



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE – PPG –
CLIAMB

ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS DA RADIAÇÃO EM UMA FLORESTA
OMBRÓFILA Densa, NA AMAZÔNIA CENTRAL

ITALO DA SILVA ALMEIDA

Manaus, Amazonas
Novembro, 2023

ITALO DA SILVA ALMEIDA

**ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS DA RADIAÇÃO EM UMA FLORESTA
OMBRÓFILA DENSA, NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Orientadora: Prof.^a. Dr^a. Rosa Maria Nascimento dos Santos

Coorientadora: Prof.^a. Dr^a Marcia Akemi Yamasoe

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Clima e Ambiente na linha de pesquisa Processos de Interação Biosfera-Atmosfera.

Manaus, Amazonas

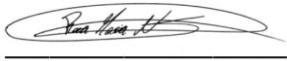
Novembro, 2023



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA E UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS.

Aos 28 dias do mês de agosto do ano de 2023, às 09:00 horas, de síncrona e remota, reuniu-se a Comissão Julgadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. Rosa Maria Nascimento dos Santos (Presidente), o Prof. Dr. Jair Max Furtunato Maia (UEA), o Prof. Dr. Theomar Trindade de Araújo (UFOPA), tendo como suplente a Profa. Dra. Jaidete Monteiro de Souza (UEA), sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a avaliação pública do trabalho de Dissertação de Mestrado de **Italo da Silva Almeida** intitulado: **“ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS DA RADIAÇÃO EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA, NA AMAZÔNIA CENTRAL”**, orientado pela Profa. Dra. Rosa Maria Nascimento dos Santos.

O Presidente da Comissão Julgadora deu início à seção e informou os procedimentos do exame. O aluno fez a exposição do seu trabalho que foi avaliado pelos membros da Comissão Julgadora de Defesa Pública. A Comissão Julgadora, então, se reuniu e os membros emitiram os seguintes pareceres:

Nome	Parecer	Assinatura
Dra. Rosa Maria Nascimento (UEA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	
Dr. Jair Max Furtunato Maia (UEA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	_____
Dr. Theomar Trindade de Araújo (UFOPA)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado () Reprovado	_____

Documento assinado digitalmente
gov.br THEOMAR TRINDADE DE ARAUJO TIBURTINO N
 Data: 08/11/2023 17:03:48-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br JAIR MAX FURTUNATO MAIA
 Data: 01/11/2023 17:45:36-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nada mais havendo a relatar, foi lavrada a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Julgadora.

Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da
 Amazônia – PPG-INPA Programade Pós-Graduação em Clima e
 Ambiente – PPG-CLIAMB

Av. André Araújo, 2.936 - Petrópolis - CEP 69067-375
 - Manaus -AM, Brasil Fone/Fax:55 92 3643-3755

E-mail: coordenacaocliamb@gmail.com

Catalogação na Publicação (CIP-Brasil)

A447 Almeida, Italo da Silva

Estudo das características da radiação em uma floresta ombrófila densa, na Amazônia central / Italo da Silva Almeida; orientadora Rosa Maria Nascimento dos Santos; coorientadora Marcia Akemi Yamasoe,. - Manaus: [s.l.], 2023.

1.33 MB

62p. : il. color.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023.

1. ATTO. 2. Balanço de radiação. 3. Floresta Amazônica. I. Santos, Rosa Maria Nascimento dos. II. Yamasoe, Marcia Akemi. III. Título

CDD 551.6

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao criador do universo por me dar saúde, sabedoria e forças para concluir mais uma etapa árdua da minha vida.

As duas conceituadas instituições, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a minha eterna casa Universidade do Estado do Amazonas (UEA), pela oportunidade de cursar a pós-graduação em nível de mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente (PPG – CLIAMB), em especial ao corpo docente do programa por todo ensinamento e paciência que dedicaram aos discentes durante o momento pandêmico por qual passamos.

Ao Projeto ATTO, pela disponibilização dos dados solicitados para realização deste trabalho.

A minha coorientadora Professora Dr^a. Marcia Yamasoe pelos ensinamentos, correções e pela disponibilização de parte dos dados utilizados neste trabalho, mesmo que a distância foi muito gratificante. Também a minha orientadora pela oportunidade de me aceitar como orientando.

Aos colegas de turma que tive pouco contato, mas posso afirmar que são pessoas incríveis, pois sempre nos ajudamos, nos apoiamos e passamos pelos desesperos juntos.

Ao meu quarteto de amigas (Adriely, Julie, Raquel e Rêgila) que a faculdade me deu, que de alguma forma me deram forças e apoio para enfrentar toda essa jornada e pelos perrengues da vida que passamos juntos.

A minha companheira Anne, que sempre esteve ao meu lado dando suporte e todo apoio incondicional para concluir este trabalho, assistindo várias prévias minhas e ajudando no que estava ao seu alcance.

Aos meus pais, Dona Graça e ao Sr. Edevaldo, pois sem eles eu não teria chegado nessa fase tão gratificante da minha vida. Todo meu sucesso é dedicado a vocês dois.

Sou extremamente grato a todos que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

*“Levanta essa cabeça! Enxuga essas lágrimas, certo?
Respira fundo e volta pro ringue. Cê vai sair dessa prisão
Cê vai atrás desse diploma, com a fúria da beleza do sol
Faz isso por nóiz, faz essa por nóiz. Te vejo no pódio”.*

Emicida, “AmarElo”.

RESUMO

Este estudo está baseado no conjunto de dados medidos por diversos sensores instalados na torre “*instant*” no sítio experimental ATTO do programa LBA localizado na Reserva de Desenvolvimento Sustentável o Uatumã - RDSU. Este trabalho objetivou estudar a variabilidade das componentes do Balanço de radiação (Br) acima de um dossel florestal com um período de dados de 36 meses (novembro de 2014 a outubro de 2015), além da realização de um estudo de casos com 6 meses de dados (outubro de 2015 a março de 2016) de medidas da Radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Dentre os três anos de estudos, 2016 apresentou o menor volume de chuvas com 1529,79 mm, uma redução em torno de 15% comparado a 2015, que teve um total pluviométrico de 1801,01 mm. A redução os volumes de chuvas estão associadas diretamente a presença do episódio de El Niño (EN). Para representar o período chuvoso (C) e menos chuvoso (MC) foram escolhido dois meses do Br, março e agosto, respectivamente. Os demais meses podem ser consultados no apêndice do trabalho. As maiores médias da radiação de onda curta incidente (ROC_{in}) no ciclo diário ocorreram entre 11 e 14H, com valores na ordem de 500 a 600 wm^{-2} em março e de 800 a 900 wm^{-2} em agosto. O mesmo comportamento foi observado para as médias da radiação de onda curta refletida (ROC_{ref}) e para o saldo de radiação (R_n). A radiação onda longa terrestre (ROL_{ter}) e radiação onda longa atmosférica (ROL_{atm}) apresentaram pouca variação ao longo do ano, embora a ROL_{atm} tenha apresentado valores ligeiramente mais elevados durante o período chuvoso em função da maior cobertura nuvens. Os valores integrais das componentes do Br mostrou uma sazonalidade bem definida, com valores mais elevados durante o período seco em virtude da menor cobertura de nuvens, e embora um período de dados correspondam ao EN de 2015/2016, os resultados encontrados são similares entre os três anos. O albedo (α) ao longo dos anos teve média tipicamente de florestas tropicais, 13%. A variabilidade da RFA teve suas maiores médias no ciclo diurno entre às 11H e 12H, assim como foi observado um leve achatamento das curvas nos três níveis (10, 28 e 39 metros) nesse horário. As maiores médias mensais foram observadas entre outubro de 2015 a janeiro de 2016, enquanto de fevereiro a março ocorreu uma ligeira redução nos valores que possivelmente foi provocado pelo aumento da nebulosidade. Uma breve análise da fARFA mostrou resultados satisfatórios de aproveitamento dessa variável pelo dossel da floresta, com valor médio da ordem de 0,9.

Palavra-chave: ATTO; Balanço de radiação; Floresta Amazônica.

ABSTRACT

This study is based on a set of data measured by several sensors installed in the “instant” tower at the ATTO experimental site of the LBA program located in the Uatumã Sustainable Development Reserve - RDSU. This work aimed to study the variability of the components of the Radiation Balance (Br) above a forest canopy with a data period of 36 months (November 2014 to October 2015), in addition to carrying out a case study with 6 months of data (October 2015 to March 2016) of measurements of Photosynthetically Active Radiation (RFA). Among the three years of studies, 2016 presented the lowest volume of rainfall with 1529,79 mm, a reduction of around 15% compared to 2015, which had a total rainfall of 1801,01 mm. The reduction in rainfall volumes is directly associated with the presence of the El Niño episode (EN). To represent the rainy (C) and less rainy (MC) periods, two months of Brazil were chosen, March and August, respectively. The other months can be consulted in the appendix of the work. The highest averages of incident shortwave radiation (ROCin) in the daily cycle occurred between 11 am and 2 pm, with values in the order of 500 to 600 wm^{-2} in March and 800 to 900 wm^{-2} in August. The same behavior was observed for the averages of reflected shortwave radiation (ROCref) and for the net radiation (Rn). Terrestrial longwave radiation (ROLter) and atmospheric longwave radiation (ROLatm) showed little variation throughout the year, although ROLatm showed slightly higher values during the rainy season due to greater cloud cover. The integral values of the Br components showed a well-defined seasonality, with higher values during the dry period due to lower cloud cover, and although one period of data corresponds to the 2015/2016 EN, the results found are similar between the three years. The albedo (α) over the years averaged typically for tropical forests, 13%. The RFA variability had its highest averages in the diurnal cycle between 11 am and 12 pm, as well as a slight flattening of the curves at the three levels (10, 28 and 39 meters) at this time. The highest monthly averages were observed between October 2015 and January 2016, while from February to March there was a slight reduction in values, possibly caused by increased cloudiness. A brief analysis of fARFA showed satisfactory results in the use of this variable by the forest canopy, with an average value of around 0,9.

Keyword: ATTO; Radiation balance; Amazon rainforest.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	13
2. Objetivos	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. Aspectos da radiação solar.....	16
3.2. Interações que ocorrem na atmosfera	17
3.3. Balanço de radiação	19
3.4. Papel das nuvens	20
3.5. Interação dos aerossóis no balanço radiativo	20
3.6. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)	21
3.7. Estudos sobre a irradiância solar com perspectiva para região Amazônia....	21
3.8. El Niño Oscilação Sul (ENOS) e seus impactos	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Sítio experimental.....	24
4.2. Conjunto dados e medidas	25
4.3. Análise dos dados	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Microclima	28
5.2. Balanço de radiação	32
5.3. Análise sazonal da média integral	41
5.4. Albedo	42
5.5. Estudo de casos da RFA	44
6. CONCLUSÃO	48
7. REFERÊNCIAS	50
8. APÊNDICE A – COMPLEMENTO DA ANÁLISE DO BALANÇO DE RADIAÇÃO.	
58	

LISTA DE SIGLAS, ABREVIações E SÍMBOLOS

Abreviaturas

ARME	Amazon Region Micrometeorological Experiment;
ABLE	Amazon Boundary Layer Experiment;
ABRACOS	Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observational Study;
GoAmazon	Green Ocean Amazon;
ENOS	El Niño Oscilação Sul;
EN	El Niño;
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical;
Br	Balanco de radiação
OCinc	Onda curta incidente
OCref	Onda curta refletida
OLatm	Onda longa atmosférica
OLter	Onda longa terrestre
Rn	Saldo de radiação
α	albedo
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa;
fARFA	Radiação fotossinteticamente ativa absorvida;
RFAin	Radiação fotossinteticamente ativa incidente;
RFAr	Radiação fotossinteticamente ativa refletida;
RFA _t	Radiação fotossinteticamente ativa próximo a superfície;
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia;
ATTO	Amazon Tall Tower Observatory.

Símbolos

CO ₂	Dióxido de carbono;
O ₂	Oxigênio;
O ₃	Ozônio;
μm	Micrômetro;
nm	Nanômetro;
H ₂ O	Vapor d'água;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição do espectro eletromagnético em diferentes comprimentos de ondas.....	16
Figura 2. Esquema da distribuição de irradiância no balanço radiativo.	17
Figura 3. Espectro eletromagnético no topo da atmosfera, ao nível do mar e para um corpo negro a 5900K.	18
Figura 4. Variabilidade do albedo diário e da precipitação em uma pastagem após uma queimada programada.	22
Figura 5. Em A condições com poucas nuvens. Em B condições para um dia nublado.	23
Figura 6. A área em vermelho representa a extensão territorial da Reserva de Sustentável do Uatumã - AM.....	25
Figura 7. Total pluviométrico durante o período chuvoso.....	29
Figura 8. Total pluviométrico durante o período menos chuvoso.....	29
Figura 9. Variação mensal da temperatura (mm) e UR(%). Em A, C e E, período chuvoso de 2015, 16 e 17, respectivamente. Em B, D e F menos chuvoso de 2015, 16 e 17, respectivamente.	31
Figura 10. Variabilidade do ciclo médio diário anual da temperatura e umidade relativa do ar.....	31
Figura 11. A (março) e B (março) de 2015; C (março) e D (agosto) de 2016; E (março) e F (agosto) de 2017.....	33
Figura 12. Ciclo diurno do albedo durante o período chuvoso no sítio ATTO.....	44
Figura 13. Ciclo diurno do albedo durante o período menos chuvoso.	44
Figura 14. Variação média mensal da RFA e os totais pluviométricos entre o final do período MC e C.	45
Figura 15. Variação do ciclo diurno da RFA em três níveis na floresta.....	46
Figura 16. Variação da PAR absorvida pelo dossel florestal do sítio ATTO.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Instrumentos instalados na torre, de acordo com suas variáveis.....	26
Tabela 2. Quantidade de dias descartados por mês de cada ano. Os espaços em branco indicam que não houve nenhum descarte.	27
Tabela 3. Valores de precipitação total acumulada, médias de temperatura e umidade relativa do ar agrupados por período chuvoso (C) e menos chuvoso (MC).	28
Tabela 4. Média e desvio padrão das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março.....	34
Tabela 5. Média e desvio padrão das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto.....	35
Tabela 6. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março de 2016.	36
Tabela 7. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto de 2016.	37
Tabela 8. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março de 2017.	38
Tabela 9. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto de 2017.	40

Tabela 10. Comparação dos valores médios integrais ($\text{MJm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) diferentes sítios pela Amazônia.	42
Tabela 11. Comparativo de estudos que observaram valores do albedo em florestas tropicais.....	43
Tabela 12. Média e desvio padrão para os três níveis da RFA no ciclo diário.....	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo do balanço de radiação	27
Equação 2. Cálculo da radiação fotossinteticamente ativa	27

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um aumento nas discussões acerca das consequências da perda de cobertura vegetal das florestas tropicais, em especial, na região Amazônica. De acordo com Macedo e Fisch (2018), a Amazônia possui uma área de aproximadamente 5,5 milhões de km², com uma rica biodiversidade de flora e fauna. Segundo Lawrence e Vandecar (2015), as florestas tropicais absorvem grande quantidade de radiação solar e as convertem em calor latente, resfriando e estabilizando as temperaturas, além de transportarem umidade para a atmosfera.

A retirada ou substituição da cobertura vegetal de forma irracional, pode alterar significativamente o Br, meio pelo qual os ecossistemas florestais adquirem energia através do Rn, bem como nos valores do albedo (α). Seus valores indicam a capacidade de uma superfície absorver ROC_{in} e é considerado a principal variável do Br terrestre. É determinado pela razão entre a ROC_{ref} por uma determinada superfície e a ROC_{in} sobre ela (Querino et al., 2006).

E mudanças nos fluxos das componentes do Br, como a disponibilidade de ROC_{in} , pode afetar diretamente o processo fotossintético, visto que as plantas aproveitam a radiação contida entre os comprimentos de ondas de 0,4 a 0,7 μm , denominada como faixa do visível ou RFA (Finch et al., 2004).

Na Amazônia a radiação solar sofre uma enorme variabilidade por constituintes atmosféricos (nuvens e as partículas de aerossóis) através da absorção e espalhamento (Braghiere e Yamasoe., 2011). Diante de uma atmosfera poluída, principalmente por aerossóis de origem antrópica, a RFA pode ser reduzida e atenuada de forma difusa, podendo ser aproveitada de maneira mais eficiente na fotossíntese (Artaxo et al., 2009).

Além disso, a região sofre influência de oscilações interanuais que provocam forte variabilidade na cobertura de nuvens e chuvas, que estão associadas ao ENOS com episódios de EN e LN (Macedo e Fisch, 2018). A ocorrência do EN gera impactos sociais, econômicos e principalmente sobre o clima da região. A redução nos volumes de chuvas contribuem para o aumento

do período seco, da estiagem e deixa a floresta mais vulnerável a incêndios florestais (Marengo et al., 2018).

Recentemente, no trabalho de Macedo (2016), é mostrado os impactos do EN 2015/2016 sob os fluxos do balanço radiativo em um sítio de pastagem no Município de Manacapuru – AM, influenciando na cobertura de nuvens, regime de chuva e extensão do período MC.

Segundo Lopes (2013), a influência de alguns eventos climáticos atuando na interação terra-atmosfera, na Amazônia, desperta o interesse do meio científico, isso, porque a floresta desempenha um papel importante na circulação atmosférica global, devido à grande disponibilidade hídrica e sua localização na faixa equatorial.

Apesar da importância das medidas de irradiância solar na região, ainda há poucos estudos associando a variabilidade das componentes do Br com episódios de EN. Diante disso, este trabalho objetivou analisar dados das características da radiação sobre uma floresta ombrófila densa, além da realização de um estudo de casos com a RFA em um curto período que compreendeu o final da estação MC de 2015 a estação chuvosa de 2016. As informações levantadas são de caráter inédito para a região Amazônica, em especial para o sítio ATTO por apresentar uma série extensa de dados com 36 meses de análises.

