

**VARIABILIDADE MÉDIA HORÁRIA E MENSAL DE ELEMENTOS
METEOROLÓGICOS EM UMA FLORESTA TROPICAL CHUVOSA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL (2005-2012)**

ROSÁRIA RODRIGUES

Universidade Federal do Pará | Brasil
rosa.meteoro.ferreira@gmail.com

ANTONIO CARLOS LOLA DA COSTA

Universidade Federal do Pará | Brasil
lola@ufpa.br

ALAN CAVALCANTI DA CUNHA

Universidade Federal do Amapá | Brasil
alancunha12@gmail.com

JOÃO DE ATHAYDES SILVA JUNIOR

Universidade Federal do Pará | Brasil
athaydes@ymail.com

HERNANI JOSÉ BRAZÃO RODRIGUES

Universidade Federal do Pará | Brasil
hernani@ufpa.br

ALEX ANTONIO RIBEIRO DE OLIVEIRA

Universidade Federal do Pará | Brasil
oliveira.aar@hotmail.com

PATRICK MEIR

University of Edinburgh | Reino Unido
p.meir@ed.ac.uk

YADVINDER MALHI

University of Oxford | Reino Unido
yadvinder.malhi@ouce.ox.ac.uk

RESUMO:

As florestas tropicais são importantes para regulação do clima tanto na escala local, como na global, onde o estudo dos elementos meteorológicos nessas áreas são de grande importância. O objetivo foi estudar a variabilidade média horária e mensal da precipitação pluviométrica, radiação solar global, temperatura e umidade relativa do ar em uma floresta tropical chuvosa preservada na Amazônia Oriental. A metodologia consistiu na análise de uma série de dados médios dos elementos meteorológicos, com frequência de 30 minutos, no período entre 2005 e 2012. As análises estatísticas comparativas entre as estações chuvosa e seca indicaram resultados mensais com diferenças significativas para a precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura do ar, mas não significativas para a radiação solar global. Na análise horária, os resultados apresentaram diferenças significativas para precipitação e umidade do ar, mas não significativo para a temperatura do ar e radiação global.

Palavras-chave: Amazônia; Floresta; variabilidade; elementos meteorológicos.

THE AVERAGE HOURLY AND MONTHLY VARIABILITY OF METEOROLOGICAL ELEMENTS IN A TROPICAL RAINFOREST IN THE EASTERN AMAZON (2005-2012)

ABSTRACT:

Tropical forests are important for climate regulation on both the local and global scale, where the study of meteorological elements is of great importance. The objective was to study the average hourly and monthly variability of rainfall, global solar radiation, temperature and relative humidity of the rain forest in a tropical rain forest preserved in the Eastern Amazon. The methodology consisted of the analysis of a series of average data of the meteorological elements, with frequency of 30 minutes, in the period between 2005 and 2012. The comparative statistical analyzes between the rainy and dry seasons indicated monthly results with significant differences for rainfall, humidity Relative and air temperature, but not significant for global solar radiation. In the hourly analysis, the results showed significant differences for precipitation and air humidity, but not significant for air temperature and global radiation.

Keywords: Amazon; Forest; variability; meteorological elements.

LA VARIABILIDAD MEDIA HORARIA Y MENSUAL DE LOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EN UN BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO EN LA AMAZONIA ORIENTAL (2005-2012)

RESUMEN:

Los bosques tropicales son importantes para la regulación del clima tanto a escala local, como en la global, donde el estudio de los elementos meteorológicos neeros aires son de gran importancia. El objetivo fue estudiar la variabilidad media horaria y mensual de la precipitación pluviométrica, radiación solar global, temperatura y humedad relativa del aire en una selva tropical lluviosa preservada en la Amazonia Oriental. La metodología consistió en el análisis de una serie de datos medios de los elementos meteorológicos, con frecuencia de 30 minutos, en el período entre 2005 y 2012. Los análisis estadísticos comparativos entre las estaciones lluviosa y seca indicaron resultados mensuales con diferencias significativas para la precipitación pluviométrica, humedad Relativa y temperatura del aire, pero no significativas para la radiación solar global. En el análisis horario, los resultados mostraron diferencias significativas para la precipitación y la humedad del aire, pero no significativo para la temperatura del aire y la radiación global.

