



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA**

DESIRÉE ANTÉIA JASTES FERNANDES

**RADIAÇÃO SOLAR NA REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAIS DO
NORDESTE PARAENSE**

**BELÉM
2016**

DESIRÉE ANTÉIA JASTES FERNANDES

**RADIAÇÃO SOLAR NA REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAIS DO
NORDESTE PARAENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a EMBRAPA – Amazônia Oriental, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Física do clima
Orientadora: Dra. Maria Isabel Vitorino

BELÉM

2016

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Fernandes, Desirée Antéia Jastes, 1990 -
Radiação solar na regeneração natural de manguezais do
nordeste paraense / Desirée Antéia Jastes Fernandes. – 2016.

Orientadora: Maria Isabel Vitorino

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais em convênio com a EMBRAPA Amazônia Oriental e
Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2016.

1. Ecologia dos manguezais – Amazônia. 2. Radiação solar -
Pará. 3. Florestas – Reprodução – Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed. 583.763098115

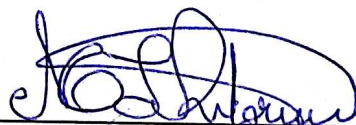
DESIRÉE ANTÉIA JASTES FERNANDES

**RADIAÇÃO SOLAR NA REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAIS DO
NORDESTE PARAENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data de aprovação: 23/ 05 / 2016

Banca Examinadora:

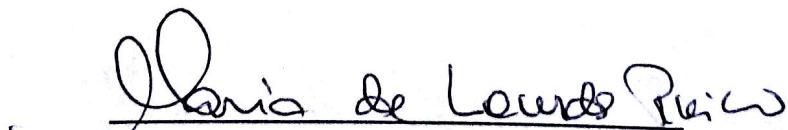


Orientadora

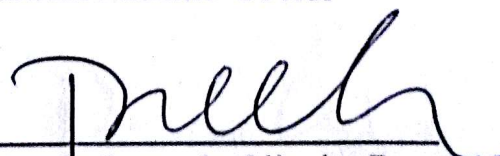
Prof. Dra. Maria Isabel Vitorino
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará



Prof. Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo
Doutora em Agronomia
Museu Paraense Emílio Goeldi



Prof. Dr. Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza
Doutor em Agronomia
Universidade Federal Rural da Amazônia

À minha família, minha irmã
Dimitria, meu pai Antônio Magno e,
especialmente à minha Mãe, Selma Jastes,
pelo exemplo de determinação e principal
motivação pessoal,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar no controle de minha vida, mostrar o caminho nos momentos mais difíceis, acalmar a alma e renovar minha fé.

À minha orientadora Dra. Maria Isabel Vitorino, pela orientação, paciência, zelo, sobre tudo pela amizade e ensinamentos que vão muito além da vida acadêmica.

Ao Dr. Mário Jardim, pela contribuição inicial neste trabalho e ensinamentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o período do mestrado.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), pela oportunidade de alcançar o título de Mestre.

À minha família, meu pilar de vida, que sempre esteve ao meu lado, me motivando a seguir cada vez mais longe em meus objetivos.

À minha Mãe, Selma Jastes, por cumprir este papel de modo magistral e pelo amor incondicional.

À minha prima/tia Rachel Cabral, pelo amor e disposição em ajudar sempre que precisei.

Aos amigos Lilianne Cunha, Régia Simony, Julie França, Milenna Pantoja e Zoneibe Luz que, em meio a tantas noites mal dormidas, rodada de estudos intensivos, seminários e preocupações, me proporcionaram momentos memoráveis neste mestrado, pelo carinho e amizade.

Ao Pedro, Geraldo e Luís Carlos, pela crucial ajuda nas coletas de campo.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente neste trabalho.

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho foi elaborado com o de caracterizar a climatologia, a configuração meteorológica da radiação global e saldo de radiação e avaliar os efeitos destas variáveis na dinâmica espacial e temporal da regeneração natural em um bosque de mangue no município de Salinópolis, costa nordeste do Pará. O trabalho foi dividido em três capítulos que abordam a: I. Fundamentação Teórica; II. Climatologia, configuração do saldo de radiação e a influência na distribuição espaço-temporal da vegetação inicial do bosque de mangue e; III. Os efeitos do quantitativo de radiação solar na dinâmica espaço-temporal das espécies de mangue em ambientes naturais e controlados. A caracterização climática foi realizada com uma série de 32 anos de dados de Radiação de Onda Longa do NCEP/NOAA. A variabilidade meteorológica da radiação global foi obtida com uma série de 5 anos de dados, das torres micrometeorológicas da UFRA e UFPA. O saldo de radiação mensal foi determinado por métodos empíricos aplicados aos componentes Balanço de Ondas Curtas e Longas. No bosque de mangue do Sítio Experimental de Cuiarana, Vila de Cuiarana - Salinópolis, foram instaladas cinco parcelas onde quatro foram mantidas sob condições naturais e uma foi coberta com sombrite de polietileno (50%), onde foram determinadas a composição florística e estrutura horizontal através da identificação, quantificação e cálculo dos parâmetros fitossociológicos densidade e frequência relativas e regeneração natural relativa. A variabilidade espaço-temporal da abundância das espécies em relação a radiação global foi determinada pela Análise Fatorial em Componentes Principais e teste de tukey e teste t-student a 95% de confiança. O estudo foi conduzido entre os meses de novembro/2014 a outubro/2015 com o monitoramento mensal das variáveis meteorológicas e florísticas. A climatologia apresenta períodos chuvoso e menos chuvoso que concentram 45,5% e 54,5% da radiação líquida anual, respectivamente. A configuração meteorológica da radiação global do período avaliado revela estar sob efeito do El-Niño. A variabilidade espaço-temporal revela que a elevada intensidade de radiação global beneficiou o recrutamento de indivíduos de *Avicennia germinans*, positivamente expressivo em ambientes naturais, indicando que, as fisionomias ambientais, proporcionam diferentes graus de interceptação de radiação global, favorecendo os processos fotossintéticos e promovendo temperaturas mais amenas no solo em áreas mais densas em vegetação, enquanto que *Laguncularia racemosa* exige menor quantidade de radiação solar do que *Avicennia germinans*, evidenciado pelo aumento em número de indivíduos em ambientes de luminosidade controlada, com tolerância a 50% de retenção de luz solar.

Palavras chave: Ecossistema de mangue, radiação solar, regeneração natural.

ABSTRACT

This work was done to characterize the weather, the weather configuration of global radiation and radiation balance and evaluate the effects of these variables on the spatial and temporal dynamics of natural regeneration in a mangrove forest in the city of Salinópolis, northeast coast of Para. the work was divided into three chapters that cover: I. Theoretical Foundation; II. Climatology, the radiation balance setting and the influence on the spatiotemporal distribution of the original vegetation of the mangrove forest and; III. The effects of the quantity of solar radiation in the spatiotemporal dynamics of mangrove species in natural and controlled environments. The climate characterization was performed using a series of 32 years of longwave radiation data from NCEP/NOAA. The weather variability of global radiation was obtained with a series of 5-year data, from the microclimatic towers of UFRA and UFPA. The monthly net radiation was determined by empirical methods applied to Wave Swing components Short and Long. In Experimental Site mangrove forest of Cuiarana, Cuiarana Village – Salinópolis, five plots were installed where four were kept under natural conditions and was covered with polyethylene shading (50%), which were determined the floristic composition and horizontal structure through identification, quantification and calculation of phytosociological density and frequency parameters relative and natural regeneration on. The spatio-temporal variability of abundance of species in relation to global radiation was determined by Factorial Principal Component Analysis and Tukey test and Student's t test at 95% confidence. The study was conducted between the months of November/2014 to October/2015 with monthly monitoring of weather and floristic variables. The weather has rainy and less rainy periods which concentrate 45.5% and 54.5% of the annual net radiation, respectively. The weather configuration of global radiation study period revealed to be under the influence of El Niño. The spatiotemporal variability shows that the high intensity of global radiation received, recruited *Avicennia germinans* individuals positively expressive in natural environments, indicating that environmental faces, provide different degrees of global radiation interception, favoring the photosynthetic processes and promoting warmer temperatures in the soil in the densest areas in vegetation, while *Laguncularia racemosa* requires less solar radiation than *Avicennia germinans*, evidenced by the increase in number of individuals in controlled lighting environments, with tolerance to 50% of sunlight retention.

Keywords: mangrove ecosystem, solar radiation, natural regeneration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo III

- Figura 1 - Mapa de localização e da topografia da área de estudo e parcelas experimentais.....45
- Figura 2 - Variação temporal da Radiação de Ondas Longas e Curtas em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis-PA. (A) Média climatológica mensal de ROL (MJ.m^{-2}) para o período de 1983 a 2015; (B) Média da radiação global mensal (MJ.m^{-2}) para o período de 2010 a 2015; e (C) Média precipitação acumulada mensal (mm) para o período de 2010 a 2015.....45
- Figura 3 - Variação da Radiação de Ondas Longas, Radiação de Ondas Curtas, Índice de Claridade e Precipitação para uma série temporal de 5 anos em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis-PA. (A) Variação mensal de Q_g e ROL (MJ.m^{-2}) e Índice de Claridade (Kt), para o período de 2010 a 2015; (B) Variação mensal de PRP (mm), para o período de 2010 a 2015.....46
- Figura 4 - Médias mensais do Saldo de Radiação (Rnet) e dos componentes balanço de ondas curtas (BOC) e balanço de ondas longas (BOL) em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis - PA, para o período de 2010 a 2015.....46
- Figura 5 - Variação temporal de (A) Rnet (MJ.m^{-2}) e anomalias de ROL e Rnet (MJ.m^{-2}); (B) Rnet e Kt mensal; e (C) PRP (mm) e anomalia de PRP (aPRP) (mm), em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis – PA, para o período do experimento.....47
- Figura 6 - Variação temporal mensal do número de indivíduos (altura \leq de 1,5 m) e do saldo de radiação e componentes do balanço (MJ.m^{-2}), em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis - PA para o período do experimento.....47

Figura 7 - Representação espaço-temporal da primeira componente (CP1), com 56% da variância total. (A) Variação espacial; (B) Variação Temporal, com significância de 95% pelo teste t-student.....	48
Figura 8 - Representação espaço-temporal da segunda componente (CP2), com 41% da variância total. (A) Variação espacial; (B) Variação Temporal, com significância de 95% pelo teste t-student.....	48

Capítulo IV

Figura 1 - Mapa de Localização geográfica e topográfica do Sítio Experimental de Cuiarana e Parcelas Experimentais, Salinópolis, Pará.....	61
Figura 2 - Parcelas experimentais na área de estudo.....	61
Figura 3 - Radiação solar global (Qg) e Índice de transmissividade (Kt) entre novembro de 2014 a outubro de 2015, em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis, Pará.....	62
Figura 4 - Padrões de correlação da primeira componente (CP1), com 83% da variância total explicada. (a) Autovetores e (b) Autovalores, com significância de 95%.....	66
Figura 5 - Padrões de correlação da primeira componente (CP2), com 8,5% da variância total explicada. (a) Autovetores e (b) Autovalores, com significância de 95%.....	66

LISTA DE TABELAS

Capítulo III

- Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas em 0,16 ha no bosque de mangue no Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará. N = Número de indivíduos; DR = Densidade relativa; e FR = Frequência Relativa.....44
- Tabela 2 - Número de indivíduos por parcela (0,04 ha) ao longo do período de avaliação, no bosque de mangue do Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis - PA.....44

Capítulo IV

- Tabela 1 - Composição florística e parâmetros fitossociológicos das espécies no bosque de mangue do sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará. (N=Número de indivíduos; DR=Densidade relativa; FR=Frequência relativa; Rn%=Regeneração natural relativa).....62
- Tabela 2 - Composição florística e parâmetros fitossociológicos mensal, durante o período chuvoso, no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; FR= Frequência relativa; DR= Densidade relativa; Rn%= Regeneração natural relativa).....63
- Tabela 3 - Composição florística e parâmetros fitossociológicos mensal, durante o período menos chuvoso, no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; FR= Frequência relativa; DR= Densidade relativa; Rn%= Regeneração natural relativa).....64

- Tabela 4 - Composição florística e parâmetros fitossociológicos mensal, durante o período menos chuvoso, no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; FR= Frequência relativa; DR= Densidade relativa; Rn%= Regeneração natural relativa).....65
- Tabela 5 - Valores médios de abundância das espécies em cada parcela durante o período chuvoso e menos chuvoso, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.....67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. Os Ecossistemas de Mangue	16
2.2. Manguezais e seu caráter social	18
2.3. O clima da Amazônia e seus efeitos nos bosques de mangue	19
2.4. A radiação solar	22
2.5. A radiação solar e seus efeitos nas comunidades vegetais	25
2.6. Objetivos	26
2.6.1. Objetivo Geral	26
2.6.2. Objetivos Específicos	27
3. CONFIGURAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO DE RADIAÇÃO NO CRESCIMENTO VEGETAL INICIAL EM BOSQUE DE MANGUE EM CUIARANA - SALINÓPOLIS, PA	28
3.1. Introdução	29
3.2. Material e métodos	30
3.3. Resultados e discussão	34
3.4. Conclusão	39
4. O EFEITO DA RADIAÇÃO SOLAR SOBRE A REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAL EM CUIARANA, SALINÓPOLIS, PARÁ	49
4.1. Introdução	50
4.2. Material e métodos	51
4.3. Resultados e discussão	52
4.4. Conclusão	56
5. CONCLUSÃO GERAL	70
REFERÊNCIAS	72
ANEXOS	79
ANEXO A: Normas para publicação da Revista Earth Interactions - TRADUZIDO	80
ANEXO B: Normas para publicação da Revista Brasileira de Ciências Ambientais	86

1. INTRODUÇÃO

As florestas de manguezais desempenham papel fundamental para o funcionamento dos mais diversos processos ambientais, sociais e econômicos em virtude de apresentar uma rica estrutura que abriga uma grande biodiversidade. O Brasil é detentor de uma das maiores áreas de manguezais do mundo, sendo estes ecossistemas, concentrados nas zonas costeiras do Norte do País, principalmente nos Estados do Pará, Amapá e Maranhão (MENDES, 2005; SOUZA FILHO, 2005; SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 2013).

As mudanças na cobertura do solo a partir das atividades desenvolvidas pelo homem, e as mudanças climáticas, tem feito com que essas regiões sofram inúmeras pressões que vem gradualmente alterando a estabilidade desse ecossistema. Os efeitos da alteração dos manguezais influenciam diretamente no microclima regional, desencadeando diversas modificações nos processos biológicos mais simples aos mais complexos (VANNUCCI, 2003; ARRIVABENE et al., 2014).

Sob o aspecto climático, a disponibilidade de energia oriunda da radiação solar, para os ecossistemas é fator fundamental para a sua manutenção. As modificações na paisagem dos manguezais promovem uma maior exposição da superfície à incidência de radiação solar, alterando assim o balanço de radiação e energia, com o aumento da temperatura e redução da precipitação local (PEREIRA; RODRIGUES, 2013; SOUZA FILHO et al., 2006), e como consequência, pode levar ao aumento do índice de mortalidade de inúmeros indivíduos da comunidade vegetal de mangues.

A maioria dos estudos desenvolvidos em manguezais são direcionados à composição florística desses ecossistemas (CALEGARIO, 2012; GALVANI; LIMA 2010; MENEZES et al., 2008) e análise microclimática pelos balanços de radiação e energia (PEREIRA; RODRIGUES, 2013; SILVA JÚNIOR et al., 2006; QUERINO et al., 2011). Nenhum desses estudos relacionaram a radiação solar incidente sobre a regeneração de plantas nos manguezais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Os Ecossistemas de Mangue

Os manguezais são ecossistemas costeiros tipicamente de regiões de clima quente, nas zonas tropicais. Normalmente são restringidos às faixas entre a maré alta e a maré baixa, junto à foz de rios, no interior de baías, estuários e locais protegidos da ação direta das ondas do mar, mas expostos ao contato entre rios e mares, onde água doce e salgada se misturam em diversificadas proporções (LIMA; TOGNELLA, 2012; WOLANSKI et al., 2009).

O litoral paraense abrange uma parcela significativa dos manguezais brasileiros, cerca de 598 km de linha de costa, comumente encontrados no interior dos estuários, que, associados aos bosques do Amapá e Maranhão compõem um dos maiores conjuntos de mangues do mundo (PROST et al., 2001). Os manguezais Paraenses encontram-se muito bem conservados, relativamente bem protegidos por restingas e abrigado no interior de estuários, apresentando maior permanência de condições de desenvolvimento no tempo e no espaço, já que encontram-se em contato direto com taludes dos baixos planaltos costeiros, com formações eólicas na linha da costa ou em espaços palustres de água salobras ou doces (MENDES, 2005; SOUZA FILHO, 2005; FRANÇA; SOUZA FILHO, 2006; MENEZES et al., 2008; SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 2013).

Por esta razão, o solo deste ecossistema é lamacento, pouco oxigenado, onde estão presentes grandes quantidades de nutrientes e sedimentos (BERREDO et al., 2008; CUZZUOL; ROCHA, 2012) e dominado por poucas espécies vegetais, adaptadas as condições específicas deste ambiente.

As espécies constituintes dos manguezais correspondem a um número limitado de famílias, onde cada gênero é representado por espécies que diferem pouco entre si sob o ponto de vista morfológico. A costa Brasileira tem como espécies predominantes dos manguezais *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia germinians* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco) (GALVANI; LIMA, 2010; MENEZES et al., 2008; VANNUCCI, 2003). Existem também aquelas espécies associadas ao manguezal como *Conocarpus erectus*L. (mangue de botão), *Hibiscus pernambucensis* L. (Algodoeiro da praia) e *Acrostichum aureum* L. (samambaia do mangue). Também podem ser observadas espécies de orquídeas, bromélias e líquens (CALEGARIO, 2012; GALVANI; LIMA 2010; MENEZES et al., 2008).

As diferenças entre as fisionomias e estruturas vegetais dos ecossistemas de mangue são determinadas pela localização biogeográfica e sobretudo em função de variações espaciais e temporais dos fatores ecológicos, como o clima local, a geomorfologia, salinidade, frequência e duração das inundações nos estuários e distância do mar. A ação direta ou indireta dos fatores edáficos, biológicos e climáticos irão determinar a capacidade adaptativa das populações vegetal e animal que ali estão presentes e sua distribuição. Assim, como ocorre em uma floresta de terra firme, a biodiversidade dos ecossistemas de mangue também depende da estabilidade dos meios físicos, constituídos pelo solo e baixa atmosfera, onde há maior concentração de gases essenciais e ocorrência de processos físicos fundamentais para a existência de vida (GALVANI; LIMA, 2010; WOLANSKI et al., 2009; BUNYAN et al., 2012; VANNUCCI, 2003).

Do ponto de vista ecológico, a vegetação de mangue é acentuadamente halófito, ou ao menos tolerantes aos distintos níveis de salinidade, e as condições de clima quente e bem iluminado, traduzidos em um mecanismo de adaptação morfofisiológicas (pneumatóforos, glândulas excretoras de sais e imobilização de sais em diferentes tecidos, viviparidade, etc.) (VANNUCCI, 2003; HOGARTH, 2007; CALEGARIO, 2012).

As diferentes espécies vegetais de mangue encontram-se distribuídas em zonas de acordo com as condições de habitat, pois se adequam às condições ambientais específicas locais, sendo sua distribuição espacial influenciada por gradientes que respondem direta ou indiretamente a padrões geomorfológicos e processos físicos particulares (Zonação). Geralmente, os bosques de mangue apresentam zonas vegetais monoespecíficas (MENDES, 2005), ao exemplo dos gêneros *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*, que toleram, pouco, médio e muito, respectivamente, as concentrações de sais nas águas (GALVANI; LIMA, 2010; VANNUCCI, 2003; MENEZES et al, 2008;) bem como encontram-se distribuídas em áreas de variabilidade edáfica, baseado em suas estruturas físicas (LOUBRY; PROST, 2001; PROST et al., 2001)

As funções ecológicas desempenhadas pelos manguezais tornam-se imprescindíveis para a manutenção da zona costeira através do controle de erosão proporcionado pelos emaranhados do sistema radicular aéreo, retenção e produção de detritos e nutrientes pelo escoamento superficial, consolidando bancos de lodo e baixios lodosos, agem como um regulador de temperatura, quando acumulam a radiação solar no substrato, de umidade e de poluentes atmosféricos, além de criarem um habitat

adequado para a colonização por demais espécies da fauna e flora (VANNUCCI, 2003; LIMA;GALVANI, 2013; LIMA;TOGNELLA, 2012).

A manutenção e perpetuação de um ecossistema em determinado local é modulada pelo desenvolvimento de diferentes estágios sucessionais (MASSOCA et al., 2012; CHAZDON, 2012). Como passo inicial para o estabelecimento de uma comunidade vegetal, a regeneração natural é essencial para a evolução do ambiente. A regeneração natural é um processo natural de sucessão em níveis de comunidades e de ecossistemas sobre uma determinada área e que avança gradativamente no espaço e tempo apresentando enriquecimento de espécies e aumento na complexidade estrutural e funcional do meio (CHAZDON, 2012; JARDIM et al., 2013).

A regeneração natural promove a sobrevivência de muitas espécies no tempo e ocorre em função dos fatores climáticos, edáficos e ecológicos, tais como presença de agentes dispersores e polinizadores, competição inter e intraespecíficas, disponibilidade de nutrientes no solo, regime de chuvas e disponibilidade de luminosidade (MAUÉS et al., 2011; ÁVILA et al., 2011).

Estudos realizados por Chazdon (2012) e Bustamante-Sánchez et al. (2011), mostram preocupação em compreender a regeneração natural de ecossistemas florestais degradados ou em processos naturais de sucessão. No entanto, poucos são os trabalhos voltados para o conhecimento da composição e funcionamento da regeneração natural de manguezais, a exemplo dos trabalhos de Sales et al. (2009), Menghini et al. (2007), Seixas et al. (2006) e Duke (2001), ecossistemas estes, que vem sofrendo modificações nas últimas décadas em decorrência das atividades antrópicas.

2.2. Manguezais e seu caráter social

Não obstante, o papel sócio-econômico dos manguezais também não é menos importante, já que quando as condições ambientais são favoráveis, as florestas de mangue podem alcançar um valor de biomassa que pode ser comparada aos valores encontrados em florestas tropicais (VANNUCCI, 2003; HOGARTH, 2007; FERNANDES et al., 2007) agindo diretamente como fonte de renda de muitas comunidades locais, através da comercialização e consumo dos mais diversos produtos madeireiros e não madeireiros (PROST et al., 2001).

As comunidades tradicionais que vivem em torno dos manguezais são comumente conhecidas como ribeirinhas (SIQUEIRA, 2013) e têm forte relação com a

natureza através das percepções sociais, políticas, econômicas e biológicas que permeiam o ecossistema de mangue (CARVALHO, 2015).

