

Interceptação da Precipitação no Manguezal no Litoral Sudeste do Brasil

Rainfall Interception in Mangrove in the Southeastern Coast of Brazil

Emerson Galvaniⁱ
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

Nádia Gilma Beserra de Limaⁱⁱ
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

Resumo: Os manguezais estão entre os ecossistemas biologicamente mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços exclusivos para as sociedades e os sistemas costeiros. Essas áreas, no entanto, são cada vez mais fragmentadas, contribuindo para a perda de seus serviços e benefícios. As chuvas exercem uma influência importante neste ecossistema, sendo fundamental para a dissolução dos sais marinhos. Este trabalho investigou o total precipitado no manguezal localizado no Sistema Costeiro de Cananeia-Iguape (SP), em diferentes escalas temporais (diária, mensal, sazonal e anual), bem como sua interceptação pelo dossel do manguezal. Constatou-se uma interceptação de 8,8 %, oscilando entre 13% e 4% na escala anual, evidenciando que a variação anual da precipitação, que reflete tanto em sua quantidade quanto em sua intensidade contribui para a porcentagem dessa interceptação pelo dossel. Verificou-se ainda que, conforme a intensidade da precipitação aumenta, a interceptação pelo dossel do manguezal reduz.

Palavras-chave: Chuva; Mangue; Microclima.

Abstract: Mangroves are among the ecosystems biologically more productive and important in the world, providing unique goods and services to societies and coastal systems. These areas, however, are increasingly fragmented, contributing to the loss of their services and benefits. The rains have an important influence in this ecosystem is central to the dissolution of sea salts. This study investigated the total rainfall in the mangroves located in the Coastal System Cananeia-Iguape (SP) at different time scales (daily, monthly, sea-

ⁱ Professor do Departamento de Geografia – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo. egalvani@usp.br.

ⁱⁱ Especialista Ambiental II – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Doutora em Geografia Física – Universidade de São Paulo. nadia.lima@usp.br.

sonal and annual) and its interception by the mangrove canopy. It found an intercept of 8.8%, ranging from 13% to 4% in the annual scale, showing that the annual variation of rainfall, which reflects both its quantity and its intensity contributes to the percentage of that interception by the canopy. It was also found that as the intensity of precipitation increases, trapping the mangrove canopy reduces.

Keywords: Rain; Mangrove; Microclima.

Introdução

Os manguezais são distribuídos na zona intertidal, entre o mar e a terra nas regiões tropicais e subtropicais no intervalo de, aproximadamente, 30° N e 30° S de latitude. Sua distribuição global é delimitada pelas grandes correntes oceânicas e a isoterma de 20 °C da água do mar no inverno (ALONGI, 2009). Estão entre os ecossistemas, biologicamente, mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços exclusivos para as sociedades e os sistemas costeiros (DUKE et al., 2007; GIRI et al., 2010).

O Brasil apresenta destaque quanto à área de manguezal. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2007), o país apresenta a terceira maior área de manguezal do mundo. Esse ambiente propicia a estabilização da linha de costa e reduzir o impacto de fenômenos extremos, como em casos de tempestade, furacão e tsunami (ZHANG et al., 2012; McLVOR et al., 2012a; KLAUSS et al., 2009; ALONGI, 2008; LACAMBRA et al., 2008).

Para Duke et al. (1998), os fatores que influenciam a estrutura e a função dos manguezais variam em relação às escalas global, regional e local sobre diferentes escalas de tempo. Na escala global, os manguezais são limitados pela temperatura do ar, enquanto em escala regional, a área e a biomassa desse ecossistema podem variar em relação à chuva, marés, ondas e rios.

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

No entanto, apesar da importância desse ecossistema para a zona costeira, os manguezais têm apresentado alterações significativas oriundas da influência da ação antrópica no ambiente (VALIELA et al., 2001; ALONGI, 2002). Essas modificações alteram a cobertura vegetal, que por sua vez, influenciam todo o ecossistema ali instalado, inclusive as interações microclimáticas (GALVANI; LIMA, 2010; MEDELLU et al., 2012, LIMA et al., 2013). Diante disso, o microclima pode ser um indicador de que alterações estão ocorrendo na estrutura do manguezal, em sua borda e no interior de seu ecossistema e o monitoramento das variações dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade absoluta do ar, radiação solar global, vento e pluviosidade) em bosques de mangue pode fornecer informações sobre as respostas do ecossistema manguezal às ações antrópicas e naturais.

Os fatores físicos são fundamentais para a instalação dos manguezais, entre eles o fluxo das marés, com sua importância na troca de material entre o manguezal e o mar aberto, a influência de eventos como tsunamis e tempestades, a topografia local,

o fluxo de água subterrânea e os processos atmosféricos. Esses dois últimos muitas vezes negligenciados em estudos de áreas de manguezais (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

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

De acordo com Chapman (1976), a temperatura e a precipitação têm papel de destaque na biogeografia do manguezal, com influência marcante na distribuição do manguezal.

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

Segundo Herz (1998), as chuvas exercem uma influência importante na dissolução dos sais marinhos, diminuindo seu conteúdo acumulado no substrato, que, caso contrário importaria um processo de concentração do sal durante secas prolongadas, afetando a estabilidade das soluções no lençol freático. Porém, na maioria dos estudos, as chuvas em manguezais geralmente são negligenciadas, pois é uma fonte menor de água em comparação com a enorme quantidade de água que inunda o bosque na maioria das marés. No entanto, em áreas tropicais, a variação na precipitação ao longo do ano é um parâmetro importante, visto que a diferença entre as condições ambientais nas estações secas e úmidas podem ser extremas (RIDD; STIEGLITZ, 2002).

Diante disso, o presente trabalho investiga o papel da estrutura da vegetação na interceptação da precipitação e no total precipitado acima e abaixo do dossel do manguezal, nas escalas diária, mensal, sazonal e anual. Assim realiza uma comparação entre os dados obtidos no manguezal e aqueles referentes a estação meteorológica oficial (Normal Climatológica) nos anos de 2011 e 2012, além de quantificar a interceptação do dossel nos anos de 2011 e 2012 e avaliar a interceptação da precipitação em função de diferentes intervalos de classes de precipitação.

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no Sistema Costeiro de Cananeia-Iguape, considerado uma das áreas mais conservadas do Estado de São Paulo, devido à sua extensão e estágio de conservação (ROSS, 2002; DIEGUES, 2002; CUNHA-LIGNON et al., 2009). De acordo com Cetesb (1998), o Litoral Sul do estado de São Paulo apresenta extensas áreas de manguezal em função da grande extensão da planície costeira nessa região (CETESB, 1998).