2. Objetivos

2.1. Geral

Estudar as componentes do balanço de radiação sobre uma floresta ombrófila densa, na Amazônia central.

2.2. Específicos

Analisar o comportamento médio do ciclo diário das componentes do balanço de radiação;

Quantificar os valores médios integrados sazonalmente dos períodos chuvoso e menos chuvoso;

Realizar um estudo de casos da variabilidade da RFA e da $fARFA$ entre outubro de 2015 a março de 2016.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Aspectos da radiação solar

A radiação eletromagnética é a principal fonte energética que transfere energia entre o sistema terra-atmosfera (Leitão et al., 2002). A atmosfera apresenta duas formas de energia radiativa, a proveniente do sol, comumente chamada de ondas curtas e a termal que é emitida pela terra e pela atmosfera, denominada como radiação de ondas longas. Os processos físicos, químicos e biológicos usam predominantemente a radiação de ondas curtas, enquanto a radiação termal é fundamental para a manutenção do ecossistema terrestre através das trocas de calor entre a atmosfera e a superfície (Macedo, 2016).

Na Figura 1 é mostrado os diferentes comprimentos de ondas da radiação eletromagnética: da esquerda para direita encontra-se os raios gama e os raios x; os raios ultravioleta (0,001 a 0,39 μm), a área ampliada mostra a luz visível (400 a 700 nm); infravermelha (0,77 a 1000 μm) e acima de 1000 μm as faixas usadas por Radar, Tv e Rádio.

A Irradiância solar compreende as faixas de 0,3 a 4 μm abrangendo o ultravioleta, visível e vermelho próximo. Os comprimentos de ondas da faixa do visível é a parte percebida pelos seres humanos e aproveitado pelas plantas no processo fotossintético, por isso também é chamada de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (Yamasoe e Corrêa, 2016).

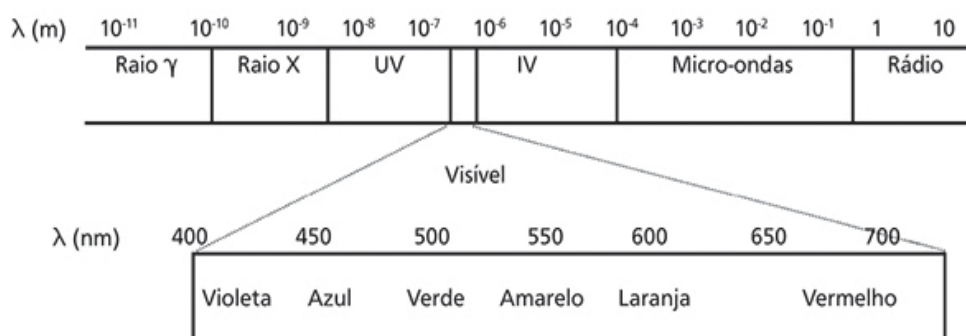


Figura 1. Distribuição do espectro eletromagnético em diferentes comprimentos de ondas.

Fonte: Adaptada de Yamasoe e Corrêa, 2016.

3.2. Interações que ocorrem na atmosfera

Segundo Liou (2002), a irradiância solar ao atravessar a atmosfera em direção a superfície pode ser absorvida, refletida e espalhada pelos constituintes atmosféricos. De acordo com Macedo (2016), esses constituintes podem ser desde nuvens e seus diversos tipos e formas, vapor d'água, partículas de aerossóis e gases atmosféricos, que atuam como moduladores da irradiância solar entre o topo da atmosfera e a superfície.

A Figura 2 mostra esquematicamente como ocorre a distribuição da irradiância solar e termal no balanço radiativo terrestre. O caminho óptico sofre diversas interferências, como: reflexão, espalhamento e absorção. Cerca de 51% da irradiância solar incidente é absorvida pela superfície, sendo composta por irradiância solar direta e difusa. (Fiorin et al., 2011).

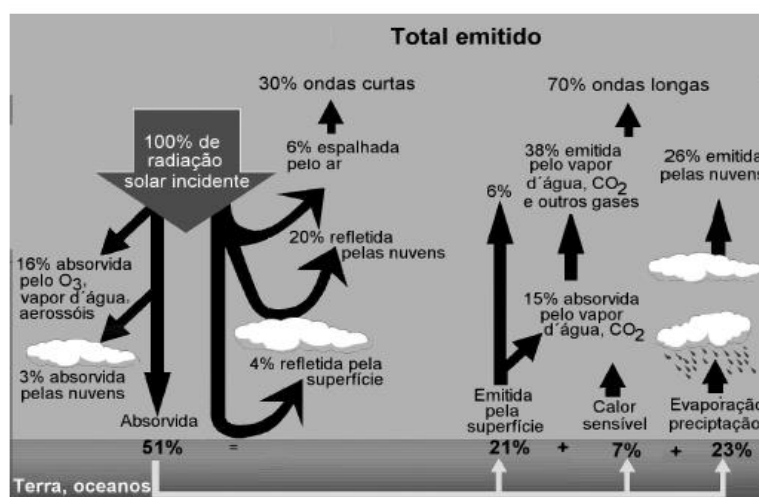


Figura 2. Esquema da distribuição de irradiância no balanço radiativo.

Fonte: Adaptada de Fiorin et al., 2011.

Durante o espalhamento, a radiação é desviada da sua orientação original para outra qualquer, sem alteração do comprimento de onda, de modo que não é um processo aleatório e depende das características das partículas que constituem o meio na qual a radiação está sendo propagada (Yamasoe e Corrêa, 2016).

Existem dois modelos matemáticos que explicam o espalhamento da radiação: Rayleigh e Mie. O espalhamento Rayleigh ocorre por meio de

partículas menores que o comprimento de onda da radiação incidente, é caso do espalhamento da luz visível por gases atmosféricos e responsável pela cor azul do céu. O espalhamento Mie ocorre quando as partículas apresentam a mesma ordem de grandeza ou até maior que o comprimento de onda incidente, é o que explica a tonalidade branca das nuvens, nevoeiros e da atmosfera poluída de grandes centros urbanos (Fiorin, et al., 2011).

Na absorção da radiação solar, as moléculas de gases adquirem a energia incidente, que é transformada em movimento molecular interno aquecendo a atmosfera. A Figura 3 mostra uma comparação entre os espectros de radiação solar emitido por um corpo negro à temperatura de 5900 K (linha pontilhada), o espectro que atinge o topo da atmosfera e o espectro da superfície ao nível do mar. Os gases oxigênio (O_2) e ozônio (O_3) apresentam fortes bandas de absorção na faixa do ultravioleta (0.001 a 0.39 μm), enquanto o dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água (H_2O) apresentam forte absorção na região do infravermelho (FIORIN et al., 2011).

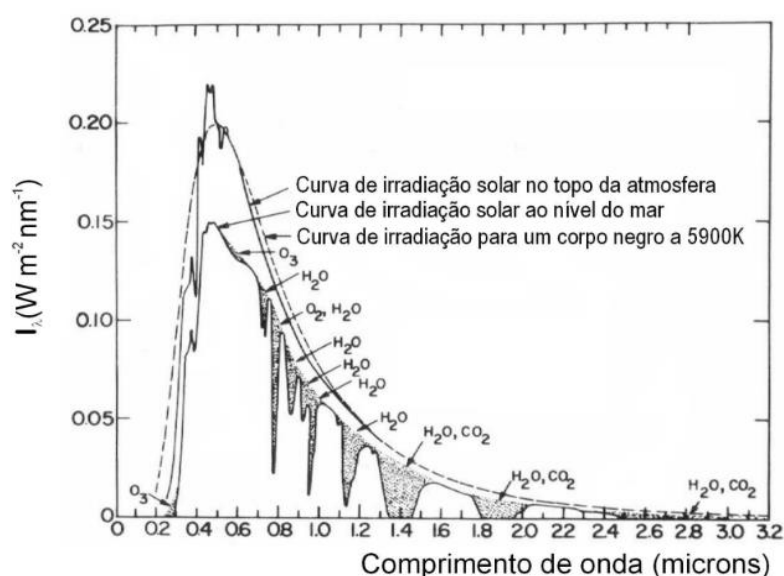


Figura 3. Espectro eletromagnético no topo da atmosfera, ao nível do mar e para um corpo negro a 5900K.

Fonte: Adaptada de Fiorin *et al*, 2011.

3.3. Balanço de radiação

A distribuição da radiação solar determina a maioria dos fenômenos que acontecem no sistema terra-atmosfera, influenciando diretamente nas taxas de fotossíntese e evapotranspiração. A energia fica disponível por meio do R_n que resulta do balanço de radiação de ondas curtas ($RO_{Cin} - RO_{Cref}$) e ondas longas ($RO_{Latm} - RO_{Lter}$), que posteriormente é usado para aquecer a superfície e o ar acima dela, além de fornecer energia para evaporar a água do solo e da vegetação (Machado, 2012; BASTABLE *et al*, 1993).

Ainda de acordo com Machado (2012), alterações nas componentes de ondas curtas e longas provocaria mudanças nos fluxos de calor sensível e latente, no primeiro ocorre mudanças na temperatura e umidade do ar, o segundo é marcado pela redução da evapotranspiração.

De acordo com Correia *et al.* (2006) a conversão da floresta em pastagem gera diversos efeitos, entre eles o aumento do α . As mudanças nos valores do α são provocadas pelas características da superfície vegetada, umidade e tipo de solo (Aguiar, 2007). Os valores decrescem com a elevação do Sol e os maiores valores são observados no nascer e pôr do sol, e os mínimos próximo ao meio-dia (Leitão *et al.*, 2002). O α tem grande importância no Br, pois é por meio dele que sabemos se a vegetação absorve com eficiência a irradiância solar, e por conseguinte, a disponibilidade de energia para os processos físicos que ocorrem na superfície.

Em um estudo de modelagem, Nobre *et al.* (1991) verificaram os efeitos da substituição de floresta por pastagem. Os resultados apontaram para um aumento médio do α em 21,6%, enquanto na floresta a média foi de 12,5%; houve aumento de 2,5 °C da temperatura média da superfície; diminuição da evapotranspiração em 30% e redução da precipitação em 25%.

Sabe-se também, que além da redução da cobertura florestal, o balanço de radiação sofre variabilidade sazonal em virtude da cobertura de nuvens e pela presença de aerossóis antropogênicos oriundos de queimadas, que são condições que ocorrem com frequência.

3.4. Papel das nuvens

As nuvens desempenham um papel de interação importante no balanço radiativo da atmosfera. De acordo com Liou (2002), elas cobrem cerca de 50% do globo terrestre, sendo consideradas como um dos principais moduladores da irradiância solar por meio do espalhamento e absorção (Martins et al., 2003). As nuvens baixas refletem a radiação de onda curta (ROC), enquanto as altas reduzem a radiação de onda longa (ROL), de modo que elas desempenham um papel significativo sobre a temperatura do planeta (Yamasoe e Corrêa, 2016).

No Brasil, o céu encoberto diminui os fluxos de radiação de onda curta em direção à superfície, isso acontece porque elas são mais eficientes em refletir ondas curtas do que absorver, ao contrário da radiação de onda longa que são fortemente absorvidas. Por outro lado, os aerossóis possuem forte afinidade de absorção da radiação de onda curta (Machado, 2012).

3.5. Interação dos aerossóis no balanço radiativo

Os aerossóis possuem duas fontes de origem, a primária e secundária. Na primária, possui gênese natural ou antropogênica, abrangendo processos de combustão, erupção vulcânica, fogo florestal, atividade industrial, spray marinho e atividades biológicas. De forma secundária, sua gênese resulta de mecanismos de nucleação e condensação de produtos gasosos, podendo apresentar três categorias: aerossóis de sulfato, nitrato e orgânicos secundários (Alves, 2005).

Os aerossóis podem interagir direta e indiretamente no balanço radiativo, o primeiro por meio da absorção e espalhamento, o segundo por meio da modificação das propriedades radiativas das nuvens (Artaxo et al., 2009). Durante o espalhamento, a radiação de onda curta é refletida em direção ao espaço, resfriando a superfície. Na absorção ocorre aquecimento da atmosfera e resfriamento da superfície. Ambos os efeitos tendem a estabilizar o perfil termodinâmico da atmosfera (Macedo, 2016). Assim como as nuvens, os aerossóis atmosféricos oriundos de queimadas proporcionam uma enorme variabilidade da radiação de onda longa, fração é essencial para os ecossistemas florestais.

3.6. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

Como mencionado anteriormente, a radiação que é parcialmente absorvida pelo dossel está contida na faixa de 0,4, e 0,7 μm do espectro eletromagnético, conhecida também como RFA. Essa fração é usada pelas plantas no processo fotossintético que ocorre em duas fases, clara e de fixação do carbono. Na primeira, a irradiância solar separa as moléculas de água em oxigênio (O_2) e hidrogênio (H_4), liberando o O_2 para atmosfera e usando o H_4 para produção de energia. Na segunda, carbono do CO_2 é assimilado em moléculas orgânicas, glicose, que durante uma reação promovida pela enzima rubisco, que combina o carbono com o H_4 produzindo açúcares (Larcher, 2000).

Segundo Pereira et al. (2002); Oliveira (2010), a radiação fotossinteticamente ativa atravessa a atmosfera praticamente sem sofrer redução por absorção. Por outro lado, o espalhamento aumenta a fração da radiação solar na forma difusa, podendo aumentar a atividade fotossintética das plantas (YAMASOE et al., 2011). Em florestas tropicais como a Amazônia, a PAR apresenta grande variabilidade devido a sazonalidade da cobertura de nuvens, que durante o período chuvoso há maior concentração de nebulosidade do que no período seco (XIAO et al., 2005). Entretanto, no período seco há maior concentração de aerossóis antropogênicos na atmosfera (ARTAXO et al., 2009).

3.7. Estudos sobre a irradiância solar com perspectiva para região Amazônia.

Os primeiros estudos sobre a irradiância solar na Amazônia datam da década de 1970, como o de Villa Nova et al. (1978), com dados obtidos de uma estação radiométrica na sede do INPA em Manaus, estimaram o valor médio da ROCin para um período de 12 meses (1976-1977) em $400,5 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, com valor máximo de $649,3 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ em novembro de 1976. Agosto e setembro apresentaram os maiores valores médios mensais, com $513 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ e $541,8 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, respectivamente. Os menores valores médios foram registrados de janeiro a março, com média de $325 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$. Salati e Marques (1984), estimaram valores máximos da ROCin em $424,76 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ em dezembro/janeiro e mínimo de $355,32 \text{ w.m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ junho/julho dezembro/janeiro.

A partir da década de 1980 vários projetos de pesquisas começaram ser realizados na Amazônia para tentar compreender melhor o papel da floresta no clima. Cabe aqui citar o trabalho de Shuttleworth et al. (1991) que usaram dados do Amazon Region Micrometeorological Experiment (ARME) (1983 – 1985) para melhoria dos modelos de circulação geral da atmosfera. Os resultados preliminares apontaram para um α médio de 12%, típico de florestas tropicais, com interceptação da precipitação pela floresta entre 10 e 15% e que cerca de 90% da energia foi usada para evapotranspiração.

Fisch et al. (1992), usaram dados do Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observational Study (ABRACOS) (1991 – 1994) e observaram que o valor do saldo de radiação na floresta foi superior ao da pastagem, 600 w m^{-2} e 520 w m^{-2} , respectivamente. Gash e Nobre (1997) também usando dados do ABRACOS observaram que a taxa de evapotranspiração é menor na pastagem em relação a floresta.

Na floresta de Marabá – PA, Fisch et al. (1994) observaram valor médio do albedo em 19% na pastagem antes de uma queimada programada. Após a queimada, caiu para 8% e apresentou aumento depois de 4 dias devido as fortes chuvas que provocaram limpeza do solo. Nos últimos dois meses do experimento os valores foram próximos dos observados inicialmente, 20-18%. A Figura 4 mostra a variabilidade do albedo durante o experimento, no qual os autores observaram que não houve grandes mudanças no valor do albedo após o experimento.

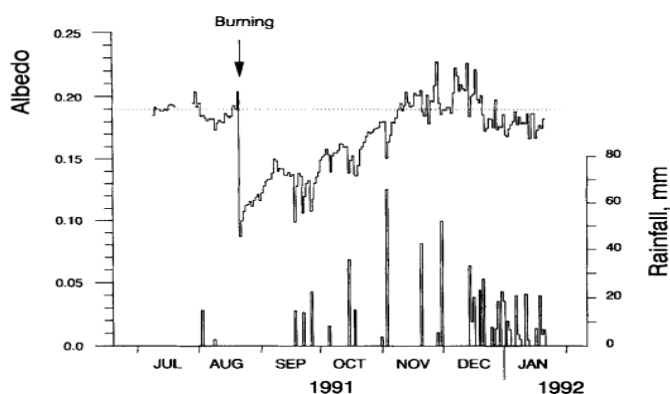


Figura 4. Variabilidade do albedo diário e da precipitação em uma pastagem após uma queimada programada.

Fonte: Adaptada de Fisch *et al*, 1994.

Recentemente, nos trabalhos de Macedo e Fisch (2018) e Ataíde et al. (2020), mostram os impactos do EN 2015/2016 sob o balanço radiativo terrestre, ademais, o último trabalho estimou as magnitudes do balanço de energia de uma floresta prístina frente a um dos maiores eventos de EN já registrado. Uma das consequências desse evento é que período menos chuvoso se torna mais longo e suscetível a maiores números de queimadas. Durante as queimadas há maior emissão de aerossóis atmosféricos, que acabam atenuando a RFA direta difusamente.