As comunidades ribeirinhas fazem uso direto e indireto dos recursos oriundos dos manguezais tanto para fins de subsistência quanto para fins comerciais (CARNEIRO et al., 2010). Walters et al. (2008) e Machado (2007) explanam sobre extrativismo madeireiro, principalmente do gênero *Rizophora*, para ambas finalidades, para a construção de embarcações e olarias. Costa et al. (2013), Carneiro et al. (2010) e Pereira et al. (2006) apontam outras atividades desenvolvidas, exemplificando a catação de caranguejo, mariscagem, carcinicultura, pesca, agricultura e extrativismo.

Apesar da essencialidade dos ecossistemas de mangue para a sobrevivência das populações adjacentes, o uso e ocupação desenfreada das atividades econômicas tem causado alterações nocivas e que indiretamente afeta a própria comunidade (CARVALHO, 2015; MOREIRA JUNIOR, 2010).

2.3. O clima da Amazônia e seus efeitos nos bosques de mangue

A região Amazônica situa-se na região equatorial e possui regime climático do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperaturas relativamente altas e precipitação pluvial abundante e bem distribuída durante o ano (PEEL et al., 2007; AYOADE, 1983, FIGUEROA; NOBRE, 1990).

O regime de chuvas na Amazônia apresenta significativa variação espacial e temporal, onde a maior parte da pluviosidade ocorre entre as estações de verão e outono austral (SOUZA et al., 2009), determinados pela ação dos sistemas meteorológicos precipitantes como as Linhas de Instabilidade Costeiras (LI's) (MOLION, 1987; MARENGO, 2007; REBOITA et al., 2010), associados Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMC), Vórtices Ciclônicos de Mesoescala (VCANS) (SOUZA et al. 2009; NOBRE et al., 2009), sendo definidos três núcleos de precipitação abundante: O primeiro localizado a noroeste da Amazônia com chuvas que excedem 3.000 mm.a^{-1} e que estão associadas à condensação do ar úmido carregado pelos ventos de leste da ZCIT; o segundo situado no centro da Amazônia, em torno de 5°S , com médias de 2.500 mm.a^{-1} e maior atividade entre os meses de março a maio; o terceiro fica limitado à parte sul da região amazônica, com máximas pluviométricas entre os meses janeiro a março (MARENGO;NOBRE, 2009; FIGUEROA;NOBRE, 1990). Marengo (2007) e Marengo e Nobre (2009) exemplificam um quarto núcleo, na parte leste da bacia

amazônica, com precipitação acima de 4.000 mm.a⁻¹ e acúmulo máximo no trimestre fevereiro/março/abril, em virtude da influência das linhas de instabilidade formadas ao longo do litoral paraense, principalmente no fim de tarde, que são forçadas pelas brisas marítimas.

Sobre a dinâmica climática na região amazônica, a variabilidade interanual e sazonal é balizada pelas Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM's) na faixa tropical dos oceanos Pacífico e Atlântico e a eventos extremos como o ciclo do El-Niño Oscilação Sul (ENOS) (SOUZA et al. 2009; NOBRE et al., 2009) os quais desempenham papel dinâmico no controle do início e do fim da estação chuvosa (MARENGO; NOBRE, 2009), mediante alterações nos padrões da circulação associados às células de Walker e de Hadley que interferem na distribuição de nuvens e intensidade convectiva da ZCIT, através da redução pluviométrica durante o ENOS em sua fase quente (EL-Niño) e intensificação de chuvas em sua fase fria (La-Niña) (SOUZA et al. 2009; NOBRE et al., 2009; MARENGO; NOBRE, 2009).

Em escalas de tempo sazonais, a temperatura média do ar na região Amazônica varia entre 24° a 26°C com amplitude anual de 1° a 2°C. Os valores médios da temperatura do ar não apresentam grandes variações ao passo que a Amazônia está localizada próximo a linha do equador, conferindo ao ambiente, o recebimento constante de elevados níveis de radiação solar ao longo do ano (MARENGO; NOBRE, 2009; NOBRE et al., 2009; AYOADE, 1983).

Como regulador climático em macroescala, a Amazônia é determinante no balanço de energia e hídrico, isto é, exercendo influência direta sobre a circulação atmosférica e precipitação regional, fatores estes, muito importantes para o desenvolvimento e manutenção dos demais ecossistemas tropicais existentes (MARENGO; NOBRE, 2009; REBOITA et al., 2010).

Ecologicamente, o surgimento de um novo ecossistema está intimamente ligado ao potencial dos fatores ambientais atuantes locais. As condições climáticas demonstram importante influência no desenvolvimento do ecossistema de mangue, por meio da temperatura, da pluviosidade e da radiação solar, pois são considerados parâmetros ambientais vitais para o funcionamento de ambientes terrestres. Esses fatores ambientais, associados ou não, influenciam diretamente o balanço de energia dos manguezais, alterando os índices de evapotranspiração, e conseqüentemente aumentando as concentrações de sais depositadas sobre a superfície do solo e vegetal, podendo comprometer assim, outros processos biológicos e físicos do ecossistema,

condição que pode ser prejudicial para o desenvolvimento do manguezal (SILVA JÚNIOR et al., 2006; QUERINO et al., 2013; GALVANI; LIMA, 2011).

Estudos realizados por Cohen et al. (2009) explicam a distribuição geobotânica atual dos manguezais ao longo da costa amazônica em função do clima e hidrologia, onde as interações oceano–continente–atmosfera são responsáveis pelo desenvolvimento e expansão desses sistemas ecológicos, resultando na ocupação de áreas lodosas (COHEN; LARA, 2003; COHEN et al., 2009).

As consequências das mudanças climáticas para os manguezais dependem da magnitude e espaço de tempo em que elas ocorrerem. Diversos estudos (RICHERI, 2007; LACERDA, 2009; LINARES et al., 2007; MENEZES; MEHLIG, 2009) constataram modificações na distribuição de espécies, alterações no metabolismo orgânico (maiores taxas de evapotranspiração) e na estabilidade do habitat (degradação do ecossistema), além de alterações na dispersão de nutrientes nas águas e na dinâmica do ciclo hidrológico, bem como na dinâmica dos demais ciclos biogeoquímicos. Ainda que os impactos das mudanças climáticas sejam variáveis entre os ecossistemas e regiões, é importante ressaltar que eles poderão intensificar outros tipos de estresse, agravando as consequências gerais, ou então entre outros casos, contribuindo a curto prazo, benéficamente em alguns processos de ordem econômica e biológica.

Muitos estudos têm sido realizados utilizando os manguezais como um indicador de mudanças climáticas mostrando que o aumento do nível do mar promoverá o avanço desse ecossistema para regiões mais internas do continente (FAURE, 2001; HOGARTH, 2007; ELLISON, 2009; LACERDA, 2009; GILMAN et al., 2007). Em contrapartida, outras pesquisas mostraram que o elevado grau de ação antrópica nesses ecossistemas direta ou indiretamente, resultaram na perda de áreas úmidas (assoreamento de rios), perda de conectividade, aumento da disponibilidade de nutrientes, modificações na dinâmica de sedimentos e criação de estruturas, de modo que, impedirá a migração do ecossistema para áreas mais internas, podendo assim, extingui-lo (MOCHEL et al., 2001; LOVELOCK; ELLISON, 2007; MENEZES; MEHLIG, 2009).

O comportamento dos fatores climatológicos ao longo das regiões levanta a questão das alterações climáticas e seus impactos, pois há controvérsias sobre sua origem, isto é, se foram ou continuam sendo provocadas por causas naturais ou por processos antrópicos. Esse conhecimento torna-se importante, pois a separação de

ambos os processos (antrópico e natural) condiciona diferentes tipos de manejo e controle para cada ecossistema em evolução (MARENGO; NOBRE, 2009).

2.4. A radiação solar

A radiação solar corresponde a toda energia que incide na terra originária do Sol. É praticamente a única fonte de energia que influencia os movimentos atmosféricos e os mais variados processos que envolvem as interações solo-planta-atmosfera (QUERINO et al., 2006). Toda a energia emitida pelo sol se apresenta na forma de radiação eletromagnética, composta por um feixe de raios diferenciados por sua magnitude e frequência e pelos comprimentos de onda que variam entre 220 a 4000 nanômetros, onde em sua totalidade é denominado como espectro de emissão solar e, varia de forma mais ou menos contínua no topo da atmosfera terrestre em função das relações astronômicas entre Sol e a Terra.

O espectro solar, simplificado, é compreendido em: Radiação Ultravioleta (UV) (220 - 400nm) e corresponde em torno de 9% da energia total proveniente do Sol, Radiação Visível (RV) (400 - 700 nm) e Radiação Infravermelha (IV) (excedem 700 nm) e equivalem 41% e 50% da energia solar, respectivamente. Ademais, a radiação UV pode ser subdividida em UV distante (220 – 300 nm) e UV próximo (300 – 400 nm) (OMETTO, 1981). Assim como a radiação UV, o IV também é subdividido em IV próximo (700 – 2500 nm) e longínquo (2500 – 10000 nm) (VIANELLO; ALVES, 2012).

Somente a radiação da faixa do visível é detectada pela visão humana e de demais animais, a qual é percebida em forma de cores. Além disso, é a parcela mais eficiente para a vegetação na execução de seus processos fisiológicos, onde a fotossíntese é ativada na faixa de 380 a 710 nm, denominada então como Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), na qual as faixas do azul-violeta (menores comprimentos de onda) e laranja-vermelho (maiores comprimentos de onda), são as mais absorvidas.

A intensidade de energia irradiada por diferentes estruturas está relacionada com as Leis que regem a radiação, como Lei de Planck, Lei de Stefan-Boltzmann para corpos negros e Lei de deslocamento de Wien que determina a relação dos comprimentos de onda irradiados pela Terra e Sol, em ondas longas (OL) e ondas curtas (OC) respectivamente (HARTMANN, 1994; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; VIANELLO; ALVES, 2012).

A quantidade de radiação solar que chega à superfície terrestre não é uniforme no globo. Ela é influenciada por 3 fatores: o período do ano e do dia, determinados pela distância média planeta-sol, excentricidade e latitude terrestre, respectivamente, que controlam a quantidade da densidade do fluxo de energia solar que chega na superfície (HARTMANN, 1994; AYOADE, 1983). A zona Equatorial recebe o máximo de insolação nos equinócios e o mínimo nos solstícios, enquanto que as regiões polares recebem o máximo de insolação durante os solstícios de verão, quando os dias passam a ter duração de 24 horas (AYOADE, 1983; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Além disso, Ayoade (1983) afirma que a atmosfera terrestre atenua a radiação solar em função de propriedades intrínsecas das superfícies, resultando em ligeiras modificações no padrão de distribuição da radiação solar ao adentrar na atmosfera terrestre, em razão da interação que a radiação sofre com a atmosfera. Oke (1978) explica que esta influência mútua se dá na forma de reflexão, refração e absorção da radiação solar por uma superfície.

Hartmann (1994), Torres e Machado (2012) explicam que a intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre é variável de acordo com as condições atmosféricas, de modo que a atmosfera terrestre reflete 30% da radiação incidente no topo, de volta para o espaço em função do albedo planetário. Da fração interna, uma parcela da radiação solar chega diretamente à superfície do solo, e outra tem seu fluxo difundido pelos constituintes fixos e variáveis da atmosfera, sendo 3% são absorvidos pelo ozônio, 18% pelas moléculas de vapor d'água e CO₂, em vários comprimentos de onda de infravermelho, e 1% por gases-traço constituintes da troposfera.

A fração de energia radiante que chega diretamente à superfície da Terra, é denominada Radiação Direta (R_d), e a densidade de fluxo correspondente a essa radiação é denominada Irradiância Direta Instantânea (I_n). A parcela que sofre espalhamento é dita como Radiação Difusa do céu (R_c) com densidade de fluxo energético representado pela Irradiância Solar Difusa Instantânea (D_i). Deste modo, ao considerar as componentes direta e difusa, tem-se a Radiação Global (R_g) expressa em W.m⁻² (MOTA, 1989; OKE, 1978; TORRES; MACHADO, 2012).

A determinação da R_g pode ser feita através de leitura direta de equipamentos específicos, como o piranômetro, ou então por equações empíricas. O modelo proposto por Angstrom (1924) determinava a R_g em função do brilho solar, posteriormente modificado por Glover e McCulloch (1958), Bennet (1965) e Rietveld (1978), que consideraram a latitude, altitude e razão de insolação (VIANELLO; ALVES, 2012). No

Brasil, estimativas de R_g já foram estudadas por Querino (2006) e Sousa et al. (2010) a partir de modelos isotrópicos e ângulo zenital e apresentaram resultados promissores.

Ao interagir com uma superfície, a radiação global sofre o efeito da reflexão, espalhamento e absorção, sendo parte dela refletida novamente para a atmosfera e/ou irradiada, em função da capacidade emissiva das superfícies (TORRES; MACHADO, 2012). A refletividade de uma superfície é traduzida por um coeficiente denominado albedo (α), sendo calculado como a razão entre a quantidade de radiação refletida e a quantidade de radiação recebida e é um dos responsáveis pelo total de energia disponível em um determinado local (QUERINO et al, 2006; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O albedo é considerado também um dos mais importantes parâmetros controladores do clima na terra (DAVIDSON; WANG, 2004) pois é determinante para o balanço de radiação e dinâmicas sucessionais nos ecossistemas. É uma medida adimensional, que varia segundo a cobertura do solo, ângulo zenital, época do ano e hora do dia (VIANELLO; ALVES, 2012; QUERINO et al., 2006; AYOADE, 1983), bem como com a coloração e texturas das superfícies e a condição de umidade. A variação do albedo é primariamente um resultado da natureza da reflexão da componente direta do espectro de radiação solar. Superfícies úmidas ou que apresentem coloração mais escuras, tendem a apresentar um baixo albedo ao passo que superfícies mais secas ou que tenham coloração mais clara apresentam maior albedo como mostram os trabalhos de Souza et al. (2010), Querino et al. (2006), Querino et al. (2013).

As constantes trocas verticais radiativas acontecem entre os componentes energéticos das interações superfície-atmosfera, isto é, ondas curtas e ondas longas, e são responsáveis pela determinação da quantidade de energia líquida disponível ao meio. A esse saldo dá-se o nome de Radiação Líquida (R_{net}) e essa energia é a que é utilizada nos mais diversos processos biológicos. A radiação líquida é dada pelo Balanço de Radiação, determinado pela diferença entre o saldo de ondas curtas (BOC) e saldo de ondas longas (BOL) (ANDRÉ et al., 2010; SOUZA FILHO et al., 2006).

O balanço de ondas curtas (BOC) é expresso pela diferença entre a Radiação Global (R_g) e a Radiação Refletida (R_f) ao passo que o balanço de ondas longas (BOL) é obtido pela diferença entre a Radiação emitida pela atmosfera (R_{atm}) e Radiação emitida pela superfície (R_{sup}) (MOTA, 1983; OKE, 1978; PEREIRA et al., 2002).

2.5. A radiação solar e seus efeitos nas comunidades vegetais

A radiação solar é fator determinante não somente do clima e biomas, mas também é a fonte de toda energia circundante no planeta, influenciando diretamente no balanço hídrico e o balanço de energia na Terra, criando cenários favoráveis para a vida dos organismos.

Para a vegetação, a radiação é preponderante na formação de novas paisagens e recolonização de áreas através da regeneração natural, ao condicionar os efeitos fotoenergéticos, fotocibernéticos e fotodestrutivos nas plantas (LARCHER, 2004; ODUM, 2004).

As espécies vegetais sofrem com os efeitos induzidos pela intensidade, a duração, a direção e a composição da radiação solar em quantidades limites, que, dentro de um espectro de absorção, denominado radiação fotossinteticamente ativa, promovem o acontecimento de inúmeros processos fotobiológicos específicos (SANTOS et al., 2015; TOWNSEND et al., 2010; BEGON et al., 2007).

As comunidades vegetais atuam como um sistema de assimilação, em que a radiação é utilizada gradualmente à medida que penetra na copa para camadas mais internas, sendo praticamente toda absorvida até a superfície do solo, fenômeno conhecido como fotohomeostase (CASAROLI et al., 2007; LARCHER, 2004; ODUM, 1988).

O grau de interceptação e conseqüentemente da atenuação da radiação pela cobertura vegetal é influenciado pelo tamanho e geometria das plantas, distribuição horizontal e vertical na área pela cor, tamanho, orientação e idade das folhas; arquitetura foliar e o ângulo de incidência dos raios solares. Deste modo, as plantas estão sujeitas a interceptação de radiação de vários tipos e por todos os lados, radiação solar direta, contrairradiação, radiação difusa em dias nublados e radiação refletida da superfície do solo (LARCHER, 2004; MOTA, 1989).

Para sua manutenção espacial e temporal, as plantas apresentam capacidades adaptativas que garantem seu grau de resiliência no ambiente. As adaptações modulativas, ou fotomodulações ocorrem a nível celular, como efeito instantâneo sobre o processo fotossintético, enquanto que as adaptações modificativas, estão relacionadas com as condições energéticas durante a morfogênese e metabolismo, e as adaptativas determinam os fotoecótipos (TOWNSEND et al., 2010; CONFORTO; CONTRIN, 2009; BEGON et al., 2007; JIANG et al., 2004).

As plantas, de modo geral, durante seu crescimento e desenvolvimento se ajustam a periodicidade sazonal da radiação, duração do dia, temperatura e precipitação. Assim, são classificadas ecologicamente de acordo com suas necessidades relativas de luz e sombra. São chamadas de heliófilas aquelas que crescem melhor em condições de alta luminosidade (elevado quantitativo de radiação incidente) e, ombrófilas, aquelas encontradas em ambientes menos iluminado. Todavia, em condições naturais, as exigências radiativas não podem ser dissociadas de outros fatores externos, que concomitantemente à radiação solar, definem os aspectos gerais de habitat para o vegetal (CHAVARRIA; SANTOS, 2009; CASAROLI et al., 2007).

A intensidade e qualidade da radiação incidente determinam o fotoperiodismo da planta de modo indutivo, por meio da iniciação ou encerramento do processo de desenvolvimento e quantitativamente, afetando a velocidade e extensão do crescimento, e formativo, pelo tropismo e morfogênese.

Em relação à condicionantes de estresse no meio, quantidades excessivas de radiação fotossinteticamente ativa e o aumento de absorção de UV, comprometem o processo de regeneração natural nos ecossistemas (MOTA et al., 2009; LARCHER 2004; ODUM, 2004; MOTA, 1989).

As intensidades extremas de radiação podem levar a planta a um baixo rendimento assimilatório no processo fotossintético (fotoinibição) ou até mesmo a morte (fotodestruição), quando ultrapassam o limite de tolerância. Normalmente, plantas ocorrentes de locais abertos, estão normalmente preparadas para tolerar altos níveis de radiação, e são denominadas de indivíduos fotoestáveis. Entretanto, a planta pode morrer, se houver a influência de outros fatores estressantes (FAGAN et al., 2013; TOWNSEND et al., 2010; BEGON et al., 2007).

Neste sentido, esta pesquisa objetivou atender aos questionamentos relacionados à contribuição da radiação solar na estrutura da regeneração natural de mangue, já que são ecossistemas caracterizados frágeis e de regeneração lenta.

2.6. Objetivos

2.6.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da radiação solar na regeneração natural do bosque de mangue, no município de Salinópolis, Estado do Pará, Brasil.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Analisar a climatologia e a anomalia da radiação solar global e saldo de radiação solar mensal;
- Quantificar o saldo de radiação solar na escala mensal;
- Identificar e monitorar os indivíduos da regeneração natural do mangue;
- Obter os padrões de correlação dos componentes principais da radiação solar com o crescimento de plântulas da regeneração natural.

3. CONFIGURAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO DE RADIAÇÃO NO CRESCIMENTO VEGETAL INICIAL EM BOSQUE DE MANGUE EM CUIARANA - SALINÓPOLIS, PA¹

Resumo:

O objetivo do trabalho foi caracterizar o clima, a configuração do balanço de radiação e sua influência na variabilidade espaço-temporal da abundância de plântulas em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis, Pará. A caracterização climática foi realizada com uma série de 32 anos de dados de Radiação de Onda Longa do NCEP/NOAA. A variabilidade meteorológica foi obtida com uma série de 5 anos de dados, das torres micrometeorológicas da UFRA e UFPA. O saldo de radiação mensal foi determinado por métodos empíricos aplicados aos componentes Balanço de Ondas Curtas e Longas. Realizou-se monitoramento da vegetação em 4 parcelas de 20 x 20 m (0,4ha), com a identificação e quantificação dos indivíduos com altura $\leq 1,5\text{m}$, para caracterização da composição florística e estrutura horizontal, durante os meses de Novembro de 2014 a Outubro de 2015. Os padrões de correlação espaço-temporal foram obtidos pela Análise dos Componentes Principais. A climatologia apresenta períodos chuvoso e menos chuvoso. A estação chuvosa concentra 45,5% da radiação líquida anual e menos chuvosa 54,5%. Há ocorrência de anomalias positivas do saldo de radiação para os meses de janeiro de 2015 ($0,5 \text{ MJ.m}^{-2}$) e fevereiro de 2015 ($2,6 \text{ MJ.m}^{-2}$) relacionadas ao fenômeno El-Niño. Houve o registro de 21705 indivíduos, distribuídos em 3 famílias, 3 gêneros e 3 espécies. *Avicennia germinans* foi a mais abundante. A ACP extraiu 2 componentes que explicam 97% da variância dos dados. O recrutamento de plântulas é melhor quando a radiação líquida é menor que 12 MJ.m^{-2} .

Palavras-Chave: *Regeneração, Manguezal, Clima, Amazônia.*

¹ Texto submetido à Revista *Earth Interactions*. Qualis A2 pela CAPES.

3.1. INTRODUÇÃO

O clima é influenciado em grande parte pelas constantes trocas verticais radiativas entre os componentes do balanço de radiação e é fator preponderante para formação e manutenção de ecossistemas e recolonização de áreas ao longo do globo (Galvani e Lima 2010; Begon et al. 2007).

Os manguezais são ecossistemas tropicais costeiros típicos de regiões de clima quente, normalmente são restringidos às faixas de mesomaré, junto à foz de rios, no interior de baías, estuários e locais protegidos da ação direta das ondas do mar, mas expostos ao contato entre rios e mares (Lima e Tognella 2012).

A costa Amazônica detém a maior extensão de manguezais no mundo, formada pelos litorais do Maranhão, Pará e Amapá (Rebelo-Mochel et al. 2007). Os manguezais do litoral paraense encontram-se relativamente conservados, protegidos por restingas e abrigados no interior de estuários (Menezes et al. 2008; Souza Filho e El-Robrini 2013).

Os manguezais são ecossistemas em constante transformação. As diferenças entre a fisionomia do mangue são determinadas pelo constante processo de reconstituição das comunidades vegetais, com o aumento gradual de espécies e complexidade estrutural e funcional ao longo do tempo, denominado por regeneração natural (Jardim et al. 2013; Chazdon, 2012).