Cunha-Lignon et al. (2009), analisando a dinâmica natural e os impactos antrópicos ocorridos em áreas de manguezal no Estado de São Paulo, concluíram que os manguezais do estado sofreram distintas alterações ao longo do tempo, em função de cada trecho de segmento de costa. No Litoral Sul encontram-se os manguezais mais conservados

do Estado de São Paulo; nessa região, os bosques de mangue respondem positivamente à deposição sedimentar nas faces convexas dos canais lagunares (CUNHA-LIGNON et al., 2009).

Apesar de os manguezais do Sistema Costeiro Cananeia-Iguape serem considerados os mais conservados do Estado de São Paulo (ROSS, 2002; CUNHA-LIGNON et al., 2009), estudos apontam para ocorrência de clareiras em áreas de mangue na região de Iguape, devido do aumento de macrófitas aquáticas invasoras nesse setor do sistema costeiro, resultado da abertura do canal do Valo Grande (CUNHA-LIGNON et al., 2009; CUNHA-LIGNON et al., 2011). A abertura desse canal artificial ocorreu entre 1827 e 1852 e causou mudanças significativas tanto na salinidade e nos padrões de sedimentação quanto no aporte de metais pesados para o Sistema Costeiro Cananeia-Iguape (MAHIQUES et al., 2009). A Figura 1 apresenta a distribuição dos manguezais e macrófitas no Sistema Costeiro Cananeia-Iguape e a Figura 2 essa distribuição na Ilha dos Papagaios e na foz do Rio Ribeira de Iguape – SP, trecho norte do Sistema Costeiro Cananeia-Iguape, conforme Cunha-Lignon et al. (2011).

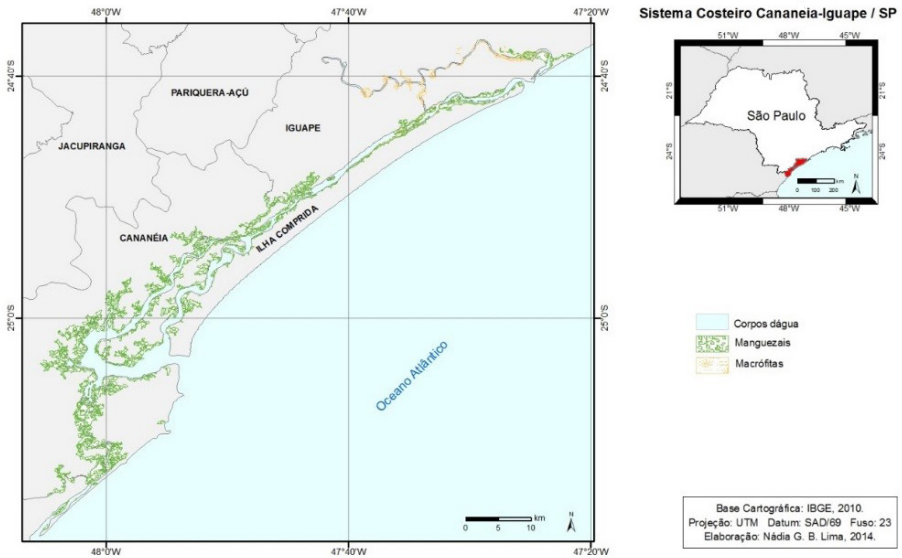


Figura 1 – Distribuição dos manguezais no Sistema Costeiro Cananeia-Iguape.
Fonte: Cunha-Lignon et al. (2011).

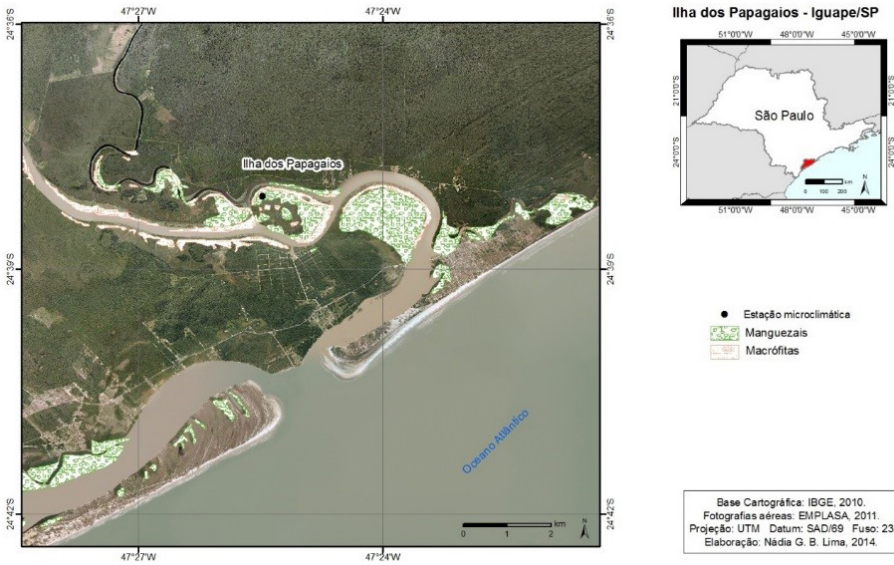


Figura 2 – Distribuição dos manguezais e macrófitas na Ilha dos Papagaios e na foz do Rio Ribeira de Iguape – SP, trecho norte do Sistema Costeiro Cananeia-Iguape.

Fonte: Cunha-Lignon et al. (2011).

Procedimentos Metodológicos

Os atributos climáticos foram obtidos em uma torre microclimática (coordenadas 23 k, UTM 254471.90 m E; 7273441.60 m S), que contém duas estações meteorológicas nos manguezais localizados na Ilha dos Papagaios, na Barra do Ribeira – Iguape/SP, instalada no local desde 06/01/08.

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

Para quantificação da precipitação acima e abaixo do dossel de mangue, foram instalados dois pluviômetros, tipo TE525MM-L15, fabricados pela Texas Instruments, com

registros a cada 10 min. A precipitação total foi medida pelo sensor instalado acima do dossel (P12) e a precipitação interna, que é a chuva que atinge o solo, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas entre as copas e gotas que respigam do dossel, pelo sensor instalado abaixo do dossel (P2). O período de análise da precipitação foi de 06/02/2011 a 31/12/2012. Nesta análise foram desconsideradas outras variáveis como: evaporação e escoamento pelo tronco. Considerando a climatologia regional da área de estudo, para análise da interceptação, optou-se por dividir em seis classes, conforme consta na Tabela 1.

Os dados da Normal climatológica foram obtidos na estação meteorológica oficial da cidade de Iguape, localizada a aproximadamente 12 km do manguezal.