Estudos com a RFA são de grande importância para compreender como a interação com a atmosfera influencia na distribuição dessa radiação. Marques Filho (1997), observou a variação do ciclo diurno da PAR em 6 níveis em diferentes condições de cobertura de nuvens. A Figura 5 mostra dias com moderada presença de nuvens e dias nublados, no qual foi observado maior similaridade das curvas dos níveis entre 11h e 14h, o que indica uma forte dominância da radiação difusa nesses dias.

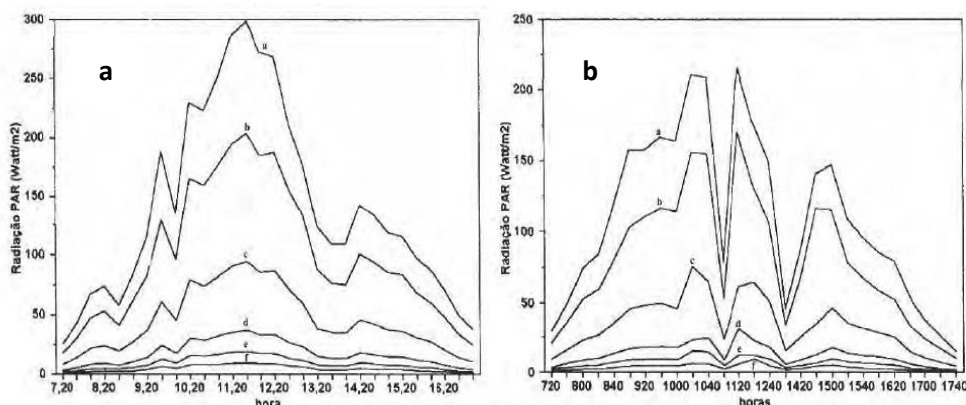


Figura 5. Em (a) condições com poucas nuvens e em (b) condições para um dia nublado.

Fonte: Adaptada de Marques Filho, 1997.

Outros estudos mostraram que a radiação difusa pode ser benéfica nos ecossistemas florestais. Artaxo et al. (2006) observaram que a RFA foi atenuada em 70% pelas nuvens e aerossóis, estimulando no aumento de 18% na assimilação de carbono pela floresta na Reserva do Jaru – RO. Doughty et al. (2010), também observaram um aumento de 40% na produção de fotossíntese após atenuação da RFA pelas nuvens e aerossóis. Já Cirino et al. (2014) observaram que na presença de nuvens e aerossóis oriundos de queimadas

provocou uma redução de 35% da RFA e aumentou a irradiância RFA difusa em 50%. Apesar da redução nos valores da RFA, a radiação difusa é aproveitada com mais eficiência no processo fotossintético (Artaxo et al., 2005).

3.8. El Niño Oscilação Sul (ENOS) e seus impactos

De acordo com Molion (2017), o ENOS ocorre a partir da interação oceano-atmosfera no oceano pacífico tropical. É constituído por duas componentes, o oceânico denominado como EN, e o atmosférico, a oscilação sul (OS). Os episódios de EN ocorrem quando há anomalias positivas da temperatura de superfície do mar (TSM), o que gera águas mais quentes que as normais e se estabelecem no oceano Pacífico Tropical Centro-oriental.

Segundo Macedo (2016), o EN estabelece um padrão anômalo na circulação geral da célula de Walker sobre a região Amazônica, que provoca enfraquecimento dos ventos alísios, inibição da convecção tropical, e consequentemente, na formação de nuvens e chuvas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Sítio experimental

O sítio da torre alta da Amazônia (ATTO) está localizado dentro da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã – AM, situado a uma distância, aproximadamente, de 150 km a nordeste de Manaus, georreferenciada pelas coordenadas (2° 08' 38" S /58° 59' 59" W), Figura 6.

A região apresenta três tipos de vegetação: florestas de terra-firme com predominância de floresta ombrófila densa, planícies de inundações com florestas de igapó e manchas de campinaranas com solos oligotróficos (Targhetta, 2012).

O clima da região é Tropical do tipo AmW de acordo com a classificação de Köppen, com temperaturas mais altas observadas no período menos chuvoso, seguindo a climatologia da região de Manaus, com média mensal em setembro de 27,5°C e as mais baixas no período chuvoso, com média de 25,9°C em março. A precipitação local no ATTO segue o ciclo sazonal de Manaus, com

maiores volumes de chuva ocorrendo em Março e os menos em Agosto e Setembro (Andreae et al., 2015). Enquanto precipitação média anual é da ordem de 2.077 mm (Amazonas, SDS, 2009). A circulação atmosférica regional é influenciada sazonalmente pelo deslocamento anual norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (Botía et al., 2020).

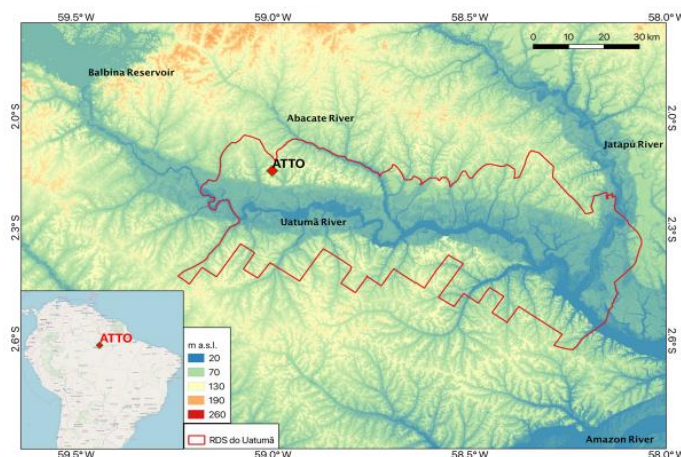


Figura 6. A área em vermelho representa a extensão territorial da Reserva de Sustentável do Uatumã - AM.

Fonte. Botía et al., 2020.

4.2. Conjunto dados e medidas

O conjunto de dados meteorológicos utilizado neste trabalho foi requisitado ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) através de um cadastro no site ([ATTO - Home \(attodata.org\)](http://attodata.org)). Os dados correspondem a medidas de temperatura, umidade, precipitação e das componentes do balanço de radiação. As medidas foram armazenadas em um Datalogger com médias a cada 30 minutos.

Os dados da RFA foram cedidos pela Prof^a. Dr^a. Márcia Yamasoe para a realização de um estudo de casos entre outubro de 2015 e março de 2016, e foram coletados a uma taxa amostral de 10 Hz, armazenados em um Datalogger com médias a cada 60 minutos. As coletas foram feitas por meio de sensores instalados em diferentes níveis na torre “instant”, Tabela 1.

Tabela 1. Instrumentos instalados na torre, de acordo com suas variáveis.

Variáveis	Instrumento	Nível vertical (m)
Temperatura e umidade do ar	Psicrômetro	81
Rn	Saldo radiômetro	81
ROcin, ROCref	Piranômetro	81
ROLatm, ROLter	Pirgeômetros	81
Precipitação	Pluviômetro	81
RFA	Radiômetro	39; 28; 10

4.3. Análise dos dados

A definição dos períodos chuvoso (C) e menos chuvoso (MC) seguiu a distribuição definida por Tanaka et al. (2014) para a região próxima a Manaus, que analisou um período de 2006 a 2011 em duas estações meteorológicas florestais e duas urbanas. Os resultados mostraram um comportamento médio mensal próximo das normais climatológicas de 1961 – 1990 e 1991 – 2010 para Manaus. Diante disso, o período C ficou definido em sete meses (N,D,J,F,M,A,M) e o MC em cinco meses (J,J,A,S,O). A mesma consideração se manteve para o período sob ENOS. Partir daqui, quando se falar em período (C) será o período que compreende os dois últimos meses do ano anterior (novembro e dezembro) mais os próximos cinco meses do ano seguinte (janeiro a maio).

A variabilidade temporal das componentes do Br foram analisadas a partir do ciclo médio diário e das médias integrais dos períodos C e MC. Apesar de termos as medidas diretas do saldo de radiação, preferimos usar os valores obtidos a partir da equação do balanço (1) para evitar o uso de valores com falhas ou discrepantes. O albedo foi analisado a partir da média do seu ciclo diurno entre às 6h e 17h para os períodos C e MC.

$$R_n = (RO_{Cin} - RO_{Cref}) + (RO_{Latm} - RO_{Lter}) \quad (1)$$

A RFA foi analisada a partir das médias do ciclo diurno, das 6h às 18H e a RFAa absorvida pela vegetação foi estimada a partir da equação (2).

$$fRFA = \left(\frac{RFA_{in} - RFA_r - RFA_t}{RFA_{in}} \right) \quad (2)$$

Onde RFA_{in} é a RFA descendente medida no topo do dossel, RFA_r é a RFA refletida, medida no topo do dossel e a RFA_t é a irradiância RFA medida a 10 metros da superfície.

Na Tabela 2 encontra-se a quantidade de dias descartados de cada mês. Dias considerados bons correspondiam até 46 medidas das 48, inferior a isso foi descartado.

Tabela 2. Quantidade de dias descartados por mês de cada ano. Os espaços em branco indicam que não houve nenhum descarte.

	2015	2016	2017
Mês	Dia	Dia	Dia
Jan	1;		4;
Fev		9;	
Mar			1;
Abr			1;
Mai			1;
Jun			
Jul			
Ago	7;	3;	2;
Set	4;	2;	
Out	1;		
Nov	6;	3;	
Dez	1;		

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Microclima

Inicialmente discutiremos os resultados que caracterizou o microclima local no sítio ATTO durante os anos analisados. Na Tabela 3 é apresentado os valores das variáveis por período chuvoso (C) e menos chuvoso (MC). O ano de 2016 teve o menor volume de chuvas quando comparado a 2015, com uma redução de cerca 16%. Enquanto Ataíde et al. (2020) encontrou uma redução de 10% de 2015 em relação a 2016 no sítio de Caxuanã no Pará, já Macedo e Fisch (2017) apontaram 2015 como ano de menor volume de chuvas em relação a 2014 em três sítios próximos a Manaus. Já 2017 apresentou valores mais próximos do esperado para a região, embora ainda abaixo da normal climatológica.

Tabela 3. Valores de precipitação total acumulada, médias de temperatura e umidade relativa do ar agrupados por período chuvoso (C) e menos chuvoso (MC).

Ano	Período	Precipitação (mm)	T (°C)	UR (%)
2015	C	1432,33	25,73	84
	MC	368,68	28,17	72
2016	C	1205,5	26,55	86
	MC	324,29	27,37	78
2017	C	1564,01	25,35	88
	MC	410,28	26,66	80

De acordo com Andreae et al. (2015), o ciclo sazonal no ATTO segue os valores da normal climatológica de 1961 – 1990 da estação do INMET em Manaus, tendo março como mês mais chuvoso (335,4 mm) e agosto menos chuvoso (47,3 mm). No presente estudo, os valores para o mês de março foram superiores a 300 mm (Figura 7), enquanto agosto não superior 40 mm (Figura 8).

Nota-se, que apesar de novembro e dezembro comporem o período C, os valores apresentados para o sítio ATTO diferem das normais climatológicas de 1931 – 1960, 1961 – 1990 e 1991 – 2010 para Manaus, resultados que podem

estar ligados a variabilidade interanual, visto que parte dos dados ocorreu sob um período com episódio de EN.

De acordo com o Oceanic Niño Index (ONI), principal indicador de monitoramento de EN e LN, o trimestre N,D e J de 2014 apresentava anomalias de TSM positivas (0,7 °C) na região do Niño 3,4, indicando a formação de um EN, enquanto o trimestre N, D e J de 2015 apresentou anomalias positivas de 2,6 °C (NOOA, 2023). Como é relatado ao longo do trabalho, esse evento influenciou diretamente nos regimes de chuvas na região, que Marengo (1992), a precipitação tende a diminuir na Amazônia quando há ocorrência de EN's fortes ou muito fortes.

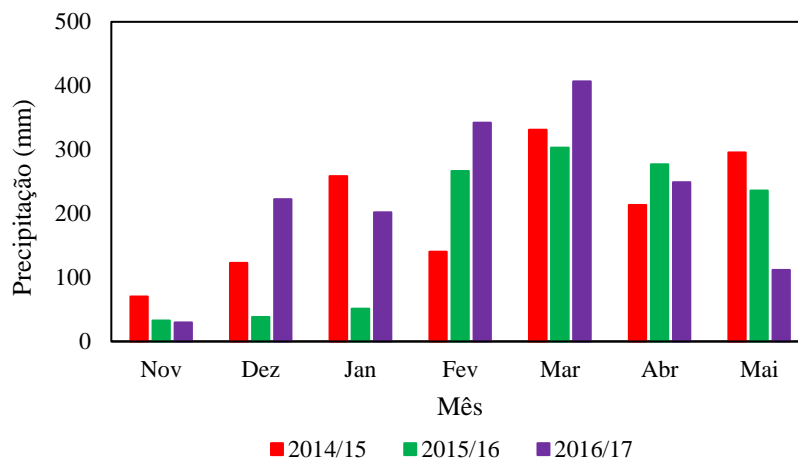


Figura 7. Total pluviométrico durante o período chuvoso.

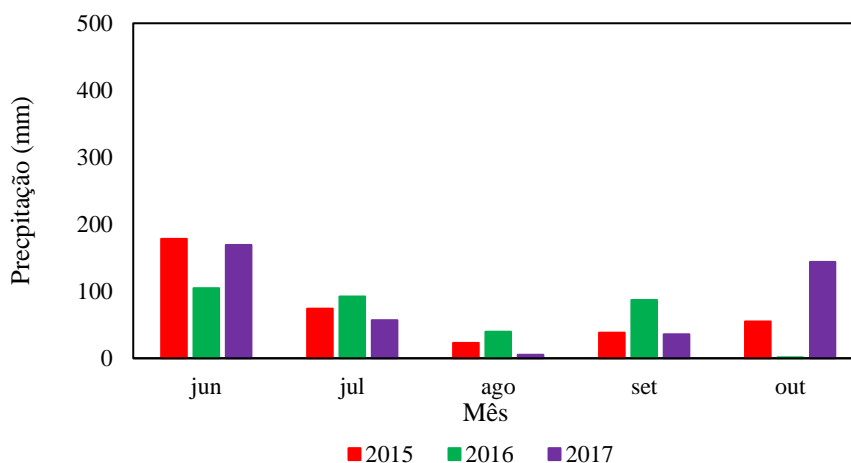


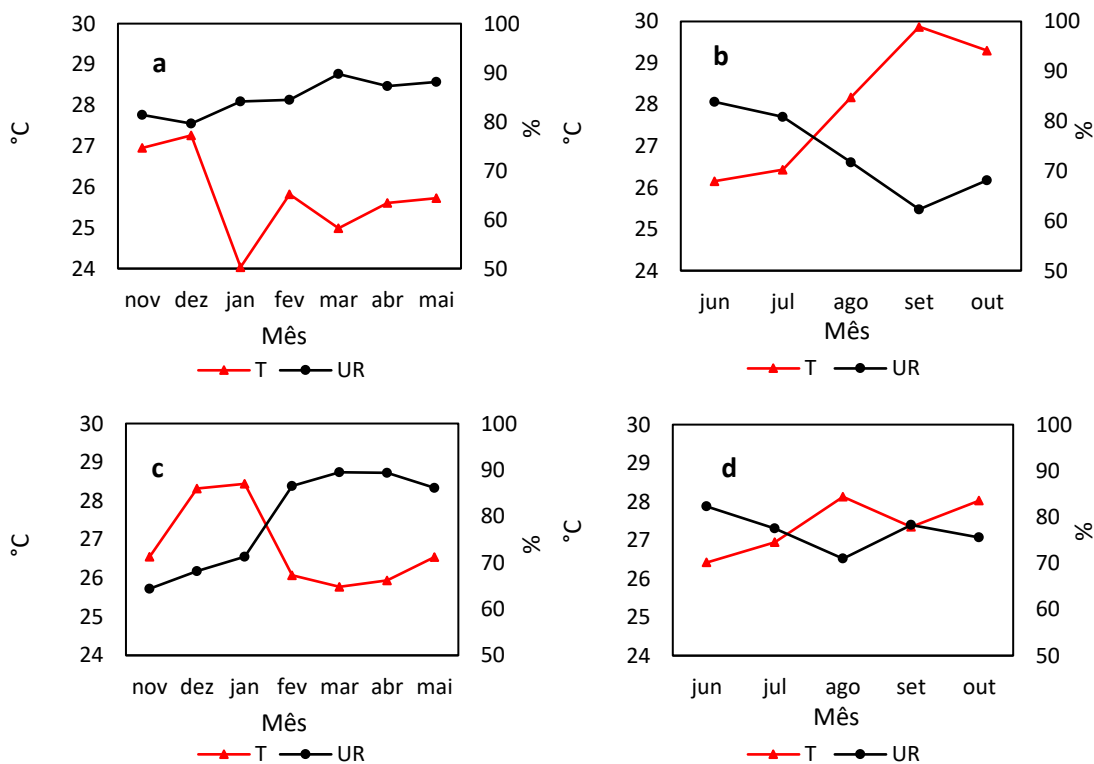
Figura 8. Total pluviométrico durante o período menos chuvoso.

Dando sequência as análises, a Figura 9 mostra a distribuição da média mensal da temperatura do ar (T_{ar}) e da umidade relativa do ar (UR) nos períodos

C e MC. Durante o período C de 2015, Figura 9 (a), a UR variou de 80 a 90%, enquanto a T_{ar} oscilou de 24,99 °C e 27,96 °C. No período MC, Figura 9 (b), observa-se uma diminuição no teor de umidade na atmosfera com variação de 63 a 84%, seguido de um aumento da T_{ar} variando de 26,86 °C a 28,83 °C.

