em relação a setembro, que diminuirá mais em março.

Quanto ao IAF, os maiores valores foram registrados em 22/03/08, demonstrando que apesar do início do outono, a característica de produção foliar da estação de verão ainda é perceptível, com aumento na estação chuvosa e redução da salinidade intersticial, favorecendo a formação de folhas novas e diminuindo a produção foliar na estação menos chuvosa. Tal fato pode ser comprovado com os resultados obtidos em 11/07/08, representando a estação do inverno e com IAF de 0,96 e em 20/09/08, final do inverno e início da primavera, com IAF de 0,93. A partir de 30/10, observa-se um aumento no IAF em relação a setembro. Portanto,

constatou-se uma redução de 18,5 % no IAF de março para setembro e 3,2% de aumento de setembro para outubro.

Tabela 05 - Índice de área foliar e abertura do dossel para 22/03/08, 11/07/08 e 20/09/08, obtidos com o processamento de fotografias hemisféricas no *software* GLA, para o manguezal da Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

Parcela	Abertura de dossel (%)	IAF
22/03/08		
1	34,0	1,28
2	36,3	1,13
3	36,3	1,17
4	34,4	1,12
Média	35,2	1,18
11/07/08		
1	40,2	1,0
2	41,2	0,9
3	41,8	1,0
4	42,1	0,9
Média	41,3	0,96
20/09/08		
1	42,1	0,94
2	42,4	0,92
3	41,4	0,97
4	43,1	0,89
Média	42,2	0,93
30/10/08		
1	39,3	1,11
2	41,1	0,87
3	40,6	0,97
4	40,3	0,90
Média	40,3	0,96

O capítulo 10.3 apresenta e discute a relação do IAF com a transmissividade do dossel.

Armani (2004), trabalhando com Mata Atlântica, calculou o fator de obstrução, encontrando valores entre 94% e 84%. Enquanto que para o manguezal, a variação

de obstrução do céu dentro do dossel está entre 67% a 56%. Isso provavelmente favorece uma maior entrada de radiação solar global, o que tende a contribuir e influenciar na quantidade de vida presente até mesmo no substrato do ambiente.

A área foliar é uma importante característica estrutural também para manguezal, devido ao fato de ser no dossel que ocorre significativos processos dentro do ecossistema, como transpiração, interceptação de chuva, fotossíntese e, ainda, fornecer matéria orgânica para a serapilheira. Diante dos resultados, foram constatadas variações na abertura do dossel e, conseqüentemente, na quantidade de folhas presentes no ambiente, influenciado a quantidade de radiação solar transmitida por esse dossel, contribuindo para a formação de um mosaico de luminosidade dentro do bosque, o que tende a contribuir com oportunidades distintas para diferentes espécies de flora e fauna, até mesmo microscópicas.

9.3 Radiação Solar

Durante o período analisado a média diária de radiação solar global para o sensor localizado a 10m (RG10) foi $14,1 \text{ MJ.m}^{-2}$, para a PCD (RPCD) esse valor foi de $13,9 \text{ MJ.m}^{-2}$, enquanto abaixo do dossel de manguezal (RG2) registrou-se $4,0 \text{ MJ.m}^{-2}$. O valor máximo diário de radiação solar global ocorreu no dia 05/12/08, com RPCD, com registro de $28,6 \text{ MJ.m}^{-2}$, RG10 com $30,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ e RG2 com $12,6 \text{ MJ.m}^{-2}$. Os valores mínimos ocorreram em 23/06/08, com registro de $1,84 \text{ MJ.m}^{-2}$ para RG10, $1,4 \text{ MJ.m}^{-2}$ em RPCD e $0,48 \text{ MJ.m}^{-2}$ em RG2.

Com análise da figura 14, constatou-se que apesar da intensidade da radiação solar no manguezal ser superior a registrada depois de ultrapassar a vegetação, a curva de variação é semelhante. Observa-se que nessa escala temporal, a variação da declinação solar ao longo do ano contribui para a quantidade de radiação solar incidente.

Figura 12: Total diário da radiação solar global acima e abaixo do dossel do manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e na PCD - Iguape/SP, para 2008.

9.3.1 Análise diária da radiação solar global

Para analisar a variação diária da radiação solar global foram selecionados alguns dias, de acordo com a cobertura de céu predominante (nublado, parcialmente nublado e limpo). A tabela 6 apresenta os dias selecionados, bem como a cobertura do céu predominante.

Tabela 06 - Transmissividade atmosférica (τ) e cobertura do céu para os dias 13/01, 04/03, 07/05, 13/06, 22/09, 17/10 e 20/11/08 – Barra do Ribeira-Iguape/SP.

Data	τ	Cobertura de céu
13/01/08	0,15	Nublado
04/03/08	0,68	Céu limpo
26/05/08	0,40	Parcialmente nublado
13/06/08	0,09	Nublado
22/09/08	0,72	Céu limpo
17/10/08	0,05	Nublado
16/12/08	0,44	Parcialmente nublado

A radiação solar global abaixo do dossel de manguezal, ao longo de um dia com céu limpo e nublado variou substancialmente. No dia 04/03/08, RG10 apresentou uma curva de radiação solar global típica daquela observada em superfícies que se encontram a céu aberto, em dias claros, com transmissividade atmosférica de 0,68. Enquanto no dia 13/01/08, com céu nublado, constatou-se redução na radiação solar global (figura 15).

Figura 13: Variação da radiação solar global para os dias 13/01/08, com cobertura de céu nublado e 04/03/08, com cobertura de céu limpo.

A figura 16 apresenta as curvas da irradiâncias solar global para o dia 13/01/2008. O valor integrado no topo da atmosfera, acima e abaixo do dossel foram 42,76; 6,35 e 1,81 $MJ.m^{-2}$, respectivamente. O valor da transmissividade atmosférica (τ) e da transmissividade do dossel (τ_d) foi de 0,15 e 0,28, respectivamente. Observou-se, em 13/01/08, que RG10 diminuiu consideravelmente, mas os dois sensores

apresentaram respostas semelhantes. Em dias nublados há o predomínio da radiação solar difusa com característica multidirecional e de baixa energia, visto que apresenta interferência das nuvens, impedindo a ocorrência de picos acentuados, conforme pode ser observado em dias com cobertura de céu limpo (figura 17).

Figura 14: Radiação solar global no topo da atmosfera (I_o), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 13/01/08, com cobertura de céu nublado, ($\tau = 0,15$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

O dia 04/03/08 apresentou registros de 37,26 MJ.m⁻² no topo da atmosfera e um valor integrado de 25,69 MJ.m⁻² acima do dossel, conforme figura 17. Para este dia a τ foi de 0,68. Abaixo do dossel foram registrados 6,01 MJ.m⁻², com τ_d de 0,23 ou 23%. Observou-se que RG2 apresentou uma oscilação mais intensa nos valores em função de um maior ou menor sombreamento do dossel, visto a predominância de radiação solar direta para esse dia.

No dia 13/01/08 o total de radiação solar global em RG10 foi 6,35 MJ.m⁻², enquanto que para 04/03/08 esse valor foi de 25,69 MJ.m⁻², demonstrando uma maior disponibilidade energética para esse dia. O valor máximo de radiação solar global

para 13/01/08 foi de $562,20 \text{ W.m}^{-2}$ e ocorreu às 16h10min. Para o dia 04/03/08, céu limpo, o valor máximo de RG foi 995 W.m^{-2} , às 12h30min.

Comparando-se as figuras 16 e 17 ficou evidente que embora o valor de τ tenha aumentado (de 0,15 para 0,68), o valor de τ_d diminuiu (de 0,28 para 0,23), indicando que este parâmetro depende também do arranjo foliar do dossel e não somente do total de radiação solar global.

Figura 15: Radiação solar global no topo da atmosfera (I_o), acima (RG_{10}) e abaixo (RG_2) do dossel de manguezal, para 04/03/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,68$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Abaixo do dossel do manguezal, o total de energia incidente foi reduzido, em resposta ao efeito de proteção do dossel, nos dois dias em destaque. No dia 13/01/08, o total de energia acumulada em RG_2 foi de $1,81 \text{ MJ.m}^{-2}$, enquanto em 04/03/08 foram acumulados $6,01 \text{ MJ.m}^{-2}$. O valor máximo de radiação solar global registrado em RG_2 foi de $178,70 \text{ W.m}^{-2}$, em 13/01/08, às 16h e de $746,5 \text{ W.m}^{-2}$, às 13h, no dia 04/03/08.

As figuras 18 e 19 apresentam a radiação solar no manguezal para os dias 13/06 e 17/10/08, ambos classificados como dia nublado, com transmissividade atmosférica de 0,09 e 0,05, respectivamente. Observa-se que independente da estação do ano a presença de nebulosidade contribui para uma redução significativa na energia disponível no ambiente.

No dia 13/06/08 a quantidade de radiação solar global no topo da atmosfera foi de $21,59 \text{ MJ.m}^{-2}$, com transmissividade atmosférica de 0,09. Enquanto no dia 17/10/08, lo foi de $38,43 \text{ MJ.m}^{-2}$, com transmissividade atmosférica de 0,05. Devido a intensa influência da nebulosidade presente nesses dois dias o valor da transmissividade do dossel ficou muito próximo, visto que a quantidade de radiação solar em RG10, nos dois dias foi bem atenuada, mesmo com quantidade diferenciadas de lo.

Figura 16: Radiação solar global no topo da atmosfera (l_o), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 13/06/08, com cobertura de céu nublado ($\tau = 0,09$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Figura 17: Radiação solar global no topo da atmosfera (I_o), acima ($RG10$) e abaixo ($RG2$) do dossel de manguezal, para 17/10/08, com cobertura de céu nublado ($\tau = 0,05$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

As figuras 20 e 21 apresentam a radiação solar global no manguezal para dias classificados com cobertura de céu limpo, observa-se que para esses dias a quantidade de radiação solar abaixo do dossel, foi influenciada pelo ângulo de incidência da radiação no ambiente, resultando em menor energia disponível.

Em 07/05/08, o total de radiação solar no topo da atmosfera foi $25,5 MJ.m^{-2}$, com transmissividade atmosférica de 0,70, portanto 70% dessa radiação atingiu o dossel do manguezal. Enquanto no dia 22/09/08, a transmissividade atmosférica foi de 72%, sobre um montante ainda maior de radiação solar no topo da atmosfera, contribuindo para que nesse dia a disponibilidade energética no ambiente fosse ainda maior.