Palabras clave: Amazonia; Bosque; variabilidad; elementos meteorológicos.

INTRODUÇÃO

A Amazônia é formada por uma floresta tropical com dimensões continentais e abriga uma das maiores e mais importantes bacias hidrográficas do planeta. Engloba parte significativa do fluxo de gases e umidade na interface floresta-atmosfera, influenciando o clima em escalas regional e global (RIVERO et al., 2009).

Na região amazônica, uma fração significativa da cobertura vegetal vem sendo submetidas a danos ao longo das últimas décadas devido a influência antrópica. Destaca-se o uso e ocupação do solo, especialmente a expansão urbana, agricultura, mineração e barragens para construção de hidrelétricas (CUNHA et al., 2014). Todas estas atividades conjuntamente tem sido danosas ao meio ambiente, porque promovem o desflorestamento descontrolado (RIVERO et al., 2009) e sua desconexão da floresta com a dinâmica climática circundante.

A Floresta Nacional de Caxiuanã (FLONA de Caxiuanã) é conservada e dotada de variados ecossistemas representativos da Amazônia, sendo considerada como uma das mais ricas em flora e fauna tropical úmida da Amazônia Brasileira. Esta riqueza ambiental, além de preservada, está associada com a extensão de sua área (330 mil ha) que a torna um representante da sociobiodiversidade amazônica, sobre a qual são realizados projetos experimentais de longo prazo como o ESECAFLOR/LBA (COSTA et al., 2010).

Esta Unidade de Conservação (UC) é um local ideal para o desenvolvimento de pesquisas científicas de longo prazo (Pesquisas Ecológicas de Longo Prazo - PELD). Nos últimos 15 anos a FLONA de Caxiuanã vem se destacando pelos estudos micrometeorológicos, sendo estes considerados como de elevada importância para os estudos da megabiodiversidade amazônica e como parâmetro comparativo para diversos outros estudos no mundo inteiro (MALHI, 2008).

Os elementos meteorológicos influenciam o equilíbrio termodinâmico (físicos) (FIELD et al., 1998), trocas de nutrientes (químicos) (WARD et al., 2013) e biológicos (fisiologia das plantas) (MALHI, 1998), os quais ocorrem em escala local e global na atmosfera tropical. Uma das características mais marcantes das florestas da região amazônica é a potencial capacidade de disponibilidade de fonte de energia solar (MARQUES et al., 2012) que influencia a dinâmica da variação da temperatura e umidade do ar que, por seu turno, influenciam os processos fisiológicos da floresta (COSTA et al., 2010). Isso porque, a cobertura vegetal formada pelas árvores de grande porte que constituem a floresta, funciona como um receptor e armazenador de carbono, energia e umidade, com eficiente aproveitamento de parte da radiação solar incidente sobre a superfície (GALVÃO et al., 2000).

A FLONA de Caxiuanã está situada na região equatorial, entre 5°N e 20°S, a variabilidade de alguns elementos meteorológicos, como a radiação solar e a precipitação pluvial, são de grande importância porque controlam uma série de fatores fisiológicos da floresta, pois contribuem com pesquisas que estudam as dinâmicas bióticas e abióticas que ocorrem nesses ecossistemas (COSTA et al., 2013).

A quantidade de vapor de água existente na atmosfera varia de acordo com diversos fatores, como tipo de vegetação e hidrografia, pois, em geral, a atmosfera pode receber umidade tanto da própria floresta (continentais) quanto das fontes de água oceânicas. Além disso, há a contribuição das plantas, que por meio do processo de evapotranspiração, emitem grande quantidade de umidade para a atmosfera, daí a grande importância que a floresta apresenta sobre a dinâmica de manutenção de umidade na atmosfera (OLIVEIRA et al., 2008a,b).