No período C de 2016 Figura 9(c), de novembro a janeiro a UR variou de 64% a 71%, sendo considerados como meses mais secos quando comparado ao mesmo período para 2015, condição que está atrelada a continuidade do evento de EN em 2016 e a T_{ar} teve variação de 25,77 °C a 28,44 °C. No período MC Figura 9(d), a T_{ar} oscilou de 26,42°C a 28,12°C e a UR de 71% a 82%, apontando agosto como o mês mais seco para o período.

A UR apresentou maiores valores no período C de 2017, com variação de 77% a 90% e T_{ar} variando de 26,48 °C a 27,86°C Figura 9(e), quando o ONI já apontava anomalias positivas de TSM de novembro a março. No período MC, Figura 9(f), a umidade relativa teve variação de 74% a 86% e a T_{ar} variou de 25,67°C e 27,36°C, quando de junho a outubro o ONI apontava anomalias positivas da TSM.



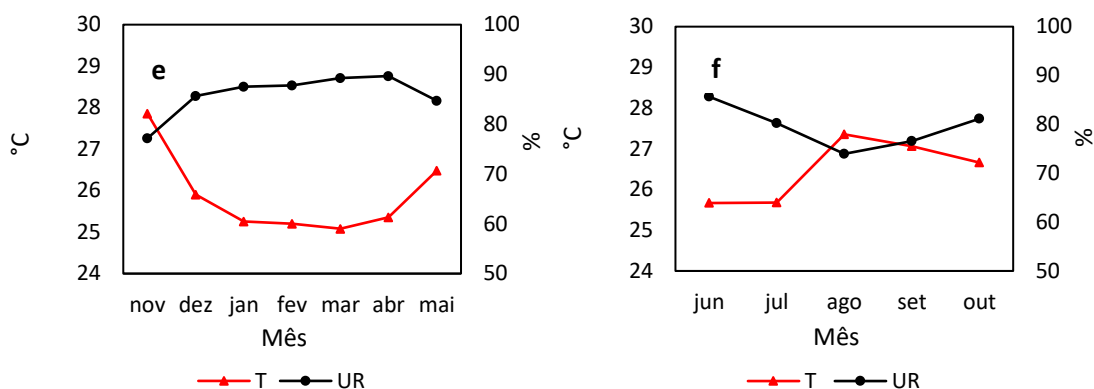


Figura 9. Variação mensal da temperatura (mm) e UR(%). Em A, C e E, período chuvoso de 2015, 16 e 17, respectivamente. Em B, D e F menos chuvoso de 2015, 16 e 17, respectivamente.

Na Figura 10 é mostrado o comportamento do ciclo médio diário da T_{ar} e da UR. Nota-se, que 2015 e 2016 apresentaram médias da T_{ar} ligeiramente maiores entre às 10 HL e 21 HL, com variações de 27 °C a 29 °C, enquanto 2017 foi de 26 °C a 28 °C. O ar foi mais seco ao longo dos dias de 2015 seguido de 2016, culminado com a T_{ar} elevada a capacidade de reter vapor d'água é maior, ao contrário do que pode ser observado no período noturno, quando a T_{ar} é menor e há maior concentração de umidade na atmosfera. Por isso essas variáveis apresentam um comportamento inversamente proporcional.

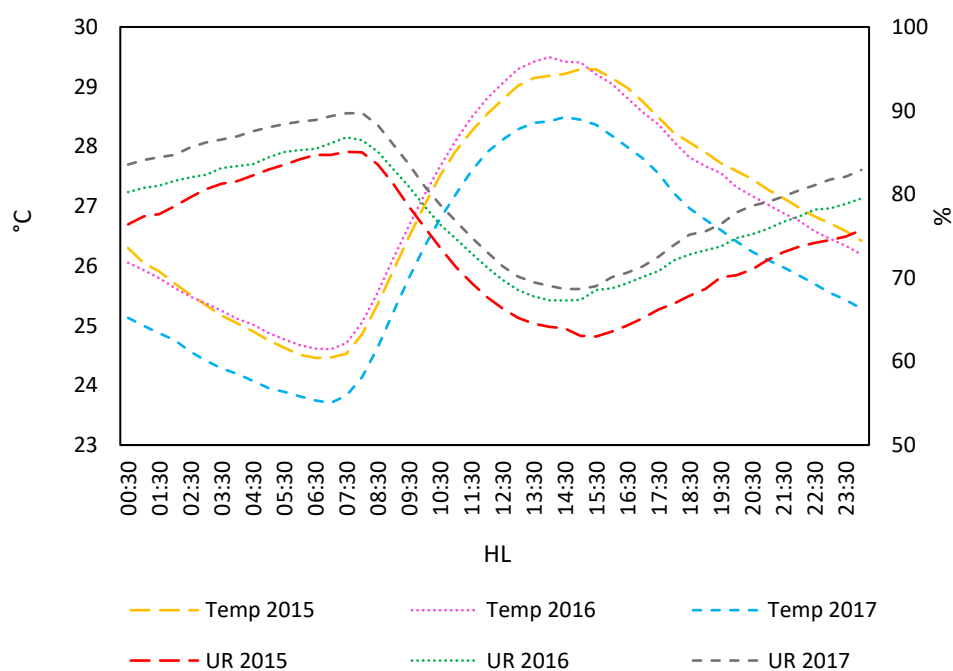


Figura 10. Variabilidade do ciclo médio diário anual da temperatura e umidade relativa do ar.

5.2. Balanço de radiação

Conforme a normal climatológica de 1961 – 1991 da estação do INMET em Manaus, o mês com maior volume de chuva é março e o menor é agosto. Diante dessas informações, foram selecionado dois meses de cada ano para referenciar o período C (março) e MC (agosto). Os demais meses de cada ano podem ser consultados no Apêndice A junto com as médias mensais das componentes. As Figuras 11 (A), (C) e (E) mostram o ciclo médio diário das componentes do Br para o mês de março, na qual os valores médios de RO_{Cin} próximo ao meio-dia foram da ordem de 600 Wm^{-2} . RO_{Cref} foi ligeiramente maior que 60 Wm^{-2} , enquanto R_n teve valores próximo a 500 Wm^{-2} . Já a RO_{Latm} apresentou pouca variabilidade em ambos os períodos, assumindo valores próximos a 435 Wm^{-2} , enquanto a RO_{Lter} teve valores próximos a 465 Wm^{-2} no período.

As Figuras 11 (A), (B) e (C) mostram os ciclos médios diários para os meses de agosto, nos quais RO_{Cin} teve valores médios próximos a 900 Wm^{-2} e os valores de RO_{Cref} foram em torno de 90 Wm^{-2} . Já R_n teve valores médios entre 650 Wm^{-2} e 700 Wm^{-2} . Enquanto a RO_{Lter} alcançou valores próximos a 490 Wm^{-2} .

Também próximo ao meio-dia é observado que as curvas de RO_{Cin} e R_n sofrem uma pequena variabilidade, que segundo Filho (2002) pode ser associada a maior cobertura de nuvens no período C e formação de nuvens convectivas no MC. Esses resultados correspondem àqueles encontrados por Aguiar (2007) em um sítio florestal em Rondônia, com RO_{Cin} tendo valores próximos a 800 Wm^{-2} no período MC e inferior a 700 Wm^{-2} no C. Nas tabelas 4 e 5 é mostrado os valores da média e o desvio padrão para março e agosto de 2015, respectivamente. Nas tabelas 6 e 7 para 2016, março e agosto, respectivamente. E nas tabelas 8 e 9 para 2017, março e agosto, respectivamente.

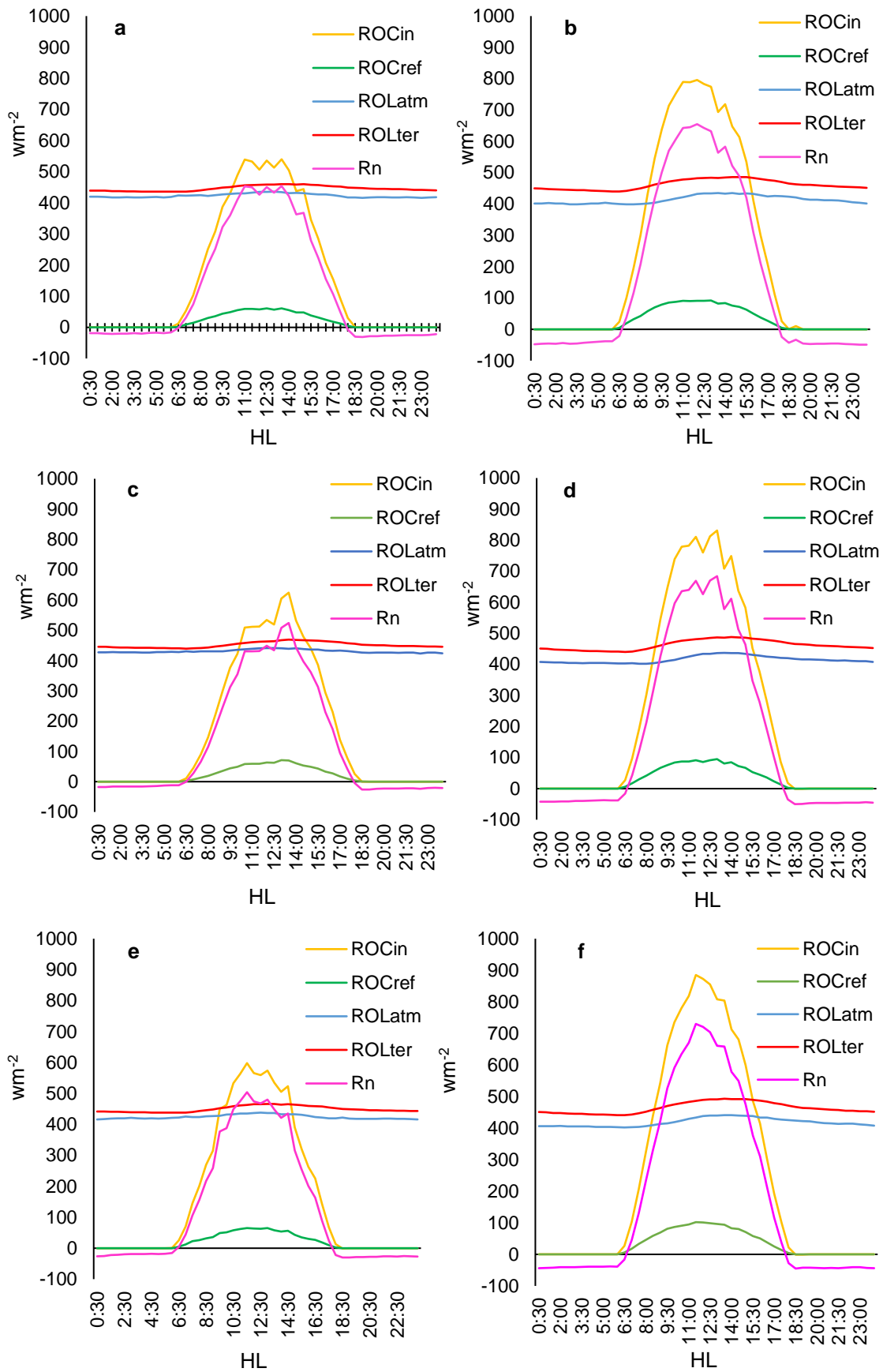


Figura 11. A (março) e B (março) de 2015; C (março) e D (agosto) de 2016; E (março) e F (agosto) de 2017.

Tabela 4. Média e desvio padrão das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março de 2015.

Hora	ROcin	ROcref	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	439 ± 5	439 ± 5	-19 ± 11
1:00	0 ± 0	0 ± 0	439 ± 5	439 ± 5	-19 ± 11
1:30	0 ± 0	0 ± 0	439 ± 4	439 ± 4	-20 ± 12
2:00	0 ± 0	0 ± 0	438 ± 4	438 ± 4	-21 ± 13
2:30	0 ± 0	0 ± 0	438 ± 4	438 ± 4	-20 ± 13
3:00	0 ± 0	0 ± 0	437 ± 4	437 ± 4	-20 ± 13
3:30	0 ± 0	0 ± 0	437 ± 4	437 ± 4	-19 ± 12
4:00	0 ± 0	0 ± 0	436 ± 4	436 ± 4	-20 ± 12
4:30	0 ± 0	0 ± 0	436 ± 4	436 ± 4	-18 ± 11
5:00	0 ± 0	0 ± 0	436 ± 4	436 ± 4	-17 ± 10
5:30	0 ± 0	0 ± 0	436 ± 4	436 ± 4	-19 ± 11
6:00	0 ± 0	0 ± 0	436 ± 4	436 ± 4	-16 ± 10
6:30	12 ± 8	2 ± 2	436 ± 4	436 ± 4	-2 ± 9
7:00	53 ± 35	9 ± 7	436 ± 5	436 ± 5	31 ± 24
7:30	103 ± 61	15 ± 12	438 ± 6	438 ± 6	74 ± 42
8:00	176 ± 98	22 ± 14	440 ± 6	440 ± 6	139 ± 76
8:30	251 ± 143	30 ± 18	443 ± 8	443 ± 8	201 ± 112
9:00	308 ± 171	36 ± 20	446 ± 9	446 ± 9	252 ± 138
9:30	387 ± 206	44 ± 23	449 ± 11	449 ± 11	322 ± 170
10:00	430 ± 189	49 ± 21	451 ± 12	451 ± 12	360 ± 157
10:30	489 ± 249	55 ± 28	454 ± 13	454 ± 13	410 ± 209
11:00	539 ± 285	59 ± 29	456 ± 14	456 ± 14	453 ± 240
11:30	533 ± 284	59 ± 29	457 ± 14	457 ± 14	450 ± 243
12:00	507 ± 231	58 ± 26	458 ± 14	458 ± 14	426 ± 196
12:30	536 ± 268	61 ± 30	459 ± 14	459 ± 14	451 ± 228
13:00	513 ± 227	57 ± 24	459 ± 13	459 ± 13	433 ± 195
13:30	540 ± 274	61 ± 29	460 ± 14	460 ± 14	454 ± 235
14:00	504 ± 287	55 ± 29	460 ± 15	460 ± 15	421 ± 246
14:30	438 ± 191	48 ± 20	459 ± 14	459 ± 14	363 ± 163
15:00	444 ± 236	48 ± 24	460 ± 15	460 ± 15	368 ± 201
15:30	346 ± 184	38 ± 19	458 ± 14	458 ± 14	279 ± 154
16:00	285 ± 166	32 ± 18	457 ± 13	457 ± 13	223 ± 139
16:30	207 ± 122	24 ± 13	455 ± 13	455 ± 13	155 ± 99
17:00	154 ± 89	18 ± 11	453 ± 11	453 ± 11	106 ± 68
17:30	91 ± 47	12 ± 7	452 ± 10	452 ± 10	48 ± 34
18:00	30 ± 17	5 ± 3	449 ± 9	449 ± 9	-7 ± 13
18:30	1 ± 1	0 ± 0	448 ± 8	448 ± 8	-30 ± 10
19:00	0 ± 0	0 ± 0	447 ± 8	447 ± 8	-31 ± 10
19:30	0 ± 0	0 ± 0	446 ± 7	446 ± 7	-28 ± 12
20:00	0 ± 0	0 ± 0	445 ± 7	445 ± 7	-28 ± 13
20:30	0 ± 0	0 ± 0	445 ± 7	445 ± 7	-27 ± 12
21:00	0 ± 0	0 ± 0	444 ± 7	444 ± 7	-27 ± 12
21:30	0 ± 0	0 ± 0	444 ± 7	444 ± 7	-26 ± 13
22:00	0 ± 0	0 ± 0	443 ± 7	443 ± 7	-25 ± 13

Continua

22:30	0 ± 0	0 ± 0	442 ± 7	442 ± 7	-25 ± 13
23:00	0 ± 0	0 ± 0	442 ± 6	442 ± 6	-25 ± 12
23:30	0 ± 0	0 ± 0	441 ± 6	441 ± 6	-24 ± 12
0:00	0 ± 0	0 ± 0	440 ± 5	440 ± 5	-22 ± 11

Conclusão

Tabela 5. Média e desvio padrão das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto de 2015.

