

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – ICAT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

ITALO RAMON JANUARIO

**Impacto da substituição da mata atlântica alagoana por cana-de-açúcar no  
albedo**

Maceió, AL  
Fevereiro, 2018

ITALO RAMON JANUARIO

**Impacto da substituição da mata atlântica alagoana por cana-de-açúcar no albedo**

Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Meteorologia

Orientador Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura

Maceió, AL  
Fevereiro, 2018

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB: 1664

J33i    Januario, Italo Ramon.  
          Impacto da substituição da mata atlântica alagoana por cana-de-açúcar no  
          albedo / Italo Ramon Januario. – 2018.  
          80 f. : il.

Orientador: Marcos Antônio Lima Moura.  
          Dissertação (mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas.  
          Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 69-80.

1. Micrometeorologia. 2. Microclima – Alagoas. 3. Radiação solar incidente. 4.  
          Balanço de radiação. 5. Albedo. I. Título.

CDU: 551.521.14 (813.5)



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

**CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO**

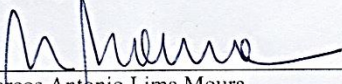
N.º de ordem: MET-UFAL-MS-149.

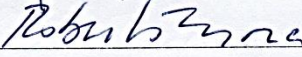
***“IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO DA MATA ATLÂNTICA ALAGOANA POR  
CANA-DE-AÇÚCAR NO ALBEDO.”***

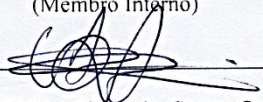
***Italo Ramon Januário***

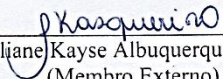
Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcos Antonio Lima Moura  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra  
(Membro Interno)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino  
(Membro Externo)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino  
(Membro Externo)

Fevereiro /2018

## DEDICATÓRIA

*“Aos meus pais (Conceição de Maria e Carlos Albedo) e a meu irmão (Vinícius) que mesmo aos prantos me deram carinho, apoio e ensinamentos para que eu pudesse derrubar os próprios muros e chegar até essa etapa da minha vida.”*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por ter me concedido a benção de ter conseguido chegar até aqui, por sempre me dar força e coragem diante das dificuldades, por me conceder sabedoria para tomar todas as decisões e agir sempre de consciência limpa e por sempre iluminar o meu longo caminho. Deus seja louvado!

À minha família, por acreditar e investir em mim, principalmente minha querida mãe, por seu imenso carinho, bondade, afeto, carinho, amor, principalmente muito amor, por sempre me incentivar a seguir em frente. Te amo muito mãe.

Ao meu querido paizinho avô, por sempre acreditar em mim, me dar bons conselhos e por sempre, sempre ser um verdadeiro pai.

À minha 2ª mãe Zezé, por sempre confiar em mim e sempre querer o meu melhor, nos momentos bons e ruins.

Ao meu tio Eduardo, que sempre me ajudou em tudo que pôde.

Ao meu querido irmão e orgulho Vinícius, por sempre me ajudar nos afazeres de casa, bem como ir à feira nos domingos só para eu ficar estudando, e por continuar estudando e vencendo em sua própria vida.

À minha equipe de curso de graduação, “T.R.A.G.I.” Tácila Rayene dos Santos Marinho, Raudielle Ferreira dos Santos, Assistone Costa de Jesus e Givago Lopes Alves, que me ensinaram algo fundamental para minha estadia em Maceió: Não é preciso estar perto para estar junto, e sim do lado de dentro. Se hoje cheguei até aqui, foi com a ajuda de cada um de vocês.

Aos meus amigos de São Luís, em especial Samara Dias, Jesyara, Jéssica, Lenilton e Fernanda. Mesmo de longe, vocês me deram força e sempre torceram para que eu pudesse chegar até aqui. Meus sinceros agradecimentos.

Aos bons amigos que fiz em Maceió, em especial Aline, Loice, Diogo, Anderson, Yure e Osmar. Vocês fizeram parte de tudo isso. Sei que posso contar com cada um de vocês.

Ao Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT, pela oportunidade da realização do curso e a todo corpo docente, pelos conhecimentos transmitidos durante todos esses anos.

Aos meus amigos da UFAL, em especial Bruno, Geiza, Matheus, Lucas, Ismael, Silvania e Osmar.

À equipe do Laboratório de micrometeorologia do ICAT, em especial Jeová, Misael, Filipe e Rafael, pela ajuda no desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu orientador, professor Marcos Antônio Lima Moura, pela orientação e principalmente por ter me dado à chance de realizar este trabalho.

## RESUMO

A Mata Atlântica atualmente é considerada como a área de vegetação nativa mais devastada do Brasil. É um dos cinco biomas com maior diversidade do mundo. Estudos sobre microclima de florestas tropicais auxiliam na compreensão de como esse bioma vem sofrendo com as mudanças climáticas. Radiação solar é toda radiação eletromagnética proveniente do sol que atinge o planeta, sendo considerada a principal fonte de energia para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera. O albedo é definido como a razão entre o fluxo de radiação refletido por uma superfície em todas as direções e o fluxo incidente sobre ela. É fundamental um estudo detalhado de como o albedo varia no espaço e no tempo, sua influência no clima e na dinâmica da vegetação, pois com o aumento ou diminuição do albedo, ocorre um desequilíbrio energético e radiativo na superfície da terra. O objetivo geral deste trabalho é analisar a variabilidade do albedo com a substituição da mata Atlântica por cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, assim como estudar as possíveis alterações que a mudança de cobertura vegetal pode provocar no microclima local quanto ao balanço de energia. A área de estudo compreende dois sítios experimentais, sendo um numa Floresta Ombrófila Aberta com transição para Floresta Estacional Semidecídua e o outro no meio de um canal da Usina Utinga Leão. Na Mata, utilizou-se dados referentes ao período de janeiro a dezembro/2014, porém, os dados de radiação solar e albedo no Canal são referentes ao período de rebrota e desenvolvimento da cultura até a fase da colheita, de janeiro a outubro/2014. A medição dos dados experimentais de Radiação Solar Global ( $R_g$ ) e albedo superficial ( $\alpha$ ) foram feitas por meio de piranômetros instalados nas estações micrometeorológicas na floresta e no canal. Nas duas estações, as medições foram realizadas a cada 20 segundos por dataloggers CR10X e suas médias armazenadas a cada 10 minutos. Na coleta dos dados de albedo, utilizaram-se dois piranômetros com suas cúpulas voltadas para baixo. Foram utilizados dados de acumulado pluviométrico de 10 minutos para o Canal, cedidas e mensuradas pela estação automática agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL); Normais climatológicas referentes a Coruripe e Maceió (pontos mais próximos aos respectivos sítios) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Após a consistência dos dados, foram calculadas as médias horárias, diárias, mensais e anuais dos valores de albedo. Posteriormente, calculou-se o ângulo zenital ( $Z$ ) e o índice de transmitância atmosférica ( $K_t$ ) para verificar a relação destes com o albedo. O albedo da mata foi, em média, (15,2%) e do canal (23,2%). Tanto na mata quanto no canal, na estação chuvosa (maio a agosto) e de transição (chuvoso-seco), os períodos com maior ocorrência de chuva são no turno matutino e noturno, sendo a chuva mais duradoura na mata, e logo, menos intensa. Na estação chuvosa, o albedo da mata foi, em média, 14,8% e na estação seca 15,4%. Para o canal, na estação chuvosa, a média do albedo foi 22,3% e 24,9% para a estação seca. O albedo da mata foi, em média, (15,2%) e do canal (23,2%). Nota-se um aumento no albedo de 34,5% quando substitui a floresta por cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Micrometeorologia, Radiação Solar Incidente, Balanço de Radiação.



## ABSTRACT

The Atlantic Forest today is considered the most devastated native vegetation area in Brazil. It's one of the five most diverse biomes in the world. Studies on the tropical forests microclimate help to understand how this biome has been suffering from climate change. Solar radiation is all electromagnetic radiation coming from the sun that reaches the planet, considered the main source of energy for many physical-chemical and biological processes that occur in the Earth-Atmosphere system. The albedo is defined as the ratio of the flux of radiation reflected by a surface in all directions and the flux incident on earth. A detailed study of how albedo varies in space and time, its influence on climate and vegetation dynamics, because with the increase or decrease of the albedo, there is an energy and radiative imbalance on the surface of the Earth. The general objective of this work is to analyze the albedo variability with the substitution of the Atlantic forest for sugarcane in the state of Alagoas, as well as to study the possible variation that the vegetation change cover can cause in the local microclimate as to the energy balance. The study area comprehend two experimental sites, one in an Open Ombrophylous Forest with transition to Semideciduous Seasonal Forest and the other in the middle of a cane field of the Utinga Leão Plant. Data from January to December / 2014, however, the data of solar radiation and albedo in the Canavial are related to the period of regrowth and development of the crop until the harvest phase, from January to October / 2014. The measurement of the experimental data of Global Solar Radiation ( $R_g$ ) and surface albedo ( $\alpha$ ) were made using pyranometers installed in the micrometeorological stations in the forest and in the cane field. In the two stations, the measurements were performed every 20 seconds by CR10X dataloggers and their averages stored every 10 minutes. In the albedo data collection, two pyranometers were used with their domes facing downwards. In the albedo data collection, two pyranometers were used with their domes facing downwards. Ten - minute rainfall data were used for Canavial, yielded and measured by the automatic agrometeorological station of the Agrarian Sciences Center of the Federal University of Alagoas (CECA/UFAL); Climatic norms referring to Coruripe and Maceió (points closest to the respective sites) made available by the National Institute of Meteorology - INMET. After data consistency, the hourly, daily, monthly and annual averages of the albedo values were calculated. Subsequently, the zenith angle ( $Z$ ) and the atmospheric transmittance index ( $K_t$ ) were calculated to verify their relationship with the albedo. The forest albedo was, on average, (15.2%) and sugarcane (23.2%). In rainforest and rainy season (May to August) and transition (rainy-dry), the periods with the highest occurrence of rain are in the morning and at night, with the rain being the longest in the forest, intense. In the rainy season, the albedo of the forest was, on average, 14.8% and in the dry season 15.4%. For cane field, in the rainy season, the average of the albedo was 22.3% and 24.9% for the dry season. The forest albedo was, on average, (15.2%) and sugarcane (23.2%). There is an increase in the albedo of 34.5% when it replaces the forest with sugarcane.

**Key Words:** Micrometeorology, Incident Solar Radiation, Radiation Balance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização geográfica dos sítios experimentais.....	30
Figura 02 - Vista a partir da superfície da torre micrometeorológica de 26 metros de altura instalada dentro da mata Atlântica.....	31
Figura 03 - Vista a partir da superfície da Estação Meteorológica Automática (EMA) localizada dentro do Canavial da Usina Utinga Leão.....	32
Figura 04 - Normais climatológicas de precipitação Alagoas. Fonte: SEMARH-AL, 2003.....	33
Figura 05 - Layout das estações micrometeorológicas utilizadas no experimento.....	34
Figura 06 - Acumulado pluviométrico mensal mm (ChuvaM) e (ChuvaC) e Normais Climatológicas (mm) na Mata (NormalM) e Canavial (NormalC) no período experimental.....	40
Figura 07 - Variação temporal do total horário acumulado pluviométrico (mm) na a) Mata e b) no Canavial.....	42
Figura 08 - Ciclo anual médio horário da Radiação Solar no topo da atmosfera (Ro) (W.m-2) na Mata a) e no Canavial b).....	44
Figura 09 - Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global (Rg) acima do dossel da Mata, em W.m-2.....	47
Figura 10 - Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global (Rg) abaixo da superfície	49

da Mata, em $W.m^{-2}$ .....	
Figura 11 - Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global ( $R_g$ ) no canavial, em $W.m^{-2}$ .....	50
Figura 12 - Relação entre Radiação Solar Global média ( $R_g$ ) em $W.m^{-2}$ e ângulo Zenital médio ( $Z$ ) nos dois sítios experimentais (Mata e Canavial) no período experimental.....	52
Figura 13 - Ciclo médio horário do Índice de Transmitância Atmosférica ( $K_t$ ) na a) Mata e b) no Canavial.....	56
Figura 14 - Variação mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) no topo da superfície da Mata, em %..	58
Figura 15 - Variação horária do albedo ( $\alpha$ ) em %, no topo da superfície da Mata no a) Período chuvoso e b) período seco.....	60
Figura 16 - Variação Mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) abaixo da superfície da Mata, em %..	62
Figura 17 - Variação mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) no canavial, em %.....	64
Figura 18 - Variação horária do albedo ( $\alpha$ ) em %, no canavial, no a) Período chuvoso e b) período seco.....	66
Figura 19 - Relação entre o albedo médio horário anual em % e o ângulo zenital médio ( $^\circ$ ) na Mata e no Canavial, no período experimental.....	68
Figura 20 - Relação entre o albedo médio horário em % e o ângulo zenital médio ( $^\circ$ ) na Mata e no Canavial, na estação seca.....	69
Figura 21 - Relação entre o albedo médio horário em % e o ângulo zenital médio ( $^\circ$ ) na Mata e no Canavial, na estação chuvosa.....	70

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01- Albedo para alguns tipos de superfícies.....	25
Tabela 02 - Índice de Transmissividade Atmosférica (Kt).....	37
Tabela 03 - Determinação do total de dias e suas coberturas para os dois sítios experimentais.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CECA	Centro de Ciências Agrárias
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Dn	Dia Juliano
EMA	Estação Meteorológica Automática
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GCM	Circulação Geral da Atmosfera
IAF	Índice de Área Foliar
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
ICAT	Instituto de Ciências Atmosféricas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IV	Radiação Infravermelha
Kt	Índice de Tramissividade Atmosférica
La	Radiação De Onda Longa Proveniente Da Atmosfera
Lt	Radiação De Onda Longa Emitida Pela Superfície Terrestre
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTA	Mata Atlântica
NEB	Nordeste Brasileiro
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
PIB	Produto Interno Bruto
Rg	Radiação Solar Global
Rg <sub>in</sub>	Radiação Incidente
Rg <sub>r</sub>	Radiação Refletida
Rg $\alpha$	Radiação Solar De Ondas Curtas Refletida Pela Superfície
RIDESA	Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor
Sucroalcooleiro	
Rn	Saldo de Radiação
Ro	Radiação Solar no Topo da Atmosfera

ROC	Radiação de Ondas Curtas
ROL	Radiação de Ondas Longas
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEMARH Hídricos	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos
SF	Sistemas Frontais
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UV	Radiação Ultravioleta
Z	Ângulo Zenital
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Descrição
1	Cálculo do fluxo líquido de energia ou saldo de radiação
2	Cálculo do albedo
3	Cálculo dos valores do ângulo zenital (Z)
4	Cálculo da Declinação Solar
5	Cálculo do Ângulo horário
6	Cálculo do Índice de Transmissividade
7	Cálculo da Estimativa da Ro Diária
8	Cálculo do Ângulo horário
9	Cálculo da Radiação no topo da atmosfera
10	Cálculo do raio vetor da órbita terrestre

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Albedo
%	Porcentagem
°	Grau
$\Phi$	Latitude
$\delta$	Declinação Solar
h	Ângulo Horário
<	Menor que
>	Maior que
$\lambda$	Comprimento de Onda
$\mu\text{m}$	micrometro
K	Kelvin
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
H <sub>2</sub> O	Vapor d'água
O <sub>3</sub>	Ozônio
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrado
mm/ano	Milímetros ano <sup>-1</sup>
mm/mês	Milímetro mês <sup>-1</sup>
W.m <sup>-2</sup>	Watts por metro quadrado



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Mata Atlântica .....	18
2.2 Cana-De-Açúcar .....	19
2.3 Radiação Solar.....	21
2.4 Albedo ( $\alpha$ ).....	24
2.5 Ângulo Zenital (Z).....	28
2.6 Índice de Transmissividade Atmosférica (Kt).....	28
3. METODOLOGIA.....	30
3.1 Área de estudo .....	30
3.1.1 Área de Floresta.....	30
3.1.2 Área de Canavial .....	31
3.2 Precipitação da região.....	32
3.3 Dados.....	34
3.3.1 Parâmetros mensurados .....	34
3.3.2 Processamento dos dados .....	35
3.3.3 Parâmetros Calculados .....	36
3.3.3.1 Albedo .....	36
3.3.3.2 Ângulo Zenital (Z).....	36
3.3.3.3 Índice de Transmissividade Kt .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Precipitação .....	38
4.2 Radiação Solar Global (Ro) no Topo da Atmosfera.....	43
4.2.1 Estimativa da Radiação Solar Global (Ro) no Topo da Atmosfera.....	43
4.3 Radiação Solar Global (Rg).....	45
4.3.1 Radiação Solar global (Rg) acima da superfície da Mata .....	45
4.3.2 Radiação Solar global (Rg) abaixo da superfície da Mata .....	47
5.3.3 Radiação Solar Global (Rg) no Canavial .....	48
5.3.4 Relação da Radiação Solar Global com o Ângulo Zenital (Z).....	50
5.3.5 Índice de Transmitância Atmosférica (Kt) .....	51
5.4 Albedo .....	55

5.4.1 Albedo acima da superfície da Mata .....	55
5.4.2 Albedo horário acima da superfície da Mata.....	56
5.4.3 Albedo abaixo da superfície da Mata .....	58
5.4.4 Albedo no Canavial .....	60
5.5.5 Albedo horário do Canavial.....	62
5.5.6 Relação do albedo com Ângulo Zenital .....	64
6. CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS.....	69



## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica (MTA) é a segunda maior floresta tropical e considerada a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano (TABARELLI et al., 2005). Além de ser considerada uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade e significativo sumidouro de carbono, controla o equilíbrio climático. Seu território vai desde o equatorial úmido ao clima temperado, da altitude de 0 até 2.900 m. De acordo com o relatório técnico divulgado pela fundação SOS Mata Atlântica (2015), restam menos de 12% de Mata Atlântica no Brasil, estimada em 1,5 milhões de Km<sup>2</sup>.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), além dessa floresta ser uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade, apresenta fundamental importância para mais de 120 milhões de brasileiros que vivem em seu domínio. Esta floresta representa cerca de 70% do PIB brasileiro, devido a importantes serviços ambientais. Classificada como a 2<sup>a</sup> floresta mais ameaçada do planeta e enquadrada entre os Hotspots pela Organização Conservacional International (2011), a MTA possui em seus domínios mais de 15.700 espécies de plantas das quais por volta de 7.100 apresentam algum grau de endemismo. No entanto, toda essa biodiversidade vem sofrendo com ações antrópicas (desmatamento) para dar lugar a produção agrícola, como por exemplo, a cana-de-açúcar.

Atualmente, a cultura da cana-de-açúcar desempenha papel de extrema importância para a economia do Brasil, hoje um dos maiores produtores mundiais, com 8,36 milhões de hectares de área cultivada e produção de 558 milhões de toneladas de colmo (SIMÕES et al. 2015). Além disso, vem apresentando aumento ano após ano, em decorrência da entrada de novas unidades industriais. O Brasil ocupa mais de 40% do mercado internacional de produção de cana-de-açúcar, e a demanda externa vem impulsionando sua expansão por causa do alto crescimento da população mundial e também referente ao aumento do consumo em países em desenvolvimento, o que faz com que o Brasil cresça ainda mais suas áreas de plantio de cana-de-açúcar, ou seja, desmatamento para obter novas áreas de plantio. Portanto, o estudo e a compreensão dos fenômenos físicos que ocorrem devido a uma substituição de área vegetada apresentam como ponto de partida uma criteriosa avaliação e caracterização mais detalhada de como ocorrem os processos envolvendo radiação solar na área vegetal, dentre elas a mata Atlântica.

Toda essa biodiversidade depende dentre outros elementos da Radiação Solar (Rg). A radiação solar é toda radiação eletromagnética proveniente do sol que atinge o planeta

(QUERINO et al., 2011). É a principal fonte de energia para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera, sendo então, considerada importante variável meteorológica para vários estudos (BORGES, 2010). Wagner et al. (2017), estudando radiação solar na Floresta Amazônica, validou a hipótese de que, na determinada região é o aumento da radiação solar e não a falta ou abundância de água o fator determinante para o enverdeamento da floresta, pois na maior parte da Amazônia, as plantas quase nunca sofrem de estresse hídrico, já que sempre existe água suficiente, mesmo na estação seca. Essa alteração na coloração da floresta influencia no albedo superficial.

O albedo ( $\alpha$ ) é definido como a razão entre o fluxo de radiação refletida por uma superfície em todas as direções e o fluxo incidente sobre ela. Este é importante por praticamente todos os processos de ordem física, química e biológica, tais como o balanço de energia, evapotranspiração, fotossíntese e respiração que ocorrem nos diversos ecossistemas terrestres. É fundamental um estudo detalhado de como o albedo varia no espaço e no tempo, sua influência no clima e na dinâmica da vegetação, pois com o aumento ou diminuição do albedo, ocorre um desequilíbrio energético e radiativo na superfície da terra.

Diante deste contexto o objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade com a substituição de mata atlântica por cana-de-açúcar no estado de Alagoas, bem como estudar as possíveis alterações que a mudança de cobertura vegetal pode provocar no microclima local.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mata Atlântica

A Mata Atlântica é uma região de grande importância global, constituída por um conjunto de formações florestais e outros tipos de vegetação, que se estendia originalmente por aproximadamente 1.300.000 km<sup>2</sup> em 17 estados brasileiros, além de ser considerada uma das regiões mais ricas do mundo em biodiversidade, também é significativo sumidouro de carbono, controlando o equilíbrio climático (SEEHUSEN et al., 2011). A MTA varia em altitude de 0 à 2.900m e possui um clima entre 0° e 30° Sul, que varia de equatorial úmido a temperado (CUNHA et al., 2014).

A MTA é considerada a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, sendo que originalmente se estendia de forma contínua ao longo do litoral brasileiro, alcançando o leste do Paraguai e o nordeste da Argentina (SANTANA et al., 2008). Viana et al. (2016) mencionam que a maior diversidade vegetal do mundo é a brasileira, com cerca de 55 mil espécies, sendo parte dessa riqueza principalmente a Mata Atlântica, mas nos últimos anos vem sofrendo intenso desflorestamento, fazendo com que perca parte dessa riqueza.

De acordo com uma publicação do Jornal da Unicamp (2015), a Mata Atlântica é considerada uma das florestas tropicais mais ameaçadas do planeta, sendo seu território estendido por 17 estados brasileiros, ocupando um total de 15% do território brasileiro, especialmente na zona costeira. Em cinco séculos, no entanto, essa exuberante floresta foi fragmentada e reduzida a menos de 8% de sua área original.

Devido à localização litorânea, a Mata Atlântica sempre foi alvo de pressão antrópica desde o descobrimento do Brasil pelos europeus. A exploração da madeira no início do ciclo do pau-brasil, os grandes ciclos de cana-de-açúcar, café, ouro, a atividade intensiva em expansão da pecuária e silvicultura estão inseridos como fatores que contribuíram para a fragmentação da floresta nativa (PRADO et al., 2008). Pinto (2007) relata que o pau-brasil, abundante no início da colonização, faz parte da história brasileira durante o primeiro século da colonização. Essa árvore hoje está quase extinta devido ao intenso processo de desmatamento que ocorre. O Pau Brasil pode ser encontrado em poucos lugares, como por exemplo, em jardins botânicos e em parques nacionais.

Percebe-se que o pau-brasil foi o principal alvo da extração e importação dos exploradores europeus que colonizaram a região de domínio da Mata Atlântica e que hoje está quase extinta. De acordo com o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) (2014), no nordeste brasileiro a extinção deste bioma foi quase que total, dificultando a sobrevivência da população local, ocasionando problemas de miséria e êxodo rural. Segundo o IBF, após a derrubada da MTA, implantou-se a cultura da cana-de-açúcar na região Nordeste. Mais ao sul, implantou-se a cultura do café, devastando em massa a vegetação nativa. Ainda de acordo com o IBF, no ano de 1500, 53% do estado de Alagoas possuía área de domínio de MTA, o que equivale a aproximadamente mais de um milhão de hectares e, segundo o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (2015), no ano de 2012, restam cerca de 143.695 hectares de Mata Atlântica no estado de Alagoas.

## **2.2 Cana-De-Açúcar**

A cana-de-açúcar é uma cultura produzida em larga escala e sua produção pode ser afetada por condições climáticas. Porém, por se tratar de um monocultivo que ocupa grandes áreas, suas relações afetam também o ambiente onde está inserida (ESTEVEZ et al., 2011).