As condições climáticas têm importante influência na regeneração natural e estabilidade de ecossistemas, uma vez que a vegetação espontaneamente detém um limite de tolerância em sua plasticidade adaptativa (Begon et al. 2007). Assim, a ação direta ou indireta dos fatores climáticos, associados à estabilidade dos fatores ecológicos, irão determinar os padrões de distribuição espacial e temporais do mangue em função da capacidade adaptativa das espécies ocorrentes (Galvani e Lima, 2010; Wolanski et al. 2009).

Estes fatores ambientais tornam-se primordiais, a medida em que a pluviosidade e a radiação solar influenciam diretamente no balanço de radiação e energia, através do aumento da temperatura do ar e redução da precipitação local durante o período menos chuvoso e sendo o inverso para o período chuvoso (Pereira e Rodrigues 2013; Souza Filho et al. 2006), modificando os processos de trocas verticais entre o sistema solo-planta-atmosfera e nos processos de sínteses biológicas e consequentemente, afetando a resiliência desses ambientes (Pereira e Rodrigues 2013; Richieri 2007; Galvani e Lima 2006).

Assim, compreender os processos que desencadeiam a formação de um novo estágio de desenvolvimento e as condições quantitativas e qualitativas para a regeneração natural em um determinado local, é fundamental para possibilitar a preservação e conservação de ecossistemas fragilizados.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo compreender a configuração climática local através das variáveis saldo de radiação, radiação solar global e precipitação e como estes parâmetros colaboram para a variação temporal e espacial da regeneração natural de manguezais.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização da área experimental

A área experimental fica situada no Sítio Experimental de Cuiarana, pertencente as Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Universidade Federal do Pará (UFPA), localizado na Vila de Cuiarana, município de Salinópolis (0°39'49,72''S e 47°17'03,41''W), na costa nordeste do Pará. A área de estudo apresenta estado inicial de sucessão ecológica, com poucas espécies vegetais e solo hipersalino e praticamente desnudo, com algumas manchas de concentração vegetais herbácea e arbórea típicas de manguezais, circundada por mangue maduro (em topografias mais baixas) e áreas de terra firme (em regiões topográficas mais elevadas), sendo esta zona transitória comumente chamada de apicuns, como explica Shaeffer-Novelli (2005) (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Am (PEEL et al. 2007) com reduzida amplitude térmica (26°C, em média) e regime médio anual de chuvas de 2100 mm. Ainda é possível perceber a distinção entre as estações chuvosa, normalmente entre os meses de janeiro e julho e menos chuvosa, entre os meses de agosto e dezembro (INMET 2013).

3.2.2. Variáveis de estudo coleta de dados

Para a caracterização do clima sob a área de estudo foi utilizado uma série temporal de 32 anos de dados de Radiação de Onda Longa (ROL) (1983 – 2015) do banco de reanálises do *National Centers for Environmental Predictions* (NCEP), oriundos do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Estes dados fornecem médias mensais globais de ROL ($W.m^{-2}$) em uma grade $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ e inferem as estimativas de atividade convectiva e graus de nebulosidade, conforme metodologia de Liebmann e Smith (1996).

Para a avaliação da variabilidade meteorológica local e determinação do saldo de radiação foram utilizados os dados de Radiação global (Q_g), Temperatura do ar (T_{ar}), Umidade relativa (UR%) e Precipitação acumulada (PRP) provenientes do banco de dados da torre micrometeorológica da UFRA instalada no mangue, equipada por um sistema eletrônico de aquisição de dados, programado para efetuar leituras a cada 10 segundos e armazenar médias a cada 10 minutos. Em seguida, esses dados foram organizados em escala mensal. Quando houveram lacunas de informação, foram utilizados os dados das torres micrometeorológicas da UFRA e UFPA, de uma série temporal de 5 anos (2010 – 2015) instaladas em terra firme, com proximidade de 300 a 400 metros da torre do mangue.

O estudo do saldo de radiação e da comunidade vegetal do bosque de mangue foi realizado durante um ano, no período entre os meses de novembro de 2014 a outubro de 2015, através do monitoramento mensal das variáveis meteorológicas de interesse e parâmetros fitossociológicos.

O saldo de radiação mensal foi determinado por métodos empíricos aplicados às componentes Balanço de Ondas Curtas (BOC) e Balanço de Ondas Longas (BOL). O balanço de ondas curtas (BOC), definido pela diferença entre irradiação solar global e radiação de ondas curtas refletidas, foi calculado pela equação:

$$BOC = Q_g - (Q_g * \alpha) \quad \text{Eq. (1)}$$

em que Q_g = radiação global em $MJ.m^{-2}$, e α = albedo médio da superfície, o qual, foi adotado o valor fixo de 0,17, com base nos estudos de Souza (2007) e Ribeiro et al. (2007) para ambientes de mangue natural e degradado, e de Yanagi e Costa (2011) que explicam que em escala mensal, o albedo não sofre modificações substanciais que possam mascarar os valores de radiação refletida, comprometendo assim, o BOC.

O balanço de radiação de ondas longas (BOL), representado pela diferença entre a radiação emitida pela superfície e a contra-irradiação atmosférica, foi obtido pela aplicação da equação proposta por Brunt, que envolve a lei de Stefan-Boltzman corrigida para clima úmido, como segue:

$$BOL = (4,903 * 10^{-9}) * T^4 (0,09 \sqrt{e} - 0,56) * (0,1 + 0,9 * \frac{n}{N}) \quad \text{Eq. (2)}$$

onde T = temperatura média do ar (K); n/N = razão de insolação (em que N equivale a 12, de acordo com a latitude local e, n foi obtido do banco de dados de n° de horas

efetivas de brilho da estação convencional de Tracuateua – PA, em função da latitude e escala mensal adotada, que aceita dados menos refinados, semelhante aos método aplicado por Belúcio et al. (2014)); e e = pressão parcial do vapor d'água (hPa) determinada por:

$$e = \frac{UR * e_s}{100} \quad \text{Eq. (3)}$$

em que UR é a umidade relativa do ar (%); e_s é a pressão de saturação do vapor d'água (hPa), obtida pela equação de Tetens:

$$e_s = 6,1078 * 10^{\left(\frac{7,5 * T}{237,3 + T}\right)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Com o objetivo analisar a o quantitativo de radiação líquida no ecossistema, baseado nas condições atmosféricas, foi determinada a qualidade da cobertura por nuvens do céu através do Índice de Claridade (Kt) mensal:

$$Kt = \frac{Qg}{Qa} \quad \text{Eq. (5)}$$

posto que, Qa = Radiação extraterrestre em MJ.m^{-2} , calculada de acordo com Allen et al. (1998).

Na classificação do índice de claridade foram adotados os critérios propostos por Iqbal (1983), em que valores de $Kt \leq 0,3$ caracterizam céu nublado, quando estiver entre 0,3 e 0,7, é dito céu parcialmente nublado, e $Kt \geq 0,7$, adota-se classificação de céu limpo.

A análise da variabilidade local dos parâmetros meteorológicos de radiação de ondas longas, radiação global e precipitação, durante o período de monitoramento, foi realizada por meio do cálculo da anomalia mensal conforme fórmula:

$$aParâmetro = Po - Pn \quad \text{Eq. (6)}$$

na qual, $aParâmetro$ = Anomalia do parâmetro avaliado, Po = Valor do parâmetro observado pela torre micrometeorológica e; Pnc = Normal meteorológica obtida pela média mensal do parâmetro.

Em relação ao monitoramento da vegetação do mangue, foram instaladas 4 parcelas permanentes de 20 x 20 m (0,4ha) distanciadas aproximadamente 100 metros entre si. As parcelas são constituídas por diferentes níveis de distribuição vegetal pré-

estabelecidas, além da influência da maré, que invade a área experimental no sentido sudoeste – nordeste.

A parcela P1, situada em elevação topográfica entre 8 e 10 m do nível do mar, é formada pela total cobertura do solo por vegetação herbácea e alguns indivíduos arbóreos adultos e fica adjacente ao mangue desenvolvido à leste e sudeste, e terra firme ao norte e noroeste de sua delimitação. A parcela P2 apresenta elevação topográfica entre 5 e 7 m do nível do mar, e é caracterizada pela ausência de cobertura vegetal em 95% da área com pequenos mosaicos de vegetação e sofre maior influência da maré no sentido sul – norte. As parcelas P3 e P4 estão localizadas entre 5 e 7 m do nível do mar e apresenta distribuição uniforme da vegetação rasteira em toda área, com poucas manchas de solo exposto.

Os dados relacionados à vegetação foram coletados mensalmente em subparcelas de 1 m², constituídas por um quadrado de PVC formado por 4 tubos unificados por encaixes específicos (joelhos), lançados aleatoriamente até obtenção da representatividade de cada parcela. A cada lançamento, todos os indivíduos com altura $\leq 1,5$ m foram identificados e quantificados, com o auxílio de uma vara graduada, posicionada no centro da subparcela, segundo a metodologia aplicada por Jardim et al. (2013).

A composição florística foi determinada pela identificação dos indivíduos à níveis de espécie e gênero, por um parobotânico do Museu Emílio Goeldi. A nomenclatura das espécies foi fundamentada pelo banco de dados do *Missouri Botanical Garden* (MOBOT 2015), e classificadas à nível de família, com base no sistema APG III (2009).

Sobre a estrutura horizontal do bosque foram calculados os parâmetros fitossociológicos: abundância absoluta (N), frequência relativa (FR) e densidade relativa (DR) (Curtis e McIntosh 1951), com auxílio do software Matanativa 3.

3.2.3. Crescimento da vegetação em função do saldo de radiação

Para avaliar a variabilidade do crescimento da vegetação ao longo do tempo e espaço em relação ao quantitativo do saldo de radiação, foi aplicada a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP).

Deste modo, foram utilizados os dados referentes ao total de indivíduos de cada parcela e saldo de radiação, arranjados em uma matriz de covariância, organizados em modo T, conforme explica Amanajás e Braga (2012) e Wilks (2006), gerando assim,

os coeficientes de expansão espacial (autovetores) e temporal (autovalores), como padrões de correlação entre saldo de radiação mensal e abundância total, utilizando o software SPSS 13.0.

Os mapas espacializados dos autovetores foram gerados com o auxílio do software gráfico Surfer 8.0, pelo método da Krigagem, para a avaliação simultânea com os autovalores.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Sazonalidade da Radiação de Ondas Curtas e Longas

Os resultados revelaram que apesar da curta série temporal (2010 a 2015), os dados de Qg e PRP observados em campo são coerentes com a climatologia da região, quando comparados com a climatologia de ROL (MJ.m^{-2}), para uma série temporal de 32 anos (1983 a 2015).

A climatologia de ROL para o bosque de mangue estudado mostra que o clima local apresenta dois períodos distintos. O primeiro caracterizado pelo quantitativo de radiação reduzido, entre os meses de janeiro a maio, denominado como estação chuvosa e o segundo período marcado pela elevada quantidade de radiação emitida, durante os meses de junho a dezembro, chamado de estação menos chuvosa (Figura 2A).

Segundo Liebmann e Smith (1996), valores de ROL inferiores a $20,7 \text{ MJ.m}^{-2}$ (ou 240 W.m^{-2}), resultam de elevada atividade convectiva e em decorrência disso, a ocorrência nuvens densas e de chuvas, como pode ser constatado pela precipitação acumulada média na figura 2C. Deste modo, a presença de nebulosidade afeta inversamente a quantidade de radiação incidente na superfície, bem como a radiação de onda longa (Figura 2A e 2B), como comentam Nobre et al. (2009), Bomventi et al. (2006), ao utilizarem dados de ROL.

A Figura 3A mostra que o período chuvoso de 2010 a 2015 teve os meses mais chuvosos de janeiro a maio durante os anos de 2010/2011, 2013/2014 e 2014/2015, anos caracterizados como La Niña, La Niña e El Niño (NOAA, 2015), respectivamente, com menores quantitativos de Qg e ROL, concordantes com as condições de céu parcialmente nublado, expresso pelo índice de claridade médio de 0,4. No entanto, em 2014/2015 (El Niño) apenas o mês de março apresentou o menor valor de Qg de todo o período, ou seja, mesmo sendo um ano de El Niño, março de 2015 apresentou cobertura de nuvens considerável ($K_t = 0,3$) em relação aos anos anteriores e maior quantidade de

precipitação (Figura 3B), de acordo com a configuração meteorológica de ROL, como explica Bomventi et al. (2006).

A Figura 4 apresenta variação média mensal de saldo e as componentes do balanço de radiação e revela ser notável a quantidade de energia disponível no manguezal ao longo do ano, onde a estação chuvosa concentra 45,5% e menos chuvosa 54,5% do saldo de radiação anual, respectivamente. As maiores ofertas são encontradas em setembro ($R_{net} = 18,52 \text{ MJ.m}^{-2}$) e menores em março ($R_{net} = 13,26 \text{ MJ.m}^{-2}$). Isto pode ser explicado pelos mecanismos de convecção tropical, principalmente pela atuação da ZCIT, dos VCAN (Camponogara 2012), dos SCMC e LI (Sodré et al. 2015; Cohen et al. 2009), com maior influência no regime de chuvas durante os meses de janeiro a maio (Melo et al. 2009; Nobre et al. 2009).

Os saldos de radiação mensais que compreendem o período efetivo de avaliação em campo estão representados na Figura 5a. Durante a estação chuvosa, os meses de fevereiro de 2015 ($R_{net} = 13,67 \text{ MJ.m}^{-2}$) e março de 2015 ($R_{net} = 7,78 \text{ MJ.m}^{-2}$) constituíram os meses de maior e menor energia disponível, ao passo que durante o período menos chuvoso, os meses que apresentaram valores máximos e mínimos foram setembro de 2015, com $12,94 \text{ MJ.m}^{-2}$ e agosto de 2015, com $19,89 \text{ MJ.m}^{-2}$ respectivamente.

Na estação chuvosa verifica-se a ocorrência de anomalias positivas de R_{net} para os meses janeiro de 2015 ($aR_{net} = 0,5 \text{ MJ.m}^{-2}$) e fevereiro de 2015 ($aR_{net} = 2,6 \text{ MJ.m}^{-2}$), sendo este último, o maior valor em todo o período avaliado. A anomalia de ROL, também positiva para este mês ($aROL = 1 \text{ MJ.m}^{-2}$), garante a configuração meteorológica com excedente de radiação emitida da superfície terrestre, diretamente relacionada às condições de pouca cobertura de nuvens e precipitação abaixo do esperado (Figura 5B e 5C).

O mês de março de 2015 foi o que obteve anomalia mais negativa de R_{net} ($-2,5 \text{ MJ.m}^{-2}$), o qual, associado ao índice de claridade ($K_t = 0,5$), confirma o estado parcialmente nublado do céu que culmina para o saldo de radiação abaixo do que o aguardado para este mês, apesar de terem ocorridos chuvas, contudo em menor volume do que o normal ($aPRP = -183,6 \text{ mm}$). Souza et al. (2013) explicam que menores valores de radiação líquida estão associados não somente com a nebulosidade, mas também com a umidade atmosférica, devido a elevada capacidade de absorção de radiação solar principalmente no espectro do infravermelho próximo. Além disso, esta configuração meteorológica pode ter sido condicionada principalmente ao efeito do

fenômeno ENOS, em sua fase quente (El Niño), que tem modulado os índices pluviométricos na região desde o segundo semestre de 2014 (NOAA, 2016).

A Figura 6 mostra os efeitos temporais do saldo de radiação para a vegetação típica do bosque de mangue. A maior quantidade de indivíduos observada em janeiro pode estar relacionada com os efeitos da anomalia negativa do saldo de radiação em dezembro de 2014, bem como no intervalo de março de 2015 a junho de 2015, quando houve o crescimento constante de novas plântulas, relacionados à anomalia negativa do saldo de radiação para estes meses.

É possível notar ainda, que o recrutamento de novos indivíduos é melhor quando o saldo de radiação fica entre 10 MJ.m^{-2} e 12 MJ.m^{-2} , e que, acima desta quantidade ocorre perdas significativas de plantas regenerantes. Isso mostra que, a maior cobertura de nebulosidade em dezembro, março, abril e maio levou a menor quantidade de radiação incidente e conseqüentemente temperaturas do ar mais amenas, devido a redução de emissões de ondas longas pela superfície (Souza et al. 2013; Moura e Querino, 2010; Silva Dias et al. 2006), em função da ampliação da cobertura do solo pela vegetação, pelo aumento de área foliar capaz de interceptar mais radiação solar e conseqüentemente evita que um maior quantitativo chegue ao solo e o aqueça, acarretando em alterações fisiológicas nocivas para as plantas, sob as condições de estresse hídrico e térmico (Souza et al. 2008; Begon et al. 2007; Souza Filho et al., 2006).

3.3.2. Composição florística do mangue

Em relação à vegetação, o monitoramento possibilitou o registo de 21705 indivíduos, distribuídos em 3 famílias, 3 gêneros e 3 espécies típicas de manguezal (Tabela 1).

A espécie *Avicennia germinans* foi a mais abundante em todas as parcelas, representando 97,16% (21089 indivíduos) do total de plântulas contabilizados, seguida por *Rizophora mangle* com 2,32% (504 espécimes) e por fim *Laguncularia racemosa* sendo 0,52% (112 plântulas). Freitas e Magalhães (2012) afirmam que espécies, em geral, que apresentem tal configuração com os parâmetros fitossociológicos de abundância, FR e DR revelam ser típicas ao meio e que sua distribuição horizontal ocorre de modo regular no ambiente, em razão da plasticidade adaptativa do espécime, que sob as condições locais do estudo, tem ambiente hipersalino e dossel não desenvolvido, configurado como mangue apicum, e que corroboram com as condições

ambientais descritas por Schaffer Novelli et al. (2012) e Schmidt et al. (2013) para esse tipo de ecossistema.

As parcelas que mais apresentaram indivíduos regenerantes foram P1 (N= 8044), seguida de P3 (N= 6951) e P4 (N= 1025), enquanto que P2 (N= 1025), foi a que apresentou menor abundância total (Tabela 2). Essa configuração pode estar condicionada às características meteorológicas intrínsecas de cada parcela, onde P1, P3 e P4 são mais desenvolvidas horizontalmente, isto é, com maior cobertura vegetal quando comparadas com P2, que apresenta solo descoberto e acarreta na elevação da temperatura do solo à níveis nocivos aos indivíduos regenerantes. Além disso, a fatores externos como nutrição mineral, síndromes de dispersão e grau de perturbação antrópica que propiciam ambientes desfavoráveis ao estabelecimento de plântulas (Chazdon et al. 2009; Ribeiro e Felfili (2009); Larcher 2004; Tourinho 1998).

3.3.3. Componentes Principais para vegetação e saldo de radiação

A análise dos componentes principais extraiu 2 fatores que somados, possibilitaram a explicação de 97% da variação total dos dados de abundância total e saldo de radiação. A primeira componente da ACP (CP1) é responsável 56% da variação dos dados (Figura 7).

A configuração do crescimento espacial (autovetor) foi modulada pela variável abundância, gradativamente positiva no sentido Noroeste-Sudeste e correlações positivas nas parcelas P1, P3 e P4, enquanto que P2 apresentou padrão inverso (Figura 7A), que pode ser explicado pelo grau de distribuição vegetal nos sentidos horizontal e vertical das parcelas, onde P2 é menos desenvolvida.

A variação do coeficiente de expansão temporal (autovalor) da CP1 revela que o padrão espacial local tende a ser positivo durante todo o período de estudo, isto é, ocorre o aumento gradativo da cobertura vegetal tanto no sentido horizontal quanto vertical, com variação pouco expressiva durante o período menos chuvoso no mangue. Todavia nota-se flutuações durante o período chuvoso (Figura 7B).

Janeiro de 2015 foi o mês que contabilizou o maior número de indivíduos no espaço (N = 1039), quando o saldo de radiação foi 10,88 MJ.m⁻², contudo, em fevereiro de 2015 houve redução de 50,7% na abundância total, quando a radiação líquida foi de 13,67 MJ.m⁻², sendo o mês com o maior saldo energético registrado em todo o período de monitoramento, mesmo ainda no período chuvoso, evidenciando o efeito limitante da radiação excessiva. Este fato pode ser explicado pelas chuvas abaixo da normal

climatológica da região (424,4 mm) para o mês em questão, tendo havido precipitação de apenas 240,9 mm, influenciado principalmente pela atuação do fenômeno El Niño em macroescala e LI's no litoral, que determinaram a baixa cobertura por nuvens, maior intensidade de radiação solar incidente na superfície, ocasionando os processos fisiológicos fotoinibidores que limitam a fotossíntese.

De modo geral, a CP1 evidencia a variabilidade sazonal da abundância em função do quantitativo do saldo de radiação e seus componentes e mostra que eventos extremos tem grande influência nos processos de formação de paisagem e dinâmicas sucessionais (Nobre et al. 2009; Jacobsen 2002). Contudo, é perceptível a interdependência local com fatores externos abióticos (topografia, condições edáficas, gradientes de inundação) (Abreu et.al 2006) e bióticos (competição inter e intraespecífica, síndromes de dispersão) (Menezes et al. 2008; Larcher 2004).

A segunda componente da ACP explica 41% da variância total dos dados e demonstra configuração espacial semelhante à CP1, sendo o saldo de radiação, a variável determinante neste padrão (Figura 8).

Esta componente apresenta padrão de crescimento espacial similar a CP1, com escores positivos para as parcelas P1, P3 e P4 e tendência positiva ao longo de todo o ano (Figura 8A). O coeficiente de expansão temporal da CP2 ainda deixa claro que os meses de março, abril e maio de 2015, apresentaram os menores valores de saldo de radiação, sendo $7,78 \text{ MJ.m}^{-2}$, $8,95 \text{ MJ.m}^{-2}$ e $9,58 \text{ MJ.m}^{-2}$, respectivamente (Figura 8B) e que influenciaram positivamente para o aumento do número de indivíduos, dado como resposta as atenuações de condições de estresse luminoso e térmico local sofridas pelo meio, nos meses anteriores.

A redução do saldo de radiação mensal coincide com a atuação da ZCIT na região nesse período, para a formação de chuvas mais intensas e conseqüentemente reduzindo vertiginosamente a Q_g , e com maior atuação de BOL, por contrairradiação da atmosfera (Nobre et al. 2009, Silva Dias et al. 2006). Indiretamente, a pluviosidade e sizíguas podem ter contribuído para o recrutamento de indivíduos neste período, ao efetuarem o carregamento e deposição de sedimentos e matéria orgânica ao espaço, melhorando as condições minerais do solo, ao reduzirem as concentrações de sódio (Barr et al. 2013; Prisco e Gomes Filho, 2010; López-Hoffman et al 2007) com o aumento da concentração de macronutrientes disponíveis à nutrição das manchas de vegetação regenerante espalhadas nas parcelas (Cuzzuol e Rocha 2012; Reef et al. 2010), além de darem suporte à hidrocoria (Ferreira e Borguetti, 2009).