Tabela 1 – Precipitação dividida por classes no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Classe	Intervalo (mm)
1	<1,0
2	≥1,0 < 10
3	≥10 < 20
4	≥20 <40
5	≥40 <60
6	≥60

Resultados e Discussão

Comparação com os Dados Normais de Precipitação

Considerando o primeiro ano de análise, de 06/02/2011 a 31/12/11, o sensor instalado no manguezal acima do dossel registrou 1.691,4 mm, enquanto no período de 01/01/12 a 30/11/2012 totalizou-se 1.542,7 mm.

Ao analisar os dados mensais de precipitação, em 2011 (Figura 3) o mês de fevereiro destacou-se como o mais chuvoso (em janeiro de 2011 não houve medições), com um total de 313,3 mm, o que representa um percentual de 51,7% acima do esperado. Considerando a Normal Climatológica, o valor máximo mensal na região deveria ser observado em março, no entanto, em 2011, esse mês registrou apenas 18,2% do total esperado.

Os meses de abril, maio e junho apresentaram registros abaixo da Normal Climatológica, com 47,8%, 35% e 32,3%, respectivamente. Enquanto julho e agosto se destacaram com valores superiores à Normal Climatológica. O mês de julho registrou 125,8 mm, o equivalente a 20% acima do valor esperado. O mês de agosto, que de acordo com a Normal Climatológica deveria ser o período menos chuvoso do ano, se destacou por registrar 178 mm, equivalente a 88,6% acima do valor esperado para o mês. Por outro lado, o mês de setembro registrou o menor valor de 2011, com 34,4 mm, que

representa 71,6% abaixo do valor esperado. Os demais meses (outubro, novembro e dezembro) apresentaram valores superiores à Normal Climatológica, com 6,3%, 14,1% e 15,6% respectivamente.

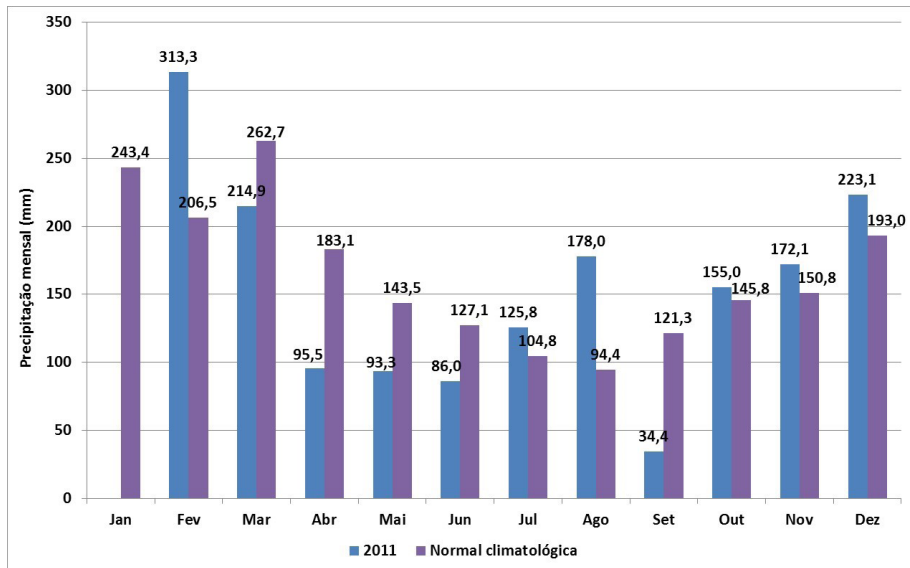


Figura 3 – Precipitação total registrada em 2011 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960-1991) para o município de Iguape – SP.

Em 2012, no mês de dezembro houve falha no sensor instalado no manguezal, assim, no período de 01/01/12 a 30/11/12 foram registrados 1.542,7 mm.

Conforme a Figura 4, os meses com os maiores totais pluviométricos foram junho e julho, que evidencia um ano atípico, considerando a Normal Climatológica de 1961 a 1990, em que esses meses apresentam valores inferiores aos registrados. O mês de junho registrou 308,5 mm, que corresponde a 142,7% acima do valor esperado para esse mês, sendo o mês mais chuvoso de 2012. O mês de julho registrou 243 mm, quando na realidade era esperado 104,8 mm, o que equivale a um aumento de 131,9%. Tanto junho quanto julho ultrapassaram inclusive o mês de janeiro, correspondendo ao mais chuvoso pela Normal Climatológica. O ano de 2012 foi também considerado como atípico, devido ao fato de, com exceção dos meses de junho e julho, apresentar todos os meses com dados inferiores a Normal climatológica, com destaque para março, agosto, setembro e novembro, com 67,3%, 82,1%, 62,8% e 56,7%, respectivamente, abaixo da Normal (Tabela 2).

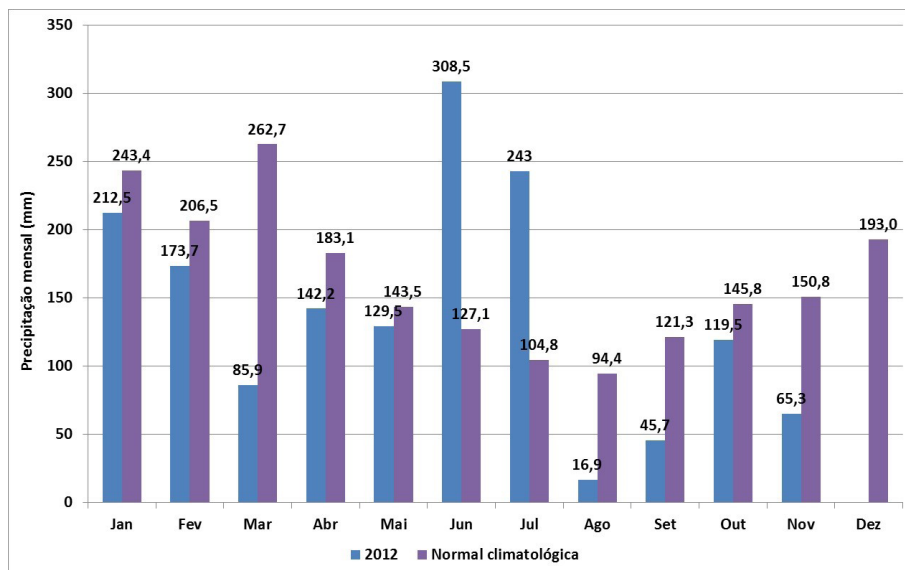


Figura 4 – Pluviosidade total registrada em 2012 no manguezal da Barra do Ribeira e a Normal Climatológica (1960 – 1991) para o município de Iguape – SP.

Tabela 2 – Precipitação mensal obtida no manguezal da Barra do Ribeira em 2011 e 2012, Normal Climatológica (1961-1990) para o município de Iguape, desvio absoluto e relativo para os anos de 2011 e 2012 em relação à Normal.