A cultura da cana-de-açúcar foi inserida no Brasil logo após o seu descobrimento, com objetivo de quebrar o monopólio francês no suprimento mundial de açúcar, oriundo das colônias caribenhas (CANABRAVA, 2005; MARIN e NASSIF, 2013). A partir da segunda metade do século XVI a cultura ganhou importância econômica, quando os engenhos do nordeste brasileiro passaram a operar em Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe e Paraíba. A sua produção de cana-de-açúcar expandiu-se para o Pará e Amazonas no século XVII onde os engenhos foram orientados para a produção de cachaça, chegando, em seguida, ao Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Durante este período, a cultura atendia perfeitamente à estratégia de Portugal, associando a ocupação intensa da colônia e a produção de um item altamente lucrativo para a metrópole na Europa (CANABRAVA, 2005; MARIN e NASSIF, 2013).

O Brasil ocupa mais de 40% do mercado internacional de produção de cana-de-açúcar. A demanda externa vem impulsionando sua expansão por causa do alto crescimento da população mundial e também referente ao aumento do consumo em países em desenvolvimento, destacando a Ásia, frente ao rápido crescimento da renda per capita e ao processo de êxodo rural nesses países (MARIN e NASSIF, 2013).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), Alagoas possuía 385,3 mil hectares de área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15. Devido ao clima da região canavieira de Alagoas, o plantio da cana-planta, ou seja, a brotação de mudas plantadas e que posteriormente sofrerá o primeiro corte (que é denominado de plantio de inverno), tem seu início no mês de junho, julho e agosto, se estendendo durante 15 meses (SANTOS et al., 2011). Há também o plantio de setembro e parte de outubro, que vai até 15 de outubro. Há, ainda, áreas plantadas para semente, que tem seu início em junho, julho, agosto e setembro e que se estende por 12 meses para cana-soca, ou seja, a planta gerada após o corte e áreas cortadas para moagem, que tem o seu início em setembro e outubro.

Segundo a Companhia de Abastecimento (CONAB, 2016) a safra 2015/16 cresceu 4,9% em relação à anterior e a previsão para a próxima colheita deve chegar a 691 milhões de toneladas, um aumento de 3,8%. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com 51,7% (4.687,6 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,8% (891,6 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (808 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,5% (682,3 mil hectares), Paraná com 6,8% (620,1 mil hectares). O estado de Alagoas aparece na 6ª posição com 4,3% (386 mil hectares) e Pernambuco com 3% (276,3 mil hectares). Estes sete estados são responsáveis por 92,1% da produção nacional. Nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos, a produção da cana-de-açúcar destaca-se pelo alto nível tecnológico, tanto no campo como na indústria (DE ABREU et al., 2013).

Araldi et al. (2010) citam que são poucos os lugares no Brasil que são privilegiados para que ocorra o florescimento natural da cana-de-açúcar, com formação de sementes viáveis de interesse para os programas de melhoramento genético, destacando a região litorânea de Alagoas como área privilegiada, a qual é a base para a obtenção de novas variedades de cana-de-açúcar da sigla RB, a qual atende à RIDESA (Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro), assim como da sigla CV, que pertence à Canavialis. No estado de Alagoas, o florescimento inicia-se no mês de janeiro e se estende até o final de junho (SANTOS, 2005).

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância no Brasil (BARROS et al., 2014). Entre os principais produtos extraídos dessa produção estão o álcool, o açúcar e a energia elétrica obtida da biomassa do bagaço (OMETTO et al., 2005; BARROS et al., 2014). Santos et al. (2012) e Milanez et al. (2015), mencionam que o etanol produzido a partir do caldo de cana-de-açúcar (etanol de primeira geração) é, até então, o único combustível que possui capacidade atender à crescente demanda mundial por energia renovável de baixo custo



e principalmente com baixo poder de poluição ambiental. Vale ressaltar que as emissões gasosas com a queima do etanol são da ordem de 60% mais baixas se comparadas às emissões da queima da gasolina. Vale lembrar que o CO<sub>2</sub> emitido é reabsorvido pela própria cana.

Dentre os fatores que mais influenciam a produtividade da cana-de-açúcar, o clima é o de maior importância, com destaque para a distribuição da precipitação durante o ano (ANDRÉ et al., 2010). A radiação solar também é um elemento climático muito importante, visto que a cana-de-açúcar é uma planta do tipo C4 (Plantas do tipo C4 atingem taxas máximas de fotossíntese sobre elevadas intensidades de radiação solar, fazendo com que fixem mais CO<sub>2</sub> por unidade de água perdida). Ou seja, quanto maior a captação de radiação solar, maior será o acúmulo de açúcares na planta (BRUNINI, 2008).

### 2.3 Radiação Solar

Radiação solar é toda radiação eletromagnética proveniente do sol que atinge o planeta (QUERINO et al., 2006; QUERINO et al., 2011). Esta é a principal fonte de energia para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera, sendo então, uma importante variável meteorológica para vários estudos (QUERINO et al., 2006; BORGES, 2010; GUSMAO et al., 2012), dentre eles as mudanças climáticas, necessidade hídrica de culturas, entre outros. Porém, ainda é limitada a disponibilidade de dados medidos devido o número de estações de superfície que registram a radiação solar ser menor em relação ao daquelas estações que com mais frequência registram, por exemplo, a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica.

A radiação solar é uma variável chave, pois é o principal condutor da fotossíntese, evapotranspiração, balanços de energia de superfície, etc. Logo, as lacunas espaciais e temporais substanciais existentes nos registros de dados meteorológicos representam uma desvantagem para um número significativo de aplicações onde são necessários dados de radiação solar (MILLER et al., 2008; SOUSA et al., 2008).

A radiação solar é responsável por vários processos químicos, físicos e biológicos que vão da disposição da energia primária para todos os processos terrestres, como a fotossíntese, importante para a reciclagem de CO<sub>2</sub>, até o desenvolvimento de sistemas meteorológicos, provocados pelo aquecimento da superfície (SOUZA et al., 2005). Entretanto, para se estimar a quantidade de radiação que atinge a superfície é necessário determinar a radiação incidente no topo da atmosfera (MARTINS et al., 2014).

Os tipos de radiação podem ser classificados de acordo com o comprimento de onda ( $\lambda$ ) em: Radiação Ultravioleta (UV), ( $0,1 < \lambda < 0,4\mu\text{m}$ ), a Radiação Visível ( $0,39 < \lambda < 0,77 \mu\text{m}$ ) e

Radiação Infravermelha (IV) cujo  $\lambda$  é  $> 0,77\mu\text{m}$  (IQBAL, 1983). De acordo com Moura (2000), a interação que existe entre a radiação solar e uma superfície vegetada ainda é um campo de estudo relativamente novo e complexo. Portanto, o estudo e a compreensão dos fenômenos físicos que ocorrem em uma área vegetada apresentam como ponto de partida uma criteriosa avaliação e caracterização mais detalhada de como ocorrem os processos envolvendo radiação solar na área vegetal da Mata Atlântica.

Os estudos envolvendo radiação solar são de fundamental importância, pois interferem diretamente nos elementos meteorológicos como a evaporação, evapotranspiração, temperatura do ar, umidade relativa (QUERINO et al., 2006). Assim, devido a questões de energia renovável decorrentes de crises de petróleo, aquecimento global e outros problemas ambientais, há necessidade de medições confiáveis de radiação solar de superfície. Nesse seguimento, os estudos envolvendo radiação solar estão relacionados com planejamento urbano, projetos arquitetônicos, áreas de produção agrícola, análises de poluição atmosférica, estudos micrometeorológicos, energias renováveis, entre outras (STANHILL e COHEN, 2001; OLIVEIRA et al., 2002; QUERINO et al., 2006; ARBOIT et al., 2008; SOUZA et al., 2016).

A radiação solar ao atravessar a atmosfera pode sofrer atenuação pelos fenômenos da reflexão, absorção e difusão devido ao contato com os gases constituintes da atmosfera, nuvens ou com partículas em suspensão. No entanto, estes fenômenos não são suficientes para reter todo o espectro de radiação solar e um percentual atravessa a atmosfera sem qualquer interação (radiação direta) e em conjunto com a componente difusa (seletiva e não seletiva, dependendo das dimensões da partícula atenuante) que atinge a superfície da terra, denominada de radiação solar global (ESCOBEDO et al., 2013).

A distribuição da radiação solar em todo o globo terrestre, estabelece os padrões de circulação atmosférica e Oceânica e, por consequência, determina a variação média do clima no planeta (SOUZA et al., 2005). Antes da radiação solar incidir sobre a superfície terrestre, esta sofre uma série de processos que a modificam. Uma parte pequena fração é refletida pelas nuvens e difusamente espalhada pela atmosfera. Outras perdas ocorrem devido à absorção por alguns gases como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), e ozônio ( $\text{O}_3$ ). Ainda assim, uma parte incide diretamente sobre a superfície da Terra, sendo uma porção refletida e outra absorvida pela mesma (GALVÃO, 2000).

A radiação solar incidente sobre a superfície terrestre varia temporalmente devido a elementos climáticos, como a pressão atmosférica, umidade do ar e tipo de nuvem, e a fatores geográficos e astronômicos. (CODATO et al., 2008; ESCOBEDO et al., 2009; FURLAN et

al., 2012; TERAMOTO et al., 2012; SOUZA et al., 2016). No entanto, a transmissividade da radiação solar na atmosfera depende de fatores relacionados à dinâmica atmosférica, como a pressão atmosférica, umidade e tipo de nuvem (NIELSEN et al., 1981; SOUZA et al., 2016). Ao longo de um ano, cerca de 47% da radiação solar chega a superfície terrestre (onde 24% consiste de radiação solar direta e 23% de luz difusa espalhada pelas nuvens (17%) e pelo ar (6%)). Da radiação incidente, 34% é refletida para o espaço pela atmosfera. Outros 19% são absorvidos por esta (DIAS, 2010).

Na superfície terrestre ocorrem os processos de troca de calor e massa que são fundamentais para que ocorra a redistribuição da umidade e calor no solo e atmosfera. Essas trocas ocorrem devido a parte da radiação absorvida pela superfície. O restante é absorvido pela própria superfície. Uma fração da energia absorvida é remetida como radiação termal e o que resta desse balanço, que é o saldo de radiação ( $R_n$ ), é utilizado para aquecer o solo, o ar atmosférico, bem como promover a evaporação da água (BATISTA et al., 2011).

De acordo com Liberato (2011), o saldo de radiação é definido como sendo a energia disponível para os processos físicos e químicos que ocorrem na interface superfície-atmosfera, caracterizando as trocas de energia que determinam o regime térmico da atmosfera, da vegetação e do solo (LIBERATO, 2011; DE PÁDUA ANDRADE e CORRÊA, 2014). O saldo de radiação de uma superfície qualquer, durante o dia, tende a ser positivo nas horas de brilho solar, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são maiores que as frações refletidas e emitidas. Em contrapartida, no período noturno é comum que esses valores sejam negativos, pois o fluxo incidente passa a ser apenas atmosférico e a energia emitida pela superfície, superior a este, e por consequência, num saldo de radiação negativo (GEIGER, 1961; MONTEITH e UNSWORTH, 1990; PEZZOPANE et al., 1995; GALVANI et al., 2011). Portanto, a radiação líquida é resultado do balanço que ocorre entre a radiação de onda curta e longa próximo à superfície, a qual pode ser expressa pela seguinte equação (1):

$$R_n = R_g(1-\alpha) + (L_a - L_t) \quad (1)$$

onde  $R_n$  é o fluxo líquido de energia ou saldo de radiação,  $R_g$  é radiação solar global incidente,  $R_g\alpha$  é radiação solar de ondas curtas refletida pela superfície,  $L_a$  é a radiação de onda longa proveniente da atmosfera, e  $L_t$  é a radiação de onda longa emitida pela superfície terrestre, em  $W.m^{-2}$ .

A radiação de onda longa (ROL) é o fluxo de energia resultante de superfícies líquidas e sólidas da Terra, bem como da emissão dos gases atmosféricos (MARICÉLIA et al., 2010).

Essa radiação emitida pela superfície terrestre e pela atmosfera está inserida no intervalo de 4 a 100 $\mu\text{m}$  e devido a isso é denominada de radiação de onda longa. Todos os materiais sobre a Terra possuem temperatura mais baixa que a do Sol, de modo que a radiação que estes emitem tem comprimentos de ondas maiores que a da radiação solar (GALVÃO, 2000; ANDRÉ et al., 2011). Embora haja instrumentos para sua medida, a radiação de onda longa proveniente da atmosfera é a componente do balanço de radiação mais complicada de ser mensurada, pois estes instrumentos emitem radiação em comprimentos de onda e intensidade comparáveis àquelas da suposta medida, o que interfere no resultado (VON RANDOW e ALVALÁ, 2006).

O saldo de radiação de ondas curtas é definido pela diferença entre a radiação de ondas curtas incidente na superfície terrestre e a radiação de ondas curtas que é refletida. Quantificar o saldo de radiação de ondas curtas a superfície é extremamente importante em estudos climáticos, pois este controla a troca de energia entre a atmosfera e a superfície da terra/oceano (QUERINO et al., 2017).

#### **2.4 Albedo ( $\alpha$ )**

O albedo ou refletância é definido como a razão entre o fluxo de radiação refletido por uma superfície em todas as direções e o fluxo incidente sobre ela (MOURA, 2000; QUERINO et al., 2006; KUSHARI e KONITPONG, 2011; QUERINO et al., 2013). O albedo controla diretamente a partição da energia que fica superfície, pois representa a habilidade desta de refletir energia em todo espectro solar (KUSHARI e KANITPONG, 2011). Devido a isso, o albedo é responsável por praticamente todos os processos de ordem física, química e biológica (QUERINO et al., 2013) tais como o balanço de energia, evapotranspiração, fotossíntese e respiração (WANG et al., 2001) que ocorrem nos diversos ecossistemas terrestres.

Para uma melhor compreensão de como ocorre o balanço de radiação global é de extrema importância ter-se um conhecimento bem detalhado de como o albedo varia no espaço e no tempo, sua influência no clima e na dinâmica da vegetação (LUCHT et al., 2000; KIRSCHBAUM et al., 2011; QUERINO et al., 2013), pois com a variação do albedo, é possível compreender como ocorre um desequilíbrio energético e radiativo na superfície da terra (MEINANDER et al., 2008).

O albedo depende, dentre outros fatores, do tipo de vegetação, da coloração da superfície, inclinação dos raios solares, etc. Alteração em um dos fatores anteriormente citados irá implicar em variações e, por consequência, na temperatura da superfície, nos

balanços de energia por causa das mudanças nos fluxos de calor sensível e latente (PEREIRA et al., 2009), no saldo de radiação (QUERINO et al., 2006), modificações no clima local e global (PEREIRA et al., 2009; MORAES et al., 2004; ICHOKU e KAUFMAN, 2005).

Apesar do albedo ser considerado um parâmetro de extrema importância no balanço de radiação de uma superfície e muito utilizado em modelos climáticos e agrometeorológicos, tais como estimativas do fluxo de vapor d'água e do saldo de radiação, este parâmetro nem sempre está disponível, pois sua medida não é efetuada de forma rotineira, como ocorrem com muitos outros parâmetros meteorológicos (LEITÃO e OLIVEIRA, 2000; LOUSADA et al., 2012).

Os valores médios do albedo de algumas superfícies são apresentados na tabela 1.

**Tabela 01** - Albedo para alguns tipos de superfícies

<b>Superfícies</b>	<b>Albedo (%)</b>
<b>Areia branca</b>	37
<b>Solo claro</b>	27
<b>Solo escuro</b>	10
<b>Pastagens verdes</b>	10 a 20
<b>grama</b>	24
<b>Água (elevação solar = 10)</b>	34,8
<b>Água (elevação solar = 30)</b>	6
<b>Água (elevação solar = 50)</b>	2,5
<b>Algodão</b>	20 a 22
<b>Cana-de-açúcar</b>	(IAF alto 20) (IAF baixo 15)
<b>Milho</b>	16 a 23
<b>Florestas</b>	10 a 20
<b>Cerrado</b>	Estação chuvosa (13) Estação seca (10)

Fonte: (adaptada de VIANELLO e ALVES *apud* NOVAS, 2004; OLIVEIRA et al *apud* NOVAS, 2001)

Irvine et al. (2011), estudando uma série de simulações do modelo de circulação geral atmosfera-oceano (GCM) para comparar três propostas de geoengenharia de albedo de superfície: urbana, agrícola e deserto, concluíram que albedo de culturas agrícolas é frequentemente mais elevado do que o albedo da vegetação natural. Por exemplo, a cultura de cevada nas latitudes europeias, apresenta um albedo mais elevado (0,23) do que a floresta decidual (0,18) (MONTEITH e UNSWORTH, 1990). Ou seja, a expansão da agricultura historicamente levou a uma modificação das propriedades albedo da superfície da Terra (BETTS et al., 2007; COSTA et al., 2007), o que arrefeceu a Terra em cerca de 0,17°C

(MATTHEWS et al., 2003). O albedo de diferentes variedades de uma mesma espécie também difere, dependendo, por exemplo, das propriedades da área foliar, da "pilosidade" das folhas e da morfologia da copa foliar (HATFIELD e CARLSON, 1979; FEBRERO et al., 1998; HOLMES e KEILLER, 2002).

Dados de albedo são tão importantes que estes são considerados componentes imprescindíveis nos modelos de circulação geral da atmosfera (WANG e DAVIDSON, 2007), dados. As diferenças no albedo de superfície são explicadas por pelo menos três fatores: o primeiro diz respeito à própria condição da superfície, pois albedos mais altos estão relacionados com superfícies de coloração clara, suaves e secas, enquanto que albedos mais baixos estão associados com superfícies de coloração escuras, úmidas e rugosas (CORREIA et al., 2002, QUERINO et al., 2013). O segundo fator controlador do albedo é o ângulo zenital do Sol, levando as variações diurnas acentuadas (QUERINO et al., 2013). O terceiro fator é o estado do céu, com referência particular tanto no tipo quanto na quantidade de nuvens (CORREIA et al., 2002; LEITCH et al., 2010; MERIKANTO et al., 2010; LIU et al., 2011; QUERINO et al., 2013).

A substituição da cobertura natural proporciona uma mudança do albedo superficial, consequentemente alterando o balanço de energia, e por fim, o clima (QUERINO et al., 2004). Realizar um estudo detalhado sobre como o albedo varia no espaço e no tempo é fundamental para se entender o balanço de radiação global, sua influência no clima e na dinâmica da vegetação (LUCHT et al., 2000; KIRSCHBAUM et al., 2011), visto que, o aumento ou redução do albedo implica em alteração do balanço radiativo e energético da superfície da terra (MEINANDER et al., 2008).

A influência das alterações do albedo no clima tem sido discutida por vários estudiosos da área (MOURA et al. 1999; QUERINO et al., 2006; LEITCH et al., 2010; KIRSCHBAUM et al., 2011; KUSHARI e KONITPONG, 2011; LIBERATO, 2011). Moura et al. (1999) e Querino et al. (2006), estudaram a variação do albedo em áreas de florestas e pastagem na Amazônia, onde constataram que os valores médios para regiões de florestas são de aproximadamente 13%, enquanto na pastagem 18%, ou seja, um aumento médio significativo de 38% no albedo quando se altera a cobertura natural por pastagem.

As substituições de florestas tropicais por pastagens ou áreas agrícolas alteram a capacidade que a superfície tem de refletir radiação de onda curta e, consequentemente, afetam diretamente o albedo da superfície, ficando a pastagem com maiores valores de albedo, ou seja, após a substituição de sua cobertura natural, a superfície retém menos energia

para os processos atmosféricos que se iniciam próximo da superfície, como por exemplo, convecção, contribuindo para as mudanças climáticas (LIBERATO, 2011).

Dantas et al. (2010) analisaram o albedo de superfície sobre diferentes alvos na região de Quixeré-CE nos anos de 2005 e 2006 onde puderam verificar que, em áreas de vegetação nativa, a variabilidade do albedo foi pequena oscilando entre 20 e 22%. Estes observaram também uma diferença significativa do albedo entre o ano de 2005 e 2006 nas vizinhanças da fazenda que foi associada a maior quantidade de precipitação em junho, com média mensal de 130,2 mm em 2006 contra 71,6 mm em 2005, o que favoreceu no aumento da umidade do solo e, conseqüentemente, na diminuição do valor do albedo.

Barros et al. (2014) avaliaram o albedo em áreas de plantio de cana-de-açúcar na região nordeste de São Paulo e observaram que na fase de crescimento/desenvolvimento da cana, observa-se predominância de menores de albedo (verde), variando entre 11% e 19%. Já no período em que a cana-de-açúcar está em maturação e apta para o corte corresponde aos períodos com maior presença de solo exposto são observados maiores albedos, acima de 20%. Portanto, pode concluir que o albedo varia de acordo com o desenvolvimento da cultura ao longo do ano, assim como a presença da palha, resultante do modo de colheita, que acarreta mudança na cobertura do solo e influencia no albedo. Esteves et al. (2011) estudaram o albedo da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes- RJ encontrando albedo médio para a fase de perfilhamento de 0,23; para a fase de desenvolvimento dos colmos foi de 0,28; e para a fase de maturação da cana-de-açúcar foi de 0,26. Estes encontraram valor médio do albedo para todo o ciclo da cultura foi de 0,26.

A evolução temporal do albedo do Pantanal Sul Mato-grossense, encontrando 0,16 como valor médio na área do sítio experimental no período de maior incidência solar, entre 10h e 15h (MESQUITA et al., 2012). O valor médio do albedo ao longo do período diurno foi igual a  $0,20 \pm 0,05$ . A evolução temporal do albedo é inversamente proporcional à radiação de onda curta da atmosfera, isto é, menores albedos acarretam em quantidade maior de energia radiante absorvida pela superfície. Para ângulos zenitais maiores, no nascer e pôr do Sol, o albedo aumenta de forma significativa, Iqbal (1983), Wallace e Robbs (2006).

Monteith e Unsworth (2008) estudaram o albedo e associaram esse comportamento às condições de homogeneidade horizontal da superfície.

Souza et al. (2010) estudaram o balanço de energia na cultura da soja em uma área de avanço de fronteira agrícola na Amazônia por meio do método da razão de Bowen, e, pelos resultados, o albedo apresenta ordem de magnitude similar entre 10 a 20% para a região da Floresta Amazônica, concluindo que o avanço da soja na região Amazônica causa alterações

importantes no albedo da superfície, modificando o balanço de radiação local quando da substituição de áreas de floresta.

Santos (2015) estudou as variações do albedo para a bacia do alto curso do Rio Paraíba, composta por 18 municípios, pelos métodos de Liang (2000) e Tasumi et al. (2008), onde o albedo apresentou grande variação com a pluviosidade da região, sendo maior em períodos com menor disponibilidade hídrica e menor em períodos chuvosos e mais úmidos. Para o trimestre mais chuvoso da região (março, abril e maio) foi observado um albedo médio de 15,6 (Liang) e 14,6 (Tasumi).

## **2.5 Ângulo Zenital (Z)**

O Ângulo Zenital representa a medida de posição de um astro no sistema horizontal local de coordenadas. É um ângulo contado a partir da vertical local até a linha de visada do astro, sendo igual a  $0^\circ$  no Zênite e  $90^\circ$  no horizonte (QUERINO et al. 2006).

A intensidade da radiação solar é completamente influenciada pelas elevações solares. Nas primeiras e últimas horas do dia, o ângulo incidente formado apresenta-se máximo, no qual resulta em uma maior trajetória a ser percorrida pelos raios solares e, ocasionando uma menor incidência de energia. Assim, quanto mais próximo do meio dia, menor é o Z, possibilitando que uma maior quantidade de energia atinja a superfície (ANDRADE, 2011).

O Z ao meio dia e o fotoperíodo são os elementos mais importantes em termos de aproveitamento da radiação solar ao longo do ciclo produtivo das culturas Espínola (SOBRINHO et al., 2007). Já Di Pace et al (2008) notaram a importância do ângulo zenital para o cálculo da refletividade na estimativa de evapotranspiração de culturas agrícolas e/ou de vegetação natural. De acordo com Araújo Filho et al. (2011), vários fatores são determinantes para variação no valor do albedo de uma comunidade vegetal, dentre eles o (Z), condições atmosféricas, propriedades do solo (se exposto) e, principalmente, folhas.