Figura 18: Radiação solar global no topo da atmosfera (lo), acima ($RG10$) e abaixo ($RG2$) do dossel de manguezal, para 07/05/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,70$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Figura 19: Radiação solar global no topo da atmosfera (lo), acima ($RG10$) e abaixo ($RG2$) do dossel de manguezal, para 22/09/08, com cobertura de céu limpo ($\tau = 0,72$) – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

As figuras 22 e 23 apresentam a radiação solar global abaixo e acima do dossel de manguezal para 26/05/08 e 16/12/08, classificado como dia com cobertura de céu parcialmente nublado. Observa-se que para os dias parcialmente nublados RG10 apresenta uma intensa variação ao longo do dia e que a quantidade de radiação solar em RG2 também está diretamente ligada ao ângulo de incidência dos raios solares.

Figura 20: Radiação solar global no topo da atmosfera (I_o), acima ($RG10$) e abaixo ($RG2$) do dossel de manguezal, para 26/05/08, com cobertura de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,4$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Figura 21: Radiação solar global no topo da atmosfera (I_o), acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, para 16/12/08, com cobertura de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,4$) - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Diante disso, concluiu-se que o total de energia acumulada dentro do manguezal é reduzida durante o dia, em resposta ao efeito de proteção causado pelo dossel, e que independente da época do ano, a presença de nebulosidade contribui para uma redução na radiação solar global, enquanto em dias de céu limpo e parcialmente nublado, a quantidade de radiação solar varia em função do ângulo de incidência dessa radiação no ambiente.

Como os resultados mostraram variação na radiação solar global em função da presença do dossel do manguezal e da nebulosidade, foi estabelecida uma regressão linear correlacionando RG10 e RG2, conforme figura 24. Observa-se que os dias classificados com transmissividade atmosférica elevada, dias com cobertura de céu limpo e parcialmente nublado se destacam de forma mais dispersa na figura

24 (círculo vermelho), evidenciando que os dias nublados apresentam maior correlação entre os dados.

Figura 22: Relação entre a radiação solar global obtida acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel do manguezal – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira-Iguape/SP.

Vale ressaltar, que a maré também apresenta influência na quantidade de radiação solar que efetivamente permanece e atinge o subsolo, mas que nesse trabalho não se quantificou sua influência.

9.3.2 Análise horária da Radiação solar global

Para análise horária foram trabalhados os períodos de 06/01 a 31/03/08 (verão); 01/04 a 23/06/08 (outono) e 21/09 a 31/12/08 (primavera). O período de 01/07 a 20/09/08 não serão apresentados devido à ocorrência de falhas nos sensores. As figuras 25, 26 e 27 apresentam as médias horárias da radiação solar global acima e abaixo do dossel do manguezal.

Figura 23: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel do manguezal, no período de 06/01 a 31/03/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.

Figura 24: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, no período de 01/04 a 23/06/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.

Os maiores picos ocorreram entre 12h e 14h, para os dois sensores, visto que nesses horários os raios solares incidem perpendicularmente, portanto com um menor ângulo de incidência, contribuindo para uma maior quantidade de energia solar, nos três períodos analisados. Observa-se que, durante o verão e a primavera, RG2 apresentou variações mais intensas durante o período de aquecimento diurno do que no outono, resultado da declinação solar no período, bem como do ângulo de incidência dos raios solares.

Figura 25: Valores médios horários da radiação solar global acima (RG10) e abaixo (RG2) do dossel de manguezal, no período de 21/09 a 31/12/08 - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguape/SP.

9.3.3 Coeficiente de reflexão do dossel do manguezal

O albedo (α) médio, obtido pela equação 11, para o ano de 2008 foi de 7,5%. Considerando ainda a definição de que o coeficiente de reflexão é o coeficiente angular de regressão (inclinação da reta entre a radiação refletida e a incidente), também obteve-se um valor de 7,5%, conforme figura 28.

Observa-se uma elevada correlação entre as variáveis de RG10 e Rr. O albedo é importante visto que representa a quantidade de radiação solar global que não é absorvida e, portanto, não utilizada pela vegetação de manguezal.

Figura 26: Relação entre a radiação solar global e a radiação solar global refletida no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira-Iguape/SP.

A figura 29 apresenta a variação do albedo ao longo do ano de 2008. Observa-se que o maior valor de albedo ocorreu no dia 09/05/2008. O círculo presente na figura 29 destaca o período de albedo estimado, a partir da obtenção da radiação solar

global refletida pela equação apresentada na figura 28, obtida por regressão linear simples entre RG e Rr e posteriormente com a utilização da equação 11.

Figura 27: Albedo obtido para o manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira - Iguaape/SP.

9.3.4 Transmissividade do dossel (τ_d) e sua relação com o índice de área foliar

De acordo com a tabela 07, os resultados indicam uma transmissividade do dossel (τ_d) média de 26,8%, variando entre um mínimo de 16,5% e o máximo de 44,2%.

Tabela 07 - Transmissividade mensal do dossel (τ_d) do manguezal – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Meses	Transmissividade do dossel (τ_d - %)		
	Média	Máxima	Mínima
J	33,0	44,2	22,4
F	27,6	35,5	22,0
M	23,3	26,4	20,2
A	22,5	26,6	17,5
M	20,6	26,3	16,5
J	21,9	26,4	17,4
J	25,6	28,7	18,3
A	25,9	29,8	19,7
S	25,5	30,3	20,3
O	27,9	31,0	23,5
N	32,9	39,9	28,6
D	35,3	41,9	29,7
Anual	26,8	44,2	16,5

A figura 30 apresenta os valores médios diários de τ_d e da declinação solar. Constatou-se que a transmissividade do dossel no ambiente manguezal apresenta um ciclo de variação, com redução/aumento ao longo do ano. Observa-se na figura 29 que a transmissividade do dossel, após o ciclo de um ano, apresenta valores aproximados em 01/01/08 e 31/12/08, portanto fechando um ciclo anual de variação.

A possível explicação para essa variação ao longo do ano está associada, em um primeiro momento, a variação da declinação solar e não ao Índice de área foliar do manguezal, visto que de acordo com a tabela 7, o IAF também apresenta uma redução em seus valores ao longo do período.

Figura 28: Variação da transmissividade do dossel (τ_d) do manguezal da Barra do Ribeira - Iguaape/SP para o período de 06/01 a 31/12/08.

Outros autores também avaliaram a radiação solar global dentro de ambientes florestais. Mais especificamente referente ao manguezal, Moura et al. (2006), analisou a transmitância do dossel para o manguezal localizado em Alagoas, verificando que nos meses compreendidos de dezembro a março, acontecem as menores atenuações, cerca de 70 a 75% não atinge a superfície do manguezal, ou seja, 30 e 35% conseguem romper a barreira natural formada pelas árvores.

Para identificar a possível interferência da redução do IAF na radiação solar global incidente no manguezal, foram selecionados dois períodos compostos por três dias cada (20 a 22/03 e 21 a 23/09/08), durante dois momentos com declinação solar com valores próximos a 0° e considerando que o IAF médio é maior em março do que em setembro, conforme exposto no Capítulo 10.2. Considerou-se ainda o

período de 29 a 31/10/08 para comparação, na escala diária, de um período com declinação solar diferente de 0° .

Com a análise das figuras 31 e 32 foi possível perceber que para os três dias de março houve uma forte presença de nuvens ao longo dos dias, sendo os três classificados como parcialmente nublados, contribuindo para que os valores de radiação solar global em RG2 fossem reduzidos. Para os dias de setembro, com exceção do dia 22 que foi classificado como dia de céu limpo, também se constatou uma forte presença de nebulosidade, sendo os demais classificados como parcialmente nublado.

Figura 29: Radiação solar global a 10m (RG₁₀) e a 2m (RG₂), saldo de radiação de onda curta (Sroc) e radiação refletida (Rr) para 20, 21 e 22/03/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira– Iguape/SP - Brasil.

Figura 30: Radiação solar global a 10m (RG10) e a 2m (RG2), saldo de radiação de onda curta (SRoc) e radiação refletida (Rr) para 21, 22 e 23/09/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira– Iguaape/SP - Brasil.

Ao comparar os dias 20/03 e 21/09/08, considerando que para esses dias a declinação solar está próxima de 0° , é possível constatar que em 21/09 houve uma maior incidência de radiação solar global em RG2, mesmo chegando uma menor quantidade de radiação solar global, evidenciando a influência do Índice de área foliar para o dia em questão, visto que em setembro o IAF é menor do que em março.

Ao analisar os dados da tabela 08, constatou-se que o dia 20/03 recebeu um montante de $20,7 \text{ MJ.m}^{-2}$, com uma transmissividade de 21,6%, enquanto que o dia 21/09, com maior abertura de dossel, mesmo recebendo uma menor quantidade de energia ($17,5 \text{ MJ.m}^{-2}$), apresentou uma transmissividade de dossel maior (24,6%) que a registrada para 20/03. Os dias 21 e 22/03 registraram uma radiação solar global de 18,5 e $18,6 \text{ MJ.m}^{-2}$, com transmissividade de 20,2 e 20,7%,

respectivamente, enquanto 21/09, mesmo com menor energia incidente apresentou um aumento na quantidade de radiação solar que atingiu RG2, com transmissividade de 24,6%, evidenciando o papel do IAF.

Tabela 08 - Total de radiação solar global a 10m e a 2m no manguezal da Barra do Ribeira-Iguape/SP/Brasil.

Data	RG10 (MJ.m ⁻²)	RG2 (MJ.m ⁻²)	τ_d (%)	IAF
20/03/2008	20,7	4,5	21,6	1,18
21/03/2008	18,5	3,7	20,2	
22/03/2008	18,6	3,9	20,7	
21/09/2008	17,5	4,3	24,6	0,96
22/09/2008	24,5	5,7	23,4	
23/09/2008	21,1	5,1	24,4	

Diante disso, constatou-se que para o período de 20 a 22/03/08, com maior IAF (1,18) e menor abertura de dossel (35,2%), a transmissividade do dossel foi menor se comparada com o período de 21 a 23/09/08, com menor IAF (0,93), e, conseqüentemente, maior abertura de dossel (42,2%), contribuindo para que uma maior quantidade de radiação solar global ultrapasse o dossel da vegetação. Constatou-se que uma redução de 21,2% no IAF, de março (1,18) em relação a setembro (0,93), representou um aumento de 8,3% na transmissividade do dossel de março (21,6%) para setembro (23,5%).

9.4 Temperatura do ar

9.4.1 Análise da temperatura do ar na escala sazonal e mensal

A análise das médias de temperatura do ar no ambiente manguezal apresentou resultados de 21,4 °C, acima do dossel do manguezal (T10) e de 21,1 °C, abaixo do dossel do mangue (T2). As temperaturas máximas e mínimas absolutas foram, respectivamente, 36,7 °C e 5,2 °C, em T10, e 35,5 °C e 5,6 °C, em T2 e ocorreram no dia 11/01/08. A TPCD apresentou valores muito próximos aos registrados em T10, com temperatura média de 21,4 °C e temperatura máxima absoluta de 36,5 °C, com exceção de temperatura mínima absoluta, com 3,0 °C. Comparando-se os dados de T2 e da TPCD, os valores mensais de temperatura máxima absoluta foram maiores na PCD e o de temperatura mínima absoluta mais reduzida também na PCD. É necessário ressaltar que a PCD está localizada em condições padrões de instalação de uma estação meteorológica, em área de gramado e amplo horizonte, portanto, mais sujeita as variações diurna e noturna da temperatura do ar, resultado da perda radiativa noturna.