Hora	ROCin	ROCref	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 8	450 ± 5	-48 ± 9
1:00	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 11	449 ± 5	-46 ± 11
1:30	0 ± 0	0 ± 0	403 ± 12	448 ± 5	-45 ± 12
2:00	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 12	447 ± 5	-46 ± 12
2:30	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 12	446 ± 4	-44 ± 12
3:00	0 ± 0	0 ± 0	399 ± 10	445 ± 4	-46 ± 10
3:30	0 ± 0	0 ± 0	399 ± 10	444 ± 4	-45 ± 9
4:00	0 ± 0	0 ± 0	400 ± 12	444 ± 4	-43 ± 12
4:30	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 13	443 ± 4	-41 ± 12
5:00	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 13	442 ± 4	-40 ± 12
5:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 16	441 ± 4	-38 ± 14
6:00	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 14	440 ± 4	-38 ± 12
6:30	24 ± 6	5 ± 2	400 ± 13	440 ± 4	-21 ± 10
7:00	100 ± 16	19 ± 5	399 ± 13	442 ± 3	38 ± 8
7:30	194 ± 36	32 ± 7	399 ± 13	446 ± 3	115 ± 20
8:00	301 ± 59	43 ± 10	400 ± 12	450 ± 3	208 ± 39
8:30	432 ± 56	58 ± 8	402 ± 12	456 ± 4	319 ± 38
9:00	546 ± 60	70 ± 8	404 ± 10	462 ± 4	418 ± 45
9:30	638 ± 87	79 ± 10	409 ± 11	467 ± 4	501 ± 66
10:00	714 ± 111	85 ± 13	413 ± 11	472 ± 4	570 ± 89
10:30	753 ± 190	88 ± 21	418 ± 11	475 ± 7	607 ± 156
11:00	790 ± 207	91 ± 23	422 ± 10	478 ± 10	643 ± 171
11:30	789 ± 253	90 ± 28	427 ± 10	480 ± 12	645 ± 212
12:00	796 ± 210	91 ± 23	432 ± 10	482 ± 13	655 ± 176
12:30	783 ± 218	91 ± 24	434 ± 11	483 ± 13	643 ± 184
13:00	774 ± 199	92 ± 23	434 ± 10	484 ± 12	632 ± 166
13:30	694 ± 214	82 ± 23	435 ± 9	483 ± 13	564 ± 177
14:00	719 ± 174	84 ± 19	433 ± 9	485 ± 12	583 ± 146
14:30	648 ± 169	76 ± 19	435 ± 8	486 ± 11	522 ± 137
15:00	614 ± 128	72 ± 14	432 ± 6	486 ± 11	489 ± 106
15:30	535 ± 116	63 ± 14	434 ± 8	486 ± 10	420 ± 95
16:00	410 ± 110	50 ± 13	432 ± 9	483 ± 13	308 ± 85
16:30	301 ± 81	38 ± 10	428 ± 9	480 ± 12	211 ± 62
17:00	209 ± 60	27 ± 8	424 ± 7	477 ± 12	128 ± 48
17:30	111 ± 36	16 ± 5	426 ± 10	474 ± 11	47 ± 26
18:00	26 ± 10	5 ± 2	425 ± 11	470 ± 10	-24 ± 15
18:30	1 ± 1	1 ± 1	423 ± 10	465 ± 11	-43 ± 15

Continua					
19:00	10 ± 48	1 ± 6	421 ± 13	463 ± 10	-33 ± 44
19:30	0 ± 0	0 ± 0	416 ± 10	461 ± 10	-45 ± 13
20:00	0 ± 0	0 ± 0	414 ± 9	461 ± 10	-47 ± 10
20:30	0 ± 0	0 ± 0	414 ± 11	460 ± 8	-46 ± 11
21:00	0 ± 0	0 ± 0	412 ± 9	458 ± 7	-46 ± 11
21:30	0 ± 0	0 ± 0	412 ± 9	457 ± 6	-45 ± 11
22:00	0 ± 0	0 ± 0	411 ± 10	456 ± 6	-45 ± 12
22:30	0 ± 0	0 ± 0	409 ± 9	455 ± 5	-47 ± 11
23:00	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 9	454 ± 5	-48 ± 10
23:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 7	453 ± 6	-49 ± 7
0:00	0 ± 0	0 ± 0	402 ± 7	452 ± 6	-49 ± 7
Conclusão					

Tabela 6. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março de 2016.

Hora	ROCin	ROCref	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	427 ± 427	445 ± 5	-18 ± 9
1:00	0 ± 0	0 ± 0	427 ± 427	445 ± 5	-18 ± 10
1:30	0 ± 0	0 ± 0	428 ± 428	444 ± 5	-16 ± 11
2:00	0 ± 0	0 ± 0	427 ± 427	443 ± 5	-16 ± 11
2:30	0 ± 0	0 ± 0	427 ± 427	443 ± 5	-16 ± 11
3:00	0 ± 0	0 ± 0	427 ± 427	442 ± 4	-16 ± 11
3:30	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	442 ± 4	-16 ± 11
4:00	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	442 ± 4	-15 ± 10
4:30	0 ± 0	0 ± 0	428 ± 428	441 ± 4	-14 ± 9
5:00	0 ± 0	0 ± 0	428 ± 428	441 ± 3	-13 ± 9
5:30	0 ± 0	0 ± 0	429 ± 429	440 ± 3	-12 ± 8
6:00	0 ± 0	0 ± 0	428 ± 428	440 ± 3	-12 ± 10
6:30	11 ± 9	2 ± 2	430 ± 430	439 ± 3	0 ± 8
7:00	46 ± 33	7 ± 7	429 ± 429	440 ± 3	28 ± 21
7:30	90 ± 57	13 ± 11	430 ± 430	441 ± 3	66 ± 43
8:00	147 ± 88	19 ± 13	430 ± 430	443 ± 4	115 ± 67
8:30	222 ± 129	27 ± 17	430 ± 430	446 ± 5	179 ± 102
9:00	301 ± 153	36 ± 19	430 ± 430	449 ± 7	247 ± 122
9:30	376 ± 184	44 ± 22	433 ± 433	452 ± 9	312 ± 151
10:00	422 ± 220	49 ± 25	435 ± 435	455 ± 10	354 ± 184
10:30	509 ± 234	58 ± 26	437 ± 437	458 ± 11	430 ± 198
11:00	511 ± 223	59 ± 25	439 ± 439	460 ± 11	430 ± 188
11:30	512 ± 231	59 ± 26	440 ± 440	462 ± 12	431 ± 195
12:00	534 ± 243	63 ± 27	441 ± 441	463 ± 12	449 ± 206
12:30	519 ± 190	62 ± 23	441 ± 441	464 ± 12	434 ± 161
13:00	605 ± 275	71 ± 31	440 ± 440	467 ± 14	508 ± 232
13:30	624 ± 297	70 ± 31	439 ± 439	469 ± 15	524 ± 253

Continua					
14:00	532 ± 245	61 ± 28	440 ± 440	468 ± 14	443 ± 206
14:30	479 ± 266	53 ± 28	438 ± 438	467 ± 15	397 ± 224
15:00	441 ± 238	49 ± 25	436 ± 436	466 ± 15	362 ± 201
15:30	385 ± 238	43 ± 25	436 ± 436	465 ± 16	313 ± 199
16:00	294 ± 165	33 ± 17	433 ± 433	464 ± 14	230 ± 136
16:30	230 ± 141	27 ± 15	432 ± 432	462 ± 14	173 ± 115
17:00	138 ± 85	17 ± 10	433 ± 433	460 ± 13	95 ± 69
17:30	78 ± 49	10 ± 6	431 ± 431	457 ± 11	42 ± 34
18:00	26 ± 14	4 ± 2	429 ± 429	455 ± 10	-4 ± 11
18:30	0 ± 1	1 ± 1	426 ± 426	452 ± 9	-26 ± 13
19:00	0 ± 0	0 ± 0	425 ± 425	451 ± 9	-26 ± 13
19:30	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	450 ± 9	-24 ± 11
20:00	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	450 ± 8	-23 ± 11
20:30	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	449 ± 8	-23 ± 12
21:00	0 ± 0	0 ± 0	425 ± 425	448 ± 8	-23 ± 12
21:30	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	448 ± 7	-22 ± 11
22:00	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	448 ± 7	-22 ± 10
22:30	0 ± 0	0 ± 0	423 ± 423	447 ± 6	-24 ± 11
23:00	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	446 ± 6	-21 ± 11
23:30	0 ± 0	0 ± 0	426 ± 426	446 ± 6	-20 ± 11
0:00	0 ± 0	0 ± 0	424 ± 424	445 ± 5	-21 ± 10

Conclusão

Tabela 7. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto de 2016.

Hora	ROCin	ROCref	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	408 ± 10	451 ± 10	-42 ± 14
1:00	0 ± 0	0 ± 0	407 ± 9	450 ± 9	-42 ± 13
1:30	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 9	448 ± 9	-42 ± 13
2:00	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 10	447 ± 9	-41 ± 14
2:30	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 10	446 ± 8	-41 ± 13
3:00	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 10	445 ± 7	-40 ± 12
3:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 9	444 ± 7	-40 ± 12
4:00	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 10	443 ± 7	-39 ± 12
4:30	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 11	443 ± 7	-38 ± 13
5:00	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 11	442 ± 7	-37 ± 13
5:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 10	441 ± 7	-38 ± 12
6:00	0 ± 1	0 ± 0	403 ± 10	441 ± 6	-38 ± 12
6:30	27 ± 13	6 ± 3	403 ± 12	440 ± 7	-16 ± 11
7:00	98 ± 40	17 ± 8	404 ± 11	441 ± 7	43 ± 23
7:30	195 ± 61	30 ± 10	402 ± 10	445 ± 8	123 ± 40
8:00	302 ± 88	42 ± 12	402 ± 8	449 ± 9	213 ± 63
8:30	425 ± 89	55 ± 11	404 ± 7	455 ± 9	319 ± 67

Continua					
9:00	547 ± 83	67 ± 10	407 ± 7	461 ± 9	427 ± 64
9:30	649 ± 116	76 ± 13	411 ± 8	467 ± 9	517 ± 93
10:00	739 ± 133	84 ± 15	414 ± 6	472 ± 10	597 ± 107
10:30	779 ± 169	87 ± 18	420 ± 7	476 ± 11	636 ± 138
11:00	782 ± 165	87 ± 18	425 ± 8	479 ± 11	640 ± 136
11:30	811 ± 187	91 ± 18	430 ± 10	481 ± 11	669 ± 157
12:00	760 ± 160	86 ± 16	434 ± 9	483 ± 10	626 ± 134
12:30	812 ± 160	91 ± 16	434 ± 8	485 ± 11	670 ± 132
13:00	831 ± 213	95 ± 23	436 ± 9	487 ± 11	684 ± 178
13:30	708 ± 201	81 ± 22	437 ± 9	486 ± 11	578 ± 168
14:00	749 ± 180	85 ± 20	436 ± 10	488 ± 10	611 ± 152
14:30	637 ± 159	73 ± 17	436 ± 7	487 ± 12	513 ± 132
15:00	583 ± 152	67 ± 17	434 ± 9	486 ± 15	464 ± 125
15:30	453 ± 161	53 ± 19	431 ± 9	483 ± 16	348 ± 129
16:00	377 ± 137	45 ± 16	428 ± 9	481 ± 18	279 ± 107
16:30	283 ± 110	36 ± 14	425 ± 9	479 ± 17	193 ± 84
17:00	183 ± 72	24 ± 10	423 ± 8	476 ± 16	105 ± 53
17:30	86 ± 39	13 ± 6	421 ± 9	473 ± 14	21 ± 25
18:00	18 ± 9	3 ± 2	420 ± 10	469 ± 13	-35 ± 12
18:30	-1 ± 1	0 ± 0	418 ± 11	466 ± 13	-50 ± 13
19:00	-1 ± 0	0 ± 0	416 ± 11	465 ± 13	-49 ± 11
19:30	0 ± 0	0 ± 0	416 ± 12	463 ± 12	-47 ± 13
20:00	0 ± 0	0 ± 0	415 ± 11	461 ± 12	-46 ± 14
20:30	0 ± 0	0 ± 0	414 ± 11	460 ± 12	-46 ± 12
21:00	0 ± 0	0 ± 0	413 ± 12	459 ± 12	-46 ± 12
21:30	0 ± 0	0 ± 0	412 ± 10	458 ± 11	-46 ± 12
22:00	0 ± 0	0 ± 0	413 ± 12	457 ± 10	-45 ± 13
22:30	0 ± 0	0 ± 0	411 ± 11	456 ± 10	-45 ± 14
23:00	0 ± 0	0 ± 0	410 ± 10	455 ± 9	-45 ± 13
23:30	0 ± 0	0 ± 0	410 ± 9	454 ± 9	-44 ± 12
0:00	0 ± 0	0 ± 0	408 ± 9	453 ± 9	-45 ± 12

Conclusão

Tabela 8. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de março de 2017.

Hora	ROCin	ROCreff	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 9	439 ± 5	-20 ± 12
1:00	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 10	439 ± 5	-19 ± 11
1:30	0 ± 0	0 ± 0	418 ± 12	439 ± 5	-20 ± 13
2:00	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 11	438 ± 5	-18 ± 12
2:30	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 11	438 ± 4	-17 ± 12
3:00	0 ± 0	0 ± 0	422 ± 12	437 ± 4	-15 ± 12
3:30	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 12	437 ± 4	-16 ± 12
4:00	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 12	437 ± 4	-18 ± 13
4:30	0 ± 0	0 ± 0	417 ± 14	436 ± 4	-19 ± 15

					Continua
5:00	0 ± 0	0 ± 0	416 ± 14	436 ± 3	-20 ± 13
5:30	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 12	436 ± 3	-17 ± 12
6:00	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 13	436 ± 3	-16 ± 13
6:30	15 ± 9	4 ± 4	418 ± 13	436 ± 3	-6 ± 9
7:00	63 ± 42	11 ± 10	418 ± 13	436 ± 3	33 ± 23
7:30	118 ± 81	17 ± 14	419 ± 14	438 ± 4	82 ± 56
8:00	191 ± 120	24 ± 16	419 ± 12	441 ± 5	145 ± 88
8:30	252 ± 154	30 ± 19	420 ± 11	443 ± 7	199 ± 120
9:00	335 ± 199	39 ± 23	420 ± 9	447 ± 9	270 ± 161
9:30	400 ± 234	45 ± 26	424 ± 9	450 ± 11	328 ± 191
10:00	504 ± 273	56 ± 30	426 ± 6	454 ± 13	421 ± 228
10:30	518 ± 272	57 ± 29	429 ± 8	456 ± 13	434 ± 228
11:00	575 ± 276	65 ± 30	432 ± 6	459 ± 14	483 ± 233
11:30	559 ± 263	65 ± 31	433 ± 7	461 ± 14	466 ± 223
12:00	564 ± 288	64 ± 31	434 ± 7	463 ± 15	471 ± 245
12:30	601 ± 264	70 ± 31	435 ± 7	464 ± 15	501 ± 223
13:00	599 ± 277	68 ± 30	435 ± 7	466 ± 15	501 ± 236
13:30	549 ± 299	61 ± 31	434 ± 9	464 ± 16	458 ± 253
14:00	544 ± 327	59 ± 34	433 ± 7	463 ± 17	454 ± 278
14:30	522 ± 309	56 ± 31	432 ± 7	464 ± 17	435 ± 263
15:00	454 ± 271	49 ± 27	431 ± 7	464 ± 17	372 ± 229
15:30	403 ± 234	44 ± 24	432 ± 8	464 ± 17	327 ± 195
16:00	292 ± 178	33 ± 18	431 ± 8	461 ± 16	229 ± 147
16:30	222 ± 139	26 ± 16	427 ± 10	457 ± 14	166 ± 111
17:00	153 ± 94	19 ± 11	425 ± 11	455 ± 14	105 ± 72
17:30	68 ± 35	9 ± 5	424 ± 13	452 ± 11	31 ± 21
18:00	21 ± 12	4 ± 2	422 ± 12	449 ± 10	-10 ± 10
18:30	0 ± 1	1 ± 1	420 ± 11	447 ± 9	-28 ± 14
19:00	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 11	447 ± 8	-28 ± 13
19:30	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 11	446 ± 8	-26 ± 12
20:00	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 11	445 ± 7	-24 ± 12
20:30	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 11	445 ± 6	-24 ± 12
21:00	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 11	444 ± 6	-25 ± 12
21:30	0 ± 0	0 ± 0	419 ± 10	443 ± 6	-25 ± 11
22:00	0 ± 0	0 ± 0	420 ± 11	443 ± 6	-23 ± 11
22:30	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 11	442 ± 5	-21 ± 12
23:00	0 ± 0	0 ± 0	422 ± 10	441 ± 6	-20 ± 11
23:30	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 10	441 ± 5	-20 ± 12
0:00	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 10	440 ± 5	-20 ± 12

Conclusão

Tabela 9. Média e desvio das componentes do Br no ciclo diário para o mês de agosto de 2017.