## **2.6 Índice de Transmissividade Atmosférica (Kt)**

A Radiação Solar ao atravessar a atmosfera sofre atenuações em razão da presença de alguns gases, nuvens e/ou partículas em suspensão na atmosfera, assim, constatam-se divergências entre os valores de radiação no topo da atmosfera e a radiação que incide em uma determinada superfície. Deste modo, o índice de transmissividade atmosférica ou índice



de claridade atmosférica ( $K_t$ ) é uma ferramenta eficiente para estimar a quantidade de radiação solar incidente na superfície terrestre. O  $K_t$  também pode ser definido como a razão entre a radiação solar global ( $R_g$ ) e a radiação no topo da atmosfera ( $R_o$ ) (QUERINO et al., 2011; SÁNCHEZ, 2014).

O índice de transmitância atmosférica possibilita observar as variações nas condições de turbidez atmosférica, influenciada principalmente pela cobertura de nuvens, na quantidade de radiação solar que chega à superfície. Leal et al. (2009) expuseram que quando menor for o valor de  $K_t$ , maior será a nebulosidade e, portanto, maior concentração de vapor d'água na atmosfera exercendo atenuação na faixa do espectro infravermelho.

Teramoto et al. (2014) utilizando modelos estatísticos para estimar a irradiação solar horária apresentou o valor de  $K_t > 0,65$  para condições de céu claro, e o valor de  $K_t < 0,65$  para céu com nebulosidade.

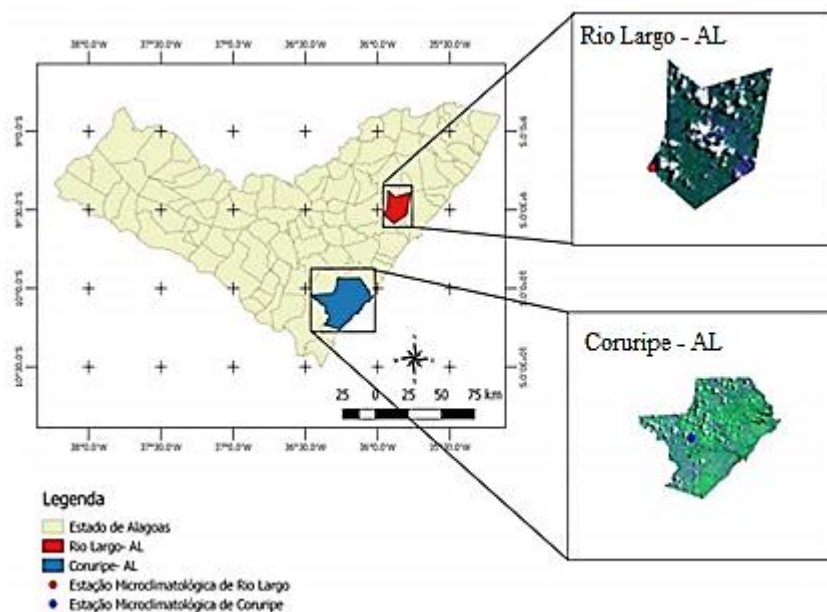
Santos et al. (2011) verificaram que o período matutino em Coruripe - AL possui uma melhor transmitância atmosférica nos meses de setembro/2009 a março/ 2010 quando comparados ao período vespertino, no qual, a atmosfera se mostrou menos transparente em consequência de uma maior concentração de aerossóis e nuvens.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

Á área de estudo compreende dois sítios experimentais, um em Rio Largo e outro em Coruripe, conforme a figura 01 a seguir.

**Figura 01-** Localização geográfica dos sítios experimentais.



Fonte: Querino, 2006.

##### 3.1.1 Área de Floresta

Um dos sítios de estudo situa-se numa Floresta Ombrófila Aberta com transição para Floresta Estacional Semidecídua, localizado na fazenda Capiatã A, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I – pertencente à usina Coruripe Açúcar e Álcool S/A, no município de Coruripe – AL (10°00'36'' S e 36°17'66'' W). Neste, foi instalada uma

torre micrometeorológica de 26 metros de altura (Figura 2), que funciona desde maio de 2009 com vários instrumentos, dentre os quais o piranômetro e albedômetro.

**Figura 02-** Vista a partir da superfície da torre micrometeorológica de 26 metros de altura instalada dentro da mata Atlântica.



Fonte: Autor, 2018.

### 3.1.2 Área de Canavial

O outro sítio experimental localiza-se fora da floresta ou mais especificamente no meio de um canavial da Usina Utinga Leão (09°32,352S e 35°51,496W), na qual foi instalada uma Estação Meteorológica Automática (EMA) com os vários instrumentos, dentre os quais o piranômetro e albedômetro.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), Alagoas possuía 385,3 mil hectares de a área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15. Santos (2011) relata que devido ao clima da região canavieira de Alagoas, o plantio da cana-planta, ou seja, a brotação de mudas plantadas e que posteriormente sofrerá o primeiro corte (que é denominado de plantio de inverno), tem seu início no mês de junho, julho e agosto, se estendendo durante 15 meses. Há também o plantio de setembro e parte de outubro, que vai até 15 de outubro. Há, ainda, áreas plantadas

para semente, que tem seu início em junho, julho, agosto e setembro e que se estende por 12 meses para cana-soca, ou seja, a planta gerada após o corte e áreas cortadas para moagem, que tem o seu início em setembro e outubro.

No canavial, a variedade utilizada pela usina foi a VAT 90212. Segundo Pinheiro (2014), a variedade VAT 90212 apresenta como características agrônômicas, bom touceiramento, colmos eretos, de diâmetro médio de cor verde-arroxeadada, com bainhas semiabertas, de fácil despalha. Possui bom florescimento e alta brotação de soqueira. Época de plantio junho a agosto; época de colheita de outubro a janeiro.

A cultura da cana-de-açúcar apresenta ciclo fotossintético do tipo C4, ou seja, apresenta alta eficiência de conversão de energia radiante em energia química quando submetida a condições de elevada temperatura do ar e radiação solar intensa (SILVA, 2016). Ou seja, é fundamental um conhecimento detalhado da quantidade de radiação solar que incide no canavial.

**Figura 03-** Vista a partir da superfície da Estação Meteorológica Automática (EMA) localizada dentro do Canavial da Usina Utinga Leão.

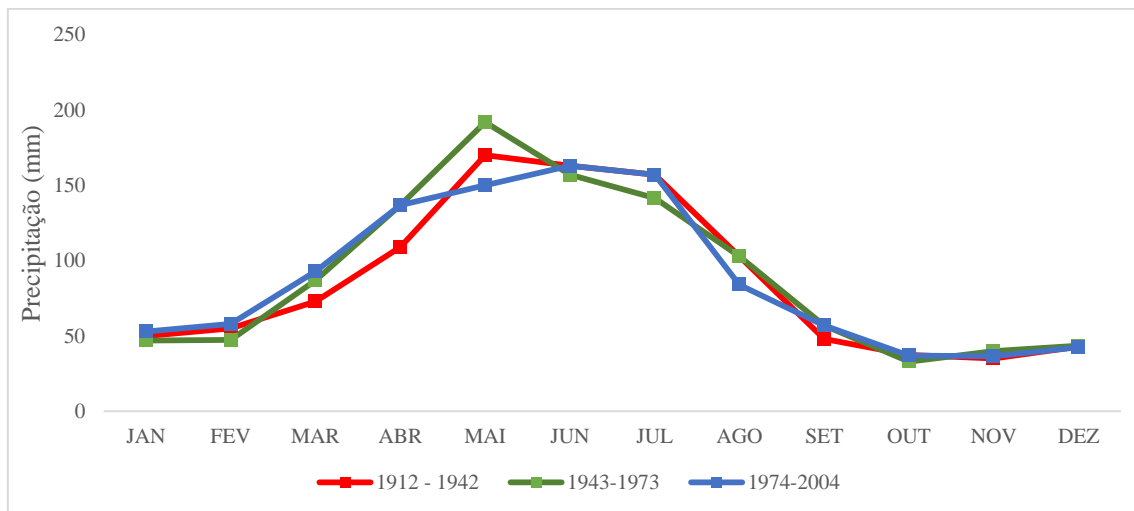


Fonte: Autor, 2018.

### 3.2 Precipitação da região

A Normal climatológica para a região de acordo com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) de Alagoas, o período chuvoso é compreendido entre maio a agosto, enquanto o período seco é observado entre novembro a fevereiro (SEMARH, 2003). Os demais meses considerados como períodos de transição seco-chuvoso (março e abril), e período de transição chuvoso-seco (setembro a outubro).

**Figura 04-** Normais climatológicas de precipitação na Zona da Mata - Alagoas.



Fonte: SEMARH-AL, 2003.

Segundo a classificação de Köppen, o clima local de Alagoas é caracterizado como tropical quente úmido, com estação seca de primavera-verão e chuvosa de outono-inverno (TENÓRIO et al., 2008). A precipitação média dos totais anuais de Alagoas é de 1.634,2 mm (MASCARENHAS et al., 2005).

O regime de chuvas em Alagoas está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, dentre os quais destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); os Sistemas Frontais (SF), alimentados pela umidade do Atlântico Sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); as ondas de Leste, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste; e dos Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (BARROS et al., 2012).

### 3.3 Dados

#### 3.3.1 Parâmetros mensurados

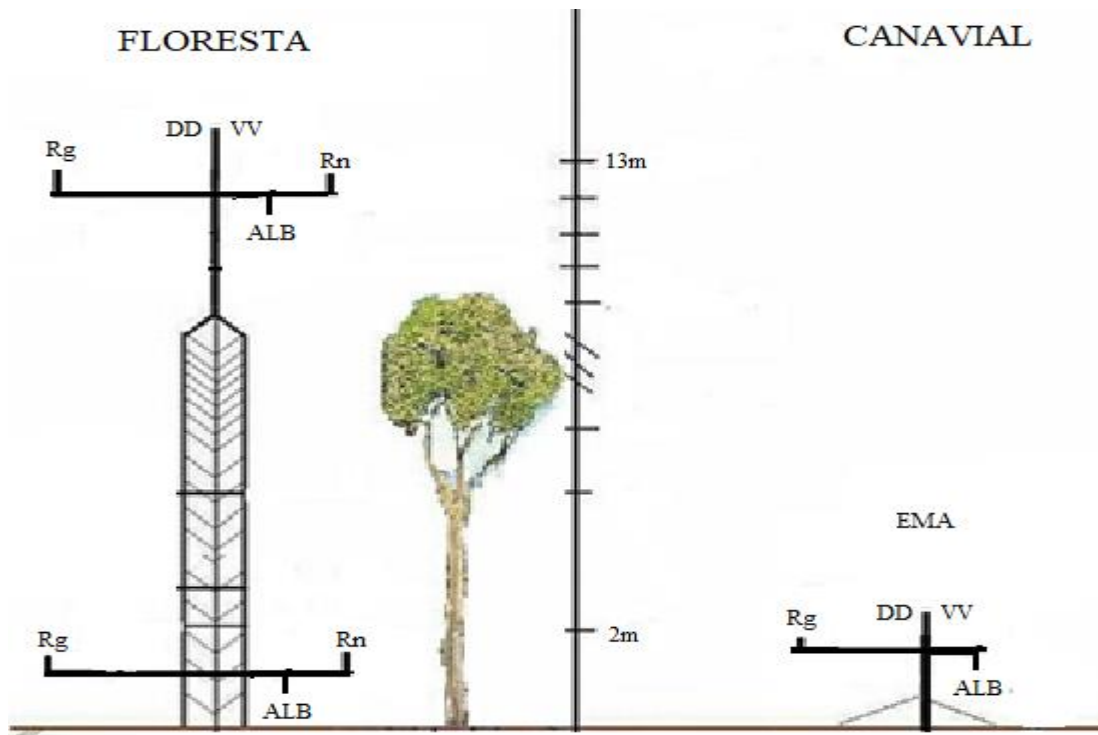
Na Mata, utilizou-se dados referentes ao período de janeiro a dezembro/2014. Os dados de radiação solar e albedo no Canavial são referentes ao período de rebrota e desenvolvimento da cultura até a fase da colheita, de janeiro a outubro/2014. A medição dos dados experimentais de Radiação Solar Global ( $R_g$ ) e albedo superficial ( $\alpha$ ) foram feitas por meio de piranômetros instalados nas estações micrometeorológicas na floresta e no canavial.

Nas duas estações, as medições foram realizadas a cada 20 segundos e armazenado por dataloggers e suas médias armazenadas a cada 10 minutos em Storage do tipo Campbell Scientific e foram descarregados em microcomputadores no Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

No canavial, os piranômetros destinados a mensurar a  $R_{g\_in}$  foram do modelo SP - LITE da Campbell Scientific, cujo tempo de resposta é abaixo de 1 segundo, e apresenta um desvio máximo estimado em 1% para cada  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ . Já no Topo da Mata, a  $R_{g\_r}$  foi mensurada pelo piranômetro do tipo CM5 (Kipp & Zonen).

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  $\pm 1\%$  e é dotado de uma acurácia de 3%. O “layout” das estações interna e externa pode ser apreciado na figura (5).

**Figura 05-** Layout das estações micrometeorológicas utilizadas no experimento.



Fonte: Adaptado de Querino, 2006.

Foram utilizados dados de acumulado pluviométrico de 10 minutos para o Canavial, cedidas e mensuradas pela estação automática agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). Normais climatológicas referentes a Coruripe e Maceió (pontos mais próximos aos respectivos sítios) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (link: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>).

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

### 3.3.2 Processamento dos dados

A consistência dos dados de albedo foi feita através da visualização de todas as curvas diárias para identificação de dados aberrantes, conforme Moura et al. (1999). Os critérios para determinação destes dados foram:

- Valores negativos: eliminação automática
- Valores superiores a 40%: eliminação automática

Foi realizada uma análise criteriosa baseada em outras informações como ocorrência de queimadas, precipitação e limpeza das cúpulas dos piranômetros.

Foi utilizado um software adequado para a montagem do banco de dados, cálculos de médias horárias-diárias, horárias-mensais, horárias-anuais, mensais, diárias, além de outros softwares para a plotagem dos respectivos gráficos.

### 3.3.3 Parâmetros Calculados

#### 3.3.3.1 Albedo

Para o cálculo do albedo, utilizou-se a equação (2):

$$\alpha = (\mathbf{Rg\_in} / \mathbf{Rg\_r}) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$\mathbf{Rg\_in}$  = Radiação Solar Incidente;  $\mathbf{Rg\_r}$  = Radiação Solar Refletida

Após a consistência dos dados, foram calculadas as médias horárias, diárias, mensais e anuais dos valores de albedo.

#### 3.3.3.2 Ângulo Zenital (Z)

Os valores de Z foram calculados utilizando o trabalho de QUERINO et al., (2006) através da equação (3).

$$\cos (\mathbf{Z}) = \mathbf{sen} (\phi) * \mathbf{sen} (\delta) + \mathbf{cos} (\phi) * \mathbf{cos} (\delta) * \mathbf{cos} h \quad (3)$$

onde:  $\phi$  - é a latitude do local ( $^{\circ}$ );  $\delta$  - a declinação solar ( $^{\circ}$ ) é a declinação solar, considerada a latitude celeste que se encontra o sol e na qual varia de  $0^{\circ}$  a  $\pm 23^{\circ}$  ao longo do ano (equação 4), e h - o ângulo horário da hora ( $^{\circ}$ ).

A declinação solar ( $\delta$ ) que é considerada a latitude (celeste) que se encontra o Sol, podendo variar de  $0^{\circ}$  a  $\pm 23^{\circ}$  ao longo do ano, foi calculada com a mesma fórmula utilizada no Kt:



$$\delta = 23,45 * \text{sen} [ 360/365 * (284 + \text{dn}) ] \quad (4)$$

onde dn é o dia de acordo com o calendário Juliano.

O ângulo horário h teve seus valores horários obtidos com a seguinte equação:

$$H = (\text{Hora} - 12) * 15 \quad (5)$$

### 3.3.3.3 Índice de Transmissividade Kt

O Kt é definido como a razão entre Rg e a radiação solar que chega ao topo da atmosfera (Ro) (RENSHENG et al., 2004). Este índice varia de acordo com a quantidade de nuvens e aerossóis na atmosfera, e com isso haverá um aumento ou uma redução da radiação solar direta ou difusa que atinge a superfície, além e possibilitar a classificação do céu em relação a sua nebulosidade (TAVARES, 2005). Salienta-se que este índice é um número adimensional oriundo do quociente entre Rg, e Ro, ambos em W.m<sup>-2</sup>.

Para uma apresentação mais detalhada da cobertura do céu, calculou-se o Kt para todo o ano de 2014, baseado na equação (6):

$$Kt = \frac{Rg\_in}{Ro} \quad (6)$$

Em que Rg\_in é a Radiação Solar Global incidente e Ro a Radiação Solar que chega ao topo da atmosfera (Ro).

Os valores do Kt foram baseados na tabela (2):

**Tabela 02-** Índice de Transmissividade Atmosférica (Kt)

<b>Índice de transmissividade atmosférica (Kt)</b>	<b>Classificação da nebulosidade</b>
<b>0 ≤ Kt &lt; 0,3</b>	céu nublado
<b>0,3 ≤ Kt ≤ 0,65</b>	céu parcialmente nublado
<b>0,65 &lt; Kt ≤ 1</b>	céu limpo

Calculou-se tanto Kt diário quanto Kt horário. Em relação ao Kt Diário, para estimativa da Ro diária utilizou-se a expressão abaixo:

$$\mathbf{Ro = 37,6*(sen\phi*sen\delta*H+cos\phi*cos\delta*senH)} \quad (7)$$

Em que:  $\phi$  é a latitude local (Mata Atlântica e Canavial)

$\delta$  é a declinação solar

H é o ângulo horário médio diário (equação 8)

$$\mathbf{H = arc\ cos\ (-tg\phi)*(tg\delta)} \quad (8)$$

Para estimativa da Ro do Kt horário (Equação 9), foi utilizada 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 ( $E_o$ ) (Equação 10), latitude local ( $\phi$ ), declinação solar ( $\delta$ ) e ângulo zenital ( $Z$ ):

$$\mathbf{Ro=S_o * E_o * cosZ} \quad (9)$$

Onde:

$$\mathbf{E_o = 1 + 0,0033\ cos\ (2\pi d_n/365)} \quad (10)$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação

O total anual na Mata foi 11,4% maior que a normal climatológica (1.179,5 mm). Já no Canavial, o total anual foi 18,4% menor que a normal climatológica (2.070,5 mm). Ao todo, o acumulado anual de chuva no Canavial (ChuvaC) foi 1.689,00 mm e 1.315,1 na Mata (ChuvaM), sendo então a Mata 22,1% menos chuvosa que o Canavial (Figura 06). A mesma análise em uma subdivisão quadrimestral indicou que a diferença percentual da ChuvaM em relação a ChuvaC diminuiu a uma taxa de, aproximadamente, 0,89% ao mês, sendo a precipitação na Mata menor cerca de 23,2%, 22,0% e 21,5% no primeiro, segundo e terceiro quadrimestre, respectivamente. Em subdivisões menores não foi possível notar esse tipo de tendência, no entanto, essa análise em agrupamentos quadrimestrais é válida para a

averiguação de possíveis constâncias na proporcionalidade da precipitação em sítios com vegetação alterada ou mesmo degradado.

Na Mata, a estação seca totaliza 11,8% do total de chuvas, a estação de transição 34,8%, e a quadra chuvosa, 53,4%. No Canavial, os totais nas estações seca, transição e chuvosa somam 11,7%, 35,1% e 53,2%, respectivamente. Por outro lado, as normais climatológicas da Mata na estação secas, de transição e chuvosa somam, respectivamente, 9%, 34% e 56%; quanto a normal climatológica referente ao Canavial nos mesmos e respectivos períodos somam, 13%, 32% e 55%. Em relação a Mata nas estações seca, transição e chuvosa, somam respectivamente, 9,1%, 34,4% e 56,5%. Já a normal climatológica referente ao Canavial nos mesmos e respectivos períodos somam, 12,5%, 32,2% e 55,3%.

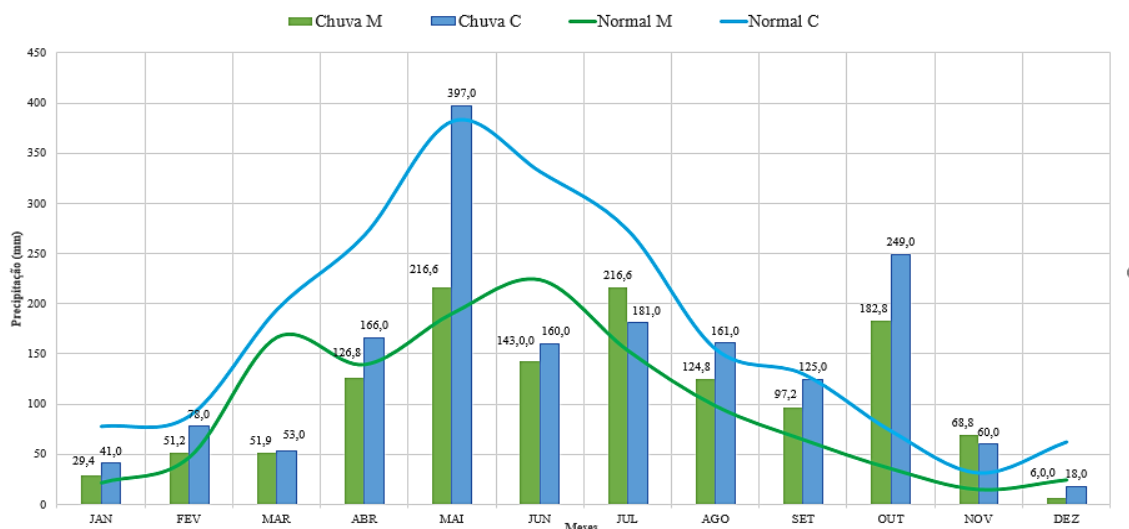
Percebeu-se uma redução no período de transição de 15% na Mata e 32,6% no Canavial, o que caracteriza um estreitamento do período chuvoso nas regiões, e chuvas menos distribuídas durante o ano. Na estação chuvosa, não houve diminuição na precipitação da Mata. Porém, houve uma redução de, aproximadamente, 21,4% em relação ao Canavial. Na estação seca, houve acréscimo para a Mata de 44,2%, e diminuição de 24,5% no Canavial.

Embora junho seja caracterizado como um mês da quadra chuvosa, este apresentou pico chuvoso abaixo em relação a normal climatológica. Além disso, é também o mês com maior deficiência hídrica em relação à normal. Apesar de outubro está caracterizado como mês da quadra seca, tanto na Mata quanto no Canavial, a diferença da chuva em relação à normal é bem significativa. De acordo com o boletim agroclimatológico mensal publicado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014), esse grande volume de chuva registrado em Alagoas foi ocasionado pela formação de áreas de instabilidade, onde dois sistemas frontais foram responsáveis pela intensificação das áreas de instabilidade, um no primeiro decêndio e outro no terceiro de outubro. Além do mais, a circulação dos ventos úmidos vindos do Oceano contribuiu para manter a instabilidade, especialmente o leste da região. Ainda esse mês, a circulação da Alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS), favoreceu a advecção umidade para o interior da região nordeste.

Segundo Tavares (2008), no Nordeste Brasileiro (NEB), as mudanças nos parâmetros meteorológicos em superfície ocasionadas pela incursão dos sistemas frontais ainda não são bastante conhecidas. Um estudo realizado por Kousky (1979), constatou que os sistemas frontais podem influenciar nos totais pluviométricos desde a costa da Bahia até o Rio Grande do Norte (norte do NEB).

A partir de novembro, as chuvas reduziram, pois neste mês deu-se início ao fenômeno El Niño. Normalmente nos anos de El Niño, os totais pluviométricos ficam abaixo do normal em consequência da redução da cobertura de nuvens, que, por conseguinte, favorece a maior incidência de radiação solar na superfície o que contribui para o aumento da temperatura nesses anos.

**Figura 06-** Acumulado pluviométrico mensal em mm (ChuvaM) (ChuvaC) e Normais Climatológicas (mm) na Mata (NormalM) e Canavial (NormalC) no período experimental.



Fonte: Autor, 2018.

O comportamento do período chuvoso pode também ser observado nas distribuições horárias dos acumulados pluviométricos dos dois sítios (Figuras 7 a e b). Além do mais, ambas as distribuições se diferem pela frequência de chuvas e a duração das mesmas. Os núcleos de chuva que se apresentam concêntricos e com isolinhas próximas indicam chuvas restritas ou isoladas ao período em questão. Além disso, os núcleos de chuva que se apresentam mais alongados na horizontal (eixo das horas), indicam chuvas mais duradouras, melhor distribuídas no dia. De acordo com Da Silva Junior et al. (2016), isto facilita na compreensão do comportamento das componentes descendentes (energia com direção ao solo) da (Rg), visto que a relação da nebulosidade com a chuva é direta.

