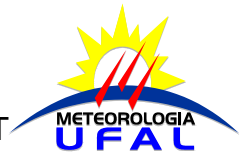




UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – ICAT



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

Nº de ordem: MET – UFAL – MS – 043

**AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM ECOSISTEMA DE MANGUEZAL
TROPICAL EM ALAGOAS, BRASIL**

CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

MACEIÓ – ALAGOAS

SETEMBRO, 2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – ICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA



Nº de ordem: MET – UFAL – MS/043

**AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL
TROPICAL EM ALAGOAS, BRASIL**

CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL, para obtenção do título de Mestre em Meteorologia – Área de concentração em processos de superfície Terrestre

Orientador: Dr. Marcos Antônio Lima Moura

MACEIÓ – ALAGOAS

SETEMBRO, 2006

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- Q4a Querino, Carlos Alexandre Santos.
Avaliação da radiação solar em ecossistema de manguezal tropical em Alagoas, Brasil / Carlos Alexandre Santos Querino. – Maceió, 2006.
xi, 97f. : il., grafs., tabs.
- Orientador: Marcos Antônio Lima Moura.
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2006.
- Bibliografia: f. 87-95.
Anexos: f. [96]-97.
1. Meteorologia. 2. Radiação solar. 3. Manguezais – Alagoas. 4. Degradação ambiental. I. Título.

CDU: 551.521.31 (813.5)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

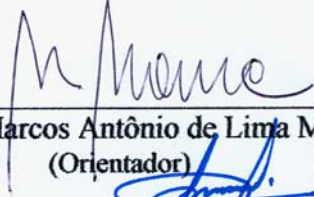
CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

**“AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM ECOSISTEMA DE MANGUEZAL
TROPICAL EM ALAGOAS, BRASIL”**

CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia. N.º de ordem: **MET-UFAL-MS-043.**

Aprovada pela Banca Examinadora composta por:



Prof. Dr. Marcos Antônio de Lima Moura
(Orientador)



Prof. Dr. Mário Benincasa
(Membro Externo - UNESP)



Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra
(Membro)

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| DEDICATÓRIA | i |
| AGRADECIMENTOS | ii |
| PENSAMENTOS | iii |
| LISTAS DE FIGURAS | iv |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| RELAÇÃO DE ABREVIATURAS | viii |
| RELAÇÃO DE SÍMBOLOS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| | Pág. |
| 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 – REVISÃO LITERÁRIA | 5 |
| 2.1 – Espectro Solar | 5 |
| 2.2 – Mangue | 8 |
| 2.3 – Radiação Solar | 11 |
| 2.4 – Radiação Solar Difusa (R_d) | 12 |
| 2.5 – Radiação Solar Direta (R_D) | 14 |
| 2.6 – Radiação Solar Global (R_g) | 16 |
| 2.7 – Albedo | 18 |
| 3 – MATERIAIS E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 – Área de Estudo | 20 |
| 3.1.1 – Área de Mangue Natural | 21 |
| 3.1.2 – Área Degradada | 22 |
| 3.1.3 – Análise Físico – Química e Classificação do Solo | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.1.4 – Descrição da Rotina de Observação | 25 |
| 3.2 – Dados | 26 |
| 3.2.1 – Parâmetros Mensurados | 26 |
| 3.2.2 – Tratamento dos Dados | 29 |
| 3.2.3 – Parâmetros Calculados e Classificação da Nebulosidade | 30 |
| 3.3 – Climatologia da Região | 32 |
| 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES | 34 |
| 4.1 – Radiação Solar no Topo da Atmosfera (R_o) | 34 |
| 4.2 – Radiação Solar Global (R_g) e suas componentes Direta e Difusa | 36 |
| 4.2.1 - Radiação Solar Global Externa (R_{g_Ext}) e Interna (R_{g_Int}) | 36 |
| 4.2.2 – Radiação Solar Direta Externa (R_{D_Ext}) e Interna (R_{D_Int}) | 52 |
| 4.2.3 - Radiação Solar Difusa Externa (R_{d_Ext}) e Interna (R_{d_Int}) | 55 |
| 4.3 – Albedo para Mangue Natural (Alb_Nat) e Degradado (Alb_Deg) | 65 |
| 4.4 - Fluxos em Função do Ângulo Zenital (Z) | 69 |
| 4.4.1 – Dias de Menor Ângulo Zenital (Z) ao Meio-Dia | 69 |
| 4.4.2 - Dias de Maior Ângulo Zenital (Z) ao Meio-Dia | 74 |
| 4.5 - Estimativa da Radiação Solar Difusa Externa (R_{d_Ext}), Difusa Interna (R_{d_Int}) e Global Interna (R_{g_Int}) em Função da R_{g_Ext} | 77 |
| 4.5.1 – Estimativa com Médias Horárias Mensais | 77 |
| 4.5.2 - Estimativa em dias Claros e Nublados para as Épocas Seca e Chuvosa | 80 |
| 5 – CONCLUSÕES | 84 |
| 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |
| 7 – ANEXOS | 96 |
| 7.1 – Anexo 1- Tabela 2 | 97 |

Aos meus irmão e irmã Rodrigo e
Cristina, à tia Vera e a todos os
meus familiares OFEREÇO.

Aos meus pais pelo carinho,
incentivo e conselhos em minha
vida e a Juli por todo carinho e
paciência DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por iluminar meus caminhos e me dar força para superar as adversidades da vida.

A Juliane kayse Albuquerque da Silva: pelo carinho, paciência, compreensão e incentivo durante toda essa nossa caminhada juntos.

Ao Prof. e amigo Dr Marcos Antônio Lima Moura, pela paciência em me ensinar e por ser responsável direto em toda minha formação superior e na área de pesquisa.

Aos colegas Glauber, Marcos Paulo, Thiago Veloso e Ericka, pelos auxílios na montagem do experimento e pelo companheirismo em sala.

Ao prof. Silvio Chagas pela paciência em me ajudar com as regressões e ao colega Paulo Ricardo, por me ensinar a mexer no software aqui utilizado.

A alguns professores do Instituto de Ciências Atmosféricas, em Especial Dr. Roberto Lyra que me apoiaram em toda minha vida acadêmica.

Aos meus familiares e amigos que proporcionaram momentos de descontração, ajudando a desestressar.

À FAPEAL pelo financiamento para realização do projeto.

PENSAMENTOS

"A mais alta das torres começa no solo." (**Provérbio Chinês**)

"Prefiro os que me criticam, porque me corrigem, aos que me adulam, porque me corrompem." (**Santo Agostinho**)

"Brincar é condição fundamental para ser sério". (**Arquimedes**)

"Grandes realizações são possíveis quando se dá atenção aos pequenos começos."
(**Lao Tsé**)

Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância.
(**John Kennedy**)

"A imaginação é mais importante que o conhecimento." (**Albert Einstein**)

"Só sei que nada sei". (**Sócrates**)

"O estudante não deve aprender pensamentos, deve aprender a pensar." (**Autor Desconhecido**)

LISTA DE FIGURAS

| Figuras | | Pág. |
|---------|--|------|
| 1 | Distribuição espectral da irradiância solar no topo da atmosfera e ao nível do mar comparadas com a radiação emitida por um corpo negro a 6000K (Fonte: CPTEC/INPE, 2004) | 6 |
| 2 | Localização no mapa e vista aérea das áreas onde estão localizadas as torres de Mangue Natural e Degradado. | 21 |
| 3 | Vista do Mangue Natural (MN) onde está localizada a torre micrometeorológica | 22 |
| 4 | Visão da área degradada onde está instalada a torre micrometeorológica no sítio Limoeiro (SL). | 23 |
| 5 | Piranômetro Kipp e Zonen equipado com anel de sombreamento para medir a radiação solar difusa (Rd). | 27 |
| 6 | Layout das estações meteorológicas automáticas instaladas nas áreas degradada e natural, onde ALB significa Albedo, Rg, Radiação Global, Rd, Radiação Difusa, PP precipitação pluviométrica. | 28 |
| 7 | Comparação entre a normal climatologia da precipitação (mm) para cidade de Maceió – AL e dados coletados na área degradada do experimento | 33 |
| 8 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Global no topo da atmosfera (Ro) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005 | 35 |
| 9 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Global Externa (Rg_Ext) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005. | 38 |
| 10 | Ciclo anual médio horário do Índice de Transmitância Atmosférica (Kt) (%) no período de outubro 2004 setembro de 2005. | 41 |
| 11 | Ciclo anual do total horário acumulado da precipitação (mm) no período de outubro 2004 a setembro de 2005. | 41 |
| 12 | Comportamento da Radiação Global Externa (Rg_Ext), ($W.m^{-2}$), a cada 5min, na área de estudo nos dias; (a) 17 de janeiro de 2005, (b) 09 de janeiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005 | 43 |
| 13 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Global Interna (Rg_Int) ($W.m^{-2}$) no período de outubro de 2004 a setembro de 2005 | 45 |

| Figuras | | Pág. |
|-----------|--|------|
| 14 | Ciclo anual médio horário da razão (%) entre Radiação Solar Global Interna (Rg_Int) e Radiação Solar Global Externa (Rg_Ext), no período experimental. | 48 |
| 15 | Comportamento da Radiação Global Interna (Rg_Int), ($W.m^{-2}$) e da relação Rg_Int/Rg_Ext, a cada 5min, sob a área de estudo, nos dias; (a) 17 de janeiro, (b) 09 de fevereiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005. | 51 |
| 16 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Direta Externa (R_{D_Ext}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005. | 53 |
| 17 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Direta Int (R_{D_Int}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005 | 55 |
| 18 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Difusa Externa (R_{d_Ext}) no período de outubro 2004 setembro de 2005. | 57 |
| 19 | Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Difusa Interna (R_{d_Int}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005 | 59 |
| 20 | Comportamento da Radiação Direta (R_{D_Ext}) e Difusa (R_{d_Ext}), Externa ($W.m^{-2}$), a cada 5min, sobre a área de estudo, nos dias; (a) 17 de janeiro, (b) 09 de janeiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005. | 62 |
| 21 | Comportamento da Radiação Direta (R_{D_Int}) e Difusa (R_{d_Int}) Interna, ($W.m^{-2}$) e da relação Rg_Int/Rg_Ext, a cada 5min, sobre a área de estudo, nos dias; (a) 17 de janeiro, (b) 09 de janeiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio, de 2005 | 64 |
| 22 | Comportamento do albedo médio mensal (%) sobre a área de Mangue Natural (Alb_Nat) no período de outubro 2004 a setembro de 2005. | 66 |
| 23 | Comportamento do albedo médio no interior do mangue e na copa da árvore (%) durante do mês de outubro de 2005. | 67 |
| 24 | Comportamento do albedo médio anual (%) sobre a área de Mangue Degradado (Alb_Deg) no período de outubro 2004 a setembro de 2005. | 69 |
| 25 | Comportamento da Radiação Global Externa (Rg_Ext) e suas componentes R_{d_Ext} e R_{D_Ext} ($W.m^{-2}$) em função do Ângulo Zenital (Z) ($^{\circ}$), (a) e (b) dia 06/03, (c) e (d) dia 14/10, sobre a área de estudo. | 73 |

- 26** Comportamento da Radiação Global Interna (R_{g_Int}) e suas componentes R_{d_Int} e R_{D_Int} ($W.m^{-2}$) em função do Ângulo Zenital (Z) ($^{\circ}$), **(a)** e **(b)** dia 16/07, **(e)** e **(f)** dia 25/12, e do K_t **(c)** e **(d)**, para os dias 06/03 e 14/10 respectivamente, sobre a área de estudo. 76
- 27** Relações entre (a) R_{g_Ext} x R_{d_Ext} , (b) R_{g_Ext} x R_{d_Int} e (c) R_{g_Ext} x R_{g_Int} , médias horárias mensais, para todo o período estudado. 79
- 28** Relações entre R_{g_Ext} x R_{d_Ext} , R_{g_Ext} x R_{d_Int} e R_{g_Ext} x R_{g_Int} , para os dias claros 17/01 **(a)**, **(c)** e **(e)** e 01/06 **(b)**, **(d)** e **(f)** com observados. 82
- 29** Relações entre R_{g_Ext} x R_{d_Ext} , R_{g_Ext} x R_{d_Int} e R_{g_Ext} x R_{g_Int} , para os dias claros 29/02 **(a)**, **(c)** e **(e)** e 31/05 **(b)**, **(d)** e **(f)** com dados observados. 83

LISTA DE TABELAS

| Tabelas | | Pág. |
|---------|--|------|
| 1 | Análise físico - química e classificação do solo quanto sua textura, para área de mangue natural – MN e mangue degradado – MD. | 24 |
| 2 | Dias escolhidos de acordo com o Índice de Claridade (K_t). | 30 |
| 3 | Altura da maré (m) para o mês de outubro de 2005. | 97 |

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| APA | Área de Proteção Ambiental |
| CECA | Centro de Ciências Agrárias |
| CPTEC | Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária |
| HN | Hemisfério Norte |
| HS | Hemisfério Sul |
| IMA | Instituto do Meio Ambiente |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. |

RELAÇÃO DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| dn | Dia Juliano |
| E_0 | Raio Vetor da órbita terrestre |
| H | Ângulo Horário |
| IV | Radiação Infravermelha |
| Kt | Índice de Transmissividade |
| OC | Ondas Curtas |
| OL | Ondas Longas |
| Rd | Radiação Difusa |
| R_D | Radiação Direta |
| Rg | Radiação Global |
| R_0 | Radiação Solar no topo da atmosfera |
| UV | Radiação Ultravioleta |
| VIS | Radiação Visível |
| Z | Ângulo Zenital |
| φ | Latitude Local |
| δ | Declinação Solar |

AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL TROPICAL EM ALAGOAS, BRASIL

QUERINO, Carlos Alexandre Santos. Avaliação da Radiação Solar em Ecossistema de Manguezal Tropical em Alagoas, Brasil. Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura. Maceió-AL, 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)

RESUMO

As florestas de manguezais são de extrema importância social, econômica e ambiental, pois as mesmas são detentoras de uma rica fauna e flora. O Brasil possui uma das maiores áreas de manguezais do mundo que se estende desde o extremo Norte até o Sul do país. Atualmente uma das grandes questões ambientais diz respeito ao desmatamento das áreas de florestas nativas como, por exemplo, os manguezais. Os efeitos da alteração de manguezal em área degradada influenciam também diretamente no microclima da região, pois no aspecto meteorológico é necessário que seja limitada à forma de exploração desse ecossistema, pois a conversão de florestas de mangues em áreas degradadas expõe à superfície à radiação solar direta alterando o balanço de radiação. Então, conhecer o comportamento da R_g e suas componentes, Radiação Difusa (R_d) e Radiação Direta (R_D), dentro das florestas, é primordial para o entendimento da disponibilidade de energia para os diversos processos desse sistema. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o comportamento da Radiação Solar Global (R_g) e suas componentes Direta (R_D) e Difusa (R_d), dentro e acima de uma floresta de mangue. O estudo foi realizado com a obtenção de dados provenientes de dois sítios experimentais, com cobertura vegetal diferente (mangue natural e degradado), localizados no município de Marechal Deodoro, dentro de uma área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita, situada entre as latitudes de $9^{\circ}37'30''$ e $9^{\circ}47'30''S$ e as longitudes $35^{\circ}45'00''$ e $35^{\circ}55'00''W$, no período de outubro de 2004 a setembro de 2005. Os resultados mostram uma grande variação entre as estações seca - chuvosa no tocante as máximas atingidas pela R_g , influenciando também suas componentes. Internamente observa-se a grande dependência que a penetração dos raios solares tem do ângulo zenital (Z). A análise desses dados nos permitiu gerar modelos matemáticos com R^2 variando entre 0,8 e 0,97 tornando possível à estimativa da quantidade de radiação que atinge o interior desse ecossistema.

Palavras-Chave: Meteorologia, Radiação Solar, Manguezais – Alagoas e Degradação Ambiental.

SOLAR RADIATION VALUATION IN TROPICAL MANGROVE ECOSYSTEM IN ALAGOAS, BRAZIL

QUERINO, Carlos Alexandre Santos. Avaliação da Radiação Solar em Ecossistema de Manguezal Tropical. Orientador: Dr. Marcos Antônio Lima Moura. Maceió-AL, 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)

ABSTRACT

The mangroves forests have a high social, economical and environmental importance because they are consists of a rich faun and flora. Brazil has one of the biggest mangrove areas in the world which expands from its North to the South coast. Actually, one of the main environmental issues is the deforesting, such as, the mangrove conversion into degraded area, exchanging the net radiation. The mangrove transformation in degraded area influences directly the regional microclimate for the soil is exposed to direct solar radiation altering the net radiation. Solar radiation is all electromagnetic radiation coming from the Sun, reaching the earth. Therefore, the knowledge above the Solar Global Radiation behavior, and its components (Direct (R_D) and Diffuse (R_d)), within and outside forests, is essential to understand of the various processes in this system. The study has been carried out with data of originally from two experimental sites, with different vegetal cover (natural and degraded mangrove), located in Marechal Deodoro city (Alagoas), inside an environmental protection area (APA) called Santa Rita, which coordinates are between $9^{\circ}37'30''$ - $9^{\circ}47'30''$ S and $35^{\circ}45'00''$ - $35^{\circ}55'00''$ W, ranging from October 2004 to September 2005, where has been installed, in which one of this sites, an equipments set to measure the necessaries variability. The result shows high oscillation between dry and wet season in concerning the maximum R_g , influencing its components, too. From the inside, we can observe the dependence that the solar rays' penetration have due to the zenith angle and 80% of attenuation. The analyses of these data in allowed them to generate mathematical models with R^2 , varying between 0,8 and 0,97, becoming possible the estimate of the amount of radiation that reaches the interior of this ecosystem.

Key Words: Meteorology, Mangrove Alagoas' and Global Solar Radiation.

1- INTRODUÇÃO

As florestas de manguezais são de extrema importância social, econômica e ambiental, pois as mesmas são detentoras de uma rica estrutura peculiar que abriga uma grande variedade de plantas, animais e microorganismos, como também inúmeras espécies de peixes, moluscos e crustáceos, que por conta do alto teor em matéria orgânica encontram condições ideais para desova e sobrevivência. O Brasil possui uma das maiores áreas de manguezais do mundo que se estende desde o extremo norte, no estado do Amapá, até Santa Catarina, no Sul do país. No entanto, a maior concentração de manguezais encontra-se nos litorais do Amapá, Pará e Maranhão, com algumas ocorrências importantes nos estuários do Nordeste, especialmente na Bahia (Ribeiro *et al.*, 2002).

Atualmente uma das grandes questões ambientais diz respeito ao desmatamento das áreas de florestas nativas. Como em todo o mundo, no estado de Alagoas as áreas de mangue vêm sendo alvo de constantes pressões sócio – econômicas (construção de aterros, recepção de dejetos, esgotos e produtos químicos diversos, loteamento, etc). Os efeitos da alteração do manguezal em área degradada influenciam diretamente o microclima da região, fato este que altera toda cadeia alimentar e, conseqüentemente, a dinâmica das espécies e o equilíbrio ecológico do o equilíbrio ecológico ecossistema (Moraes & Costa, 2000). No aspecto meteorológico é necessário que seja limitada à forma de exploração dos manguezais, pois a conversão de florestas de mangues em áreas degradadas expõe à superfície à radiação solar direta alterando o balanço de radiação. Como a vegetação também armazena energia, modificações em sua cobertura resultam em uma maior ou menor disponibilidade de calor para os processos atmosféricos. O

calor transferido dos vegetais para atmosfera provém da radiação solar que incide sobre a superfície durante todo o período diurno.

Radiação solar é toda radiação eletromagnética proveniente do Sol que atinge o planeta. Essa radiação é de extrema importância para a vida na Terra, pois é responsável pelos principais processos de ordem física, química e biológica, tanto animal quanto vegetal, bem como responsável direto na disposição da energia primária para todos os processos terrestres, desde a fotossíntese, até o desenvolvimento de tempestades, que provocam situações meteorológicas adversas. Como o clima é um conjunto de fatores meteorológicos para um determinado local e período, a disponibilidade de energia solar é crucial na determinação do mesmo. Então, o conhecimento do comportamento da R_g dentro das florestas é primordial para o entendimento da disponibilidade energia para os diversos processos desse sistema.

A radiação solar difusa (R_d) é aquela que atinge a superfície terrestre vinda de todas as direções após ter sido espalhada pelos diversos gases, material particulado e gotas de água em suspensão na atmosfera. A absorção da radiação solar por partículas de aerossóis e gases resulta em um moderado aumento na componente difusa e, conseqüentemente, uma notável atenuação da componente solar direta (Jacovides *et al.*, 2000). A mensuração da R_d requer instrumentação mais onerosa devido ao método empregado (sombreador) e a manutenção exigida, pois o sombreador necessita de correções diárias devidas às variações da declinação solar por conta do movimento aparente do Sol. Por isso, é que se tem procurado desenvolver modelos para que se possa estimar mais precisamente essa componente. Então, o conhecimento da R_d em florestas passa a ser importante, pois a radiação difusa tende a ser melhor aproveitada para o processo de fotossíntese.

A radiação solar direta (R_D) atinge a superfície terrestre sem sofrer alteração no seu caminho além da refração provocada pela atmosfera. Devido ao alto custo dos Pireliômetros, instrumentos usados para medir R_D , e aos cuidados que se devem ter com um contínuo ajuste em relação aos raios incidentes, na maioria dos casos, esse tipo de radiação é estimado ou calculado a partir da Radiação Solar Global e sua componente Difusa. Ao penetrar na floresta a radiação é atenuada de forma não-linear, sendo afetada pela densidade de folhas, de modo que os galhos superiores recebem maior quantidade de luz (Souza *et al.*, 2002). Ultimamente vários modelos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de se estimar radiação solar direta que penetra nas florestas, o que dependerá da arquitetura idade e distribuição das plantas e ângulo de incidência dos raios solares.

A radiação solar incidente tem uma parte absorvida pela superfície e outra devolvida para a atmosfera por meio de reflexão; a razão entre a radiação solar incidente e essa partição refletida dá-se o nome de Albedo (Moura, 2000). É o albedo que controla a quantidade de energia que fica armazenada no sistema, sendo que varia segundo as características da superfície e do ângulo zenital (Z), cujas alterações acarretam mudanças profundas na interação solo-atmosfera. O conhecimento detalhado da variação do albedo no tempo e espaço é crucial para entendermos o balanço global de radiação, influência no clima e dinâmica da vegetação (Lucht *et al.*, 2000).

Apesar da grande importância do estudo dos manguezais sob vários aspectos da ciência, pouco se conhece a respeito dos processos de trocas de massa, energia, momentum e parâmetros bióticos e abióticos, dentro e acima do dossel. Então, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o comportamento da Radiação Solar Global (R_g) e suas componentes Direta (R_D) e Difusa (R_d), dentro e

acima de uma floresta de mangue bem como estudar as possíveis alterações que a mudança de cobertura vegetal pode provocar no microclima local.

2 – REVISÃO LITERÁRIA

2.1 – Espectro Solar

O Sol é uma estrela gasosa formada a 4,6 bilhões de anos que possui um raio de $6,96 \times 10^5$ km, massa de aproximadamente $1,99 \times 10^{35}$ g (Liou, 1980) e sua temperatura em torno de 6000K, o que faz com que a existência de algumas substâncias nos estado sólido ou líquido seja impossível (Cole, 1980). A estrutura física é complexa, pois considera-se que existem varias regiões, como núcleo, fotosfera, camada de reversão, cromosfera e a coroa (Iqbal, 1983; Liou, 1980).

No núcleo calcula-se que se encontra 90% da energia do Sol, que corresponde a 40% de sua massa e 15% do volume (Garg, 1982), ainda segundo o autor a composição química é de 75% de gás Hidrogênio, 24,25% de Hélio e 0,75% de metais pesados. Essas energias irradiadas pelo Sol provem de reações termonucleares complexas, que convertem prótons (núcleos de Hidrogênio) em partículas alfa (núcleos de Hélio), à custa de quatro núcleos de Hidrogênio (Peixoto, 1981; Garg, 1982). Uma outra camada importante seria a Fotosfera, que se caracteriza por ser uma fina camada externa com aproximadamente 500km e diretamente acessível para as observações visível do Sol (Liou, 1980), uma vez que é nessa camada que a maioria da energia solar que atinge a Terra é gerada (Nicácio, 2002).

Essa energia radiante do Sol é praticamente a única fonte de energia que influencia os movimentos atmosféricos e os vários processos nas camadas superficiais da crosta terrestre (Nogueira *et al.*, 2000). Com isso o Sol é considerado a principal fonte de energia da Terra, já que influencia praticamente todas as atividades humanas e no clima (Nicácio, 2002). Toda essa energia emitida do Sol para a Terra é na forma de radiação eletromagnética (Halacy Jr, 1977). As radiações

eletromagnéticas são ondas que se propagam no espaço, mesmo vazio, com velocidade de $300.000 \text{ km.s}^{-1}$ (Iqbal, 1983), cuja distribuição dessa radiação em função do comprimento de onda (λ), no topo da atmosfera, é denominado de espectro eletromagnético. Com isso o espectro eletromagnético, passa a ser a ordenação em um conjunto de todas as radiações eletromagnéticas conhecidas, em função do seu comprimento de onda e estendem-se desde os menores raios cósmicos, raios-X, radiação ultravioleta a todos os outros comprimentos de onda como a energia do radio (Souza, 1997). A distribuição espectral da irradiância solar no topo da atmosfera em função do comprimento de onda pode ser visto na figura 1.

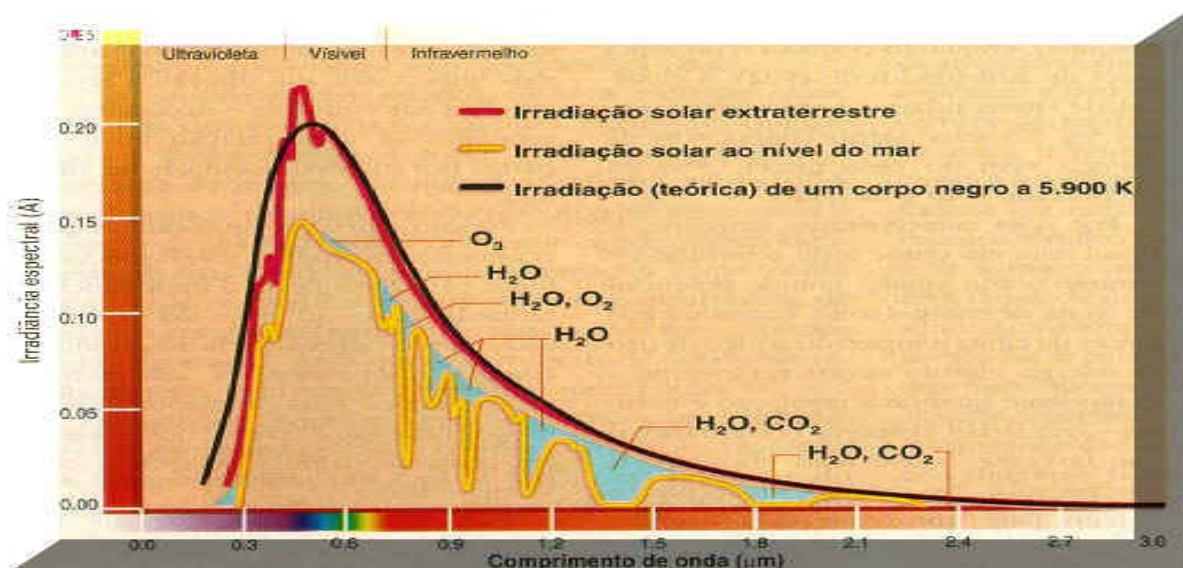


Figura 1 – Distribuição espectral da irradiância solar no topo da atmosfera e ao nível do mar comparadas com a radiação emitida por um corpo negro a 6000K (Fonte: CPTEC/INPE, 2004).