Conforme apresentado na tabela 09, o mês de janeiro apresentou a maior temperatura máxima absoluta, tanto no manguezal quanto na PCD, enquanto as menores temperaturas mínimas absolutas foram registradas no mês de junho. Observa-se que quanto à temperatura média os três sensores apresentam variação

muito semelhante entre si, enquanto para a temperatura máxima e mínima, apesar da semelhança entre a curva há destaque para a PCD.

A figura 33 apresenta a variação da temperatura média do ar e as médias das temperaturas máximas e mínimas, na escala mensal.

Tabela 09 - Temperatura máxima absoluta, média e mínima absoluta do ar para os sensores localizados no manguezal (T10 e T2) e para a TPCD – Iguape/SP.

Meses	T10			T02			TPCD		
	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
J	36,7	24,3	18,2	35,5	24,0	18,1	36,5	24,3	17,5
F	34,4	25,0	19,0	33,4	24,7	18,9	36,0	25,0	18,0
M	36,1	24,4	17,8	35,0	24,0	17,7	36,0	24,4	18,0
A	33,6	22,3	15,9	32,5	22,0	16,2	34,5	22,3	15,5
M	31,8	19,2	11,9	29,7	19,0	12,1	33,0	19,2	9,5
J	31,2	17,9	5,2	30,1	17,7	5,6	31,5	17,9	3,0
J	30,7	18,1	12,4	29,7	17,9	12,6	32,0	18,0	9,5
A	33,5	19,4	13,2	32,4	19,2	13,3	35,0	19,4	10,5
S	34,4	19,2	12,1	33,3	19,0	12,3	36,0	19,2	10,0
O	31,3	21,6	16,1	30,1	21,2	15,8	31,8	21,6	15,5
N	28,4	22,4	15,4	28,2	22,1	15,3	30,0	22,4	13,9
D	31,2	22,8	15,3	30,2	22,5	15,0	31,9	22,8	13,6
Média	32,8	21,4	14,4	31,7	21,1	14,4	33,7	21,4	12,9

Figura 31: Variação mensal da temperatura média e das médias de temperatura máxima e mínima do ar para os sensores localizados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e para a PCD – Iguape/SP.

A figura 34 apresenta a variação sazonal da temperatura do ar para os sensores T10, T02 e TPCD. Observa-se que a variação da temperatura média do ar, nessa escala temporal, não apresenta variação considerável entre os três sensores, no entanto ao considerar os valores médios da temperatura máxima e mínima do ar, constata-se que a PCD apresenta intensa variação em relação aos demais sensores.

Figura 32: Variação sazonal da temperatura média, máxima e mínima do ar para os sensores localizados no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e para a PCD – Iguape/SP.

9.4.2 Análise da temperatura do ar na escala diária

Na escala diária, o sensor que registrou as mais intensas máximas absolutas foi a PCD, conforme apresentado na figura 35.

A máxima absoluta em T10 foi, em média, 1 °C maior que P2, com diferenças de até 2,4 °C. Enquanto a temperatura média em T10 foi, em média, 0,3 °C maior que T2. A

diferença entre as mínimas absolutas para os sensores T10 e T2 foi, em termos de média, de apenas 0,1 °C, no entanto com valores entre 0,6 a – 0,4 °C.

Figura 33: Temperatura máxima e mínima absoluta do ar, em escala diária para o manguezal – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e PCD – Iguaçu/SP.

Figura 34: Temperatura média do ar, em escala diária, para o manguezal – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e PCD – Iguaçu/SP.

As figuras 35 e 36 demonstram que o sensor localizado no ambiente manguezal, apresenta-se mais protegido em relação às perdas e a chegada de radiação no ambiente. O dossel presente na área de estudo exerce efeito atenuador sobre a temperatura do ar, principalmente no período diurno, quando comparada com a do ambiente aberto, onde está localizada a TPCD. Esse fenômeno está relacionado com a barreira proporcionada pelo dossel das copas das árvores que impede a entrada de uma parte da radiação solar durante o dia no interior do bosque. Essa menor quantidade de radiação solar implica menor aquecimento do solo e, conseqüentemente, menor emissão de radiação de onda longa e menor aquecimento do ar no espaço entre o solo e o dossel.

Diante disso, as amplitudes térmicas foram mais elevadas na PCD, com amplitude máxima diária de 24,5 °C, no dia 03/09/08 e amplitude anual de 33,5 °C. Enquanto no manguezal, o sensor T10, registrou uma amplitude máxima diária de 20,4 °C, também para o dia 03/09/08 e amplitude anual de 31,5 °C. Em contrapartida, T02 registrou uma amplitude anual de 29,9 °C e amplitude máxima diária de 19,3 °C no dia 03/09/08. Diante disso, a área da PCD torna-se mais aquecida no período diurno devido à exposição do solo à radiação solar, e na variação geral, é notada uma redução na amplitude térmica no manguezal em comparação com a TPDC.

A partir dessa análise geral dos dados na escala diária, optou-se por selecionar alguns dias para uma análise mais detalhada, para verificar como ocorre a variação dos atributos climáticos no ambiente manguezal em determinadas situações. Os dias selecionados para análise são apresentados na Tabela 11.

Tabela 10 - Dias selecionados para análise diária dos dados de temperatura do ar – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

	Dia	Motivo
1	08 a 11/01/08	Verão - Ausência de Precipitação e registro de maior Temperatura máxima absoluta no dia 11/01/08 (comparação entre P2 e PCD).
	12 e 13/01/08	Maior ocorrência de precipitação (69% do total mensal)
2	13 e 14/04/08	Outono
3	20 e 21/06/08	Final do outono e Início do inverno

1) 08 a 13/01/08

Os dias 08, 09, 10 e 11 de janeiro de 2008 foram escolhidos por não apresentarem registros de precipitação e antecederam aos dias 12 e 13 de janeiro de 2008, que equivale a um período de intensa precipitação pluviométrica, registrando 290 mm para um período de 48h, o que corresponde a 69% da precipitação ocorrida para janeiro. O dia 11/01/08 também apresentou a maior temperatura máxima absoluta para o período, 35,5 °C.

A figura 37 apresenta a variação da temperatura média do ar e da precipitação a cada 10 minutos no manguezal para o período de 08/01 a 15/01/08. Como se pode perceber a temperatura média do dia 08 ao dia 10 segue sua variação influenciada pelo ritmo do resfriamento noturno e aquecimento diurno. No dia 11/01 a temperatura média apresentou seu pico máximo com valores superiores a 35 °C, resultado, provavelmente, do aquecimento pré-frontal presente na região. A máxima absoluta registrada para esse dia foi de 35,5 °C às 12h20min.

Figura 35: Temperatura média do ar e precipitação acumulada em 10min para o período de 08/01/08 a 15/01/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Na sequência, os dias 12 e 13 /01 apresentaram valores que contribuíram para registros menos intensos tanto da temperatura máxima como mínima. De acordo com o boletim Climanálise, no dia 13, a passagem do segundo sistema frontal pela região causou chuva acumulada igual a 219,5 mm na cidade de Iguaçu, litoral sul de São Paulo, sendo este valor o maior registrado desde 1961 (INMET, 2009).

Observa-se para esses dias uma pluviosidade elevada, influenciando diretamente na temperatura do ar. A partir do dia 14/01 a tendência de variação da temperatura volta a ter um ciclo mais constante, com elevadas temperaturas mínimas ao longo da noite.

Ao realizar a comparação entre a variação diária da temperatura média do ar no manguezal para um período sem precipitação (08, 09/01/08) e um período chuvoso (12 e 13/01/08), conforme figura 38 foi possível observar que para os dias 08 e 09

de janeiro a variação da temperatura do ar esteve dentro do padrão, com seu máximo em torno das 14h, respondendo ao ciclo diário de aquecimento diurno e de resfriamento noturno. Ao considerar as temperaturas máximas absolutas, os dois dias apresentaram valores iguais, com 29,1 °C, enquanto que para a mínima absoluta o dia 08 registrou 18,2 °C e o dia 09, 18,9 °C.

Para os dias com registro de precipitação, 12 e 13 de janeiro de 2008, a temperatura do ar se apresentou bem variada. As máximas absolutas foram 26,5° para o dia 12 e 25,6° para o dia 13/01. Enquanto as mínimas absolutas foram de 21,6 °C e 21,3 °C, respectivamente. Os valores comprovam que a presença de nuvens e vapor d'água na atmosfera contribui para uma menor amplitude térmica no ambiente.

Figura 36: Temperatura média do ar para 08 e 09/01/08, sem registro de precipitação, e para 12 e 13/01/08, com registros de precipitação, no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguapec/SP.

A figura 39 apresenta a variação da temperatura do ar e a precipitação a cada 10min para os dias 12 e 13/01/08, com destaque para o horário de maior precipitação, das 20h do dia 12 até 17h20min do dia 13/01, com registro de 244 mm. Observa-se que conforme ocorrem os picos máximos de precipitação a temperatura do ar diminui. Às 21h teve início um evento de chuva, com temperatura do ar de 24,9 °C e às 23h começou a diminuir, quando registrou-se 21,9 °C, com uma redução de 3,1 °C e um total de 74 mm de precipitação. Após esse período houve uma diminuição na intensidade da chuva, contribuindo para que a temperatura se elevasse novamente. Das 23h às 00h30min choveu 9,1 mm e a temperatura do ar subiu 2,7 °C. Às 00h40min a temperatura do ar voltou a diminuir até às 03h quando registrou 21,8 °C, com 2,7 °C de diferença após 35,1 mm de chuva. Às 3h10min inicia-se mais um período de elevação da temperatura do ar.

Figura 37: Temperatura média do ar e precipitação para o período de 20h de 12/01/08 à 17h20min de 13/01/08 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Às 10h da manhã do dia 13/10/08 inicia-se mais um evento intenso de precipitação, e conseqüentemente a temperatura do ar registra uma queda significativa, chegando em apenas 40min a uma redução de 3 °C, com 22 °C às 10h40min. Após o término desse evento a temperatura do ar inicia o seu período de ascensão.