3.4. CONCLUSÃO

O quantitativo de radiação incidente na superfície e radiação de onda longa emitida foi influenciado pelas condições atmosféricas locais, culminando na variabilidade mensal de energia disponível para o ecossistema;

O saldo de radiação mensal para o período de avaliação esteve sob ação do fenômeno El-Niño.

A estrutura horizontal do bosque de mangue teve influência do saldo disponível, com crescimento favorável de indivíduos regenerantes até um limite ótimo, neste estudo, em torno de 12 MJ.m^{-2} , e que acima disso, há redução de crescimento da plântula.

Em virtude dos estresses impostos pelas condições gerais do ambiente, outros fatores externos, abióticos e bióticos podem ter tido maior relevância para a distribuição de indivíduos no espaço e tempo.

REFERÊNCIAS

- Abreu, M. M.; Mehlig, U.; Nascimento R. E. S. A.; Menezes M. P. M. 2006. Caracterização estrutural e composição florística em um bosque de terra firme e um manguezal da península de Ajuruteua, Bragança (Pará-Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* v.2, n.3, p.27-34.
- Allen, R.G.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- Amanajás, J. C.; Braga, C. C. 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.4, p.423-434.
- APG III. Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the others and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.161, p.105-121.
- Barr, J. G. et al. 2013. Summertime influences of tidal energy advection on the surface energy balance in mangrove forest. *Biogeosciences*. v.10, p.501-511.
- Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, 752p.

Bomventi, T. N.; Wainer, I. E. K. C.; Taschetto, A. S. 2006. Relação entre radiação de onda longa, precipitação e temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico Tropical. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.24, n.4.

Camponogara, G. 2012. *Extremos de precipitação diária em Belém, Pará, e estrutura vertical da atmosfera*. Dissertação - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 90p.

Chazdon, R. 2012. Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218.

Chazdon, R. L. et al. 2009. The potencial for species conservation in tropical secondary forests. *Conservation biology*. v.23, p.1406-1417.

Curtis, J.T.; McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie Forest border regions of Wisconsin. *Ecology*, v.32, p.476-496.

Cuzzuol, G.R.F.; Rocha, A.C. 2012. Interação de regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 1, p. 11-19.

Ferreira, A. G.; Borguetti, F. 2009. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, 315p.

Freitas, W. K.; Magalhães, L. M. S. 2009. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e ambiente*. v.19, p.520-540.

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

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos da estação automática de Salinópolis. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acessado em 30 de novembro de 2015.

Iqbal, M. 1983. *An introduction to solar radiation*. AP, 389p.

Jacóbsen, L. 2002. *Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 124p.

Jardim, D.G.; Jardim, M. A. G.; Quaresma, A. C.; Costa Neto, S. V. 2013. Regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação, Maracanã, Pará, Brasil. *Biota Amazônia*. v. 3, n. 2, p.79-87.

Larcher, W. 2004. *Ecofisiologia vegetal*. RiMa Artes e Textos. 531p.

Liebmann, B.; Smith, C. A. 1996. Description of a complete (interpolated) outgoing long wave radiation dataset. *Bulletin American Meteorologic Society*, n.77, p.1275-1277.

Lima, T. M. J.; Tognella, M. M. P. 2012. Estrutura e Função dos Manguezais: Revisão Conceitual. *Enciclopédia Biosfera*. v. 8, n.15, p. 1801–1827.

López-Hoffman, L., Anten, N. P. R., Ramos, M. M. Ackerly, D. D. 2007. Salinity and light interactively affect neotropical mangrove seedlings at the leaf and whole plant levels. *Oecologia*. v.150, p.545-446.

Menezes, M.P.M.; Berger, U.; Mehlig, U. 2008. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. *Acta amazonica*, v. 38, n. 3, p. 403-420.

MOBOT. Missouri Botanical Garden. Disponível em <http://www.tropicos.org> (Acessado em: 14 novembro 2015).

Moura, A. L. M.; Querino, C. A. S. 2010. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. *Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. v.14, n.3, p.296–302.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em <<http://www.noaanews.noaa.gov>>. Acessado em 20 fevereiro de 2016.

Nobre, C. A.; Obregón, G. O.; Marengo, J. A. 2009. Características do clima amazônico: aspectos gerais. *Geophysical monograph*. v.186. p.149-162.

Peel, M. C.; Finlayson B. L.; McMahon T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Science*, v. **11**, p. 1633-1644.

Pereira, P.L.; Rodrigues, H.J.B. 2013. Análise e estimativa dos componentes do balanço de energia em ecossistema de manguezal amazônico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.**28**, n. 1, p. 75-84.

Prisco, J. T., Gomes Filho, E. 2010. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. *Manejo da salinidade na agricultura*. INCT Sal, p.472.

Ribeiro, G. H. P. M.; Felfili, J. M. 2009. Regeneração natural em diferentes ambientes na Mata de Galeria Capetinga, na Fazenda Água Limpa–DF. *Cerme*, v.**15**, p.1-9.

Ribeiro, J. B. M.; Rocha, E. J. P.; Ferreira, M. A. V.; Oliveira, P. J.; Mattos, A. 2007. Característica do balanço de energia no manguezal de Bragança-PA e alterações do fluxo de calor no solo em função do desmatamento. *Geografia (Rio Claro)*, v.32, n.3, p.683-698.

Richieri, S. M. M. 2007. Avaliação do Impacto das Mudanças Climáticas Globais nos Mangues Tropicais. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 6, p. 14-20.

Schaeffer-Novelli, Y. 2005. Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum: principais vetores de pressão e as perspectivas para sua conservação e usos sustentáveis. Brasília/DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Schaeffer-Novelli, Y.; Rovai, A. S.; Coelho Jr, C.; Menghini, R. P.; Almeida, R. 2012. Alguns impactos do PL nº 30/2011 sobre os manguezais brasileiros. In: Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável (Ed.). Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber. Brasília: Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável, p.18-27.

Schmidt, A. J.; Bemvenuti, C. E.; Diele, K. 2013. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). *Boletim Técnico Científico CEPENE*. v.**19**, n. 1, p. 9-25.

Silva Dias, M. A. F.; Cohen, J. C. P.; Gandu, A. W. 2005. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. *Acta Amazônica*, v.35(2), p.215-222.

Souza Filho, J. D. C.; Ribeiro, A.; Costa, M. H.; Cohen, J. C. P.; Rocha, E. J. P. 2006. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazonia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21(3b), p.318–330.

Souza Filho, P. W. M.; El-Robrini, M. 2013. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. *Geonomos*. v.4, n. 2, p. 1-16.

Souza, P. J. O. P.; Rocha, E. J. P.; Ribero, A.; Loureiro, R. S.; Bispo, C. J. C. 2008. Impactos no albedo em consequência do avanço da fronteira agrícola na Amazônia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, p.87-95.

Souza, P. J. O. P.; Rocha, E. P.; Ribeiro, A. 2013. Impactos do avanço da soja no balanço de radiação no leste da Amazônia. *Acta Amazonica*. v. 43(2), p.169 – 178.

Souza, W. J. e S. de. 2007. Diferenças micrometeorológicas entre ambiente de manguezal natural e degradado na região Bragança-PA (Experimento Cimela 2003). *Geografia*; v. 32, n. 3, p.711-718.

Tourinho, D. M. 1998. *Composição florística e estrutura da vegetação em diferentes estágios sucessionais de uma área de mangue em Acarajó, Bragança, Pará, Brasil*. Dissertação. Faculdade de ciências agrárias. FCAP. Belém, Pará, Brsil, 64p.

Wilks, D. S. *Statistical Methods In The Atmospheric Sciences*. Elsevier. 627 p.

Wolansky et al. 2009. Coastal Wetlands: a synthesis. *Coastal wetlands:an integrated ecosystem approach*. Elsevier. p.1-62.

Yanagi, S. M.; Costa, M. H. 2011. Simulations of tropical rainforest albedo: is canopy wetness important?. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.83(4), p.1171-1180.

Tabela 1: Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas em 0,16 ha no bosque de mangue no Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará. N = Número de indivíduos; DR = Densidade relativa; e FR = Frequência Relativa.

Família	Espécie	N	FR	DR
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	21089	87,4	97,1
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	504	8,4	2,4
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	112	4,2	0,5
		21705	100	100

Tabela 2: Número de indivíduos por parcela (0,04 ha) ao longo do período de avaliação, no bosque de mangue do Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis - PA.

Tempo (Meses)	N			
	P1	P2	P3	P4
nov/14	475	89	375	388
dez/14	657	70	468	394
jan/15	1039	106	849	679
fev/15	381	85	558	294
mar/15	567	86	507	349
abr/15	645	91	706	390
mai/15	851	79	671	524
jun/15	580	110	478	476
jul/15	728	86	611	406
ago/15	790	70	510	540
set/15	727	74	692	778
out/15	604	79	526	467

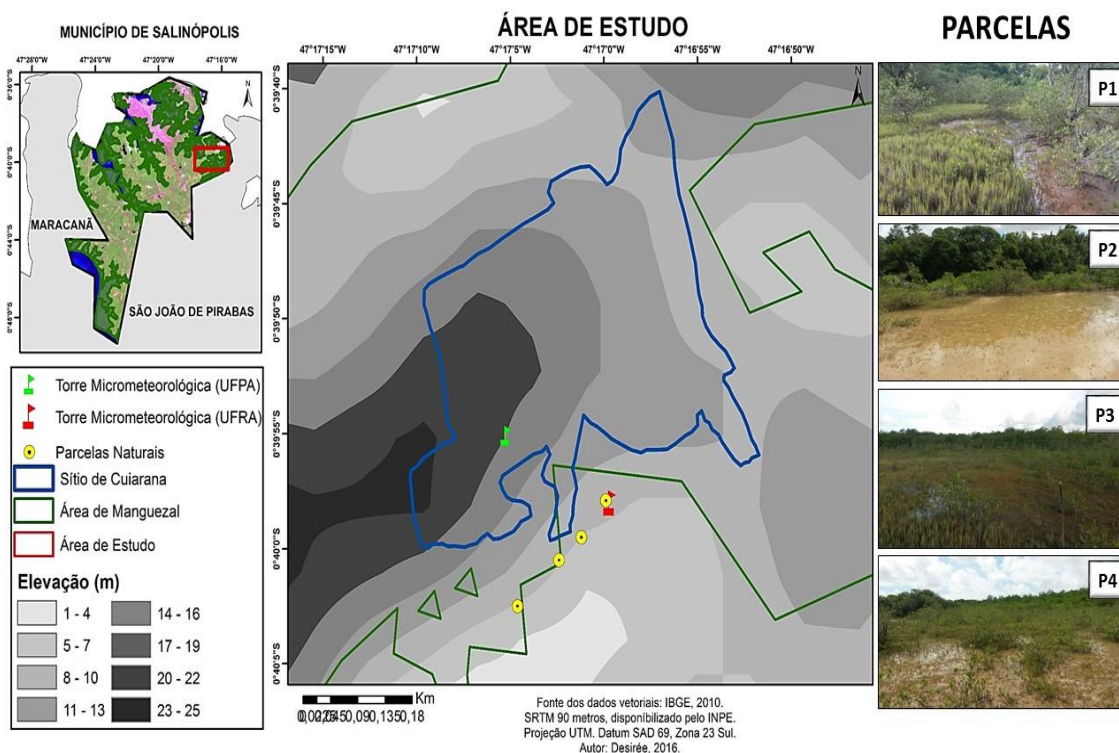


Figura 1: Mapa de localização e da topografia da área de estudo e parcelas experimentais.

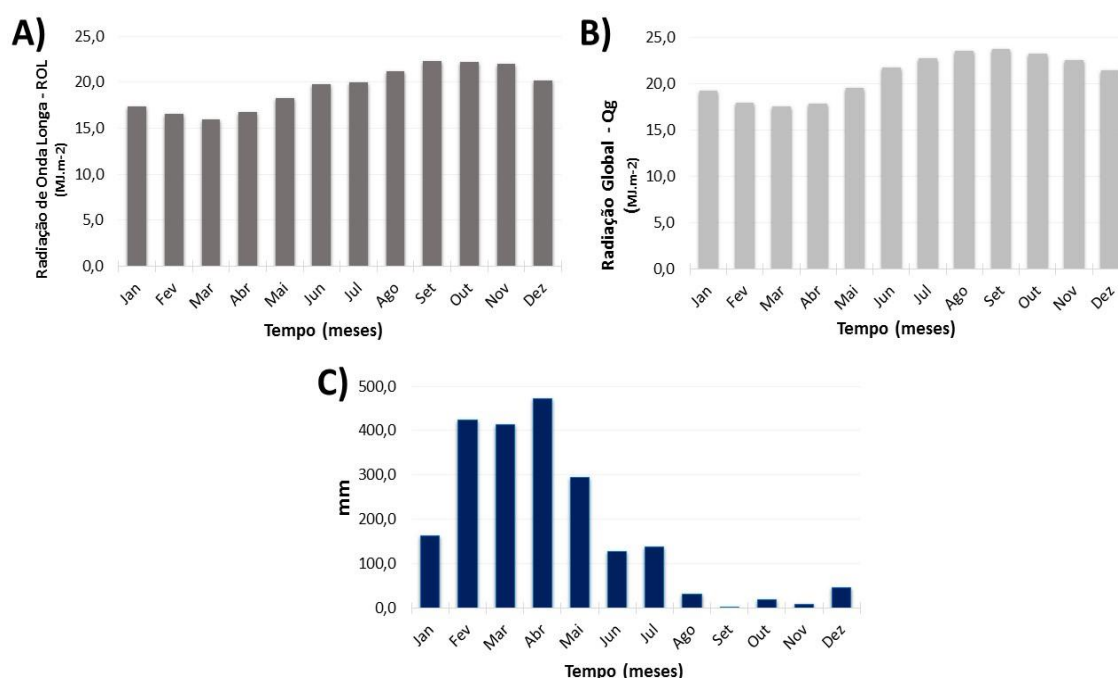


Figura 2: Variação temporal da Radiação de Ondas Longas e Curtas em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis-PA. (A) Média climatológica mensal de ROL (MJ.m^{-2}) para o período de 1983 a 2015; (B) Média da radiação global mensal (MJ.m^{-2}) para o período de 2010 a 2015; e (C) Média precipitação acumulada mensal (mm) para o período de 2010 a 2015.

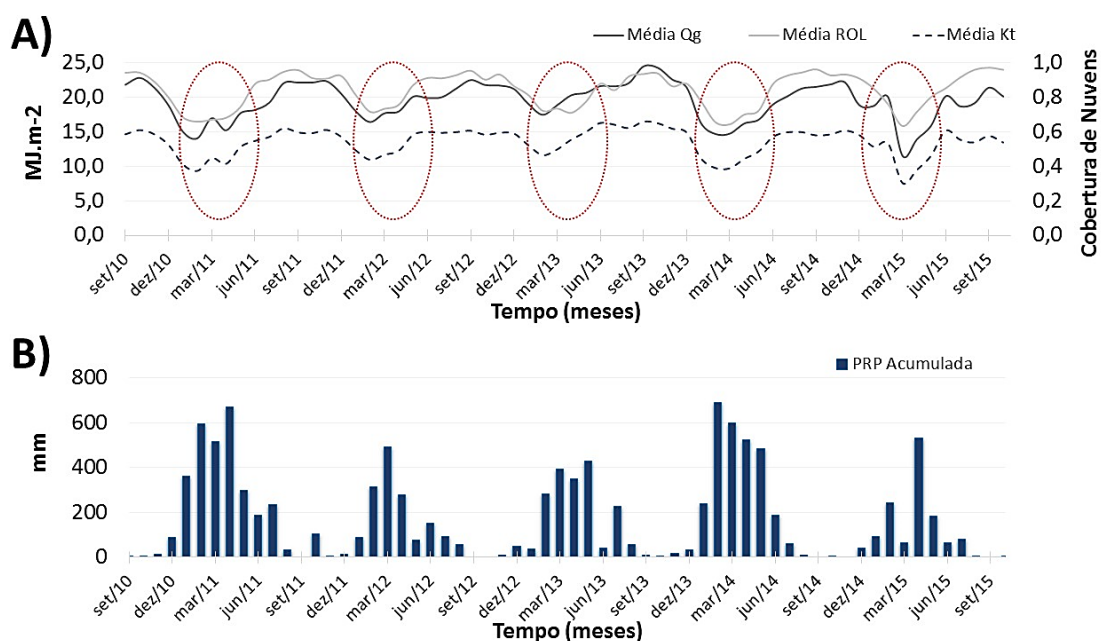


Figura 3: Variação da Radiação de Ondas Longas, Radiação de Ondas Curtas, Índice de Claridade e Precipitação para uma série temporal de 5 anos em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis-PA. (A) Variação mensal de Qg e ROL (MJ.m⁻²) e Índice de Claridade (Kt), para o período de 2010 a 2015; (B) Variação mensal de PRP (mm), para o período de 2010 a 2015.

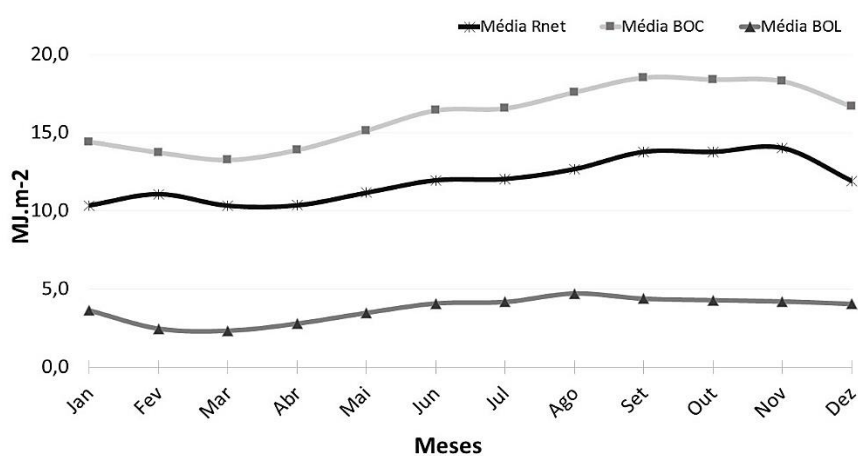


Figura 4: Médias mensais do Saldo de Radiação (Rnet) e dos componentes balanço de ondas curtas (BOC) e balanço de ondas longas (BOL) em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis - PA, para o período de 2010 a 2015.

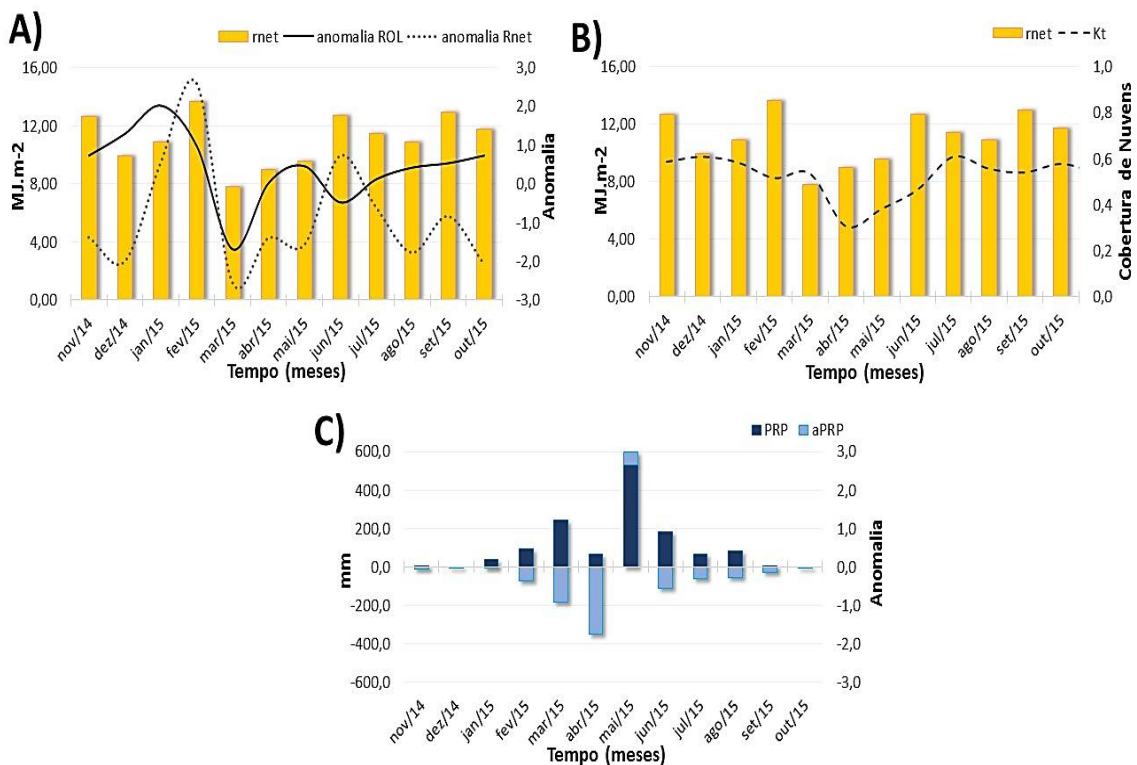


Figura 5: Variação temporal de (A) Rnet (MJ.m⁻²) e anomalias de ROL e Rnet (MJ.m⁻²); (B) Rnet e Kt mensal; e (C) PRP (mm) e anomalia de PRP (aPRP) (mm), em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis – PA, para o período do experimento.

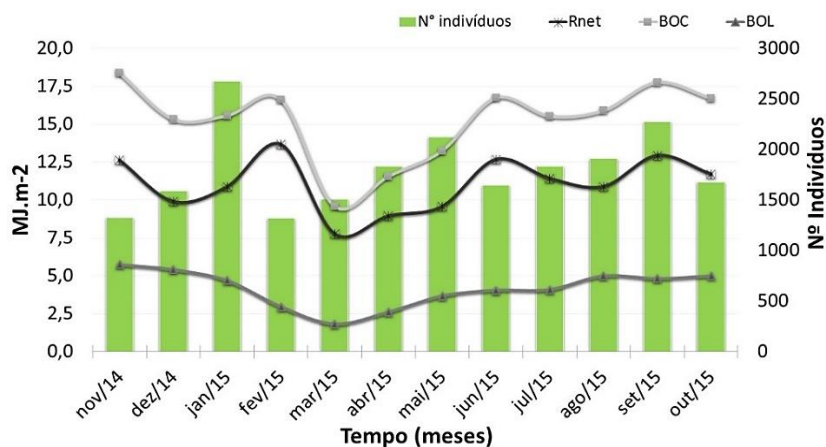


Figura 6: variação temporal mensal do número de indivíduos (altura \leq de 1,5 m) e do saldo de radiação e componentes do balanço (MJ.m⁻²), em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis - PA para o período do experimento.