A distribuição da radiação eletromagnética emitida pelo Sol é nominada em função do comprimento de onda incidente no topo da atmosfera (Liou, 1980), sendo que o Sol emite aproximadamente 99% de sua radiação eletromagnética no

comprimento de ondas curtas, de 0,15 a 4 μm , dos quais 9% no ultravioleta, 45% no visível e 46% infravermelho, com a sua máxima emitância ocorrendo para o comprimento de onda de 0,5 μm (Sellers, 1969).

Segundo Iqbal (1983), os tipos de radiação se classificam em: Radiação Ultravioleta (UV), ($\lambda < 0,4\mu\text{m}$), a Radiação Visível (Vis) ($0,39 < \lambda < 0,77\mu\text{m}$) e Radiação Infravermelha (IV) cujo $\lambda > 0,77\mu\text{m}$. Apenas as radiações de comprimentos de onda no espectro visíveis podem ser detectadas pelo olho humano. De acordo com Varejão (2001), dentro dessa faixa, a vista humana consegue diferenciar as seguintes subdivisões: Violeta (0,36 a 0,42 μm), Azul (0,42 e 0,49 μm), Verde (0,49 e 0,54 μm), Amarelo (0,54 a 0,59 μm), Laranja (0,59 a 0,65 μm) e o Vermelho (0,65 a 0,74 μm) (Varejão, 2001). O infravermelho, por outro lado, é subdividido em Infravermelho Próximo, que compreende os comprimentos de ondas de 0,77 a 25 μm , e Infravermelho Longínquo de 25 a 1000 μm (Vianello & Alves, 2000). Radiações dentro do infravermelho com comprimento de onda acima de 4 μm são chamadas de radiações de ondas longas, isso porque, como se sabe, o Sol e a Terra emitem praticamente como copos negros a temperaturas aproximadas de 5770K e 300K respectivamente. Pela lei de Wien, que diz que o λ , para o qual a emitância espectral de um corpo negro é máxima, é inversamente proporcional a sua temperatura absoluta. Então, a radiação emitida pelo Sol tem um pico em torno de 0,5 μm , enquanto a Terra em torno de 10 μm . Por esta razão, a radiação solar é denominada de Radiação de Ondas Curtas (OC) e a terrestre de Radiação de Ondas Longas (OL) (Vianello & Alves, 2000).

2.2 – Mangue

As florestas de manguezal cobrem mais de 100.000 km² das costas tropicais do mundo. Esse ecossistema de estrutura peculiar abriga uma grande variedade de plantas, animais e microorganismos, que têm de se adaptar às condições ambientais instáveis, como por exemplo, a mudança constante de marés (Moraes & Costa, 2000). Os manguezais apresentam maior desenvolvimento na faixa litorânea entre os trópicos de Câncer (23° 27'N) e o e de Capricórnio (23° 27'S). Ocasionalmente se estendem até latitudes de aproximadamente 32° N e 39° S, momento na qual apresenta menor desenvolvimento devido ao clima mais rigoroso.

Por ocorrer praticamente em todos os continentes das regiões tropicais e por ser um país tropical e com extensa faixa litorânea, o Brasil possui uma das maiores áreas de manguezais do mundo, ocupando aproximadamente 25.000 km² (Andrade *et al.*, 2003). Os manguezais do Brasil se estendem desde o extremo Norte, no estado do Amapá, até Santa Catarina, no Sul do Brasil. No entanto, a maior concentração de manguezais encontra-se nos litorais do Amapá, Pará e Maranhão, com algumas ocorrências importantes nos estuários do Nordeste, especialmente na Bahia (Ribeiro *et al.*, 2002). Como o manguezal é um ecossistema costeiro, que ocorre apenas em lugares com influência de marés e de água salobra, mistura de água doce e salgada, é comum encontrarmos este ecossistema em regiões estuarinas (local onde um rio deságua no mar), em lagoas e baías. Eles também só ocorrem em pontos da costa onde há depósito de sedimento fino, a argila, daí os manguezais estarem sempre associados à lama (Gruzman, 2004).

Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986) descrevem o manguezal como um pântano tropical de água salobra ou salgada, cuja comunidade vegetal é diferente de qualquer outra localidade. É um ecossistema altamente produtivo, principalmente

devido ao grande aporte de nutrientes vindos dos rios que se depositam em seu sedimento (Gruzman, 2004). Os mangues apresentam-se com grande produtividade biológica, alto teor em matéria orgânica e são habitados por inúmeros peixes, moluscos e crustáceos, que encontram condições ideais para desova e sobrevivência (Andrade *et al.*, 2003). Os manguezais possuem uma fauna bem diversificada com diversas espécies de caranguejos, como o guaiamum, o caranguejo uça e o aratu (Gruzman, 2004). Estes organismos são de fundamental importância para a ciclagem de nutrientes do ecossistema, pois se alimentam de folhas que caem das árvores. Mas as “florestas” de mangues não servem de maternidade apenas para espécies marinhas: fêmeas de aves como pelicano e o guará passam a viver nos manguezais durante a época de reprodução. Outros animais fixam sua residência nesses bosques litorâneos para o resto de suas vidas (Moraes & Costa, 2000). Os manguezais são fontes de armazenamento de vidas que necessitam de água para sobreviver. Quando esse ambiente é alterado, impactos podem proporcionar desequilíbrios irreversíveis sobre a vida. Preservar os manguezais tem uma importância social, econômica e ecológica (Andrade & Costa, 2000). Dessa forma, as áreas de manguezais representam um patrimônio importante, na medida que são consideradas zonas de elevada produtividade biológica e fonte de recursos pesqueiros (Souza & Sampaio, 2001).

Sob o ponto de vista meteorológico, é necessário que seja limitada à forma de exploração dos manguezais, pois a conversão de bosques de mangue em áreas degradadas expõe a superfície à radiação solar direta, causando um ambiente adverso à regeneração das espécies, o que pode conduzi-las à intolerância (Ribeiro *et al.*, 2000). O autor afirma também que as variáveis como temperatura e umidade do ar, são essenciais na manutenção do desenvolvimento dos espécimes do mangue, garantindo suas funções metabólicas. A temperatura é uma variável de

grande importância, pois interfere no balanço de energia no interior dos manguezais, influenciando diretamente na evapotranspiração e demais fluxos energéticos e a umidade específica de grande relevância não apenas no meio físico, mas também no meio biológico, como a proliferação de fungos e microorganismos, que são bastante freqüentes em ambientes com excessiva umidade do ar.

Os efeitos da alteração de manguezal em área degradada influenciam também diretamente no microclima da região e, principalmente, no microclima do manguezal, fato este que altera toda uma cadeia alimentar e, conseqüentemente, no equilíbrio ecológico das espécies que habitam este ecossistema (Moraes & Costa, 2000). Estudos realizados por Ribeiro *et al.*(2000) mostram que a exposição a radiação solar direta na superfície do manguezal degradado causa um maior fluxo de calor sensível para a atmosfera (aquecimento da atmosfera), e uma redução considerável da evapotranspiração, o que já é suficiente para gerar um microclima adverso à regeneração do ecossistema.

2.3 – Radiação Solar

A radiação solar é a quantidade de energia que chega na superfície horizontal terrestre proveniente do Sol (Kolling, 2001). Estudos envolvendo a radiação solar são importantes por ser esta a principal fonte de energia para os processos físicos e biológicos que ocorrem na biosfera (Leitão, 1994). Na meteorologia essa radiação é de fundamental importância, pois interfere nos elementos meteorológicos como a evaporação, evapotranspiração, temperatura do ar, umidade relativa e outros (Souza & Costa, 2002). Dessa forma, a energia solar é a fonte primária de energia para todos os processos terrestre, desde a fotossíntese, responsável pela produção

vegetal e manutenção da vida, até o desenvolvimento de tempestades, furacões e circulação geral da atmosfera (Souza *et al.*, 2003).

A energia solar efetivamente disponível em cada hora do dia às diversas comunidades vegetais é um conhecimento extremamente importante na agricultura moderna, principalmente em estudos fisiológicos (Gomes & Escobedo, 2003). Na superfície terrestre, a mesma é necessária para o crescimento e desenvolvimento vegetal, além de ser fundamental às atividades do ser humano (Menezes & Dantas, 2002). A interceptação da radiação solar pela vegetação determina em grande parte a transpiração e a fotossíntese das coberturas vegetais (Marin *et al.*, 2002). A caracterização da radiação solar dentro do dossel em fragmentos florestais é importante como subsídio para compreender o processo de sucessão em floresta secundária. Entretanto, essa caracterização da radiação solar no dossel de uma floresta tropical é complexa, uma vez que existem várias camadas que interceptam essa radiação e condicionam a distribuição vertical da mesma e das espécies arbóreas (Pezzopane *et al.*, 2000).

A nebulosidade assume um importante papel nos modelos do balanço de radiação e clima. As nuvens reduzem a quantidade de energia solar absorvida no sistema Terra-Atmosfera, tendo em vista que a refletividade das mesmas é bem maior do que a refletividade da atmosfera sem nuvens (Menezes & Dantas, 2002). Aproximadamente 51% da radiação solar incidente no topo da atmosfera incide na superfície terrestre (Ometto, 1981). Este percentual é uma função da interação da radiação com a massa ótica, a qual proporciona os processos de espalhamento e absorção. O processo de espalhamento é responsável pela incidência das componentes direta e difusa, sendo a soma destas, denominada de radiação solar global (Valiati *et al.*, 2001).

2.4 – Radiação Solar Difusa (Rd)

A radiação solar difusa (Rd) é a radiação resultante do espalhamento causado por gases na atmosfera, material particulado e gotas de água em suspensão (Khalil & Alnajjar, 1995). A importância desse tipo de radiação se faz presente em diversas áreas do conhecimento científico. Nos últimos anos, Srivastava *et al.*, 1995; Dal Pai & Escobedo, 2000; Tadros, 2000, vêm estudando o comportamento da Rd, pois para o cálculo da energia solar utilizada no desenvolvimento de projetos de arquitetura, engenharia e na construção de coletores solares, é necessário um conhecimento de extrema relevância dessa componente.

Dal Pai & Escobedo (2001), constatou que a dependência de Rd em relação à massa ótica é o fator mais importante depois do índice de claridade, na estimativa de seus valores. A absorção da radiação solar por partículas de aerossóis e gases resulta em uma notável atenuação da componente solar direta e, conseqüentemente, um moderado aumento na componente difusa (Jacovides *et al.*, 2000). As condições de tempo e clima local, bem como da nebulosidade também são fatores que afetam a radiação solar difusa (Khalil & Alnajjar, 1995).

A mensuração da Rd requer instrumentação mais onerosa devido ao método empregado (anel de sombreamento) e a manutenção exigida (o anel de sombreamento necessita de correções diárias devido à declinação solar) (Dal Pai & Escobedo, 2000). Com isso, tornam-se comuns práticas alternativas pra estimar a Rd, que se dá através de relações empíricas, derivadas de análise estatísticas, de séries temporais da radiação solar global e direta observadas na superfície da terra (Oliveira *et al.*, 2002). Desse modo é que se desenvolvem os vários modelos, descritos na literatura, para estimar a radiação solar difusa. Pôde-se perceber, que

esses modelos apresentam forte relação com o índice de claridade ou transmissividade (K_t).

Por sua vez, o K_t é definido como a razão entre a radiação solar global e a radiação solar que chega no topo da atmosfera (Rensheng *et al.*, 2004). Esse índice vem sendo classificado por vários pesquisadores, com intervalos de K_t diferentes sem especificação da metodologia utilizada (Valiati *et al.*, 2001). Riciere (1998) determinou uma metodologia para obtenção do tipo de cobertura do céu, comparando graficamente a radiação solar global, direta e difusa na incidência horizontal. Notou-se que, no intervalo $0 < K_t < 0,3$; as radiações global e difusa são praticamente iguais, classificando como céu nublado. Para $0,3 \leq K_t \leq 0,65$, as radiações difusa e direta mantêm-se próximas, denominando de céu parcialmente nublado. Para $K_t > 0,65$, a difusa tende a zero, caracterizando condições de céu limpo.

Vários modelos têm sido desenvolvidos para possibilitarem a estimativa de R_d para determinadas regiões da terra. Wenxian *et al.*, (1996) determinaram a R_d mensal, em superfície horizontal, para a província de Yunnan na China. Nesse trabalho, correlacionou-se radiação solar global e radiação solar no topo da atmosfera com vários parâmetros e variáveis meteorológicas, como a umidade absoluta, precipitação, comprimento do dia, brilho solar e cobertura de nuvem, além de levarem em conta latitude e altura do local em relação ao nível médio do mar. Já Srivastava *et al.*, (1995), propuseram uma revisão nos métodos para estimativa da R_d diária e horária em superfícies horizontais. Dessa forma, concluiu-se que o método de Liu & Jordan, comumente citado na literatura, é considerado o mais adequado para estimar R_d diária e horária. Para R_d horária, outros dois métodos também podem ser utilizados, o método de Hottel, que apresenta melhor resultado no horário matutino e o método de Orgill & Holland para período vespertino.

2.5 – Radiação Solar Direta (R_D)

A radiação solar direta (R_D) é a componente da radiação solar global proveniente diretamente do Sol e que não sofreu nenhuma mudança de direção, além da provocada pela refração atmosférica (Santos & Polydoro, 2002).

O conhecimento dos dados dessa componente é considerado essencial para avaliação e detalhamento da eficiência e performance de qualquer sistema de energia solar (Al – Mohamad, 2004). Por isso, devido ao alto custo dos Pireliômetros, instrumentos usados para medir R_D , e ao cuidado que se tem que ter com um contínuo ajuste em relação aos raios incidentes, na maioria dos casos, esse tipo de radiação é estimado ou calculado a partir da Radiação Solar Global e de sua componente a R_d (Al-Mohamad, 2004). Ficou constatado para esse estudo (região da Síria), que a componente da radiação solar direta é equivalente a 70% da radiação solar global. Ultimamente, tem-se estimado a radiação solar direta para céu limpo, usando elevação solar como parâmetro independente (Robledo & Soler, 2000). Dessa forma relações exponenciais têm sido empiricamente desenvolvidas para estimar valores locais de R_D . Por exemplo, Navvab *et al.* (1988) propôs uma dependência exponencial de R_D em relação à elevação solar, do tipo, $R_D = A * (1 - e^{B \cdot \alpha})$, onde A e B são constantes empíricas indicadoras de nebulosidade do céu e α a elevação solar, sendo que nesse caso, o modelo tem aplicação para qualquer condição de céu. Existem também relações polinomiais empíricas proposta por vários autores. Relações de 2º, 4º e até 5º foram expostas ao longo dos anos por Aydinly & Krochmann (1983), Littlefair (1988), Ullah (1996) respectivamente, e através dessas relações consegue-se determinar R_D , para superfície horizontal, em função da elevação solar.

Também vem sendo desenvolvidos modelos para estimar radiação direta sobre florestas e a que penetra nas respectivas florestas (Sellami & Siffaoui, 1999). A penetração da radiação na copa das plantas depende da arquitetura da planta, do ângulo de inclinação das folhas, da idade e história da planta (Rosenberg *et al.*, 1983). Ao penetrar na floresta, a radiação é atenuada de forma não-linear, sendo afetada pela densidade de folhas, de modo que os galhos superiores recebem maior quantidade de luz (Souza *et al.*, 2002).

2.6 – Radiação Solar Global (Rg)

A energia solar que, num dado instante e local, atinge a superfície terrestre é chamada de radiação solar global (Rg) (Da Silva, 2004). Estudos da Rg tem se tornado importante no setor de energia renovável, dando suporte a crise do petróleo, aquecimento global, e outros problemas ambientais, aumentando dessa forma, a necessidade de medidas confiáveis de radiação solar global superficial (Shaltout *et al.*, 2001). Ainda segundo a autora com o decréscimo da elevação solar a atmosfera alonga-se, o que propicia uma maior interação entre a radiação solar e os constituintes atmosféricos. Isso tem como consequência a diminuição da Rg, que tem seu valor reduzido também na presença de nebulosidade. Outro fator que pode diminuir a radiação solar global que atinge a superfície seriam os eventos de poluição do ar, já que a alta concentração de materiais particulados pode causar um redução significativa (10 – 12%) nos valores de Rg (Oliveira *et al.*, 2002).

O melhor método para avaliar Rg em superfície é através de medidas realizadas por piranômetros. No entanto, a rede de estações para o monitoramento da Rg no mundo que usa esse tipo de instrumento, ainda é muito limitada,

principalmente nas regiões tropicais (Souza *et al.*, 2005). Devido a isso é que têm surgido diversos métodos para estimá-la em superfície horizontal. Muitos pesquisadores fazem uso da clássica metodologia proposta por Angstron (1924), para caracterizar o regime de distribuição da radiação solar global para suas respectivas regiões (Pereira *et al.*, 2003). A primeira correlação empírica proposta por Angstron (1924) determinava R_g em função da duração do brilho solar. Esse modelo foi fortemente modificado por Prescott (1940), e a partir daí, passou a ser comumente usado para estimar mais corretamente a R_g (Skeiker, 2005).

Outros modelos tem usado a declinação solar e a latitude na determinação do R_g (Singh, *et al.*, 1996; Sezai & Tasdemiroglu, 1995). Ododo & Usman (1996) desenvolveram um modelo que correlaciona parâmetros meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar e duração do brilho solar. Ertekin & Yaldiz (1999) foram um pouco mais além e derivaram equações para determinação do R_g levando em conta fatores meteorológicos como: duração do brilho solar, nebulosidade média, umidade relativa, temperatura média do ar, temperatura média do solo, precipitação e evapotranspiração média, com fator astronômico declinação solar.

Correntemente, tem sido feito uso do índice de claridade K_t , para quantificar a R_g incidente em superfície horizontal (Meek, 1997). Souza *et al.* (2005), por exemplo, buscou uma relação da R_g em função do K_t para Maceió (Brasil). Os autores constataram que a R_g anual sofre mais influência da variação de cobertura de nuvens do que da declinação solar. Percebeu-se também, através do K_t , que Maceió é tipicamente caracterizada por dias parcialmente nublados.

Jin *et al.* (2005) propuseram uma equação geral que pode ser usada para estimar a R_g em regiões onde foram perdidos dados ou não puderam ser mensurados. Essa equação foi desenvolvida baseada em dados de radiação solar

de 69 estações na China e suas respectivas informações geográficas. Para tornar essa equação válida comparou-se a variação entre a R_g medida e a calculada. Os resultados indicaram que a estimativa por meio desse modelo é bastante confiável.

2.7 – Albedo

Albedo é a razão entre o fluxo de radiação refletido por uma dada superfície em todas as direções e o fluxo incidente sobre ela (Moura, 2000). Ele controla diretamente a partição da energia que chega a superfície, o que o torna responsável por todo processo físico, fisiológico e bioquímico dos ecossistemas. O albedo é, portanto, uma medida adimensional que varia segundo as características superficiais (cobertura do solo e sua umidade), das espécies cultivadas, que implicará em variações no arranjo foliar, na razão entre a radiação solar direta e a difusa e em função do ângulo zenital, que varia de acordo com a época do ano e hora do dia (Correia et.al., 2002; Stanhill et.al., 1968).

Informação sobre o albedo superficial é crucial nos princípios teóricos de diversos processos físicos, agronômicos e biológicos, incluindo evapotranspiração, fotossínteses, respiração autotrófica e heterotrófica, desflorestamento, trocas na temperatura de superfície e variação no clima produzida por atividades humanas (Chelliah & Arkin, 1992; Yin, 1997; Giambelluca *et al.*, 1999; Wang *et al.*, 2002).

O albedo é considerado também um dos mais importantes parâmetros controladores do clima na terra (Davidson & Wang, 2004). Um conhecimento detalhado de como o albedo varia no espaço e no tempo é crucial para entendermos o balanço de radiação global e sua influência no clima e na dinâmica da vegetação (Lucht *et al.*, 2000). De acordo com Davidson & Wang (2004), dados de albedo são tão imprescindíveis que os mesmos passam a ser considerados componentes

chaves nos modelos de circulação geral da atmosfera. Entretanto, em algumas regiões, como em florestas boreais, o albedo sofre grande variação no espaço e no tempo, devido a neve que cobre essa região em determinadas épocas do ano, dificultando uma boa performance dos modelos globais (Vikhamar & Solberg, 2003).

De acordo com Pinker *et al.*(1980), a variação do albedo é primariamente um resultado da natureza da reflexão da componente direta do espectro de radiação solar. Pelo menos três fatores explicam as diferenças no albedo da superfície. O primeiro é a própria condição da superfície; em geral, albedos mais altos estão associados com superfícies suaves, secas e coloração clara, ao passo que albedos mais baixos estão associados com superfícies rugosas, úmidas e coloração escura (Correia *et.al.*, 2002). Devido a isso é que o albedo superficial pode ser alterado por ação antropogênica e natural. No caso de áreas cobertas por vegetação, ele depende da altura das plantas, percentagem de cobertura do chão, ângulo das folhas e do índice de área foliar. O segundo fator que controla o albedo é o ângulo zenital do Sol, o que o leva as variações diurnas acentuadas. O terceiro fator é o estado do céu, com referência particular aos tipos e quantidades de nuvens (Correia *et.al.*, 2002).

O impacto no clima em função da alteração no albedo tem sido muito discutido por vários estudiosos da área (Wang, 2005). Moura *et al.*, (1999) e Querino (2004) estudaram a variação do albedo em áreas de florestas e pastagem na Amazônia, onde perceberam que os valores médios para regiões de florestas são de aproximadamente 13% enquanto na pastagem 18%, o que significa um aumento médio de 38% no albedo quando se altera a cobertura natural por pastagem. Querino (2004), também comparou albedo com Ângulo Zenital na Amazônia, onde notou-se uma grande influência do ângulo para sítios de mesma cobertura vegetal e mesmas condições climáticas.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Área de Estudo

O Complexo Estuário Lagunar Mundaú-Mangaba compreende os Municípios de Maceió, Marechal Deodoro, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba, Pilar, abrangendo todas as ilhas e, no continente, as encostas dos Tabuleiros e Restingas que as circundam. A Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita, local onde foi instalado o experimento, situa-se entre as latitudes de 9°37'30" e 9°47'30"S e as longitudes 35°45'00" e 35°55'00"W ocupando uma área aproximada de 10.346.108 ha, onde foi detectado que 44% da referida área está degradada (IMA, 1993).

O estudo foi realizado com a obtenção de dados provenientes de dois sítios experimentais localizados na ilha de Santa Rita no município de Marechal Deodoro, aproximadamente 15km ao sul da cidade de Maceió – AL, durante o período de outubro de 2004 a setembro de 2005. Os sítios se distinguem um do outro pelo tipo de cobertura vegetal. Um deles apresenta vegetação nativa, mais especificamente floresta de manguezal, enquanto que o outro uma área desmatada de mangue, que teve sua cobertura substituída, para dar lugar a uma plantação de coqueiros e uma vegetação rasteira (capim). Salienta-se que os dois sítios experimentais em questão distam aproximadamente 1km um do outro (figura 2).

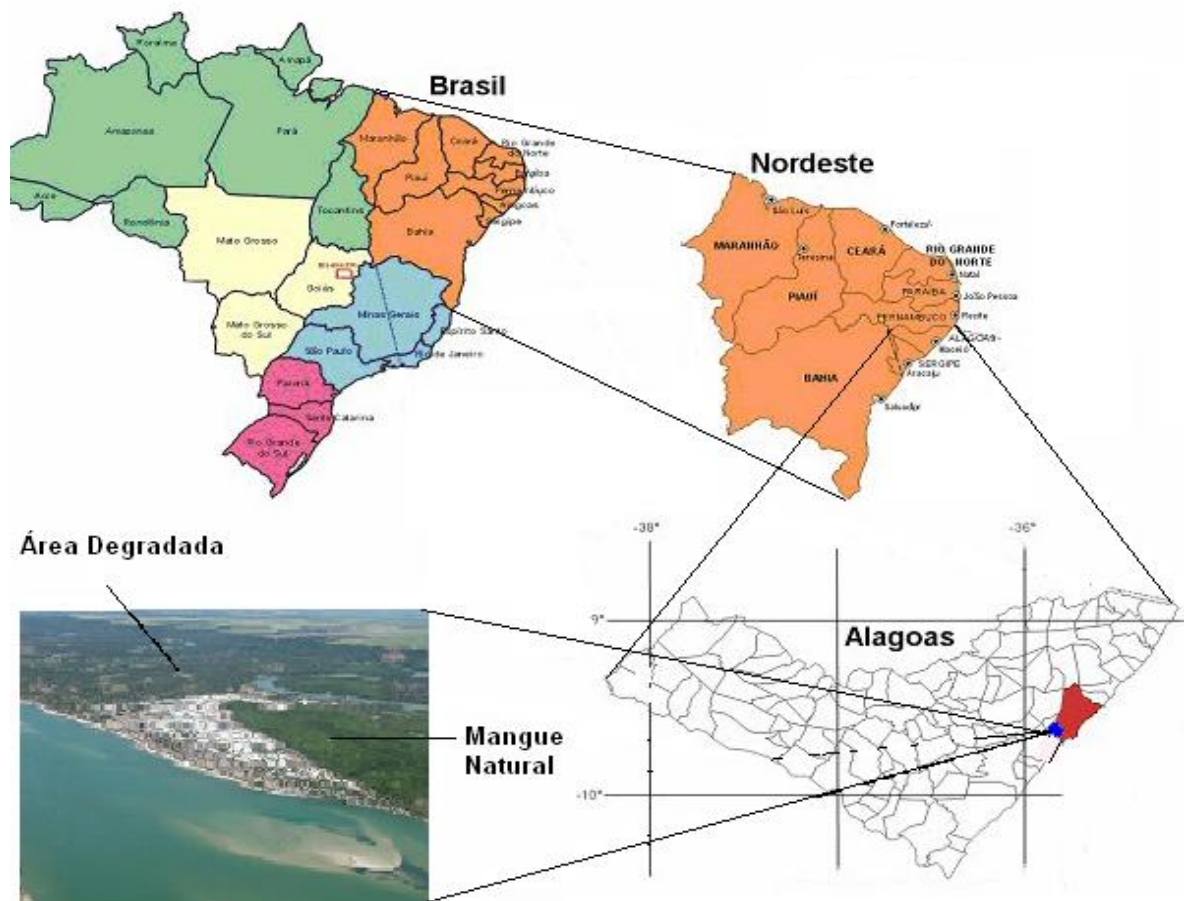


Figura 2 - Localização no mapa e vista aérea das áreas onde estão localizadas as torres de Mangue Natural e Degradado.

3.1.1 – Área de Mangue Natural (MN)

O mangue natural (MN) faz parte da área de preservação ambiental (APA) pertencente ao condomínio Laguna, e está localizada a $9^{\circ} 42' 18''$ S e $35^{\circ} 48' 32''$ W. Dotado de uma área de aproximadamente 416 mil m^2 , o manguezal tem uma flora composta por 2 tipos de árvores predominantes, com uma altura média do dossel em torno de 11,5m (figura 3). Um dos tipos arbóreos são as *Avicennia Germinans L.*, vulgarmente chamada de mangue preto. Esse tipo de vegetação caracteriza - se por ser composto de árvores com casca lisa castanho-claro, que quando raspada mostra cor amarelada. Por outro lado, essas plantas são encontradas em menor número do

que as espécies *Rhizophora Mangle L.*, também conhecida com Gaitera ou mangue vermelho. Esse vegetal se dispõe mais externamente nos manguezais, se restringindo praticamente aos canais e ilhas. Suas cascas são mais ásperas e quando descascadas apresentam uma cor avermelhada (Calado & Sousa 2003).