Meses	p ¹² (mm)	p ¹² (mm)	Normal Climatológica (mm)	Desvio Absoluto ¹ (mm)	Desvio Relativo ² (%)	Desvio Absoluto ¹ (mm)	Desvio Relativo ² (%)
	2011	2012	1961 – 1990	2011	2011	2012	2012
Jan	-	212,5	243,4	-	-	30,9	12,7
Fev	313,3	173,7	206,5	-106,8	51,7	32,8	15,9
Mar	214,9	85,9	262,7	47,8	18,2	176,8	67,3
Abr	95,5	142,2	183,1	87,6	47,8	40,9	22,3
Mai	93,3	129,5	143,5	50,2	35,0	14,0	9,8
Jun	86	308,5	127,1	41,1	32,3	-181,4	142,7
Jul	125,8	243	104,8	-21,0	20,0	-138,2	131,9
Ago	178	16,9	94,4	-83,6	88,6	77,5	82,1
Set	34,4	45,7	121,3	86,9	71,6	75,6	62,3
Out	155	119,5	145,8	-9,2	6,3	26,3	18,0

(continua)

Meses	P ¹² (mm)	P ¹² (mm)	Normal Climatológica (mm)	Desvio Absoluto ¹ (mm)	Desvio Relativo ² (%)	Desvio Absoluto ¹ (mm)	Desvio Relativo ² (%)
	2011	2012	1961 – 1990	2011	2011	2012	2012
Nov	172,1	65,3	150,8	-21,3	14,1	85,5	56,7
Dez	223,1	-	193,0	-30,1	15,6	-	-
Total	1.691,4	1.542,7	1.976,4	-	-	-	-

¹ Desvio absoluto: Normal Climatológica menos precipitação no manguezal em 2011 e em 2012.

² Desvio relativo: Porcentagem em que a precipitação no manguezal em 2011 e 2012 foi superior ou inferior à Normal Climatológica.

Análise da Interceptação do Dossel

Para o manguezal, ao longo do período de 06/02/2011 a 31/12/11, os sensores instalados no manguezal registraram 1.691,4 mm acima do dossel (P12) e 1.469,5 mm abaixo do dossel (P2), resultando em uma interceptação de 13%. Por outro lado, no período de 01/01/12 a 30/11/2012 registrou-se 1.542,7 mm e 1.481,6 mm, respectivamente, acima e abaixo do dossel, o que equivale a uma interceptação de 4,0%.

Considerando todo o período de análise (06/02/2011 a 30/11/2012) foram registrados 3.261,9 mm acima do dossel e 2.979,9 mm como precipitação interna abaixo do dossel, equivalente a 282 mm de interceptação, ou seja, 8,8 % do total precipitado acima do dossel foi interceptado pelo próprio dossel. Lima e Galvani (2010), na mesma área de estudo, mas analisando a precipitação em 2008, encontraram uma interceptação de 19,6%. Portanto, constatou-se uma diminuição na interceptação da vegetação perante a precipitação total.

Cicco (2009) ressalta a variedade de ambientes em que foram quantificadas a interceptação florestal, com destaque para uma elevada amplitude, com valores de 8,9% na floresta amazônica e na mata atlântica a um máximo de 30% em floresta paludosa. Dos trabalhos analisados por Cicco (2009), 54% (12) quantificaram uma interceptação entre 10% e 20% em relação à precipitação total. Arcova et al. (2003), estudando mata atlântica, encontraram uma interceptação de 18,6%; Thomaz (2005) chegou a uma interceptação de 23% em mata secundária. Oliveira e Dias (2005), também estudando mata secundária, encontraram 18,3% de interceptação. Silva e Costa (2006), analisando o manguezal do Pará, quantificaram uma interceptação de 28%.

Ao analisar os dados mensais de precipitação, em 2011, o mês de fevereiro destacou-se como o mais chuvoso (em janeiro de 2011 não houve medições), com um total de 313,3 mm e 318,1 mm, acima e abaixo do dossel, respectivamente. Enquanto setembro apresentou o menor registro de precipitação nos dois sensores, 34,4 mm acima do dossel e 25,2 mm, abaixo do dossel, conforme Figura 5.

O mês de fevereiro se destacou juntamente com novembro como os únicos meses em que o total abaixo do dossel foi superior ao registrado acima do ambiente, no entanto com uma diferença de apenas 4,8 mm e de 0,8 mm (0,6%), respectivamente. Por outro

lado, a maior diferença em termos absolutos ocorreu em agosto com 39 mm (21,9%) (Tabela 3). A interceptação média da pluviosidade para o manguezal em 2011 foi de 12,8%.

Em 2012 foram registrados 1.542,7 mm acima do dossel e 1.482,6 mm abaixo da copa das árvores, resultando em uma interceptação de 60,1 mm (4%). Como pode ser visualizado na Figura 6, os meses com maiores totais pluviométricos foram junho e julho, que caracteriza um ano atípico, considerando a Normal Climatológica de 1961 a 1990, em que esses meses apresentam valores bem inferiores aos registrados. Destaca-se ainda que, com exceção dos meses de junho e julho, todos os demais apresentaram dados inferiores a Normal Climatológica.

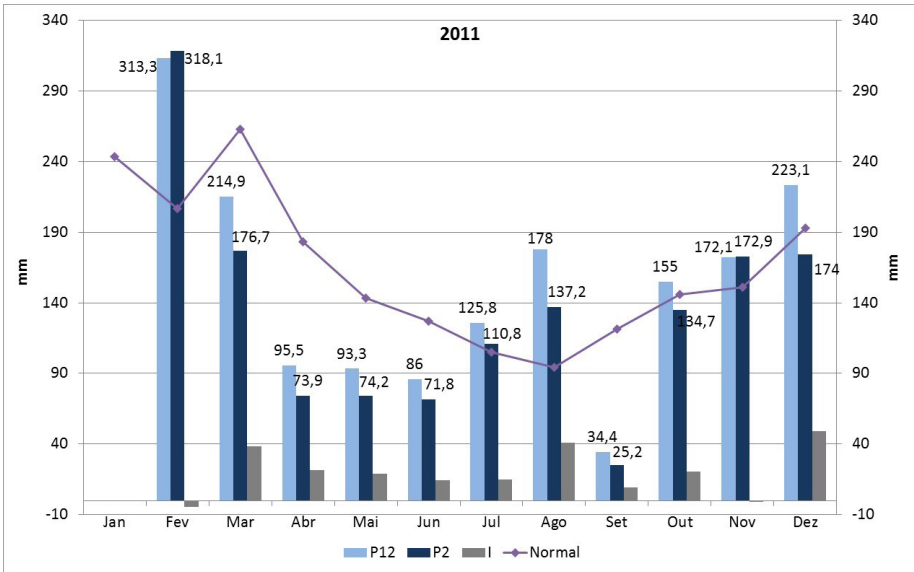


Figura 5 – Totais mensais de precipitação registrada em 2011 acima (P¹²) e abaixo (P²) do dossel, interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961-1990) – Iguape/SP.