2) 13/04 e 14/04/08

Na figura 40 observa-se que para o dia 13/04, durante o período de aquecimento diurno (07h às 16h), a temperatura média do ar em T2 apresenta-se inferior a observada em T10. Com o início do aquecimento diurno verifica-se o efeito de absorção da radiação solar na parte superior do dossel, com efetivo prolongamento durante todo o período de aquecimento. A temperatura máxima registrada em T10 foi de 33,4 °C, enquanto T2 registrou 32,1 °C, com diferença de 1,3 °C, às 13h20min. A diminuição da temperatura do ar em T2 é devido a menor quantidade de radiação solar que atinge o solo do manguezal. No entanto, durante o período de resfriamento noturno constata-se tendência inversa, T2 com valores superiores a T10. Isso comprova que a presença do dossel contribui com efeito atenuador sobre a temperatura do ar, principalmente no período de aquecimento diurno, enquanto à noite esse comportamento se inverte.

Figura 38: Temperatura média do ar e precipitação para os dias 13 e 14/04/2008 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Durante o dia 14/04/08 observa-se que em um dia com precipitação, no qual as temperaturas máximas e mínimas não ocorreram nos horários esperados, T2 apresenta valores muito próximo aos registrados em T10, tanto no período de aquecimento quanto de resfriamento do dia, evidenciando um momento de isoterminia.

3) 20/06 e 21/06/08

A figura 41 apresenta a variação da temperatura do ar para os dias 20 e 21/06/08. Observa-se que para esse período a temperatura do ar em T2, mesmo durante o período de resfriamento noturno, continuou abaixo dos registros de P10.

Figura 39: Temperatura média do ar e precipitação para os dias 20 e 21/06/2008 no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

9.4.3 Análise da temperatura do ar na escala horária

A seguir, são apresentadas as variações horárias da temperatura média do ar para T2 e T10 no período de 13/04 a 23/06/08 e 01/10 a 31/12/08, visto ser os períodos com ausência de falhas e com registros de temperaturas do ar nos dois sensores.

Com a análise da figura 42 verificou-se que a variação média horária da temperatura do ar para os dois sensores confirmou a aproximação do ritmo de aquecimento e resfriamento diário. Durante o período de resfriamento noturno os dois sensores apresentaram medidas semelhantes, entre 18 a 19 °C até às 07h, quando os dois sensores registram as menores temperaturas, entre 17 e 18 °C. A partir das 07h30min inicia-se o período de aquecimento diurno para T10 e às 08h para T2. No

período de maior aquecimento diurno, P10 registrou valores entre 23 e 24 °C, a partir das 11h40min, enquanto P2, para esse mesmo horário, registrou 22 a 23 °C.

Figura 40: Variação horária da temperatura média do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

A figura 43 apresenta a variação horária da temperatura do ar para a estação da primavera. Conforme pode ser observado, T2 demorou mais para se aquecer, por volta das 05h ainda registrava temperatura entre 19° e 20°, enquanto T10, no mesmo horário, apresentava temperaturas entre 20° e 21 °C. Em P10 o período de maior aquecimento ocorreu a partir das 09h10min, enquanto em T2 esse momento ocorreu 50 minutos depois, às 10h. Essa tendência de T2 se resfriar e aquecer menos evidencia, mais uma vez, a presença do dossel no ambiente, o que contribui para uma maior estabilidade térmica.

Figura 41: Variação horária da temperatura média do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

As figuras 44, 45, 46 e 47 apresentam a variação horária e o desvio absoluto entre os sensores para as temperaturas máximas e mínimas durante o período de 13/04 a 23/06 e 01/10 a 31/12/08.

Figura 42: Variação horária da temperatura máxima do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Conforme figura 44, observa-se que a temperatura máxima do ar durante o período de 13/04 a 23/06/08 foi na maioria das vezes superior em T10, com destaque principalmente no início do período de resfriamento noturno. A maior diferença entre os sensores ocorreu às 08h, com T10 maior 1,9 °C em relação a T2.

Figura 43: Variação horária da temperatura mínima do ar (°C) para o período de 13/04 a 23/06/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Na figura 45 observa-se que a temperatura mínima, para o período de 13/04 a 23/06/08, apresentou tendência diferente a temperatura máxima. Durante todo o período de resfriamento noturno T2 se manteve superior a T10, enquanto no período de aquecimento diurno, P10 apresentou até 0,9 °C de diferença de T2.

Para o período de 01/10 a 31/12/08 os sensores apresentaram variação diferente, tanto para a temperatura máxima e quanto para a mínima. O sensor T10 apresentou registros superiores a T2, tanto no período de aquecimento diurno, quanto de resfriamento noturno, conforme pode ser observado nas figuras 46 e 47. Essa variação pode ser justificada pela incidência da radiação solar nesse período, no qual os raios solares incidem de forma perpendicular, devido as maiores elevações solares e, portanto, com mais energia disponível para o aquecimento do ar.

Figura 44: Variação horária da temperatura máxima do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

Figura 45: Variação horária da temperatura mínima do ar (°C) para o período de 01/10 a 31/12/2008, para os sensores T2 e T10 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

9.5 Umidade Relativa do Ar

9.5.1 Análise da umidade relativa do ar na escala mensal e diária

A tabela 11 apresenta os valores mensais de umidade relativa média do ar para o manguezal da Barra do Ribeira-Iguape/SP. Ressalta-se que os meses de julho, agosto e setembro apresentaram falhas nos registros de dados tanto nos sensores instalados no manguezal quanto na PCD.

Observa-se que o menor registro médio de umidade relativa do ar ocorreu no mês de maio, para UR10, com 79,3%, enquanto em UR2, janeiro se destacou com 80,8%. Os maiores registros foram verificados a partir do mês de outubro com valores superiores a 84% nos dois sensores.

Tabela 11 - Umidade relativa do ar para os sensores UR10 e UR2 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Umidade relativa do ar		
Meses	UR10	UR2
J	79,9	80,8
F	80,5	81,4
M	81,6	82,4
A	82,8	84,1
M	79,3	81,0
J	81,7	82,9
J	*	*
A	*	*
S	*	*
O	84,6	84,9
N	84,1	84,0
D	83,2	83,1

* - Ausência de dados, devido a problemas técnicos

A umidade relativa média para UR10 foi de 82%, enquanto em UR2 esse valor foi de 82,7%. A umidade relativa máxima (100%) ocorreu em UR2 no dia 16/06/08, enquanto nesse mesmo dia, a UR10 foi de 96,5%. O mínimo valor absoluto ocorreu no dia 22/09/08, com 28,8 e 33,1%, para UR10 e UR2, respectivamente. A figura 48 apresenta a variação diária da umidade relativa do ar para os dois sensores.

Figura 46: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 06/01 a 31/12/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Observa-se que ao longo dos dias, os menores registros de umidade relativa do ar foram registrados por UR10. Enquanto os maiores registros foram registrados em UR2, devido ao efeito da presença do dossel, que contribui para que a umidade permaneça no volume de ar interno do manguezal, bem como diminui a entrada de radiação solar, reduzindo o aquecimento do solo e o conseqüente aquecimento do

ar. Além disso, a variação da maré contribui para uma maior presença de umidade no ambiente.

A seguir, assim como na temperatura do ar, foram selecionados alguns dias para análise diária da variação da umidade relativa do ar no manguezal, conforme tabela 13.

Tabela 12 - Dias selecionados para análise diária dos dados de umidade relativa do ar – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

	Dia	Motivo
1	08 a 11/01/08	Verão - Ausência de Precipitação e registro de maior Temperatura máxima absoluta no dia 11/01/08 (comparação entre P2 e PCD).
	12 e 13/01/08	Maior ocorrência de precipitação (69% do total mensal)
2	13 e 14/04/08	Outono
3	20 e 21/06/08	Final do outono e Início do inverno

A figura 49 apresenta a variação da umidade relativa do ar, a temperatura do ar e a pluviosidade para o período de 08/01 a 15/01/08. Observa-se que os dias 12 e 13/01 apresentaram valores mínimos de umidade relativa do ar superiores a 85%.

Figura 47: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 08/01 a 15/01/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Na figura 50 observa-se que durante o período de aquecimento diurno, UR2 apresentou valores reduzidos, ao comparar com UR10. Enquanto durante a noite essa variação se inverte, com UR10 apresentando valores superiores a UR2, visto que durante a noite UR10 apresenta valores inferiores de temperatura do ar.

Figura 48: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 13/04 a 15/04/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Observa-se, ainda, que na figura 50 ocorre variação inversa da umidade relativa do ar em relação a temperatura do ar, visto que a tendência de variação diária da umidade relativa do ar está relacionada ao fato de que a pressão parcial de vapor varia pouco durante o dia, mas a pressão de saturação de vapor varia exponencialmente com a temperatura do ar. Assim, a umidade relativa do ar tende a uma evolução inversa a da temperatura do ar, desde que o ar não esteja saturado de vapor d'água.

Como consequência desse efeito, deve-se esperar que a umidade relativa do ar diminua a partir do nascimento do Sol, atingindo o valor mínimo nas horas mais quentes do dia e voltando a aumentar em seguida apenas por efeito térmico. Essa curva é esperada e normalmente observada, no entanto, pode ser bastante modificado sob situações atmosféricas capazes de alterar a temperatura do ar, a razão de mistura, ou ambas.

Na figura 51, o dia 20/06 apresentou uma curva típica de um dia de estabilidade atmosférica, com a variação da UR seguindo o aquecimento/resfriamento diário. No entanto, no dia 21/06 houve uma maior variação de umidade relativa, com amplitude higrométrica menos intensa. No entanto, nos dois casos o sensor UR02 permaneceu com umidade relativa mais elevada que UR10.

Figura 49: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 20/06 a 21/06/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

9.5.2 Análise da umidade relativa do ar na escala horária

Para análise horária da umidade relativa do ar, assim como para a temperatura do ar, considerou-se dois períodos, com registro contínuo dos dados.

Durante o período de aquecimento, o sensor UR10 registrou as menores umidades relativas. Observa-se que a maior diferença entre os sensores ocorreu às 12h, com até 3,4% de diferença. Enquanto no período de resfriamento noturno, a diferença entre os sensores foi de até 0,5%. Deve-se considerar nesta análise a precisão dos sensores de umidade relativa que é de 2,5%, portanto essas medidas podem estar dentro do erro instrumental do aparelho.

Constatou-se que durante esse período, outono (figura 52), as amplitudes higrométricas são mais intensas que o segundo período de análise, correspondente a primavera (figura 53). Essa tendência está associada as maiores amplitudes térmicas presente no outono do que na primavera, dada a relação inversa entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

Figura 50: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 13/04 a 23/06/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Figura 51: Variação da umidade relativa do ar (%) para o período de 30/09 a 31/12/08 – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Com a interpretação dos dados percebe-se a importância da vegetação de forma a contribuir para uma estabilidade, tanto térmica quanto referente à umidade relativa do ar nesse ambiente.