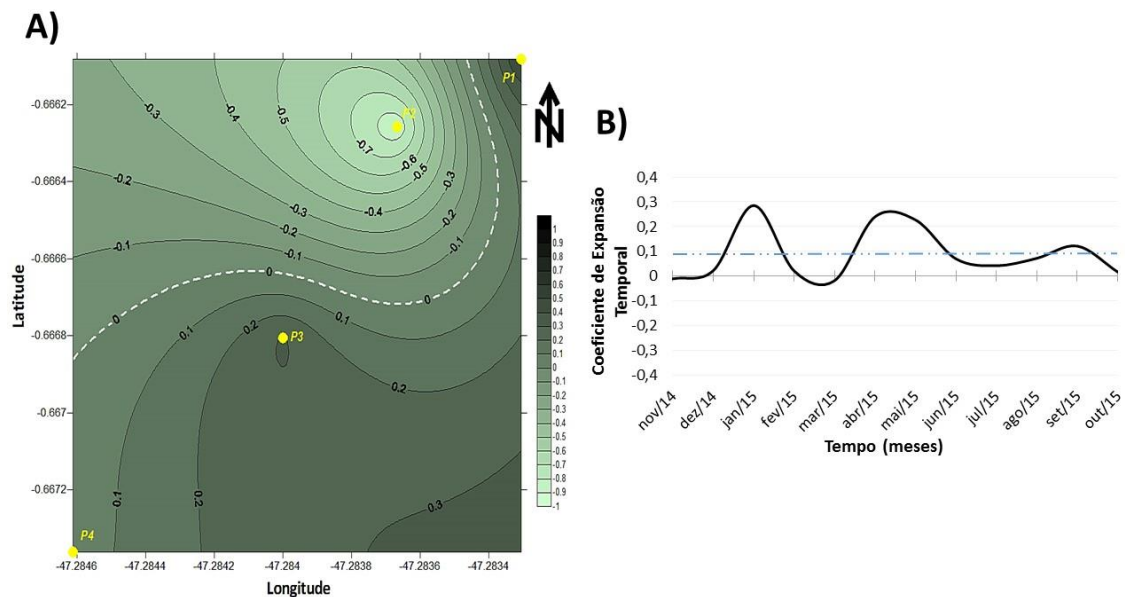


Figura 7: Representação espaço-temporal da primeira componente (CP1), com 56% da variância total. (A) Variação espacial; (B) Variação Temporal, com significância de 95% pelo teste t-student.

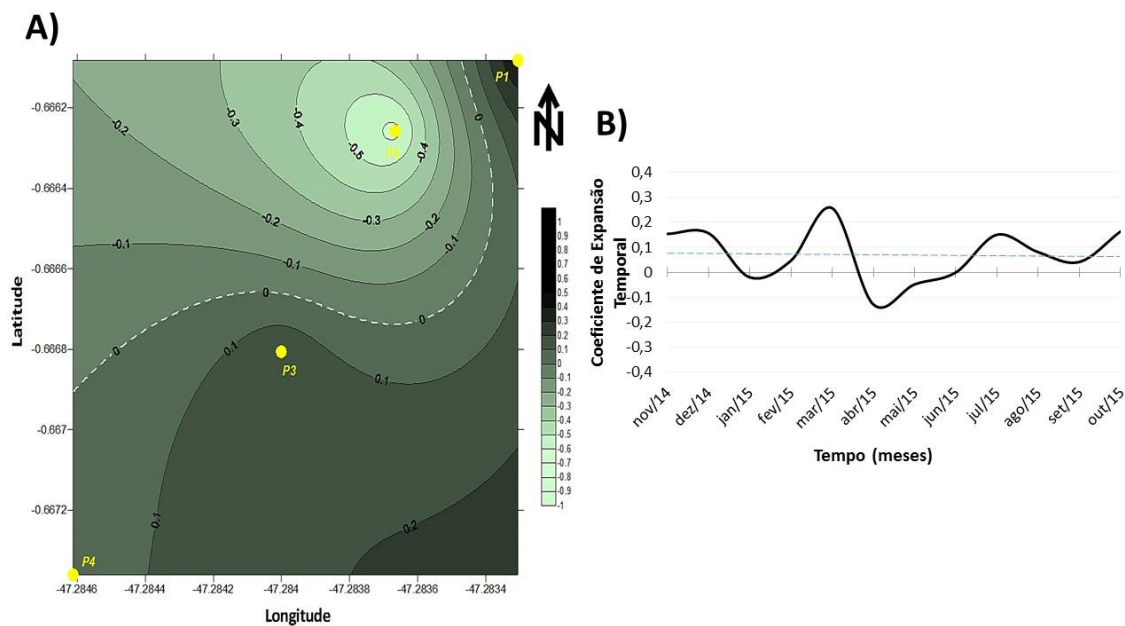


Figura 8: Representação espaço-temporal da segunda componente (CP2), com 41% da variância total. (A) Variação espacial; (B) Variação Temporal, com significância de 95% pelo teste t-student.

4. O EFEITO DA RADIAÇÃO SOLAR SOBRE A REGENERAÇÃO NATURAL DE MANGUEZAL EM CUIARANA, SALINÓPOLIS, PARÁ²

THE EFFECT OF SOLAR RADIATION ON NATURAL REGENERATION OF MANGROVE IN CUIARANA, SALINÓPOLIS, PARÁ

Resumo:

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da radiação global na variação espacial e temporal da regeneração natural em um bosque de mangue. O estudo foi conduzido no período de novembro de 2014 a outubro de 2015, no Sítio experimental de Cuiarana. Foram instaladas 5 parcelas de 400 m², sendo 4 naturais e 1 coberta com sombrite de polietileno 50%. Foram determinados a composição florística e estrutura horizontal através de parâmetros fitossociológicos. A radiação global mensal foi obtida por um banco de dados meteorológicos das torres micrometeorológicas do Sítio. A variabilidade espaço-temporal da abundância das espécies em relação a radiação global foi determinada pela Análise Fatorial em Componentes Principais e teste de tukey e teste t-student a 95% de confiança. A ACP extraiu 2 componentes que explicam 91,5% da variância. O sombreamento foi determinante para o crescimento de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, tolerante a 50% de sombreamento.

Palavras-chave: *Mangue, Clima, Amazônia.*

² Texto submetido à *Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Qualis B1 pela CAPES*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the global radiation in the spatial and temporal variability of natural regeneration in a mangrove forest. The study was conducted from November 2014 to October 2015, in Cuiarana experimental site. Five plots of 400 m² were installed, 4 natural and 1 covered with 50% polyethylene curtain. It was determined the floristic composition and horizontal structure through phytosociology. The monthly global radiation was obtained from a meteorological database of micrometeorological towers site. The spatio-temporal variability of abundance of species in relation to global radiation was determined by Factorial Principal Component Analysis, Tukey test and T-student test at 95% confidence. The PCA extracted two components that explain 91.5% of the variance. Shading was crucial to the growth of *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa*, tolerant 50% shading.

Key-Words: *Mangroves, Climate, Amazon.*

4.1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são conhecidos por sua exuberância e relevância aos aspectos ecológicos de ecossistemas, produção de biomassa, manutenção das zonas costeiras, berçário natural para fauna, além de indicadores de mudanças climáticas (LIMA; GALVANI, 2013; LIMA; TOGNELLA, 2012)

O Pará abrange uma parcela significativa dos mangues brasileiros, cerca de 598 km de linha de costa, muito bem conservados, relativamente bem protegidos por restingas e comumente abrigados no interior dos estuários, apresentando maior permanência de condições de desenvolvimento no tempo e no espaço, devido o contato direto com taludes dos baixos planaltos costeiros, com formações eólicas na linha da costa ou em espaços palustres de água salobras ou doces (SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 2013; MENEZES et al., 2008).

As diferenças entre as fisionomias e estruturas vegetais dos ecossistemas de mangue são determinadas pela localização biogeográfica e sobretudo a variações espaciais e temporais de clima, geomorfologia, salinidade e distância do mar. A ação direta ou indireta dos fatores edáficos, biológicos e climáticos determinam a capacidade adaptativa e de regeneração natural das populações vegetais (WOLANSKI et al., 2009; SOARES; SCHAEFFER-NOVELLI, 2005; DUKE, 2001).

A fase inicial do ciclo de vida de um vegetal constitui em um período muito crítico para este que se encontra vulnerável a qualquer tipo de dano e a taxas de mortalidade maiores, sendo a sobrevivência de plântulas, o início da dinâmica sucessional. A regeneração natural é um processo de reconstituição da comunidade vegetais e formação de novas paisagens, com mudanças sucessionais de enriquecimento gradual de espécies e aumento na complexidade estrutural e funcional ao longo do tempo e espaço e ocorre em função dos fatores climáticos, edáficos e ecológicos, principalmente pelo regime de chuvas e disponibilidade de luminosidade (CHAZDON, 2012; MAUÉS et al., 2011).

A funcionalidade biológica das plantas está intimamente condicionada a fatores climáticos, destacando-se a radiação solar, ao influenciar diretamente nos processos fotossintéticos (MARENCO; LOPES, 2009), devido ser praticamente a única fonte de energia que influencia os movimentos atmosféricos e os mais variados processos que envolvem as interações solo-planta-atmosfera (QUERINO et al., 2011), primordial para o desenvolvimento e crescimento vegetal.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos visando compreender como os fatores climáticos influenciam na dinâmica sucessional nos mais diversos ecossistemas, contudo poucos estão relacionados aos manguezais. Roppa et al. (2012), Machado et al. (2009) e Venturoli et al. (2011), ao estudarem as variações sazonais fitofisionômicas de fragmentos florestais nativos e secundários e de pastagem, constataram que os indivíduos em estado inicial de desenvolvimento eram mais dinâmicos do que aqueles mais desenvolvidos, em função da maior susceptibilidade ao estresse hídrico no solo e a quantidade de radiação solar incidente, com maior riqueza e recrutamento em estações chuvosas e maior mortalidade em estações secas.

O conhecimento da dinâmica dos estágios iniciais de desenvolvimento das espécies arbóreas é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a estabilidade deste ecossistema, bem como do seu potencial intrínseco de regeneração natural frente aos fatores estressantes, que em relação à radiação solar, dita como a densidade de cobertura vegetal do mangue irá determinar o grau de interceptação e aproveitamento de energia conforme distribuição de espécies e indivíduos ao longo da região (SILVA et al., 2015; DIAS TERCEIRO et al., 2014).

A variabilidade espacial e temporal da regeneração natural do mangue ao longo dos litorais levanta a questão das alterações climáticas e seus impactos, pois há controvérsias sobre sua origem, isto é, se foram ou continuam sendo provocadas por causas naturais ou por processos antrópicos.

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da radiação solar incidente na dinâmica de regeneração natural das espécies que compõe um bosque de mangue.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi executada no Sítio experimental de Cuiarana, localizada na Vila de Cuiarana, município de Salinópolis (0°39'49,72''S e 47°17'03,41''W), região costeira do nordeste paraense e distancia-se acerca de 213 km da capital, Belém, pertencentes as Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Universidade Federal do Pará (UFPA). A área é caracterizada como uma zona em estágio sucessional inicial de manguezal, entre feições de mangue maduro e terra firme, geralmente conhecidos como Apicum e abriga vegetação herbácea e arbórea, de solos hipersalinos e do tipo argilo-arenosos, gerados pela deposição de areia fina por ocasião das marés de sizígias e quadratura (SCHAEFFER-NOVELLI, 2005) (Figura 1).

O clima local é do tipo Am, de acordo com a classificação Köppen (PEEL et al., 2007), de índice pluviométrico médio de 2100 mm (IDESP, 2013), onde é possível distinguir dois períodos sazonais de chuva: chuvoso (janeiro a julho) que acumula 90% da precipitação anual e, menos chuvoso (agosto a dezembro) (INMET, 2013).

O estudo foi conduzido durante um ano, entre os meses de Novembro de 2014 a Outubro 2015 e consistiu no monitoramento mensal da radiação solar incidente na superfície e da comunidade vegetal do bosque de mangue, para avaliar a influência deste fator climático no crescimento de indivíduos.

Para tanto, foram instaladas 5 parcelas permanentes de 20 x 20 m (0,2 ha), distanciadas aproximadamente 100m entre si, onde quatro foram mantidas sob condições naturais, a pleno sol (P1, P2, P3 e P4) e uma foi coberta com sombrite de polietileno, que incapacitava a passagem de 50% da radiação solar incidente, sendo esta então, considerada como Parcela Controle (PC) (Figura 2).

A variabilidade mensal da radiação global (Q_g) foi obtida a partir do banco de dados da torre micrometeorológica da UFRA, instalada no mangue, no sítio experimental, a qual é equipada com um sistema de aquisição e armazenamento automático de dados, programado para fazer leituras a cada 10 segundo e armazenar médias a cada 10 minutos. Quando houveram falhas dos dados, estes foram preenchidos com aqueles das torres micrometeorológicas da UFRA e UFPA instaladas em terra firme, com proximidade de 300 a 400 metros das parcelas permanentes. Assim, foram calculadas médias mensais para os dados de radiação global em MJ.m⁻².

Ademais, para analisar os meses de maior e menor quantitativo de radiação global, em razão das condições atmosféricas, foi calculado o Índice de Transmissividade (K_t) mensal, determinado pela razão entre a radiação global (Q_g) e radiação incidente no topo da atmosfera (Q_a) mensais, em MJ.m⁻², sendo Q_a calculado de acordo com Allen et al. (1998).

$$K_t = \frac{Q_g}{Q_a}$$

Os meses em que o índice de transmissividade se revelaram menores ou iguais a 0,3 foram classificados como Céu Nublado, enquanto que, aqueles que tiveram valores entre 0,3 e 0,7, foram denominados de Céu Parcialmente Nublado, e aqueles cujos valores se mostraram superiores ou iguais a 0,7 foram ditos de Céu Limpo, conforme critérios propostos por Iqbal (1983).

As informações relacionadas à vegetação foram coletadas mensalmente em subparcelas de 1 m², delimitadas por um quadrado de canos PVC enroscados por emboques próprios, lançados aleatoriamente até ter sido obtida a cobertura completa de cada parcela. À cada lançamento, todos os indivíduos regenerantes foram devidamente identificados, quantificados e estratificados em 3 categorias de tamanho (CT), sendo elas: CT₁ = altura ≤ 30 cm; CT₂ = 30,1 ≤ altura ≤ 1 m; CT₃ = < 1 m, com o auxílio de uma vara graduada, posicionada no centro da subparcela, segundo metodologia aplicada por Jardim et al. (2013).

A composição florística foi realizada a partir da identificação dos indivíduos à nível de espécie e gênero, por um parabolânico do Museu Emílio Goeldi. A nomenclatura das espécies foi baseada no banco de dados do MOBOT (2015), e classificadas em família, com base no sistema APG III (2009).

A estrutura horizontal foi determinada pelos parâmetros de abundância absoluta (N), frequência relativa (FR) e densidade relativa (DR) conforme Curtis; McIntosh (1951). Além disso, foi calculado a regeneração natural relativa (Rn%), obtida pela média entre a frequência, densidade e categoria de tamanho relativas multiplicado por 100. A categoria e tamanho é obtida pela equação proposta por Finol (1977):

$$CT\% = \frac{CT_{sp}}{\sum CT} * 100$$

Onde,

$$CT_{sp} = \left[\frac{(n1N1 + \dots + n3N3)}{N} \right] * 100$$

entendida como: CT_{sp} = categoria de tamanho; N = número de indivíduos total das espécies da amostragem; $\sum CT$ = somatório de categoria de tamanho de todas as espécies.

Ainda foi efetuado coleta e análise do solo de cada parcela para a caracterização dos atributos físicos e químicos. As amostras compostas foram encaminhadas para o laboratório de análises do Museu Emílio Goeldi (Apêndices 1 e 2) e analisadas conforme metodologia da Embrapa (1997).

Em relação ao efeito da radiação solar na regeneração natural das espécies foi aplicado a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP), através da análise da variabilidade espaço-temporal simultânea. Para tanto, foram para a obtenção de autovalores e autovetores de uma matriz de covariância, utilizados para a análise da variabilidade espacial e temporal dos parâmetros estudados (WILKS, 2006; VALENTIM 2000).

Para esta análise de variabilidade espaço-temporal simultânea, foram utilizados os dados de abundância por espécies e radiação global, organizados em uma matriz de covariância disposta em modo T, conforme explica Amanajás; Braga (2012) e Shono et al. (2006), onde foram gerados autovalores temporais e autovalores espaciais como padrões de correlação entre radiação solar e número de indivíduos das espécies, utilizando o software SPSS 13.0. Além disso, os autovetores espaciais foram plotados com o auxílio do software Surfer 11.0, utilizando o método krigagem, para análise simultânea com os autovalores.

Foi aplicado também, o teste t-student para comparação entre as médias das abundâncias das espécies para os períodos chuvoso e menos chuvoso, e a abundância das espécies entre parcelas foi submetida à uma Análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de tukey, à nível de 5% de probabilidade, para avaliar os efeitos do sombreamento (-50%) no crescimento das espécies, com o auxílio do software SPSS 13.0.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações mensais da radiação solar estão representadas na Figura 3. Durante a estação chuvosa, fevereiro foi o mês que apresentou o maior valor para a radiação incidente, com 20,02 MJ.m⁻² enquanto que março foi o de menor quantitativo, com 11,54 MJ.m⁻². Já no período menos chuvoso, os valores mensais máximos e mínimos observados correspondem aos meses de setembro (21,4 MJ.m⁻²) e julho (18,16 MJ.m⁻²), respectivamente.

Nota-se que a configuração meteorológica do período chuvoso foi atípica, ao ser encontrado valores acima do esperado de radiação incidente para o mês de fevereiro, em que a média é equivalente à 16,5 MJ.m⁻². O índice de transmissividade indica o grau de nebulosidade para este mês, com condições de céu parcialmente nublado tendendo à uma configuração de céu limpo (Kt= 0,55). Moojen et al. (2012), Querino et al. (2011) e Galvani; Lima (2011) explicam que sob estas condições, a atmosfera apresenta maior transmissividade, implicando em um maior quantitativo de radiação incidente, e mais rica em radiação direta do que a componente difusa.

Para o mês de março, Kt foi igual à 0,3 indicando relação direta com a menor quantidade de radiação incidente, atribuída às condições da turbidez atmosférica, sendo mais opaca. Santos (2006) explica que o vapor d'água e outros constituintes como aerossóis e sal marinho, atuam como núcleos absorvedores e espalhadores de radiação solar de ondas curtas e atenuam a quantidade da radiação incidente em função da menor transmissividade atmosférica, que reflete mais a radiação direta e sendo mais rica pela componente difusa (GALVANI; LIMA, 2011).

Esta atipicidade da configuração meteorológica local pode estar relacionada principalmente ao efeito do ENOS, em sua fase quente (El Niño), que tem modulado os índices pluviométricos e condições atmosféricas locais desde o segundo semestre de 2014 (NOAA, 2016).

Em relação a composição florística, após um ano de coleta de dados, o monitoramento possibilitou o registro de 25772 indivíduos, distribuídos em 3 famílias, 3 gêneros e 3 espécies típicas de manguezal. Além destas, também foram identificadas mais 4 espécies arbustivas e 1 arbórea, como forma de caracterização da composição local, também à nível de família, gênero e espécie (Tabela 1).

Durante a estação chuvosa, o mês que apresentou maior abundância foi janeiro, com 3035 indivíduos, representados pelas espécies *Avicennia germinans* (N= 2950), da família Acanthaceae, *Laguncularia racemosa* (N= 55), pertencente à família Combretaceae e *Rizophora mangle* (N= 30), da família Rizophoraceae. Ao longo do período menos chuvoso setembro foi o mês que expôs o maior número de indivíduos, com 2734 plântulas, sendo 2554 de *Avicennia germinans*, 121 de *Laguncularia racemosa* e 59 de *Rizophora mangle* (Tabelas 2 e 3).

A parcela P1 apresentou o registro de 8044 indivíduos distribuídos em 3 famílias, 3 gêneros e 3 espécies. Na estação chuvosa, a espécie *Avicennia germinans* foi a mais representativa (N= 3931 e Rn%= 94,01), seguida por *Rizophora mangle* (N= 124 e Rn%= 5,13%) e *Laguncularia racemosa* (N= 8 e Rn%= 0,86). Durante a estação menos chuvosa, o mesmo padrão de distribuição foi observado, com *Avicennia germinans* (N= 386 e Rn%= 94,89), *Rizophora mangle* (N= 113 e Rn%= 4,27) e *Laguncularia racemosa* (N= 8 e Rn%= 0,83). Ainda foram encontradas as espécies *Sporobolus virginicus*, da família Poaceae e *Eleocharis caribaeae*, da família Cyperaceae, durante ambos períodos sazonais (Tabela 4).

A parcela P2 contabilizou 1025 indivíduos, dos quais foram distribuídos durante os períodos chuvoso e menos chuvoso, respectivamente por *Avicennia germinans* (N= 397 e 326; Rn%= 67,17 e 65,92), *Rizophora mangle* (N= 144 e 119; Rn%= 28,84 e 28,54) e *Laguncularia racemosa* (N= 16 e 23; Rn%= 3,98 e 5,24), além das espécies *Sporobolus virginicus*, *Eleocharis caribaeae* e *Sesuvium portulacastrum*, da família Aizoaceae.

Na parcela P3 foram encontradas 6951 plantas, sendo 3764 de *Avicennia germinans*, determinando Rn%= 99,38, seguidos de *Laguncularia racemosa*, com 5 plantas e Rn%= 0,62 durante a estação chuvosa. Na temporada menos chuvosa, foram computadas plântulas de *Avicennia germinans* (N= 3151 e Rn%= 97,45), *Laguncularia racemosa* (N= 27 e Rn%= 2,12) e *Rizophora mangle* (N= 4 e Rn%= 0,43). Ainda foram registradas as espécies *Sporobolus virginicus*, *Eleocharis caribaeae*, *Sesuvium portulacastrum* e *Bacopa sessiflora*, da família Plantaginaceae.

A parcela P4 apresentou 5685 indivíduos, distribuídos em apenas duas espécies, nos dois períodos sazonais, em que foram contabilizados nas estações chuvosa e menos chuvosa, respectivamente, *Avicennia germinans* (N= 2702 e 2958; Rn%= 98,99 e 98,52) e *Laguncularia racemosa* (N= 10 e 15; Rn%= 1,01 e 1,48).

Em PC foram registrados 4067 indivíduos, em que no período chuvoso, *Avicennia germinans* computou 1695 plântulas e Rn%= 81,90, *Laguncularia racemosa* com 275 indivíduos e Rn%= 16,89 e

Rizophora mangle com 33 indivíduos e $Rn\% = 1,77$. Durante a estação menos chuvosa, foram encontrados 1794 espécimes de *Avicennia germinans* ($Rn\% = 84,48$), 258 plântulas de *Laguncularia racemosa* ($Rn\% = 15,01$) e 12 indivíduos de *Rizophora mangle* ($Rn\% = 0,71$). Além de estarem presentes as espécies *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*.

A composição florística encontrada na área de estudo, corrobora com os trabalhos de Sales et al. (2012), Seixas et al. (2006) e Menezes et al. (2003), em manguezais do nordeste paraense.