Quanto ao valor registrado abaixo do dossel, o mês de junho também se destacou por apresentar 15,7% a mais do que o registrado acima do dossel. A maior interceptação em 2012 ocorreu em agosto, com 30,8% de interceptação. Enquanto a maior interceptação, em termos absolutos, ocorreu em outubro, com 20,5 mm (17,2%) (Tabela 3).

Em 2011, o dia com precipitação mais elevada ocorreu em 14/02/2011, com 142,7 mm acima do dossel e 162,6 mm abaixo da vegetação. Em 2012, o maior total diário registrado também aconteceu em fevereiro, no dia 10, com 81,2 mm e 80,7 mm, respectivamente, acima e abaixo da copa das árvores.

A Figura 7 apresenta a relação entre a precipitação acima e abaixo do dossel, evidenciando um coeficiente de determinação de (R²) de 0,939, ou seja, 93,9% dos dados estão associados.

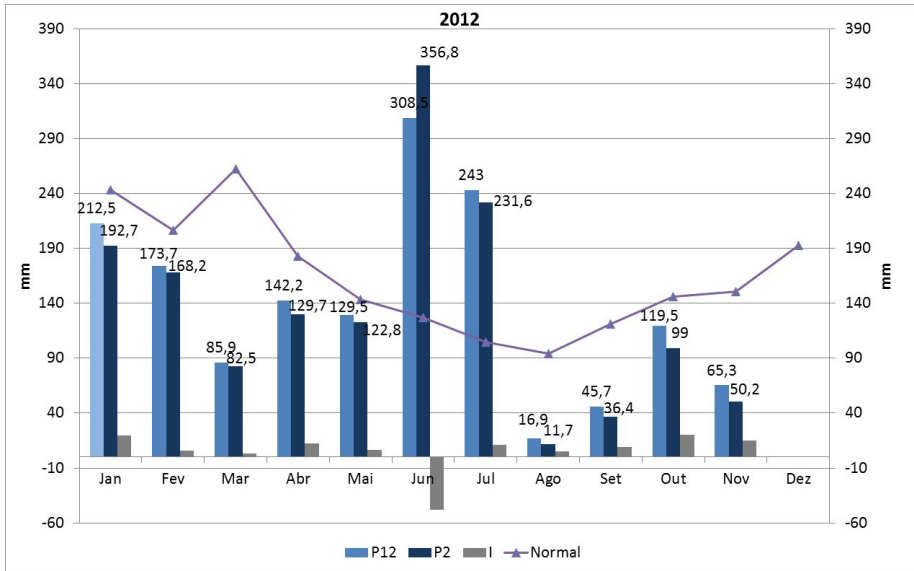


Figura 6 – Totais mensais de precipitação registrada em 2012 acima (P¹²) e abaixo (P²), interceptação (I) para o manguezal da Barra do Ribeira e Normal Climatológica (1961 a 1990) – Iguape/SP.

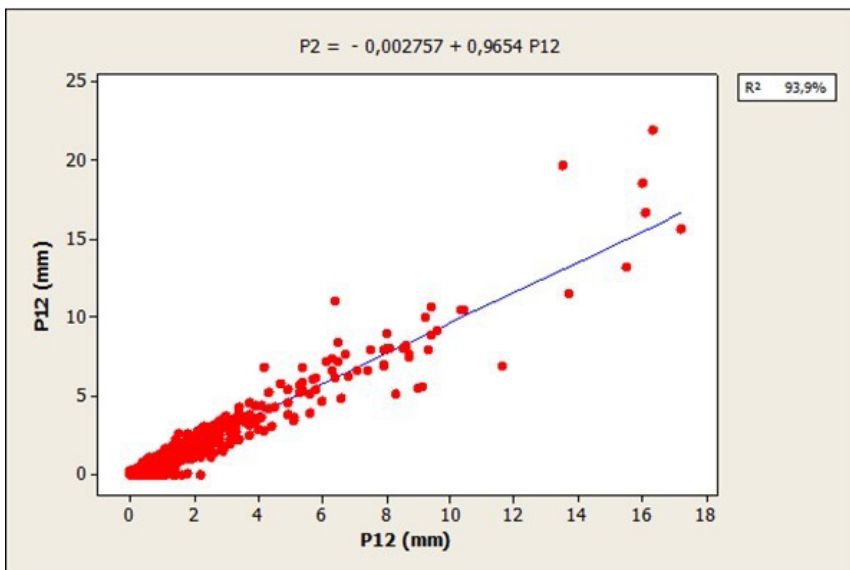


Figura 7 – Regressão Linear Simples para precipitação a 12 m e a 2 m, no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Tabela 3 – Precipitação (mm) para 2011 e 2012, obtida no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP

Mês	2011				2012				Normal Climatológica (mm)
	P ¹² (mm)	P ² (mm)	I (mm)	I (%)	P ¹² (mm)	P ² (mm)	I (mm)	I (%)	
Jan	Dados não coletados				212,5	192,7	19,8	9,3	243,4
Fev	313,3	318,1	-4,8	-1,5	173,7	168,3	5,5	3,2	206,5
Mar	214,9	176,7	38,2	17,8	85,9	82,5	3,4	4,0	262,7
Abr	95,5	73,9	21,6	22,6	142,2	129,7	12,5	8,8	183,1
Mai	93,3	74,2	19,1	20,5	129,5	122,8	6,7	5,2	143,5
Jun	86	71,8	14,2	16,5	308,5	356,8	-48,3	-15,7	127,1
Jul	125,8	110,8	15	11,9	243,0	231,6	11,4	4,7	104,8
Ago	178	137,2	40,8	22,9	16,9	11,7	5,2	30,8	94,4
Set	34,4	25,2	9,2	26,7	45,7	36,8	9,3	20,4	121,3
Out	155	134,7	20,3	13,1	119,5	99,0	20,5	17,2	145,8
Nov	172,1	172,9	-0,8	-0,5	65,3	50,2	15,1	23,1	150,8
Dez	223,1	174	49,1	22,0	Dados não coletados				193,0
Total	1691,4	1469,5	221,9	13%	1542,7	1482,6	60,1	4%	1976,4

A Figura 8 apresenta os dados por estações do ano. Observa-se que o outono de 2012 apresentou uma intensa precipitação sendo superior até mesmo às precipitações do verão, com registro de 573,4 mm e 552,1 mm, valores bem superiores ao registrado em 2011. Por outro lado, o outono de 2011 registrou os menores valores de precipitação, com 321,5 mm e 253,7mm, a 12 e a 2 m, respectivamente. Em 2012 devido a falhas nos equipamentos não foi registrada a precipitação completa para a primavera e verão.