Nas figuras 7 a e 7 b, é possível observar que, durante a quadra chuvosa, o período matutino é, se comparado ao período vespertino, predominantemente marcado pela presença de chuva. Na Mata, as chuvas foram mais incidentes no íterim das 02h às 3h da madrugada, 05h às 11h da manhã, e 18h às 23h da noite. Os núcleos observados tanto na Mata no final de outubro, no íterim das 12h às 13h, quanto no Canavial no mês de maio às 19h, representam várias chuvas que ocorreram intensamente, enquanto os demais núcleos não foram formados

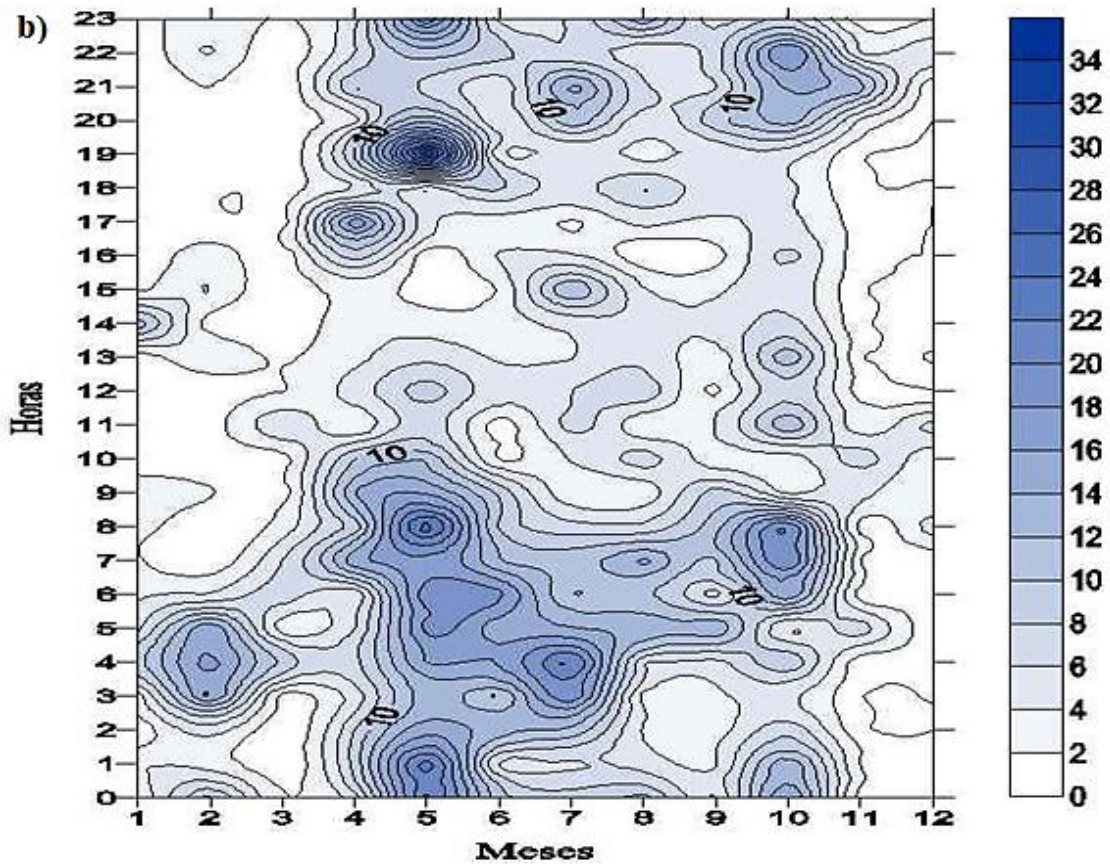
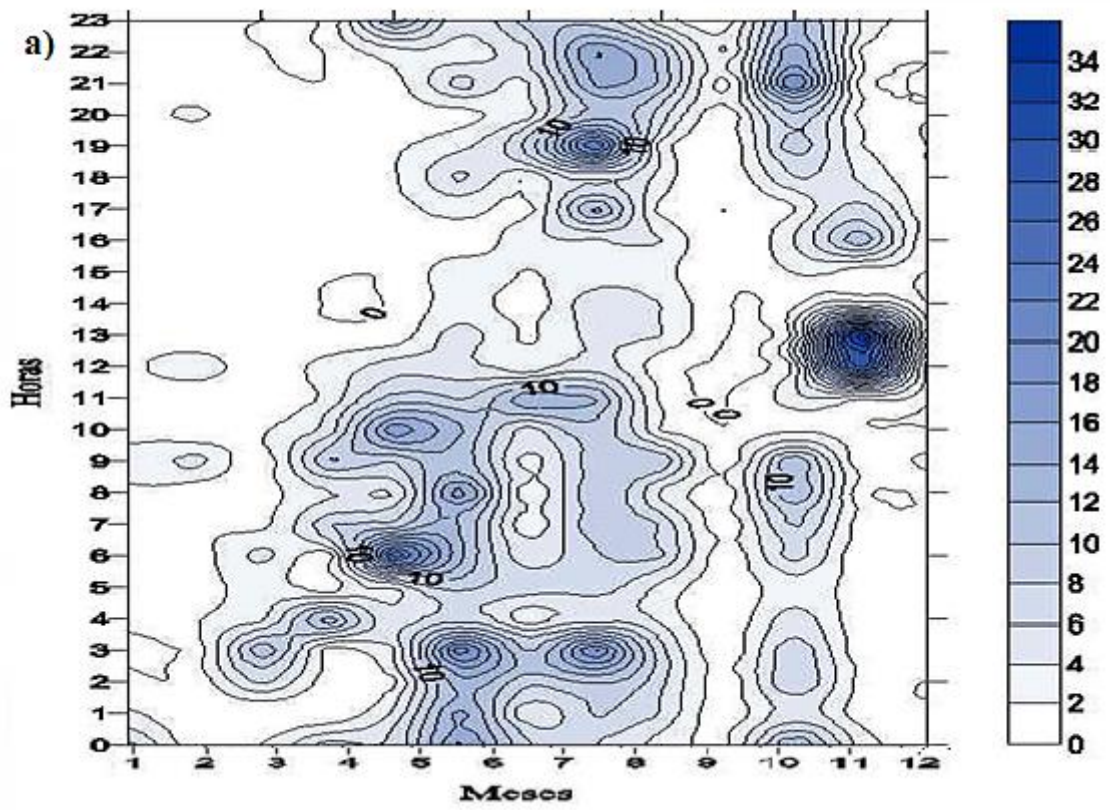
por chuvas com essa frequência. Ou seja, a apresentação dos acumulados horários-mensais é de fundamental importância para detecção de eventos extremos com periodicidade persistente, mesmo que os sinais dos eventos individualmente sejam fracos.

Tanto na Mata (Figura 07 a) quanto no Canavial (Figura 07 b) na estação chuvosa e de transição (chuvoso-seco), os períodos com maior predominância de chuva são observados nos turnos matutino e noturno, enquanto os períodos com pouca ou nenhuma ocorrência de chuvas são observados, predominantemente, no vespertino. As chuvas são mais duradouras na Mata e logo, menos intensas.

No período seco, ocorreram chuvas isoladas das 2 as 5 horas da manhã no mês de janeiro e fevereiro (Cana) e nos meses de outubro a novembro das 11 as 14h na Mata. Já no período chuvoso (maio a agosto), as chuvas na Mata ocorreram entre as 0h estendendo-se até as 11h da manhã. Já no Canavial, as chuvas iniciaram das 0h estendendo-se até as 10h da manhã, voltando a ocorrer a partir das 17h. Estes resultados corroboram com Da Silva Júnior et al. (2016) que, estudando saldo de radiação em troca de bioma de Mata Atlântica por canavial, concluíram que a variação da precipitação é proporcionalmente igual em ambas as áreas de estudo, mas é aproximadamente 30% menor na Mata Atlântica.

Andrade et al. (2013) avaliando radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de Floresta de Mata Atlântica concluiu que os maiores totais de chuva se concentraram nos meses de maio e julho, meses da quadratura chuvosa. Notou também que na estação seca, especificamente no período diurno, os índices pluviométricos ficaram abaixo de  $3 \text{ mm h}^{-1}$ , pois nessa época a atmosfera se encontra com menor nebulosidade, ou seja, pouca cobertura de nuvens, como também onde se registram as maiores incidências de radiação solar.

**Figura 07-** Variação temporal do total horário acumulado pluviométrico (mm) na Mata (a) e no Canavial (b).



Fonte: Autor, 2018.

## 4.2 Radiação Solar Global (Ro) no Topo da Atmosfera

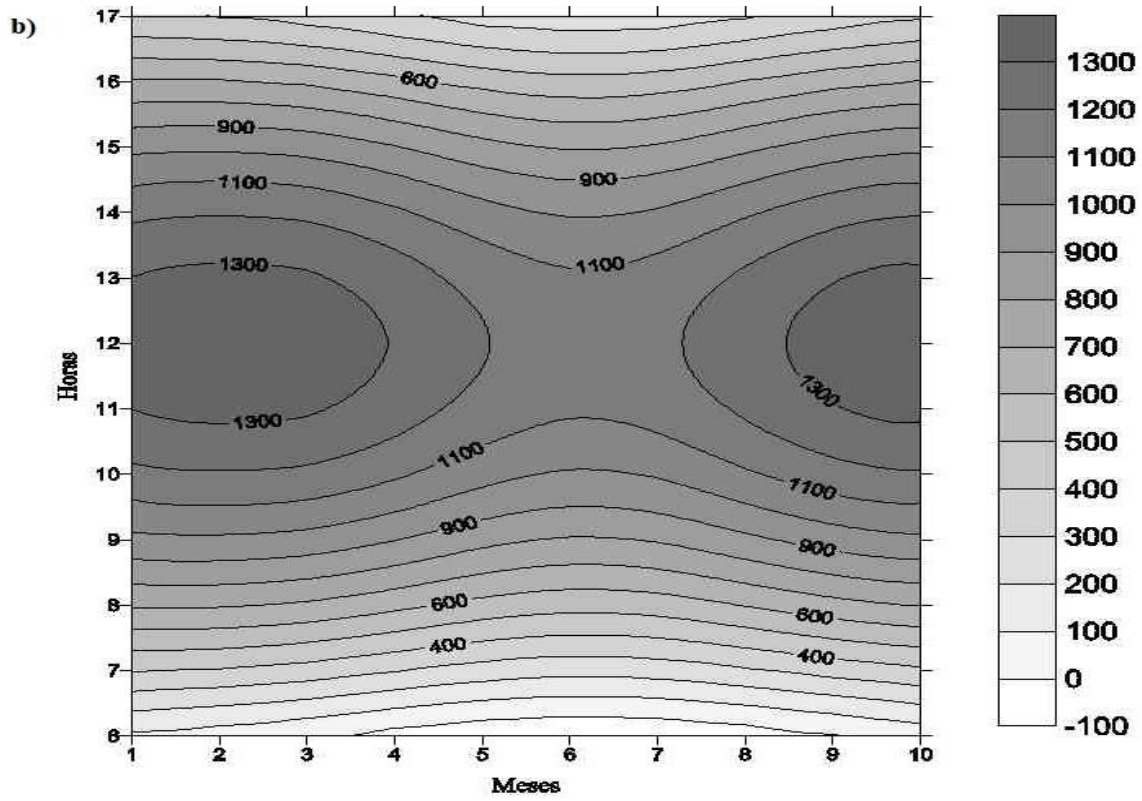
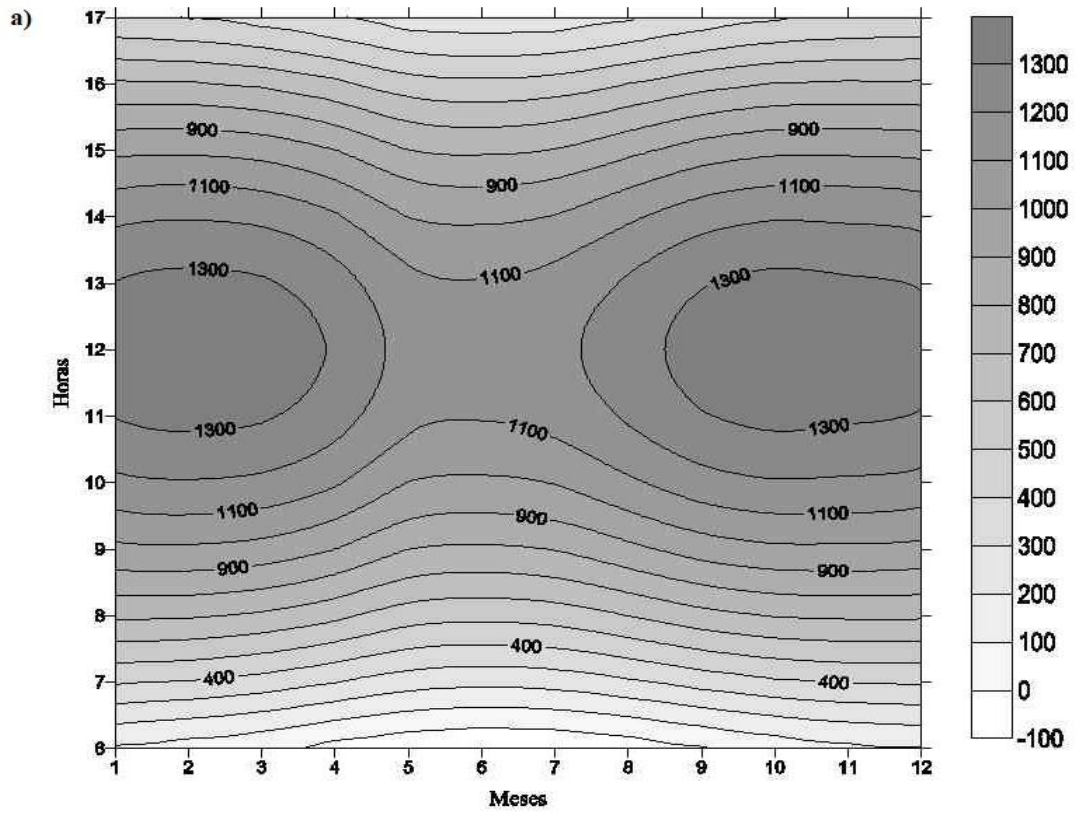
### 4.2.1 Estimativa da Radiação Solar Global (Ro) no Topo da Atmosfera

Determinar e analisar a Radiação Solar Global no Topo da Atmosfera (Ro) é extremamente importante, pois através dela consegue-se caracterizar a atmosfera em relação a turbidez através de sua comparação com a Rg à superfície, além de ser útil como base em diversos métodos de estimativa da radiação global na superfície. De acordo com Martins et al. (2014), a determinação da Radiação no topo da atmosfera é fundamental para estimativa do montante que atinge a superfície terrestre, denominada radiação solar global. Por isso, conhecer o comportamento da Radiação Solar Global (Rg) é de extrema importância para se saber a disponibilidade de energia disponível no sistema terra-atmosfera.

A Ro atingiu o máximo entre as 11:00 e 13:00 horas local (Figura 08), valores esses compreendidos nos meses de março e setembro, além de coincidir com a época seca da região. Os meses que ocorreram maiores médias horárias de Ro foram dezembro (1.335 W.m<sup>-2</sup>), janeiro (1.346 W.m<sup>-2</sup>) e fevereiro (1.367 W.m<sup>-2</sup>) para a Mata, e janeiro e fevereiro, com (1.344 W.m<sup>-2</sup>) e (1.367 W.m<sup>-2</sup>) para o Canavial, respectivamente, meses estes compreendidos no verão do Hemisfério Sul. A Ro é regida por dois fatores astronômicos; a distância Terra - Sol, quando a distância for menor será o periélio e maior será o afélio, e a declinação solar, que é o ângulo formado entre o plano do equador e a reta definida pelos centros da Terra e do Sol (PACHECO et al., 2005). Estes resultados estão de acordo com Martins et al. (2014), que analisando a turbidez atmosférica em Humaitá-AM, constatou que os meses que ocorrem maiores médias de Ro são agosto (1.300 W.m<sup>-2</sup>), setembro (1.350 W.m<sup>-2</sup>) e outubro (1.355 W.m<sup>-2</sup>), coincidindo com a época seca da região.

Já as menores médias aconteceram nos meses de junho, julho e agosto (1.163 W.m<sup>-2</sup>), (1.149 W.m<sup>-2</sup>) e (1.173 W.m<sup>-2</sup>) para a Mata, e (1.155 W.m<sup>-2</sup>), (1.149 W.m<sup>-2</sup>) e (1.167 W.m<sup>-2</sup>) para o canavial, quando tem início o inverno para o Hemisfério Sul. Com isto, a radiação terá que percorrer um caminho ótico atmosférico muito maior que nas outras estações do ano, além da Terra se encontrar no afélio. Estes valores de Ro corroboram com Querino et al. (2011), onde os autores estudaram Rg e Kt em uma floresta de mangue em Alagoas-Br. Praticamente não houve diferença da Ro nos dois sítios experimentais, visto que estão relativamente próximos, diferindo pouco menos de 0,5 grau de latitude Sul.

**Figura 08-** Ciclo anual médio horário da Radiação Solar no topo da atmosfera (Ro) (W.m<sup>-2</sup>) na Mata a) e no Canavial b).





### 4.3 Radiação Solar Global (Rg)

#### 4.3.1 Radiação Solar global (Rg) acima da superfície da Mata

O Rg é responsável direto pelos principais processos de ordem física, química e biológica que ocorrem dentro dos mais diversos ecossistemas (MOURA et al., 1999; QUERINO et al., 2006, 2011, 2013). Por se tratar de uma variável indispensável também no estudo do albedo, faz-se necessário o entendimento da variação anual do Rg sobre a área de estudo (QUERINO et al., 2013).

Fevereiro e outubro são os meses em que o sol atinge o zênite local e são nesses meses que a radiação solar atinge a superfície de maneira mais intensa. No entanto, os picos de radiação solar global (Rg) foram observados nos meses de janeiro e setembro (Figura 09). Os maiores índices de Rg ocorreram nos meses mais próximos do zênite e com baixa precipitação. De acordo com Da Silva Júnior et al. (2016), este fato reforça a premissa de que o maior fator de interferência na entrada de radiação para latitudes tropicais e médias é, de fato, a cobertura de nuvens.

Considerando-se a distribuição temporal da chuva (Figura 7 a) como indicador de nebulosidade, é possível perceber que nos meses de maio a julho (Figura 6), meses mais chuvosos e característicos da quadra chuvosa na área, em ambos os sítios apresentam os menores valores de Rg. Contudo, no mês de outubro, os valores de Rg apresentaram uma pequena diminuição e, nos meses seguintes, voltaram a ter altos picos, formando núcleo no mês de dezembro e janeiro (Figura 09). Essa pequena diminuição da Rg nesse mês deu-se devido ao elevado índice de pluviosidade que ocorreu na região (Figura 6).

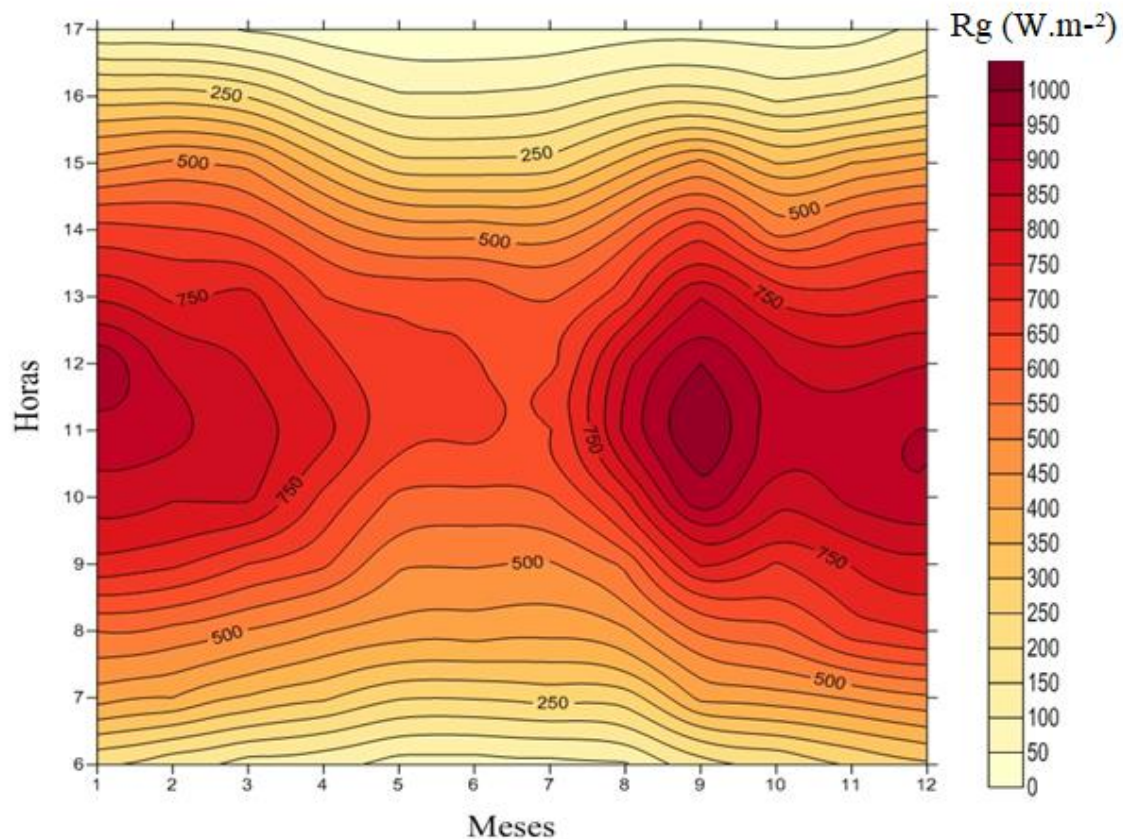
Em termos médios, a Rg na quadra chuvosa ( $405,3 \text{ W.m}^{-2}$ ) sofreu uma atenuação esperada de 27% em relação quadra seca ( $561,4 \text{ W.m}^{-2}$ ) devido à presença das chuvas características desta época. No período de transição (seco-chuvoso), os índices médios de Rg foi  $483,8 \text{ W.m}^{-2}$  e no período de transição (chuvoso-seco) de  $424,6 \text{ W.m}^{-2}$ . Resultados similares de Rg na Mata foram encontrados por Da Silva Júnior (2016), onde a média das estações foram cerca de 20% menor que a média das estações secas ( $530 \text{ W.m}^{-2}$ ).

Os valores máximos médios horários de radiação global entre 900 a  $920 \text{ W.m}^{-2}$  durante os meses compreendidos entre setembro e fevereiro, no intervalo compreendido das 10 às 14 h, foram registrados na área de estudo. Para os meses das épocas de transição (março e abril, setembro e outubro), o valor médio máximo atingido foi de aproximadamente  $636,5 \text{ W.m}^{-2}$ . Querido et al. (2013) relatam que o motivo dessa diferença entre os valores médios

máximos pode estar relacionada a fatores astronômicos como declinação solar e ângulo zenital, pois o caminho óptico a ser percorrido pelos raios solares provoca redução na quantidade de radiação que chega a superfície, quanto maior o Z, maior atenuação pela atmosfera. Como os horários compreendidos entre 10 e 14h apresentam menor ângulo zenital, é compreensível que os máximos sejam atingidos dentro desse intervalo.

Foi observado também que o Rg médio horário não foi simétrico durante todo o ano. De acordo com Querino et al. (2011; 2013), essas flutuações diárias são atribuídas às diferentes condições de turbidez da atmosfera, pois durante o período matutino, a transmitância atmosférica para a região em questão é maior que 70%, enquanto que no período vespertino a transmitância não atinge 50%.

**Figura 09** - Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global (Rg) acima do dossel da Mata, em  $W.m^{-2}$ .



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3.2 Radiação Solar global (Rg) abaixo da superfície da Mata

Nos meses de maio a julho (Figura 10), meses característicos da quadra chuvosa na área, apresentam os menores valores de Rg, sendo maio o mês com menor média mensal total de Rg  $155 \text{ W.m}^{-2}$ . Junho, julho e outubro tiveram os totais acumulados mensais de Rg de  $164,1 \text{ W.m}^{-2}$ ,  $159,0 \text{ W.m}^{-2}$  e  $166,1 \text{ W.m}^{-2}$ , respectivamente.