Matni et al. (2006), ao estudarem a estrutura dos bosques de mangue na península de Bragança, no Pará, constataram que a distribuição de espécies é atribuída aos fatores abióticos como salinidade, inundação e dinâmica costeira, onde *Laguncularia racemosa* geralmente aparece em bordas e canais de clareiras, sendo a pioneira na recolonização de clareiras nos manguezais, seja por distúrbios naturais ou antrópicos, da mesma forma como explica Duke (2001). Abreu et al. (2006) destaca que a distribuição de *Rizophora mangle* e *Avicennia germinans* está mais condicionada aos fatores de salinidade e substrato, sendo *Rizophora mangle* encontrada em zonas lodosas e de água salobra, e que indicam elevado grau de desenvolvimento deste ecossistema, enquanto que *Avicennia germinans* abriga ambientes hipersalinos, pouco inundados e menos lodosos (HOGARTH, 2007).

O teste t-student mostrou que não houve diferença estatística significativa entre o número de indivíduos das espécies típicas, em relação as estações chuvosa e menos chuvosa.

Sobre a variabilidade espaço-temporal da regeneração natural (Apêndice 3) em função da radiação incidente, a análise dos componentes principais extraiu 2 componentes que somadas, são capazes de explicar 91,5% da variância total dos dados.

A primeira componente (CP1) corresponde à 83% da variância (Figura 4). O padrão espacial se configura com valores positivos à nordeste (P1 e P2) e negativos à Sudeste (P3, P4 e PC) indicando o grau de desenvolvimento das parcelas, no que tange a capacidade de interceptação e aproveitamento da radiação solar no espaço.

Na Parcela P1, todas as espécies presentes foram favorecidas, sendo *Rizophora mangle* aquela de maior peso, indicando sua adaptabilidade ao espaço, caracterizado pelo extremo leste da parcela composto por substrato lodoso de mangue maduro, que associado ao quantitativo de radiação global, condições atmosféricas e plasticidade morfológica da planta, favorecem seu crescimento. Na parcela P2, *Rizophora mangle* também se mostrou bem adaptada, enquanto que a espécie de maior peso negativo foi *Avicennia germinans*, indicando o ambiente desfavorável para sua colonização no espaço. Contudo, em P3 e P4 o padrão é invertido, sendo *Rizophora mangle* inexistente ao longo de toda a avaliação nestas parcelas, e *Avicennia germinans* beneficiada pelo meio. Ademais, em PC o maior peso foi a radiação solar, indicando que ela foi determinante no estabelecimento de plântulas, principalmente das espécies *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

Associado aos coeficientes de expansão temporal (autovalores), nota-se que, no geral, este padrão se mantém constante ao longo do período estudado. Assim, a CP1 revela a variabilidade anual da abundância das espécies, e por esta razão não é tão perceptível as variações espaço-temporais entre os períodos chuvoso e menos chuvoso e entre as parcelas. Contudo pode se perceber flutuações positivas entre os meses de janeiro a abril, apresentando o aumento e redução de indivíduos, em resposta à intensidade de radiação solar incidente, de modo mais acentuado na transição janeiro a março.

Fevereiro foi o mês que apresentou o maior quantitativo de radiação solar ($20,03 \text{ MJ.m}^{-2}$) em relação aos demais meses da estação chuvosa. De modo geral, neste mês houve perda significativa no número de indivíduos de *Avicennia germinans*, em torno de 50%, em todas as parcelas naturais, quando comparado com a abundância desta espécie, em janeiro. Todavia ao comparar a mortalidade de plântulas de *Avicennia* entre parcelas naturais e controle, é expressivo o efeito atenuante que a condição de sombreamento proporcionou, na qual houve perda de apenas 6,17% de indivíduos.

A mortalidade de plântulas está relacionada à grande contribuição dos altos níveis de radiação incidente, aos efeitos da fotoinibição, como explica Araújo; Demenics (2009) e Begon et al. (2007), em que ocorre redução do potencial hídrico das folhas e aumento da evaporação e temperatura

vegetal, restringindo o movimento estomático para os processos de transpiração, levando a planta à condições acima do seu limite de tolerância térmico e plasticidade morfológica (LARCHER, 2004).

Março corresponde ao mês, ao longo do período de estudo, que apresentou o menor quantitativo de radiação solar ($11,54 \text{ MJ.m}^{-2}$), determinado em função da elevada nebulosidade local. Neste mês houve o recrutamento em todas as parcelas, em resposta às condições luminosas e térmicas menos extremas. Na parcela P1, houve o crescimento significativo de *Rizophora mangle* (5 vezes maior do que o mês anterior) e *Avicennia germinans* (em torno de 41%). Em P2, P3 e P4, houve crescimento pouco significativo de indivíduos de todas as espécies típicas de mangue. Em PC, sob as condições de restrição de parte da radiação, houve crescimento de *Laguncularia racemosa*, aproximadamente de 86%, em relação à abundância dessa espécie em fevereiro, enquanto que *Avicennia germinans* apresentou perda de quase metade da abundância encontrada anteriormente.

A resposta de perda e crescimento da vegetação do mangue correspondem com os trabalhos de Hanly et al. (2008) que afirmam que *Avicennia germinans* é considerada uma espécie heliófila. Assim, ela apresenta características de maior ponto de compensação luminosa do que *Laguncularia racemosa*. Além disso, as condições de salinidade do solo podem ter tido relevância para esse acontecimento, uma vez que a parcela controle apresentou menos topografia, maior influência de maré e conseqüentemente menores teores de sódio no solo, gerando um ambiente adverso às exigências ótimas de sobrevivência da espécie (MENEZES; BERGER; MEHLIG, 2008).

A segunda componente teve o poder de explicação de 8,5% da variância dos dados e reafirma o padrão espacial encontrado na primeira componente, de modo que possibilita a visualização da variabilidade mensal da regeneração das espécies (Figura 5). Nela fica evidente a caracterização física (fisionomia) de cada parcela e como cada uma determina o crescimento das espécies.

A Parcela P1 teve como variável mais expressiva, a abundância de *Avicennia germinans*. Esta parcela é praticamente coberta por vegetação rasteira e ladeada por vegetação arbórea desenvolvida de terra firme e de mangue. Logo, é composta por múltiplas facetas em função do maior índice de área foliar que permite melhor aproveitamento através do espalhamento da radiação (FILHO; DALLAROSA, 2000; SOUZA et al., 2012; BEGON et al., 2007).

A espécie *Rizophora mangle* apresentou maior score na parcela P2. Esta parcela apresenta pequenas manchas de vegetação distribuídas ao longo da área, com características de alta capacidade refletora, em relação as demais, devido ao solo exposto (QUERINO et al., 2013; MOTA, 1989; HERNANDES et al., 2004)

As parcelas P3, P4 e PC apresentam as mesmas fisionomias, com vegetação bem distribuída em toda a área. Em P3 e P4 maior score foi *Avicennia germinans* enquanto que PC o maior peso foi da radiação global.

Ao comparar os escores temporais, pode se visualizar o comportamento de crescimento na estação chuvosa e menos chuvosa, expressas pelas oscilações entre os meses de fevereiro a julho. Na estação chuvosa e início de transição para menos chuvosa, durante os meses de abril ($13,09 \text{ MJ.m}^{-2}$), maio ($15,95 \text{ MJ.m}^{-2}$) e junho ($20,16 \text{ MJ.m}^{-2}$), em PC o crescimento de *Laguncularia racemosa* não foi tão evidente na parcela controle, ao passo que houve crescimento para *Avicennia germinans* e *Rizophora mangle*. Isto indica que as condições de sombreamento associado as condições atmosféricas favoreceram o crescimento de *Avicennia germinans*, ao atingir mais rapidamente o seu ponto fótico. Além disso, a dispersão de propágulos pode ter beneficiado o aparecimento de *Rizophora mangle* na parcela (LARCHER, 2004; DUKE, 2001; MOTA, 1989). Lopes et al. (2010) constataram que *Rizophora mangle* apresenta crescimento independentemente das condições luminosas, tendo maior importância, as condições do substrato em que a espécie está inserida.

Durante o período menos chuvoso, nota-se picos positivos em julho e negativos em agosto, quando o padrão espacial é então invertido.

Em julho, a radiação incidente foi de $18,7 \text{ MJ.m}^{-2}$ e pode ter determinado o crescimento considerável de plântulas de *Avicennia germinans* em P1, devido a estrutura fisionômica da parcela. Em P2, houve perda de indivíduos da espécie *Avicennia germinans* que pode ser atribuída as condições de

estresse térmico nas camadas superficiais do solo desnudo, estados estes sujeitos a receber maior concentração de radiação incidente (SANTOS et al. 2012; MARENCO; LOPES, 2009). Em P3 e P4 também houve redução de indivíduos desta espécie, mas em menor grau do que em P2, devido a maior interceptação da radiação solar, pela cobertura vegetal e influência da maré que atenuaram o efeito do estresse térmico (RIBEIRO et al., 2010). Em PC foi possível notar a constância no crescimento de *Laguncularia racemosa* e sua manutenção no espaço.

A análise de variância permitiu observar a influência da radiação solar no crescimento de cada espécie nas parcelas, para as estações chuvosa e menos chuvosa (Tabela 5). O crescimento de *Rizophora mangle* mostrou-se estar mais relacionado ao substrato em que a espécie está inserida do que a intensidade de radiação incidente propriamente dito, independente do período sazonal, uma vez que seu crescimento foi melhor em P1 e P2, que mesmo sendo parcelas muito distintas em relação a estrutura horizontal, não diferem estatisticamente.

Contudo o crescimento de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* foi determinado pelo quantitativo de radiação incidente. Nas parcelas em que a interceptação da radiação solar foi maior, em função do grau de rugosidade local, a *Avicennia germinans* se comportou de modo variado, sendo favorecida pelo grau de cobertura vegetal, maiores em P1, P3 e P4.

Em relação à *Laguncularia racemosa*, o sombreamento em PC foi determinante para seu estabelecimento, mostrando que em estágio inicial, esta espécie, apesar de ser reconhecida como uma espécie heliófila (SALES et al., 2012), cresce também em condições de sombreamento, sendo assim tolerante a sombra.

Os resultados entrados neste estudo corroboram com o trabalho de Lopes et al. (2010), ao estudarem mudas destas espécies em condições de viveiro, concluíram que o crescimento de *Avicennia germinans* se deu melhor com sombreamento de 30% e *Laguncularia racemosa* foi tolerante ao sombreamento de 60%.

Entretanto, é importante ressaltar que as complexas interações entre os fatores abióticos e bióticos nos ambientes naturais determinam a dinâmica de regeneração (CHAZDON, 2012). Assim fatores externos como chuvas intensas, que auxiliam na diluição de sódio no solo e faz o carregamento e deposição de matéria orgânica e nutrientes à essas áreas (BARR et al., 2013; ROCHA, 2012), bem como os gradientes de inundação, que dão suporte às síndromes de dispersão (FERREIRA; BORGUETTI, 2009).

4.4. CONCLUSÃO

A abundância das espécies não apresentou diferença estatística significativa entre as estações chuvosa e menos chuvosa, contudo o quantitativo médio de radiação solar incidente foi fator preponderante para o crescimento e mortalidade de novos indivíduos no ambiente, uma vez que a estabilidade da espécie está ligada à sua adaptabilidade a condições extremas dos fatores climáticos, edáficos e ecológicos.

Avicennia germinans foi a espécie mais abundante e de maior valor de regeneração natural ao longo do tempo e espaço em resposta à salinidade edáfica.

Durante o período chuvoso, a expressiva mortalidade de indivíduos em parcelas naturais se deu pelos elevados níveis de radiação global, em fevereiro de 2015, em função das condições atmosféricas moduladas pela atuação do fenômeno El Niño.

A intensidade de radiação solar incidente influenciou no crescimento das espécies *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans*, o qual beneficiou o recrutamento de indivíduos de *Avicennia germinans*, de modo positivamente expressivo, em áreas de melhor cobertura vegetal, com maior densidade de plantas, indicando que, embora essa espécie seja heliófila, seu estado inicial de desenvolvimento exige quantidades intermediárias de radiação solar em ambientes naturais (entre 11 MJ.m⁻² a 20 MJ.m⁻² mensais) enquanto que *Laguncularia racemosa* exige menor quantidade de radiação solar do que *Avicennia germinans*, evidenciado pelo crescimento em abundância em condições de sombreamento controladas, com tolerância a 50% de sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. M.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO R. E. S. A.; MENEZES M. P. M. Caracterização estrutural e composição florística em um bosque de terra firme e um manguezal da península de Ajuruteua, Bragança (Pará-Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais v.2, n.3, p.27-34, 2006.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO (Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.
- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.4, p.423-434, 2012.
- APG III (Angiosperm Phylogeny Group). An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the others and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p.105-121, 2009.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociência**, v.7, n.4, p.463-472. 2009.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Porto Alegre, Artmed, 752p., 2007.
- CHAZDON, R.; Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.
- CURTIS, J.T.; MCINTOSH, R.P. An upland forest continuum in the prairie Forest border regions of Wisconsin. **Ecology**, v.32, p.476-496, 1951.
- DIAS-TERCEIRO, R. G.; PEIXOTO, G. M.; PESSOA, T. S. A.; NECO, E. C. Influência de variáveis ambientais sobre a densidade de plântulas arbustivas e arbóreas em Floresta de Terra-Firme na Amazônia central. **Biotemas**, v. 27 (3), p.191-195, 2014.
- DUKE, N. Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands Ecology and Management**, v.9, p.257–269, 2001.
- EMBRAPA. Centro Nacional da Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa. 212p, 1997.
- FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre, Artmed, 315p., 2009.
- FINOL, U. H. Nuevos parâmetros a considerarse em el análisis estructural de las selva vírgenes tropicales. **Revista Florestal Venezolana**, v.14, n.21, p.29-42, 1971.
- GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. Radiação solar acima e abaixo de dossel de manguezal na barra do Ribeira do Iguape, SP. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 59-67, 2011.
- HANLEY, R.; MAMONTO, D.; BROADHEAD, J. Coastal Forest Rehabilitation. **Manual for Aceh Province and North Sumatera**, FAO, Thailand, 2008.

HOGARTH, P.J. **The biology of mangrove and seagrasses**. New York, Oxford University press, 273p, 2007.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. Estatística Municipal: Salinópolis. Belém, 56 p, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos da estação automática de Salinópolis. Disponível em http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf (Acessado em 30 de novembro de 2015).

JARDIM, D.G.; JARDIM, M. A. G.; QUARESMA, A. C.; COSTA NETO, S. V. Regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação, Maracanã, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**. v. 3, n. 2, p.79-87, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. RiMa Artes e Textos. 531p. 2004.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Mangrove Microclimate: A case Study from Southeastern Brazil. **Earth Interactions**, v. 17, p. 1-16, 2013.

LIMA, T. M. J.; TOGNELLA, M. M. P. Estrutura e Função dos Manguezais: Revisão Conceitual. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 8, n.15, p. 1801–1827, 2012.

LOPES, E. C.; ARAÚJO, E.C.; COSTA, R.S.; DAHER, R.F.; FERNANDES, M. E. B. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. **Revista Acta Amazônica**, v.43, n.3, p.291-296, 2013.

MACHADO, L. E. G.; NUNES, E. D.; ROMÃO, P. A. Análise da influência da topografia na variação sazonal de fitofisionomias na bacia do Rio Veríssimo - GO. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. Natal. *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 2817 – 2822, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, Editora UFV, 484p., 2009.

MATNI, A. S.; MENEZES M. P. M.; MEHLIG, U. Caracterização estrutural dos bosques de mangue na Península Bragantina. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais v.3, n.2, p.45-54, 2006.

MAUÉS, B. A. R.; JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. J.; MEDEIROS, T. D. S.; QUARESMA, A. C. Composição florística e estrutura do estrato inferior da Floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combú, Município de Belém, Estado do Pará. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.669-677, 2011.

MENEZES, M.P.M.; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta amazonica**, v. 38, n. 3, p. 403-420, 2008.

MENEZES, M.P.M.; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta amazonica**, v. 38, n. 3, p. 403-420, 2008.

MOBOT. Missouri Botanical Garden. Disponível em <http://www.tropicos.org> (Acessado em: 14 novembro 2015).

MOOJEN, T. M. B.; CAVALCANTE, R. B. L.; MENDES, C. A. B.; Avaliação da radiação solar com base em dados de nebulosidade. **Geografia** (Londrina), v. 21, n. 3, p.41-55, 2012.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo, Nobel, 376p., 1989.

QUERINO, C.A.S. et al. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade de (Kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

RIBEIRO, J. B. M.; ROCHA, E. J. P.; COHEN, J. C. P.; MATTOS, A.; SOUZA, P. J. P. O.; FERREIRA, M. A. V. Estudo micrometeorológico do Manguezal de Bragança-PA. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. v.8, n.2, p.1-11, 2010.

ROOD, M. J. Influence of Anthropogenic aerosol on climate at climactically relevant regions. In: Chinese Association of Aerosol Research Conference, Tainan, Taiwan, 12p., 1997.

ROPPA, C.; VALCARCEL, R.; BAYLÃO JÚNIOR, H. F. Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). **Revista Floresta**, v. 42, n. 2, p. 257–268, 2012.

SALES, J. B. L.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO, J. R.; RODRIGUES FILHO, L. F.; MENEZES, M. P. M. Análise estrutural de dois bosques de mangue do rio Cajutuba, município de Marapanim, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2009.

SANTOS, A. L. G. Os níveis hierárquicos dos manguezais e os controles e atributos climáticos. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.679 – 691, 2012.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum: principais vetores de pressão e as perspectivas para a sua conservação e usos sustentáveis. Brasília/DF: **Instituto de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis IBAMA**, 2005.

SEIXAS, J. A. S.; FERNANDES, M. E. B.; SILVA E. Análise estrutural da vegetação arbórea dos mangues no Furo Grande, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais v.1, n.3, p.35-43, 2006.

SHONO, K.; DAVIES, S. J.; KHENG, C. Y. Regeneration of native plant species in restored forests on degraded lands in Singapore. **Forest Ecology and Management**, v.237, p.574–582, 2006.

SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNCIO, J. D.; BRANDÃO NETO, J. L. S.; MORAIS, Y. C. B. Space-time analysis of environmental changes and your reflection on the development of phenological of vegetation of mangrove. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v. 4 (1), p.245-253, 2015.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M.; Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. **Geonomos**. v.4, n. 2, p. 1-16, 2013.

VALENTIM, J. L. **Ecologia numérica: Uma introdução à análise numérica de dados ecológicos**. Rio de Janeiro, Interciência, 117p, 2000.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG. C. W. Avaliação estacional semidecidual secundária, em Pirinópolis, Goiás. **Revista Árvore**. v.35, n.3, p.473-483, 2011.

WOLANSKY. Coastal Wetlands: a synthesis. In: PERILLO, G.M.E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D.R.; BRINSON, M.M. **Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach**. The Netherlands: Elsevier. p.1-62, 2009.

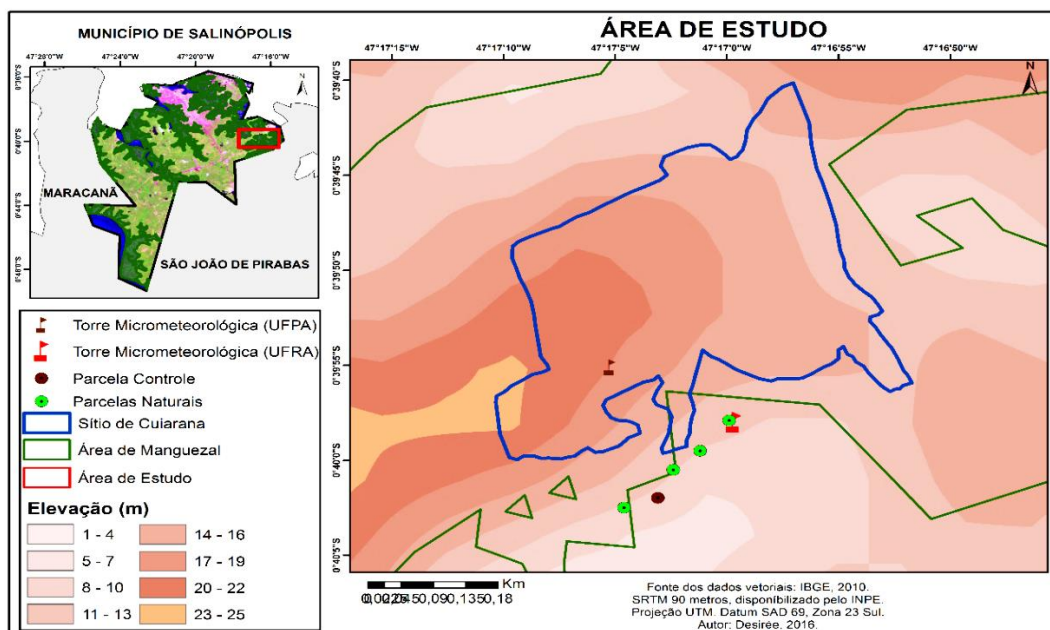


Figura 1. Mapa de Localização geográfica e topográfica do Sítio Experimental de Cuiarana e Parcelas Experimentais, Salinópolis, Pará.

Figure 1. Geographical and topographic location map of Experimental Site Cuiarana and experimental plots, Salinópolis, Pará.

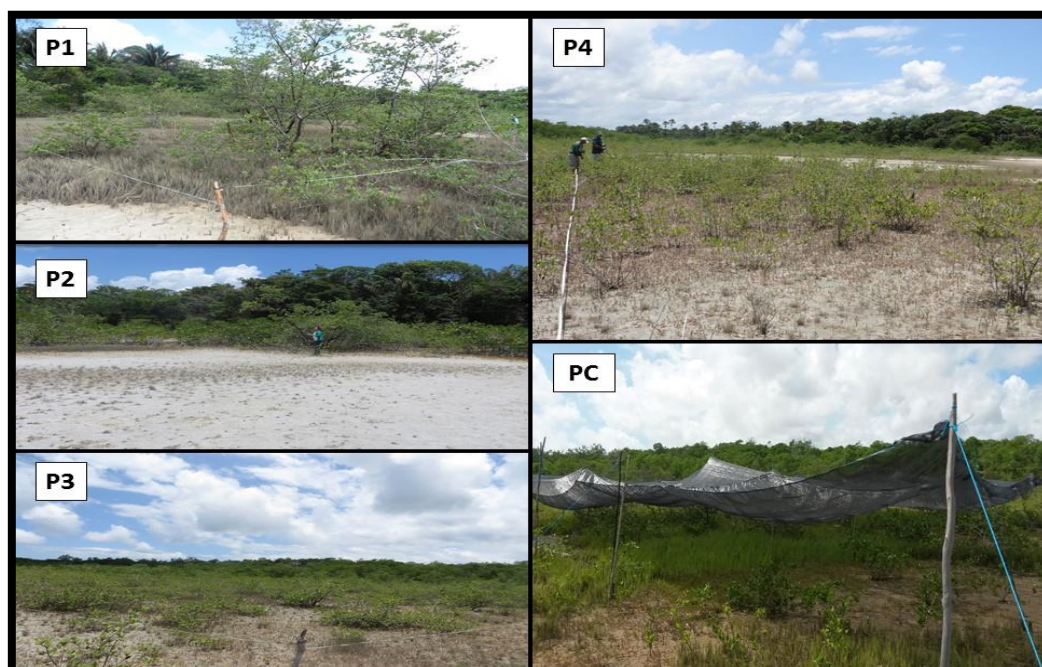


Figura 2: Parcelas experimentais na área de estudo.