Figura 3 - Vista do Mangue Natural (MN) onde está localizada a torre micrometeorológica.

3.1.2 – Área Degradada

O Sítio Limoeiro, cujas coordenadas são 9° 36' 38" S e 35° 46' 3" W, é uma propriedade particular com uma área de aproximadamente 310 mil m² onde, praticamente toda ela é destinada a plantação de coqueiro do tipo *Híbrido* (coqueiro mestiço ou anão gigante). Esse tipo de coqueiro é comumente produzido por polinização cruzada artificial, onde geralmente o pai é gigante e a mãe anã. Sendo assim, apresenta fenótipos de fácil distinção da geração parental.

As inflorescências apresentam menos flores que o anão e mais do que os gigantes, e a exemplo destes, não há coincidência temporal na abertura das flores masculinas e a receptividade feminina (Mendonça, 2002). O tripé meteorológico,

para coleta dos dados, foi instalado no centro de uma clareira, cercada por esse tipo de coqueiro, com um raio médio de aproximadamente 125m (figura 4).



Figura 4 - Visão da área degradada onde está instalada a torre micrometeorológica no sítio Limoeiro (SL).

3.1.3 – Análise Físico – Química e Classificação do Solo

As amostras de solo destinadas para análise física e química, foram coletadas utilizando um equipamento denominado de trado. Com esse aparelho foi possível realizar coletas a uma profundidade de até 20 e 30cm nas áreas degradadas e naturais respectivamente. A análise física foi realizado no laboratório de Solo, Água e Energia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade de Alagoas – CECA, já a análise química do material coletado foi destinada para o laboratório particular denominado Central Analítica localizado no bairro de Jaraguá e devidamente credenciado pela EMBRAPA.

No MN, o solo apresenta uma coloração escura, resultante da decomposição de matéria orgânica, e é composto na primeira camada (0 - 10cm) de Areia Franca

(Barro), e a partir daí classificada como Franco-Arenosa (Areia Fina), tabela 1. Já a região de MD o solo analisado apresentou homogeneidade, sendo classificado como Areia – Franca e cujas amostras de ambos revelaram a seguinte composição química:

Tabela 1 – Análise físico - química e classificação do solo quanto sua textura, para área de mangue natura – MN e mangue degradado – MD.

| Determinações | MANGUE DEGRADO | | MANGUE NATURAL | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 0 - 10cm | 10 – 20cm | 0 – 10cm | 10 – 20cm | 20 – 30cm |
| pH | 5,4 | - | 6,1 | - | - |
| P (ppm) | 4 | - | 9 | - | - |
| K (ppm) | 55 | - | 94 | - | - |
| Ca + Mg (meq/100mL) | 3,2 | - | 5,4 | - | - |
| Ca (meq/100mL) | 2,0 | - | 2,5 | - | - |
| Mg (meq/100mL) | 1,2 | - | 2,9 | - | - |
| Al (meq/100mL) | 0,06 | - | 0,05 | - | - |
| H + Al (meq/100mL) | 2,5 | - | 2,6 | - | - |
| Mat. Org. Total (%) | 1,22 | - | 3,31 | - | - |
| Areia Grossa (%) | 61 | 63 | 33 | 36 | 36 |
| Areia Fina (%) | 25 | 24 | 51 | 32 | 33 |
| Classificação Textura I (SBCS) | Areia Franca | Areia Franca | Areia Franca | Franco Arenosa | Franco Arenosa |

3.1.4 – Descrição da Rotina de Observações

A rotina de observação foi baseada na:

- a) verificação duas vezes por semana do funcionamento dos sensores através do acompanhamento dos sinais de entrada no sistema de aquisição de dados;
- b) limpeza das cúpulas dos radiômetros;
- c) ajuste da sombra do anel (medidas de radiação difusa);
- d) determinação da evolução quinzenal das variáveis medidas;

- e) verificação da qualidade dos dados considerando a evolução quinzenal dos parâmetros medidos;
- f) atualização mensal dos arquivos mensais dos dados coletados;
- g) determinação dos totais acumulados mensais de algumas variáveis medidas;
- h) atualização dos gráficos que descrevem as médias mensais e os totais acumulados mensais.

A ausência de dados de algumas variáveis medidas se deve aos problemas logísticos, inerentes a qualquer experimento, que tivemos durante a condução do experimento. Então, a cada 15 (quinze) dias os cartuchos de memórias “Storage Module” eram trazidos ao laboratório, descarregados e em menos de 24 horas deveriam ser reconectados ao Datalogger.

3.2 – Dados

3.2.1 – Parâmetros Mensurados

A medição dos dados experimentais de Radiação Solar Global (R_g), sua componente Difusa (R_d) e albedo superficial (α) foram feitas por meio de vários piranômetros instalados em estações micrometeorológicas dentro e fora do mangue, para que se pudesse observar, as variáveis acima citadas, no interior do mangue natural e externamente. A aquisição dos dados foram feitas a cada 10 segundos por dataloggers CR10X e 21X e suas médias armazenadas a cada 5 minutos em Storages do tipo SM192, SM716 e SM4M, todos da Campbell Scientific, e eram descarregados quinzenalmente em microcomputadores no Departamento de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Para medir a Radiação Solar Difusa Interna e Externa, utilizaram-se dois piranômetros da Kipp e Zonen, modelos CM5, equipados com um anel de

sombreamento de 10cm de largura por 80cm de diâmetro, para evitar incidência de radiação solar direta sobre a cúpula do instrumento. Esse anel, em sua parte externa, é pintado de branco para evitar aquecimento, enquanto que a parte interna é pintada de preto fosco, o que evita dessa forma, que haja reflexão da radiação (figura 5).

Utilizou-se também dados de Insolação medidos na estação meteorológica de Maceió (nº82994, Lat. 09,04 S e 35,24 W), para dar uma melhor fundamentação na análise de nebulosidade.



Figura 5 - Piranômetro Kipp e Zonen equipado com anel de sombreamento para medir a radiação solar difusa (R_d).

Os piranômetros destinados a mensurar a R_g foram do modelo SP – LITE da Campbell Scientific, cujo tempo de resposta é abaixo de 1 segundo, e apresenta um desvio máximo estimado em $\pm 1\%$ para cada 1000 W.m^{-2} .

Na coleta dos dados de albedo, utilizaram-se dois piranômetros, da Campbell Scientific, modelo LI200SZ com suas cúpulas voltadas para baixo. Esse instrumento apresenta um desvio máximo de $\pm 1\%$ para cada 3000 W.m^{-2} e é dotado de uma acurácia de $\pm 3\%$. Destaca-se que no mangue natural, o instrumento foi instalado

acima da copa das árvores, durante todo o período de estudo, o que permite relatarmos o albedo da vegetação natural, e em outubro de 2005, foi colocado um instrumento no interior, para que se medisse a radiação refletida pela superfície interna. O “layout” das estações interna e externa pode ser apreciado na figura 6.

Ressalta-se que todos os instrumentos foram previamente testados e calibrados, no departamento de meteorologia antes de serem colocados em campo.

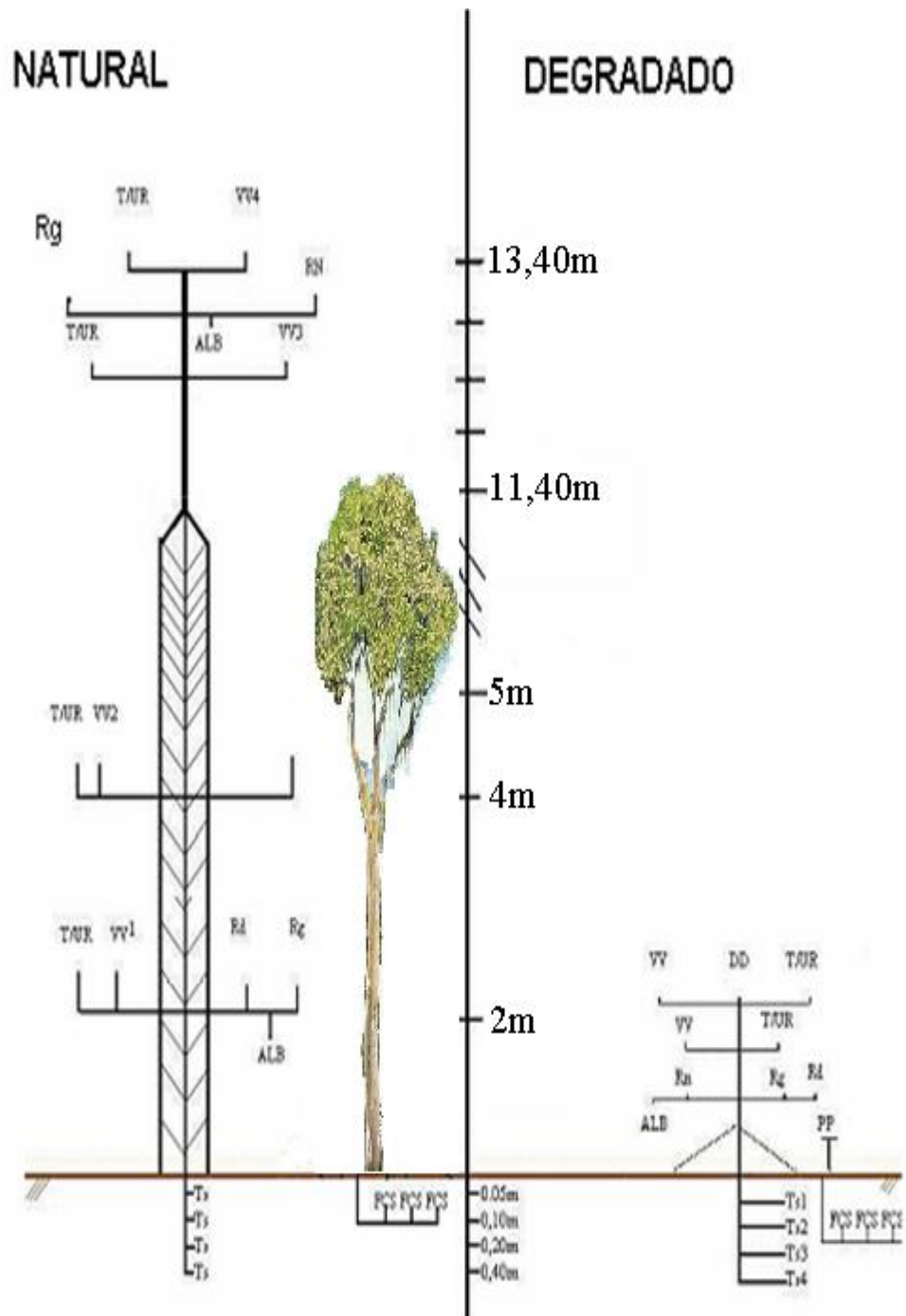


Figura 6 - Layout das estações meteorológicas automáticas instaladas nas áreas degradada e natural, onde ALB significa Albedo, Rg, Radiação Global, Rd, Radiação Difusa, PP precipitação pluviométrica.

3.2.2 – Tratamento dos Dados

Após terem sido escolhidas as variáveis que seriam trabalhadas, estabeleceram-se critérios de filtragem, baseados na literatura e no bom senso. Essas filtragens são relatadas a seguir:

- a) Os valores de R_g , tanto interno como externo foram todos considerados, sendo completamente eliminados os valores negativos e positivos antes do nascer e após o pôr do sol.
- b) A R_d , tanto interna com externa tiveram valores eliminados após plotados todos os registros diários de R_{d_Ext} com R_{g_Ext} e R_{d_Int} com R_{g_Int} para que se pudessem compará-los, eliminando os valores discrepantes de R_d .

Com a validação dos dados foram plotados gráficos utilizando softwares adequados, que proporcionaram uma melhor visualização e interpretação dos dados coletados.

3.2.3 – Parâmetros Calculados e Classificação da Nebulosidade

A Radiação Solar Direta (R_D) interna e externa foi estimada a partir da R_g e R_d , através da seguinte equação:

$$R_D = R_g - R_d \quad (1)$$

O K_t é de grande interesse para a análise das radiações solar (global, difusa e direta), pois de acordo com a quantidade de nuvens haverá um aumento ou uma

redução dessas radiações, Tavares (2005). Para a estimativa desse índice, utilizou-se a relação entre R_g , medida por piranômetros instalados em superfícies, e a radiação solar no topo da atmosfera (R_o) e baseado nisso escolheram-se 4 dias representativos de claro e nublado para um melhor entendimento do comportamento da R_g .

$$K_t = \frac{R_g}{R_o} \quad (2)$$

Na classificação de cobertura de nuvens ou índice de claridade (K_t) que estão dispostos na tabela 2, foram adotados os critérios propostos por Iqbal (1983):

$K_t \leq 0,3$ - dia nublado (NB)

$0,3 < K_t < 0,7$ – dia parcialmente nublado (PN)

$K_t \geq 0,7$ – dia com céu limpo (CL)

Tabela 2 – Dias escolhidos de acordo com o K_t .

| Dias | Índice de Claridade (k_t) |
|-------------|---|
| 17/01 | $K_t \geq 0,7$ (CL) |
| 09/02 | $K_t \leq 0,5$ (PN) |
| 01/06 | $K_t \geq 0,7$ (CL) |
| 31/05 | $K_t \leq 0,3$ (NB) |

Para estimativa da R_o , utilizou-se a expressão definida por Iqbal (1983) que é calculada em função da constante solar ($S_o=1367 \text{ W.m}^{-2}$), raio vetor da órbita terrestre (E_o), latitude local (ϕ), declinação solar (δ) e ângulo zenital (Z):

$$R_o = S_o * E_o * \cos Z \quad (3)$$

onde:

$$E_o = 1 + 0,033 * \cos\left(\frac{2 * \pi * d_n}{365}\right) \quad (4)$$

sendo d_n o dia do ano correspondente ao calendário Juliano. Para o ângulo zenital solar (Z), que consiste no ângulo entre o vetor que liga os centros da Terra e do Sol e o zênite local, utilizou-se a seguinte expressão:

$$\cos Z = \sin \phi * \sin \delta + \cos \phi * \cos \delta * \cos H \quad (5)$$

em que, δ é a declinação solar que é considerada a latitude (celeste) que se encontra o Sol, podendo variar de 0° a $\pm 23^\circ$ ao longo do ano, e é calculada com a seguinte expressão:

$$\delta = 23,45 * \sin\left[\frac{360}{365} * (284 + d_n)\right] \quad (6)$$

O ângulo horário H , que é uma medida indicativa da posição do astro no sistema equatorial horário de coordenadas, e assume valores entre $\pm 90^\circ$, sendo os valores negativos atribuídos para antes e os positivos após o meio dia solar, e

obrigatoriamente igual à zero neste horário (Fattori & Ceballos, 2005), teve seus valores horários obtidos com a seguinte equação:

$$H = \cos^{-1}*(-tg\varphi * tg\delta) \quad (7)$$

3.3 – CLIMATOLOGIA DA REGIÃO

A localização do Nordeste Brasileiro (NEB) faz com que a influência de vários sistemas meteorológicos, atuando de forma diferenciada em relação a sua frequência e intensidade, torne a climatologia da região bastante complexa, uma vez que esta região parece ser o fim de várias trajetórias destes sistemas. A atividade e intensidade desses sistemas são condicionadas à circulação atmosférica que é determinada pela condição térmica dos oceanos (Figueiredo, 2002).

O estado de Alagoas está localizado em uma sub-região do Nordeste que possui grande variabilidade na distribuição pluviométrica devido a sua orografia e sistemas de ventos locais (Figueiredo, 2002). A Normal climatológica para região segundo a Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e irrigação (SERHI), apresenta o período chuvoso compreendido entre os meses de Abril e Julho, enquanto o período seco está compreendido entre Outubro e Janeiro (SERHI, 2003). Os dados coletados durante o experimento condizem com a normal climatologia da região. Contudo, chama a atenção o fato dos meses mais chuvosos Maio e Julho terem sido bastante superiores em relação aos da normal, enquanto todos os outros meses ficaram com precipitação abaixo da média, destacando-se Dezembro e Janeiro que foram extremamente secos (figura 7).

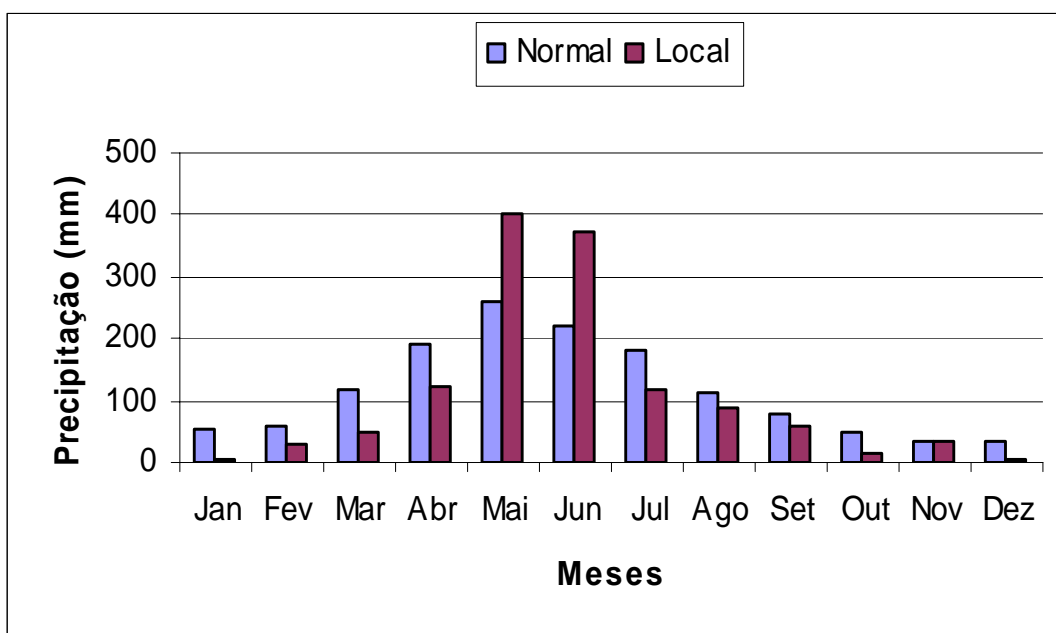


Figura 7 - Comparação entre a normal climatologia da precipitação (mm) para cidade de Maceió – AL e dados coletados na área degradada do experimento.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Radiação Solar no Topo da Atmosfera (Ro)

A determinação e análise da Radiação Global no Topo da Atmosfera (Ro) é essencial, uma vez que, através da comparação com a Rg à superfície, consegue-se caracterizar a qualidade da atmosfera com relação a sua turbidez, além de servir como suporte para os vários métodos empíricos de estimativa da radiação global na superfície.

Averigua-se que o ciclo médio horário anual de Ro para a região de estudo obedece a sazonalidade, com uma variação de até 200 W.m^{-2} (7,5%) entre os períodos de ocorrência de maior e menor máximos (Figura 8). A Ro atinge o máximo de 1.300 W.m^{-2} entre as 9:30 e 14 horas local, valores esses compreendidos entre setembro e meados de março, período abrangente de toda a passagem do Sol pelo Hemisfério Sul e que coincide com a época seca da região. O menor pico máximo (1.100 W.m^{-2}) de Ro ocorre no horário de 11 às 13 horas nos meses entre abril e agosto, época em que o Sol localiza-se mais no Hemisfério Norte, e abrange toda a estação chuvosa regional. Já para as primeiras e últimas horas do dia Ro apresenta pouca variação ao longo do ano, alcançando 900 W.m^{-2} até 8h nos meses de verão, e às 9h no inverno. Esses valores decaem de 900 W.m^{-2} a partir das 15h na época seca e às 14h na estação chuvosa, havendo dessa maneira uma diferença de 1 hora entre as duas estações.

Outro motivo para variação de Ro pode ser atribuído à órbita elíptica da Terra em torno do Sol. Esse movimento permite uma maior ou menor aproximação, periélio e afélio respectivamente, entre a Terra e o Sol em determinadas épocas. Segundo Agência FAPESP (2006), baseada em cálculos da NASA, (Agência Espacial Norte-Americana), a Terra fica separada 147,5 milhões de quilômetros no

mês de Janeiro, e atinge sua máxima distância de 152,6 milhões de quilômetros seis meses depois (Julho). Essa diferença de extensão entre os meses de Janeiro e Julho pode significar uma redução de 7% na quantidade de radiação sobre a terra (Agência FAPESP, 2006), o que condiz com as medições encontrada para esse trabalho.

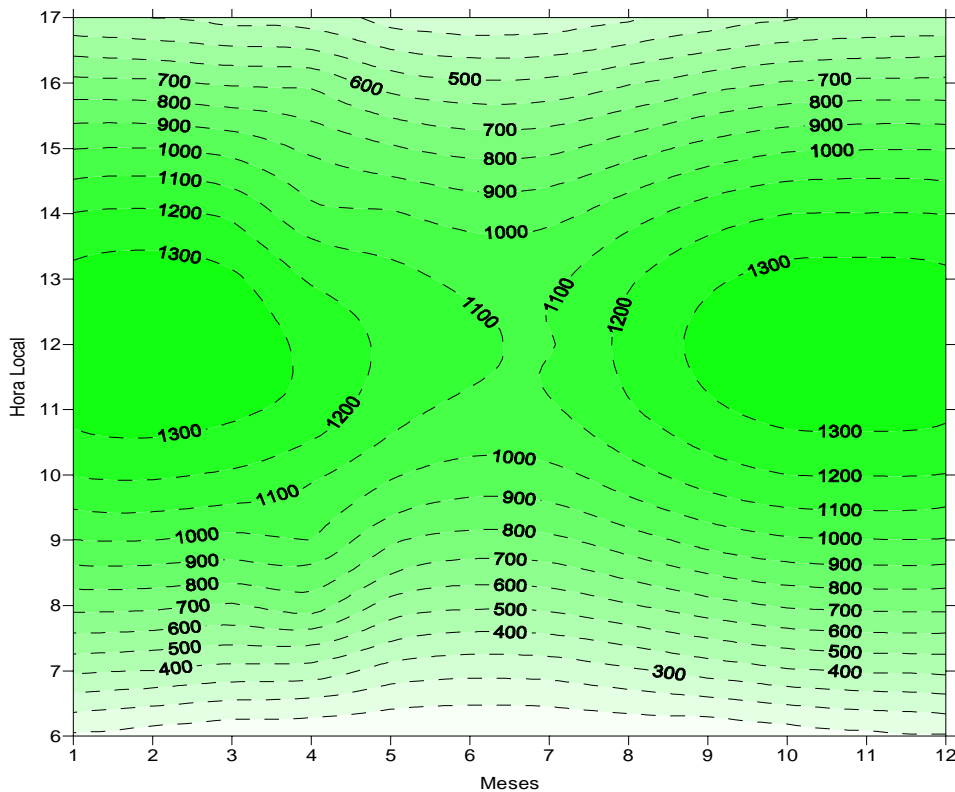


Figura 8 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar no topo da atmosfera (R_o) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

4.2 – Radiação Solar Global (R_g) e suas componentes Direta e Difusa

4.2.1 – Radiação Solar Global Externa (R_{g_Ext}) e Interna (R_{g_Int})

A Radiação Solar Global (R_g) é de extrema importância para o desenvolvimento da vida na Terra, pois, em geral, os ecossistemas transformam a radiação proveniente do Sol em outras formas de energia para o seu desenvolvimento. Essa transformação dá-se através de uma série de processos de

ordem física, química, físico-química e biológica. Devido a isso, se destaca a grande importância de conhecer o comportamento da R_g , fora e dentro de um manguezal, considerado uma área de transição entre ambientes aquáticos e terrestres, sendo dessa forma detentor de uma rica fauna e flora.

Destaca-se para a região em estudo um ciclo diário médio de 12hs para radiação Solar Global Externa (R_{g_Ext}), (figura 9). Com isso o comportamento anual médio da curva de R_g tende a acompanhar R_o . No entanto, os máximos médios são obviamente inferiores ao incidente no topo da atmosfera, apesar de coincidirem nos meses correspondentes. A explicação para a redução de R_g em relação a R_o seria o processo de espalhamento natural sofrido pelos raios nas diversas camadas atmosféricas percorridas até atingir a superfície, ou ainda, segundo Gu *et al.*, (2001), pode ser atribuído às reflexões múltiplas ocasionadas por camadas de nuvens, além também da absorção pelas mesmas.

Diante disso, percebe-se picos médios horários de 900 W.m^{-2} para R_{g_Ext} durante os meses compreendidos entre fim de setembro e março (período em que o Sol encontra-se no Hemisfério Sul), para o intervalo das 10 às 14h, e outro variando de 600 W.m^{-2} , para os meses de abril a julho (período chuvoso). O motivo para esses valores terem sido atingidos no intervalo acima mencionado, é ocasionado por fatores astronômicos. O caminho ótico a ser percorrido pelos raios solares provoca redução na quantidade de radiação que chega a superfície por conta de maior atenuação pela atmosfera, sendo menor nos horários próximos ao meio dia e, por consequência, a incidência de radiação solar à superfície é mais perpendicular, provocando a chegada de mais energia. Esses máximos encontrados são muito próximos aos encontrados por Souza *et al.* (2004) em estudo sobre a R_g realizado na cidade de Maceió, distante aproximadamente 15km do local do experimento. Os autores encontraram, em média, $886,03 \text{ W.m}^{-2}$ para o período seco e $630,19 \text{ W.m}^{-2}$

no chuvoso. Mesmo assim, nota-se que a distribuição (comportamento) médio horário não é simétrico durante todo o ano. Percebe-se que o crescimento da curva é mais acentuado no período matutino, como também os máximos ocorrem aproximadamente as 11:30hs, o que estaria relacionado com o tempo solar verdadeiro, que para esta região apresenta uma defasagem média de 30 minutos.

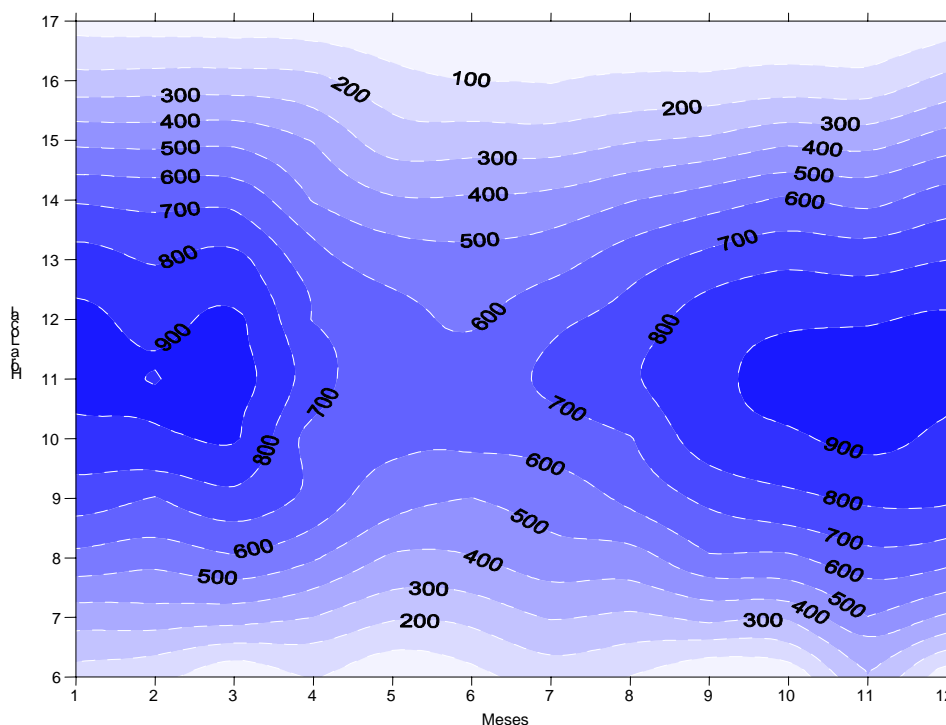


Figura 9 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Global Externa (R_{g_Ext}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

Tanto os valores de R_g relacionados com a sazonalidade quanto com as flutuações diárias, podem ser melhor compreendidos se observarmos o índice de transmitância atmosférica (K_t). Esse índice mostra a condição de nebulosidade que o céu se encontra, nos permitindo observar a influência principalmente da cobertura de nuvens na quantidade de radiação chegando à superfície.