9.6 Pluviosidade

9.6.1 Pluviosidade mensal e sazonal

A Tabela 14 apresenta a síntese dos dados de precipitação para P10 e PPCD. O total pluviométrico registrado em P10, durante o período de observações, 2008, foi de 1.981,5 mm. De acordo com Sant'Anna Neto (1995), a precipitação anual na região varia entre 1.800 a 2.500 mm, enquanto Tarifa (2004) apresenta como média anual 2.277,8 mm, portanto não diferenciando muito dos valores encontrados para esses autores. O mês de janeiro se destacou como o mês mais chuvoso, com um total de 509,3 mm, enquanto julho, com 19,6 mm, foi o mês menos chuvoso.

Tabela 13 - Precipitação (mm) para 2008, obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguaape/SP e na Plataforma de Coleta de Dados – PCD.

Meses	P _{PCD}	Máximo 24h (mm)	P10	Máximo 24h (mm)	Desvio Absoluto (mm)	Desvio Relativo (%)
J	468,8	155,3	509,3	171,1	-40,5	-8,0%
F	148,6	54,3	102,1	44,1	46,5	45,6%
M	272,0	75,5	257,3	87,9	14,7	5,7%
A	234,8	57,5	184,7	48,4	50,1	27,1%
M	186,1	96,0	164,8	77,4	21,3	12,9%
J	92,2	32,0	88,7	30,0	3,5	4,0%
J	22,8	21,0	19,6	19,0	3,2	16,2%
A	190,3	46,0	169,8	42,1	20,4	12,0%
S	161,8	43,5	119,1	39,8	42,7	35,9%
O	205,3	55,8	125,0	25,9	80,3	64,2%
N	124,3	25,5	108,5	26,1	15,8	14,5%
D	145,1	25,2	132,7	25,8	12,4	9,3%
Anual	2251,5		1981,5		270,2	13,6%

Em média, a precipitação na PPCD foi 13,6% maior do que no manguezal, com exceção de janeiro, onde a precipitação foi 8% maior no manguezal. O menor desvio relativo entre os sensores ocorreu em junho, com precipitação na PPCD 4% maior

que no manguezal. O mês de outubro apresentou o maior desvio relativo, 64,2%, ou seja, a P_{PCD} apresentou precipitação superior em 64,2% que o manguezal.

A figura 54 apresenta a distribuição da precipitação obtida para P_{10} e P_{PCD} . Observa-se que apesar da diferença entre os dados, os registros apresentam uma tendência semelhante de variação ao longo do ano. Constatou-se que, com exceção de janeiro, a $PPCD$ obteve os maiores totais pluviométricos.

Figura 52: Pluviosidade total registrada para 2008 e total máximo em 24h para o manguezal (P_{10}) e $PPCD$ - Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A diferença entre os totais de precipitação deve-se a variação espacial da chuva em especial nos meses em que predominam chuvas de origem convectiva, como no mês de janeiro. Vale ressaltar, ainda, que a estação meteorológica do manguezal está localizada a 12,5 km de distância da torre microclimática instalada no manguezal.

O total máximo registrado em 24h foi observado em janeiro, tanto no manguezal quanto na PPCD, 171,1 e 155,3 mm, respectivamente (Figura 54). O mês de julho apresentou como máximo registrado em 24h, para os dois sensores, 19 e 21 mm, para P10 e PPCD, respectivamente.

Na figura 55 é possível visualizar o período de maior precipitação para o mês de janeiro, aqui em destaque devido ao elevado volume de precipitação, correspondente principalmente aos dias 12 e 13 de janeiro de 2008, quando choveu 290,4 mm, o equivalente a 69% do total de janeiro e 15% do total anual.

Figura 53: Pluviosidade total diária para janeiro, registrada no manguezal (P10) da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira (10) e para a PPCD – Iguape/SP.

A figura 56 apresenta a relação entre a precipitação total diária (P10) e os dados da PPCD. No total foram 172 dias com ocorrência de precipitação. A análise de regressão linear simples mostra uma elevada correlação entre as variáveis, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,870. Com obtenção dessa relação linear simples foi possível preencher as falhas no sensor P10 a partir dos dados da PPCD.

Esse tipo de análise ganha importância quando da reconstituição de séries históricas pretéritas e futuras, ou seja, é possível após a retirada da estação experimental o entendimento das relações entre esses dois ambientes do ponto de vista pluviométrico, sem a necessidade de uma futura manutenção da estação meteorológica no ambiente.

Figura 54: Coeficiente de determinação para a precipitação total diária obtida no manguezal (P10) da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira e na PCD – Iguape/SP.

A distribuição relativa dos totais sazonais da chuva para o manguezal no período em questão é apresentada na figura 57. No verão, aqui definido como os meses de janeiro, fevereiro e março, registrou-se 868,6 mm, o que equivale a 43,8% da precipitação total de 2008. No outono (abril, maio e junho) foi registrado 22,1% da precipitação, com 438,2 mm, enquanto o inverno (julho, agosto e setembro) apresentou o menor registro de precipitação, com 15,6%, equivalente a 308,5 mm,

destacando-se como a estação menos chuvosa. A primavera (outubro, novembro e dezembro) foi a segunda estação menos chuvosa, com 366,2 mm, correspondendo a 18,5% do total precipitado. Observa-se que a PPCD, apresentou distribuição sazonal semelhante a do manguezal.

Figura 55: Distribuição sazonal da precipitação para P10, localizado no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira, Iguaçu/SP.

9.6.2 Intercepção da pluviosidade pela vegetação

A relação entre precipitação total ou precipitação acima do dossel (P10) e a precipitação interna ou precipitação abaixo do dossel do manguezal (P02) são observadas na figura 58. Verifica-se que a precipitação interna diária pode ser altamente correlacionada ($R^2 = 0,986$) com a precipitação total, como indica o modelo de regressão linear.

Figura 56: Coeficiente de determinação entre a precipitação total e a precipitação interna para o manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP.

Conforme pode ser observado na tabela 15, o período de análise para determinação da interceptação não ocorreu de forma contínua ao longo do ano. Observa-se que em fevereiro foi obtido dois períodos de análise, com 9 e 7 dias; março e setembro, com 10 dias cada. Além disso, janeiro e junho apresentam 26 e 23 dias de análise, respectivamente. Os demais meses apresentaram um período de um mês de dados. Esse período de análise registrou uma precipitação total de 1299,6 mm, com elevada amplitude de variação, com valores entre 1,0 mm (critério da autora) a 140,2 mm, registrada em 145 eventos de chuvas.

Observou-se que janeiro e abril, com período de 26 e 30 dias, respectivamente, apresentaram 24 eventos de precipitação. No entanto, janeiro se destaca por apresentar um volume de chuva superior ao de abril, com redução de 56,8% em abril.

A tabela 15 apresenta ainda a precipitação total a 10m (P10); a precipitação registrada pelo sensor a 2m; a quantidade de precipitação que chegou ao sensor a 2m, oriunda de outras áreas de captação, através da concentração realizada por folhas e galhos (C); a precipitação interceptada pelo dossel do manguezal e que, portanto, não chegou ao substrato/solo do manguezal (I).

Tabela 14 - Período de análise, número de dias com chuva, números de eventos (N° Eventos), P10 (mm), P02 (mm), Concentração (C, mm), Perda por Interceptação (I, mm) e porcentagem de perda por interceptação (%).

Período	Dias com chuva	N ^o Eventos	P10	P2	C	I*	%
06 a 31/01/08	14	24	414,7	378,6	27,40	63,5	15,3
01 a 09/02/08	3	4	14,9	11,1	0,90	4,7	31,5
16 a 22/02/08	2	2	9,7	10,3	2,2	1,6	16,5
22 a 31/03/08	5	6	77,8	58,8	0,80	19,8	25,4
01 a 30/04/08	12	24	179,3	155,5	17,70	41,5	23,1
01 a 31/05/08	9	15	158,4	133	13,10	38,5	24,3
01 a 23/06/08	6	8	77,7	83,6	10,60	4,7	6,0
20 a 21/09/08	5	7	15,7	14,4	2,60	3,9	24,8
01 a 31/10/08	10	18	120	113	15,40	22,4	18,7
01 a 30/11/08	10	14	103,8	94	11,60	21,4	20,6
01 a 31/12/08	14	23	127,6	100,9	5,80	32,5	25,5
Total	90	145	1299,6	1153,20	108,10	254,5	-

* Concentração (C) = $(P10 - P02) < 0 = C$; * Interceptação (I) = $(P10 - P02) > 0 = I$; Análise válida para chuva na escala de 10 min.

A interceptação média da pluviosidade para o ambiente manguezal foi de 19,6% ao longo do período. Constatou-se que o sensor localizado a 2m registrou precipitação oriunda de outras áreas de captação através da concentração (C) realizadas por folhas e galhos (P02), resultado da arquitetura do dossel e do formato das folhas da *Rhizophora mangle*, o que em muitos momentos fez com que P02 apresentasse valores superiores a P10. Em média essa concentração realizada por folhas e galhos, correspondeu a 9,4% do total registrado em P02.

Ao comparar a interceptação ocorrida nos meses de janeiro e abril, com mesma quantidade de eventos de chuva, constatou-se que abril apresenta uma interceptação de 23,1% enquanto em janeiro a interceptação corresponde a 15,3% do total desse mês, evidenciando que o tipo de chuva influencia na interceptação, ou seja, em janeiro predominam chuvas convectivas, com intensidade elevada, e abril com maior probabilidade de ocorrência de chuvas frontais, com intensidade moderada a fraca. Os menores registros de eventos de precipitação ocorreu no período de 16 a 22/02/08, com 2 eventos de precipitação, correspondendo a 16,5% de interceptação.

Os meses representativos da primavera (outubro, novembro e dezembro), com período de análise de um mês, apresentaram destaque para dezembro que apresentou 23 eventos, com o maior valor de interceptação, com 25,8%. Enquanto outubro e novembro apresentaram 10 eventos de precipitação cada um, com 18,7 e 20,6 de interceptação, respectivamente.

As figuras 59, 60, 61 e 62 apresentam a distribuição da precipitação total (P10) e precipitação abaixo do dossel, com a contribuição da concentração de folhas e galhos, bem como a interceptação para os eventos para os meses de janeiro, abril, junho e novembro, respectivamente.

Nos quatro meses selecionados para análise observa-se que com o aumento da precipitação, a interceptação diminuiu e vice-versa, portanto, evidenciando que o volume de chuva no manguezal influencia na porcentagem de interceptação.