Figure 2: Experimental plots in the study area.

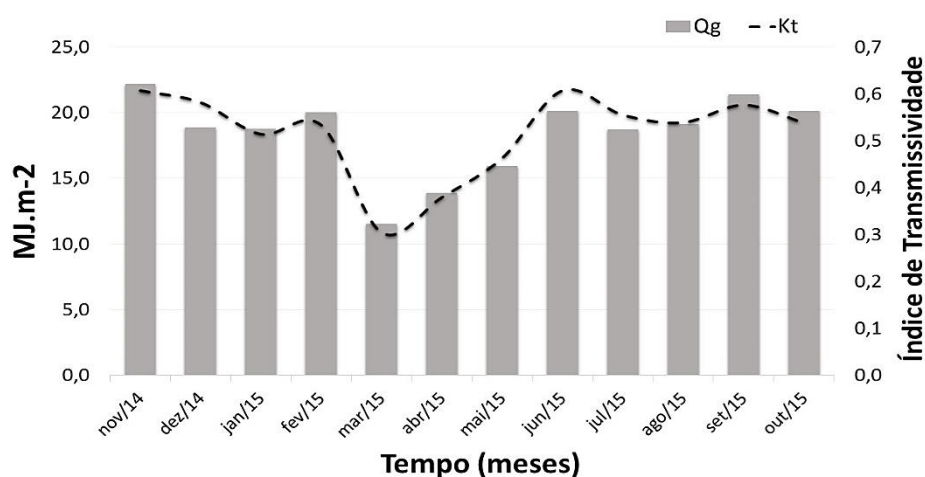


Figura 3. Radiação solar global (Qg) e Índice de transmissividade (Kt) entre novembro de 2014 a outubro de 2015, em bosque de mangue em Cuiarana, Salinópolis, Pará.

Figure 3. Global solar radiation (Qg) and Transmissivit index from November 2014 to October 2015 in mangrove forest in Cuiarana, Salinópolis, Pará.

Tabela 1. Composição florística e parâmetros fitossociológicos das espécies no bosque de mangue do sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará. (N=Número de indivíduos; DR=Densidade relativa; FR=Frequência relativa; Rn%=Regeneração natural relativa).

Table 1. Floristic composition and phytosociology of species in the mangrove forest site experiemetal of Cuiarana, Salinópolis, Pará. (N = number of individuals; DR = relative density; FR = relative frequency; Rn%= relative natural regeneration).

Família	Espécie	N	FR	DR	Rn%
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	24578	79,8	91,6	88,2
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	645	14,7	6,7	9,1
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	549	5,5	1,7	2,7
Poaceae	<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	-	-	-	-
Cyperaceae	<i>Eleocharis caribaea</i> (Rottb.) Blake	-	-	-	-
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.)	-	-	-	-
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L.	-	-	-	-
Plantaginaceae	<i>Bacopa sessiliflora</i> (Benth.) Edwall	-	-	-	-
		25772	100	100	100

Tabela 2. Composição florística e parâmetros fitossociológicos mensal, durante o período chuvoso, no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; FR= Frequência relativa; DR= Densidade relativa; Rn%= Regeneração natural relativa).

Table 2. Floristic composition and phytosociology per month, during the rainy season in the experimental mangrove forest site of Cuiarana, Salinópolis, Pará. (N= Number of individuals; FR= Relative frequency; DR= Relative density; Rn%= Relative natural regeneration).

Espécie	N	FR	DR	Rn%
jan/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2950	92,38	97,20	95,85
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	55	3,35	1,81	2,26
Rhizophora mangle L.	30	4,27	0,99	1,89
fev/15				
Avicennia germinans (L.) L.	1577	87,57	95,81	93,71
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	40	7,34	2,43	3,77
Rhizophora mangle L.	29	5,08	1,76	2,53
mar/15				
Avicennia germinans (L.) L.	1642	85,71	91,83	90,48
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	78	5,10	4,36	4,41
Rhizophora mangle L.	68	9,18	3,80	5,11
abr/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2009	82,84	95,44	91,87
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	50	8,28	2,38	4,02
Rhizophora mangle L.	46	8,88	2,19	4,12
mai/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2431	88,41	96,24	94,17
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	41	5,15	1,62	2,58
Rhizophora mangle L.	54	6,44	2,14	3,25
jun/15				
Avicennia germinans (L.) L.	1880	84,90	93,81	91,46
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	50	7,29	2,50	4,05
Rhizophora mangle L.	74	7,81	3,69	4,49

Tabela 3. Composição florística e parâmetros fitossociológicos mensal, durante o período menos chuvoso, no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; FR= Frequência relativa; DR= Densidade relativa; Rn%= Regeneração natural relativa).

Table 3. Floristic composition and phytosociology per month, during the dry season in the experimental mangrove forest site of Cuiarana, Salinópolis, Pará. (N= Number of individuals; FR= Relative frequency; DR= Relative density; Rn%= Relative natural regeneration).

Espécie	N	FR	DR	Rn%
nov/14				
Avicennia germinans (L.) L.	1566	90,82	96,91	95,44
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	34	4,83	2,10	2,62
Rhizophora mangle L.	16	4,35	0,99	1,94
dez/14				
Avicennia germinans (L.) L.	1836	93,86	97,76	96,80
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	26	3,07	1,38	1,73
Rhizophora mangle L.	16	3,07	0,85	1,48
jul/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2095	86,63	93,57	91,63
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	92	5,94	4,11	4,69
Rhizophora mangle L.	52	7,43	2,32	3,67
ago/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2120	84,32	95,62	92,51
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	41	7,63	1,85	3,52
Rhizophora mangle L.	56	8,05	2,53	3,97
set/15				
Avicennia germinans (L.) L.	2554	89,44	93,42	92,42
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	121	5,63	4,43	4,84
Rhizophora mangle L.	59	4,93	2,16	2,75
out/15				
Avicennia germinans (L.) L.	1944	84,28	95,72	92,50
Laguncularia racemosa (L.) C.F. Gaertn.	41	7,86	2,02	3,71
Rhizophora mangle L.	46	7,86	2,26	3,79

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies típicas de manguezais nas suas respectivas parcelas no período chuvoso e menos chuvoso no bosque de mangue do sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= Número de indivíduos; DR=Densidade relativa; FR=Frequência relativa; Rn%=Regeneração natural relativa).

Table 4. Phytosociology of the typical species of mangroves in their respective plots in rainy and dry season in the mangrove forest of the experimental site Cuiarana, Salinópolis, Pará (N= number of individuals; DR= relative density; FR= relative frequency; Rn%= relative natural regeneration).

Parcela	Espécie	N	FR	DR	Rn%
P1	Período Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3931	86,65	96,75	94,01
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	124	11,08	3,05	5,13
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	8	2,27	0,20	0,86
	Período Menos Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3860	88,79	96,96	94,89
P2	<i>Rhizophora mangle</i> L.	113	9,03	2,84	4,27
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	8	2,18	0,20	0,83
	Período Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	397	59,78	71,27	67,17
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	144	32,96	25,85	28,84
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	16	7,26	2,87	3,98
P3	Período Menos Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	326	59,39	69,66	65,92
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	119	32,12	25,43	28,54
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	23	8,48	4,91	5,54
	Período Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3764	98,44	99,87	99,38
P4	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	5	1,56	0,13	0,62
	Período Menos Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3151	94,40	99,10	97,45
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	27	4,42	0,80	2,12
PC	<i>Rhizophora mangle</i> L.	4	1,18	0,10	0,43
	Período Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	2702	97,60	99,63	98,99
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	10	2,40	0,37	1,01
	Período Menos Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	2958	96,60	99,50	98,52
P4	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	15	3,40	0,50	1,48
	Período Chuvoso				
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	1695	68,28	86,04	81,90
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	275	28,10	13,96	16,89
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	33	3,63	1,68	1,77
	Período Menos Chuvoso				
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	1794	74,42	87,43	84,48	
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	258	24,03	12,57	15,01	
<i>Rhizophora mangle</i> L.	12	1,55	0,58	0,71	

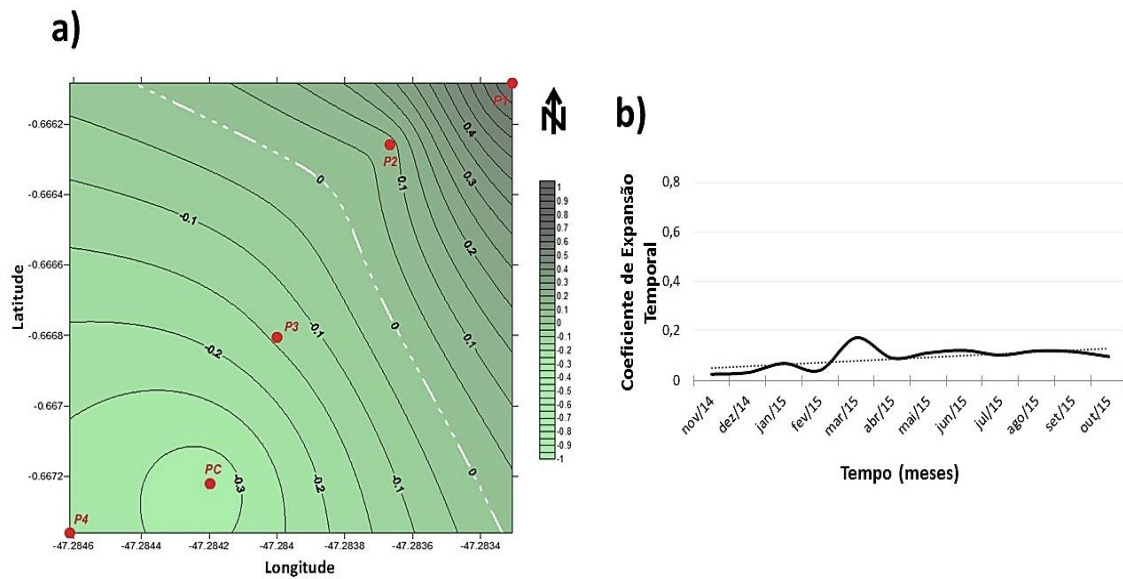


Figura 4. Padrões de correlação da primeira componente (CP1), com 83% da variância total explicada. (a) Autovetores e (b) Autovalores, com significância de 95%.

Figure 4. Correlation patterns of the first component (CP1), with 83% of the total variance explained. (a) Eigenvectors and (b) Eigenvalues, with significance level of 95%.

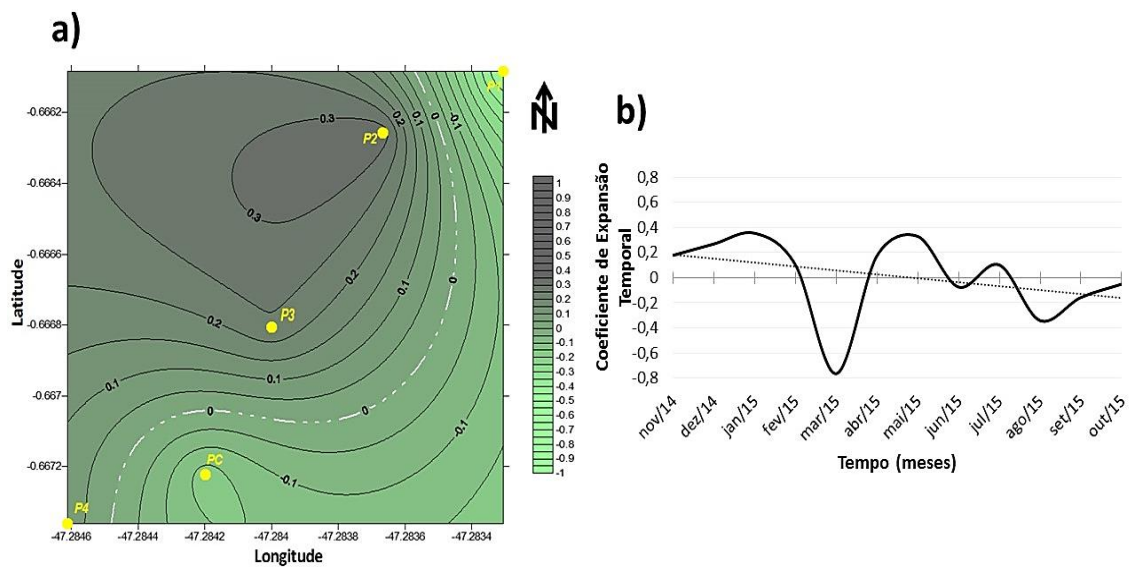


Figura 5. Padrões de correlação da primeira componente (CP2), com 8,5% da variância total explicada. (a) Autovetores e (b) Autovalores, com significância de 95%.

Figure 5. Correlation patterns of the first component (CP2), with 8,5% of the total variance explained. (a) Eigenvectors and (b) Eigenvalues, with significance level of 95%.

Tabela 5. Valores médios de abundância das espécies em cada parcela durante o período chuvoso e menos chuvoso, pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Table 5. Abundance of species average values in each plot, during the rainy and dry season, tested by Tukey at 5% probability.

Parcela	N		
	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Período chuvoso			
P1	655,17 a	1,33 b	20,67 a
P2	66,17 c	2,67 b	24 a
P3	627,33 a	0,83 b	0 b
P4	450,33 ab	1,67 b	0 b
PC	282,50 bc	45,83 a	5,50 b
Período menos chuvoso			
P1	643,33 a	1,33 b	18,83 a
P2	54,33 c	3,83 b	19,83 a
P3	525,17 a	4,50 b	0,67 b
P4	493 a	2,50 b	0 b
PC	299 b	43 a	2 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Means followed by the same letter are not statistically different from each other.

Apêndice 1. Atributos físicos das parcelas experimentais permanentes no bosque de mangue do Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará.

Parcela	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte
	%			
P1	17	43	12	28
P2	29	41	3	27
P3	39	37	13	11
P4	39	32	18	11
PC	35	44	12	9

Apêndice 2. Atributos químicos das parcelas experimentais permanentes no bosque de mangue do Sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará.

Parcela	pH	C _{org}	M.O	N	P	Na	K	Ca	Mg	Al
	H ₂ O	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				
P1	5,01	16,06	27,69	0,08	33,95	881,71	70,1	7,4	2,7	0,7
P2	6,68	19,82	34,17	0,95	38,52	1012,3	68,77	6,7	7,7	0,7
P3	6,75	12,65	21,8	0,45	47,01	849,05	66,76	4,3	5,1	1,2
P4	5,95	17,43	30,05	0,45	156,7	914,36	74,78	5,2	3,8	0,8
PC	5,66	7,18	12,37	0,45	111,65	751,08	98,81	1,5	6,2	0,2

Apêndice 3. Número de indivíduos por espécie em cada parcela, ao longo dos meses de avaliação no bosque de mangue do sítio Experimental de Cuiarana, Salinópolis, Pará.

Espécie	Tempo											
	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15
P1												
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	473	656	1028	371	520	627	832	553	703	754	696	578
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	1	1	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1
<i>Rhizophora mangle</i> L.	1		10	9	45	17	17	26	22	35	30	25
P2												
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	67	53	86	65	63	62	45	76	53	51	52	50
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	7	1	2	2	3	2	2	5	5	2	2	6
<i>Rhizophora mangle</i> L.	15	16	18	18	20	27	32	29	28	17	20	23
P3												
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	375	468	849	558	507	706	671	473	587	506	690	525
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.								5	24	2	1	
<i>Rhizophora mangle</i> L.										2	1	1
P4												
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	386	394	679	294	345	390	524	470	401	537	777	463
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	2				4			6	5	3	1	4
PC												
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	265	265	308	289	207	224	359	308	351	272	339	302
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn.	24	24	52	37	69	47	37	33	55	33	116	6
<i>Rhizophora mangle</i> L.			2	2	3	2	5	19	2	2	8	

5. CONCLUSÃO GERAL

A sazonalidade no nordeste paraense é influenciada pelas constantes trocas verticais radiativas entre as ondas curtas oriundas do sol, e ondas longas provenientes da atmosfera e superfície terrestre, determinando assim as condições atmosféricas locais, como cobertura de nuvens e precipitação, que vão culminar no quantitativo de radiação solar incidente e de energia líquida disponível ao ambiente.

A estação chuvosa é identificada durante o primeiro semestre do ano, caracterizada pelo quantitativo de radiação global reduzido e pluviosidade elevada. O período menos chuvoso compreende o segundo semestre do ano e distingue-se pela elevada quantidade de radiação incidente na superfície em função das condições atmosféricas de céu mais limpo, com pouca cobertura por nuvens e menor precipitação acumulada.

Os valores atípicos encontrados durante o período de avaliação revelam os efeitos sofridos ao meio, pelo fenômeno ENOS, em sua fase quente (El-Niño), expressivo entre os meses de Janeiro de 2015 à Março de 2015.

A variação da intensidade de radiação global e saldo de radiação entre as estações chuvosa e menos chuvosa foi determinante na estrutura vertical e horizontal do bosque de mangue. O bosque de mangue apresentou crescimento favorável de indivíduos novos a um limite ótimo (12 MJ.m^{-2} , para o saldo de radiação e, 20 MJ.m^{-2} , para radiação global) e que acima disso, a vegetação local torna-se susceptível a níveis nocivos para o funcionamento de processos fisiológicos ocasionando perdas significativas em número de indivíduos e riqueza.

A composição florística e estrutura horizontal comprovam o estado inicial de sucessão no ecossistema de mangue, em que a espécie *Avicennia germinans* se mostrou mais adaptada as condições locais do ambiente, em função do expressivo número de indivíduos distribuídos no bosque.

As espécies *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* tiveram o crescimento modulado pelas condições atmosféricas. A elevada intensidade de radiação global beneficiou o recrutamento de indivíduos de *Avicennia germinans*, de modo positivamente expressivo em ambientes naturais, indicando que, as fisionomias ambientais, proporcionam diferentes graus de interceptação de radiação global, favorecendo os processos fotossintéticos e promovendo temperaturas mais amenas no solo em áreas mais densas em vegetação. Enquanto que *Laguncularia racemosa* exige

menor quantidade de radiação solar do que *Avicennia germinans*, evidenciado pelo aumento em número de indivíduos em ambientes de luminosidade controlada, com tolerância a 50% de retenção de luz solar.

É importante ressaltar que não é somente os fatores climáticos que determinam a dinâmica de regeneração e sucessão em um ecossistema, mas sim as complexas interações entre os fatores climáticos, edáficos e bióticos nos ambientes. Neste sentido, se faz necessário estudos mais conclusivos acerca da inter-relações dos demais fatores de estresse, que são determinantes para as restrições ambientais à que uma espécie vegetal é capaz de sobreviver.

REFERÊNCIAS

ANDRE, R. G. B.; MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.3, 375 - 382, 2010.

ÁVILA, A.L.; ARAUJO, M.M.; LONGHI, S.J.; GASPARIN, E. Agrupamentos florísticos na regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.39, n.91, p.331-342, 2011.

AYOADE, J. O. **Introduction to climatology for the tropics**. Chichester: John Wiley & Sons, 1983.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

BERREDO, J.F.; COSTA, M.L.; PROGENE, M.P.S. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 473-482, 2008.

BUNYAN M.; FLETCHER R. Edge effects in small forest fragments: why more is better?. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 869-878, 2012.

BUSTAMANTE-SÁNCHEZ, M. A.; ARMESTO, J. J.; HALPERN, C.B. Biotic and abiotic controls on tree colonization in three early successional communities of Chilóé Island, Chile. **Journal of Ecology**, v.99, p.288-299, 2011.

CALEGARIO, G. **Aspectos estruturais da vegetação do manguezal do estuário do Rio São João, RJ**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Rio de Janeiro, 2012.

CARNEIRO, D. B.; BARBOZA, M. S. L.; MENEZES, M. P. Plantas nativas úteis na Vila dos Pescadores da Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu, Pará, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 1027-1033, 2010.

CARVALHO, E. A. de. Manguezais de Soure, Ilha do Marajó, Pará, Brasil: relações sociais e percepções ambientais. In: VIEIRA, I. C. G.; JARDIM, M. A. G.; ROCHA, E. J. P. **Amazônia em tempo, estudos climáticos e socioambientais**. Belém: Universidade Federal do Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. p. 149–167.

CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**, v.14, n.2, p. 102-120. 2007.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v.39, p.1917-1924, 2009.

CHAZDON, R.; Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

COHEN, J.; CAVALCANTI, I. F. A.; BRAGA, R. H. M.; NETO, L. S. **faltou o título da parte**. In: CAVALCANTI, I. F.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 75 - 93.

COHEN, M. C., LARA, R. J. Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazônia: application of GIS and remote sensing techniques. **Wetlands Ecology and Management**, v.11, p.223. 2003.

CONFORTO, E.C.; CONTIN, D.R. Desenvolvimento do açazeiro de terra firme, cultivar Pará, sob atenuação da radiação solar em fase de viveiro. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.979-983, 2009.

COSTA, J. S. P. da; BENTES, A. B.; CRUZ, P. A. P.; PEREIRA, L. J. G.; FERNANDES, S. C. P.; FONTES, V. B.; LIMA, W. M. G.; BENTES, B. Produção e socioeconomia do sistema Caranguejo-uçá em unidade de uso Sustentável da costa norte do Brasil. **Arquivos Ciência e Mar**, v. 46, n. 2, p. 76 – 85, 2013.

CUZZUOL, G.R.F.; ROCHA, A.C. Interação de regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 11-19, 2012.

DAVIDSON, A.; WANG, S. The effects of sampling resolution on the surface albedos of dominant land cover types in the North American boreal region. **Remote Sens. Environ.** v.93, p.211-224, 2004.

DUKE, N. Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands Ecology and Management**, v.9, p.257–269, 2001.

ELLISON, J.C. Geomorphology and sedimentology of mangroves. In: PERILLO, G.M.E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D.R.; BRINSON, M.M. **Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach**. The Netherlands: Elsevier, 2009. p. 565-591.

FAGAN, E. B.; MIQUELANTI, N. P.; BONFIM, T. S.; PEREIRA, I.S.; CORREA, L. T., SOARES, J. N. Lei de Beer e sua relação com a ecofisiologia de plantas. **Cerrado Agrociências**, v.4, p.78-97, 2013.

FAURE, J. F. Análise multitemporal da dinâmica espacial de manguezais em São Caetano de Odivelas, costa Nordeste do Pará, Brasil. In: PROST, M. T.; MENDES, A. **Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: FUNTEC e Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 35-46.

FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L.; Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore**. v. 31, n.5, p. 949-958, 2007.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v.5, p.36-40, 1990.