Percebe-se claramente na figura 10 que nos meses de verão no horário de máxima incidência solar o $K_t \geq 70\%$, o que caracteriza uma transmissão atmosférica muito boa, implicando em uma radiação solar atingindo a superfície mais rica em R_D ,

e por conseqüência, com menos R_d . Já nos meses de maio e junho tem-se uma transmitância média inferior a 60%, assinalando-se uma atmosfera menos transparente, absorvendo, refletindo e espalhando mais radiação solar, o que resulta na redução da transmissão.

A diferença no ciclo diário pode ser facilmente compreendida verificando-se as alterações nas condições de turbidez atmosférica, que não só abrange aerossóis como também nuvens. No período matutino, na época seca, tem-se K_t maior do que 60%, sendo dessa forma um céu mais transparente, o que permite que a radiação solar incidente seja menos espalhada na atmosfera e atinja a superfície mais rica em R_D . Já para o período vespertino o K_t apresenta-se abaixo de 50%. Isso já indicaria um tipo de atmosfera menos transparente, por isso que se tem também uma redução da R_{g_Ext} , pois essa condição propicia uma maior reflexão da radiação impedindo que boa parte dela atinja a superfície. O motivo para essa redução na parte da tarde pode ser atribuído a uma maior concentração de aerossóis e nuvens. Estudos recentes indicam que os constituintes minoritários da atmosfera (aerossóis), como o sal marinho, podem afetar de forma relevante o albedo e o balanço radiativo terrestre, uma vez que atuam como núcleos absorvedores e espalhadores da radiação solar de curto comprimento de onda causando uma redução na R_g incidente (Charlson et al., 1992, Kiehl e Briegleb 1993, Box e Trautman 1994, Schneider 1994, apud Rood, 1997), atuando de forma relevante no processo de formação de nuvens em áreas sob influência marítima direta, regiões sujeitas à ação eólica de grande intensidade (Dália *et al.* 2004) como na área aqui estudada, onde Mariano (2006) detectou, uma predominância intensa de ventos de Leste. Esses ventos segundo Dos Santos (2006) são mais intensos entre 10 e 14 horas, trazendo dessa forma, considerável quantidade de aerossóis marinhos que ao chegar na

costa convergem para níveis superiores intensificando a formação de nuvens no período vespertino.

O fenômeno de precipitação além de influenciar nos vários processos de ordem física, química e biológica na superfície da Terra é responsável também pela limpeza da atmosfera, pois no ato da precipitação grande parte das partículas em suspensão retornam para a superfície deixando a atmosfera mais limpa.

Ao se verificar o comportamento anual da precipitação total horária acumulada (figura 11), pode-se perceber que há uma maior intensidade no período de março a agosto, com uma concentração diária em três períodos distintos: o primeiro seria durante toda a madrugada, sendo possível justificar o aumento acentuado da R_g e a maior transmitância no início da manhã, conforme já discutido anteriormente. Esses aumentos se dão pela limpeza na atmosfera, que no amanhecer tenderia a estar mais clara, devido a uma menor concentração de aerossóis, possibilitando uma maior chegada de radiação a superfície, implicando em um segundo pico entre as 11 e 12 horas, devido aos movimentos ascendentes de ar úmido, resultante da ocorrência de pressões atmosféricas mais baixa, por conta de uma maior aquecimento junto à superfície. Já o terceiro ocorre depois das 14 horas, onde são registrados os segundo maiores picos de acúmulos de chuva durante o dia, o que também justifica redução na transferência de radiação solar através da atmosfera na maior parte da tarde, como pôde ser comprovado na figura 10. Durante todo o resto do ano, a precipitação foi melhor distribuída durante o dia, com registros abaixo dos 3mm.h^{-1} e chegando a não ocorrência de precipitação em algumas horas da época seca.

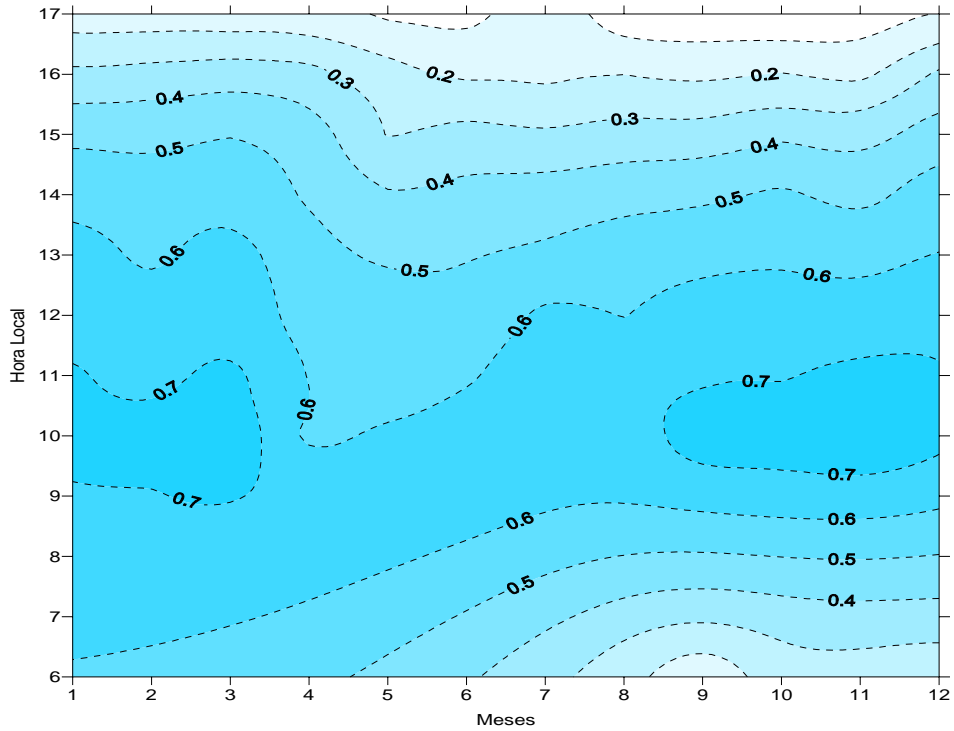


Figura 10 - Ciclo anual médio horário do Índice de Transmitância Atmosférica (Kt) (%) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

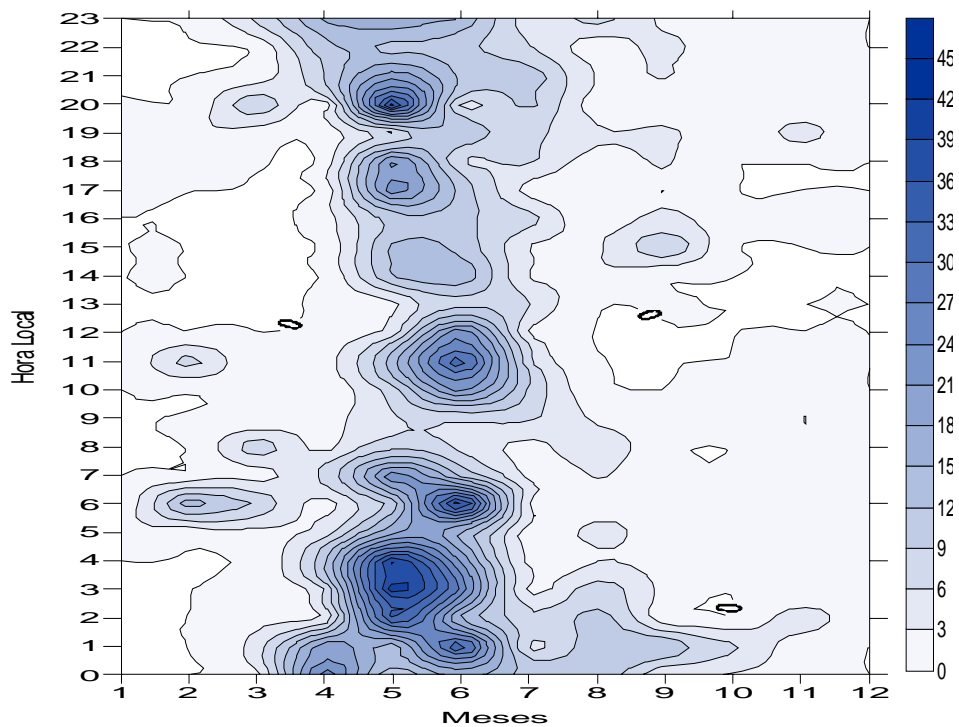


Figura 11 - Ciclo anual do total horário acumulado da precipitação (mm) no período de outubro 2004 a setembro de 2005.

Verifica-se na figura 12a (17/01), que se trata de um dia limpo (claro) dentro da estação seca, comprovado pelo K_t diário igual 0,7, implicando num curso normal da Rg_{Ext} durante o dia, que em seu pico máximo chegou a atingir 1.000 W.m^{-2} , fato comum para época que coincide com o verão. Quando se analisa um dia parcialmente nublado $K_t = 0,5$ (figura 12b) (dia 09/02), observa-se que a transmitância dos raios solares na atmosfera tem forte dependência da nebulosidade provocando uma redução média da Rg de 17%. Ainda na figura 12b, percebe-se um declive abrupto da Rg_{Ext} , onde diminuiu de aproximadamente 1.200 para 200 W.m^{-2} , o que significa uma redução de 83,4%.

A mesma situação pode ser notada para época chuvosa (figura 12c e d), com relação ao comportamento da Rg em dias claros e nublados. O dia 01/06 (figura 12c) apresentou um $K_t = 0,7$ o que o classifica como dia claro, enquanto o dia 31/05 (figura 12d), apresentou um $K_t = 0,3$ sendo dessa forma considerado dia nublado. Se comparar os dias claros dos períodos seco e chuvoso, observa-se uma redução média de 20% no Rg_{Ext} , que segundo Querino (2004) é devido à variação anual do ângulo de incidência do Rg , o que provoca uma variação no caminho ótico a ser percorrido pelos raios solares. Já os dias nublados apresentaram uma redução média de 50%.

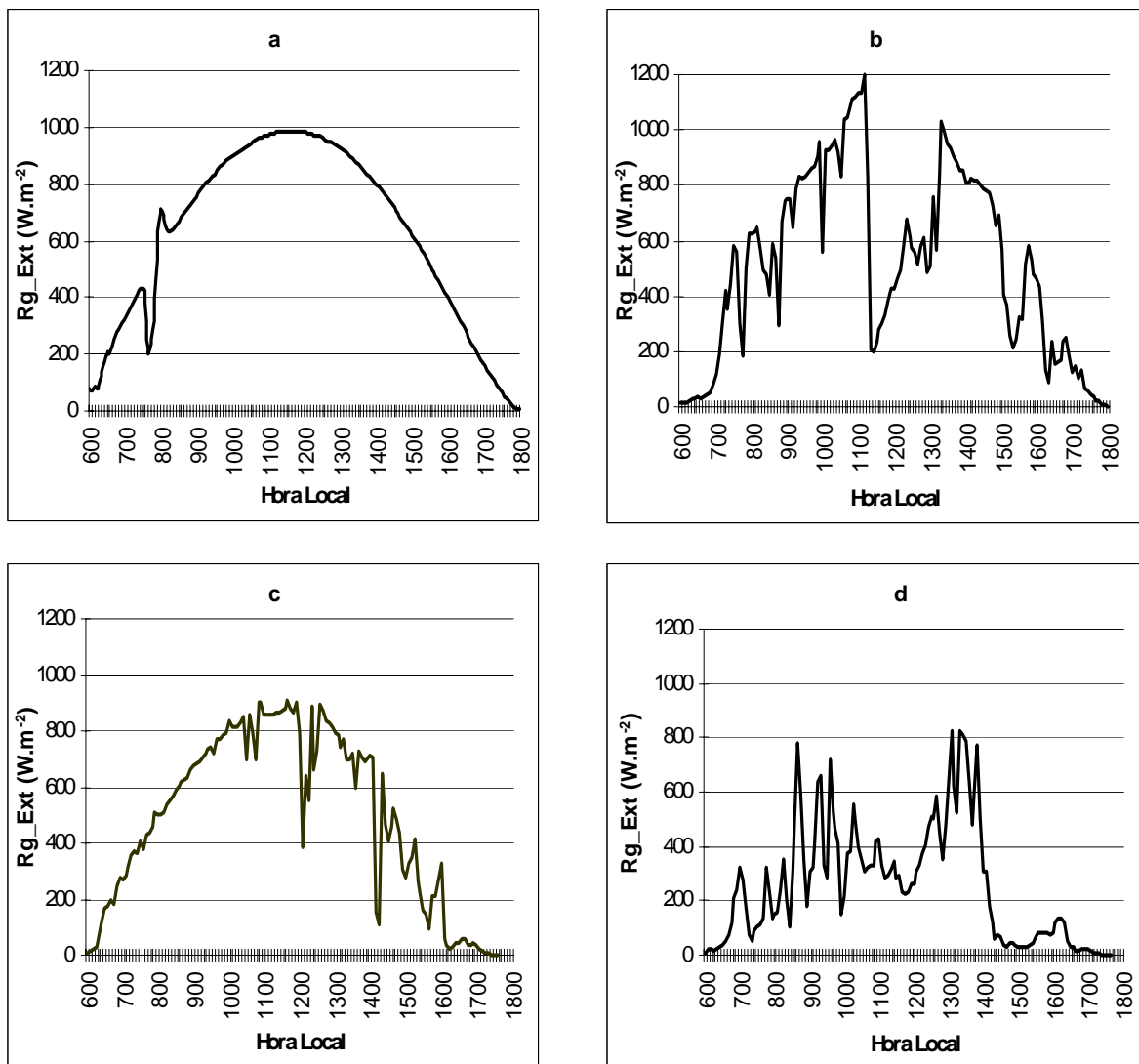


Figura 12 - Comportamento da Radiação Global Externa (Rg_Ext), ($W.m^{-2}$), a cada 5min, na área de estudo nos dias; (a) 17 de janeiro de 2005, (b) 09 de janeiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005.

Um dos fatores mais importantes que influem no microclima é a atenuação da radiação solar pela copa das florestas naturais, por atuar diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais (Hernandes, *et al.*, 2004). Contudo, é importante salientar que a arquitetura do dossel da floresta influencia fortemente na interceptação e na transmitância da radiação solar, estando dessa forma ligada à espécie de árvore (Hardy, *et al.*, 2004).

A princípio, averigua-se que, assim como Rg_{Ext} , a Radiação Global Interna (Rg_{Int}) apresenta um comportamento muito semelhante nos horários de ocorrência de máximos e mínimos além de obedecer a sazonalidade (figura 13). Notam-se três diferentes picos de incidência de radiação solar na superfície do mangue ao longo do ano. Um máximo médio de 300 W.m^{-2} no período de novembro a março, que compreende a época seca e a fase de transição do período seco para o chuvoso. Isso implica em um menor ângulo de incidência (Z) da radiação solar, facilitando dessa forma a penetração por entre os galhos e folhas. Já no período chuvoso da região, entre o equinócio de outono e solstício de inverno no hemisfério sul, o registro máximo de Rg_{Int} foi de 100 W.m^{-2} , implicando em uma redução de aproximadamente 66% entre estes períodos extremos. O fato provavelmente está relacionado a uma maior nebulosidade, pois conforme dados de insolação coletados na estação climatológica principal da cidade de Maceió, que registrou em média $6,4 \text{ h.dia}^{-1}$, acredita-se que provavelmente boa parte dos dias encontrava-se com considerada cobertura de nuvens. Esse alto índice de cobertura de nuvens foi detectado também por Cabús (2002), que percebeu em seu estudo que mais de 60% dos dias do ano encontram-se parcialmente nublado e apenas 12% são considerados dias claros. Essas nuvens tendem a espalhar e refletir a radiação atmosférica, proporcionando redução na quantidade que chega sobre a copa das árvores e dificultando a penetração da radiação solar no dossel do mangue, pois esta é mais dependente da radiação solar direta.

Os máximos médios entre 150 e 200 W.m^{-2} para os meses de setembro e outubro, podem ser atribuídos à fase de transição entre a estação chuvosa e seca, implicando em uma menor nebulosidade além do fato de outubro ser o mês onde ocorre a segunda passagem no ano do Sol sobre o zênite local.

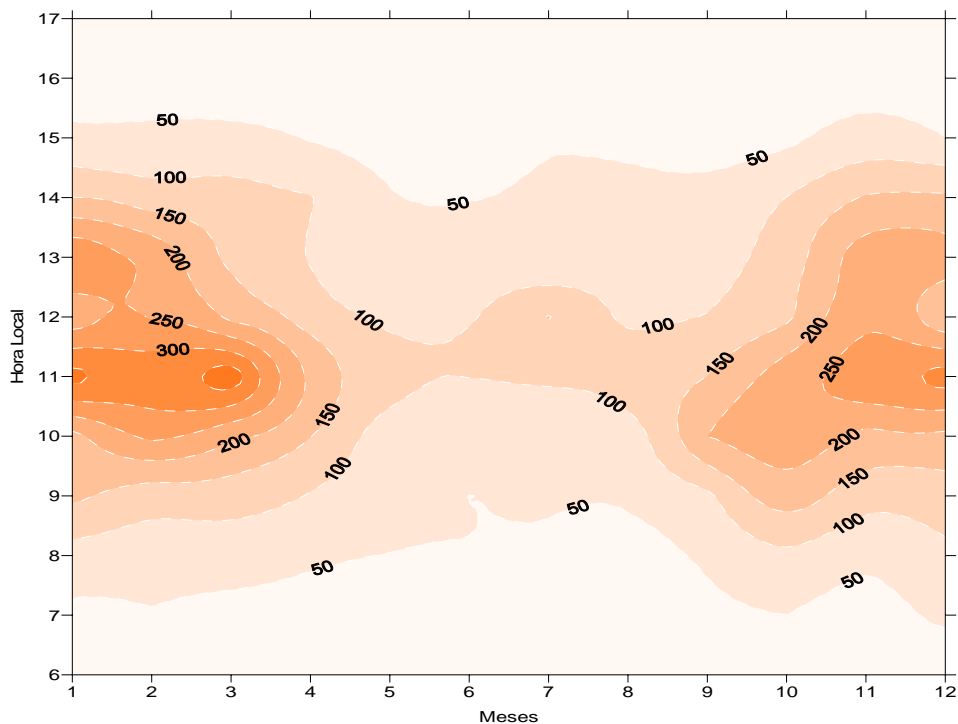


Figura 13 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Global Interna (Rg_Int) ($W.m^{-2}$) no período de outubro de 2004 a setembro de 2005.

Se fizermos a relação Rg_Int/Rg_Ext obtém-se a atenuação da radiação solar ao penetrar na vegetação ou a transmitância através do dossel da floresta. Verifica-se através da figura 14 o comportamento anual dessa transmitância, que nos horários extremos está abaixo dos 10%, sendo os outros 90% atenuado, pelos galhos e folhas. No entanto, para as horas de incidência máxima, observa-se ao longo do ano três distintas variações, o que está de acordo com o Rg_Int . Nos meses compreendidos de dezembro a março, quando o Sol se encontra posicionado sobre o H.S, acontecem as menores atenuações, cerca de 70 a 75% não atinge a superfície do manguezal, ou seja, de 30 e 35%, conseguem romper a barreira natural formada pelas árvores. Para os meses abrangentes da estação chuvosa (maio – agosto) encontra-se o registro das menores máximas médias transmitidas (apenas 15%). Já para os meses de transição entre a estação chuvosa – seca (setembro, outubro) e seca - chuvosa (fevereiro, março) a transmitância por entre o dossel foi entre 20 e 25%, atenuando até 80% da Rg_Ext .

As diferenças dos valores obtidos entre as estações do ano são atribuídas a dois fatores distintos, mas com mesma causa e efeito: o primeiro está relacionado com ângulo de incidência solar, pois de acordo com Hardy, *et al.*, (2004), ele tem forte influência na interceptação e transmissão da radiação solar pelo dossel das árvores; O segundo, é por conta da sazonalidade, pois como fora abordado anteriormente, essa redução implicará também numa diminuição na quantidade de Rg_{Int} .

Alguns autores têm realizado medições de radiação solar no interior de florestas. O que se tem observado é uma discrepância de um tipo de floresta para outro. Schumacher (1992), realizou medições em uma floresta de eucalipto e obteve uma transmitância média de 15,6% no verão e 12,9% no inverno. Na Amazônia, em medições de transmissão de radiação realizadas ao nível do solo, foram verificadas variações de 1,2% em Manaus (Shuttleworth *et al.*, 1984), a 4,7% em Tucuruí (Januário *et al.*, 1992). Pereira (1997), analisando o regime radiativo desse tipo de floresta, citou que menos de 10% da radiação solar que atinge o topo das florestas atinge a vegetação de sub-bosque. Pezzopane (2001), avaliando o microclima de uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa (MG), verificou que a transmissividade média de radiação solar global foi de 12,3%, tendo demonstrado a influência dos estratos superiores na disponibilidade energética no sub-bosque da floresta.

Os valores da literatura aqui apresentados sobre a transmissão de radiação solar em função do tipo de floresta, são todos inferiores aos deste trabalho. Reforça-se que as diferenças existentes para os diversos tipos de floresta estão relacionadas, de acordo com Hernandez *et al.*, (2004), com estação do ano e com estágio fenológico característico de cada tipo de vegetação, principalmente quando se trata de plantas decíduas. Averigua-se que a região de mangue aqui estudada é

caracterizada por árvores compostas de um longo tronco e uma camada de arbusto de aproximadamente 3m de espessura no seu topo, sendo mantido um volume constante de folhas ao longo do ano, não se notando dessa maneira, nenhuma variação das plantas com relação à sua fenologia, não nos permitindo atribuir esta variação de Rg_Int ao longo do ano a queda das folhas, mas sim a Rg_Ext e suas respectivas componentes .

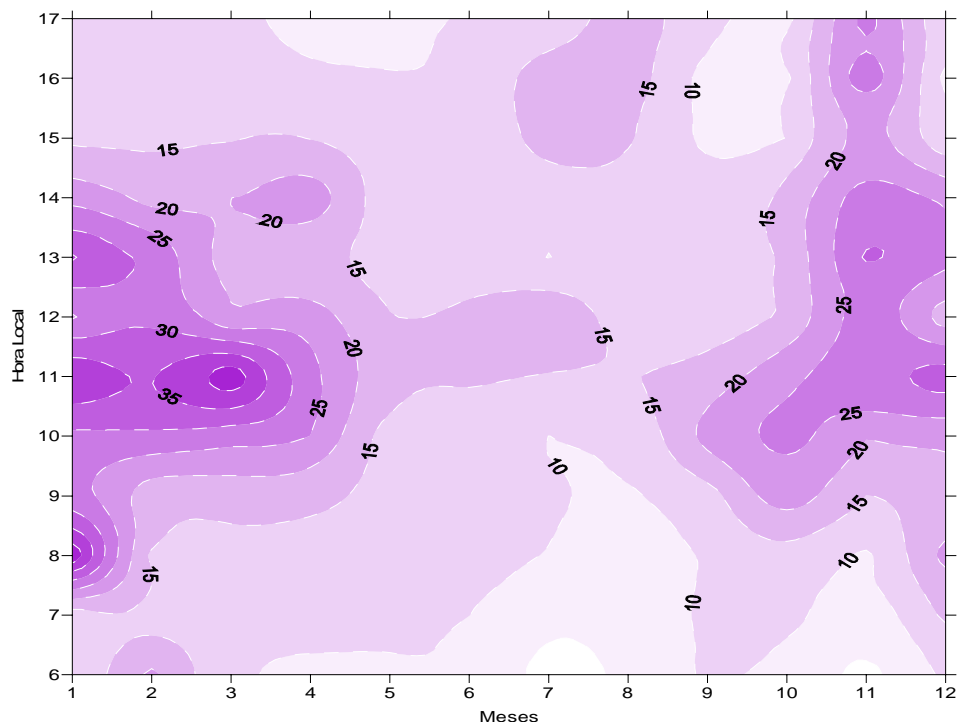


Figura 14 - Ciclo anual médio horário da razão (%) entre Radiação Solar Global Interna (Rg_Int) e Radiação Solar Global Externa (Rg_Ext), no período experimental.

Assim como realizado para Rg_Ext , tomou-se os mesmos dias para se analisarem casos isolados de Rg_Int em dias claros e nublados nas épocas seca e chuvosa. Na figura 15a percebe-se dois picos acima de 700 W.m^{-2} exatamente as 11:30 e 13:30 hs coincidindo nos ângulos de incidência dos raios solares, o que leva a crer que para essa inclinação angular existiam menos obstáculos até o instrumento, portanto provocando pouco sombreamento. Salienta-se que esse

registro é o equivalente a 60% da Rg_{Ext} atingindo a superfície interna do mangue, valor esse muito superior aos relatados por Geiger (1950) e Yoshino (1975) onde afirmam que em geral 80% da radiação solar incidente é interceptada pelas copas das árvores e menos de 5% chega ao piso da floresta. Contudo, ressalta-se que essa estimativa não pode ser generalizada, pois os mesmos devem levar em consideração o tipo de florestas bem como suas características físicas, estação do ano e horário de incidência (Hernandes *et al.*, 2004).

Percebeu-se quando se apreciou a Rg_{Ext} no dia 09/02 (figura 12b) uma forte oscilação em seu registro durante todo o dia. Esse desempenho da Rg_{Ext} implica em alteração no comportamento da radiação interna (figura 15b), onde destaca-se que durante todo o período a Rg_{Int} não ultrapassou os 200 W.m^{-2} salvo em duas exceções, onde registram-se valores acima dos 400 W.m^{-2} e que coincidem também com o horário da máxima encontrada fora do mangue. Essa redução ocorre porque a penetração da radiação solar no dossel de florestas é fortemente dependente da incidência direta na copa das árvores, como o dia em questão é em grande parte nublado a parcialmente nublado, tem-se por consequência, mais radiação espalhada na atmosfera, o que acarreta redução na quantidade de radiação solar que atinge a copa do mangue. O reflexo dessa diminuição externa se faz notado nos fluxos internos onde se registrou $124,2$ e $92,7 \text{ W.m}^{-2}$ para dias claro e nublado respectivamente, implicando em uma redução de 25,6%.