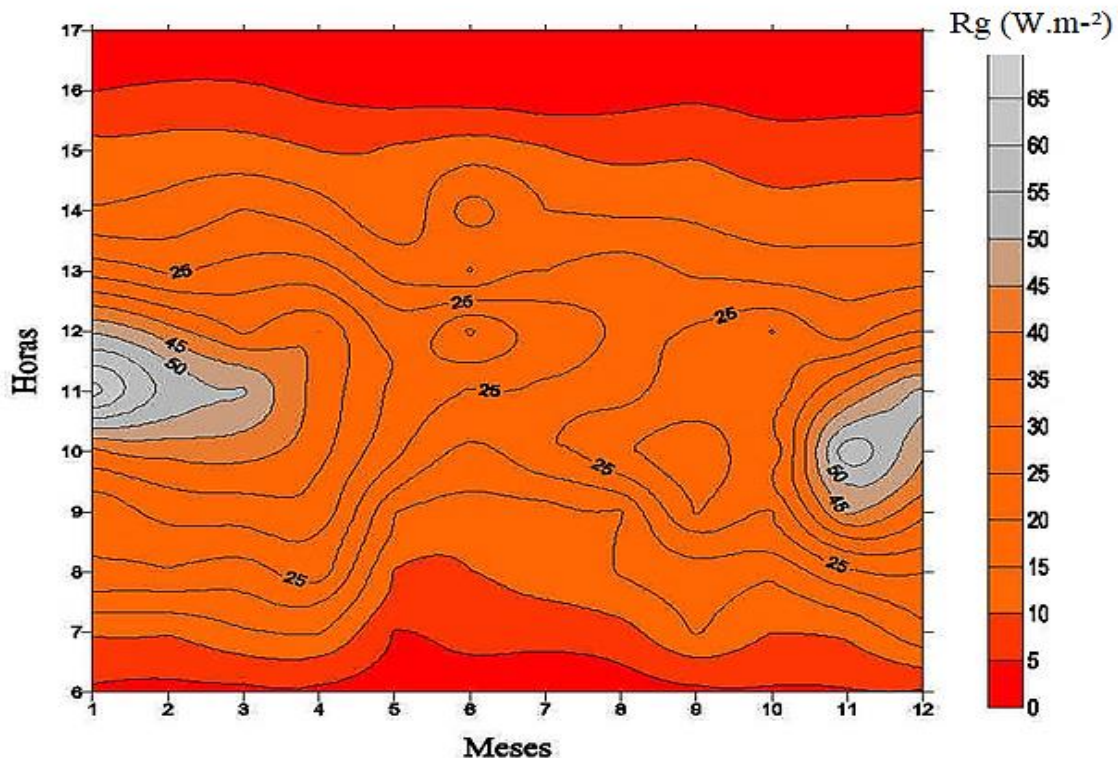
No período da quadratura seca, a média da radiação global que chegou até o interior da superfície da Mata foi de  $21,9 \text{ W.m}^{-2}$  (Figura 10), representando um total de 3,9% se comparado ao total de Rg que chegou no topo do dossel da Mata (Figura 8). No período de transição (seco-chuvoso), a média do Rg foi  $21,6 \text{ W.m}^{-2}$ , apenas 4,7%. Já no período chuvoso, esse total foi de  $13,4 \text{ W.m}^{-2}$ , ou seja, 3,3% quando comparado à radiação que chegou no topo da Mata. E no período de transição (chuvoso-seco), o Rg médio foi  $13,5 \text{ W.m}^{-2}$ , representando um percentual de 3,2%.

Kittredge (1948), estudando microclima de florestas de noqueiras ao norte de Minnesota (EUA), verificou que a porcentagem da radiação solar transmitida para o interior da Mata foi de 16 a 17%. Vários estudos comparando medições de radiação solar no interior de florestas e em clareiras, obtiveram valores relativos de 15,6% no verão e 12,9% no inverno, para floresta de eucaliptos (SCHUMACHER, 1992); 3,7 a 5,7%, em floresta de pinheiros (CHEN et al., 1993).

A caracterização de variáveis micrometeorológicas em florestas é fundamental para avaliação de alternativas de manejo de regeneração de povoamentos florestais (CHEN et al., 1997; HERNANDES et al., 2004). Questões abordadas sobre o microclima de florestas têm sido basicamente a influência da floresta sobre as áreas vizinhas, as diferenças entre o interior e o exterior da floresta, bem como as relações entre o clima e o microclima interior, que influencia nos processos físicos, químicos e biológicos da fauna e flora (YOSHINO, 1975; PEREIRA, 1997).

De acordo com Hernandez et al. (2004), a atenuação da radiação solar pelo dossel das florestas naturais é um dos fatores mais importantes que influem no microclima, pois atua diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais.

**Figura 10-** Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global (Rg) abaixo da superfície da Mata, em  $W.m^{-2}$ .



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3.3 Radiação Solar Global (Rg) no Canavial

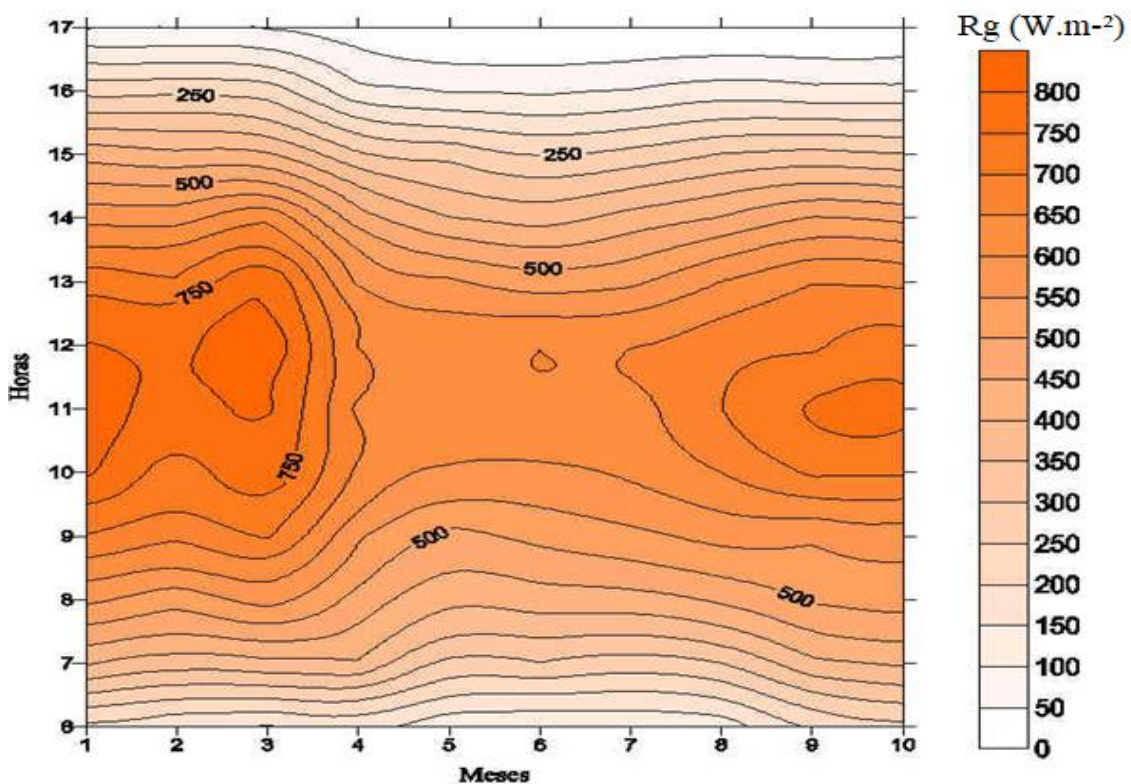
A distribuição da Rg no canavial apresentou-se semelhante ao comportamento da Rg observado na Mata. Os picos de Rg foram observados nos meses de janeiro e março (Figura 11), sendo o total acumulado mensal de  $5.061,9 W.m^{-2}$  e  $4.989,4 W.m^{-2}$  respectivamente para esses meses. Os maiores picos horários de radiação global entre  $800$  a  $856 W.m^{-2}$  foram registrados durante os meses de janeiro a março, no intervalo compreendido das 10 às 12 h. Na quadra chuvosa, foram registrados os menores Rg, devido ao alto índice de chuva nesse período.

No período seco, a média mensal-horária do Rg foi  $482,0 W.m^{-2}$  (figura 11), ou seja, 15% menor em relação ao Rg no topo da Mata (Figura 08). No período de transição (seco-chuvoso), a média da Rg foi de  $456,5 W.m^{-2}$ , sendo 5,2% menor se comparado ao mesmo período da média da Rg na Mata. Já no período chuvoso, essa média foi de  $363,1 W.m^{-2}$  (24,6% menor que a média do Rg no período seco) e 10,4% menor comparado à radiação que chegou no topo da Mata no mesmo período. E para o período de transição (chuvoso-seco), a

média foi 443,9%, sendo 4,3% maior que na Mata em função da quantidade de chuva registrada no período experimental. Levando em consideração ao acumulado anual de chuva no Canavial (ChuvaC) que foi 1.689,00 mm e 1.315,1 na Mata (ChuvaM), a Mata foi 22,1% menos chuvosa que o Canavial nesse ano, explicando a menor quantidade de radiação solar global que chegou no canavial se comparado à Mata.

Valores similares de radiação global em área desmatada foram encontrados por Querino et al. (2006), onde estes autores avaliaram medidas de radiação solar global e albedo com o Ângulo Zenital em quatro sítios experimentais de cobertura vegetal diferente (floresta e pastagem) na Região Amazônica, onde constaram para o período seco, índices máximos radiação global de 633, 697, 684 e 729,2  $W.m^{-2}$  e totais diários médios de 4.523, 4.720, 4.845 e 5.058  $W.m^{-2}$  para as áreas de pastagem, e para o período seco, os máximos para os sítios estudados foram de 599, 667, 563 e 666  $W.m^{-2}$ , ou seja, foram todos inferiores ao do período seco inclusive os totais diários médios para época que foram de 4.176, 4.730, 3.956 e 4.612  $W.m^{-2}$ .

**Figura 11-** Variação Mensal-horária da Radiação Solar Global (Rg) no canavial, em  $W.m^{-2}$ .



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3.4 Relação da Radiação Solar Global com o Ângulo Zenital (Z)

Na figura 12, as curvas do Rg para as áreas experimentais Cavavial e Mata Atlântica apresentaram-se praticamente semelhantes nas primeiras e últimas horas durante todo o ano, No entanto, apesar dos experimentos estarem relativamente próximos e diferindo em menos de 0,5 grau de latitude, o canal recebeu menor quantidade de radiação solar se comparado à mata, mostrando uma pequena diferença no horário de incidência máxima, onde os máximos de Rg alcançados foram de 736,6 e 782,8 W.m<sup>-2</sup> e 686,5 W.m<sup>-2</sup>, enquanto seus totais diários médios foram de 5.421,8 e 5.728,8 W.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Essa diferença pode ser relacionada a uma maior nebulosidade para essa região, será melhor entendida quando mencionado o Índice de Transmissividade Atmosférica (Kt), além de um maior período chuvoso, conforme citado anteriormente.

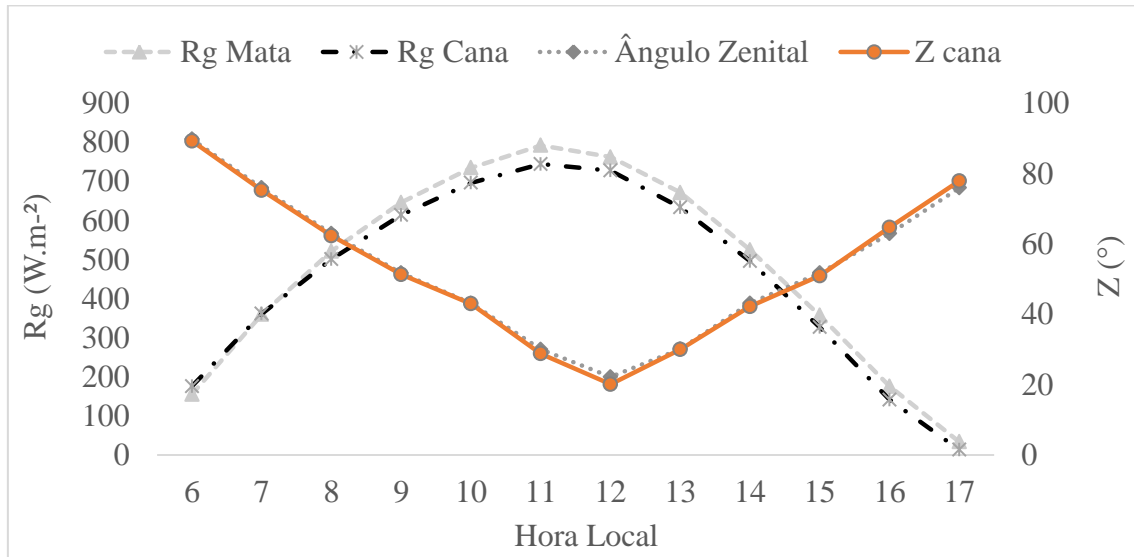
Ao analisar a influência do (Z) sobre o Rg de ambos os locais, observa-se que, quanto menor o ângulo formado, maior o Rg. Isso ocorre devido ao menor caminho óptico que o raio percorre nesse horário, permitindo que a radiação chegue à superfície sem sofrer tanta interferência em sua componente. Observa-se que, nas primeiras e últimas horas do dia, o ângulo formado é máximo, resultando em um maior caminho a ser percorrido pelos raios solares e, por consequência, valores menores de Rg. Além disso, é possível verificar uma mínima diferença no Z das duas regiões. Isso ocorre devido ao fato do ângulo Zenital ser extremamente depende da latitude local, que no caso, apresenta menos de 1° entre as regiões.

A irradiação solar em uma superfície varia em função da variação anual da distância zenital e azimutal solar (variação sazonal) que ocorre devido à variação da declinação em função da inclinação do eixo de rotação da Terra (23° 27') em relação ao plano orbital da Terra ao redor do Sol, da variação da distância Terra -Sol (ROSA, 2007).

Estes resultados estão de acordo com Querino et al. (2006), que avaliando e comparando medidas de Radiação Global com o Z em quatro sítios experimentais de cobertura vegetal diferente, verificou a forte dependência da Rg em relação ao ângulo Zenital em todos as áreas experimentais. Quanto maior o ângulo formado, menores foram os valores de Rg, devido ao maior caminho óptico que o raio percorre nesse horário.

Segundo Correia et al. (2002), para grandes ângulos zenitais, as superfícies vegetadas comportarem-se como superfícies planas, captando pouca radiação e, por isso, apresentando grande refletividade. Por volta do meio dia quando o ângulo zenital é mínimo, há maior penetração de radiação solar no interior da vegetação.

**Figura 12-** Relação entre Radiação Solar Global média (Rg) em  $W.m^{-2}$  e ângulo Zenital médio (Z) nos dois sítios experimentais (Mata e Canavial) no período experimental.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3.5 Índice de Transmitância Atmosférica (Kt)

A turbidez atmosférica impacta na transmissividade devido à presença de aerossóis, sendo que esses possuem a função de absorver ou refletir a radiação solar, influenciando na transparência da atmosfera quanto à radiação solar (VASCONCELOS et al., 2017). De acordo com Echer et al. (2001), a radiação solar em condição de céu claro é pouco atenuada quando comparada com condições de céu encoberto (parcialmente ou totalmente).

Através do índice de transmitância atmosférica (Kt) é possível observar as alterações nas condições de turbidez atmosférica e, principalmente, a influência da cobertura de nuvens na quantidade de radiação solar que chega à superfície. Com a obtenção do índice Kt, a cobertura do céu foi caracterizada para os períodos seco, transição (seco-chuvoso) e chuvoso, conforme a Tabela 03. Percebe-se que, para o período chuvoso na Mata, houve (87 dias) caracterizados como céu limpo e para o canavial (36 dias). Já os dias caracterizados como parcialmente nublado, na Mata houve (33 dias) e no canavial (23 dias). E dias ditos como nublados foram (0 dias) em ambos as áreas experimentais. Tanto no período de transição (seco-chuvoso e chuvoso-seco), assim como no período chuvoso, não houve muita diferença entre os sítios quanto a nebulosidade. No total, na Mata ocorreram 21 dias nublados, 220 dias

parcialmente nublados e 109 dias caracterizados como céu limpo. No canavial, houve 27 dias nublados, 212 dias parcialmente nublados e 41 dias com céu limpo.

Resultados similares foram encontrados por Da Cunha (2014), que avaliando a variação da reflexão de diferentes ondas de uma região de cerrado da baixada Cuiabana sob diferentes coberturas do céu, encontrou para o período seco, 25 dias de céu claro 134 de dias parcialmente nublado e 25 dias nublados. Já para o período chuvoso, foram 4 dias de céu claro, 139 dias de céu parcialmente nublado e 20 dias de céu nublado.

**Tabela 03-** Determinação do total de dias e suas coberturas para os dois sítios experimentais.

Sítio Experimental	Classificação do Kt	Período Seco (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro)	Transição seco-chuvoso (março-abril)	Período Chuvoso (maio, junho, julho e agosto)	Transição chuvoso-seco (Setembro-outubro)
Mata Atlântica	Dias Nublado (Kt < 0,3)	0	1	17	3
	Dias Parcialmente Nublado 0,3 </ kt >/ 0,65	33	51	104	32
	Céu limpo (kt > 0,65)	87	9	2	11
Canavial	Dias Nublado (Kt < 0,3)	0	5	19	3
	Dias Parcialmente Nublado 0,3 </ kt >/ 0,65	23	51	104	34
	Céu limpo (kt > 0,65)	36	5	0	2

O ciclo médio horário do Índice de Transmitância Atmosférica (Kt) na Mata a) e no Canavial b) é mostrado na figura 13. Na estação chuvosa (maio a agosto), no período matutino, observou-se um aumento do Kt, atingindo aproximadamente 50% para a Mata, e no período vespertino, percebeu-se uma queda, com  $kt \leq 40\%$ , o que caracteriza uma transmitância atmosférica parcial, ou seja, céu parcialmente nublado, o que propicia uma maior reflexão dessa radiação, impedindo que boa parte atinja a superfície. Para o Canavial no mesmo período, o Kt matutino também foi 50% e no período vespertino foi  $kt \leq 30\%$  caracterizando a atmosfera como predominantemente nublada.



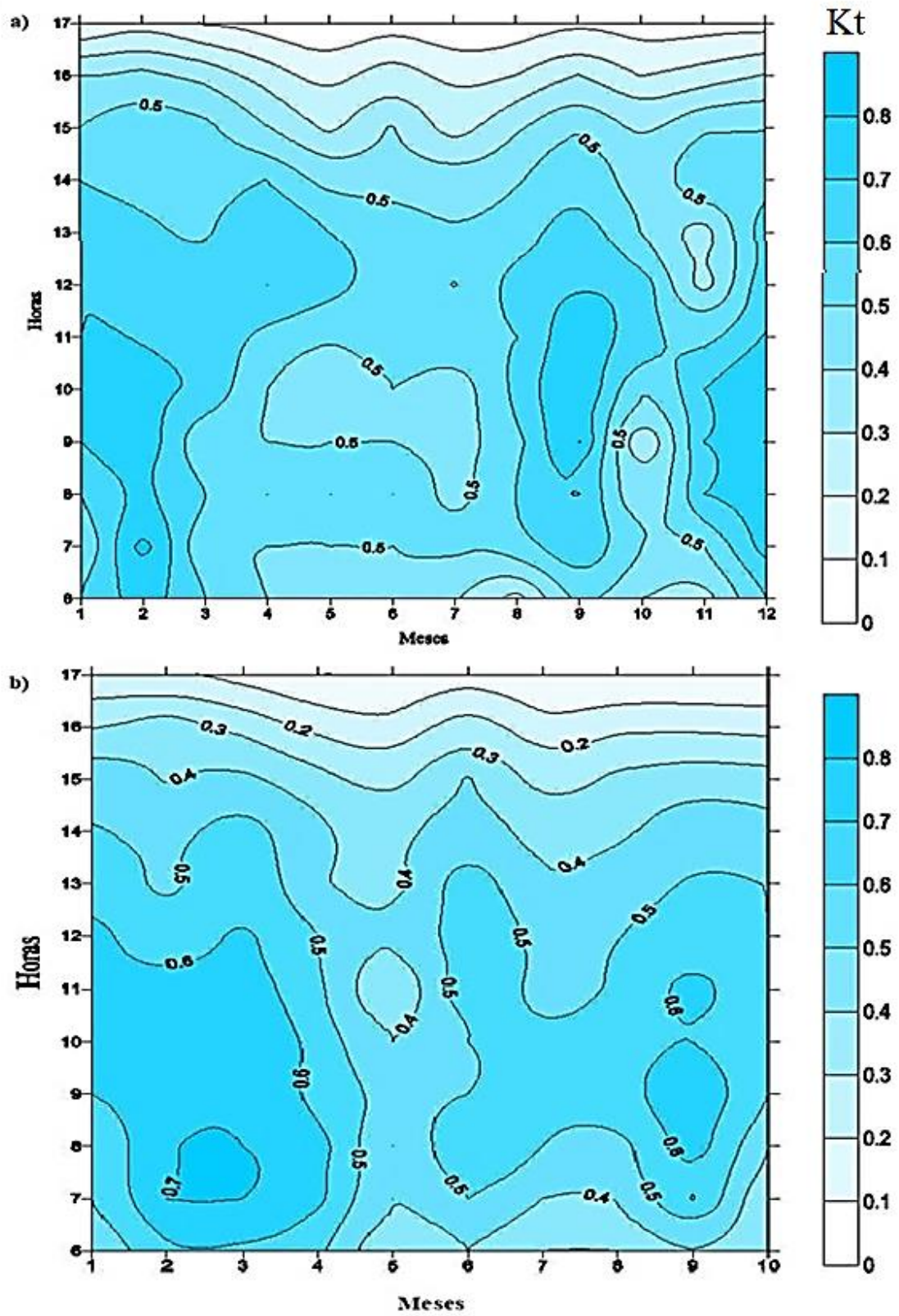
Já na estação seca no Canavial, no período matutino o Kt chegou a aproximadamente 60%, enquanto na Mata esse índice chegou a 70% (16,7% maior que o canavial). Ou seja, na Mata, houve uma boa transmitância atmosférica, onde a radiação solar incidente foi menos espalhada na atmosfera (se comparada ao canavial) e conseguiu atingir mais intensamente a superfície da Mata. No período vespertino, em ambos os sítios experimentais, percebe-se um Kt abaixo de 50%, o que indica uma atmosférica menos transparente, ou seja, houve uma maior reflexão dessa radiação, impedindo que parte desta chegue à superfície. A explicação para essa redução do Kt na parte da tarde nos dois sítios experimentais foi atribuído a uma maior concentração de aerossóis e nuvens (SANTOS et al., 2011). Um estudo feito por Dalia et al. (2014) mostrou que o sal marinho, pode afetar de forma relevante o albedo e o balanço radiativo terrestre, atuando como núcleos absorvedores e espalhadores da radiação solar direta, como também atua no processo de formação de nuvens em áreas sob influência marítima direta. No litoral alagoano, a predominância dos ventos é de Leste-Sudeste (COSTA e LYRA, 2012), com ventos mais intensos iniciando por volta das 10 horas, trazendo de forma considerável, uma grande quantidade de aerossóis marinhos que ao chegar à costa, convergem intensificando a formação de nuvens no período vespertino.

Estes valores de Kt estão próximos aos encontrados por Martins et al. (2014) no período chuvoso em Humaitá-AM, onde neste período, nenhum dos meses registraram médias acima de 0,6, destacando Kt máximos entre 0,6 e 0,5, caracterizando o céu no período chuvoso como parcialmente nublado. Já para o período seco, o autor encontrou Kt máximo de até 0,8. No entanto, mesmo se tratando de uma época seca, os registros médios de Kt em todos os meses não superaram os 60% de transmissividade atmosférica, o que os classificam como sendo parcialmente nublados, ou seja, as manhãs foram classificadas com parcialmente nubladas, enquanto as tardes foram nubladas.

Teramoto et al. (2012), analisando a frequência anual das condições de céu em Botucatu, São Paulo, no período de 1996 a 2005, encontraram Kt médio anual diário entre 0,50 a 0,62, onde a elevada transmissividade ocorrida em 1999 foi resultante das condições atmosféricas de baixa nebulosidade, enquanto a baixa transmissividade foi, em 1998, resultante da elevada concentração de vapor de água e de nuvens. Os autores concluíram que, em Botucatu, há predominância de condições atmosféricas de baixa nebulosidade, com elevada frequência de dias com condição de céu claro e baixa de céu nebuloso.