Figura 57: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para janeiro de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Figura 58: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para abril de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Figura 59: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para junho de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Figura 60: Distribuição da precipitação total (P10), precipitação abaixo do dossel (P2), contribuição da concentração de folhas e galhos e interceptação para novembro de 2008 – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Conforme pode ser observado na figura 63, há uma elevada correlação entre a P10 e P02 para janeiro, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9439. Constatou-se

que durante janeiro, um mês considerado chuvoso, houve registros em que a precipitação no sensor P02 apresentava-se superior ao sensor P10, o que pode ser explicado pelas características estruturais da vegetação de manguezal, contribuindo para que a precipitação fosse redistribuída ao longo das folhas e galhos e que haja concentração para o sensor P2. Verificou-se que essa tendência ocorreu durante todo o período de observação.

Figura 61: Coeficiente de correlação entre a precipitação total e a precipitação interna para janeiro no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Portanto, a interceptação no ambiente manguezal varia de acordo com o aspecto estrutural da vegetação, bem como com o regime de precipitação dominante. A quantidade de precipitação que efetivamente atinge o solo e a forma com que ela é redistribuída dentro do ambiente depende da densidade do dossel e de suas ramificações de galhos e caule. Para o manguezal esse processo é muito importante, visto que a quantidade de chuva que efetivamente atinge o solo

contribuir para a diminuição da salinidade presente no ambiente, sendo determinante para o tipo de espécie predominante no manguezal.

Vários autores analisaram a interceptação vegetal. Costa, et. al (2006) observou que a taxa média de interceptação de chuva para uma floresta tropical chuvosa na Amazônia foi de 18,2%, variando de um total médio de 14,6% durante a época chuvosa (fevereiro) até um valor de 3,6% durante a época menos chuvosa (novembro). Esta sazonalidade na variação da interceptação deve-se, principalmente, as diferentes características das precipitações, associadas com a dinâmica do vento naquela região. ARCOVA et al. (2003), trabalhando em floresta de secundária de Mata atlântica concluiu que, em média, 18,6% da precipitação foi interceptada pela floresta, retornando à atmosfera na forma de vapor. Oliveira Junior et al (2005) também trabalhando com fragmento de Mata Atlântica secundária concluiu que a perda por interceptação representa 18,3% da precipitação total.

9.6.3 Distribuição espacial da precipitação abaixo do dossel

Para analisar a distribuição espacial do dossel ao longo da área de estudo, bem como contribuir com a análise da precipitação interna obtida dentro do ambiente manguezal, foram ainda instalados 16 pluviômetros, distribuídos ao longo de uma área de 400 m², de forma que a torre microclimática se localizasse no centro da parcela. Ressalta-se que entender como se dá a distribuição espacial da chuva dentro de um ambiente como o manguezal, identificando os diferentes sítios

existentes, contribui para melhor entendimento da germinação, da distribuição e do estabelecimento das espécies arbóreas.

Conforme apresentado na tabela 16 e figura 64, constatou-se que a distribuição da precipitação ao ultrapassar o dossel do manguezal ocorre de forma diferenciada, resultado da diferente arquitetura e densidade do dossel. Observa-se, ainda, que os locais de instalação dos pluviômetros totalizadores acumularam uma quantidade considerável de precipitação por concentração de folhas e galhos.

Tabela 15 - Pluviosidade registrada pelos pluviômetros distribuídos ao longo das 4 parcelas, P10 e P2.

Data	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	P2	P10
15/02 a 21/03/08	308,6	250,7	248,6	235,9	219,5	251,7
22/03 a 11/04/08	215,5	126,1	126,7	151,1	97,9	126,8
12/04 a 24/05/08	450,9	321,7	386,3*	386,3*	227,3	278,5
24/05 a 11/07/08	141,5	208,3	418,7	335,5	123,6	116,9
11/07 a 20/09/08	356,3	315,0	257,1	386,5	249,9	285,7
20/09 a 31/10/08	218,5	149,0	136,9	126,7	133,8	125,3
31/10 a 12/12/08	219,5	172,2	138,9	255,9	134,6	155,8
Total	1910,9	1543,0	1713,2	1878,0	1186,6	1340,7

* Valores preenchidos pela média do período nas parcelas 1 e 2.

Figura 62: Disposição dos pluviômetros totalizadores em uma parcela de 400m² - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguapec/SP. Situação sem escala.

Observa-se a Parcela 1 registrou a precipitação interna mais elevada (figura 64).

A Parcela 3 e 4, apresentaram valores elevados de precipitação. Enquanto o sensor P02 registrou os menores valores. Isso ocorre devido P02 estar localizado no limite entre dois dosséis, enquanto os demais pluviômetros estavam localizados mais ao centro do dossel. No entanto, apesar dessa diferença entre os pluviômetros, vale ressaltar que independente do sítio que estavam localizados, a vegetação do mangue, mas especificamente a espécie *Rhizophora mangle*, contribuiu para que houvesse concentração de água da chuva nos pontos em que estão localizados.

Concluiu-se que a variabilidade espacial da precipitação tem papel importante dentro da distribuição das espécies de manguezal, contribuindo para a redução da salinidade a que este ambiente está exposta.

9.7 Vento

9.7.1 Velocidade e direção predominante do vento.

No sensor a 10m, a rajada máxima do vento (V10max) registrada foi de 13 m.s^{-1} e ocorreu em 12/11/08, enquanto em V2, o valor da rajada máxima para esse dia foi $4,7 \text{ m.s}^{-1}$, o que significa uma redução de 63,7%. A figura 65 apresenta as rajadas máximas registradas no manguezal para o período de análise. Ressalta-se que o período de 24/06 a 20/09/08 apresentam falhas por motivos técnicos dos sensores. Ao considerar a média das rajadas máximas, V10 registrou um valor de $5,6 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto em V2, a média foi de $2,9 \text{ m.s}^{-1}$, com uma redução de 48,8%.

Figura 63: Rajada máxima registrada acima (V10) e abaixo (V2) do dossel de manguezal - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira - Iguape SP.

A figura 66 apresenta a variação da velocidade média em escala diária para os dois sensores. A velocidade média para V10 foi de $0,65 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto em V2 esse valor foi de $0,24 \text{ m.s}^{-1}$, correspondendo a uma redução de 63,6%.

Figura 64: Velocidade média do vento registrada acima (V10) e abaixo (V2) do dossel de manguezal - Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira - Iguape SP.

Diversos autores estudaram a redução da velocidade do vento no interior de florestas. Medições de velocidade do vento no interior de florestas, comparadas às de ambientes externos revelaram um efeito de amortecimento de 70% a 85% (YOSHINO, 1975¹⁴; CESTARO, 1988¹⁵; CHEN et al., 1993¹⁶; HAWKE e

¹⁴ YOSHINO, M. M. **Climate in a small area: an introduction to local meteorology**. Tokio: University of Tokio Press, 1975. 549p.

¹⁵ CESTARO, L. A. Estudo microclimático do interior de uma mata de araucária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda-RS. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 12, n. 1, p. 41-57, 1988.

¹⁶ CHEN, J.; FRANKLIN, J. F.; SPIES, T. A. Contrasting microclimates among clearcut, edge and interior of old-growth Douglas-fir forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 63, p. 219-237. 1993.

WEDDERBURN, 1994¹⁷; MORECROFT et al., 1998¹⁸ apud HERNANDES et al., 2002), portanto valores bem próximo ao encontrado no manguezal.

Quanto a direção predominante do vento registrada no sensor a 10m (D10) foi, predominante de leste (E), com 20% das observações. A situação de calmaria prevaleceu durante o período de análise, com 22,6% das observações, conforme tabela 17. Para D02, direção predominante a 2 m, também prevaleceu a direção leste (E) em 18% das observações. Nesse nível de medições o número de observações classificados como calmaria foi ainda maior, com 24,5%. Esse aumento da situação de calmaria está associado a presença de vegetação que tende a diminuir a intensidade do vento neste nível, minimizando seus efeitos.

Tabela 16 - Direção predominante do vento no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP, para 2008 registrado em dois níveis, 10m (D10) e 2m (D02).

Direção do Vento	D10 (%)	D02 (%)
N	2,5	1,2
NE	8,6	12,6
E	20,0	18,0
SE	15,3	11,5
S	6,0	6,1
SW	4,4	2,7
W	10,7	16,2
NW	9,8	7,4
Calmaria	22,6	24,5
Total	100	100

A figura 67 e a tabela 17 apresentam a direção predominante do vento no manguezal para os dois níveis. Nota-se que em D10 prevaleceram direções para leste e sudeste, enquanto para D02 essas direções foram para leste e oeste.

¹⁷ HAWKE, M. F.; WEDDERBURN, M. E. Microclimate changes under *Pinus radiata* agroforestry regimes in New Zealand. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.71, p.133-145, 1994.

¹⁸ MORECROFT, M. D.; TAYLOR, M. E.; OLIVER, H. R. Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 141-156, 1998.

Figura 65: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaçu/SP, registrada acima (D10) e abaixo do dossel (D2), em 2008.

A figura 68 e a tabela 18 apresentam a direção predominante do vento no manguezal para os dois níveis, em escala sazonal. Ao considerar a análise sazonal dos dados observa-se que para cada estação há o predomínio de diferentes direções. No verão em D10 destacou-se a direção sudeste (SE), com 26,7%, enquanto o outono apresentou destaque para a calmaria (35,4%) e para direção oeste (20,5%), a primavera se destacou com direção predominante de leste (E). Enquanto no interior do manguezal (D02), a direção predominante no verão foi de leste (22,7%), no outono, a calmaria apresentou o maior percentual (36,2%). Em seguida destacou-se a direção de oeste, e na primavera a direção leste apresentou os maiores registros, com 24,2%.

Tabela 17 - Direção predominante do vento no manguezal, por estação do ano, acima (D10) e abaixo do dossel (D02) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Direção	D10			D02		
	Verão	Outono	Primavera	Verão	Outono	Primavera
N	3,6	2,3	1,7	1,2	0,9	1,3
NE	2,3	2,6	18,3	8,9	3,8	22,8
E	13,9	9,2	33,8	22,7	5,8	24,2
SE	26,7	7,6	12,8	9,8	9,3	14,5
S	8,7	6,8	3,4	6,5	7,2	4,7
SW	1,5	6,8	4,8	1,8	3,3	2,9
W	4,7	20,5	7,3	9,6	28,7	11,1
NW	18,7	8,9	3,6	17,3	4,8	1,7
Calmaria	19,9	35,4	14,3	22,1	36,2	16,6

Figura 66: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguape/SP, por estação do ano.

Observa-se que D02 e D10 apresentam fluxos predominantes de leste para oeste, portanto as direções dos quadrantes norte sul e sul norte são reduzidos, já indicando a atuação da brisa marítima e terrestre.

Para análise dos dados na escalas horária, obteve-se a direção predominante do vento para o período diurno (10h às 21h50min) e noturno (22h às 09h50min), apresentados na tabela 19 e figura 69.