Hora	ROcin	ROcref	ROLatm	ROLter	Rn
0:30	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 8	451 ± 8	-44 ± 8
1:00	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 8	450 ± 8	-43 ± 10
1:30	0 ± 0	0 ± 0	406 ± 10	448 ± 8	-42 ± 11
2:00	0 ± 0	0 ± 0	407 ± 10	448 ± 7	-41 ± 11
2:30	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 8	446 ± 7	-41 ± 10
3:00	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 7	445 ± 6	-41 ± 10
3:30	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 9	445 ± 6	-40 ± 11
4:00	0 ± 0	0 ± 0	405 ± 9	444 ± 5	-39 ± 11
4:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 9	443 ± 5	-39 ± 10
5:00	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 9	443 ± 5	-39 ± 10
5:30	0 ± 0	0 ± 0	404 ± 9	442 ± 4	-38 ± 10
6:00	0 ± 1	0 ± 0	403 ± 7	441 ± 4	-39 ± 8
6:30	27 ± 8	6 ± 2	402 ± 8	441 ± 5	-17 ± 8
7:00	103 ± 26	18 ± 6	403 ± 8	443 ± 5	45 ± 15
7:30	207 ± 44	33 ± 8	404 ± 9	447 ± 5	131 ± 27
8:00	324 ± 69	46 ± 10	406 ± 11	452 ± 6	232 ± 46
8:30	439 ± 88	59 ± 11	409 ± 9	458 ± 7	330 ± 64
9:00	543 ± 121	69 ± 15	413 ± 9	464 ± 8	422 ± 95
9:30	662 ± 90	81 ± 10	415 ± 7	470 ± 8	526 ± 69
10:00	735 ± 120	87 ± 14	419 ± 5	475 ± 8	591 ± 99
10:30	780 ± 157	91 ± 18	424 ± 6	479 ± 8	634 ± 129
11:00	818 ± 161	95 ± 18	429 ± 6	483 ± 9	670 ± 134
11:30	885 ± 121	102 ± 13	433 ± 7	486 ± 9	730 ± 102
12:00	873 ± 115	101 ± 12	438 ± 7	489 ± 7	721 ± 98
12:30	855 ± 143	99 ± 15	440 ± 6	491 ± 7	704 ± 121
13:00	808 ± 144	96 ± 16	440 ± 4	491 ± 10	661 ± 122
13:30	804 ± 164	94 ± 19	441 ± 7	493 ± 8	658 ± 141
14:00	713 ± 186	83 ± 21	441 ± 5	492 ± 11	578 ± 154
14:30	681 ± 159	80 ± 18	440 ± 6	492 ± 13	549 ± 130
15:00	599 ± 172	71 ± 20	439 ± 9	492 ± 13	475 ± 142
15:30	485 ± 169	58 ± 19	438 ± 10	489 ± 14	376 ± 138
16:00	415 ± 141	51 ± 17	433 ± 6	487 ± 15	311 ± 114
16:30	301 ± 121	38 ± 15	433 ± 9	484 ± 16	212 ± 94
17:00	192 ± 93	25 ± 12	429 ± 9	479 ± 18	116 ± 71
17:30	101 ± 43	14 ± 6	427 ± 9	476 ± 16	37 ± 27
18:00	22 ± 13	4 ± 3	425 ± 12	471 ± 15	-28 ± 13
18:30	-1 ± 1	0 ± 0	424 ± 11	467 ± 15	-45 ± 12
19:00	-1 ± 0	0 ± 0	422 ± 11	464 ± 15	-42 ± 13
19:30	0 ± 0	0 ± 0	421 ± 11	463 ± 14	-42 ± 12
20:00	0 ± 0	0 ± 0	418 ± 11	461 ± 13	-43 ± 12
20:30	0 ± 0	0 ± 0	416 ± 10	460 ± 12	-44 ± 11
21:00	0 ± 0	0 ± 0	415 ± 9	458 ± 11	-43 ± 9
21:30	0 ± 0	0 ± 0	413 ± 7	457 ± 11	-44 ± 8

Continua

22:00	0 ± 0	0 ± 0	414 ± 9	455 ± 10	-42 ± 11
22:30	0 ± 0	0 ± 0	414 ± 8	455 ± 9	-41 ± 11
23:00	0 ± 0	0 ± 0	412 ± 8	453 ± 9	-41 ± 9
23:30	0 ± 0	0 ± 0	410 ± 7	453 ± 9	-43 ± 8
0:00	0 ± 0	0 ± 0	408 ± 7	452 ± 8	-44 ± 7
Conclusão					

5.3. Análise sazonal da média integral

ROC_{in} teve um aumento de cerca de 11% do período C para o MC em 2015, enquanto para 2016 foi de 12% e para 2017 foi de 18%. Os valores de 2015 e 2016 indicam que o evento EN influenciou na cobertura de nuvens contribuindo para uma maior incidência de irradiância solar. Em 2017 é mais expressivo, pois há uma maior cobertura de nuvens influenciando na incidência de irradiância solar e no período MC a redução da nebulosidade eleva a incidência de ROC_{in}.

ROC_{ref} aumentou em 23% do período C para o MC em 2015, em 2016 foi de 10% e em 2017 em 21%. A metade do valor observado no ano de 2016 comparado a 2015 pode estar associado a baixa nebulosidade no período C. Os valores da RO_{Latm} e RO_{Lter} foram levemente sutis, enquanto R_n tem um ligeiro aumento no período MC. Todos os valores são similares a diversos estudos já realizados na região Amazônica como é mostrado na tabela 10.

É importante ressaltar que para o período do presente estudo foram encontrados dois trabalhos realizados na região Amazônica, o de Macedo (2016) e o de Ataíde et al. (2020). O primeiro fez parte do Projeto GoAmazon realizado na região de Manacapuru – AM, do qual a autora fez uma análise da irradiância solar incidente e da variabilidade da cobertura de nuvens durante os anos 2014 e 2015. Em 2015 a cobertura de nuvens foi de 20-25% no período MC e de 35-40% no C. Esses dados são importantes para análise da variabilidade da irradiância solar, que embora não tenham sido abordados no presente estudo, é possível que a região no ATTO estivesse sob condições semelhantes.

Já no trabalho de Ataíde et al. (2020) a abordagem foi mais robusta, os autores analisaram os impactos do EN 2015/2016 sob o funcionamento energético da floresta e chegaram a conclusão que mesmo diante de um evento extremo a floresta foi capaz de manter seu funcionamento regular, usando maior parte da energia do balanço energético para os fluxos de calor latente.

Tabela 10. Comparação dos valores médios integrais ($MJm^{-2}.dia^{-1}$) diferentes sítios pela Amazônia.

Estudos	Período	ROCin	ROCreff	ROLatm	ROLter	Rn	Sítio
Culf et al. (1996)	C	14,6	1,6				Ducke – AM
	MC	17,5	2,2				
Filho (2002)	C	14,8	1,3	36	37,4	12,2	Caxiuanã – PA
	MC	19,3	2,2	34,5	37,3	14,3	
Von Randow et al. (2004)	MC	17,8	2,25	35,51	38,7	12,37	Jaru – RO
Aguiar (2007)	C	15,92	1,77	37,05	37,61	15,58	Jaru – RO
	MC	19,05	2,31	33,09	39,06		
Andrade et al. (2009)	C	15,72				9,67	Jaru - RO
	MC	18,23				11,57	
Da Silva et al. (2009)	MC	20,3	2,25	33	36,5	14,4	Jaru – RO
Talacuece et al. (2013)	C	16,46	1,95	35,06	37,91	9,52	Jaru – RO
	MC	20,15	2,58	31,95	38,2	11,57	
Macedo e Fisch (2018)	C	15					Manacapuru – AM
	MC	20					
Pressente Estudo							
2015	C	15,77	1,85	36,38	38,93	11,37	ATTO – AM
	MC	19,97	2,42	35,85	39,54	13,83	
2016	C	16,99	2,04	36,95	39,66	12,24	ATTO – AM
	MC	19,36	2,27	36,08	39,55	13,62	
2017	C	15,98	1,86	36,51	38,02	11,61	ATTO – AM
	MC	19,63	2,37	36,16	39,68	13,74	

5.4. Albedo

A Figura 12 mostra a variabilidade diurna do albedo no período chuvoso e na Figura 13 no menos chuvoso. Nota-se que a variação do ciclo diurno é mínima, a não ser pelos elevados valores no início e final do dia que podem ser explicado pelo aumento do ângulo zenital (QUERINO et al., 2006; PAVÃO et al., 2014; ATAIDE et al., 2020).

Durante o período chuvoso o valor médio do albedo para o ano de 2015 foi de 13% e no menos chuvoso foi de 14%. Em 2016 os valores foram de 13%

e 13% para os períodos C e MC, respectivamente. Já para o ano de 2017, os valores foram de 13% e 14% durante o período C e MC, respectivamente. A variação diurna do albedo é similar a diversos estudos realizados na Amazônia, com valores elevados ao nascer e pôr do sol.

Shuttleworth et al. (1984) encontraram valor médio de 12% na Reserva Ducke, em Manaus e Andre et al. (1988) também encontram valor médio de 13% para o período seco e 12% para o período chuvoso. Bastable et al. (1993) também encontraram valor de 13% na Reserva Ducke. Feitosa (1998) observou valores médio diário de 13% e 13% para os períodos chuvoso e seco, respectivamente na floresta do Jaru. Querino et al. (2006) estudando sítios experimentais na região Amazônica encontrou valores médio de 0.129 na Reserva Ducke e 13% na Reserva do Jaru. Em Humaitá – AM, Pavão et al. (2014) encontrou valores de 12% e 13% durante o período chuvoso. Ataíde et al. (2020) na floresta de Caxiuanã – PA, encontrou valores médios de 9% e 8% para o período seco e 10% e 7% para o período chuvoso. Na Tabela 6 encontra-se os valores do albedo para diferentes sítios de floresta tropical.

Tabela 11. Comparativo de estudos que observaram valores do albedo em florestas tropicais.

Autor	Albedo (%)	Ecossistema	local
Shuttleworth et al. (1984)	12	Floresta	Reserva Ducke – Manaus – AM
Andre et al. (1988)	12 e 13	Floresta	Reserva Ducke – Manaus – AM
Bastable et al. (1993)	13,1	Floresta	Reserva Ducke – Manaus – AM
Feitosa (1998)	13	Floresta	Reserva do Jaru – RO
Querino et al. (2006)	12 e 13	Floresta	Reserva Ducke – Manaus – AM
Pavão et al. (2014)	12	Floresta	Humaitá – AM
Ataíde et al. (2020)	9 e 10	Floresta	Caxiuanã – PA
Presente estudo	13	Floresta	RDS do Uatumã – sítio ATTO – AM

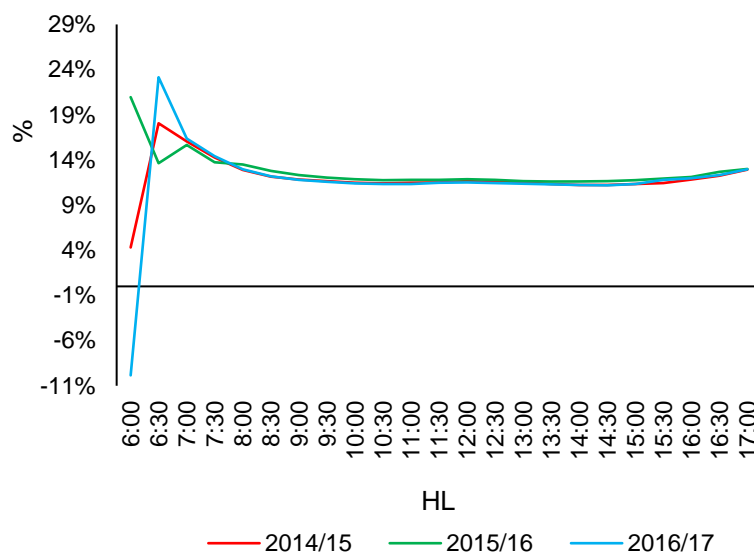


Figura 12. Ciclo diurno do albedo durante o período chuvoso no sítio ATTO.

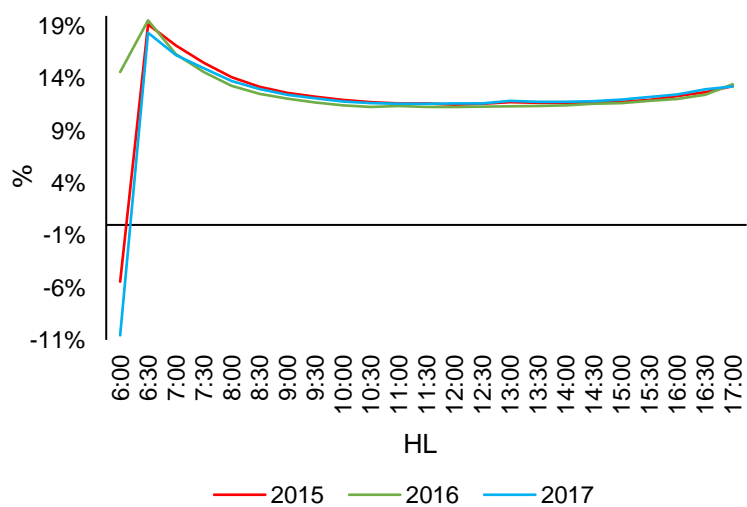


Figura 13. Ciclo diurno do albedo durante o período menos chuvoso.

5.5. Estudo de casos da RFA

Para o estudo de caso da radiação PAR, foram selecionados 163 dias, do dia 274 (01/10) de 2015 a 72 (13/03) de 2016, que compreende transição do período MC para o C. Na Figura 13, observa-se que nos meses que apresentaram maior volume de chuva houve uma diminuição na média mensal da PAR, isso ocorre em função do aumento da nebulosidade durante esse

período. De outubro de 2015 a janeiro de 2016 foi considerado um período mais seco quando comparado ao mesmo período observado em 2016/2017, o que pode ser atribuído a influência do EN na região que tende a reduzir a cobertura de nuvens, precipitação e conseqüentemente prolongamento do período MC.

De acordo com Xiao et al. (2005) a variabilidade da PAR em florestas tropicais é fortemente influenciada pela nebulosidade, além da presença de aerossóis antropogênicos oriundos de queimadas. Apesar da distância do sítio ATTO de grandes centros urbanos, Botía et al. (2020) identificaram a presença de aerossóis oriundos de atividades humanas no mesmo sítio e período que o foi analisado a RFA do presente estudo.

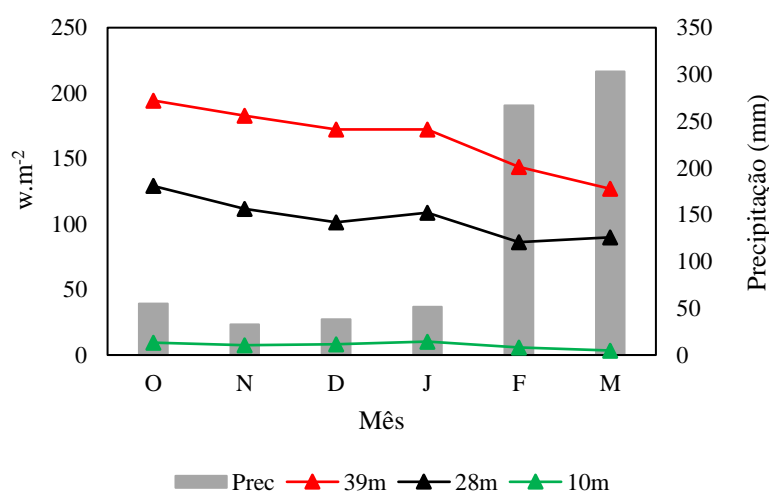


Figura 14. Variação média mensal da RFA e os totais pluviométricos entre o final do período MC e C.

A Figura 15, mostra a variação média do ciclo diurno da PAR em três diferentes níveis com os maiores valores registrados entre 10 e às 13h, o que corrobora com as observações de Andrade et al. (2014). Acima do dossel em 39m a maior média ocorreu às 11h ($281,82 \text{ w.m}^{-2}$). Em 28m, foi registrada no mesmo horário, $238,20 \text{ w.m}^{-2}$, enquanto no nível mais baixo, foi de $28,77 \text{ w.m}^{-2}$ ao meio-dia. Entre as 12 e 14HL observa-se um achatamento na curva dos níveis 28 e 10 metros, possivelmente influenciado pela arquitetura do dossel que impacta na incidência de radiação solar e no sombreamento neste nível. Na tabela 12 encontram-se as médias e desvio padrão do ciclo diurno médio da RFA.

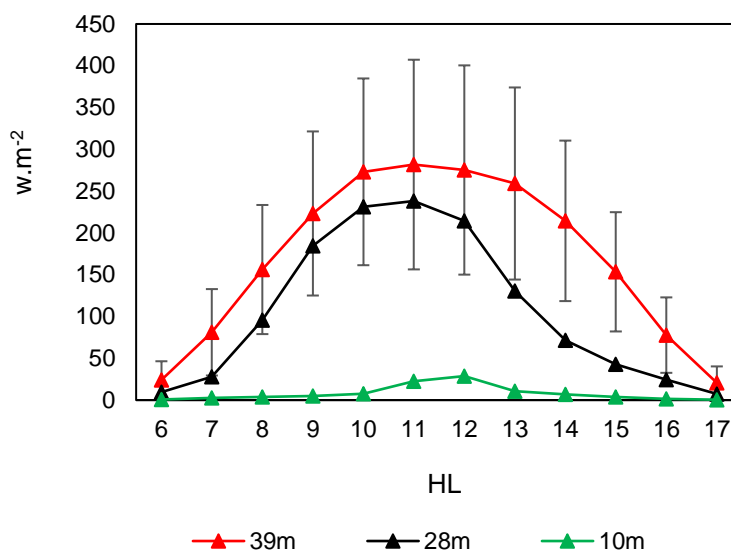


Figura 15. Variação do ciclo diurno da RFA em três níveis na floresta.

Tabela 12. Média e desvio padrão para os três níveis da RFA no ciclo diário.

Hora	39m	28m	10m
06:00	24 ± 23	10 ± 8	1 ± 1
07:00	81 ± 52	28 ± 15	3 ± 6
08:00	156 ± 77	96 ± 73	4 ± 5
09:00	223 ± 98	185 ± 102	5 ± 4
10:00	273 ± 112	231 ± 120	8 ± 9
11:00	282 ± 125	238 ± 134	23 ± 49
12:00	275 ± 125	215 ± 129	29 ± 48
13:00	259 ± 115	131 ± 97	11 ± 16
14:00	214 ± 96	72 ± 47	7 ± 10
15:00	154 ± 71	43 ± 17	4 ± 5
16:00	78 ± 45	24 ± 12	2 ± 1
17:00	21 ± 20	7 ± 6	1 ± 0

A Figura 16 mostra a variação média da $fARFA$ pelo dossel florestal, que foi de 0,91 variando de 0,9 a 0,92. Os resultados encontrados no presente estudo são próximos daqueles observados por Spolador et al. (2006) em Sinop – MT, com médias de 0,93 e o de Braghieri e Yamasoe (2011) na Reserva Biológica do Jaru – RO que obtiveram média em torno de 0,90. Esses valores são satisfatoriamente aceitos para sítios de florestas tropicais, o que indica um bom aproveitamento da radiação solar pelo dossel florestal. Estudos como estes

representam um parâmetro chave em vários modelos de produtividade de ecossistemas, modelos globais de clima, hidrologia, biogeoquímica e ecologia (Sellers et al., 1997).