Vasconcelos et al. (2017) ao estudar transmissividade atmosférica em Petrolina-PE, concluíram que em dias de céu claro a transmissividade atmosférica para a região em estudo é mais afetada em função do ângulo zenital e da turbidez atmosférica.

**Figura 13-** Ciclo médio horário do Índice de Transmitância Atmosférica (Kt) na a) Mata e b) no Canavial.



Fonte: Autor, 2018.

## 4.4 Albedo

### 4.4.1 Albedo acima da superfície da Mata

Os maiores albedos foram registrados nos meses de novembro a fevereiro, e os menores de maio a agosto. Verificou-se que, durante praticamente todo ano no horário entre 9 e 14hs o albedo no topo da mata apresentou os menores índices (12,8 a 15,1%). No período seco, os maiores registros de albedo foram em torno de 17 horas, chegando a 18% nos meses de dezembro e janeiro (Figura 14).

Esse aumento gradativo do albedo com o passar dos meses está em função das maiores reflexões observadas no início da manhã e final de tarde (PAVÃO et al., 2014). Além disso, nos meses de setembro a novembro na Mata, a quantidade de liteira aumenta, o que em geral, significa que para a folha cair, ela secou, ou seja, mudou a cor, o que também influencia no albedo. Analisando as médias horárias do albedo para o período estudado, verificou-se que no início da manhã e final da tarde, aproximadamente entre 6 e 7 da manhã e 16 e 17 da tarde, foram os períodos onde se observaram os maiores valores médio mensais para o albedo. Em média, o albedo no topo da Mata nesse período de estudo foi de 15,2%. Moura et al. (1999); Querino et al. (2006) e Giongo et al. (2010) também observaram valores semelhantes a estes.

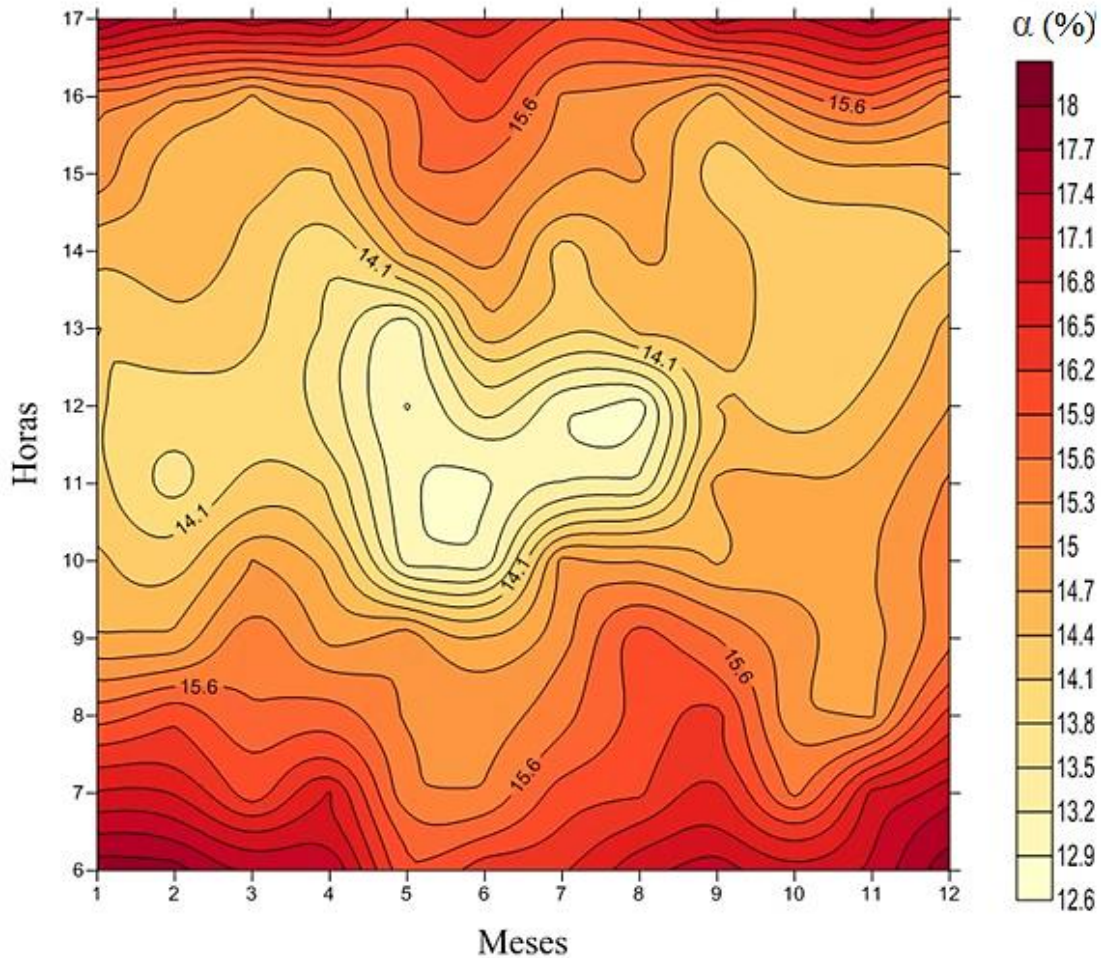
Moura et al. (1999) e Querino et al. (2006) verificaram que o albedo sobre o dossel na Amazônia é em média de 13%, ou seja, aproximadamente 2 pontos percentuais mais baixo do que esse estudo. Querino et al. (2006) avaliando albedo acima da copa das árvores em um ecossistema de manguezal encontrou albedo entre 20 a 25%, ou seja, 7 pontos percentuais mais altos no ecossistema de Mata Atlântica aqui estudado (Figura 14).

Os menores albedos foram registrados na quadra chuvosa (maio a agosto) da região, com valores chegando em torno de 12,8% para o mês de maio e 12,7% em agosto. É possível notar que outubro apresenta um decréscimo no albedo devido a alta precipitação ocorrida nesse mês (Figura 06). De acordo com Pavão et al. (2014), na floresta a folhagem é agrupada na copa, com picos e depressões organizadas na superfície dos dosséis, grande parte da radiação solar incidente penetra no interior da floresta antes de ser refletida, o que resulta numa acentuada captura de radiação solar e, conseqüentemente, numa baixa reflexão.

Souza Filho et al. (2006) analisando a variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta no nordeste da Amazônia, observaram registros de albedo de 8,2% no período chuvoso e 9,2% no período seco, atribuindo esses resultados de menor albedo no período chuvoso a maior umidade nos dosséis das árvores, assim como o aumento de área foliar do

dossel no período. A água tem grande capacidade de absorção e transmissão, refletindo consequentemente, menos radiação solar (LEIVAS et al., 2007).

**Figura 14-** Variação mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) no topo da superfície da Mata, em %.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.4.2 Albedo horário acima da superfície da Mata

Para o período seco, verifica-se que os valores mais elevados são encontrados no nascer e pôr do sol e os menores próximos ao meio-dia (Figura 15b). A variação diurna do albedo nesse período de estudo foi 14,2% a 18,0%, com uma média diurna horária de 16,1%. Padrão similar do albedo foi encontrado por Querino et al. (2006) ao analisarem albedo em dois sítios na região Amazônica, sendo um reserva de mata fechada e outro área de pastagem encontraram valores máximos e mínimos de 14,7% e 12,3% respectivamente, com uma média

de 12,98% para a área de floresta e, para outro sítio, a variação diurna foi de 12,26 a 15,07% com um valor médio de 13,13%.

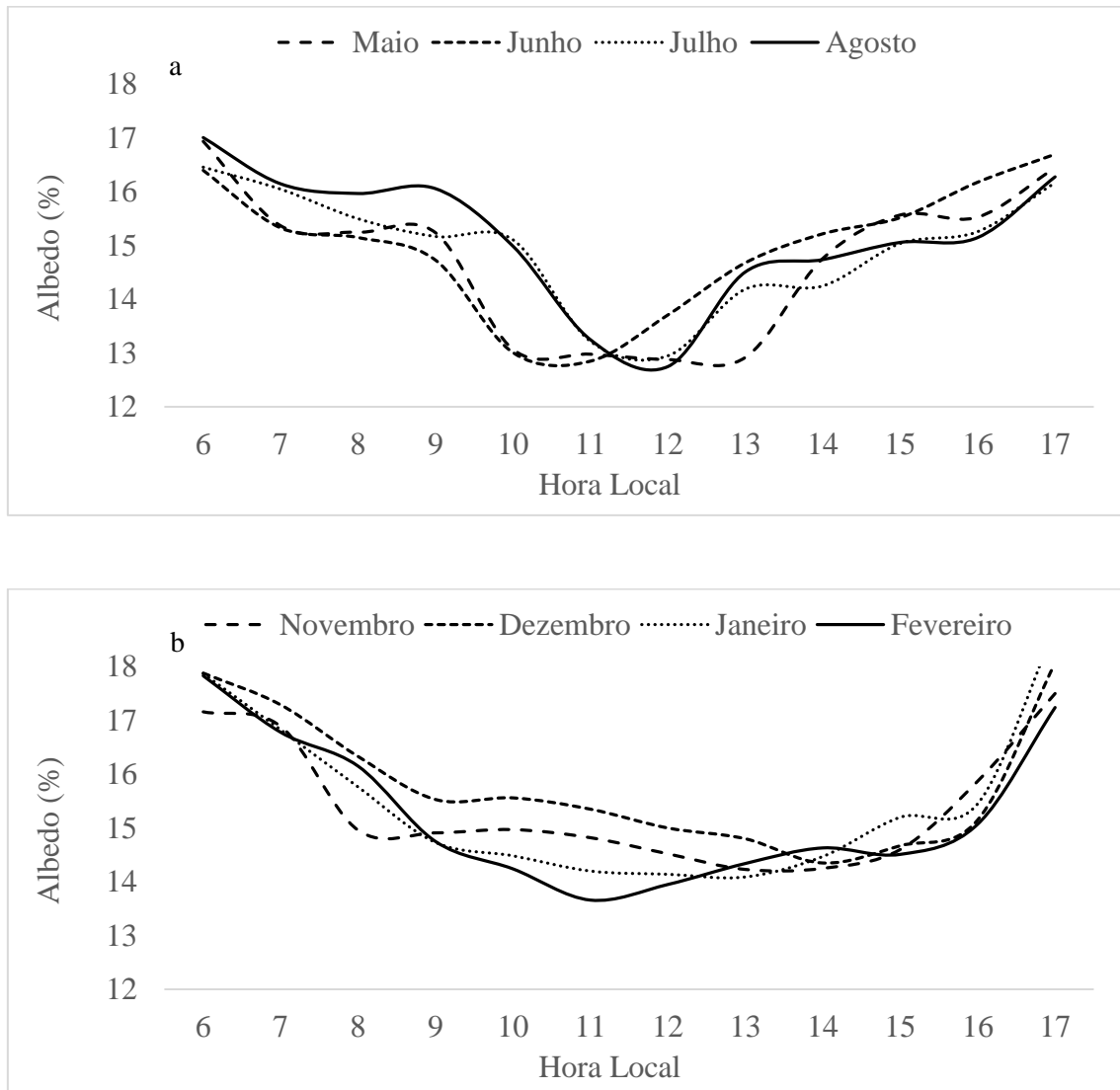
No período chuvoso (Figura 15a), a variação diurna do albedo foi 12,7% a 17,0%, com uma média diurna horária de 14,9%. Maio e agosto foram os meses que apresentaram os menores albedos (12,8% e 12,7%), respectivamente. De acordo com Querino et al. (2006), o albedo é na sua maioria dependente da reflexão da componente direta da radiação solar incidente, então é normal que apresente uma redução nos seus valores, pois devido à grande quantidade de nuvens sobre as regiões, a componente do espectro que chega até a superfície é mais rica em radiação difusa, além do que, também pode ser atribuído às mudanças de coloração por parte dos vegetais, que se torna mais verde nessa época, com um solo mais escuro devido à umidade.

O albedo médio anual da mata foi 15,2%, com médias durante a estação chuvosa 14,8% e 15,4% na estação seca. Essa variação do albedo médio sazonal se assemelham aos encontrados por Moura (1999), Querino et al. (2006, 2013), Pavão et al. (2014), onde perceberam diferenças no albedo em suas áreas de estudo. Superfícies mais escuras e cobertas por água, tendem a refletir menos radiação, e por consequência, reduzir o valor do albedo (MOURA, 1999); (GIONGO et al., 2010; DE PÁDUA ANDRADE e CORRÊA, 2014).

Querino et al. (2017) estudando balanço de ondas curtas sobre o Pantanal matogrossense, verificaram albedo médio anual de 19%, sendo 20% de albedo médio no período chuvoso e 18% no período seco. Esses autores atribuíram o albedo elevado na estação chuvosa a fatores como tipo de vegetação e solo da área de estudo, que se caracteriza por ser uma área de solo argiloso, arbustiva e que sofre inundações sazonais. Além disso, os maiores valores de  $\alpha$  durante a estação chuvosa foram relacionados a um solo mais seco, o que diminuiu a quantidade de folhas e sua coloração e por consequência, elevou o albedo.

Houve pouca diferença entre as médias do albedo entre o período matutino (15,1%) e vespertino (14,8%) durante a estação chuvosa na Mata, sendo o albedo vespertino 2% menor que o albedo matutino. Já para o período seco, o albedo matutino (15,8%) foi 4% maior que o albedo vespertino (15,2%). Em um trabalho similar realizado por Querino et al. (2017), possivelmente isso ocorre devido as chuvas convectivas que ocorrem no final tarde e início da noite. O volume de água precipitado durante a tarde umedece o solo, deixando-o úmido até o dia seguinte, e consequentemente, com uma coloração mais escura. Logo, no início da tarde a superfícies estaria mais seca e um pouco mais clara do que pela manhã.

**Figura 15** - Variação horária do albedo ( $\alpha$ ) em %, no topo da superfície da Mata no a) Período chuvoso e b) período seco.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.4.3 Albedo abaixo da superfície da Mata

Além do albedo externo, verificou-se também o albedo interno no interior do dossel da Mata (Figura 16). Acreditava-se que o albedo do interior da Mata tendesse a apresentar valores mais baixos, contudo, não foi isso o constatado. Verifica-se que, assim como no albedo externo (Figura 11), os maiores registros de albedo foram nos meses de novembro a fevereiro, e os menores albedos nos meses compreendidos entre maio e julho. Contudo, os registros do albedo no interior do dossel da Mata apresentam-se maiores que os encontrados

acima da superfície da Mata. No período seco, no intervalo entre 9h às 14h, o albedo varia entre 22 a 27%. Já no período chuvoso, nas mesmas horas, estes valores ficam entre 19,8% a 24%.

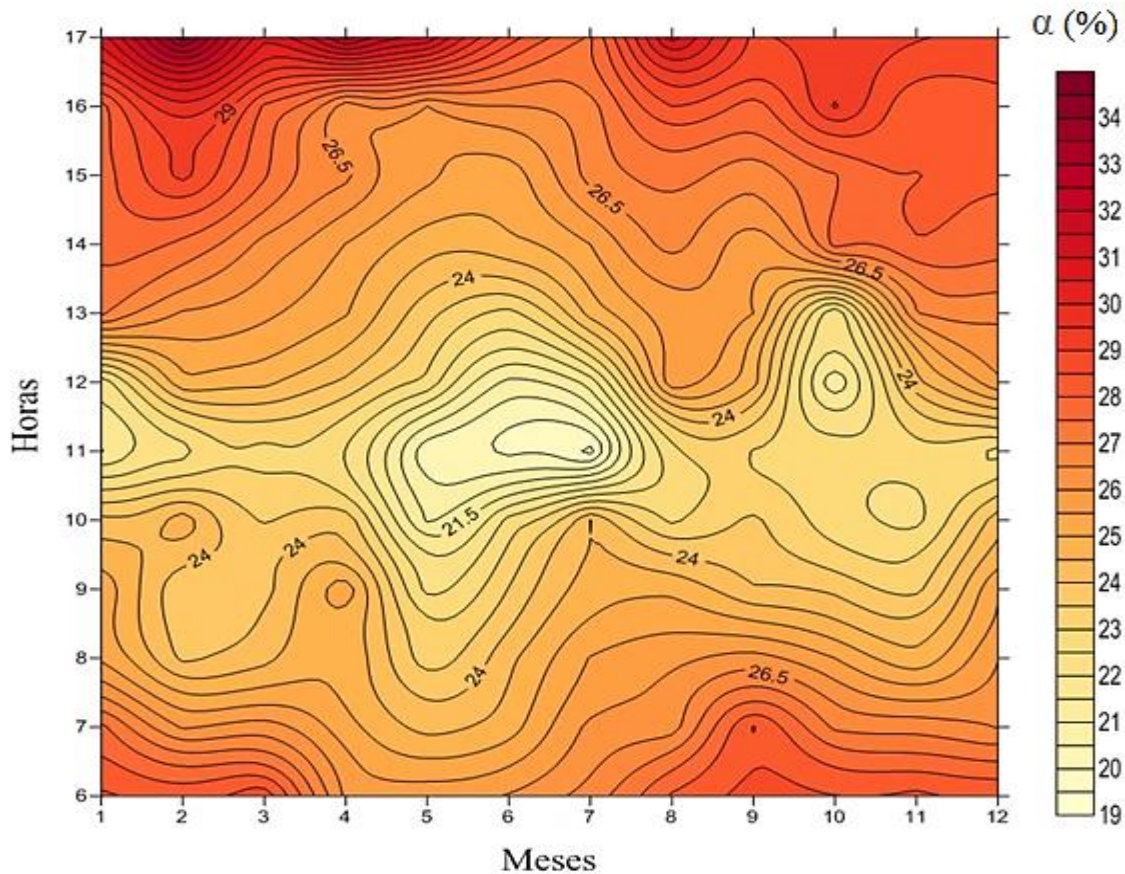
Querino et al. (2006), avaliando albedo médio (%) no interior do mangue natural e acima da copa das árvores, verificou que os albedos internos são menores (entre 10 a 13%) se comparados ao externo, acima da copa das árvores (20 a 25%). A razão para isso está na coloração escura do solo resultante da decomposição de matéria orgânica (MOURA, 1999; QUERINO et al. 2006, 2011).

Leitão e Oliveira (2000) estudando a influência da irrigação no albedo observaram que, em condições irrigadas, o albedo da cultura de amendoim foi reduzido, o que demonstra também sua dependência em relação ao teor de umidade do solo. Ou seja, o solo mais úmido absorve mais radiação eletromagnética e, por estar mais hidratado, causa redução da refletância, diminuindo o albedo. Partindo desse pressuposto, como no período de estudo aqui realizado (2014), na Mata, as chuvas foram bem abaixo da normal climatológica, por consequência, o solo com baixo teor de umidade absorve menos radiação eletromagnética e, por estar menos úmido, causa aumento na refletância.

Davidson e Wang (2004) afirmaram que as condições hídricas do solo e da planta influenciam diretamente nos padrões sazonais do albedo. Moura et al. (1999), Querino et al. (2006), Souza Filho et al. (2006), Pavão et al. (2014), afirmam que a nebulosidade, geometria da copa, tipo e espécie de planta, fase de desenvolvimento, estado de sanidade, índice de área foliar entre outras variáveis da vegetação, são fatores que influenciam na constância do albedo.

Além disso, existe a liteira (folhas e galhos) que estão no solo da floresta e que influencia no albedo. No interior de qualquer floresta a liteira aumenta a retenção de água precipitada potencializando o processo de infiltração da água no solo e modificando o balanço de radiação e de energia, pois esta cobertura intercepta a radiação solar impedindo que esta atinja diretamente o solo (RODRIGUES et al., 2010).

**Figura 16** - Variação Mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) abaixo da superfície da Mata, em %.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.4.4 Albedo no Canavial

Assim como na Mata, o albedo do canavial apresenta grande variação entre as distintas épocas do ano (Figura 17). Os meses janeiro e fevereiro, foram os que apresentaram maiores médias, assim como os meses da quadra chuvosa tiveram as menores médias. No período seco (janeiro e fevereiro), das 9h às 14h, o albedo no canavial variou entre 20 a 23%. No amanhecer e entardecer, para o mesmo período, os albedos se elevam, ficando entre 24 a 32,5%. Esse valor alto é atribuído ao fato de a cultura estar no estágio inicial, ou seja, o solo estava exposto, com muita palha. Para o período chuvoso, o albedo apresentou-se em média 22,3%, sendo maio o mês com menor albedo no canavial (17%), devido a este mês ter ocorrido um alto índice de chuvas, fato este já mencionado. Para o período seco, a média do albedo foi 24,9%.

Esses maiores albedos para o Canavial corroboram com Da Silva Júnior (2016), que estudando saldo de radiação em mata Atlântica e Canavial concluiu que os menores valores

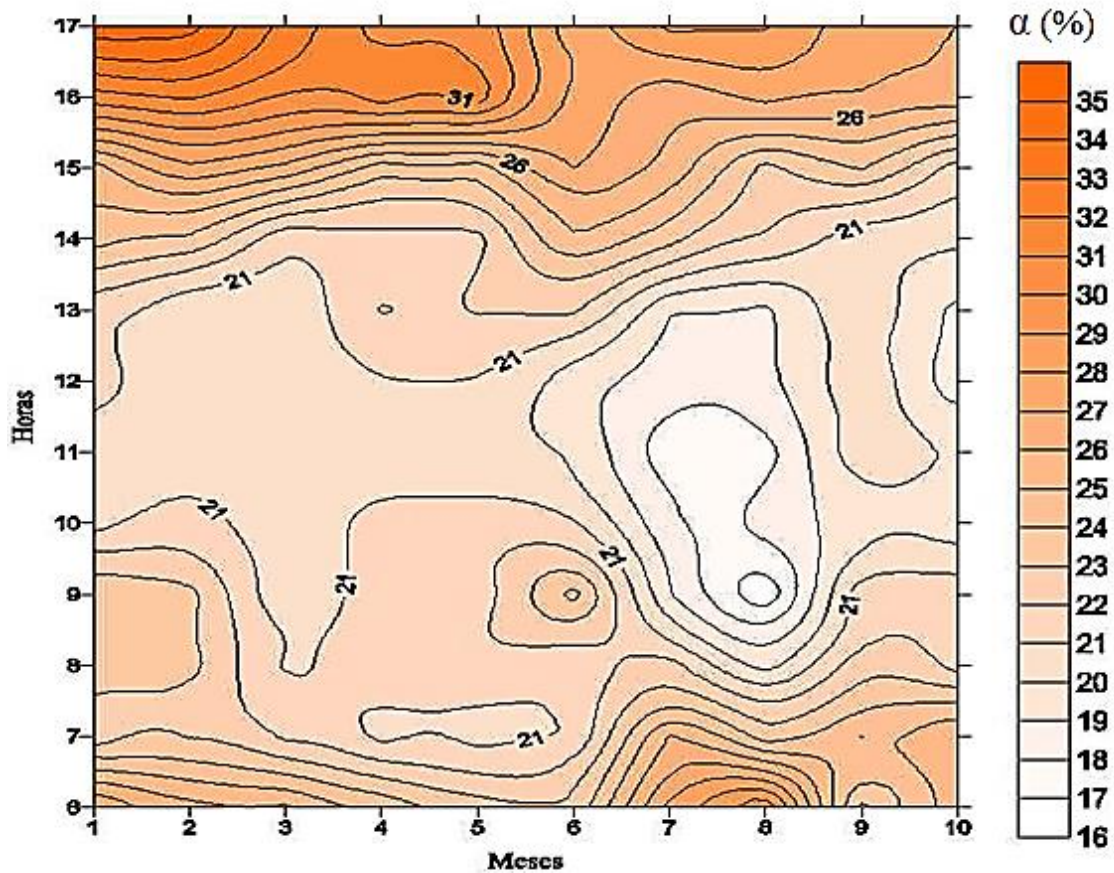


do saldo de radiação no Canavial diurno estão em função do maior albedo do canavial em comparação com o dossel da mata Atlântica.

Um estudo feito por Oliveira et al. (2014) no Vale do rio São Francisco - Pernambuco, para avaliar o albedo da cultura da cana-de-açúcar, constataram albedos baixos no início do ciclo da cultura (13%), seguidos de rápido aumento, aumento da ordem de 26% ocorridos no máximo crescimento vegetativo. Aos 179 dias após o plantio da cana, o albedo ficou em torno de 21%, devido a diminuição da radiação refletida nesse período e, posteriormente, foi observado aumento do albedo (24%), seguido por uma sequência de dias com redução de albedo (17%). Esses albedos foram relacionados com o tombamento da cultura, em consequência da exposição do solo, período de chuvas na região e menores índices de radiação solar incidente.