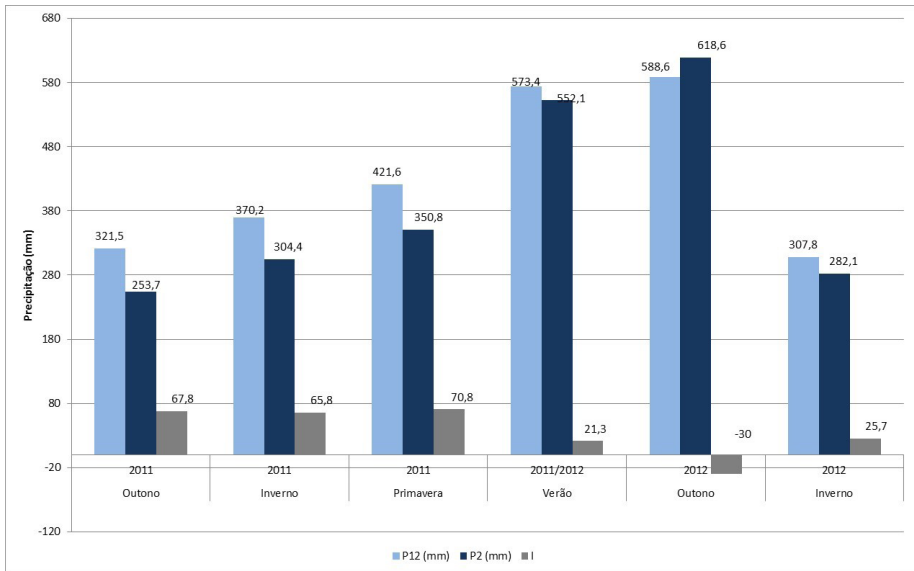


Figura 8 – Precipitação total sazonal para 2011 e 2012 no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A maior intercepção em 2011 ocorreu no outono, com precipitação abaixo do dossel reduzida em 21,1%. O inverno se destacou como a segunda maior intercepção, com o sensor abaixo do dossel registrando 17,4% a menos do que acima do dossel. Por fim, o verão se destacou com a menor redução, apenas 3,7 % de diferença em relação ao dado obtido acima do dossel. Na primavera essa redução foi de 16,8%.

Em 2012, a análise ficou prejudicada visto que houve falha nos sensores tanto em parte da primavera quanto no verão. Porém, destaca-se que o outono não apresentou intercepção, mas registrou valores superiores abaixo do dossel enquanto no inverno interceptou 8,3%.

Os resultados aqui apresentados corroboram com os estudos de Silva e Costa (2006), Arcova et al. (2003), Thomaz (2005) e Cicco (2009), que destacam que o tipo de precipitação influencia na quantidade interceptada pela vegetação.

Silva e Costa (2006) obtiveram uma intercepção de 28% nos manguezais de Bragança/PA, verificando ainda que no período de “fraca incidência” de El Niño ocorreu

maior precipitação e menor interceptação, enquanto no período de “forte incidência” de El Niño ocorreu menor precipitação e maior interceptação.

Lima (1983) também ressalta a importância das condições meteorológicas sobre a interceptação, observando que fatores como a velocidade do vento, a umidade relativa do ar, a duração e intensidade de chuva, dentre outros, podem contribuir na interceptação da cobertura vegetal. Nos meses em que prevalecem chuvas convectivas como em fevereiro, outubro, novembro e dezembro, na área de estudo, com intensidade de chuva elevada, constatou-se uma menor interceptação da precipitação em termos percentuais, enquanto meses em que prevalecem chuvas com intensidades moderada a fraca, como em agosto e setembro houve uma maior interceptação.

Avaliação da Intensidade dos Eventos Pluviométricos

Diante do total precipitado, optou-se por analisar a interceptação da precipitação por classes. A precipitação foi dividida em seis classes, estabelecidas, considerando a climatologia regional da área de estudo (Tabela 4).

Tabela 4 – Precipitação dividida por classes no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

Classe	Intervalo (mm)	Total de dias	P¹² (mm)	P² (mm)	I (mm)	I (%)
1	<1,0	196	51,3	18,4	32,9	64,1
2	≥1,0 < 10	149	612,9	475,7	137,2	22,4
3	≥10 < 20	40	559,3	510,9	48,4	8,7
4	≥20 <40	35	917,8	868	49,8	5,4
5	≥40 <60	12	535,1	553,1	-18,0	-3,4
6	≥60	6	515,4	524,7	-9,3	-1,8

Com essa divisão por classes, foi possível constatar que conforme a intensidade da precipitação aumenta, a interceptação pelo dossel do manguezal reduz. A Classe 1 (<1,0 mm) foi a que apresentou a maior interceptação com 64,1%. Em seguida, destaca-se a Classe 2, com 22,4% e as Classes 3 e 4, com 8,7% e 5,4%, respectivamente (Figura 9). Observa-se que a partir da Classe 5 (≥40 <60 mm) a interceptação passou a ser negativa, ou seja, o sensor abaixo do dossel registrou total superior ao localizado acima do dossel.

A Tabela 5 apresenta as classes de precipitação para as estações outono/inverno e primavera/verão.

Tabela 5 – Classes de precipitação para as estações outono/inverno e primavera/verão.

Classe	Intervalo (mm)	Total de dias	P ¹² (mm)	P ² (mm)	I (mm)	I (%)
Outono/Inverno						
1	<1,0	77	16,7	5,7	11	65,9
2	≥1,0 < 10	58	237,4	183	54,1	22,8
3	≥10 < 20	14	212,1	200	11,7	5,5
4	≥20 <40	14	378,6	382	-2,9	-0,8
5	≥40 <60	5	239,3	255	-16	-6,7
6	≥60	1	69,6	52	17,6	25,3
Primavera/Verão						
1	<1,0	68	20,8	7,5	13,3	63,9
2	≥1,0 < 10	62	254	138	116	45,7
3	≥10 < 20	23	308,4	275	33,7	10,9
4	≥20 <40	15	396,9	355	41,5	10,5
5	≥40 <60	6	241,9	246	-4,5	-1,9
6	≥60	4	381,4	410	-29	-7,6