Contatou-se uma variação da direção do vento em função da atuação da brisa terrestre (período noturno) e marítima (período diurno), conforme figura 69.

Observa-se que durante o período diurno, tanto em D10 quanto em D02, há predominância de vento oriundo da direção leste, com 28,2% e 27,3%, respectivamente. No entanto, durante a noite D02 e D10 apresentam mudança na direção predominante do vento, que para D02 passa a ser de oeste (23,1%) e para D10 de noroeste, com 15,8%.

Tabela 18 - Direção predominante do vento no manguezal para o período noturno (18h10min às 5h50min) – Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguaape/SP, registrado em dois níveis, 10m (D10) e 2m (D02).

Direção do vento	D10 (%)		D02 (%)	
	Dia	Noite	Dia	Noite
N	1,6	3,3	0,9	1,4
NE	9,3	7,8	15,1	10,2
E	28,2	11,9	27,3	8,6
SE	23,0	7,6	17,1	5,8
S	8,2	3,9	7,8	4,3
SW	3,8	5,1	2,6	2,8
W	6,8	14,6	9,3	23,1
NW	3,9	15,8	3,0	11,8
Calmaria	15,2	30,1	16,9	32,0

No entanto, vale ressaltar que a situação de calmaria apresentou destaque nos dois sensores, principalmente durante o período noturno, conforme tabela 19. 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. O sensor D02 apresentou as maiores ocorrências de calmaria, visto a presença da vegetação.

Figura 67: Direção predominante do vento no manguezal da Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira – Iguapec/SP, para 2008, considerando o período noturno e diurno, registrado a 10m e a 2m da superfície.

10 SÍNTESE DOS DADOS

A espécie *Rhizophora mangle* apresentou destaque na área de estudo para os parâmetros de dominância, densidade, área basal, número de indivíduos e troncos, com valores superiores aos de *Laguncularia racemosa*, demonstrando sua estrutura mais desenvolvida.

O bosque estudado foi classificado como tipo franja, o que também influencia o desenvolvimento estrutural da vegetação, visto que o movimento da maré facilita a ventilação do sistema radicular e ampla variação de salinidade, contribuindo com maior desenvolvimento estrutural, como pôde ser observado na Ilha dos Papagaios.

Constatou-se que ao longo do ano o dossel do manguezal apresenta uma variação na quantidade de folhas, bem como na abertura desse dossel. O índice de área foliar médio é de 1,0 e a abertura média do dossel foi 39,8%, com abertura mínima em março, 35,2% e abertura máxima em setembro, com 42,2%. Isso demonstra a característica de produção foliar da estação de verão é perceptível, com aumento na estação chuvosa e redução da salinidade intersticial, favorecendo a formação de folhas novas e diminuindo a produção foliar na estação menos chuvosa. A partir de outubro observou-se um aumento no IAF e uma diminuição da abertura do dossel.

A figura 70 sintetiza as informações obtidas acima e abaixo do dossel, é possível visualizar, em termos de média, as diferenças para os atributos analisados.

Figura 68: Síntese dos dados obtidos acima e abaixo do dossel de manguezaal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP.

Verificou-se que essa estrutura fisionômica do dossel de mangue apresenta influência direta na variação dos atributos climáticos, assim como a vegetação é resultado da variação desses atributos em diversas escala de análise. A radiação solar global ao interagir com o dossel do mangue, em média, apresentou uma transmissividade de 26,8%, ou seja, do total de radiação que atingiu o topo do dossel, em média, 26,8% atingiu o sensor localizado abaixo desse dossel. A transmissividade do dossel (τ_d) variou entre um mínimo de 16,5% e o máximo de 44,2%. Essa transmissividade do dossel (τ_d) também foi influenciada pela transmissividade atmosférica (τ), ou seja, em dias com cobertura de céu nublado a quantidade de radiação solar global abaixo do dossel tende a ser mais reduzida que aquela em dias com cobertura de céu limpo. A transmissividade do dossel no

ambiente manguezal apresenta um ciclo de variação, com redução/aumento ao longo do ano, apresentando valores muito parecidos no início e término do ano.

Em um primeiro momento, essa variação está associada à declinação solar ao longo do ano. No entanto, com análise na escala diária de dois períodos com declinação solar próximo de 0º, constatou-se que a variação no IAF do manguezal contribui para a variação da radiação solar global abaixo desse dossel. A radiação solar que atravessa o dossel tende a se reduzir à medida que aumenta a densidade do dossel, influenciando no total de energia acumulada no interior do bosque, onde durante o dia, em resposta ao efeito de proteção do dossel, há uma redução na energia acumulada.

A radiação solar global abaixo do dossel de manguezal, ao longo de um dia com céu limpo e nublado variou substancialmente. Observou-se que independente da estação do ano a presença de nebulosidade contribui para uma redução na energia disponível no ambiente e que em dias de céu limpo a incidência de radiação solar está diretamente influenciada pelo ângulo de incidência dos raios solares. Diante disso, concluiu-se que o total de energia acumulada dentro do manguezal é reduzida durante o dia, em resposta ao efeito de proteção causado pelo dossel, e que independente da época do ano, a presença de nebulosidade contribui para uma redução na radiação solar, enquanto em dias de céu limpo e parcialmente nublado, a quantidade de radiação solar abaixo do dossel varia em função do ângulo de incidência dessa radiação no ambiente.

Quanto à temperatura do ar, comparando-se os dados de T2 e da TPCD, os valores mensais de temperatura máxima absoluta foram maiores na PCD e o de temperatura mínima absoluta mais reduzida também na PCD. É necessário ressaltar que a PCD

está localizada em condições padrões de instalação de uma estação meteorológica, em área de gramado e amplo horizonte, portanto, mais sujeita as variações diurnas e noturnas da temperatura do ar.

A temperatura do ar em T10 foi superior a T2. A máxima absoluta foi, em média, 1 °C maior em T10 do que T2. Para a mínima absoluta a diferença entre os sensores foi, em termos de média, de apenas 0,1 °C.

Demonstrou-se que o dossel exerce efeito atenuador sobre a temperatura do ar, principalmente no período diurno, quando comparada com a do ambiente aberto, onde está localizada a PCD. Diante disso, as amplitudes térmicas foram mais elevadas na PCD, contribuindo para que a área da PCD se torne mais aquecida no período diurno devido à exposição do solo a radiação solar, e na variação geral, é notada uma redução na amplitude térmica no manguezal.

Para a umidade relativa do ar observou-se que ao longo dos dias, os menores valores foram registrados em UR10, reflexo da ausência de dossel, que tende a contribuir para que a umidade permaneça no volume de ar interno do manguezal. A maior diferença entre os sensores ocorreu às 12h, com até 3,4% de diferença. Enquanto no período de resfriamento noturno, a diferença entre os sensores foi de até 0,5%. Deve-se considerar nesta análise a precisão dos sensores de umidade relativa que é de 2,5%, portanto essas medidas podem estar dentro do erro instrumental do aparelho.

Em relação à pluviosidade, constatou-se que, em média, a precipitação na PPCD foi 13,6% maior do que no manguezal.

A interceptação média da pluviosidade para o ambiente manguezal foi de 19,6% ao longo do período. Constatou-se que o sensor localizado a 2m registrou precipitação oriunda de outras áreas de captação através da concentração realizadas por folhas e galhos, resultado da arquitetura do dossel e do formato das folhas da *Rhizophora mangle*, o que em muitos momentos fez com que se registrassem valores superiores abaixo do dossel em relação a P10. Portanto, a interceptação no ambiente manguezal varia de acordo com o aspecto estrutural da vegetação, bem como com o regime de precipitação dominante. A quantidade de precipitação que efetivamente atinge o solo e a forma com que ela é redistribuída dentro do ambiente depende da densidade do dossel e de suas ramificações de galhos e caule. Para o manguezal esse processo é muito importante, visto que a quantidade de chuva que efetivamente atinge o solo contribuir para a diminuição da salinidade presente no ambiente, sendo determinante para o tipo de espécie predominante no manguezal.

É importante ressaltar, que entender como se dá a distribuição espacial da chuva dentro de um ambiente como o manguezal, identificando os diferentes sítios existentes, contribui para melhor entendimento da germinação, da distribuição e do estabelecimento das espécies arbóreas. A variabilidade espacial da precipitação tem papel importante dentro da distribuição das espécies de manguezal, contribuindo para a redução da salinidade a que este ambiente está exposto.

Para o vento, constatou-se que tanto para a rajada máxima quanto para a velocidade média do vento houve uma redução em torno de 63,7% da velocidade em V10 e em V2. Enquanto a rajada máxima em V10 foi de 13 m.s^{-1} , abaixo do dossel esse valor, para o mesmo dia foi de $4,7 \text{ m.s}^{-1}$. A velocidade média para V10 foi de $0,65 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto em V2 esse valor foi de $0,24 \text{ m.s}^{-1}$. Observou-se que ao

ultrapassar o dossel a velocidade do vento devido ao atrito causado pela presença da vegetação ocorre uma redução na velocidade do vento.

A direção predominante do vento registrada no sensor a 10m (D10) foi, predominante de leste (E), com 20% das observações. A situação de calmaria prevaleceu durante o período de análise, com 22,6% das observações. Para D02, direção predominante a 2 m, também prevaleceu a direção leste (E) em 18% das observações. Nesse nível de medições o número de observações classificados como calmaria foi ainda maior, com 24,5%. Esse aumento da situação de calmaria está associado à presença de vegetação que tende a diminuir a intensidade do vento neste nível, minimizando seus efeitos. Constatou-se que em D10 prevaleceram direções para leste e sudeste, enquanto para D02 essas direções foram para leste e oeste, portanto as direções dos quadrantes norte sul e sul norte são reduzidos, já indicando a atuação da brisa marítima e terrestre. Isso ocorre devido ao efeito da brisa terrestre, visto que durante a noite pelo resfriamento radiativo há menos aquecimento do ar e, portanto, uma brisa menos intensa. O sensor D02 apresentou as maiores ocorrências de calmaria, visto a presença da vegetação.

11 CONCLUSÃO

A presente pesquisa contribuiu para entender a variação dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, vento e precipitação) e sua influência na vegetação do manguezal. Verificou-se que, na escala de trabalho microclimática, os atributos do clima apresentam influência direta na distribuição espacial dessa vegetação. Além disso, as características do dossel influenciam essa variação e conseqüentemente a distribuição das espécies vegetais.

A espécie *Rhizophora mangle* apresentou destaque na área de estudo para os parâmetros de dominância, densidade, área basal, número de indivíduos e troncos, com valores superiores aos de *Laguncularia racemosa*, demonstrando sua estrutura mais desenvolvida. Constatou-se que ao longo do ano o dossel do manguezal, mais especificamente da espécie *Rhizophora mangle* apresenta uma variação na quantidade de folhas, bem como na abertura desse dossel, demonstrando a característica de produção foliar da estação de verão, com aumento na estação chuvosa e redução da salinidade intersticial, favorecendo a formação de folhas novas e diminuindo a produção foliar na estação menos chuvosa.