No dia 01/06 verifica-se uma redução de mais de 50% no pico máximo de incidência da Rg_{Int} (figura 15c), sendo registrado 360 W.m^{-2} , enquanto que o dia nublado da época seca, registrou valores superior a 700 W.m^{-2} . Essa grande defasagem entre os períodos seco e chuvoso é também notada quando se analisa as médias diárias no interior do mangue. O valor médio interno do dia claro, na estação chuvosa, não ultrapassa os 60 W.m^{-2} , encontrando-se para estação seca,

uma média de 124 W.m^{-2} , mostrando uma discrepância de 51% entre os dois dias, ocorrida por conta de uma maior inclinação de incidência dos raios solares, pois segundo Hardy *et al.*, (2004), a interceptação e transferência da radiação entre o dossel de uma floresta, dependem, dentre outros fatores, do ângulo de incidência, uma vez que, quanto maior for esse ângulo, mais difícil se torna a entrada de radiação solar por entre os galhos.

Ao se estudar o desempenho Rg_{Int} no dia 31/05 (figura 15d) verifica-se que sua média diária não ultrapassou os 30 W.m^{-2} chegando a ser cerca de 68% menor do que a média diária interna para o outro dia nublado em questão. Nota-se também que após as 14 hs, quando houve uma redução drástica da Rg_{Ext} , o registro de radiação dentro do mangue foi próximo de zero, provavelmente por conta de um maior espalhamento da Rg_{Ext} .

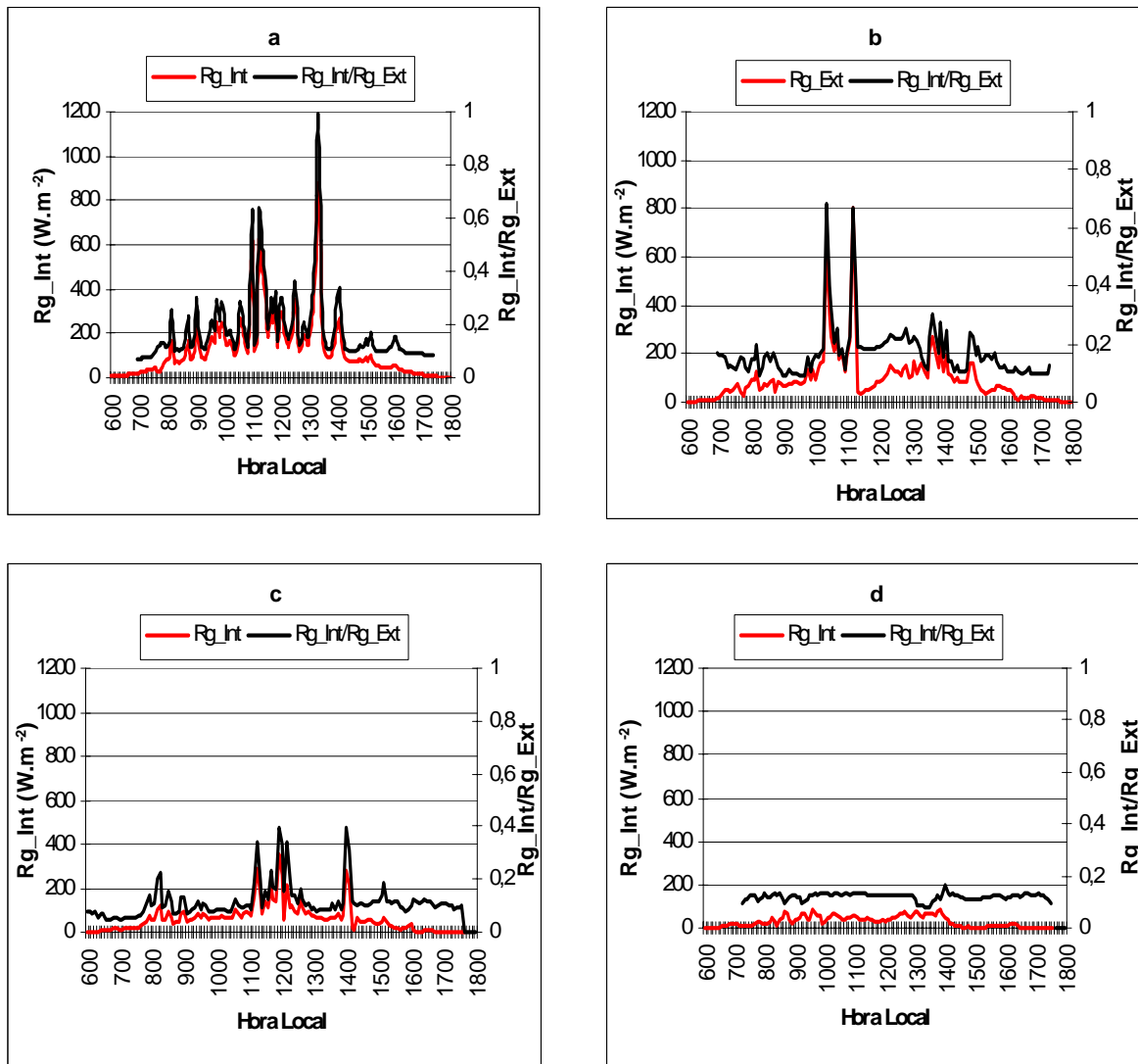


Figura 15 - Comportamento da Radiação Global Interna (Rg_Int), ($W.m^{-2}$) e da relação Rg_Int/Rg_Ext , a cada 5min, sob a área de estudo, nos dias: (a) 17 de janeiro, (b) 09 de fevereiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005.

4.2.2 – Radiação Solar Direta Externa (R_{D_Ext}) e Interna (R_{D_Int})

A Radiação Solar Direta (R_D) é a componente da R_g que atinge a superfície sem sofrer nenhuma alteração de direção além da provocada pela refração atmosférica (Iqbal, 1983). O valor dessa componente na superfície dependerá das condições de nebulosidade da atmosfera e da concentração de aerossóis, pois estes são responsáveis pelo espalhamento radiativo atmosférico.

Devido ao alto custo de instrumentos para se medir R_D , a Radiação Solar Direta Externa (R_{D_Ext}) foi deduzida a partir da R_{g_Ext} e sua componente difusa (R_{d_Ext}), onde qualquer variação nos dados medidos acarreta em mudança nos valores estimados. Esse acontecimento pode ser visto quando se observa o comportamento anual médio horário para R_{D_Ext} (figura 16), onde constatou-se que R_{D_Ext} antes das 7 hs e, em média, após as 16 horas, não ultrapassam os 100 W.m^{-2} , ou seja, 33% da R_{g_Ext} que atinge a superfície durante esses horários. Essa baixa concentração é resultado do espalhamento atmosférico maior no nascer e pôr do Sol, por conta de um maior caminho ótico percorrido pelos raios solares até a superfície terrestre, o que vem a confirmar a teoria defendida no item 4.2.1 de que a atmosfera é mais limpa no período matutino, fazendo com que também a R_{D_Ext} assim como a R_{g_Ext} apresente um crescimento mais acentuado neste período (conforme notado na figura 9).

Os ciclos de máxima incidência de R_{D_Ext} , assim como para R_{g_Ext} , tem um comportamento sazonal mostrando maiores picos nos meses de outubro a março, onde constata-se até 800 W.m^{-2} , ou o equivalente a 88% da componente da R_{g_Ext} . No período abrangente da estação chuvosa, entre maio e julho, o registro de R_{D_Ext} não foi superior a 300 W.m^{-2} , o que corresponde a 50% da R_{g_Ext} . Com isso, tem-se uma redução de 33% entre as épocas chuvosa e seca na região de estudo. O

fenômeno pode ser entendido com um aumento da nebulosidade, no período de maio a julho, como já fora discutido anteriormente para o R_g . A concentração de nuvens nessa época, altera o R_g que atinge a superfície terrestre reduzindo o valor da componente direta da R_{g_Ext} .

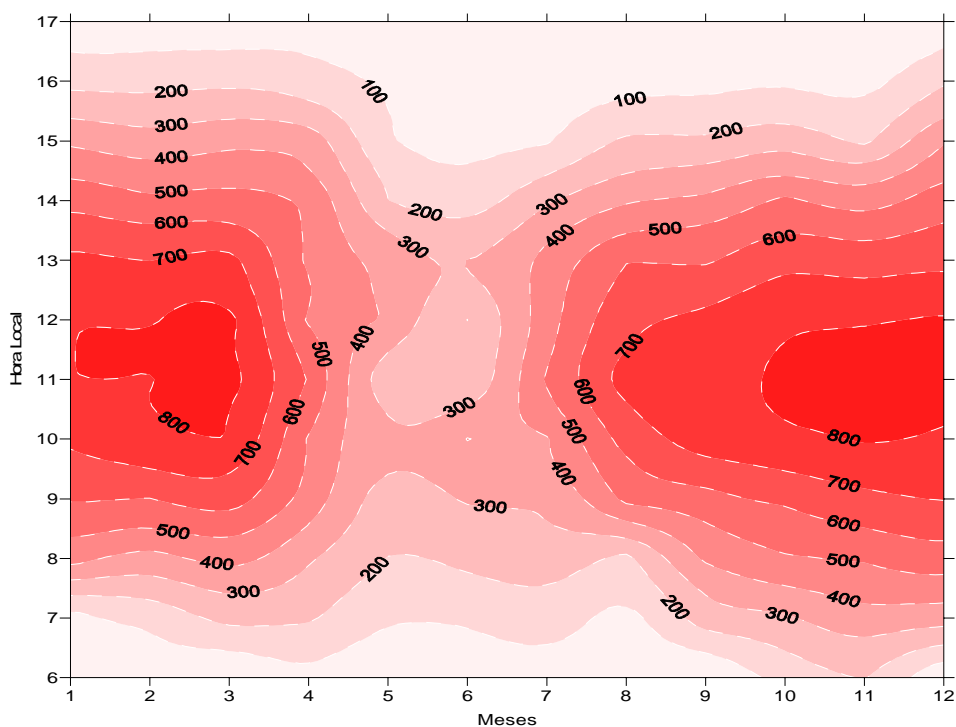


figura 16 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Direta Externa (R_{D_Ext}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

A Radiação Solar Direta Interna (R_{D_Int}) é aquela que além de chegar no topo das árvores sem sofrer nenhuma alteração na atmosfera atinge a superfície do mangue sem sofrer espalhamento proporcionado pelos galhos e folhas das árvores. Geralmente, a quantidade de radiação solar direta interceptada e transferida no dossel, depende principalmente de sua orientação, densidade da planta e estrutura geométrica da copa (Li *et al.*, 2000).

A R_{D_Int} (figura 17) assim como R_{g_Int} e a própria R_{D_Ext} , apresentam variações ao longo do ano obedecendo a sazonalidade. Contudo, ela mostra um comportamento um pouco diferente quanto à quantidade de horas que se tem seu

registro. Nos meses da estação seca e transição seco-chuvosa, nota-se que a quantidade de horas foi muito baixa em relação à máxima incidência direta na superfície do mangue (apenas 6 horas) para um total médio regional de fotoperíodo de 12h. Esse total de horas diminui ainda mais drasticamente no inverno atingindo, em média, somente 2 horas por dia. Entende-se essa oscilação observando-se dois distintos fatores, mas já discutidos anteriormente: o primeiro seria com relação à maior inclinação dos raios solares e o segundo pode ser atribuído a maior quantidade de nuvens encontradas na época chuvosa, o que propiciaria um maior espalhamento da radiação externa e, por consequência, menos radiação direta atingindo a copa do mangue.

Os registros máximos médios de R_{D_Int} ocorrem também na estação seca, ou seja, no verão, chegando a ser constatado até 200 W.m^{-2} no período de novembro a março, entre os horários de 11 às 13 horas. No entanto, o valor máximo médio no período de inverno não ultrapassa os 40 W.m^{-2} , ou seja, 20%. Esses valores mais baixos de R_D no inverno ocorrem porque ao penetrar na copa das árvores, com certa inclinação em relação à normal do dossel, os raios solares têm que percorrer um maior caminho com galhos e folhas, o que acarretaria que a radiação seja mais espalhada e/ou absorvidas por galhos e troncos antes de atingir a superfície.

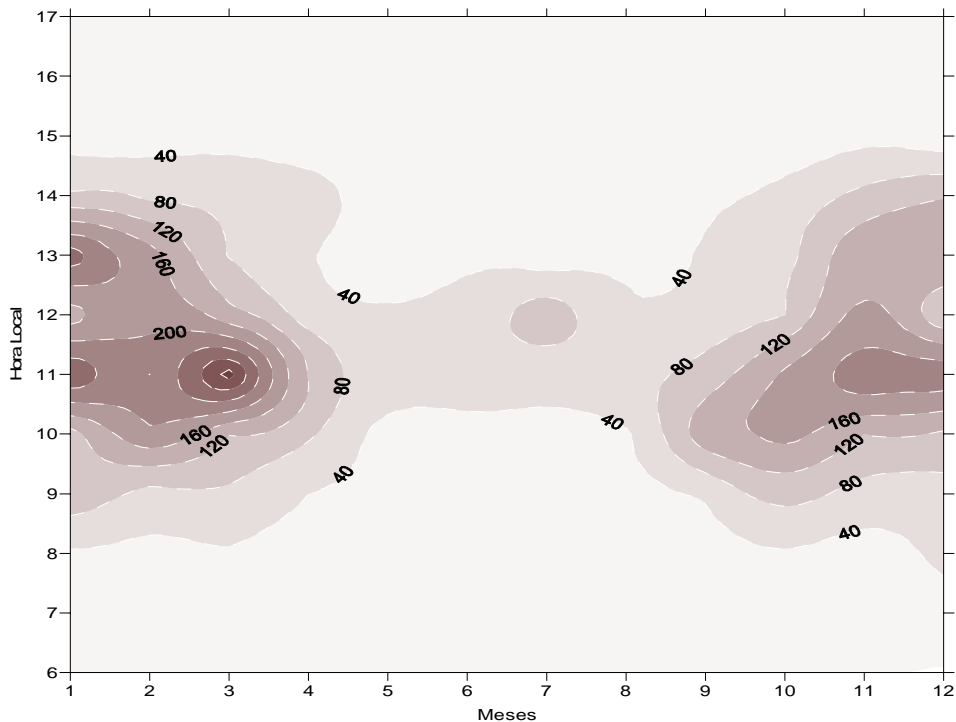


Figura 17 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Direta Int (R_{D_Int}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

4.2.3 – Radiação Solar Difusa Externa (R_{d_Ext}) e Interna (R_{d_Int})

A Radiação Solar Difusa (R_d) é toda radiação que atinge a superfície da terra, proveniente dos diversos espalhamentos sofridos nas camadas atmosféricas provocado pela concentração de gases, material particulado ou até mesmo gotas de água em suspensão. Esse espalhamento da radiação solar resulta em uma notável atenuação da componente solar direta e, conseqüentemente, um moderado aumento na componente difusa (Nicácio, 2002)

A Radiação Solar Difusa Externa (R_{d_Ext}), apresenta comportamento médio mensal contrário a R_D e R_g , pois tende a apresentar suas maiores médias entre maio e junho, enquanto os meses de verão são responsáveis pelo registro das menores máximas (figura 18). A diferença entre esses dois períodos mencionados

chega a ser de 40 W.m^{-2} , pois são registrados médias máximas de 160 W.m^{-2} entre dezembro e março, enquanto no período de maio a junho essas máximas chegam a atingir 200 W.m^{-2} . Percebe-se também um $R_d\text{Ext}$ maior pela manhã antes das 8hs e à tarde após as 15hs. Nesses horários são detectados valores oscilando entre 100 e 130 W.m^{-2} e à tarde há um decréscimo brusco a partir dos 120 W.m^{-2} . Obviamente que nestes horários extremos a $R_g\text{Ext}$ é composta basicamente de $R_d\text{Ext}$, já que a mesma é praticamente igual ou superior a $R_d\text{Ext}$ por conta justamente do já mencionado caminho ótico.

Nicácio (2002), constatou maiores valores de R_d na estação chuvosa, enquanto os menores foram registrados na época seca na cidade de Maceió. Com isso a autora atribuiu que a variação anual da R_d deveu-se a variação da nebulosidade, como pôde-se constatar também para esse estudo. Constata-se também, que a atuação da nebulosidade além de ser notada entre as diferentes estações ocorre em horários específicos do dia, como no período imediatamente após o nascer do Sol e depois das 14hs, conforme já discutido.

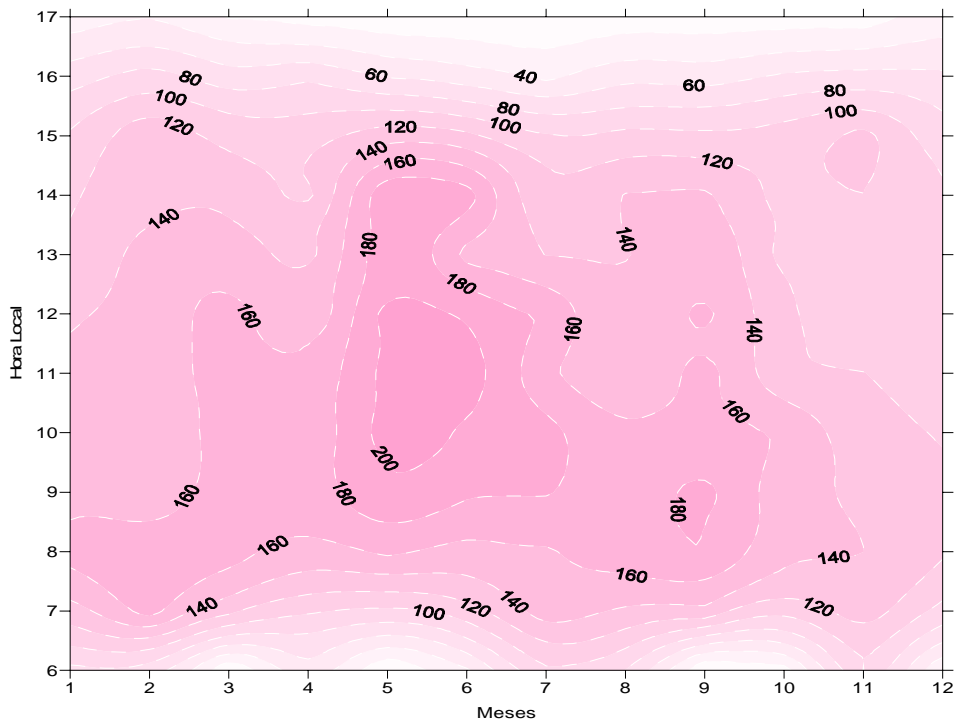


Figura 18 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Difusa Externa (Rd_{Ext}) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

A Radiação Solar Difusa Interna (Rd_{Int}), tem sua intensidade afetada pela elevação solar e estrutura da copa da árvore. Hutchison & Matt (1977), sugeriram que a porcentagem da radiação difusa sob a copa das árvores aumenta com a cobertura. Enquanto isso, Campbell & Norman (1998), afirmam ainda que a Rd_{Int} pode ser mais eficientemente utilizada na fotossíntese do que a R_D .

A Rd_{Int} tem um comportamento melhor definido do que a Rd_{Ext} , pois verifica-se claramente uma melhor simetria no decorrer do dia (figura 19). Os mínimos médios diários são notados antes das 7hs e após as 16hs, onde pode-se constatar um valor abaixo de 30 W.m^{-2} no verão e de 10 W.m^{-2} no inverno. Já o máximo médio diário, ocorre entre as 10hs e 13hs, na estação seca, onde se verifica valores entre 70 e 90 W.m^{-2} , e máximo de apenas 30 a 40 W.m^{-2} , das 9hs às 14hs, no período chuvoso. Verifica-se também um decréscimo mais abrupto no período da tarde, não condizendo com o crescimento ocorrido pela manhã. O fato ocorre porque

com o aumento de nuvens à tarde, relatados por Cabús (2002), e precipitação. Como os notados na figura 11, há uma redução na R_{D_Ext} que atinge a copa do mangue, impedindo dessa forma que a radiação penetre e se espalhe com mais facilidade por entre as árvores.

Se comparado com o R_{D_Ext} , a radiação difusa no interior do mangue no verão é 44% menor do que a externa, enquanto no inverno esse valor alcança os 80%. Ao contrário do R_{D_Ext} , onde registrou-se maiores valores nos meses chuvoso e menores no verão, a R_{D_Int} apresenta uma situação adversa. Sua evolução média anual tende a diminuir do verão para o inverno. O fenômeno pode ser atribuído ao fato de que, ao passo que se tem uma maior R_{D_Ext} passa-se a ter uma menor quantidade de radiação direta atingindo a copa do mangue. Dessa forma acredita-se que quanto mais espalhada à radiação na atmosfera mais difícil se torna a sua chegada no interior do mangue. Daí o motivo para se ter essa relação inversa quando se compara R_{D_Ext} com a R_{D_Int} .

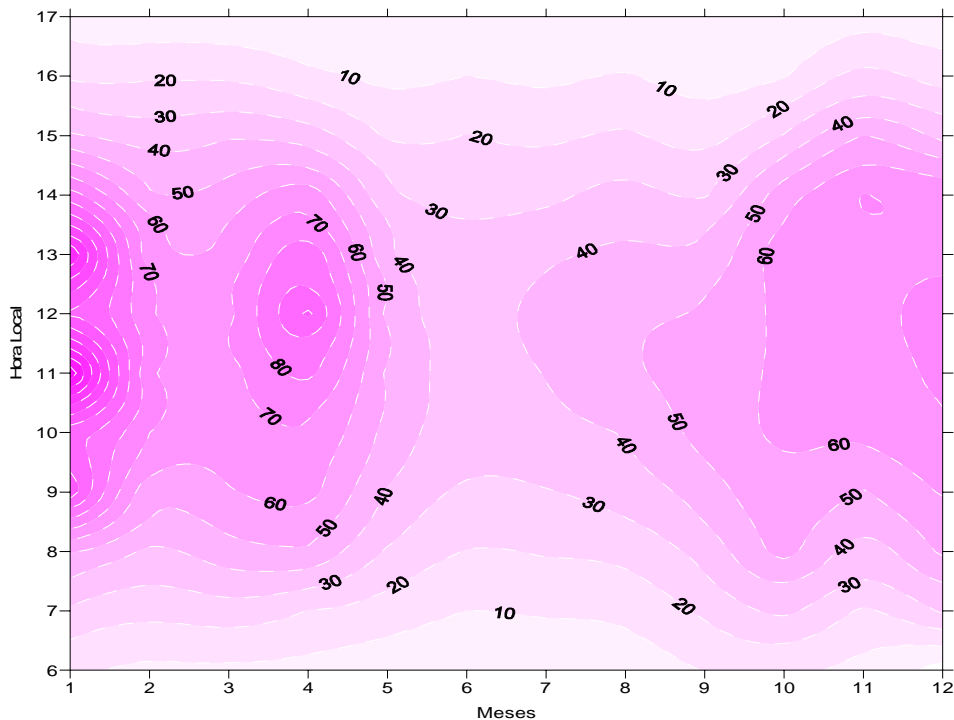


Figura 19 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar Difusa Interna (R_d_{Int}) ($W.m^{-2}$) no período de outubro 2004 setembro de 2005.

Após análise do comportamento anual da R_d_{Ext} e R_d_{Int} , bem como da componente direta, dentro e fora do mangue, aprecia-se para uma melhor fundamentação o comportamento dessas componentes em dias específicos, tomando como base os dias já discutidos anteriormente.

Percebe-se na figura 20a para o dia claro da época seca (17/01) um valor de R_d_{Ext} muito elevado, atingindo um pico de $900 W.m^{-2}$ próximo do meio dia com um comportamento bastante simétrico durante todo período, o que condiz com observação feita por Kondratyev (1969), onde se mostrou que a radiação solar direta tem uma variação diária simples, aumentando até atingir um máximo em torno do meio dia e decrescendo no período da tarde. Pode-se ainda averiguar na mesma figura o comportamento da R_d_{Ext} , onde verifica-se pouca oscilação durante todo dia, tendo um leve aumento apenas na hora de decréscimo da R_d_{Ext} , chegando a um máximo de $120 W.m^{-2}$. A incidência média para esse dia foi de $546 W.m^{-2}$ e 69

W.m^{-2} para R_{D_Ext} e R_{d_Ext} respectivamente, o que corresponde a uma diferença de 477 W.m^{-2} entre as duas. Isso significa especificamente que para um dia claro dentro da época seca, a fração difusa da R_g é de apenas 12,6% e os outros 87,4% atribuídos à incidência da componente direta. Esse percentual encontrado enquadra-se no intervalo proposto por Sem & Tan (2001), onde afirmam que a R_d consiste em 10 a 29% da R_g em um dia limpo.

Na figura 20b tem-se o desempenho da R_{d_Ext} e R_{D_Ext} para uma situação de céu parcialmente nublado, onde verifica-se uma média diária de 425 W.m^{-2} e 110 W.m^{-2} para R_{D_Ext} e R_{d_Ext} , respectivamente. Quando comparado com os resultados encontrados do dia claro verificou-se uma redução de 22% na componente direta e um aumento de cerca de 37% na difusa. Essa redução e esse aumento significativo nas componentes foi explicado por Gushchina (1963), citado por Kondratyev (1969), onde se afirmou que R_d tem um aumento pronunciado na presença de nuvens.

O comportamento das componentes da R_g para dia claro, dentro do período chuvoso (01/06), pode ser contemplado na figura 20c. Como era esperado o pico máximo ocorre próximo do meio dia local, atingindo 747 W.m^{-2} , valor esse cerca de 17% menor ao encontrado para o dia em mesma condição dentro da época seca. Essa redução implicou também em uma diminuição na média horária que foi de 421 W.m^{-2} significando uma redução de 23% entre suas médias diárias. Apesar de se tratar de um dia claro, visualmente averigua-se pela parte da tarde uma grande variação quanto à condição de nebulosidade. De acordo com Sem & Tan (2001) a R_d em instantes completamente encoberto, corresponde à cerca de 100% da R_g . A média diária para R_{d_Ext} foi de 99 W.m^{-2} , ou seja, 30% superior a média do dia 17/01, possivelmente por duas razões: a primeira, provavelmente por conta de uma

maior nebulosidade no período da tarde e a segunda por conta de um maior caminho ótico percorrido, conforme discutido anteriormente.

Constata-se na figura 20d que a R_D_Ext não apresentou tão boa simetria quanto nos dias claros, variando bastante entre picos altos e baixo, sendo o maior registro de 670 W.m^{-2} e média horárias de 156 W.m^{-2} , 36% inferior ao dia nublado na estação seca. Já a Rd_Ext apresentou um leve aumento em sua média diária 116 W.m^{-2} , o que correspondeu a uma elevação de 5%.