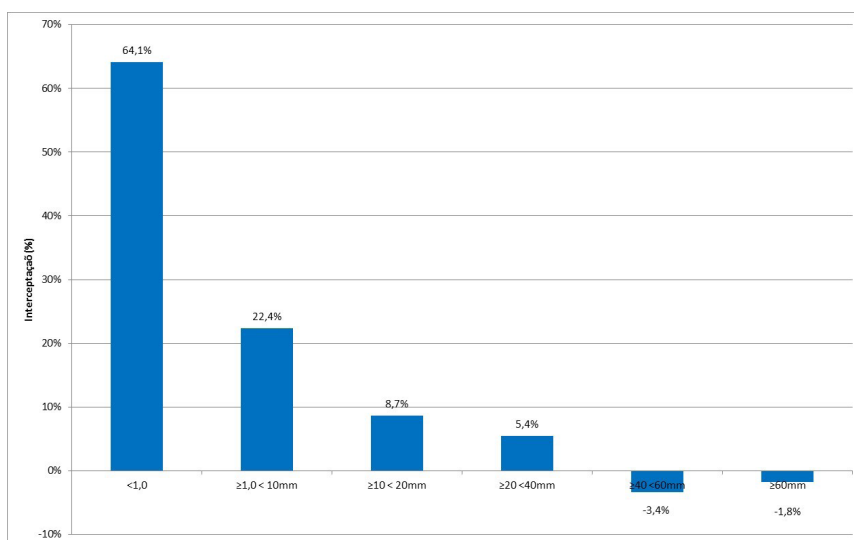


Figura 9 – Interceptação da precipitação pelo dossel do manguezal em diferentes classes de precipitação – no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

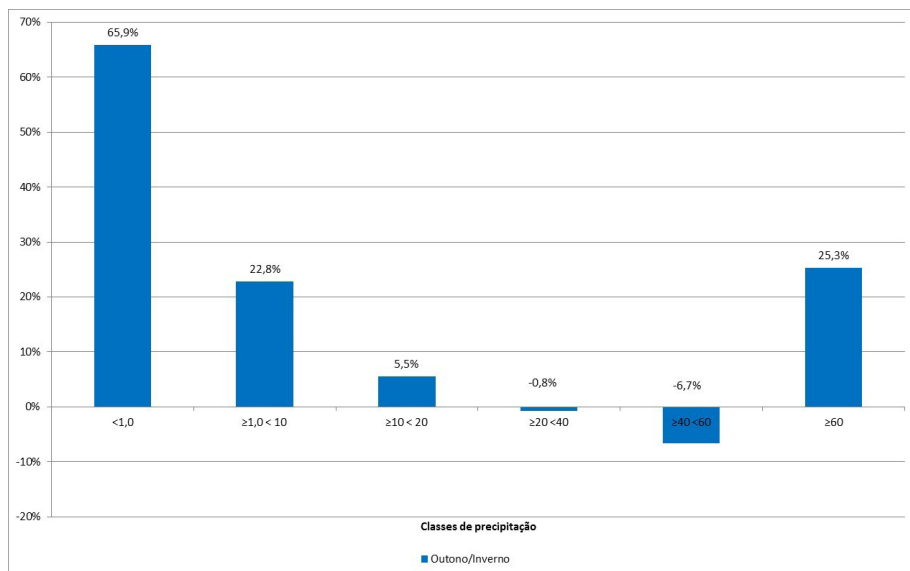


Figura 10 – Intercepção da precipitação por classes para o outono/inverno no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

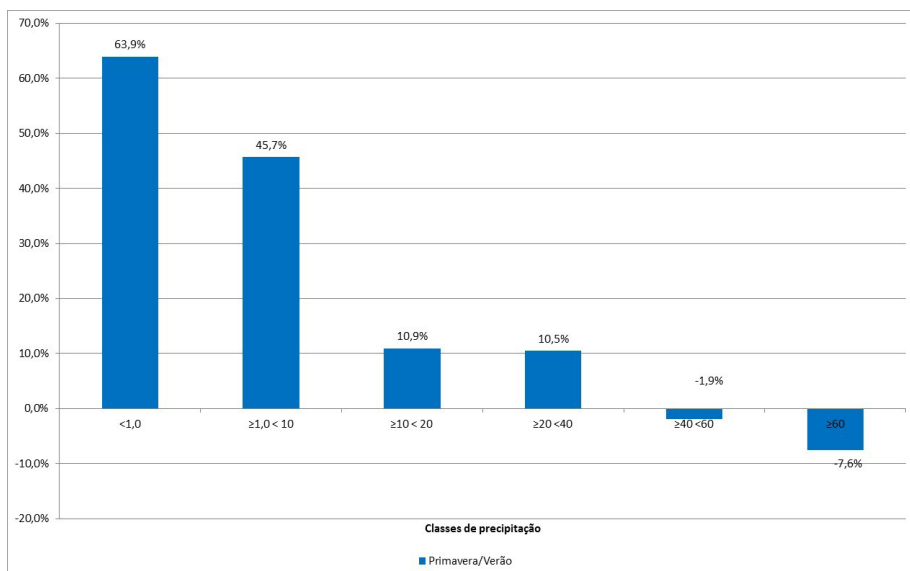


Figura 11 – Intercepção da precipitação por classes para a primavera/verão no manguezal da Barra do Ribeira – Iguape/SP.

A Figura 10 apresenta a precipitação por classes para o outono/inverno. Destaca-se que há uma tendência de redução da interceptação conforme ocorre a diminuição na intensidade da chuva, que ocorre até a classe > 60 mm. No entanto, esse comportamento se inverte ao considerar a classe ≥ 60 mm. Vale destacar que essa classe é representada no inverno apenas por um único dia, justamente o dia 01/08/2011, quando choveu 69,6 mm acima do dossel e 52 mm abaixo. Por outro lado, na primavera/verão destaca-se que conforme ocorre diminuição na intensidade da precipitação há uma maior interceptação (Figura 11).

Conclusão

Na análise da precipitação constatou-se uma interceptação pelo dossel de 8,8%, oscilando entre 13% em 2011 e 4%, em 2012. Considerando os valores mensais, a interceptação variou entre um máximo de 26% e um mínimo de 3,2%, evidenciando que a variação anual da precipitação, que reflete tanto em sua quantidade quanto em sua intensidade contribui para a porcentagem dessa interceptação pelo dossel.

Os meses em que prevalecem chuvas convectivas como de outubro a março, na área de estudo, com intensidade de chuva elevada, constatou-se uma menor interceptação da precipitação em termos percentuais, enquanto meses em que prevalecem chuvas com intensidades moderada a fraca, como em agosto e setembro houve uma maior interceptação.

Com a análise dos intervalos de precipitação, foi possível constatar que conforme a intensidade da precipitação aumenta, a interceptação pelo dossel do manguezal reduz. Destaca-se que há uma tendência de redução da interceptação conforme ocorre a diminuição na intensidade da chuva, que ocorre até a classe > 60 mm. No entanto, esse comportamento se inverte ao considerar a classe ≥ 60 mm.