Verificou-se que essa estrutura fisionômica do dossel de mangue apresenta influência direta na variação dos atributos climáticos, como a distribuição pluviométrica abaixo desse dossel, bem como a quantidade de radiação solar.

A radiação solar global ao interagir com o dossel do mangue, em média, apresentou uma transmissividade de 26,8%. Constatou-se que a variação na transmissividade do dossel foi influenciada principalmente pela transmissividade atmosférica e pela declinação solar ao longo do ano, mas em períodos onde a declinação solar apresenta valores próximos o IAF apresentou influencia na quantidade de radiação solar global registrada abaixo do dossel de mangue.

Concluiu-se que a transmissividade da radiação solar global no interior do ambiente manguezal, depende da escala anual da radiação solar global, mas que a variação no IAF do dossel tende a contribuir para a quantidade de energia no ambiente, bem como na quantidade de interceptação da precipitação. Verificou-se que mesmo o manguezal apresentando uma homogeneidade e sua arquitetura de dossel, a abertura e ao IAF variam ao longo do ano.

Quanto à relação manguezal e PCD, as amplitudes térmicas foram mais elevadas na PCD, contribuindo para que a área da PCD se torne mais aquecida no período diurno devido à exposição do solo a radiação solar, e na variação geral, é notada uma redução na amplitude térmica no manguezal. Em relação à pluviosidade, constatou-se que, em média, a precipitação na PCD foi 13,6% maior do que no manguezal.

A interceptação média da pluviosidade para o ambiente manguezal foi de 19,6% ao longo do período. Constatou-se que o sensor abaixo do dossel registrou precipitação oriunda de outras áreas de captação através da concentração realizadas por folhas e galhos, resultado da arquitetura do dossel e do formato das folhas da *Rhizophora mangle*, o que em muitos momentos fez com que se registrassem valores superiores abaixo do dossel em relação a P10. Concluiu-se que a quantidade de precipitação

que efetivamente atinge o solo e a forma com que ela é redistribuída dentro do ambiente depende da densidade do dossel e de suas ramificações de galhos e caule.

Para o vento, constatou-se que tanto para a rajada máxima quanto para a velocidade média do vento houve uma redução em torno de 63,7% da velocidade em V10 e em V2.

A direção predominante do vento foi de leste (E), no entanto constatou-se que em muitos momentos a situação de calmaria prevaleceu principalmente abaixo do dossel, o que está associado à presença de vegetação que tende a diminuir a intensidade do vento neste nível, minimizando seus efeitos. Constatou-se que em D10 prevaleceram direções para leste e sudeste, enquanto para D02 essas direções foram para leste e oeste.

Obteve-se, ainda, equações de regressão linear entre os dados de temperatura do ar, pluviosidade e radiação solar global do manguezal e a PCD, que poderão ser utilizadas para determinação de atributos climáticos, durante outros períodos de análise, dispensando uma futura manutenção da estação meteorológica experimental nesse ambiente.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 V. M. S. et al. A influência da degradação dos manguezais no microclima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003. p. 101-102.

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.

ARMANI, G. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre**: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

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.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE R. A.; DECHEN, A. R. **Introdução a ecofisiologia vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 2007. 229 p.

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>>. Acesso em: 31 de março/2009; 24 de junho/09; 30 de outubro/08 e 26 de dezembro/08.

CHAPMAN, V. J. Mangrove biogeography. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGY AND MANAGENMENT OF MANGROVES. 1975, Honolulu. **Anais...** Honolulu: Teas East-West Center, 1975, p. 3-22.

_____. **Mangrove vegetation**. Vaduz: J. Cramer, 1976. 447p.

CHEN, J. et al. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. **BioScience**, v. 49, n. 4, p. 288, 1999.

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.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. **Ciência Interamericana**, Washington, v. 25, n.1-4, p.4-15, 1985.

COELHO JÚNIOR, C. **Manguezal, desenvolvimento estrutural de cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação - Cananéia, São Paulo, Brasil**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

_____. **Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais - Cananéia, São Paulo, Brasil**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CUNHA-LIGNON, M. **Dinâmica do manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo - Brasil**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DING HOU. **A review of the genus *Rhizophora* witch special reference to the Pacific species**. Blumea 10, p. 625-634. 1960.

FERREIRA, R. D.. **Manguezais da Baía de Vitória – Espírito Santo: um estudo de geografia física integrada**. 1989. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

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 fishe eye photographs, users manual and program documentation. New York: Simon Fraser University Burnaby, B. C., 1999, 36 p.

GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2001.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. 2. ed. Massachusetts: Harvard University Printing Office, 1950. 482p.

_____. **Manual de microclimatologia**: o clima da camada de ar junto do solo. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556p.

GUTJAHR, M. R. **CrITÉrios Relacionados a compartimentação climática de bacias hidrográficas: A Bacia do Rio Ribeira de Iguape**. 1993. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Diferenças estacionais entre variáveis microclimáticas para ambientes de interior de mata, vinhedo e posto meteorológico em Jundiaí (SP). **Revista Bragantia**, Campinas, v.61, n. 2, p. 169-180, ago. 2002.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n.2, p. 167-172, mar./abr. 2004.

HERZ, R. **Distribuição dos padrões espectrais associados a estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro subtropical**. 1988. 378f. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Apresenta dados meteorológicos do Brasil. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25 de março de 2009.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press., 1980, 390p.

LIMA, N. G. B. de; GALVANI, E.; ALVES, R. R. Eventos extremos de precipitação no município de Iguape/SP e seu entorno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12., 2007, Natal. **Anais ...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

LIMA, W. P. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerradão. **IPEF**, Piracicaba, n. 24, p. 43-46, ago.1983.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamento de eucaliptos e pinheiros. **IPEF**, Piracicaba, n. 13, p. 75-90, 1976.

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. Mangrove ecosystems: successional or steady state? **Tropical Succession**, Florida, p. 65-72, 1980.

MCCOY, E. D.; HECK JR., K. L. Biogeography of corals, seagrasses and mangroves: an alternative to the center of origin of concept. **Systematic Zoology**, v. 25, n. 3, p. 201-210, 1976.

MARQUES FILHO, A. O. Regime de radiação solar e características da vegetação – modelos de inversão. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 27, n. 2, p. 119-134, 1997.

MELO, A. C. G.; MIRANDA, D. L. C., DURIGAN, G. 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.

MILANESI, M. A.; GALVANI, E.. Pluviômetro experimental para localidades remotas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. p. 1991-1997.

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.

_____. **Teoria e clima urbano.** 1976. 181 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

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.

OLIVEIRA, V. F. **Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman ex Moldenke e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.** 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2005.

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. 478p.

PERRY, D. **Forest Ecosystems.** Baltimore: Johns Hopkins University Press. 1994.

PEZZOPANE, J. E. M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG.** 2001. 225f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 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.

PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B.. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 701 -709, 2005.

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.; ROCHA, E. J. P. da; FERREIRA, M. A. V. Análises preliminares sobre o microclima do manguezal de Bragança-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003.

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.

ROXBURGH, J. R.; KELLY, D. Short communication uses and limitations of hemispherical photography for estimating forest light environments. **Journal of Ecology**, New Zealand, v. 19, n. 2, p. 213-217, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

_____. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANTOS, A. L. G. **Ocupação e conservação do ecossistema manguezal em Peruíbe – São Paulo**. 2006. 103 f. Trabalho de Graduação Individual - Faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; **Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986. 149 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n. 7, 1989. p. 1-16.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian Coast. **Estuaries**, [S.I.], v. 13, n. 2. p. 204-218, jun. 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros: texto que sistematiza criticamente parte da produção científica**. 1991. 42 f. Tese (Livre-docência) - Departamento Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Brazilian Mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, n. 3, p. 561-570. 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 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. et al. A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Janus-Like approach. **Journal of Coastal Research**, Flórida, v. 42, p. 191-197, 2005.

SCHROEDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-249, 1956.

SHIRLEY, H. L. Light as an ecological factor and its measurement. **Botanical Review**, v. 1, p. 497-532, 1945.

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, J. F. **Ensaio sobre o balanço de radiação no ambiente costeiro: Sistema Estuarino-Lagunar Cananéia-Iguape**. 1991. 152 f. Tese (Doutorado em

Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

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 modelos**. 1997. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

STEENIS, C. G. G. J. **The distribution of mangrove plant genera and its significance for paleogeography**. Neder: Acad. Van Wetensch. 65. 1962. p. 164 a 169.

STOUTJESDIJK, Ph; BARKMAN, J.J. **Microclimate, vegetation e fauna**. Uppsala/Suécia: Opulus Press AB, 1992. p. 216.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. **Depósitos quaternários da planície de Cananéia-Iguape**. São Paulo: DPNM, 1992.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise**. 2002. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

_____. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins. In: MARQUES, O. A. V.; DULEBA, W. (Org.). **Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente Físico, Flora e Fauna**. São Paulo: Holos, 2004. p. 42-50.

THOM, B. G. Coastal landforms and geomorphic processes. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Org.). **The mangrove ecosystem: research methods**. Paris: UNESCO. 1984. p. 3-17.

TONELI, C. A. Z. Análise da relação entre a estrutura do dossel a partir de fotografias hemisféricas e *Eucalyptus grandis*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 1.891-1.898.

VALE, C. C. do. **Séries geomórficas costeiras do Estado do Espírito Santos e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. 2004.

386 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VIEIRA, A. R. R. et al. Influência do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 91-97, 2003.

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. et al. 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.

APÊNDICE A**Preenchimento de falhas - Relações obtidas por regressão linear simples.**

Figura 69: Coeficiente de determinação para a radiação solar global a 10 m (RG10) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguaçu/SP.

Figura 70: Coeficiente de determinação para a radiação solar global a 10 m (RG10) e a 2 m (RG2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaçu/SP

Figura 71: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP

Figura 72: Coeficiente de determinação para a temperatura média do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP

Figura 73: Coeficiente de determinação para a temperatura mínima do ar a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaape/SP

Figura 74: Coeficiente de determinação para a temperatura média do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e a PCD – Iguaape/SP

Figura 75: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguaape/SP

Figura 76: Coeficiente de determinação para a temperatura máxima do ar a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguaape/SP

Figura 77: Coeficiente de determinação para a pluviosidade a 10 m (P10) e a 2 m (P2) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguaape/SP

Figura 78: Coeficiente de determinação para a pluviosidade a 10 m (P10) no manguezal da Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira e na PCD – Iguaape/SP.