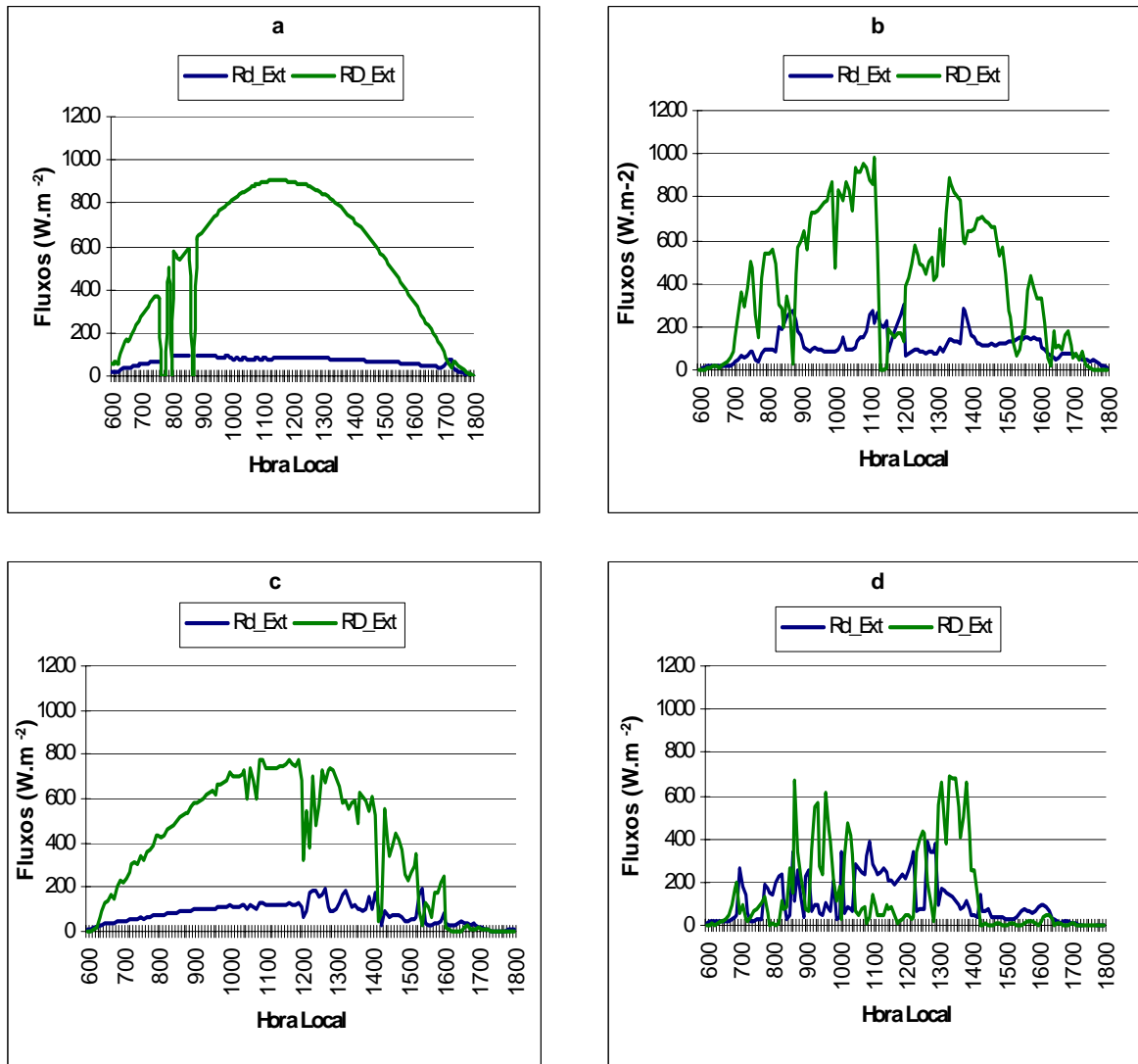


Figura 20 - Comportamento da Radiação Direta (R_D_Ext) e Difusa (Rd_Ext), Externa ($W.m^{-2}$), a cada 5min, sobre a área de estudo, nos dias; (a) 17 de janeiro, (b) 09 de fevereiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio de 2005.

Como todas as outras análises em dias isolados, fazem-se extremamente importante, observar o comportamento das componentes da radiação solar no interior do manguezal. Verifica-se na figura 21a o desempenho da R_D_Int e Rd_Int onde suas respectivas médias diárias são de 84,86 e 40,11 $W.m^{-2}$, o que significa que em uma dia claro a Rg_Int é composta por 31,66% de Rd e 68,34% de R_D .

Contudo, pode-se perceber uma redução considerada quando se comparam as médias em dias claros para épocas distintas. Na figura 21c (dia 01/06) notam-se que as medias foram bastante inferior as do dia 17/01. Percebeu-se uma redução de aproximadamente 35% na incidência de R_{d_Int} e um valor maior ainda quando se trata de R_D , cerca de 56%. Para esse caso, mais uma vez, a influência do ângulo de incidência se faz presente.

Já a análise para os dias nublados em épocas distintas pode ser feita apreciando as figuras 21b e 21d, dias 09/02 e 31/05 respectivamente. No dia 09/02 registrou-se uma R_{d_Int} média de 42 W.m^{-2} , enquanto que R_D não ultrapassou os 50 W.m^{-2} , o dia 31/05 teve seus valores bem menor, registrando uma R_{d_Int} média de $21,15 \text{ W.m}^{-2}$ e R_D de $9,18 \text{ W.m}^{-2}$. Esses valores mostraram uma diminuição bem maior do que dias claros em épocas distintas, pois essas médias mostram uma redução de 50 e 81% para R_d e R_D , registros esses consideravelmente superiores aos dos dias 17/01 e 29/02.

Verifica-se também que a relação R_{g_Int}/R_{g_Ext} tende a apresentar maiores valores na época seca, confirmando a teoria de que a radiação solar global tem sua penetração mais favorecida quanto menor for o ângulo de incidência.

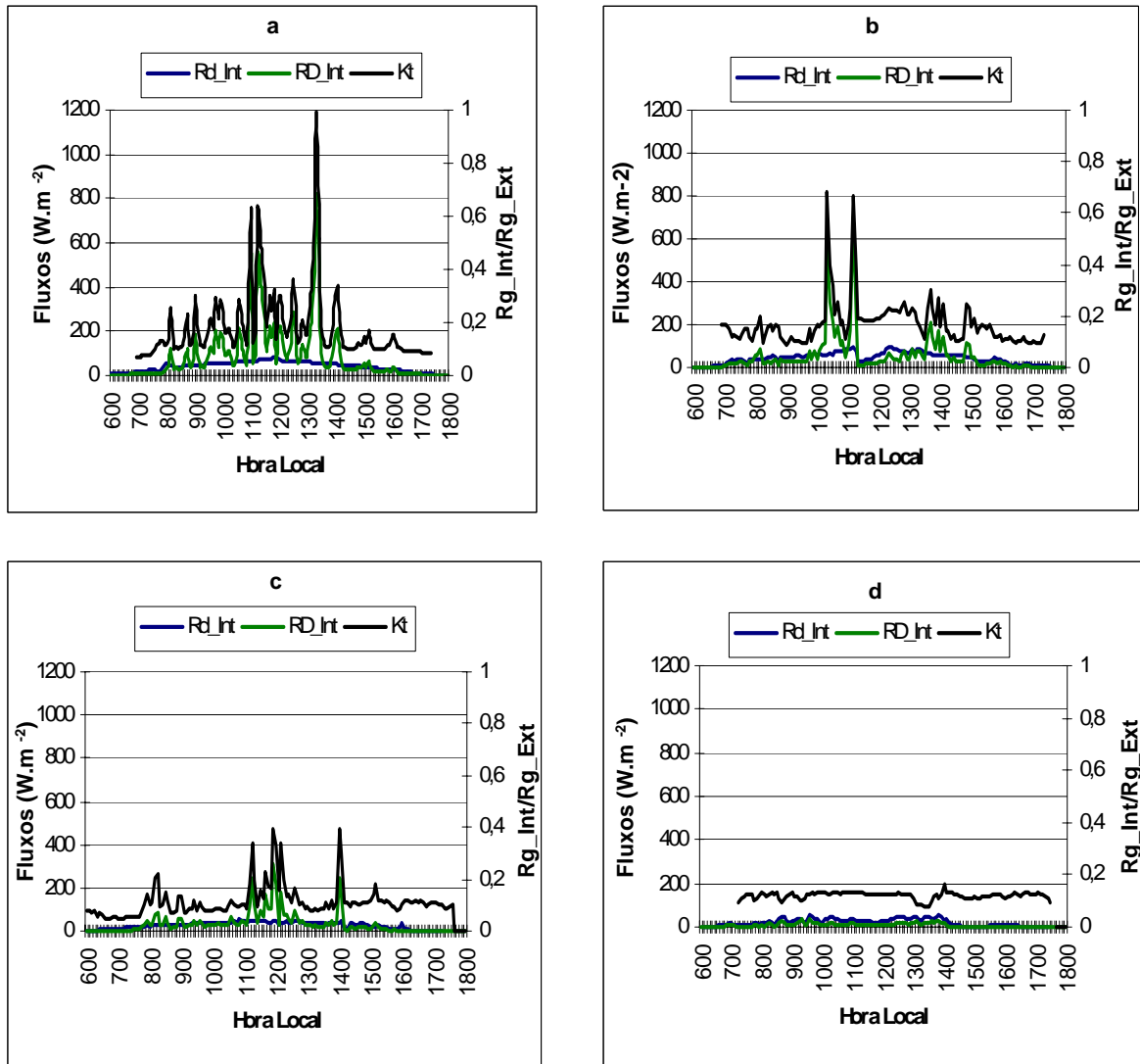


Figura 21 - Comportamento da Radiação Direta (R_D_Int) e Difusa (Rd_Int) Interna, ($W.m^{-2}$) e da relação Rg_Int/Rg_Ext , a cada 5min, sobre a área de estudo, nos dias; (a) 17 de janeiro, (b) 09 de fevereiro, (c) 01 de junho e (d) 31 de maio, de 2005.

4.3 – Albedo para Mangue Natural (Alb_Nat) e Degradado (Alb_Deg)

O comportamento da radiação solar que atinge a superfície tanto do mangue natural como do degradado, passa a ser de extrema importância para se avaliar possíveis impactos microclimáticos que a degradação de áreas naturais, seja ela de

florestas tropicais ou de áreas alagadas com florestas de mangues, podem causar. Por isso o estudo do comportamento do albedo para as duas áreas, passa a ser peça fundamental, pois alteração na cobertura vegetal, gera por consequência mudança no albedo, provocando dessa forma mudança indesejáveis no balanço energético.

Acreditava-se que o albedo do mangue natural (Alb_Nat), tendesse apresentar valores próximos aos de uma floresta tropical, contudo, não foi isso o constatado. Verifica-se que durante praticamente todo ano no horário entre 9 e 14hs o Alb_Nat foi, em média, de 18% (figura 22). O fato de permanecer constante ocorre porque de acordo com Moura *et al.*, (1999), a assimetria da curva do albedo para floresta na Amazônia não tem relação com o ângulo zenital, uma vez que ela estaria mais relacionada à geometria da copa ou ao tipo de planta. Essa relação com o tipo de planta e a geometria da copa, pode ser o motivo pelo qual o albedo para a floresta de mangue apresenta-se, em média, maior do que os registros para florestas tropicais, como a Amazônia, por exemplo, pois a densidade do dossel na Amazônia é bem maior se comparada com o mangue em questão, retendo mais radiação do que refletindo. Para floresta amazônica, Querino (2004) e Moura *et al.*, (1999) verificaram que o albedo sobre o dossel é em média de 13%, ou seja, aproximadamente 5 pontos percentuais mais baixo do que as médias desse estudo e 10 pontos percentuais mais baixo do que a média máxima encontrada que foi de 24%.

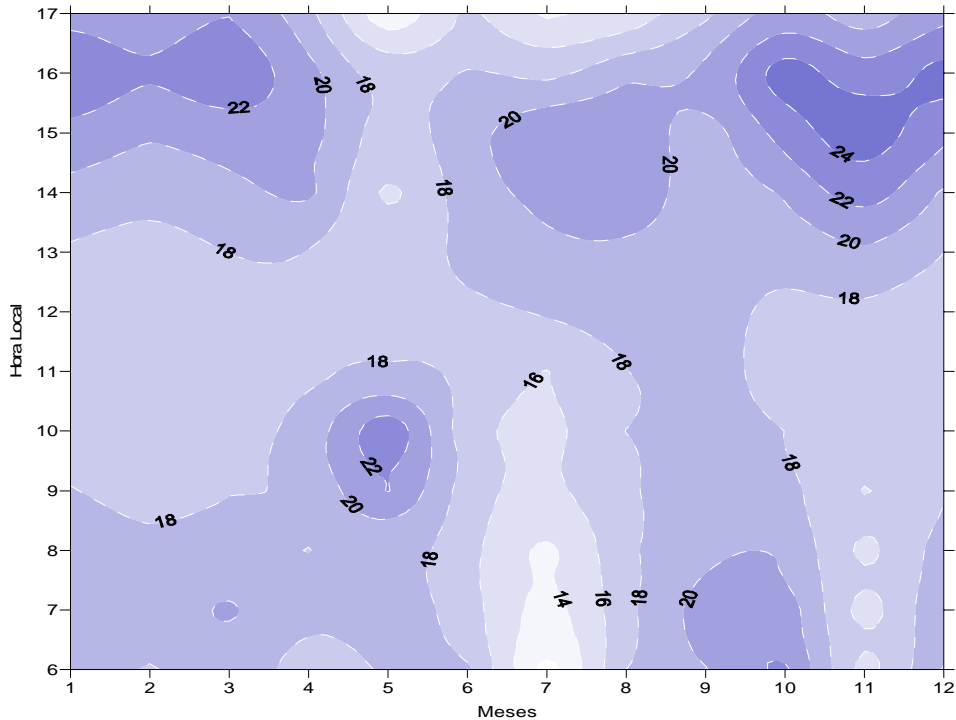


Figura 22 - Comportamento do albedo médio mensal (%) sobre a área de Mangue Natural (Alb_Nat) no período de outubro 2004 a setembro de 2005.

Ainda com relação à cobertura natural, realizou-se uma comparação entre o comportamento do albedo sobre a copa do mangue e a superfície interna durante o mês de outubro de 2005 (figura 23). Nota-se que a fração interna é bem menor do que a externa, não ultrapassando em seu registro médio máximo os 13%, devido a sua coloração escura por conta da composição do solo, como já fora relatado na metodologia, salientando-se ainda que esse aumento ocorre no horário de menor média do albedo externo.

O fato estar relacionado a dois motivos: o primeiro seria com relação a uma maior penetração da radiação solar nesse horário, por motivos já explicados anteriormente. O segundo motivo estaria relacionado com a altura da maré. De acordo com os registros (Anexo 1), foram detectados 21 dias onde a maré nos

horários entre as 10 e às 14 horas estaria cheia, enchendo, ou nem muito seca nem muito cheia (popular maré morta). Nessas condições forma-se uma lamina d'água na superfície do manguezal que propicia uma reflexão mais intensa, disponibilizando dessa maneira uma maior quantidade de radiação refletida e, por consequência, um leve aumento do albedo interno nesse horário.

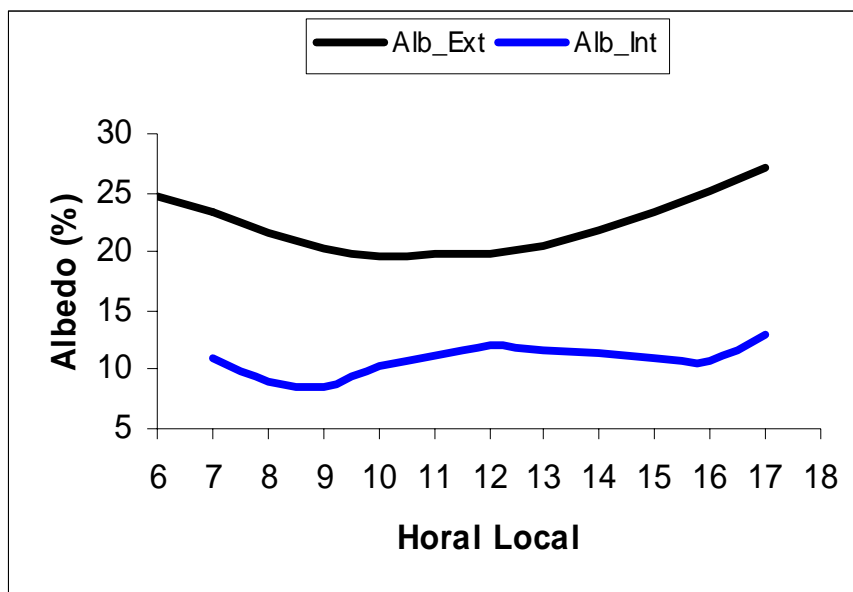


Figura 23 - Comportamento do albedo médio no interior do mangue e na copa da árvore (%) durante do mês de outubro de 2005.

Já a variação do albedo na área degradada (Alb_Deg) apresenta grande variação entre as diferentes épocas do ano. Os meses considerados secos, dezembro e março, são os que apresentam maiores médias. O fenômeno é perfeitamente aceitável, pois no período seco devido à escassez de água tem-se um solo mais ressecado e, por consequência, a vegetação também. Com isso, além do alto poder de reflexão do próprio solo degradado, tem-se para essa época uma concentração de vegetação mais clara, o que facilita a reflexão (figura 24), como também já foi constatado na metodologia que o solo é composto em grande parte de areia branca (86%), o que obviamente tem um maior poder de reflexão.

Notam-se também para os meses da estação chuvosa, valores de albedo inferiores aos da estação seca. Para março, registrou-se albedo de 40%, superiores aos de setembro e outubro (20 e 30%), que foram os meses que obtiveram os menores registros de albedo. Março estava sob influência de uma vegetação rasteira seca, o que impede que haja uma redução do albedo. Já para setembro, mês correspondente ao período de transição da estação chuvosa para seca, verificou-se que ocorreu uma floração e um crescimento da vegetação, próxima da torre de coleta, deixando a superfície refletora mais escura.

Quando se substitui floresta nativa por uma cobertura de grama (pastagem), em média, o albedo eleva-se de 13% para 18%, como foi detectado por Moura *et al.*, (1999) e Querino (2004), em áreas degradadas na Amazônia. Salienta-se, porém, que a área de mangue degradado, com o ressecamento de seu solo, tende a adquirir características mais claras dando lugar a uma cobertura que mistura resto de mangue com areia de praia, o que provoca um elevado albedo (média de 35%), por ser um tipo de solo mais claro.

Se observarmos a diferença entre natural e degradado, as médias encontradas foram da ordem de 18%, enquanto que na área degradada foram em média 35% tendo um aumento significativo do albedo quando se substitui a cobertura natural denotando um aumento de 49% na quantidade de energia refletida para a atmosfera.

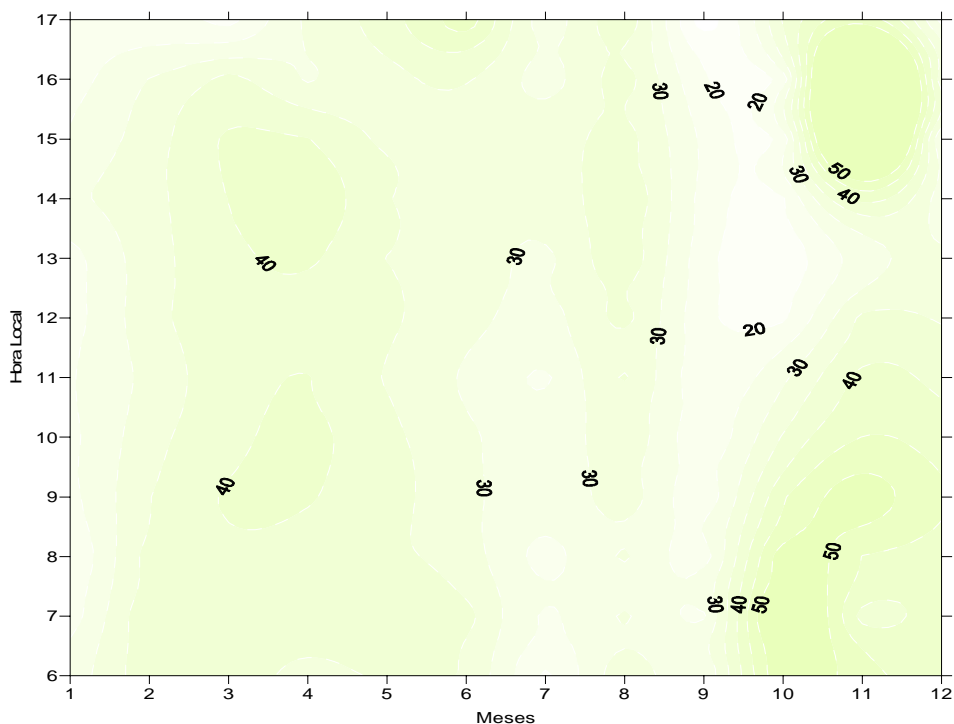


Figura 24 - Comportamento do albedo médio anual (%) sobre a área de Mangue Degradado (Alb_Deg) no período de outubro 2004 a setembro de 2005.

4.4 – Fluxos em Função do Ângulo Zenital (Z)

4.4.1 – Dias de Menor Ângulo Zenital (Z) ao Meio-Dia

A influência do Ângulo Zenital se faz notória quando se analisa radiação solar que atinge a superfície, pois segundo Iqbal (1983), quando a radiação solar incidente penetra na atmosfera, parte é removida por espalhamento e parte é absorvida. Nas primeiras e últimas horas do dia, o ângulo incidente formado é máximo resultando em um maior caminho a ser percorrido pelos raios solares e, conseqüentemente, menores R_g . Já quanto mais próximo do meio dia, menor é o Z, possibilitando que uma maior quantidade de radiação chegue até a superfície.

Como o período de estudo abrange o ciclo de um ano, têm-se dessa forma duas passagens do Sol sobre o Zênite local. Essas passagens ocorrem nos meses de fevereiro e outubro, considerados meses de transição entre os períodos seco-chuvoso e início da época seca, respectivamente. Nota-se na figura 25a o comportamento da R_{g_Ext} e suas componentes R_{d_Ext} e R_{D_Ext} para o dia 06 de março (próximo a primeira culminação) que apresentou classificação de nebulosidade de acordo com o K_t , como dia claro, para que dessa forma analisássemos melhor a influência do Z , principalmente ao meio dia. Aponta-se que o R_{g_Ext} ultrapassa os 1.000 W.m^{-2} entre 11:30 e 12:30 horas, alcançando valor próximo do encontrado para o máximo de radiação solar no topo da atmosfera que foi de 1.300 W.m^{-2} na mesma época, conforme mostrado na figura 8. O fato ocorre por conta do Z , que por ser nulo ao meio dia possibilita a radiação solar chegar a superfície sofrendo menos influência da atmosfera, fazendo com que a R_{g_Ext} seja mais rica em R_{D_Ext} , daí o motivo para R_{D_Ext} apresentar um comportamento muito semelhante a R_{g_Ext} diferindo em menos de 200 W.m^{-2} no horário de máxima incidência.

Observou-se em alguns instantes da manhã algumas oscilações do R_{g_Ext} indicando a ocorrência de nuvens. Esta variação foi notada também com a diminuição da radiação direta, e por conseqüência, um leve aumento na componente difusa, que por sua vez comportou-se durante todo o dia com valores abaixo dos 200 W.m^{-2} , mostrando que sem a influência muito forte da nebulosidade e com um menor Z a radiação solar tende a ser menos espalhada na atmosfera.

Analisaram-se também as componentes no interior do mangue para o mesmo dia 06/03, observando-se que em determinados horários a R_{g_Int} aproximou-se dos 800 W.m^{-2} , ou seja, o equivalente a 76% da R_{D_Ext} , assegurando a grande dependência que a radiação que chega ao solo de uma floresta de manguezal tem

em relação à radiação direta fora da copa das árvores (figura 25b). Com uma maior quantidade de radiação direta fora do mangue e uma inclinação de incidência dos raios mais perpendicular, é normal que boa parte também chegue sem sofrer atenuação por parte dos galhos e ramos das árvores, então é comum constatar valores baixos de radiação difusa interna (R_{d_Int}) e, por consequência maior quantidade de radiação direta até a superfície.

Já no horário de maior Z , início da manhã e fim de tarde, verificou-se valores muito baixos de todas as componentes, contudo para esses horários a radiação difusa é igual ou maior que a radiação direta. Possivelmente, essa redução está relacionada, primeiro com o caminho óptico externo, em consequência disso, uma maior camada de galhos e troncos a serem atravessada, conforme já explicado anteriormente.

A segunda passagem do Sol sobre o zênite local ocorre no mês de outubro, fase de transição entre as épocas chuvosa e seca da região. Na figura 25c, tem-se o comportamento da R_{g_Ext} e suas componentes para esse período, onde nota-se claramente que, em princípio, os valores são superiores aos analisados na figura 25a. O pico de R_g chegou a 1.130 W.m^{-2} , seguido de 995 W.m^{-2} da R_{D_Ext} , cuja superioridade pode ser atribuída à condição de nebulosidade, pois segundo Cabús (2002) o mês de outubro e de novembro são os que apresentam menos nebulosidade durante o ano.

O que nos chama atenção para o dia 14/10 (figura 25d) é com relação aos baixos valores de R_{g_Int} e suas componentes. Durante todo o dia não houve registros acima de 200 W.m^{-2} , equivalendo apenas 15% da radiação incidente no topo das árvores, o que indica uma atenuação de 85% nesse dia na hora de máxima incidência. Isso é completamente diferente do que foi encontrado para o dia 06/03 (figura 25b), onde tivemos registro máximo próximo dos 800 W.m^{-2} . Possivelmente o

piranômetro estava completamente sombreado durante todo o dia, o que não aconteceu quando se analisou o dia 06 de março.

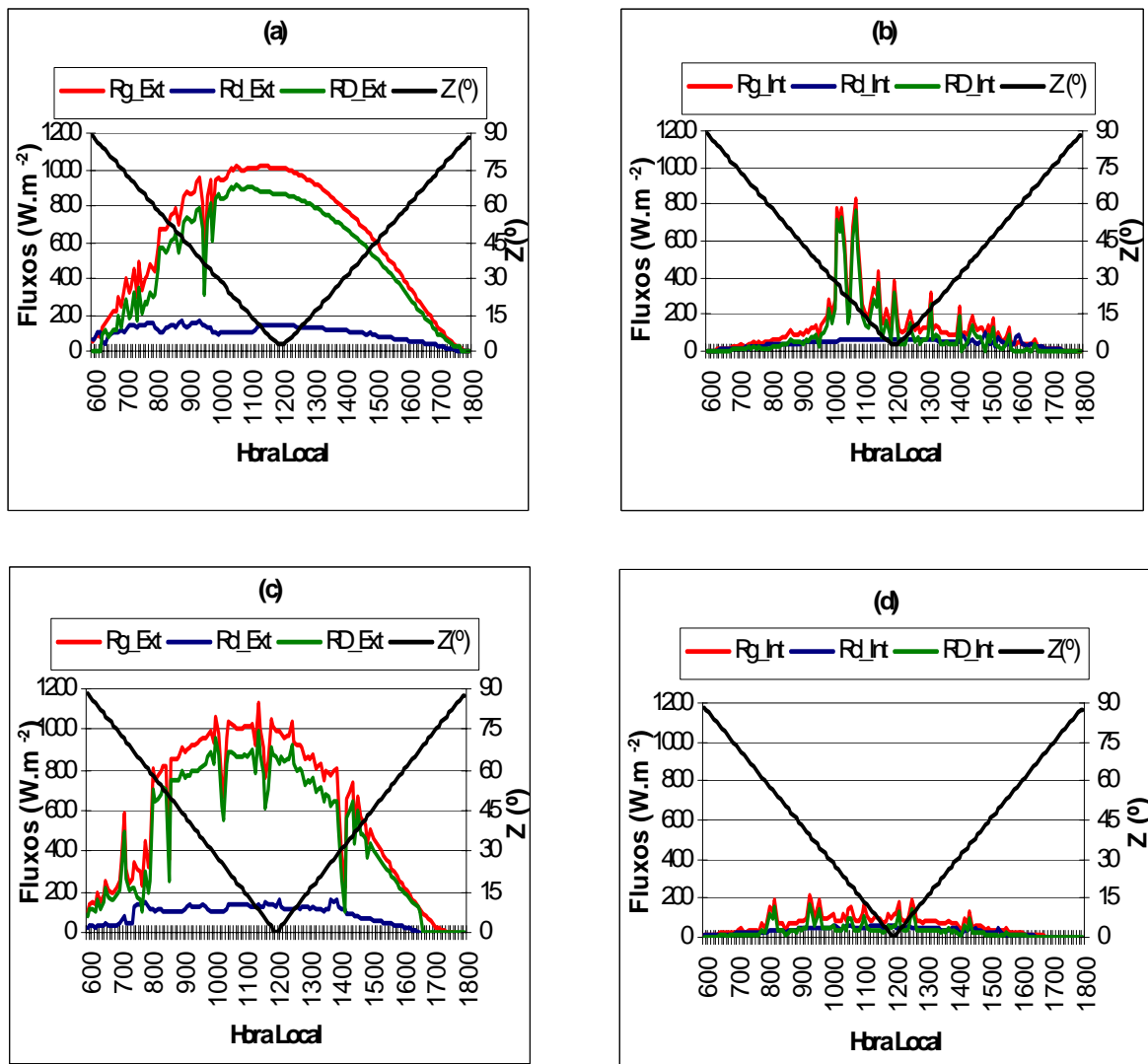


Figura 25 - Comportamento da Radiação Global Externa (Rg_Ext) e suas componentes Rd_Ext e RD_Ext ($W.m^{-2}$) em função do Ângulo Zenital (Z) ($^{\circ}$), (a) e (b) dia 06/03, (c) e (d) dia 14/10, sobre a área de estudo.