Os resultados apontam para a importância da gênese dos eventos pluviométricos, ou seja, em eventos convectivos – intensidade elevada – a interceptação reduz percentualmente e, nos meses em que ocorrem precipitações de origem frontal – intensidade moderada a fraca – a interceptação aumenta percentualmente.

Referências Bibliográficas

ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 76, p. 1-13, 2008.

_____. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002. Foundation for Environmental Conservation.

_____. *The energetics of mangrove forests*. Queensland: Springer Science, 2009. 216p.

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, 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.

BLASCO, F. Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Orgs.) *The mangrove ecosystem: research methods*. Paris: Unesco, p. 18-35, 1984.

CAVANAUGH, K. C.; KELLNER, J. R.; FORDE A. J.; GRUNER, D. S.; PARKER, J. D.; RODRIGUEZ, W.; FELLER, I. C. Poleward expansion of mangroves is a threshold response to decreased frequency of extreme cold events. *PNAS*, v. 111, n. 2, p. 723-727, 2014.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Mapeamento dos ecossistemas costeiros do estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 108p.

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

CICCO, V. *Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP*. Tese (Doutorado em Geografia Física) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

CUNHA-LIGNON, M.; MENGHINI, R. P.; SANTOS, L. C. M.; NIEMEYER-DINÓLA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Estudos de caso nos manguezais do estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

_____; KAMPEL, M. Análise multitemporal de imagens Landsat para monitoramento de áreas de manguezal: subsídio à gestão costeira do litoral sul do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE SENSOREAMENTO REMOTO. 2011, Curitiba, PR. *Anais...* 2011.

_____; _____. MENGHINI, R.P.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; DAHDOUH-GUEBAS, F. Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated using satellite images and vegetation structure surveys. *Journal of Coastal Research*, SI 64, v. 1, p. 344-348, 2011.

DIEGUES, A. C. (Org.). *Povos e águas — inventário de áreas úmidas brasileiras*. 2. ed. São Paulo. Nupaub/USP, p. 15-18, 2002.

DUKE, N. N.; BALL, C. M.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography Letters*, v.7, p. 27-47, 1998.

DUKE, N. C.; MEYNECKE, J. O.; DITTMANN, S.; ELLISON, A. M.; ANGER, K.; BERGER, U.; CANNICCI, S.; DIELE, K.; EWEL, K. C.; FIELD, C. D.; KOEDAM, N.; LEE, S. Y.; MAR-CHAND, C.; NORDHAUS, I.; DAHDOUH-GUEBAS, F. A world without mangroves? *Science*, v. 317, p. 41-42, 2007.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The world's mangroves 1980-2005*. Rome: FAO, 2007. 77p.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. *Revista Mercator*, v. 9, n. 1, p. 25-38, 2010.

GIRI, C.; E. Ochieng, E., Tieszen, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J.; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, v. 20, p. 154-159, 2011.

HERZ, R. *Manguezais do Brasil*. Ceará: Universidade Federal do Ceará, 1998. 716p.

KJERFVE, B. *Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems*. Estados Unidos: Unesco. 1990. 80p.

KRAUSS, K. W.; DOYLE, T. W.; DOYLE, T.J.; SWARZENSKI, C. M.; FROM, A. S.; DAY, R. H.; CONNER, W. Water level observations in mangrove swamps during two hurricanes in florida. *Wetlands*, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2009.

LACAMBRA, C.; SPENCER, T.; MOELLER, I. Tropical coastal ecosystems as coastal defences. *ProAct Network*. Reino Unido, p. 1-22, 2008.

LIMA, W. P. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. *IPEF*, v. 24, p. 43-46, 1983.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Influência da precipitação nos manguezais da Barra do Ribeira – Iguape/SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, n. 7, 2010.

_____; _____. FALCÃO, R. M.; CUNHA-LIGNON, M. Air temperature and canopy cover of impacted and conserved mangrove ecosystems: a study of a subtropical estuary in Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 65 — International Coastal Symposium, v. 2, p. 1152-1157, 2013.

MAHIQUES, M. M.; BURONE, L.; FIGUEIRA, R. C. L.; LAVENÉRE-WANDERLEY, A. A. O.; CAPELLARI, B.; ROGACHESCKI, C. E.; BARROSO, C. P.; SANTOS, L. A. S.; CORDERO, L. M.; CUSSIOLI, M. C. Anthropogenic influences in a lagoonal environment: a multiproxy approach at the valo grande mouth, Cananeia-Iguape System (SE Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 57, n. 4, p. 325-337, 2009.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E; RIDD, P.V. *The Role of Physical Processes in Mangrove Environments. Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems*. TERRA-PUB, Tóquio, 2007.

MCIVOR, A.; MÖLLER, I.; SPENCER, T.; SPALDING, M. Reduction of wind and swell waves by mangroves. *NCP Report*, 2012-01, 2012.

MEDELLU, C. S.; SOEMARNO, M.; BERHIMPON, S. The Influence of Opening on the Gradient and Air Temperature Edge Effects in Mangrove Forests. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, v. 12, n. 2, p. 53-57, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

RIDD, P. V.; STIEGLITZ, T. Dry season salinity changes in tropical mangrove and salt flat fringed estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 54, p. 1039-1049, 2002.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do rio Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. *Revista GEOUSP — Espaço e Tempo*, São Paulo, v. 12, p. 21-26, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; SOARES, M.L.G. Mangroves as indicators of sea-level change in the muddy coasts of the world. In: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J. A. (Eds.). *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Function*. Amsterdam: Elsevier Science, 2002, p. 245-262.

SILVA, R. B. C.; COSTA, A. C. L. Estudo da interceptação pluviométrica em área de manguezal no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA – 1996 a 2006. *Anais...* Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-061ce9e9a719c-55dc318f1f10b5081b1.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

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.

THOMAZ, E. L. Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava-PR. *GEOGRAFIA Revista do Departamento de Geociências*, v. 14, n. 1), p. 47-60, 2005.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *BioScience*, v. 51, n. 10, p. 807-815, 2001.

WOLANSKI, E. The application of ecohydrology for sustainable development and management of mangrovedominated estuaries. *The ICEMAN 2006 Mangrove Conference in Kuala Lumpur*. 2006.

ZHANG, K.; HUIQING, L.; YUEPENG, Li; HONGZHOU, Xu; SHEN, J.; RHOME, J.; SMITH, T. J. The role of mangroves in attenuating storm surges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 102-103, p. 11-23, 2012.

Recebido em: 9/6/2016

Aceito em: 16/06/2016

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio concedido ao longo da pesquisa (Processos 472473/2011-5 e 482819/2013-8).