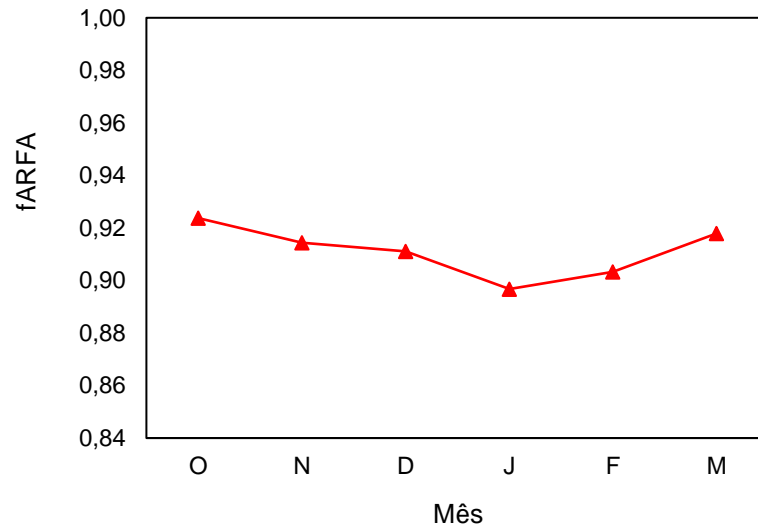


Figura 16. Variação da fARFA florestal do sítio ATTO na transição de 2015 para 2016.

6. CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto no presente trabalho, observou-se que a temperatura média se manteve em torno de 28 °C entre agosto de 2015 e março de 2016 e umidade relativa do ar em torno de 70%, valores que possivelmente foram influenciados pelo EN 2015/2016. Durante os três anos a precipitação total ficou abaixo das médias climatológica para região de Manaus, fato esse que pode estar associado as variações interanuais. O ano de 2016 foi marcado como o de menor volume de chuva comparado a 2015, isso porque o início do seu período chuvoso foi afetado pelo EN que tende a prolongar o período de estiagem na região.

No Br, os maiores valores da ROCin e do Rn foram observados próximo ao meio-dia. Nesse intervalo também ocorreu variações nas curvas das componentes do Br que podem ser atribuídas ao aumento da nebulosidade no período C e formação de nuvens convectivas no MC.

Como na irradiância solar refletida os valores obtidos também foram similares entre os três anos, o ciclo diurno do albedo teve valores típicos de floresta tropical, no período chuvoso com 13% e menos chuvoso 13-14%.

No estudo de casos da RFA os valores mostram que essa fração também é fortemente influenciada pela sazonalidade da cobertura de nuvens, com médias mais elevadas no período MC em razão da diminuição da nebulosidade, em contrapartida, no C os valores diminuem.

No ciclo diário, os três níveis apresentam um comportamento bem definido, embora seja possível observar um leve achatamento da curva do nível intermediário entre 12 e 14HL que pode ter sido influenciado pelo sombreamento durante a incidência da RFA no sub-bosque. A $fARFA$ também apresentou bom índices, valores da ordem de 0,90, indicando que a vegetação no sítio ATTO é capaz de absorver quase toda a totalidade de irradiância que chega as copas.

Os resultados encontrados no presente estudo nos levam a concluir que o EN 2015/2016 não provocou divergência nos valores das componentes do Br entre os anos analisados, embora seja notável sua influência sob a precipitação e conseqüentemente prolongamento da estiagem na região.

Sugestões para futuros trabalhos

Como evidenciado a partir da variabilidade das componentes do Br e da RFA, as nuvens são um dos principais moduladores da irradiância solar da região Amazônica junto com os aerossóis. Portanto, sugere-se, que futuros trabalhos possam fazer uma análise da variabilidade dessas componentes do Br e da RFA em função da cobertura de nuvens e aerossóis, visto que esses constituintes podem reduzir a radiação solar e aumentar a fração difusa. Trabalhos abordando a ecofisiologia da vegetação local também são de extrema importância para mensurar o aproveitamento da radiação solar difusa nos ecossistemas florestais. Além da realização estudos que avaliem os impactos do ENOS sob o balanço de energia a fim de verificar a reação dos ecossistemas florestais a fortes eventos climáticos.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. J. G. **Balço de radiação em áreas de floresta e de pastagem em Rondônia**. Dissertação (Mestrado) – PPG em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2007.

ALVES, C. Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. **Química nova**, v. 28, p. 859-870, 2005.

ANDRADE, A. M. D. **Estimativa da radiação de ondas longas incidente na Amazônia: uma análise espectral**. Tese. (Doutorado em Meteorologia) – Centro de tecnologia e recursos naturais – CTRN. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2016.

ANDRADE, A. M. D. et al. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 68-79, 2014.

ANDRADE, N. L. R. de et al. Partição do saldo de radiação em áreas de floresta amazônica e floresta de transição Amazônia-cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 346-355, 2009.

ANDRÉ, R. G. B. et al. Balço de radiação sobre a floresta Amazônica (estações seca e úmida). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, n. 2, p. 269-274, 1988.

ARTAXO, P. et al. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta amazônica**, v. 35, p. 185-196, 2005.

ARTAXO, Paulo et al. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 168-22, 2006.

ARTAXO, P. et al. Partículas de aerossóis na Amazônia: composição, papel no balanço de radiação, formação de nuvem e ciclos de nutrientes. **Geophysical monograph series**, n. 186, p. 233-250, 2009.

ATAIDE, W. L. S; DE OLIVEIRA, F. A; PINTO, C. A. D. Balanço de radiação, energia e fechamento do balanço em uma floresta prístina na Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, p. 2603-2627, 2020.

BASTABLE, H. G. et al. Observations of climate, albedo, and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal of Climatology**, v. 13, n. 7, p. 783-796, 1993.

BOTÍA, A. et al. Understanding nighttime methane signals at the Amazon Tall Tower Observatory (ATTO). **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 20, n. 11, p. 6583-6606, 2020.

BRAGHIERE, R. K; YAMASOE, M. A. Avaliação da fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela floresta tropical primária na Amazônia durante a estação seca dos anos de 2002 e 2007. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15 (SBSR)**., p. 6019-6025, 2011.

CIRINO, G. G. et al. The effect of atmospheric aerosol particles and clouds on net ecosystem exchange in the Amazon. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 14, n. 13, p. 6523-6543, 2014.

CORREIA, F. W. S; ALVALÁ, R. C. S; MANZI, A. O. Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 21, n. 3a, p. 153-167. 2006.

CORREIA, F. W. S. et al. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 39-43, 2007.

CULF, A. D.; FISCH, G.; HODNETT, M. G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Journal of climate**, v. 8, n. 6, p. 1544-1554, 1995.

DOUGHTY, C. E.; FLANNER, M. G.; GOULDEN, M. L. Effect of smoke on subcanopy shaded light, canopy temperature, and carbon dioxide uptake in an Amazon rainforest. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, n. 3, 2010.

FEITOSA, J. R. P. **Balço de energia e evapotranspiração em áreas de pastagem e floresta densa na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Centro de ciências e tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. Paraíba. 1996.

FEITOSA, J. R. P. et al. Radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 1998.

FINCH, D. A. et al. Photosynthetically active radiation regimes in a southern African savanna environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 122, n. 3-4, p. 229-38, 2004.

FIORIN, D. V. et al. Aplicações de redes neurais e previsões de disponibilidade de recursos energéticos solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 010, 2011.

FISCH, G. et al. Observações do balanço de radiação e albedo em florestas e em pastagens na Amazônia Tropical. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. 1992. p. 349-353.

FISCH, G.; WRIGHT, I. R.; BASTABLE, H. G. Albedo of tropical grass: A case study of pre-and post-burning. **International Journal of Climatology**, v. 14, n. 1, p. 103-107, 1994.

FOKEN, T. et al. Some aspects of the energy balance closure problem. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 12, p. 4395-4402, 2006.

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

GASH, J. H. C; NOBRE, C. A. Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. **Bulletin of the American meteorological society**, v. 78, n. 5, p. 823-830, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2000

LAWRENCE, D. et al. The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p. 49, 2022.

LEITÃO, M. D. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, G. M. de. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 256-261, 2002.

LEITÃO, M. M. V. B. Balanço de radiação em três ecossistemas da floresta amazônica: campina, campinarana e mata densa. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 17, n. 1, p. 84-85, 1999.

LIBERATO, A. M; CARDOSO, F. L. Análises da radiação de onda curta e onda longa na Amazônia. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 3, p. 169-182, 2011.

LIOU, Kuo-Nan. **An introduction to atmospheric radiation**. Elsevier, 2002.

LOPES, M. N. G. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, p. 84 – 102, jan/ jul, 2013.

MACEDO, A. D. S. **Variabilidade temporal e especial da radiação solar na região de Manaus – AM, Durante o experimento GOAMAZON 2014/15**. Dissertação (Mestrado em meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 2016.

MACEDO, A. D. S.; FISCH, G. Variabilidade temporal da radiação solar durante o experimento GOAmazon 2014/15. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 353-365, 2018.

MACHADO, W. B. **Balço de energia em áreas de Floresta e de um campo agrícola no leste da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Recursos naturais da Amazônia) – PPG em Recursos naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará. Pará. 2012.

MARENGO, José A.; SOUZA JUNIOR, C. Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. **São Paulo: ALANA**, 2018.

MARQUES FILHO, A. O. REGIME DE RADIAÇÃO SOLAR E CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO-MODELOS DE INVERSÃO. **Acta Amazonica**, v. 27, p. 119-133, 1997.

MARTINS, F. R; SOUZA, M. P; PEREIRA, E. B. Comparative study of satellite and ground techniques for cloud cover determination. **Advances in Space Research**. v. 32. n.11, p. 2275-2280, dez. 2003.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

MOORE, S. M. et al. El Niño and the shifting geography of cholera in Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am*, v. 114, n. 17, p. 4436–4441, abr, 2017.

NOOA. **El Niño/Southern Oscillation (ENSO)**. 2023. Disponível em: <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>>. Acesso em: 20 set. 2023.

NOBRE, C. A; SELLERS, Piers J.; SHUKLA, Jagadish. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of climate**, v. 4, n. 10, p. 957-988, 1991.

OLIVEIRA, F. C. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa para as bacias dos rios Doce, São Mateus e Jequitinhonha. 2010.

OLIVEIRA, P. HF. et al. The effects of biomass burning aerosols and clouds on the CO₂ flux in Amazonia. **Tellus B: Chemical and Physical Meteorology**, v. 59, n. 3, p. 338-349, 2007.

PAVÃO, V. M. et al. 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. B.; VRISMAN, A. L.; GALVANI, E. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 211-216, 2002.

QUERINO, C. A. S. et al. 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.

SALATI, E.; NOBRE, C. A. Possible climatic impacts of tropical deforestation. In: **Tropical forests and climate**. Springer, Dordrecht, 1991. p. 177-196.

SELLERS, P. J. et al. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. **Science**, v. 275, n. 5299.

SHUTTLEWORTH, W. J. et al. Post-deforestation Amazonian climate: Anglo-Brazilian research to improve prediction. **Journal of hydrology**, v. 129, n. 1-4, p. 71-85, 1991.

SHUTTLEWORTH, W. J. et al. Eddy correlation measurements of energy partition for Amazonian forest. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 110, n. 466, p. 1143-1162, 1984.

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

TALACUECE, M. AD. et al. BALANÇO DE RADIAÇÃO EM ÁREA DE FLORESTA E PASTAGEM NA REGIÃO AMAZÔNICA NO ANO DE 2008 E 2009–LBA. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA 2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia. Anais eletrônicos. Pará: Belém, 2013. S.p. Disponível em: <<https://www.sbagro.org/files/biblioteca/3009.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2022.

TANAKA, L. M. d S; SATYAMURTY, P; MACHADO, L. A. T. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. **International journal of climatology**, v. 34, n. 13, p. 3574-3584, 2014.

TARGHETTA, N. **Comparação florística e estrutural entre florestas de igapó e campinarana ao longo de gradientes hidro-edáficos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus. 2012.

VILLA NOVA, N. A. et al. Radiação solar em Manaus. **Acta Amazônica**, v. 8, p. 417-421, 1978.

VON RANDOW, R. C. da S; ALVALÁ, R. C. dos 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, n. 3b, p. 398-412, 2006.

XIAO, X.; et al. Satellite-based modeling of gross primary production in a seasonally moist tropical evergreen forest. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, n. 1, p. 105-122, 2005.

YAMASOE, M.; A.; et al. Effect of smoke and clouds on the transmissivity of photosynthetically active radiation inside the canopy. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 6, p. 1645-1656, 2006.

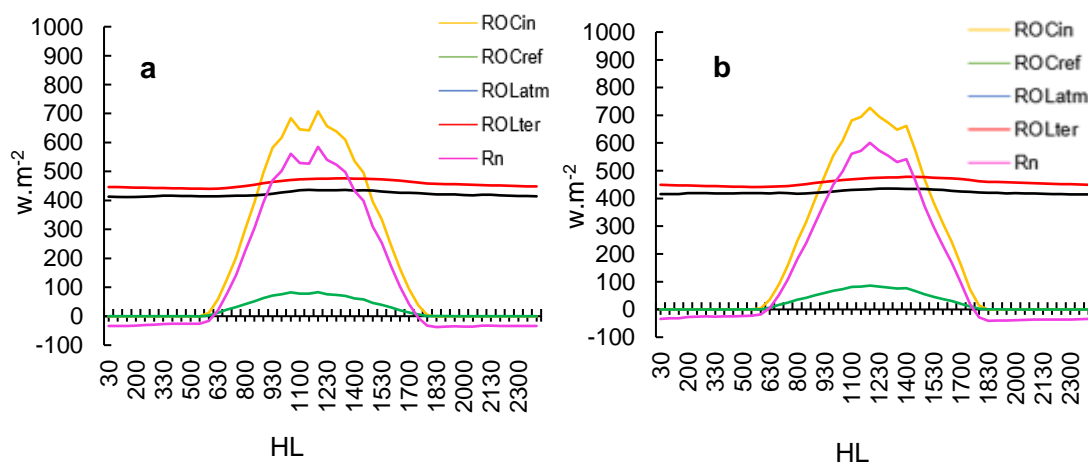
YAMASOE, M. A. et al. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 10, p. 1641-1653, 2000.

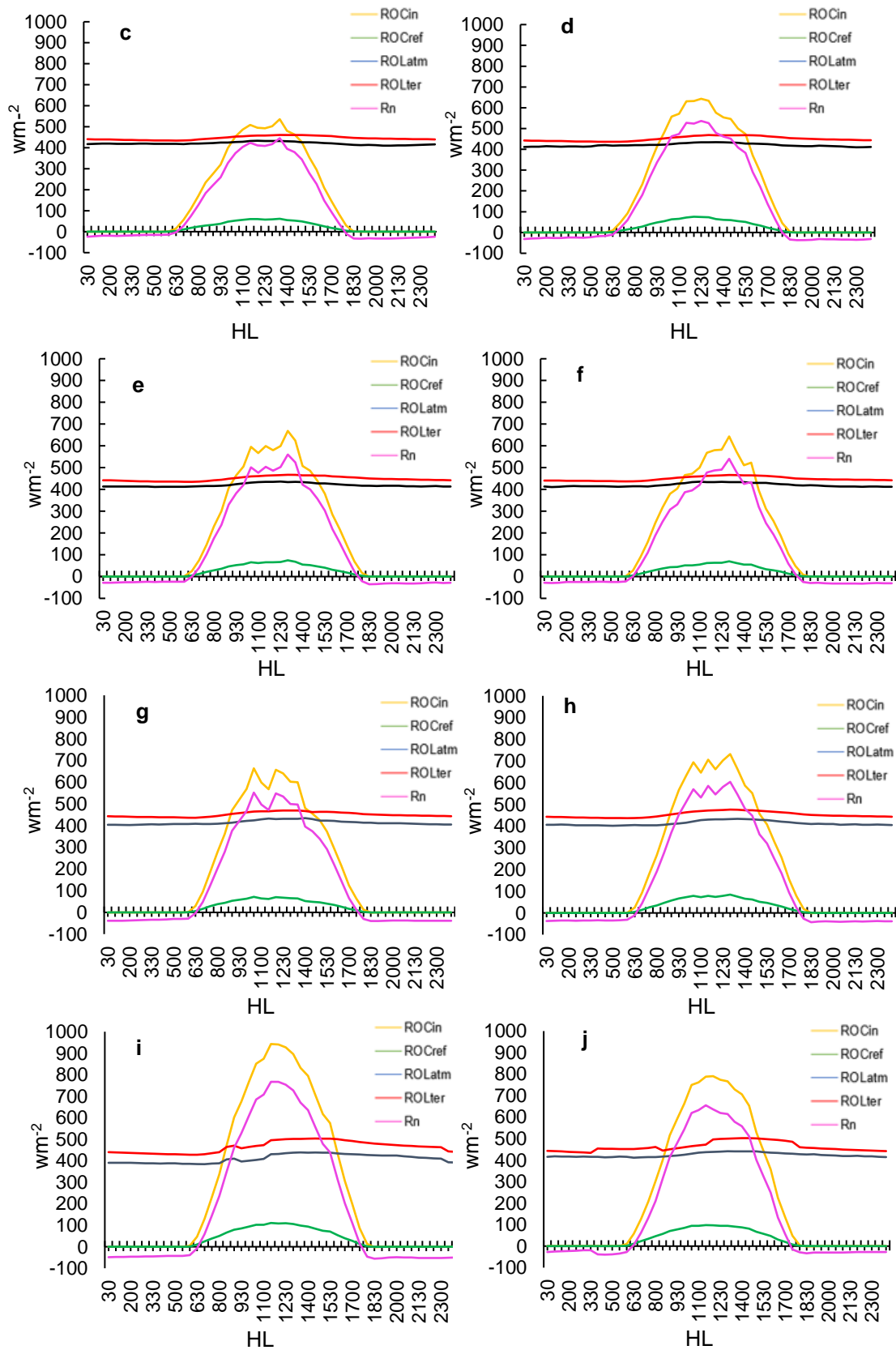
YAMASOE, M. A; CORRÊA, M. P. **Processos radiativos na atmosfera**. São Paulo. Editora: Oficina de Textos, 2016.