4.4.2 – Dias de Maior Ângulo Zenital (Z) ao Meio-Dia

O dia 16/06 foi o dia escolhido para representar a época em que Z atinge o mínimo ao meio dia. Então, verifica-se na figura 26a, dia caracterizado como

nublado a parcialmente nublado ($K_t = 0,35$), uma oscilação mais intensa na Rg_Ext . Essa inconstância fez com que um máximo de 800 W.m^{-2} fosse atingido em horários isolados entre 12 e 13hs, contudo essa variação no Rg_Ext propiciou uma redução na média diária para $255,3 \text{ W.m}^{-2}$. Percebe-se também que no início da manhã Rg_Ext tem seus valores praticamente iguais aos Rd_Ext , caracterizando uma atmosfera nublada, como mencionado anteriormente. Nos momentos que se registrou o aumento da Rg_Ext , teve-se junto com ele uma elevação no registro da Rd_Ext e, por conseqüência, as menores Rd_Ext para esse dia. O motivo para esses baixos valores seria por conta de um menor Z nesse horário, pois segundo Querino (2004), quanto menor o ângulo formado maior o Rg devido ao menor caminho óptico que o raio percorre, permitindo que a radiação chegue à superfície sem sofrer considerável interferência em sua componente, sendo menos espalhada na atmosfera.

Por conta de toda essa perturbação na Rg_Ext e suas componentes é que praticamente se extinguiram os fluxos internos. A Rg_Int (figura 26b) não ultrapassou 100 W.m^{-2} , registrando uma média diária de $29,37 \text{ W.m}^{-2}$. Devido a isso é que a Rd_Int praticamente inexistiu, apresentando uma média de $9,15 \text{ W.m}^{-2}$ e, como conseqüência disso a Rd_Int média foi de $20,65 \text{ W.m}^{-2}$, correspondendo a 70 % da Rg_Int .

O segundo dia analisado (25/12) apresentou um comportamento um pouco diferente principalmente com respeito da nebulosidade. Apesar de variar bastante no decorrer do dia observa-se na figura 26c a Rg_Ext alcançando 1.000 W.m^{-2} , o que corresponde a 20% a mais da Rg_Ext máximo do dia 16/07 e uma média diária 50% superior. Isso pode ser explicado através do Z , pois para o meio do ano ao meio dia tem-se Z igual à 30° , enquanto em dezembro Z igual à 15° , então por conseqüência

menor caminho ótico, como já explicado anteriormente. Portanto, a máxima Rg_{Ext} é em dezembro. Já o motivo para se ter uma maior média além de um menor Z pode também ser atribuído à maior transmitância atmosférica. A consequência do aumento da Rg é sentida quando se observa suas componentes (Rd_{Ext} e R_D_{Ext}) onde verifica-se que em relação a junho a R_D_{Ext} teve um considerável aumento.

Ao analisar o dia 25/12 (figura 26d) contempla-se um considerável aumento da Rg_{Int} e sua componente difusa quando comparado com o dia 16/06. Contudo, verificou-se que a R_D_{Int} continuou muito baixa, por consequência acarretando uma Rg_{Int} composta praticamente pela componente difusa. Esse fato está relacionado com a oscilação da Rg_{Ext} que proporcionou uma penetração mais aleatória da radiação por entre os galhos e folhas, o que consequentemente facilitou o espalhamento da mesma antes de atingir a superfície.

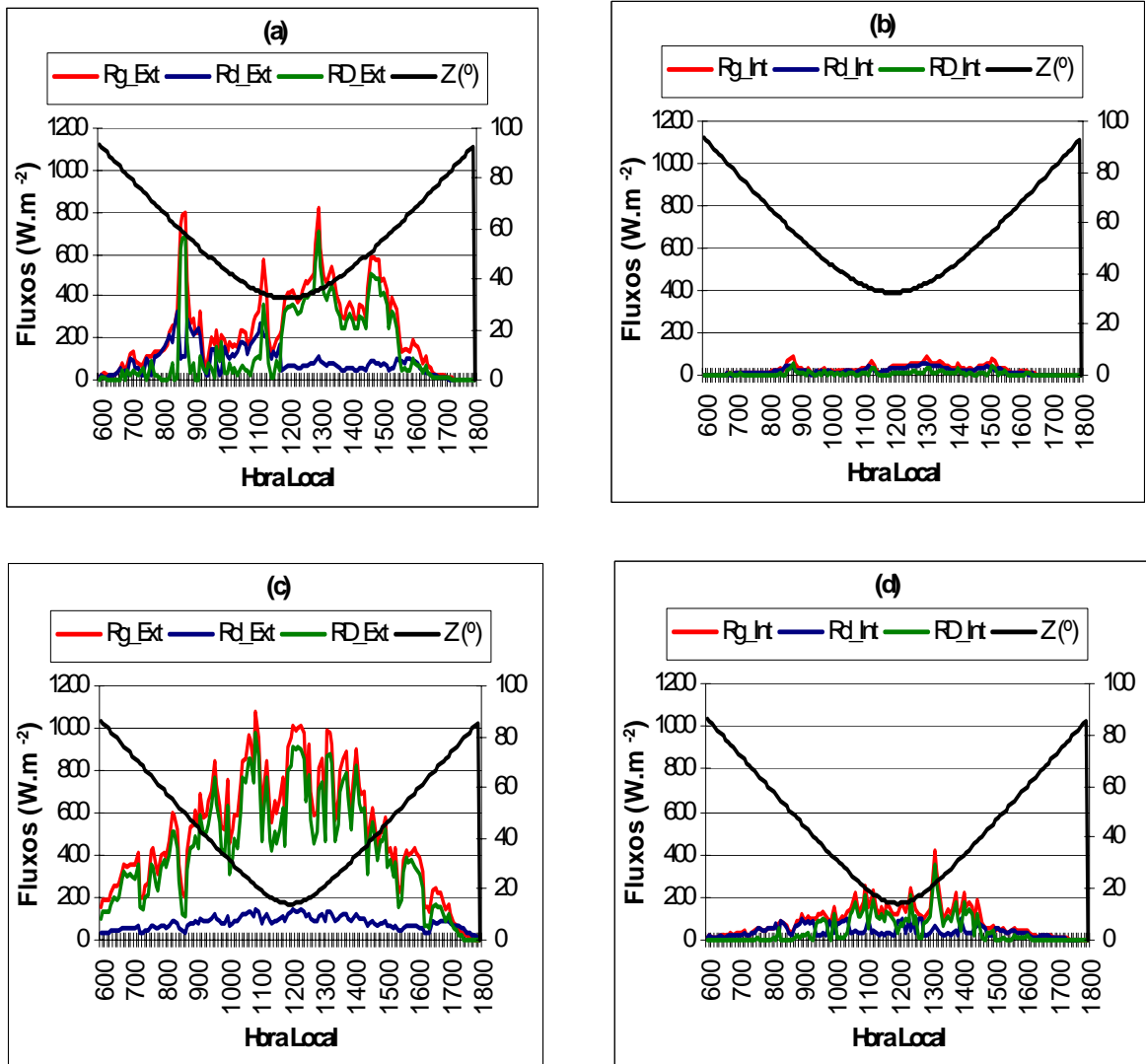


Figura 26 - Comportamento da Radiação Global Interna (Rg_{Int}) e suas componentes Rd_{Int} e $R_{D_{Int}}$ ($W.m^{-2}$) em função do Ângulo Zenital (Z) ($^{\circ}$), (a) e (b) dia 16/06, (c) e (d) dia 25/12.

4.5 – Estimativa da Radiação Solar Difusa Externa (Rd_{Ext}), Difusa Interna (Rd_{Int}) e Global Interna (Rg_{Int}) em Função da Rg_{Ext}

4.5.1 – Estimativa com Médias Horárias Mensais

A energia solar efetivamente disponível em cada hora do dia na superfície terrestre é necessária para o crescimento e desenvolvimento vegetal, além de ser

fundamental às atividades do ser humano. Porém, devido às relativas dificuldades para se medir alguns fluxos radiativos à superfície, muitos pesquisadores são forçados a usar métodos teóricos ou empíricos no intuito de tentar estimar alguns desses fluxos usando variáveis meteorológicas ou alguns fluxos medidos a superfície (Da Silva, 2005). Por conta disso realizou-se a estimativa das médias horárias mensais dos fluxos radiativos mais difíceis de serem medidos em função da variável relativamente mais fácil, a Rg_{Ext} .

Na figura 27 tem-se as regressões que deram origem aos modelos de estimativa dos fluxos desejados, onde o melhor ajuste foi encontrado com equações polinomial de 2º grau, apontando um R^2 maior do que 0,8, indicativo de uma boa correlação de acordo com Da Silva (2005).

Obtém-se na figura 27a o ajuste entre Rd_{Ext} e Rg_{Ext} , o qual gerou a equação modelo com coeficiente de determinação R^2 de 0,8053. Suas respectivas médias para todo o período apresentaram valor de $116,041 \text{ W.m}^{-2}$ para o registrado e $101,7 \text{ W.m}^{-2}$ para o estimado. O motivo para essa subestimativa é explicado por Dal Pai & Escobedo (2001), que constatou que a Rd apresenta dependência a outros fatores como relação à massa ótica e ao índice de claridade na estimativa de seus valores. Rensheng *et al.* (2004) tentou um ajuste para determinação da Rd na China baseando-se no método de Liu e Jordan (1960), que é em função da Rg e do índice de claridade K_t , e obteve um R^2 igual 0,81, próximo ao que está sendo aqui proposto.

Nos ajustes das Rd_{Int} e Rg_{Int} em função da Rg_{Ext} podem ser observados nas figuras 27b e 27c, respectivamente. Encontrou-se para Rd_{Int} um bom coeficiente de determinação R^2 igual 0,8194, que nos permitiu fazer a estimativa de Rd_{Int} utilizando a equação obtida. As médias do período encontradas para essa situação foram de $36,53 \text{ W.m}^{-2}$ para os valores mensurados e $37,13 \text{ W.m}^{-2}$ para os

estimados. O Rg_{Int} também pode ser estimado, pois apresentou $R^2 = 0,8202$ com médias para o período mensurado de $83,97 \text{ W.m}^{-2}$ e $87,43 \text{ W.m}^{-2}$ para o estimado. Hernandez *et al.* (2004) obteve coeficientes semelhantes, a determinação de Rg dentro de uma floresta semidecidual em Jundiaí, cujos valores obtidos para o inverno, primavera e verão foram, respectivamente, 0,75, 0,54 e 0,83, sendo registrada a menor relação durante a primavera, no qual o autor atribuiu á época de transição entre o menor e maior enfolhamento.

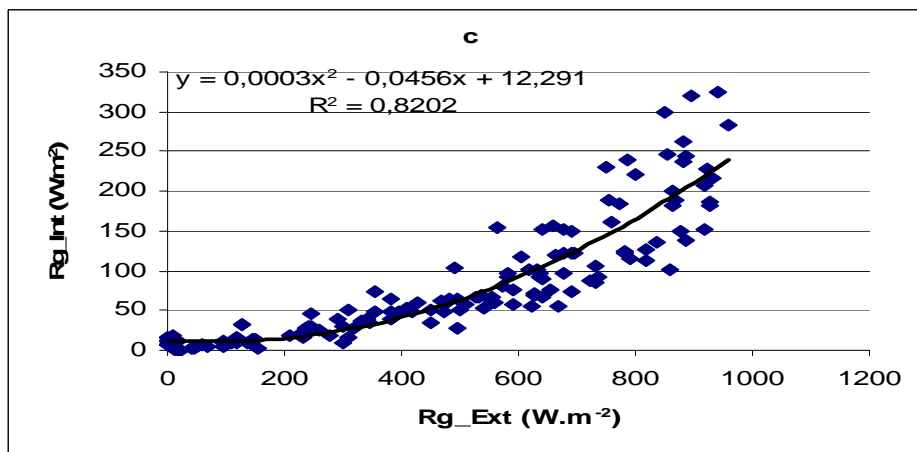
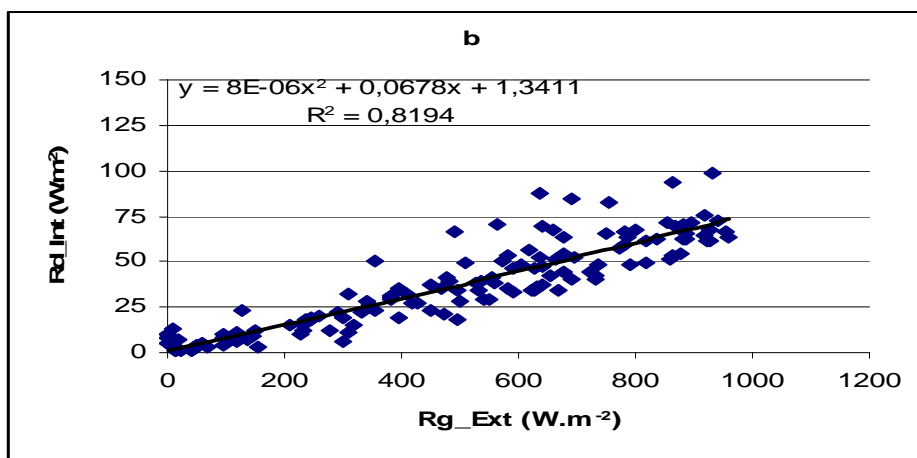
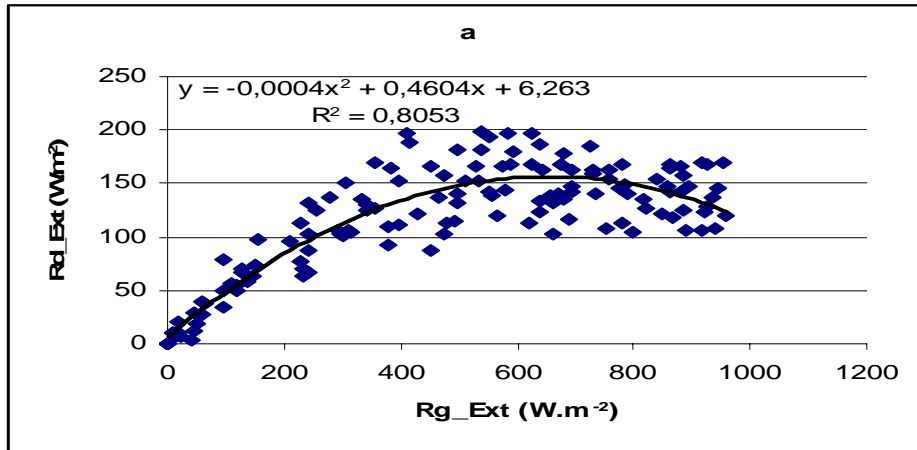


Figura 27 - Relações entre (a) Rg_Ext x Rd_Ext, (b) Rg_Ext x Rd_Int e (c) Rg_Ext x Rg_Int, médias horárias mensais, para todo o período estudado.

4.5.2 – Estimativa em dias Claros e Nublados para as Épocas Seca e Chuvosa

Na tentativa de obter um melhor ajuste realizou-se as mesmas relações em dias claros nas épocas seca e chuvosa com dados observados, sendo que para isso tomou-se como referência os dias anteriormente mencionados, cujos K_t são superiores a 0,7.

Salienta-se que os melhores ajustes foram obtidos com regressões potenciais para todos os casos de dias claros em questão. As figuras 28 (a), (c) e (e) apresentam as regressões para o dia 17/01, enquanto nas 28 (b), (d) e (f) mostram o dia 01/06. Constatou-se nas relações com o Rd_Ext um $R^2 = 0,82$ (figura 28a) e $R^2 = 0,85$ (figura 28b). Esses coeficientes de determinação não diferiram muito do encontrado no item 4.5.1, mostrando-se apenas levemente superior. Contudo, esses valores são inferiores ao encontrados por Nicácio (2002) que propôs a determinação da fração diária da radiação difusa em função da transmitância atmosférica K_t para cidade de Maceió, onde foram obtidos R^2 de 0,9242, 0,9281 e 0,9332 para ajustes linear e polinomial do 2º e 3º grau respectivamente. Essa diferença é atribuída a fatores como altitude e a condição de nebulosidade, pois a autora considerou dias para um intervalo de K_t entre 0,21 e 0,72

As relações com Rd_Int para os dias da época seca e chuvosa podem ser vistas das nas figuras 28c e 28d, respectivamente. Observa-se para esses casos uma melhora significativa nos coeficientes de determinação ($R^2 = 0,97$ e $0,95$), cujos valores são 0,15 superiores aos encontrados com as médias horárias mensais, permitindo dessa forma ter uma estimativa da componente difusa da radiação interna com quase 100% precisão. Com a Rg_Int tem-se também um aumento considerado nos valores de R^2 de aproximadamente 0,1, elevando os coeficientes de determinação para $R^2 = 0,91$ e $R^2 = 0,95$ encontrados para os dias 17/01 e 01/06,

figuras 28e e 28f respectivamente. Esses valores condizem com os encontrados por Yamosoe *et al.* (2006) que buscou uma relação da transmitância da radiação fotossinteticamente ativa entre a copa das árvores e o interior da floresta amazônica, R^2 superior a 0,90.

Os dias nublados ($K_t \leq 0,3$) podem ser vistos nas figuras 29 (a), (c) e (e) para o dia 09/02 e 31/05 (b), (d) e (f). Nas relações com o Rd_{Ext} não foram obtidos bons coeficientes de determinação ($R^2 = 0,777$) para o dia 09/02 (figura 29a) e no dia 31/05 ($R^2=0,38$) não nos possibilitando dessa maneira determinar um modelo para estimativa nessa situação, implicando que para essa circunstancia, deve-se levar em consideração outros fatores (K_t , cobertura, tipo de nuvens, etc.). Esse problema já havia sido diagnosticado por Iqbal (1983), onde ele afirmou que no uso de modelos numéricos para estudo da radiação solar, há uma grande dificuldade em relatar a representação apropriada do efeito da nebulosidade, problema esse muito particular em regiões tropicais como Brasil, onde a presença de nuvens é dominante (Oliveira *et al.*, 2002). Contudo, as estimativas internas são possíveis, pois R^2 apresentou-se superior a 0,9 para ambos os dias, tanto na determinação da Rd_{Int} como na Rg_{Int} . Salienta-se também que os coeficientes de determinação encontrados para os fluxos internos observados mostram-se bastantes superiores aos encontrados por Hernandez *et al.* (2004), conforme mencionado anteriormente.

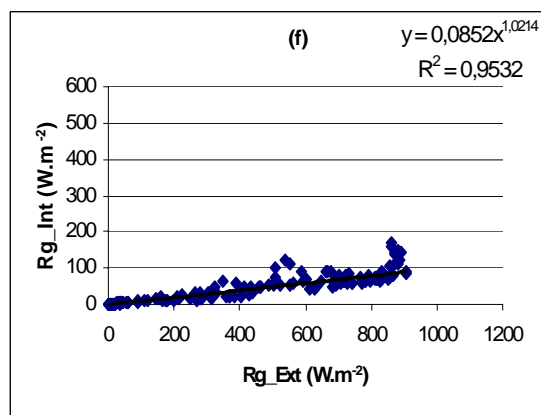
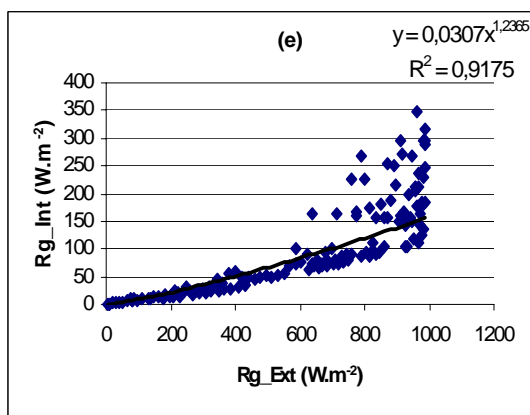
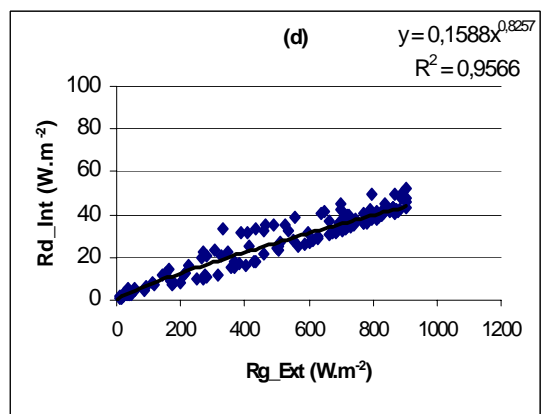
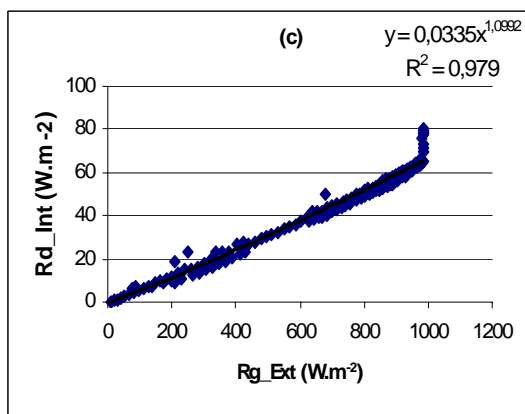
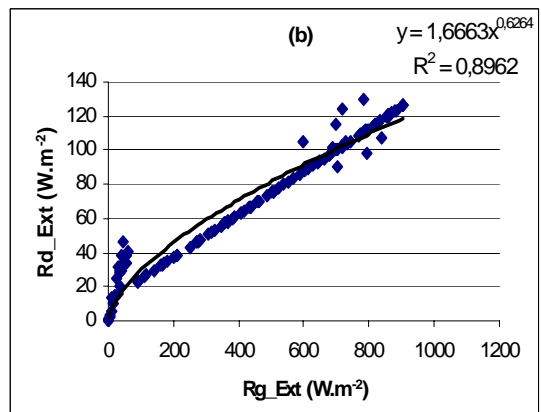
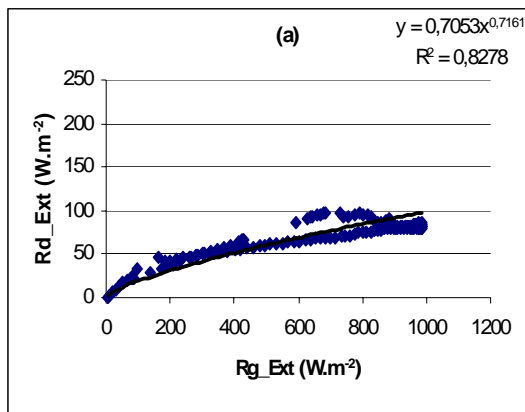


Figura 28 - Relações entre Rg_Ext x Rd_Ext , Rg_Ext x Rd_Int e Rg_Ext x Rg_Int , para os dias claros 17/01 (a), (c) e (e) e 01/06 (b), (d) e (f) com observados.

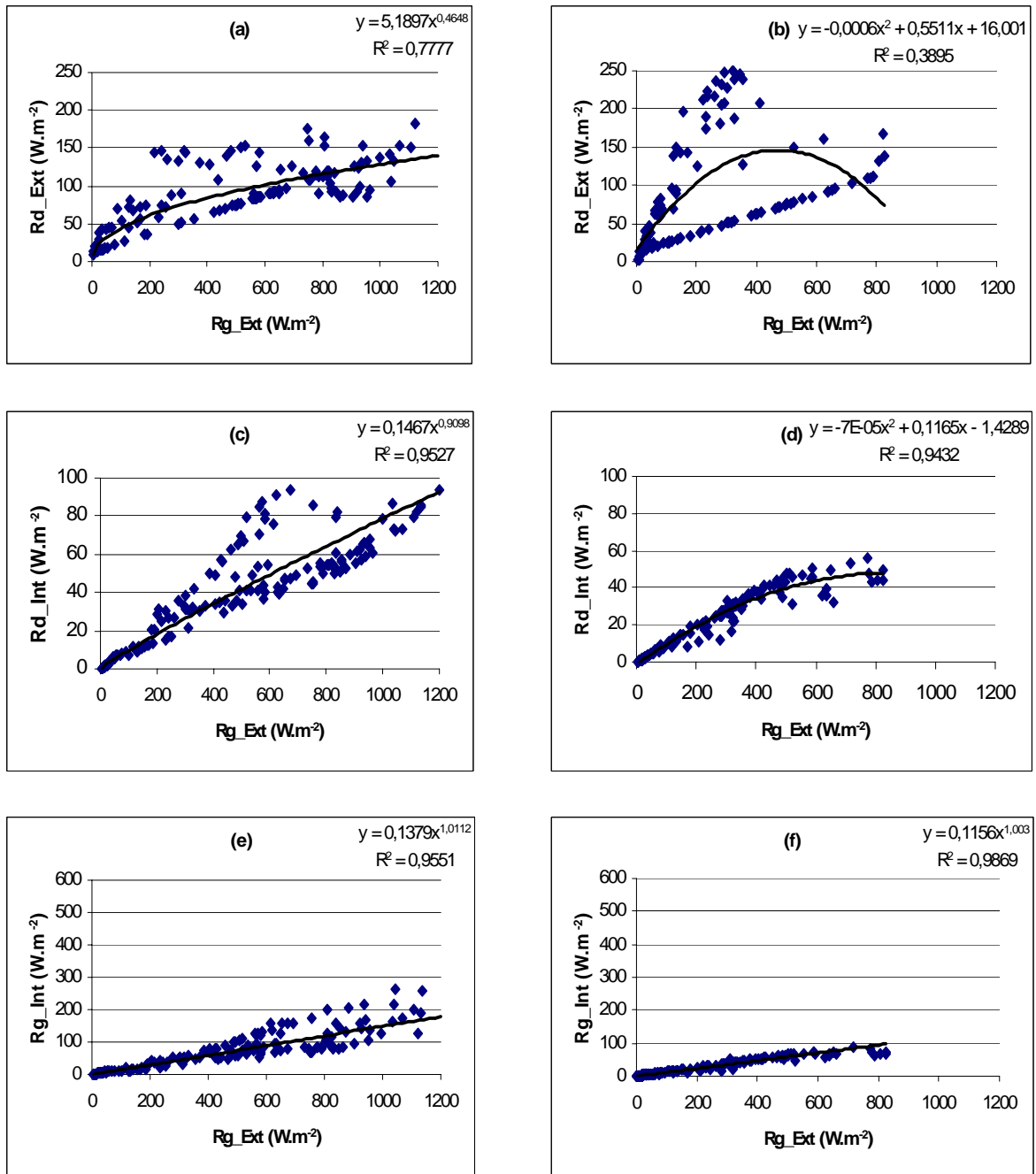


Figura 29 - Relações entre Rg_Ext x Rd_Ext , Rg_Ext x Rd_Int e Rg_Ext x Rg_Int , para os dias claros 29/02 (a), (c) e (e) e 31/05 (b), (d) e (f) com dados observados.