Comparando o albedo médio na copa da Mata (15,2%) com o albedo do Canavial (23,2%), percebe-se que, com a substituição da Mata por Cana, elevou-se o albedo em 34,5%. Isso significa um aumento de 34,5% na quantidade de energia refletida para a atmosfera e que deveria ficar na superfície para os mais diversos processos físico, químico e biológico. Segundo Querino et al. (2006), a elevação do albedo devido a substituição de áreas de floresta está atribuída ao solo e, por consequência, a uma vegetação mais ressecada.

**Figura 17-** Variação mensal-horária do albedo ( $\alpha$ ) no canavial, em %.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.5.5 Albedo horário do Canavial

O albedo horário do canavial da estação chuvosa a) e estação seca b) (Figura 18), permite constatar que, para o período seco, a variação diurna foi 21,3% a 35,0%, com uma média diurna horária de 28,4%. Se comparado a Mata, nesse período, a média horária diurna do albedo da cana foi maior (43,3%). Na estação chuvosa, a variação diurna horária do albedo do canavial foi 17,2% a 30,5%, com uma média horária diurna de 23,9% (37,7%) maior se comparada com a média diurna horária do albedo da Mata.

O albedo médio anual da cana foi 23,2%, sendo (34,5%) maior que o da Mata, com médias durante a estação chuvosa 22,4%, (9,7%) menor que na estação seca 24,8%. Estes resultados corroboram com Carmo et al. (2017) que, estudando balanço de radiação da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento superficial em Pernambuco, verificou que, o albedo apresentou-se crescente ao longo dos dias de Sol pleno observados, com menores valores próximos ao meio-dia, no interim de 15 a 22%, com média para o ciclo da cultura da cana de 23%. Da Silva et al. (2011) estudando a variação do balanço de radiação em cana-de-açúcar

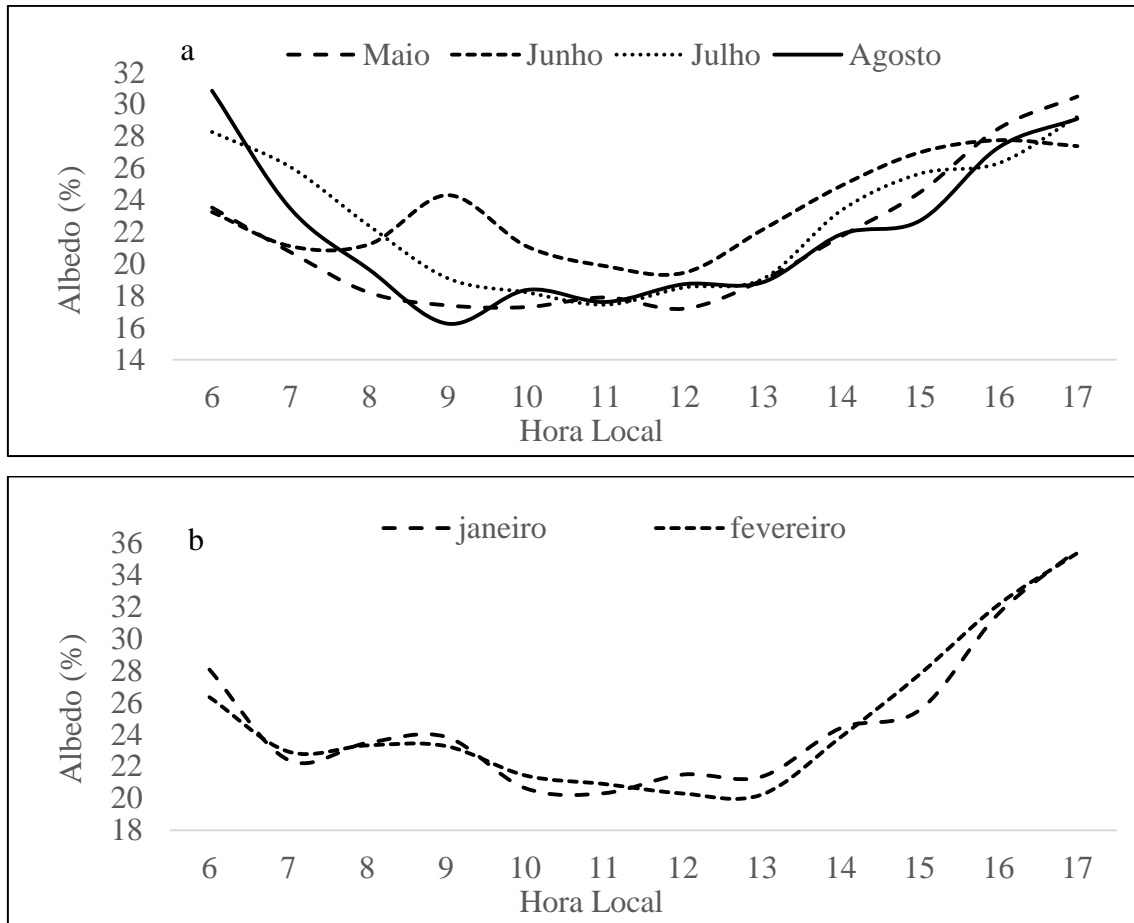
irrigada por sulcos, em Juazeiro, BA, encontraram albedo médio para a cana de 23%. Esses valores também foram semelhantes aos observados por Cabral et al. (2012), que obtiveram albedo para a cana-de-açúcar cultivada em São Paulo variando entre 15% e 23%, do início ao final do ciclo produtivo.

Valores similares de albedo para a cultura da cana-de-açúcar foram encontrados por Esteves et al. (2012), que estudando variação do albedo durante o ciclo da cana-de-açúcar no Norte-Fluminense-RJ, constataram que o albedo mostrou grande variação com a pluviosidade do local, sendo maior em períodos com menor disponibilidade hídrica e menor em períodos chuvosos. Para os períodos chuvosos foi observado o valor médio do albedo de 24% e para os períodos secos a média foi de 28%. André et al. (2010), estudando o balanço de radiação na cana-de-açúcar no Norte-fluminense, encontraram 24% para o estágio de perfilhamento, 30% para o desenvolvimento dos colmos e 31% para a maturação, sendo o valor médio de 28% para todo o ciclo da cultura da cana.

De acordo com Oliveira et al. (2009), o albedo da superfície terrestre varia de 5% a 55% dependendo do grau de verde, minerais e propriedades químicas e físicas do solo. Além disso, áreas que apresentam solo seco podem proporcionar uma variação de albedo entre 8 e 40%, enquanto que o solo úmido, varia entre 4 e 20%. Esta diminuição com a umidade pode ser explicada devido ao fato de que o albedo da água é significativamente menor do que o albedo do solo seco. Já as superfícies vegetadas exibem diferentes albedos, que variam de acordo com o estágio de desenvolvimento e tipo de vegetação ou da cultura implantada naquele local, as quais apresentam albedos que variam entre 10 a 30%.

Comparando o albedo médio da Mata (15,2%) com o do canavial (23,2%), verificou-se um aumento de 34,5% na quantidade de energia refletida para a atmosfera. Fica claro que, quando se substitui floresta nativa por uma área degradada (canavial), em média, o albedo eleva-se, como foi detectado por Moura et al., (1999) e Querino (2004), em áreas degradadas na Amazônia.

**Figura 18-** Variação horária do albedo ( $\alpha$ ) em %, no canavial, no a) Período chuvoso e b) período seco.



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.5.6 Relação do albedo com Ângulo Zenital

O comportamento da relação do albedo da Mata e Canavial com Ângulo Zenital pode ser visto na figura 19. É possível se verificar que as curvas no canavial apresentam-se superiores as da florestas. O albedo médio anual da Mata foi 15,2% e do Canavial 23,2%. Estes valores estão coerentes com André et al. (1988), Moura et al. (1999), Giongo et al. (2010), Querino et al. (2006, 2011, 2013). O fato do albedo ser menor na Mata está relacionado a fatores como coloração da vegetação, que devido a ser mais escura se comparada a cor do canavial (verde mais claro), reflete menor quantidade de energia. Além disso, Moura et al. (1999) menciona outro fator que é a geometria da copa das árvores. Rodrigues et al. (2009) também verificaram que as mudanças de vigor dos vegetais, que são mais verdes no período chuvoso devido à presença da umidade, são fatores condicionantes das mudanças sazonais no albedo da superfície.

Analisando a influência do Z no albedo nas duas regiões de estudo, verifica-se em todos os sítios, valores mais elevados de albedo ao nascer e ao pôr-do-sol, e os mesmos

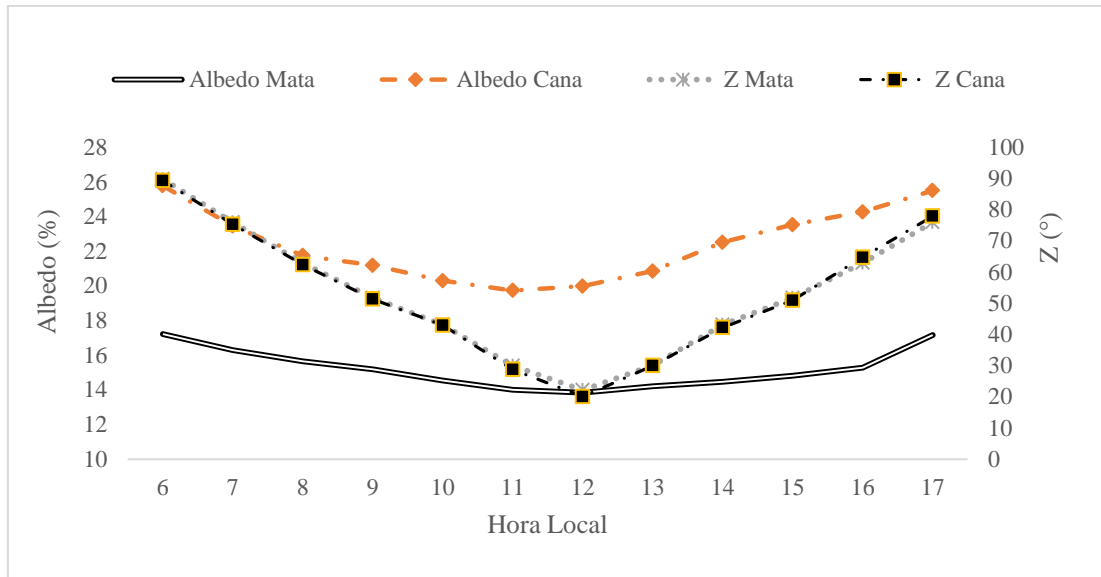
apresentaram valores menores próximo ao meio dia. De acordo com Querino et al. (2006), isto indica que o albedo não está relacionado com o  $R_g$ , e sim com o  $Z$ , que apresenta seu menor valor próximo ao meio dia. Este fato ocorre pois os valores das radiações refletidas são extremamente dependentes da inclinação dos raios solares.

Grodzki et al. (2004), ao analisar os efeitos do fogo sobre variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracatinga no município de Colombo-PR, verificou que para a área coberta com bracatinga, o valor médio do albedo entre os dias 28/08 e 03/09 de 2004 ficou em 16%, indicando uma menor refletividade ao fim do dia em função do maior ângulo zenital e conseqüentemente menor penetração da luz no dossel. Gielow et al. (1999) ao estudar albedo no Pantanal Sul-Matogrossense durante e após o período de inundação de 1988, também verificaram a influência do ângulo zenital no albedo, onde as savanas úmidas tiveram albedos mais elevados nas horas próximas do nascer e por do sol.

Um estudo realizado por André et al. (2010), sobre balanço de radiação ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes-RJ, evidenciaram que o albedo mostrou valores altos nas primeiras horas da manhã e ao entardecer e menores valores no meio do dia. Estes resultados confirmam a dependência do albedo em função do ângulo de elevação solar. O valor mínimo por volta do meio-dia é atribuído ao menor ângulo de incidência dos raios solares, causando maior penetração e retenção da radiação no interior da comunidade vegetal. Os autores encontraram albedos variando entre 23% por volta das 13 horas, cerca de 24% no início da manhã e 28% ao entardecer. O valor médio diurno do albedo encontrado foi de 23%.

Spolador et al. (2006) estudando radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição cerrado-amazônica concluiu que nos períodos de seca a tendência é de aumento nas médias em virtude do ângulo zenital solar ser maior, aumentando assim a reflexão da radiação nas folhas superiores. Porém, o ângulo zenital solar não é o único responsável pelo aumento da refletância, as próprias características da vegetação podem se alterar em função da escassez hídrica na estação seca.

**Figura 19-** Relação entre o albedo médio horário anual em % e o ângulo zenital médio ( $^{\circ}$ ) na Mata e no Canavial, no período experimental.



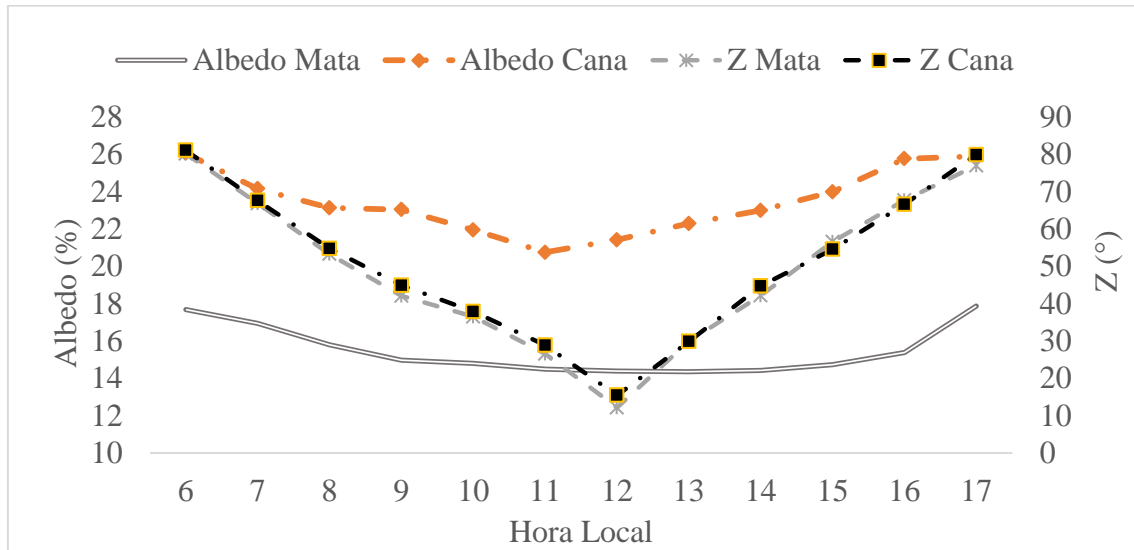
Fonte: Autor, 2018.

A figura 20 apresenta a relação do albedo na Mata e no Canavial com o ângulo zenital  $Z$  para a estação seca. A diferença no albedo da Cana e da Mata é nítida e está relacionada à cor da vegetação de ambos os sítios. Na floresta, a cor da vegetação é mais escura, por isso a curva do albedo na Mata é menor e do Canavial maior. Para De Mesquita et al. (2012), o parâmetro albedo sofre fortes influências das características físicas da superfície do solo (tipo de cobertura, umidade e topografia), do ângulo zenital solar e das condições de nebulosidade da atmosfera. Segundo Wang e Davidson (2007) o albedo desempenha um papel fundamental nas condições microclimáticas locais, pois influencia diretamente a energia disponível na interface superfície-atmosfera para os processos de aquecimento, evapotranspiração e fotossíntese.

Além disso, também é possível perceber uma certa assimetria das curvas do albedo nesse período e pode ser atribuído, segundo Moura (2000), a um menor  $Z$  médio ao meio dia, com isso as variações diárias das curvas de albedo foram menores, o que as tornaram mais planas.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Spolador (2006), onde as médias horárias da refletância apresentam maiores no início e fim do ciclo diurno, tendendo a apresentar valores menores ao meio dia, devido à menor inclinação dos raios solares ao meio dia solar, o que facilita a penetração da radiação e minimiza a reflexão.

**Figura 20-** Relação entre o albedo médio horário em % e o ângulo zenital médio ( $^{\circ}$ ) na Mata e no Canavial, na estação seca.



Fonte: Autor, 2018.

Na figura 21, verifica-se a relação do albedo médio horário e o ângulo zenital  $Z$  médio para a estação chuvosa.  $Z$  apresenta-se levemente superior para a região da Mata se comparado ao  $Z$  do Canavial. Essa pequena (porém visível) diferença no  $Z$  das regiões é devido a declinação solar para a Mata, que alcança os maiores valores nesta época do ano (Inverno no Hemisfério Sul), com a posição do sol atingindo o solstício de verão no hemisfério Norte.

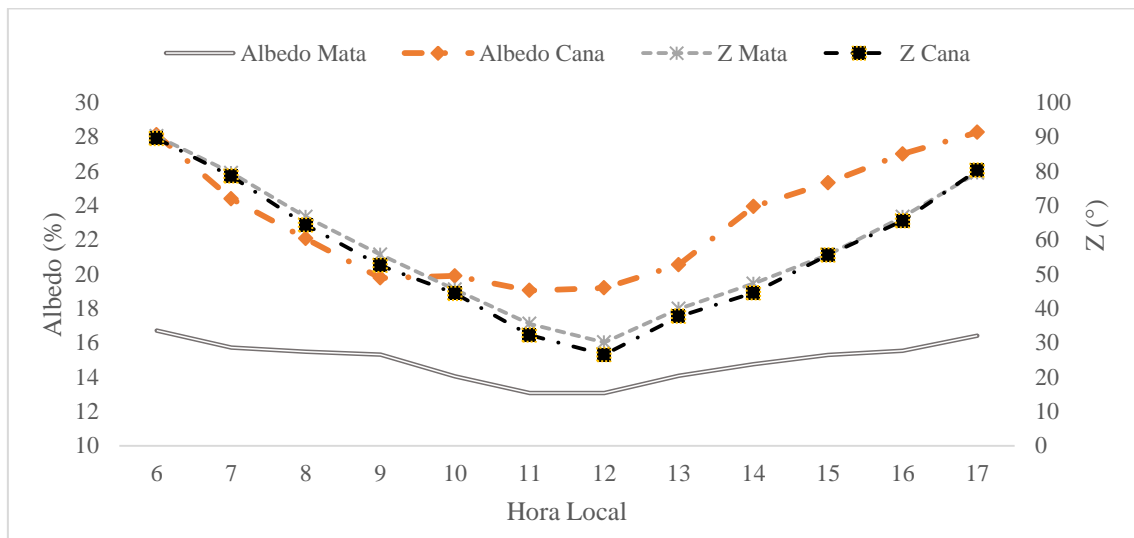
Verifica-se também que a curva do albedo para a floresta no interím de 10h as 13h permanece constante. De acordo com Moura et al. (1999), isso ocorre devido a assimetria da curva do albedo não ter relação com ângulo zenital, e sim com nebulosidade, geometria da copa, assim como o tipo de planta.

Além disso, no geral, as curvas de albedo em ambos os sítios apresentam boa simetria. Querino et al. (2006) relata que isso é devido a ocorrência do  $Z$  maior as 12h nessa época do ano, isso porque o sol está posicionado (com declinação) no Hemisfério Norte. Quando  $Z$  médio ao meio dia for máximo, as amplitudes do albedo serão maiores (MOURA, 2000). Isso explica o motivo para as curvas do albedo se apresentarem bem simétricas nessa época do ano.

Silva et al. (2013), estudando albedo de superfície no semiárido pernambucano notou que as diferenças observadas no albedo da água em diferentes regiões resultam sobremaneira

às diferenças na turbidez da água, interferências atmosféricas, da profundidade e do ângulo zenital (incidência dos raios solares).

**Figura 21-** Relação entre o albedo médio horário em % e o ângulo zenital médio ( $^{\circ}$ ) na Mata e no Canavial, na estação chuvosa.



Fonte: Autor, 2018.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados enuncia-se as seguintes conclusões:



Tanto na mata quanto no canavial, na estação chuvosa (maio a agosto) e de transição (chuvoso-seco), os períodos com maior ocorrência de chuva são no turno matutino e noturno.

Em termos médios, a radiação solar global (Rg) na Mata na época chuvosa sofreu uma atenuação de 27% em relação à época seca. Já no canavial a Rg média foi no mesmo período, 24% menor que no período seco.

Na quadra seca, apenas 3,9% da Rg chegou ao interior da mata, no período de transição (seco-chuvoso) apenas 4,7%, no período chuvoso (3,3%) e no período de transição (chuvoso-seco) somente 3,2%.

Na estação chuvosa, o albedo da mata foi, em média, 14,8%, ou seja, 4% maior que na estação seca (15,4%). Para o canavial, na estação chuvosa, a média do albedo foi 22,3% e 24,9% para a estação seca. Já no período seco, essa variação foi entre 14,2 a 18%.

Na floresta, no período chuvoso, houve pouca diferença no albedo médio matutino (15,1%) e vespertino (14,8%), sendo 2% maior que o albedo médio matutino. No período seco, o albedo matutino foi 15,8%, sendo 4% maior que o vespertino (15,2%). Já para o canavial, na quadra chuvosa, o albedo médio matutino foi 20,9% e vespertino 23,9%. Para a quadra seca, o albedo médio matutino foi 23,1% e vespertino 26,6%.

O albedo no interior da mata foi entre 22 a 27% para o período seco. Já para o período chuvoso, o albedo foi entre 19,8 a 24%.

O albedo da mata foi, em média, (15,2%) e do canavial (23,2%). Houve um aumento no albedo de 34,5% quando substitui a floresta por cana-de-açúcar.

Em relação ao Kt, na mata e no canavial, na estação chuvosa, há predominância de céu parcialmente nublado, propiciando maior reflexão da Rg.

O Rg foi menor no canavial devido ao Kt no canavial ser sido maior que o Kt da Mata.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. M. D. **Radiação solar global e fotossinteticamente ativa (PAR) acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica no estado de Alagoas.** Dissertação (Mestrado em meteorologia) Instituto de Ciências Atmosféricas, Maceió. 73 p, 2011.

ANDRADE, M. D.; MOURA, M. A. L.; DOS SANTOS, A. B.; CARNEIRO, R. G.; JUNIOR, R. S. D. S. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, 2013.

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

ARALDI, R.; LIMA SILVA, F. M.; ONO, E. O.; DOMINGUES RODRIGUES, J. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 694-702, 2010.

ARAÚJO FILHO, J. E.; MOURA, M. A. L.; MAIA, R. G. X.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B.; CARNEIRO, R. G. Avaliação da radiação solar global e albedo em função do ângulo zenital em uma floresta de mata atlântica no município de Coruripe-AL.. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Guarapari. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2011.

ARBOIT, M.; DIBLASI, A.; FERNANDEZ LLANO, J. C.; DE ROSA, C. Assessing the solar potential of low-density urban environments in Andean cities with desert climates: the case of the city of Mendoza, in Argentina. **Renewable Energy**, v. 33, p. 1733-1748, 2008.

ATLAS DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA, 2015: Relatório Técnico do Período de 2013 e 2014. **SOS Mata Atlântica**. Disponível em: [http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/atlas\\_2013-2014\\_relatorio\\_tecnico\\_2015.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2017.

BARROS, A. H. C.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; DA SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do estado de Alagoas. Embrapa Solos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2012.

BARROS, T. D.; LEIVAS, J.; TEIXEIRA, A. D. C.; ANDRADE, R.; VICTORIA, D. D. C. Avaliação do albedo em áreas de plantio da cana-de-açúcar. **8 Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC**. Campinas, São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108571/1/4040.pdf>>. Acesso em 14 Mar. 2017.

BATISTA, W. R. M. **Balanço de radiação e evapotranspiração na bacia hidrográfica do Rio Jacaré-SE mediante imagens orbitais.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2009.

BETTS, R. A.; FALLOON, P. D.; GOLDEWIJK, K. K.; RAMANKUTTY, N. Biogeophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large-scale temperature change. **Agricultural and Forest Meteorology**, 142(2-4), (2007).

BORGES, V. P.; DE OLIVEIRA, A. S.; MAURÍCIO FILHO, A. C.; DA SILVA, T. S.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz

das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; ANDRADE LANDELL, M. G. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico. p. 57-78, 2008.