8. APÊNDICE A – COMPLEMENTO DA ANÁLISE DO BALANÇO DE RADIAÇÃO.

Este apêndice tem como objetivo complementar a análise do ciclo diário mensal apresentado na sessão do balanço de radiação, onde se discutiu a variação do ciclo diário em um mês representante do período chuvoso(março) e outro do período menos chuvoso (agosto). Aqui serão apresentados os demais meses com seus ciclos diários. As Figuras 0.1, 0.2 e 0.3 representam os meses dos anos de 2015, 2016 e 2017, respectivamente. Os anos foram contados a partir dos dois meses anteriores ao seu início, por exemplo, o período de 2015 começa com novembro e dezembro de 2014 e assim por diante. Essa separação nos permite observar que o período chuvoso na Amazônia apresenta 7 meses(nov a mai) e o menos chuvoso 5 meses(jun a out). Ao final do período menos chuvoso de 2015 e 2017 é possível observar que as curvas da irradiância solar direta e saldo de radiação próximo ao meio-dia apresentaram desvios sutis nesse horário, o que indica uma menor cobertura de nuvens nessa época do ano.

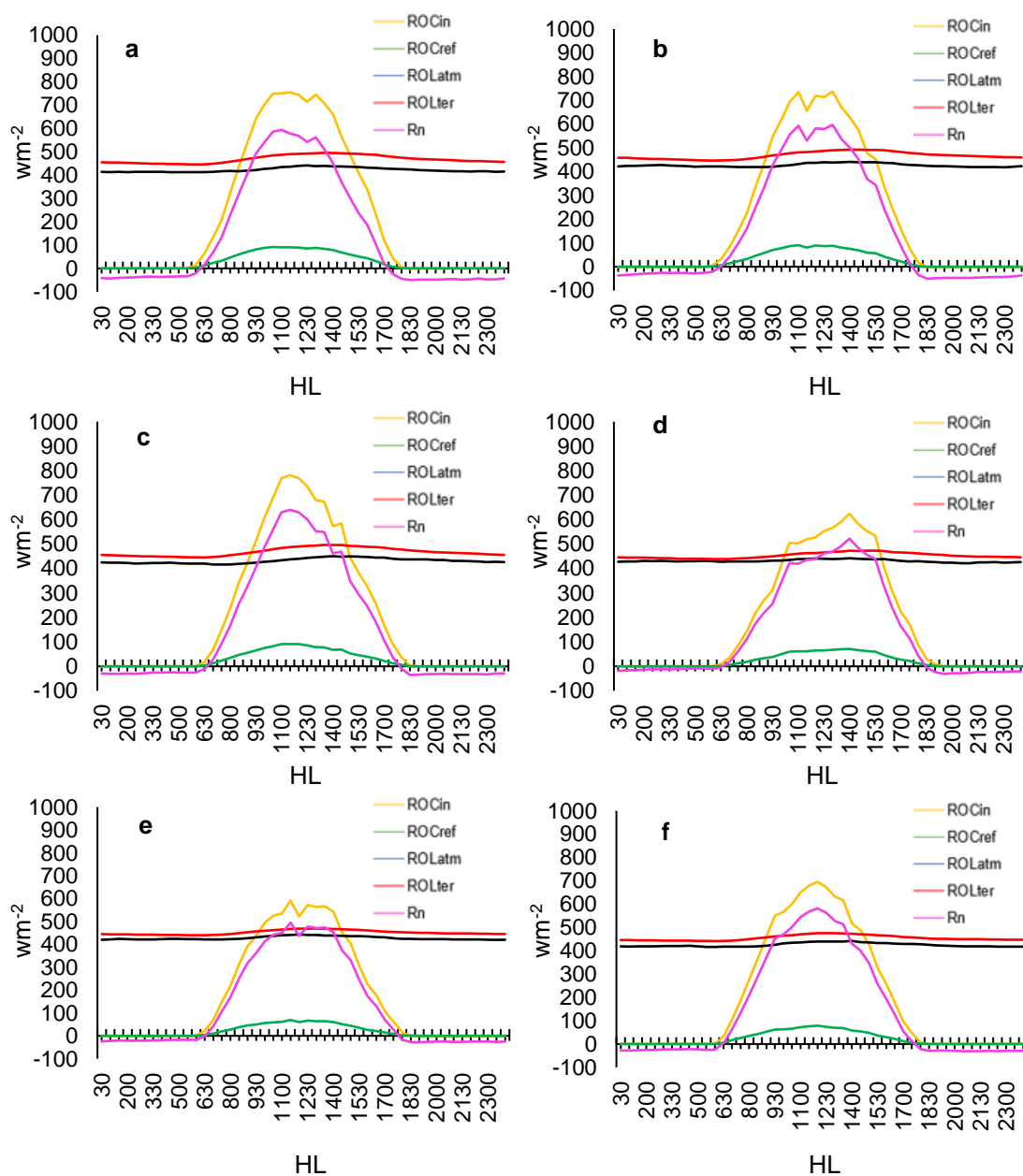
FIGURA 0.1 – Ciclo diário médio mensal para o ano de 2015. A e B correspondem a novembro e dezembro de 2014. Os demais meses são referentes a 2015; jan(c), fev(d), abri(e), mai(f), jun(g), jul(h), set(i) e out(j).

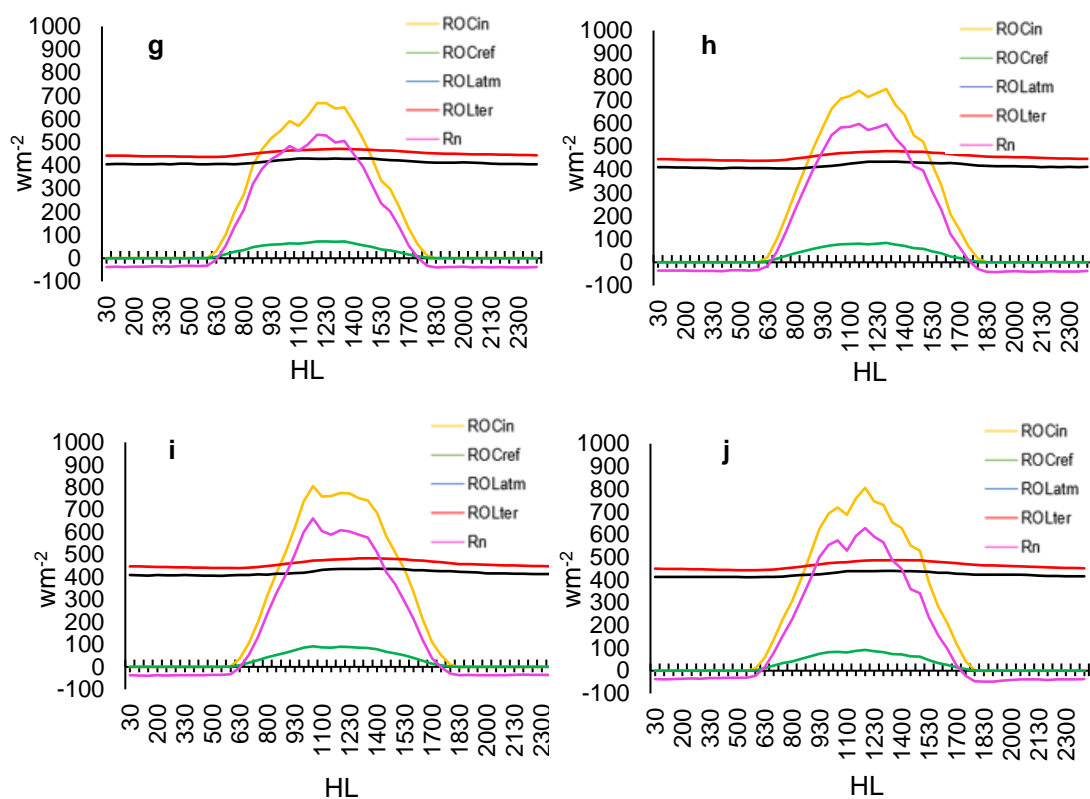




A Figura 0.2 mostra os meses referentes a contagem de 2016. Como discutido na sessão dos resultados (4.2), os meses iniciais do período chuvoso de 2016 foram mais secos que o normal, podendo ser observado um incremento maior de irradiância solar direta devido à redução de nebulosidade nesse período quando comparado a 2015 e 2017.

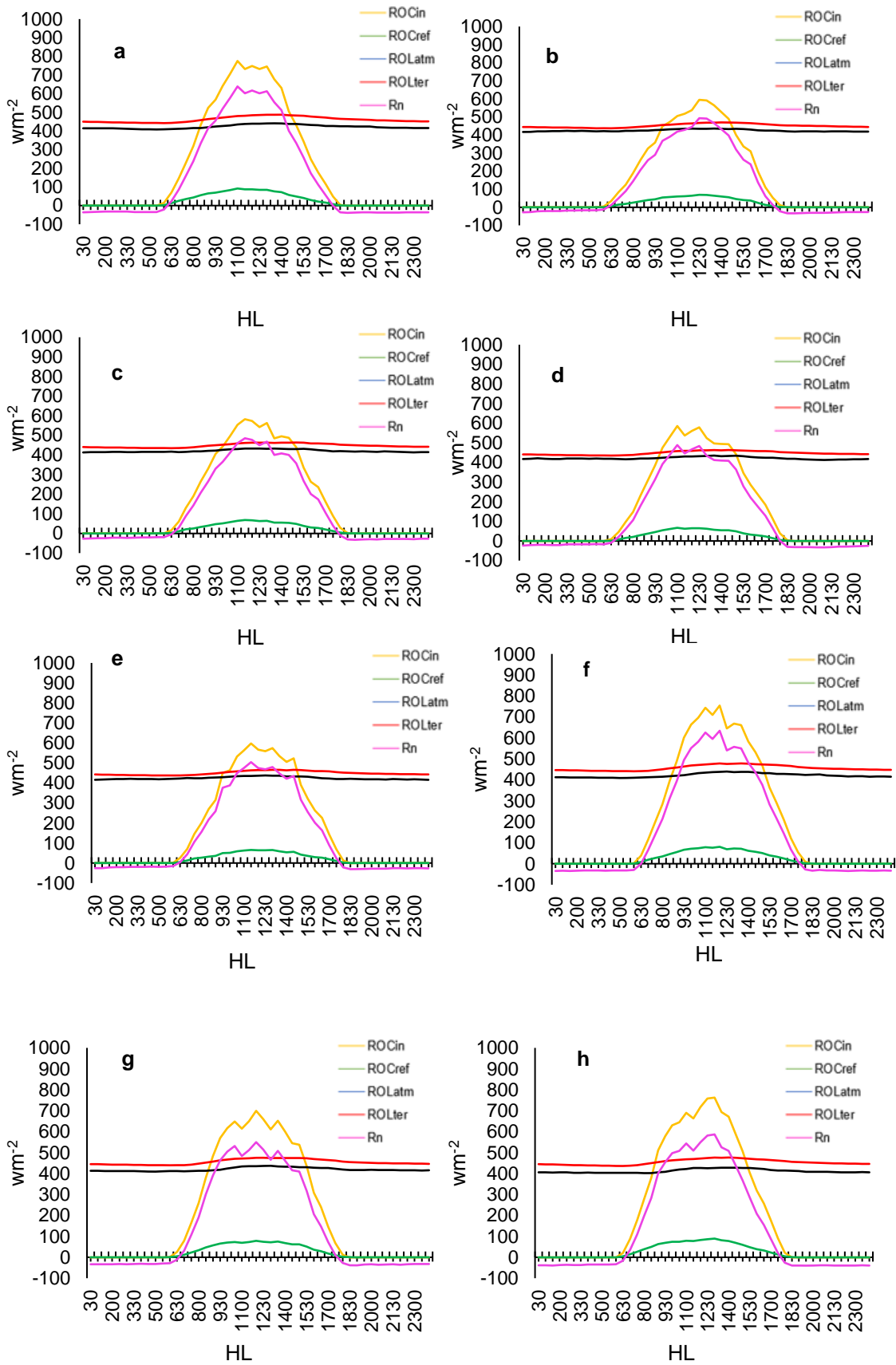
FIGURA 0.2 – Ciclo diário médio mensal para o ano de 2016. A e B correspondem a novembro e dezembro de 2015. Os demais meses são referentes a 2016; jan(c), fev(d), abri(e), mai(f), jun(g), jul(h), set(i) e out(j).





Na Figura 0.3 observa-se que o início do período chuvoso é marcado por médias elevadas no ciclo diário médio de novembro, provavelmente decorrente das médias elevadas observadas durante o período menos chuvoso de 2016. Já a partir de dezembro e nos demais meses que dão sequência ao período chuvoso de 2017, os ciclos diários apresentam redução nas médias das componentes em razão do aumento da nebulosidade nesse período. No período menos chuvoso a irradiância solar direta alcança médias superiores a 750 W.m^{-2} próximo ao meio-dia.

FIGURA 0.3 – Ciclo diário médio mensal para o ano de 2017. A e B correspondem a novembro e dezembro de 2016. Os demais meses são referentes a 2017; jan(c), fev(d), abri(e), mai(f), jun(g), jul(h), set(i) e out(j).



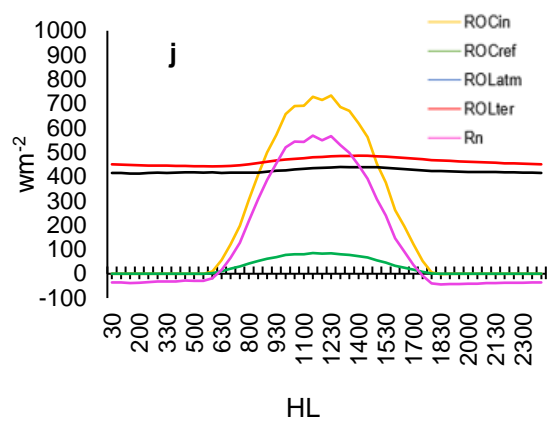
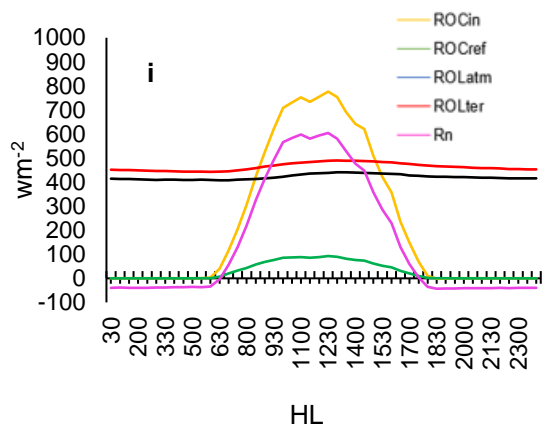


Tabela A 1. Médias mensais das componentes do balanço de radiação

Mês	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
	RO _{Cin} wm ⁻²	RO _{Cin} wm ⁻²	RO _{Cin} wm ⁻²	RO _{Cref} wm ⁻²	RO _{Cref} wm ⁻²	RO _{Cref} wm ⁻²	RO _{Latm} wm ⁻²	RO _{Latm} wm ⁻²	RO _{Latm} wm ⁻²	RO _{Lter} wm ⁻²	RO _{Lter} wm ⁻²	RO _{Lter} wm ⁻²	R _n wm ⁻²	R _n wm ⁻²	R _n wm ⁻²
Nov	201,52	230,79	220,25	24,78	29,07	26,64	421,68	422,21	422,32	456,48	468,07	461,46	141,95	155,87	140,64
Dez	206,25	208,92	168,17	25,12	26,44	20,19	422,62	416,86	424,55	457,61	457,14	451,05	146,13	146,67	106,16
Jan	153,91	214,90	170,24	18,44	26,10	20,15	417,44	431,13	420,62	442,40	467,42	447,67	112,93	152,51	107,78
Fev	189,72	182,35	169,81	21,91	21,69	19,93	420,10	430,78	421,79	450,30	452,66	447,70	137,61	138,79	108,78
Mar	164,12	167,36	177,56	18,69	19,53	20,29	422,89	430,56	423,50	446,20	451,26	447,52	122,13	127,13	118,43
Abr	186,21	172,22	173,27	21,08	19,96	19,73	419,72	427,32	424,09	449,04	451,67	449,31	135,80	127,91	116,12
Mai	174,02	196,57	214,41	19,49	22,38	23,80	420,17	424,86	420,86	448,89	454,47	456,33	125,80	144,59	155,14
Jun	193,13	198,86	208,41	21,89	22,61	24,18	413,76	414,40	419,51	450,70	451,98	454,83	134,30	132,30	148,91
Jul	213,41	222,41	220,77	24,91	25,46	26,51	412,91	415,94	411,68	452,31	455,81	453,76	149,09	157,66	152,83
Ago	192,10	246,46	257,73	23,36	29,04	31,32	324,77	415,33	418,05	362,38	462,00	463,96	169,92	170,60	180,51
Set	239,32	233,98	232,24	29,72	27,78	28,78	355,28	418,96	420,82	402,34	457,95	463,05	187,54	166,13	161,22
Out	226,44	225,76	216,27	29,41	26,98	26,26	407,13	423,08	422,72	443,97	462,39	461,20	166,91	158,69	151,54