5 – CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho e as discussões a ele dedicadas, onde analisou a variabilidade da radiação solar incidente em área de floresta de mangue, enuncia-se as seguintes conclusões:

- A Rg_{Ext} notou-se uma redução de 33% na incidência média máxima entre as estações, além de se perceber um crescimento mais acentuado no período matutino. Em dias claros e nublados entre épocas secas e chuvosas, verificou-se que mesmo para dias claros há uma redução média de 20% e de 50% em dias nublados. A Rg_{Int} apresentou forte dependência do Z, sendo as maiores médias mensais no período de menor ângulo de incidência, como também entre os períodos chuvoso e seco há uma redução de aproximadamente 66%.
- A Rg_{Int} sofre grande influência da nebulosidade, pois a mesma tende a espalhar mais radiação na atmosfera dificultando a penetração da radiação solar por entre os galhos, fato comprovado em análises relativas a dias claro e nublado. Percebeu-se também uma contribuição significativa do Z para uma maior chegada de Rg no interior do mangue, notada nos períodos de menor Z.
- A relação Rg_{Int}/Rg_{Ext} mostrou-se superior às encontradas para outros tipos de florestas tropicais, atribuído à estrutura física das árvores do mangue, que apresenta menor densidade no dossel, e a fatores como estação do ano e estágio fenológico característico de cada tipo de vegetação. Constatou-se também que essa relação é bastante influenciável pelo Z, apresentando maior atenuação nos períodos onde ocorre maior Z.

- A R_{D_Ext} apresentou seus maiores registros dentro da época seca, com era de se esperar, com uma média mensal do período de 475 W.m^{-2} , enquanto no período chuvoso a média mensal não ultrapassou dos 198 W.m^{-2} , correspondendo a uma redução de 58% de uma época para outra.
- Notou-se que os maiores registros de R_{D_Int} ocorreram no verão e os menores no inverno, com uma diferença de 80% entre as duas estações. Salieta-se ainda que no verão o número de horas de incidência direta na superfície do mangue foi de 6hs, enquanto no inverno não ultrapassou de 2 horas por dia. Essa redução no inverno deu-se por conta do maior caminho por entre galhos e folhas devido a um maior Z , constatado nas análises de dias claro e nublados.
- Foi evidenciado que na época chuvosa a R_{D_Ext} foi maior no período seco. Notou-se também que no ciclo diário registraram-se maiores valores no período da tarde após as 14hs, indicando que a região tende apresentar uma maior cobertura de nuvens e/ou uma maior presença de aerossóis marinhos na atmosfera no período da tarde.
- A R_{D_Int} apresentou seus maiores registros médios na época seca (38 W.m^{-2}), enquanto no inverno (21 W.m^{-2}), mostrando que a incidência no interior do mangue é estritamente dependente do comportamento dos fluxos sobre o dossel. Em seu comportamento diário, registraram-se menores valores na parte da tarde, justamente por conta do aumento da nebulosidade.
- O albedo sobre floresta de mangue foi em média de 18% indicando uma superioridade de 5 pontos percentuais em relação, por exemplo, ao da floresta tropical amazônica (13%). Internamente o albedo não ultrapassou os 13% e seu valor máximo ocorre no horário de menor albedo da copa,

evidenciando a influência da maré. Na área degradada, o albedo médio foi de 35%, resultando em elevação aproximada de 49% na substituição da floresta natural.

- Para determinação das componentes direta e difusa, interna e externa, e da Rg_{Int} médias horárias mensais em função da Rg_{Ext} , foram encontradas boas relações, apontado R^2 superior a 0,8, por meio de funções polinomiais do segundo grau. Em dias claros e com dados a cada 5min, o melhor ajuste se deu com equações exponenciais, onde o coeficiente de determinação se mostrou superior a 0,85 para Rd_{Ext} e acima de 0,9 para os fluxos internos. Em dias nublado e parcialmente nublado internamente o melhor ajuste pôde ser feito com equações polinomiais do segundo grau e exponencial na determinação da Rd_{Int} obtendo-se R^2 superior a 0,94, valor esse encontrado também para o Rg_{Int} com modelos exponenciais. Já para Rd_{Ext} não se obtiveram boas correlações para situação nublada/parcialmente nublada.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo. Divulgando a cultura científica – Menor das Distâncias. Disponível em <http://www.agencia.fapesp.br/boletim_dentro>. Acesso em: 03 jan.2006.

AL-MOHAMAD, A. Global, direct and diffuse solar-radiation in Syria. **Rev. Applied Energy**. v.79, p.191–200. 2004.

ANDRADE, V.M.S.de.; COSTA, A.C.Lola da. Análise da temperatura e umidade do ar em área de manguezal na região Bragantina – PA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

ANDRADE, V.M.S.de.; COSTA, A.C.Lola da. COSTA, J.M.N. da.; SILVA, R.B.C. da. Influência da degradação dos Manguezais no microclima. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, 2003 Santa Maria – RS **Anais**, vol.1, p. 101.

ANGSTRON, A. Solar and terrestrial radiation. **Quartely Journal Research Meteorologycal Society**. p. 121 – 126, 1924.

ARAGÃO, J. O. R. A General Circulation Model Investigation of the Atmospheric Response to El Nino, NCAR/CT-100, Boulder, CO, USA, 1986, p.144.

AYDINLY S, KROCHMANN J. **Draft for CIE TC**. 42p, 1983.

CABÚS, R.C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminances in North – East Brazil**. Reino Unido, 2002. Cáp.3, 14p. Tese (PhD em Arquitetura) – Universidade de Sheffield - School of Architectural Studies.

CALADO, T.C.S; SOUSA, C.E. **Crustáceos do complexo estuarino – lagunar Mundaú/Manguaba Alagoas**. Maceió: FAPEAL, 2002. 116p.

CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. **A introduction to environmental biophysics**. New York, USA, 1998. 286 p.

CHELLIAH, M.; ARKIN, P. Large scale inter-annual variability of monthly outgoing long-wave radiation anomalies over the global tropics. **Journal. Clim**. v.5, p.371–389. 1992.

COLE, F.W., **Introduction to Meteorology**. Terceira edição, 1980.

COOPS, M.C.; WARING, R.H.; MONCRIEFF, J.B. Estimating mean monthly incident solar radiation on horizons and inclined slopes from mean monthly temperatures extremes. **Int. Journal Biometeorol**. v.44. p. 204 – 211, 2000.

COPPOLINO, S. A simple model for computing diffuse solar radiation. **Rev. Solar Energy**. v. 43, n. 6, p. 385-9, 1989.

CORREIA, F.W.S.; ALVALÁ, R.C. dos S.; GIELOW, R.; MANZI, A.O.; SOUZA, A. de. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco – úmido de 2001 – 2002. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

DALIA, K.C.; EVANGELISTA, H.; SIMÕES, J.C.; PEREIRA, E.B. Sazonalidade de aerossóis atmosféricos e microanálise individual por EDS em testemunho de gelo da ilha Rei George. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v.4, p. 25 – 36, 2004.

DA SILVA, G.F. **Análise das Componentes do Balanço de Radiação Solar na Amazônia**. Maceió, 2005. 121p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

DA SILVA, J.K.A. **Estudo do comportamento da radiação solar global e saldo de radiação em uma área de pastagem na Amazônia durante os períodos de transição úmido - seco e seco – úmido**. Maceió, 2004, 53p. (TCC em meteorologia). Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

DAL PAI, A.; ESCOBEDO, J. F. Modelo de estimativa da radiação solar difusa na equipartição instantânea. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

DAL PAI, A.; ESCOBEDO, J. F. Dependência da fração solar difusa instantânea em função da massa ótica. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12, 2001, Fortaleza-CE, **Anais**, vol.2, 563 p.

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

DOS SANTOS, T.V. **Aspectos da distribuição temporal da precipitação e suas relações com as brisas na cidade de Maceió – AL**. Maceió, 2006. 51p. TCC (Graduação em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas – UFAL.

ERTEKIN C, YALDIZ O. Estimation of monthly average daily global radiation on horizontal surface for Antalya, Turkey. **Rev. Renewable Energy**. v.17, p.95–102. 1999.

FATTORI, P.A.; CEBALLOS, J.C. Glossário de termos técnicos em radiação atmosférica, 1997. Disponível na INTERNET via homepage <http://tucupi.cptec.inpe.br/satelite/metsat/pesquisa/gloss/capa.htm>. Consultada no dia 19/07/2005.

FIGUEREIDO, J. O. de G. R. **Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase à variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar**. 2002, 148.p Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2002.

GARG.H.P. **Fundamentals of solar energy**. Ed. John Wiley & Sons, Chicester. p. 587. 1982.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge, Inglaterra, 1950. 482 p.

GIAMBELLUCA, T.W.; FOX, J.; YARNASARN, S.; ONIBUTR, P.; NULLET, M.A. Dry-season radiation balance of land covers replacing forest in northern Thailand. **Rev. Agricultural for Meteorology**. v.95, p.53–65. 1999.

GOMES, E.N.; ESCOBEDO, J.F. Estimativa horária da radiação fotossinteticamente ativa global, direta e difusa. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, 2003 Santa Maria – RS **Anais**, vol.2, 805p.

GRUZMAN, E. Saiba mais sobre ecossistemas de manguezais. Disponível na INTERNET via homepage <http://usuarios.uninet.com.br/~fabianos/projetos/projeto%20manguezal%20do%20fundao/sobremanguezal.htm>. Acessado no dia 12/04/04.

GU, L.; FUENTES, J.D.; GARSTANG, M.; SILVA, J.T.; HEITZ, R.; SIGLER, J. Cloud modulation of surface solar irradiance at a pasture site in southern Brazil. **Agric. Forest Meteorol.**, v. 106, p. 117 – 129, 2001.

HALLACY Jr, D. S. **Earth, water, wind and sun: our energy alternatives**. Ed. Haper e Row, New York, p.186, 1977.

HARDY, J.P.; MELLOH, R.; KOENING, G; MARKS, D; WINSTRAL, D; POMEROY, J.W.; LINK, T. Solar radiation transmission through conifer canopies. **Agric. Forest Meteorol.**, v.126, p.257-270, 2004.

HERNANDES, J.L.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Árvore.**, v.28, n.2, p. 167 – 172, 2004.

HUTCHISON, B.A; MATT, D.R. The distribution of solar radiation within a deciduous forest. **Eco. Mongr.**, v.47, p. 185 – 207, 1977.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE (IMA)/GOVERNO DE ALAGOAS. **Zoneamento ambiental da APA de Santa Rita e Reserva Ecológica do Saco da Pedra – Vol I**. Convênio IMA-GTZ, Maceió, AL, 1993.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Ed. AP. Vancouver Canadá. 389p, 1983.

JANUÁRIO, M.; VISWANADHAM, Y.; SENNA, R. C. Radiação solar total dentro e fora da floresta tropical úmida de terra firme (Tucuruí, Pará). **Acta Amazônica.**, v. 22, p. 335-340, 1992.

JACOVIDES, C.P.; STEVEN, M.B.; ASIMAKOPOULOS, D.N. Spectral solar irradiance and some optical properties for various polluted atmosphere. **Rev. Solar Energy**. v.69, p.215 – 227, 2000.

JIN, Z.; YEZHENG, W.; GANG, Y. General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China. **Rev. Energy Conversion and Management**. v. 46, p. 257 –268. 2005.

KHALIL, A.; ALNAJJAR, A. Experimental and theoretical investigation of global and diffuse solar radiation in the United Arab Emirates. **Rev. Renewable Energy**, Vol. 6, n. 5, p. 537 - 543, 1995.

KOLLING, E.M. **Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água**. Cascavel, 2001. 64p. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

KONDRATYEV, K.YA. **Radiation in the atmospheric**. New York, USA: Academic Press, 1969.

LEITÃO, M.M.V.B.R.; OLIVEIRA, G.M.; MARTINS, R.W.A.; SOBRINHO, J.E.; SANTOS, J.M. Balanço de Radiação sobre dossel de algaroba em período seco e chuvoso. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12, 2001, Fortaleza-CE, **Anais**, p. 841-42.

LI, S.; KURATA, K.; TADADURA, T. Direct solar radiation penetration into row crop canopies in a lean-to greenhouse. **Agric. Forest Meteorol.**, v. 100, p. 243 – 253, 2000.

LIOU, K.N. **An introduction to atmospheric radiation**. New York: Academic Press, 329p, 1980.

LITTLEFAIR P.J. Measurements of the luminous efficacy of daylight. **Rev. Lighting Res Technol**. v.20, p. 177–188, 1988.

LIU, B.Y.H.; Jordan, R.C. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. **Solar Energy**, v.4, p. 1–19, 1960.

LUCHT, W.; SCHAAF, C.B.; STRAHLER, A. H. An algorithm for the retrieval of albedo from space using semiempirical BRDF models IEEE. **Rev. Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 38, n.2. p. 977–998. 2000.

MARIANO, G.L. **Simulação através de modelos numéricos da dispersão dos gases H₂S e NH₃ provenientes do lixão de Maceió-AL nas épocas seca e chuvosa: estudo de casos**. Maceió, 2006. 148p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas – UFAL.

MARIN, F.R.; SANTIAGO, A.V.; RIGHI, E.Z.; SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, S.R.M.; PEZZOPANE, J.R.M. Interceptação da radiação e transpiração na copa de cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

MENDONÇA, G.A. O paradigma da polinização dos coqueiros. Informações da tese de doutoramento, 2002. Disponível na INTERNET no site http://www.sebraern.com.br/apicultura/pesquisas/poli_coqueiros.doc. Consultada no dia 11/09/2005.

MEEK, D.W. Estimation of maximum possible daily global solar radiation. **Rev. Agricultural and Forest Meteorology**. v.87, p. 223–241. 1997.

MENEZES, H.E.A.; DANTAS, R.T. Ajuste de funções para estimativa da irradiação solar difusa em Cajazeiras – PB. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

MORAES, B.C. de.; COSTA, A.C.L. da. Variações sazonais de parâmetros meteorológicos em ecossistemas de manguezais no município de Bragança – PA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

MOURA, M.A.L. **Balanco de Radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira**. Botucatu, 2000. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP.

MOURA, M.A.L.; LYRA, R.F.F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J.L.; NASCIMENTO FILHO, M.F. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**. v.7, n.2, p. 163 – 168, 1999.

NAVVAB, M.; KARAYEL, M.; NE'EMAN, E.; SELKOWITZ S. Proceedings of the CIBSE. **National Lighting Conference**. p.409–420. 1988.

NICÁCIO, R, M. **Radiação solar global e difusa para a região de Maceió – AL: Medidas de modelos**. Maceió, 2002. 107p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas - UFAL,

NOGUEIRA, C.C.B.R.; QUEIROZ, M.R.; ASSIS, S.V. de. Avaliação de um método empírico para estimativa da radiação solar global – Modelo de Allen. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

ODODO, J.C.; USMAN, A. Correlation of total solar radiation with common meteorological parameters for Yola and Calabar, Nigeria. **Rev. Energy Conversion Management**. v.37, p.521–530. 1996.

OLIVEIRA, A.P.; ESCOBEDO, J.F.; MACHADO, A.J.; SOARES, J. Correlation models of diffuse solar radiation applied to the city of São Paulo, Brazil. **Rev. Applied Energy**. v.71, p. 59 – 71, 2002.

OLIVEIRA, A.P.; MACHADO, A.J.; ESCOLBEDO, J.F.; SOARES, J. Diurnal evolution of solar radiation at the surface in the city of São Paulo: seasonal variation and model. **Rev. Theoretical and Applied Climatology**. v.71, p.231 – 249, 2002.

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

PEIXOTO, J.P. **A radiação solar e o Ambiente**. Ed. Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa. 179p, 1981.

PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A.; GALVANI, E. Estimation of Global Solar Radiation Flux Density in Brazil from a Single Measurement at Solar Noon. **Rev. Biosystems Engineering**. v.86, n.1, p. 27–34, 2003.

PEZZOPANE, E.M.; RIBEIRO, A.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Balanço de radiação em uma floresta em função da Declividade e Orientação das encostas. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

PINKER, R.T.; THOMPSON, E.; ECK, T.F. The albedo of a tropical evergreen forest. **Quart. Journal of Meteorological Society**. v.106, p.551-558,1980.

PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans. R. Soc. Science Aust.** v.64, p.114 – 118, 1940.

QUERINO, C.A.S. **Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na floresta Amazônica**. Maceió, 2004, 53p. (TCC em meteorologia). Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

RENSHENG, C.; ERSI, K.; JIANPING, Y.; SHIHUA, Z.W.; YONGJIAN, D. Estimation of Horizontal diffuse solar radiation with measured daily data in China. **Rev. Renewable Energy**. v.29, p. 717 – 726, 2004.

RIBEIRO, J.B.M.; OLIVEIRA, M. do C.F de.; COSTA, A.C.Lola da.; FILHO, J.D.S.; COSTA, M.C da.; SANTOS, L.A.R dos. Regime térmico em três áreas distintas de manguezal em Bragança – PA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** 1 CD ROM.

RIBEIRO, J.B.M.; SANTOS, C.V. dos.; CHAVES, J.G.; MATTOS, A.; RODRIGUES, H.J.B. Característica do vento acima da copa das árvores no manguezal de Bragança – PA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

RICIERI, R.P. **Modelos de estimativa e avaliação dos métodos de medida da radiação solar difusa**. Botucatu, 1998, 81p. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônomicas.

ROBELO, L.; SOLER, A. Luminous efficacy of direct solar radiation for clear skies. **Rev. Energy**. v.25, p. 689 – 701, 2000.

ROOD M.J. Influence of Anthropogenic Aerosol on Climate at Climactically Relevant Regions. In: CHINESE ASSOCIATION OF AEROSOL RESEARCH CONFERENCE, 1997, Tainan, Taiwan, 12p.

ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate The Biological Environment**. Ed. Wiley-Interscience, Estados Unidos, 495p, 1983.

SANTOS, C.B. dos.; POLYDORO, L.A. Importância do estudo da radiação solar e nebulosidade na geração de energia elétrica através do efeito fotovoltaico. In:

Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal. Sua estrutura, função e flora.** Ed. Caribbean Ecological Research, São Paulo, 105p, 1986.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de Eucalytus camaldulensis Dehnh, E. grandis Hill ex Maiden e E. torelliana F. Muell.** Piracicaba, 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo - USP.

SELLAMI, M.H.; SIFAOU M.S. Modelling solar radiative transfer inside the oasis Experimental validation. **Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer.** v.63, p. 85 – 96, 1999.

SELLERS, W.D. **Physical climatology.** London, p.152, 1969.

SEN, Z.; TAN, E. Simple models of solar radiation data for northwestern of Turkey. **Energy Conversion and Management,** v.42, p. 587 – 598, 2001

SERHI – Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação – **Núcleo de Meteorologia e Recursos Hídricos de Alagoas – NMRG – AL,** Posto: Maceió (01), 2003.

SEZAI, I.; TASDEMIROGLU, E. Evaluation of the meteorological data in northern Cyprus. **Rev. Energ Convers Manage.** v.36, p.953–961, 1995.

SHALTOUT, M.A.M.; HASSAN, A.H.; FATHY, A.M. Total suspended particles and solar radiation over Cairo and Aswan. **Rev.Renewable Energy.** v.23, 605–619, 2001.

SHUTTLEWORTH, W. J.; GASH, J. H. C.; LLOYD, C. R. Observations of radiation exchange above and below Amazonian forest. **Quart. J. R. Meteo. Soc.,** v.110, p. 1163-1169, 1984.

SINGH O.P.; SRIVASTAVA S.K.; GAUR A. Empirical relationship to estimate global radiation from hours of sunshine. **Rev. Energ Convers Manage.** v. 37, p. 501–504, 1996.

SKEIKER, K. Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus province, Syria. **Rev. Energ Convers Manage.** v. 46, p. 1–15, 2005.

SOUZA, J.L. DE.; NICÁCIO, R.M.; MOURA, M.A.L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Rev. Renewable Energy.** v. 30, p. 1203 – 1220, 2005.

SOUZA, M.J.H. de.; RAMOS, M.M.; COSTA, L.C.; LHAMAS, A.J.M.; SIQUIRA, D.L.de. Déficit hídrico e radiação interceptada e refletida pela Limeira Ácida Thahiti.

In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002 Foz do Iguaçu - PR. **Anais...** 1 CD ROM.

SOUZA, M.M.H.de., RIBEIRO, A., LEITE, F.P. Variação horária da irradiância solar global em sete localidades do Vale do Rio Doce – MG. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, 2003 Santa Maria – RS **Anais**, vol.1, p. 133.

SOUZA, M. M. de A.; SAMPAIO, E.V.S.B. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape - PE após a construção do porto. **Acta. Brasileira de Botânica**, v.15 n.1, p. 1 – 12, 2001.

SRIVASTAVA, S. K.A.; GAUR, O. P.; SINGH, R. N. Tiwari. Comparison of methods for estimating daily and hourly diffuse solar radiation. **Rev. Applied Energy**. v. 51, p. 119 – 123. 1995.

STANHILL, G.; HOFSTEDE; G.J.; KALMA, J.D. Radiation balance of natural and agricultural vegetation. **Q.J.R. Meteorological Society**, v.92, p.128 – 40, 1966.

TADROS, M.T.Y. Uses of sunshine duration to estimate the global solar radiation over eight meteorological stations in Egypt. **Rev. Renewable Energy**. v.21,p. 231-246. 2000.

TAVARES, P. S. **Observação e análise da radiação solar global e fotossinteticamente ativa na região de Maceió**. 2005, 42p. TCC (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió.

WANG, S.; GRANT, R.F.; VERSEGHY, D.L.; BLACK, T.A. Modelling plant carbon and nitrogen dynamics of a boreal aspen forest in CLASS – the Canadian Land Surface Scheme. **Rev. Ecological Modelling**. v.142, p. 135–154, 2002.

WANG, S. Dynamics of surface albedo of a boreal forest and its simulation. **Rev. Ecological Modelling**. v.183, p. 477–494. 2005.

WENXIAN, L.; ENRONG, L.; WENFENG, G.; SHAOXUAN, P.; TAO, T. Distribution patterns of diffuse solar radiation in Yunnan province, China. **Rev. Energy Conversion and Management** v. 37, p. 553-560, 1996.

ULLAH MB. International Daylight Measurement Programme — Singapore data II: luminous efficacy for the tropics. **Rev. Lighting Res Technol**; v. 28, p.75–82, 1996

VALIATI, M.I.; RICIÉRE, R.P.; SILVA, W.C.M da. Comportamento da irradiação solar global, razão de insolação e índice de claridade na região de cascavel. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12, 2001, Fortaleza-CE, **Anais**, p. 236, vol.1.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Ed. UFV. Viçosa Brasil. 448p, 2000.

VIKHAMAR, D.; SOLBERG, R. Subpixel mapping of snow cover in forests by optical remote sensing. **Rev. Remote Sensing of Environment**. v. 84, p. 69–82, 2003

YAMASOE, M.A.; VONRANDOW, C.; MANZI, A. O.; SCHAFER, J. S.; ECK, T. F.; HOLBEN, B. N. Effect of smoke and clouds on the transmissivity of photosynthetically active radiation inside the canopy. **Atmos.Chem.Phys.**,v. 6, p. 1645–1656, 2006.

YIN, X. The albedo of vegetated land surfaces: systems analysis and mathematical modelling. **Theoret. Appl. Climatol.** v.60, p.121–140, 1997.

YOSHINO, M. M. **Climate in a small area: an introduction to local meteorology.** Tokyo, Japão, 1975. 549 p.

7 -ANEXOS

Anexo 1 – Tabela 3 – Altura da maré (m) para o mês de outubro de 2005.

| DIA | HORA | ALTURA DA MARÉ | DIAGNÓSTICO |
|------------|-------------|-----------------------|--------------------|
| 01 | 8:40 | 0,3 | ± CHEIA |
| | 14:40 | 2,0 | |
| 02 | 9:06 | 0,2 | ± CHEIA |
| | 15:04 | 2,1 | |
| 03 | 9:32 | 0,2 | SECA |
| | 15:32 | 2,1 | |
| 04 | 10:00 | 0,2 | SECA |
| | 16:00 | 2,1 | |
| 05 | 10:28 | 0,3 | SECA |
| | 16:30 | 2,1 | |
| 06 | 11:00 | 0,4 | SECA |
| | 17:04 | 2,1 | |
| 07 | 11:36 | 0,5 | SECA |
| | 17:43 | 2,0 | |
| 08 | 12:17 | 0,6 | SECA |
| | 18:30 | 1,9 | |
| 09 | 07:15 | 1,7 | SECA |
| | 13:11 | 0,7 | |
| 10 | 8:39 | 1,6 | MORTA |
| | 14:38 | 0,9 | |
| 11 | 10:26 | 1,6 | MORTA |
| | 16:34 | 0,9 | |
| 12 | 11:58 | 1,7 | CHEIA |
| | 18:00 | 0,7 | |
| 13 | 13:00 | 1,9 | CHEIA |
| 14 | 13:47 | 2,1 | CHEIA |
| 15 | 14:24 | 2,2 | ± CHEIA |
| 16 | 8:56 | 0,0 | ± CHEIA |
| | 15:00 | 2,3 | |
| 17 | 9:32 | 0,0 | ± CHEIA |
| | 15:38 | 2,3 | |
| 18 | 10:02 | 0,1 | SECA |
| | 16:06 | 2,3 | |
| 19 | 10:34 | 0,2 | SECA |
| | 16:38 | 2,2 | |
| 20 | 11:02 | 0,3 | SECA |
| | 17:06 | 2,1 | |
| 21 | 11:32 | 0,5 | ± CHEIA |
| | 17:39 | 1,5 | |
| 22 | 6:13 | 1,8 | ± CHEIA |
| | 12:07 | 0,7 | |
| 23 | 7:04 | 1,6 | ± CHEIA |
| | 12:45 | 0,9 | |
| 24 | 8:21 | 1,5 | ± CHEIA (MORTA) |
| | 13:56 | 1,0 | |
| 25 | 10:11 | 1,5 | ± CHEIA(MORTA) |
| | 16:15 | 1,1 | |
| 26 | 11:38 | 1,6 | ± CHEIA (MORTA) |
| | 17:41 | 1,0 | |
| 27 | 6:15 | 0,6 | CHEIA |
| | 12:26 | 1,7 | |
| 28 | 6:58 | 0,5 | CHEIA |
| | 13:02 | 1,8 | |
| 29 | 7:32 | 0,4 | CHEIA |
| | 13:32 | 1,9 | |
| 30 | 8:02 | 0,3 | CHEIA |
| | 14:02 | 2,0 | |
| 31 | 14:30 | 2,1 | CHEIA |