CABRAL, O. M.; ROCHA, H. R.; GASH, J. H.; LIGO, M. A.; TATSCH, J. D.; FREITAS, H. C.; BRASILIO, E. Water use in a sugarcane plantation. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 4, p. 555-565, 2012.

CANABRAVA, A.P. História econômica: **Estudos e pesquisas**. São Paulo: UNESP. 320p, 2005.

CARMO, J. F. A. ; MOURA, M. S. B. ; Silva, T. G. F. da ; SOUZA, L. S. B. ; Leitão, Mário de Miranda Villas Boas Ramos . Balanço de radiação da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial no submédio do Vale São Francisco. **Agrometeoros**, v. 25, p. 91-100, 2017.

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

CHEN, J. Q.; FRANKLIN, J. F. Growing season microclimate variability within an old-growth Douglas-fir forest. **Climate Research**, v. 8, n. 1, p. 21-34, 1997.

CONAB, Companhia de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. V. 3. Safra 2014/15. N 3. Terceiro Levantamento Dezembro/2014.

CONAB, Companhia de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. V. 2. Safra 2015/16. N. 1. Primeiro Levantamento Abril/2015.

CONAB, Companhia de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. V. 4. Safra 2017/18 N. 3. Terceiro levantamento Dezembro/2017.

CODATO, G.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J.; ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N. Global and diffuse solar irradiance in urban and rural areas in Southeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 1, p. 57-73, 2008.

CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. D. S.; GIELOW, R.; MANZI, A. O.; SOUZA, A. D. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco-úmido de 2001-2002. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. p. 2794-2800, 2002.

COSTA, G. B.; LYRA, R. F. D. F. Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 31-38, 2012.

COSTA, M. H.; YANAGI, S. N.; SOUZA, P. J.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion, **Geophysical Research Letters**. v. 34. n.7, 2007.

CUNHA, M. D. C. L.; DA SILVA JÚNIOR, M. C. Flora e estrutura de floresta estacional semidecidual montana nos estados da Paraíba e Pernambuco. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 95-102, 2014.

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.

DANTAS, F. R. D. C.; BRAGA, C. C.; SOUZA, E. P. D.; SILVA, S. T. A. D. Determination of surface albedo from AVHRR/NOAA and TM/LANDSAT-5 data. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 24-31, 2010.

DA CUNHA, C. R.; DE SOUZA NOGUEIRA, J.; JUNIOR, O. B. P.; DE MUSIS, C. R.; SOBRINHO, F. J. C. Variação da reflexão de diferentes ondas de uma região de cerrado da baixada cuiabana sob diferentes coberturas do céu. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 474, 2014.

DA SILVA JUNIOR, J. R.; MOURA, M. A. L.; DE FREITAS, I. G. F. Impactos no saldo de radiação em troca de bioma de Mata Atlântica por canalial. **IV GeoAlagoas**. Disponível em: <<http://dados.al.gov.br/dataset/335fcc77-1d45-4ad6-9542-c29330187507/resource/9a5dfa13-d56f-4f24-a4a1c463e0b6e89c/download/impactosnosaldoderadiacaoemtrocadebiomademataatlanticaporcaavial.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2017.

DA SILVA, T. G.; DE MOURA, M. S.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; DE SOUZA, L. S.; BRANDÃO, E. O. Variação do Balanço de Radiação e de Energia da Cana de açúcar Irrigada no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 139-147, 2011.

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

DE ABREU, M. L.; DE ALMEIDA SILVA, M.; TEODORO, I., ALMEIDA DE HOLANDA, L.; DANTAS SAMPAIO NETO, G. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, p. 262-270, 2013.

DE MESQUITA, F. L. L.; MARQUES FILHO, E. P.; KARAM, H. A.; DOS SANTOS ALVALÁ, R. C.. Balanço de radiação no Pantanal Sul Mato-grossense durante a estação seca. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, 2012.

DE PÁDUA ANDRADE, S. C.; CORRÊA, J. A. J. Estimativa do Saldo de Radiação Instantâneo à Superfície para a Cidade de Santarém-PA, Através de Imagens do Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 653-661, 2014.

DE SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renewable Energy**, v. 30, n. 8, p. 1203-1220, 2005.

DIAS, F. G. Caracterização da radiação solar global incidente e análise da interferência atmosférica entre 2002 e 2009 em Pontal do Paraná, Paraná. 31f. **Monografia**. Universidade Federal do Paraná. Centro de Estudos do Mar. Pont, 2010.

DI PACE, F. T.; DA SILVA, B. B.; DA SILVA, V. P. R.; DA SILVA, S. T. A. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.4, p. 385-392, 2008.

ECHER, E.; SOUSA M. P.; SCHUCH, N. J. The beer's law applied to the earth's atmosphere. **Revista Brasileira de Física**, v.23, n.3, p.276-283, 2001.

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A.P.; SOARES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAT and NIR to global solar radiation under various Sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v. 86, n. 3, p. 299-309, 2009.

ESCOBEDO, J. F.; DE SOUZA, A. P. Estimativas das radiações direta e difusa em superfícies inclinadas com base na razão de insolação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.492-502, 2013.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MOURA, M. S. B.; PAZ, K. K.; SOUSA, G. M. M. **Determinação dos ângulos das relações terra-sol para fins de orientação de pomares e poda de arvores em Mossoró-RN**. IN: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracaju, 2007.

ESTEVES, B. D. S.; SOUSA, E. D.; MENDONÇA, J. C.; LOUSADA, L. D. L.; MUNIZ, R. D. A.; SIQUEIRA, D. P. Albedo da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. In **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Vol. 17, 2011.

ESTEVES, B. S.; DE SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; DE L LOUSADA, L.; DE A MUNIZ, R.; DA SILVA, R. M. Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, 2012.

FATTORI, P. A.; CEBALLOS, J. C. **Glossário de termos técnicos em radiação atmosférica**, 1997. Disponível em: <<http://tucupi.cptec.inpe.br/satelite/metsat/pesquisa/gloss/capa.htm>> Acesso em: 07 de ago. 2017.

FEBRERO, A. S. FERNANDEZ, J. L. MOLINA-CANO, ARAUS, J. L. Yield, carbon isotope discrimination, canopy reflectance and cuticular conductance of barley isolines of differing glaucousness. **Journal of Experimental Botany** v. 49, n. 326, p. 1575-1581, 1998.

FURLAN, C.; DE OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J.; CODADO, G.; ESCOBEDO, J. F. The role of clouds in improving the regression model for hourly values of diffuse solar radiation. **Applied Energy**, v. 92, p. 240-254, 2012.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.

GALVÃO, J. A. D. C.; FISCH, G. Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2000.

GEIGER, R. Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo. 3.ed. Lisboa: **Fundação Calouste Gulbenkian**. 556p, 1961.

- GIELOW, R.; SANTOS ALVALÁ, R. C.; HODNETT, M. G.; SOUZA, A. Albedo no Pantanal Sul-Matogrossense durante e após o período de inundação de 1998. In: **XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia/II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia, Florianópolis**. p. 2026-2031, 1999.
- GIONGO, P. R.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; DA ROCHA, H. R.; MEDEIROS, S.R.R.; NAZARENO, A. C. Albedo à Superfície a Partir de Imagens Landsat 5 em Áreas de Cana-de-Açúcar e Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 3, p. 279 - 287, 2010.
- GRODZKI, L.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; CARAMORI, P. H. Efeitos do fogo sobre algumas variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracatinga (*Mimosa scabrella*, benth.), no município de Colombo, PR. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004.
- GUSMÃO, A. C. V. L.; SILVA, B. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; GALVINCIO, J. D. Determinação do saldo radiativo na Ilha do Bananal, TO, com imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1107-1114, 2012.
- HATFIELD, J. L., CARLSON, R. E. Light quality distributions and spectral albedo of three maize canopies. **Agricultural Meteorology**, vol. 20(3). p. 215–226, 1979.
- HERNANDES, J. L.; PEDRO, M. J; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 167-172, 2004.
- HOLMES, M. G., KEILLER, D. R. Effects of pubescence and waxes on the reflectance of leaves in the ultraviolet and photosynthetic wavebands: A comparison of a range of species, **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 1, p. 85-93, 2002.
- ICHOKU, C.; KAUFMAN, Y. J. A method to derive smoke emission rates from MODIS fire radiative energy measurements. **IEEE Transactions on geoscience and remote sensing**, v. 43, n. 11, p. 2636-2649, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). **Bioma Mata Atlântica**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>>. Acesso em: 13 fev. 2017.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Boletim agroclimatológico Mensal**. Nº 10, Vol. 48, 2014. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO\\_MENSAL\\_201410.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201410.pdf)>. Acesso em: 18 Ago. 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), Climate Change 2001: **The Scientific Basis**, Cambridge Univ. Press, New York, 2001.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Ed. AP. Vancouver Canadá. 389p, 1983.
- IRVINE, P. J.; RIDGWELL, A.; LUNT, D. J. Climatic effects of surface albedo geoengineering. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.116, n.D24, 2011.
- KIRSCHBAUM, M. U. F.; WHITEHEAD, D.; DEAN, S. M.; BEETS, P. N.; SHEPHERD, J. D.; AUSSEIL, A. G. E. Implications of albedo changes following afforestation on the benefits of forests as carbon sinks. **Biogeosciences**, v.8, p.3687–3696, 2011.

KITTREDGE, J. **Forest influence: the effects of wood vegetation on climate, water and soil, with applications to the conservation of water and control of floods and erosion.** New York: MacGraw-Hill. 394 p, 1948.

KONDRATYIEV, K. Y. **Radiation in the Atmosphere**, Academic Press, New York. p. 912, 1969.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107: p. 1140-1153, 1979. (INPE-1269-PE/137).

KUSHARI, B.; KANITPONG, K. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies The 9th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies.** Eastern Asia Society for Transportation Studies. p. 181-181, 2011.

LEAITCH, W. R.; LOHMANN, U.; RUSSELL, L. M.; GARRETT, T.; SHANTZ, N. C.; TOOM-SAUNTRY, D.; STRAPP, J. W.; HAYDEN, K. L.; MARSHALL, J.; WOLDE, M.; WORSNOP, D. R.; JAYNE, J. T. Cloud albedo increase from carbonaceous aerosol. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.10, p.7669–7684, 2010.

LEAL, S. S.; TIBA, C.; PIACENTINI, R. D. Modelos Estatísticos para Determinação da Irradiação solar UV diária no Estado de Pernambuco. **Avances em Energias Renovables y Medio Ambiente**, v.13, 2009.

LEITÃO, M. D. M. V.; OLIVEIRA, G. M. D. Influence of irrigation on albedo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 214-218, 2000.

LEIVAS, J. F.; FONTANA, D. ; BERLATO, M. ; CARDOSO, L. Variação diária do albedo sobre uma superfície vegetada e sobre um lago na estação experimental da UFRGS/RS. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis., 2007.

LIBERATO, A. M. Estimativa de Albedo e Índice de Área Foliar na Amazônia (Albedo Estimate and Leaf Area Index in Amazonia). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 22-32, 2011.

LIU, Y.; WU, W.; JENSEN, M. P.; TOTO, T. Relationship between cloud radiative forcing, cloud fraction and cloud albedo, and new surface-based approach for determining cloud albedo. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.11, p. 7155–7170, 2011.

LOUSADA, L. D. L.; MUNIZ, R. D. A.; DA SILVA, R.M. Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 663-670, 2012.

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.

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

MARICÉLIA, T. V.; SANCHES, L.; PINHEIRO, M. R.; JUNIOR, O. B. P. Estimativa da radiação de onda longa incidente em uma floresta semidecídua tropical da Bacia Amazônica. **Ciência e Natura**, vl. 32, pg. 65, 2010.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013.

MARTINS, P. A. S.; QUERINO, C. A. S.; PAVÃO, V.M ; QUERINO, J. K. A. S. Verificação da turbidez atmosférica em humaitá-am. **Revista EDUCAmazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente**. p. 86-98, 2014.

MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA-JÚNIOR, L. C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea diagnóstico do município de Coruripe Estado de Alagoas**. Recife: CPRM/PRODEEM. 12p, 2005.

MATTHEWS, H. D. Radiative forcing of climate by historical land cover change, **Geophys. Res. Lett.**, 30(2), 1055, 2003.

MEINANDER, O.; KONTU, A.; LAKKALA, K.; HEIKKILÄ, A.; YLIANTTILA, L.; TOIKKA, M. Diurnal variations in the UV albedo of arctic snow. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.8, p. 6551–6563, 2008.

MERIKANTO, J.; SPRACKLEN, D. V.; PRINGLE, K. J.; CARSLAW, K. S. Effects of boundary layer particle formation on cloud droplet number and changes in cloud albedo from 1850 to 2000. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.10, p.695–705, 2010.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; SOUSA, L. C.; BONOMI, A. M. F. L. J.; JESUS, C. D. F. D.; JUNQUEIRA, T. L. De promessa a realidade: **Como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar**: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 41, 2015.

MILLER, D. G.; RIVINGTON, M.; MATTHEWS, K. B.; BUCHAN, K.; BELLOCCHI, G. Testing the spatial applicability of the Johnson–Woodward method for estimating solar radiation from sunshine duration data. **Agricultural and forest meteorology**, v. 148, n. 3, p. 466-480, 2008.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of Environmental Physics**, 2nd Ed. London: Routledge, 291 pp, 1990.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2nd. London: Edward Arnold. p.291, 1991.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. Principles of environmental physics 3rd edition, Oxford: **Academic Press**, p.4208, 2008.

MORAES, E. C.; FRANCHITO, S. H.; BRAHMANANDA RAO, V. Effects of biomass burning in Amazonia on climate: A numerical experiment with a statistical-dynamical model. **Journal of Geophysical Research**, v. 109, n. D05109, p. 1-12, 2004.

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. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.163 – 168, 1999.



MOURA, M.A.L. **Balço 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 Agronômicas da UNESP.

MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F.; BENNICASA, M.; TENÓRIO R. S.; NASCIMENTO FILHO, M. F. Comparação da radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, n.1, 91-99, 2001.

MOURA, R. G.; MANZI, A. O.; NOGUEIRA, V. S.; MENDES, D. Comparação entre os perfis de radiação solar dentro de ambiente de Floresta para dias com diferentes coberturas de nebulosidade. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2000. p. 2447-2452.

NETO, C.G. Guia identifica espécies da Mata Atlântica. **Jornal da Unicamp**. 15 nov. 2015. Disponível em:  
<[http://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/jornal/paginas/ju\\_643\\_paginacor\\_05\\_web.pdf](http://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/jornal/paginas/ju_643_paginacor_05_web.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2017.

NIELSEN, L.; PRAHM, L.P.; BERKOWICZ, R.; CONRADSEN, K. Net incoming radiation estimated from hourly global radiation and/or cloud observations. **International Journal of Climatology**, v. 1, p. 255-272, 1981.

NOVAS, M. F. B. **Mapeamento das estimativas do saldo de radiação e índices de vegetação em área do estado de Alagoas com base em sensores remotos**. 158f. Dissertação (mestrado em Meteorologia: Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2008.

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. **Applied Energy**, v. 71, p. 59-73, 2002.

OLIVEIRA, T. H.; GALVINCIO, J. D. ; ARAUJO, M. S. B. ; PIMENTEL, R. M. M. ; SILVA, B. B. . Avaliação do fluxo de calor no solo, temperatura da superfície e albedo na bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE através de imagens TM - Landsat-5. **Anais do XIII Simpósio de Geografia Física Aplicada**, 2009.

OLIVEIRA, L. D. S.; MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; RODRIGUES, G. D. S. Albedo da cana-de-açúcar cv. VAT 90-212 irrigada no Submédio do Vale do Rio São Francisco. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Jornada de iniciação científica da embrapa semiárido, 9. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014.

OMETTO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. C.; HOTT, M. C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE. p. 2297-2299, 2005.

PACHECO, V. B.; MARQUES FILHO, A. O.; DALLAROSA, R. G. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar Em floresta – reserva biológica do cuieiras – Manaus. **Acta Amazônica**, v. 35(4), p. 427 – 436, 2005.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; MARTINS, P. A. S.; SIQUEIRA, L. F.; LEITE, L. O.; BIUDES, M. S. Análise da radiação solar global (RG) e

albedo superficial sobre um ecossistema de floresta nativa em Humaitá-am durante o período chuvoso. **EDUCAmazônia**, v. 12, n. 1, p. 42-56, 2014.

PEREIRA, A. Radiation regime of a tropical rain forest. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 2, p. i-viii, 1997.

PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; MORAES, E. C.; PRADO, B.R.; SILVA, G. B. S.; E ARAI, E. Estudo preliminar do impacto do cultivo da cana-de-açúcar: alterações no albedo e liberação de energia radiativa através das queimadas. **XIV Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Natal, RN, 2009.

PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.1-4, 1995.

PINHEIRO, M. P. M. A. **Cana-de-açúcar: respostas da planta e do solo a diferentes níveis de irrigação no semiárido nordestino**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu. 81 p, 2014.

PINTO, A.C. **O pau-brasil e um pouco da história brasileira**. Instituto de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

PRADO, M. R. D.; ROCHA, E. C.; GIUDICE, G. M. L. D. **Mamíferos de médio e grande porte em um fragmento de Mata Atlântica**, Minas Gerais, Brasil. 2008.

PRENDÉZ, M. M.; EGIDO, M.; TOMAS, C.; SECO, J.; CALVO, A. Correlation between solar radiation and total suspended particulate matter in Santiago, Chile-Preliminary results. **Atmospheric Environment**, v. 29, n. 13, p. 1543-51, 1995.

QUERINO, C. A. S., MOURA, M. A. L., CHAGAS, E. V. Avaliação e comparação do albedo e saldo de radiação em duas áreas de pastagem na região amazônica. **XIII Congresso brasileiro de meteorologia**. Fortaleza, 2004.

QUERINO, C.A.S. **Avaliação da radiação solar em ecossistema de manguezal tropical em Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 110 p, 2006.

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

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S., VON RADOW, C.; MARQUES FILHO, A. D. O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas–Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. D. S. Impact of mangrove deforestation on the surface albedo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2013.

QUERINO, C. A. S.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; DA SILVA QUERINO, J. K. A.; NETO, L. A. S.; DA SILVA, M. J. G.; DE SOUZA NOGUEIRA, J. Balanço de ondas curtas

sobre floresta sazonalmente alagável do pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 252-266, 2017.

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

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S; SILVA, B. B. Sazonalidade de variáveis biofísicas em regiões semiáridas pelo emprego do sensoriamento remoto. **Engenharia Agrícola**, v.29, p.452-465, 2009.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em área degradada. **Revista Árvore**, v.34, p.65-73, 2010.

RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; NOVAIS, J. W. Z.; DE OLIVEIRA, A. G.; ROBERTO, S.; DE PAULO, M. S. B. E.; NOGUEIRA, J. D. S. Distribuição dos componentes do balanço de energia do Pantanal Mato-grossense, **Revista Ciências Agro Ambientais (Online)**, v.9, 165–175, 2011.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**.6.ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. 248p

SÁNCHEZ, D. S. **Mejora de los modelos térmicos de las presas bóveda en explotación: aplicación al análisis del efecto del cambio climático**. Tese (doutorado em Ingeniería Civil: hidráulica y Energética), Universidad Politécnica de Madrid. 466f, (2014).

SANTANA, G. G.; VIEIRA, W. L.; PEREIRA-FILHO, G. A.; DELFIM, F. R.; LIMA, Y. C.; VIEIRA, K. S. Herpetofauna em um fragmento de Floresta Atlântica no estado da Paraíba, Região Nordeste do Brasil. **Biotemas**, v.21, 75-84, 2008.

SANTOS, J. M. Avaliação do florescimento de genótipos de cana-de-açúcar na Serra do Ouro de 1998 a 2004. 2005. 54f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

SANTOS, A. B.; MOURA, M. A. L.; ANDRADE, A. M. D; FILHO, J. E. A., CARNEIRO, R. G., DOS SANTOS, R. A. G. Índice de transmitância atmosférica no município de Coruripe-AL. Guarapari: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2011.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. D.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A., GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

SANTOS, F. A.; ALVES, T. L.; AZEVEDO, P. V.; SANTOS, C. Comportamento sazonal do albedo e dos índices de vegetação na bacia hidrográfica do alto curso do rio paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 1015-1023, 2015.

SEMARH – Secretaria Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos. **Boletins e análises técnicas**. 2003. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/tempo-e-clima/boletins-e-analises-tecnicas/normal-climatologica/litoral>>. Acesso em: 07 Ago. 2017.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, E. grandis Hill ex Maiden e E. torelliana F. Muell.**

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 87 p, 1992.

SEEHUSEN, S. E.; PREM, I. 2011. Por que pagamentos por serviços ambientais?. In: F.B. GUEDES; S.E. SEEHUSEN (ed.), **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília, MMA, p. 15-54. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/psa\\_na\\_mata\\_atlantica\\_licoes\\_aprendidas\\_e\\_desafios\\_202.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf)>. Acesso em: 31 Jan. 2017.

SILVA, A. S. **Estimativa de produtividade da cana-de-açúcar utilizando dados agrometeorológicos e imagens do sensor MODIS**. 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Engenharia agrícola. Recife. 90p, 2016.

SILVA, M. T.; DA SILVA, V. D. P. R.; DE SOUSA, E. P.; DE OLIVEIRA, S. D. Variabilidade espaço temporal do albedo da superfície no semiárido pernambucano com base em imagens do TM/Landsat 5. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu: INPE**, p. 7468-7475, 2013.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; DE SOUZA, M. A., LIMA, J. A. Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, 2015.

SOUZA, R. V. G.; ROBLEDO, L.; PEREIRA, F. O. R.; SOLER, A. **Evaluation of global luminous efficacy models** for Florianópolis, Brazil. *Building and Environment*, v.41, p.1364-1371, 2005.

SOUZA, P. J. D. O. P. D.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. D.; LOUREIRO, R. S. D.; BISPO, C. J. C.; SOUSA, A. M. L. D. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.1, p.65–73, 2010.

SOUZA, A. P. D., ZAMADEI, T., MONTEIRO, E.B., & CASAVECCHIA, B.H. Atmospheric Transmissivity of the Global Radiation in the Amazonic Region of Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 639-648, 2016.

SOUZA FILHO, J. D. C. S.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; COHEN, J. C. P.; ROCHA, E. J. P. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 318-330, 2006.

SPOLADOR, J.; SANCHES, L.; COSTA, M. H.; AMBIENTE, M. Radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição Cerrado-Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 301-307, 2006.

STANHILL, G.; COHEN, S. Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 107, p. 255-78, 2001.

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.

- TAVARES, P. S. **Um estudo observacional da incursão de sistemas frontais no Nordeste Brasileiro e sua influência na atmosfera do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 152 p., 2008.
- TENÓRIO, F. J. C.; CALHEIROS, C. B. M.; MADALENA, J. A. S.; CUNHA, J. L. X. L.; CUSTÓDIO, J. A. S. Economia de água em irrigação por aspersão baseado na definição da velocidade de infiltração. **Revista Caatinga**. v. 21, n. 5, p. 185-188, 2008.
- TERAMOTO, E. T; ESCOBEDO, J. F. Analysis of the annual frequency of the sky conditions in Botucatu, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 985-992, 2012.
- TERAMOTO, E. T.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Modelos Estatísticos para estimativa da irradiação solar UV horária me Botucatu/SP/Brasil. **Revista brasileira de Energia Solar**, v.5 n. 1, p. 44-51, 2014.
- VASCONCELOS, R. S.; MOURA, G. B. A; LOPES, P. M. O.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Modelo de transmissividade atmosférica para o sertão pernambucano. **Revista brasileira de biometria**, v. 35, n. 4, p. 765-784, 2017.
- VIANA, R. H. O.; NETO, J. A. A. M.; DA SILVA CARMO, F. M.; DE SOUZA, A. L., DA SILVA, A. F. Fitossociologia do estrato arbóreo de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana—"mata da agronomia", Viçosa-MG. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 141-155, 2016.
- VON RANDOW, R. D. S.; ALVALÁ, R. D. S. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal Sul Mato-Grossense durante os períodos secos de 1999 e 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, p. 398-412, 2006.
- WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. Atmospheric science: an introductory survey, 2 ed., **International Geophysics Series**. Academic Press, Elsevier Inc., p. 483, 2006.
- 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. **Ecology Modelling**, v.142, n.1-2, p.135-154, 2001.
- WANG, S.; DAVIDSON, A. Impact of climate variations on surface albedo of a temperature grassland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.142, n.2-4, p.133-142, 2007.
- YOSHINO, M. M. **Climate in a small area: an introduction to local meteorology**. Tokio: University of Tokio Press, 549 p, 1975.