FRANÇA, C.F.; SOUZA FILHO, P.W.M.; Compartimentação morfológica da margem leste da Ilha de Marajó: Zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 1, p. 33-42, 2006.

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.

GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. Radiação solar acima e abaixo de dossel de manguezal na barra do Ribeira do Iguape, SP. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 59-67, 2011.

GILMAN, E.; ELLISON, J.; COLEMAN, R. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.124, p. 105-130, 2007.

HARTMANN, D. L. **Global physical climatology**. Seattle: Academic Press, 1994.

HOGARTH, P.J. **The biology of mangrove and seagrasses**. New York: Oxford University press, 2007. 273 p.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Estatística municipal: Salinópolis**. Belém, 2013. 56 p.

JARDIM, D.G.; JARDIM, M. A. G.; QUARESMA, A. C.; COSTA NETO, S. V. Regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação, Maracanã, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p.79-87, 2013.

JIANG, A.C.D.; GAOB, H.Y.; ZOUB, Q.; JIANGA, G.M.; LIA, L. H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, p.1-10, 2004.

LACERDA, L. D. Manguezais, ecossistemas-chave sob ameaça, produtos e serviços de grande valor ambiental, econômicos e social dependem da preservação das áreas de mangue do planeta. **Scientific American Brasil: Especial Oceanos**, v. 1, n. 1, p.76-82, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531p.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Mangrove Microclimate: A case Study from Southeastern Brazil. **Earth Interactions**, v. 17, p. 1-16, 2013.

LIMA, T. M. J.; TOGNELLA, M. M. P. Estrutura e Função dos Manguezais: Revisão Conceitual. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 8, n.15, p. 1801–1827, 2012.

LINARES, A.P.M. et al. The mangrove communities in the Arroyo Seco deltaic fan, Jalisco, Mexico, and their relation with the geomorphic and physical-geographic zonation. **Catena**, v.70, p.127-142, 2007.

LOUBRY, D.; PROST, M. T. Estruturas arquiteturas dos bosques de avicennia germinans e rizophora mangle: elementod diagnósticos da dinâmica de manguezais das margens do rio Marapanim (estado do Pará, Brasil). In: PROST, M.T.; MENDES, A. **Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: FUNTEC e Museu Paraense Emílio Goeldi, 215. p. 2001.

LOVELOCK, C.E.; ELLISON, J. Vulnerability of mangroves and tidal wetlands of the great barrier reef to climate change. In: JOHNSON, J. E.; MARSHAL, P. A. (Edit.). **Climate change and the great barrier reef: a vulnerability assessment**. Australia: Great Barrier Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office, 2007. p. 237-269.

MACHADO, D. Catadoras de caranguejo e saberes tradicionais na conservação de manguezais da Amazônia brasileira. **Revista Estudos Feministas**, v. 15, n. 2, p. 485-490, 2007.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, I. F.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-212.

MARENGO, J. A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista brasileira de meteorologia**, v.21, p.1-19, 2006.

MASSOCA, P. E. S.; JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V.; WILLIAMSON, G. B.; MESQUITA, R. C. G. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia central. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

MAUÉS, B. A. R.; JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. J.; MEDEIROS, T. D. S.; QUARESMA, A. C. Composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na área de proteção ambiental ilha do Combú, município de Belém, estado do Pará. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.669-677, 2011.

MENDES, A.C. Geomorfologia e sedimentologia. In: MARCUS E. B. FERNANDES. (Org.). **Os manguezais da costa Norte brasileira**. Belém: Petrobrás/Fundação Rio Bacanga, 2005. v. 2, p. 13-32.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia, noções básicas e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENEZES, M.P.M.; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão States, North Brazil. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 3, p. 403-420, 2008.

MENEZES, P.M.; MEHLIG, U. Manguezais: as florestas da Amazônia Costeira. **Ciência Hoje**, v. 44, n. 264, p. 34-39, 2009.

MENGHINI, R. P.; CUNHA-LIGNON, M.; COELHO JUNIOR, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Análise temporal dos impactos antrópicos e da regeneração natural em manguezais da ilha Barnabé (Baixada Santista, SP, Brasil) obtida através de fotografias aéreas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SBSR, 2007. p. 4037-4044.

MOCHEL, F. R.; CORREIA, M. M. F.; CUTRIM, M. V. J.; IBÁÑEZ, M. S. R.; AZEVEDO, A. C. G.; OLIVEIRA, V. M.; PESSOA, C. R. D.; MAIA, D. C.; SILVEIRA, P. C.; IBANÉZ-ROJAS, M. O. A.; PACHECO, C. M.; COSTA, C. F. M.; SILVA, L. M.; PUISECK, A. M. B. Degradação dos manguezais da ilha de São Luis (MA): processos naturais e impactos antrópicos. In: PROST, M.T.; MENDES, A. **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: FUNTEC e Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 113 – 130.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.2, p.107-117, 1987.

MOTA, C. S.; AMARANTE, C. V. T.; SANTOS, H. P.; ALBUQUERQUE, J. A. Disponibilidade hídrica, radiação solar e fotossíntese em videiras ‘cabernet sauvignon’ sob cultivo protegido. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 432-439, 2009.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1989. 376p.

NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A. Características do clima amazônico: aspectos gerais. **Geophysical Monograph**, v.186. p.149-162, 2009.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2. ed. Nova York: Halsted Press. 435 p. 1988.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 413 p.

PEEL, M.C.; FINLAYSON B.L.; MCMAHON T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, M. J. S.; GUIMARÃES, D. O.; SOUZA FILHO, P. W. M.; COST, R. M. Formas de uso e ocupação na praia de Ajuruteua-Pará (Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 13, p. 19-30, 2006.

PROST, M. T.; MENDES, A. C.; FAURE, J. F.; BERREDO, J. F.; SALES, M. E.; FURTADO, L. G.; SANTANA, M. G.; SILVA, C. A.; NASCIMENTO, I.; GORAYEB, I.; SECCO, M. F.; LUZ, I. Manguezais e estuários da costa paraense: exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). In: PROST, M.T.; MENDES, A. **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: FUNTEC e Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 73 – 89.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, 42-49, 2006.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, p.401- 408, 2013.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA R. P.; AMBRIZZI. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2 p.185-204. 2010.

RICHERI, S.M.M. Avaliação do Impacto das Mudanças Climáticas Globais nos Mangues Tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 6, p. 14-20, 2007.

SALES, J. B. L.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO, J. R.; RODRIGUES FILHO, L. F.; MENEZES, M. P. M. Análise estrutural de dois bosques de mangue do rio Cajutuba, município de Marapanim, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2009.

SEIXAS, J. A. S.; FERNANDES, M. E. B.; SILVA E. Análise estrutural da vegetação arbórea dos mangues no Furo Grande, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** v.1, n.3, p.35-43, 2006.

SILVA JÚNIOR, J.A. et al. Sazonalidade de elementos meteorológicos em ecossistema de manguezal na região equatorial, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 241-247, 2006.

SIQUEIRA, D. E. Civilização do mangue: biodiversidade e populações tradicionais. **Horizonte**, v. 11, n. 30, p. 509-544, 2013.

SOUZA FILHO, P.W.M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. **Geonomos**, v.4, n. 2, p. 1-16, 2013.

SOUZA, A. P.; ESCOBEDO, J. F., PAI, A. D.; GOMES, E. N. Estimativa da radiação global incidente em superfícies inclinadas por modelos isotrópicos e índice de claridade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p. 339-350, 2010.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TOWSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. São Paulo: Artmed, 2010.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. 2ª ed. revista e ampliada. Editora CNPq. Universidade de São Paulo. 2003.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2012.

WALTERS, B.B.; RÖNNBACK, P.; KOVACS, J.M.; CRONA, B.; HUSSAIN, S.A.;BADOLA, R.; PRIMAVERA, J.H.; BARBIER, E. & DAHDOUH-GUEBAS, F. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. **Aquatic Botany**, v. 89, p. 220-236, 2008.

WOLANSKY, E.; BRINSON, M. M.; CAHOON, D. R.; PERILLO, G. M. E. Coastal wetlands: a synthesis. In: PERILLO, G.M.E.; WOLANSKI, E.; CAHOON, D.R.; BRINSON, M.M. **Coastal wetlands**: an integrated ecosystem approach. The Netherlands: Elsevier. 2009. p.1-62.

ANEXOS

**ANEXO A: Normas para publicação da Revista Earth Interactions -
TRADUZIDO**

Formatação

Extensão

- Os resumos devem ser limitados a 250 palavras. Isso está em conformidade com as normas ISO e as necessidades dos serviços de abstração (MGA, etc.). Se o texto do resumo inserido no campo abstract do sistema de upload não coincide com o resumo no manuscrito, a submissão será então, devolvida ao autor para correção. Construção em primeira pessoa (por exemplo eu / meu / nós / nosso) e de citações de referência não são permitidas.
- Contribuições rápidas: Extensão de não mais de 2500 palavras (cerca de 9 páginas em duplo espaçamento), incluindo desde o corpo do manuscrito até apêndices e agradecimentos, com exceção do resumo, lista de figuras e referências. Nenhuma renúncia de tamanho pode ser solicitada para este tipo de submissão. Contribuições rápidas não podem conter mais do que seis tabelas e figuras no total.
- Todos os outros tipos de manuscritos: Comprimento de 7500 palavras ou menos sem contar a lista de legenda, figuras, resumo ou referências. Se uma submissão excede o limite de palavras, o autor deve enviar uma carta com o manuscrito apresentando com uma justificativa para a extensão do manuscrito, para solicitar a aprovação do excedente ao Editor Chefe.

Espaçamento:

- Todas as cópias (incluindo as referências e lista de legendas de figuras) devem ter espaçamento duplo e margens adequadas. AMS define espaçamento duplo como não mais do que três linhas de texto por polegada (2,5 cm).

Página e linha de numeração:

- Todas as submissões devem incluir numeração de linha e as páginas devem ser numeradas sequencialmente.

Fonte:

- Todo o texto deve ser preto e dimensionado para fonte 12 ou mais.

Ordem dos elementos:

- Título da página, Abstract, Corpo do Texto, Agradecimentos (se houver), os apêndices (se houver), referências, tabelas, Lista de figuras, Figuras. Consulte os Componentes de um manuscrito para obter mais detalhes sobre cada elemento.
- Material Suplementar destinado somente para publicações eletrônicas podem ser enviados em arquivos separados e serão incluídos na revisão por pares.

Componentes de um Manuscrito**Folha de rosto:**

- O título do trabalho, nome e afiliação de cada autor, quaisquer ligações atuais ou adicionais, e endereço e e-mail correspondente a cada autor necessitam aparecer na primeira página do manuscrito.

Abstract:

- Um resumo conciso (≤ 250 palavras) é exigido no início de cada artigo e, a critério dos editores - chefe, no início de contribuições mais curtas apropriadas.
- Os autores devem resumir suas conclusões e métodos no abstract.
- Construção em primeira pessoa (por exemplo eu / meu / nós / nosso) e citações de referência não são permitidas.
- Por favor, note que o texto do resumo no manuscrito deve corresponder exatamente ao texto do resumo inserido no campo de resumo do sistema de upload.

Texto de corpo:

- O texto deve ser dividido em seções, cada uma com um título separado e numeradas consecutivamente.
- Os títulos de seção/subseção devem ser digitados em uma linha separada [por exemplo, 1. Introdução, a. Dados, 1) radiossonda, e (i) Experiência 1] (Secções em BAMS não precisam ser numerados).

Agradecimentos:

- A AMS exige que todas as fontes de financiamento topicamente relevantes, incluindo os destinatários e números de subvenção, bem como conflitos de interesse, foram totalmente revelados nos agradecimentos de todas as submissões. Por favor, omitir a palavra "número" de informações de concessão ou contrato.

Apêndice:

- Análises ou tabelas auxiliares cujos detalhes são subordinados ao tema principal do trabalho deve aparecer normalmente em um apêndice.
- Por favor, note que todas as tabelas ou figuras destinadas a aparecer em um apêndice não devem ser incorporadas e devem ser localizadas após as referências com as outras tabelas manuscritas e figuras. Cada apêndice deve ter um título.

Tabelas:

- As tabelas não podem ser incorporadas no corpo do manuscrito. Eles devem aparecer após as referências e antes dos números.
- Cada tabela deve ser citada especificamente no texto e em ordem numérica. Todas as tabelas devem ter uma legenda em espaçamento duplo.
- Os autores devem usar estilos de fonte, como negrito e itálico para destacar informações dentro da tabela.
- As tabelas não podem conter sombreamento ou sublinhado; notas de rodapé pode ser usado para transportar informação adicional.

As legendas das figuras:

- Cada figura deve ter uma legenda adequada, e o texto da legenda completa deve aparecer abaixo da figura no PDF construído.
- Além disso, uma lista de legendas de figuras deve ser incluída no manuscrito na fase de revisão. A lista deve aparecer após as referências e antes de serem apresentadas individualmente.

Figuras:

- As figuras não podem ser incorporadas no corpo do manuscrito; as figuras devem ser exibidas uma vez no fim do PDF, com o texto da legenda completa.
- É política da Comissão de Publicações da AMS que o uso da cor em números durante a revisão pelos revisores deve combinar com a cor ou o formato preto e branco que aparece na impressão.

Por favor, note que todas as fontes de arquivos de figuras para a produção são necessárias na fase de *revisão*. Os arquivos de figura originais com qualidade de impressão devem ser carregados em um dos formatos aceitos para revistas ou BAMS.

Arquivos de figuras individuais devem conter apenas uma única figura, e as figuras de tela múltipla que serão exibidos em uma única página deve ser combinado em um único arquivo sempre que possível. Figuras coloridas devem ser geradas no modo RGB. Os autores devem apresentar uma figura completa por arquivo. **Note que as**

BAMS incentivam o uso da cor por autores e não cobra taxas adicionais para cor.

Editores técnicos podem redimensionar as figuras para fins de layout. Diretrizes adicionais da arte digital também pode ser acessada online. Nota: é política da Comissão de Publicações da AMS que a impressão final publicada e versões on-line de manuscritos devem ser idênticos inclusive no uso da cor.

Para obter informações adicionais a respeito de que tipo de item para selecionar ao carregar a fonte dos arquivos de figura, por favor consulte a lista de tipos de item.

Material suplementar:

- Material suplementar é o material que os autores desejam ser considerados pelo editor para a publicação on-line; isso não deve ser essencial para o próprio artigo, o qual deve estar sozinho. Isso pode incluir animações ou outro material inerentemente digital. Material suplementar deve ser enviado como um arquivo separado (e designado com o tipo de item "Material Suplementar").

Fórmulas matemáticas, unidades e hora e data

Fórmulas matemáticas e Termos:

- Fórmulas matemáticas podem aparecer como equações de exibição ou em linha equações. Equações de exibição são centralizados em sua própria linha e geralmente são numerados, mas não tem que ser. Equações em linha aparecem em texto corrido. Ao citar equações de exibição no texto, use um Eq. () ou () de forma consistente; não misturar os dois estilos.

- Ao usar o Microsoft Word para preparar um manuscrito, use MathType para as equações de exibição e outras expressões matemáticas complexas. Se você não tem acesso a MathType, use o Equation Editor. Números das equações devem ser dados fora do MathType e rodeado por parênteses, como (1). Equações em linha e expressões simples podem ser inseridas usando MathType ou digitando diretamente a partir do teclado. Equações em linha não devem ser construídas ou empilhadas; em vez disso, usar operadores matemáticos para tornar clara a ordem de cálculo.

- A hierarquia de operações aritméticas da AMS é: $\{[()]\}$. Os desvios só são permitidos se o uso é definido (por exemplo, "colchetes indicam um tempo de dizer"). A sequência pode ser repetida se forem necessários mais de três níveis de esgrima.

- Usar o estilo AMS para as variáveis de forma consistente no texto, equações, figuras e tabelas. Eles devem ser definidos como Times New Roman, apesar de algumas exceções, como letras do roteiro e personagens da matriz.

Unidades, hora e data:

- As unidades devem estar em SI com a exceção de várias unidades do SI não aprovados (por exemplo, cfs, mb).
- Use abreviações das unidades somente quando precedido por um numeral.
- Definir unidades em fonte Times New Roman com espaços entre os componentes de unidades compostas.
- Use sinais negativos para denominadores. Por exemplo, 5 metros por segundo, deve ser definido como 5 m.s⁻¹.
- A anotação de tempo recomendada é tempo universal coordenado. Por favor, use UTC, em vez de Z ou GMT. Outros fusos horários são permitidas se forem definidos. Quatro dígitos para tempo astronômico ou militar (por exemplo, relógio de 24 horas) é necessária.
- As datas devem ser escritas em formato de "Dia Mês Ano". Abreviaturas para meses são permitidos apenas em figuras, tabelas e suas legendas. Por exemplo, o modelo AMS para 03 de maio de 2015 em 15:00 GMT é de 1500 UTC 03 de maio de 2015.

Referências e Citações**Referências:**

- Alguns dos tipos de referência mais comuns são mostrados aqui. Cada citação no texto deve ter uma referência correspondente, e cada referência listada devem ser citadas no texto. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, sem numeração.
- *ARTIGO DE JORNAL* - Sobrenome e iniciais do (s) autor (se nove ou mais, se o primeiro autor seguido de "e co-autores"), ano de publicação, título do artigo, título da revista (em itálico), * volume de revista (em negrito), emissão ou número da citação (apenas se necessário para identificação), intervalo de páginas, e DOI (se disponível).
- *LIVRO* - Sobrenome e iniciais do autor (es), ano de publicação do livro, título do livro (em itálico), nome da editora, e total de páginas.
- *CAPÍTULO DE LIVRO* - Sobrenome e iniciais do autor (es) do capítulo, ano de publicação do livro, título do capítulo, título do livro (em itálico), o nome do editor (s), nome da editora, e intervalo de páginas.
- Para um capítulo de um livro que faz parte de uma série de monografias, o formato é semelhante, mas inclui o volume e o número da monografia.

• *DE OUTROS* - As referências devem ser à literatura sempre que possível. Relatórios técnicos, anais de conferências, e outros "literatura cinzenta" deve ser referenciado somente quando nenhuma outra fonte do material está disponível, e um "disponível em" endereço ou URL devem ser fornecidos para os relatórios e dissertações. Aqui estão alguns exemplos:

- *Anais de conferências e resumos expandidos*: Sobrenome e iniciais do autor (es); ano de publicação; Título de trabalho; indicação da publicação como um volume Preprints, procedimentos, ou resumos expandidos (a partir de 2002, todos os preprints conferência AMS estão on-line, por isso, omitir este para mais recentes documentos de conferências AMS); nome do volume de conferência (em itálico); cidade e estado/país onde conferência foi realizada; nome da conferência do patrocinador; intervalo de páginas ou o número do papel; e URL ou DOI, se disponível.

- *Dissertação/Tese*: Autor(es), ano de publicação: título Dissertação/Tese. Dissertação/Tese, Departamento de Tese (necessário apenas se a tese M.S.), Universidade, total de páginas e URL, se disponível.

- *Relatório/nota/memo*: Autor(es), ano de publicação: Relatório/nota/ título do memo. Relatório/Nota/Nome Memo e número, total de páginas e URL ou DOI, se disponível.

- *Página da web*: Autor(es)/Organização de autoria, ano: Nome do documento. Organização/editor (se diferente do autor), data de acesso, DOI / URL.

Citações no texto

- A citação no texto deve consistir em nome do autor e ano da publicação [por exemplo, "de acordo com Rossby (1945)," ou "como mostrado por um estudo anterior (Rossby 1945)"].

- Quando há dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano, deve ser adicionado o sufixo distintivo (a, b, etc.).

- Se a citação é uma referência com dois autores, usar ambos os nomes dos autores [por exemplo, Fritsch e Heideman (1989)].

- Referências com três ou mais autores são sempre citados como o nome do primeiro autor seguido de "et al." [Por exemplo, Kalnay et al. (1996)].

ANEXO B: Normas para publicação da Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Escopo

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais – *RBCIAMB* - publica artigos completos de trabalhos científicos originais ou trabalhos de revisão com relevância para a área de Ciências Ambientais. A *RBCIAMB* prioriza artigos com perspectiva interdisciplinar. O foco central da revista é a discussão de problemáticas que se inscrevam na relação sociedade e natureza em sentido amplo, envolvendo aspectos ambientais em processos de desenvolvimento, tecnologias e conservação. A submissão dos trabalhos é de fluxo contínuo.

Língua

- A *RBCIAMB* publica artigos em Português e em Inglês.

Submissão

- Os artigos submetidos à *RBCIAMB* devem ser inéditos e estar dentro do escopo da revista.
- Todo o processo de submissão e análise é feito por via eletrônica, através do email **rbciamb@abes-dn.org.br**. Os arquivos devem estar em MSWord, ter no máximo 10Mb com todo o conteúdo do artigo, arquivos com figuras ou mapas de formato superior devem ser editadas de forma a serem compatíveis com a limitação apresentada.
- Os trabalhos, sempre que possível, devem ser organizados com a seguinte estrutura: título em português e inglês, nome dos autores, afiliação dos autores com cidade e estado, resumo, *abstract*, palavras-chave, *key words*, introdução, objetivos, materiais e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências.
- Resumos com no máximo 150 palavras.
- O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita. As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Calibri, corpo 10. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,15. O texto integral do artigo não deve ultrapassar 20 páginas.

Figuras e tabelas

- O tamanho máximo que pode ter figura e tabela é de uma página A4;
- Tabelas e figuras devem ser limitadas a 5 no conjunto;

- Serão aceitos artigos com tabelas ou figuras. Os quadros serão identificados como tabela. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados “Figura”.
- Não se escreve “FONTE” abaixo ou acima de figura ou tabela, o correto é citar a referência no texto referente ao objeto (figura ou tabela).
- As figuras e tabelas devem ser numeradas em ordem crescente de acordo com a sua inserção no texto.
- Legendas de tabelas são colocadas acima das tabelas e de figuras abaixo.

Referências

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais adota as normas vigentes da ABNT 2002
- NBR 6023.

Avaliação

- Toda contribuição submetida à *RBCIAMB* é encaminhada para revisores *ad-hoc*. No caso dos revisores solicitarem alterações as mesmas devem ser realizadas num período de até 30 dias ou a critério do Editor. O autor responsável deverá encaminhar uma versão corrigida do manuscrito identificando as alterações realizadas ou enviar documento anexo detalhando todas as correções, indicando página e linha onde foram feitas.

Copyright:

- O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a *RBCIAMB* de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à *RBCIAMB* os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação.

Sistema de Cobrança

- A Revista Brasileira de Ciências Ambientais, cobra taxa de contribuição por submissão de manuscritos. O valor é de **R\$ 50,00** por manuscrito submetido à avaliação. Os editores esperam contar com a colaboração de todos os autores, no sentido de garantir a continuidade da revista. A taxa de submissão não será restituída caso o manuscrito seja recusado, e o pagamento da taxa não garante o aceite do artigo, que passará normalmente pelo processo de avaliação.