Na região amazônica, cerca de 50% das chuvas são provenientes da evapotranspiração promovida pelas plantas (AGUIAR et al., 2006). Segundo Braga (2005), na FLONA de Caxiuanã, a umidade relativa do ar apresenta valores médios mensais superiores a 80% ao longo do ano, sendo os maiores observados durante o período chuvoso, superiores a 95%, com menor variação no interior da floresta, quando comparada com a umidade acima da floresta. Isto ocorre porque as perdas de energia são menores no microclima de floresta (OLIVEIRA et al. 2013).

Por um lado, a precipitação pluviométrica exerce um papel muito importante no ciclo dos ecossistemas florestados, influenciando diretamente as condições ambientais e do microclima. Destaca-se o balanço de água no solo (OLIVEIRA et al., 2008a), balanço de energia solar através da quantidade de nebulosidade que se forma na atmosfera, entre outros elementos, como temperatura e umidade do ar (MOLION, 1987).

A importância do presente estudo é a oportunidade de analisar a variabilidade de elementos meteorológicos no interior de uma floresta tropical chuvosa preservada, cuja variabilidade média mensal e horária (radiação solar global, temperatura e a umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica) foi monitorada ao longo de um período de 8 anos (2005 a 2012), configurando-se numa amostra representativa dos fenômenos micrometeorológicos das florestas tropicais chuvosas da Amazônia Oriental.

A principal hipótese da pesquisa é que a precipitação é o elemento meteorológico que estatisticamente apresenta a maior variabilidade microclimática entre os elementos meteorológicos observados, tanto em nível de variação mensal quanto em nível horário. Uma segunda hipótese, decorrente da primeira, é que a precipitação pluviométrica seja o principal

elemento meteorológico que influencia o padrão mensal e diário das demais variáveis meteorológicas estudadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Características da Área de Estudo

A FLONA de Caxiuanã está localizada nas coordenadas geográficas 01° 42' 30" S e 51° 31' 45" W, distante 400 km de Belém a capital do Estado do Pará, com uma área de 330.000 ha, pertencente ao município de Melgaço. A FLONA de Caxiuanã é constituída, em 85 % de sua área, por floresta densa de terra firme e porções de igapó, com dossel médio das árvores entre 30 e 40 m de altura.

O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, ou seja, quente e úmido com precipitação pluviométrica muito elevada durante alguns meses, e com a ocorrência de um a dois meses de precipitação inferior a 60 mm. A temperatura média anual do ar é de 26,0 °C e as temperaturas extremas (máximas e mínimas) variam de 32,0 °C a 22,0 °C, respectivamente (MORAES, et al., 1997; SILVA JUNIOR et al., 2013). A umidade relativa do ar apresenta-se elevada durante todo o ano, com valores médios oscilando em torno de 82,0% Silva et al., (2006). A precipitação pluviométrica apresenta valores médios anuais em torno de 2.200,0 mm, sendo caracterizado por dois períodos distintos, o chuvoso, entre janeiro a junho, e seco, entre julho e dezembro. Durante o período chuvoso, cerca de 75 % da precipitação total anual é registrada (COSTA et al., 2006). Estas condições estão diretamente associadas à intensa radiação solar incidente na região tropical Brasileira e a influência direta da zona de convergência intertropical (ZCIT), o principal sistema meteorológico responsável pelo regime de chuvas na região Amazônica (HOREL et al., 1989; MARQUES et al., 2012; SOUZA FILHO et al., 2006).

Período da série de dados meteorológicos e análises estatísticas

Os dados meteorológicos utilizados nesta pesquisa foram obtidos de uma estação meteorológica automática modelo Campbell Scientific, com datalogger CR-1000, instalada no topo de uma torre micrometeorológica de 40 metros de altura (Figura 01). O período de estudo ocorreu entre 2005 a 2012. As variáveis meteorológicas utilizadas foram obtidas a intervalos de 30 minutos e referem-se a radiação solar global, obtida por um piranômetro modelo CMP3, da Kippen & Zonen. A precipitação pluviométrica, registrada de um pluviógrafo de báscula modelo TB4, a umidade relativa do ar e Temperatura do ar, ambos obtidos de um sensor HMP45C da Vaisala.

O regime de precipitação na região amazônica define a sazonalidade climática da região. Segundo Costa et al.,(2006) na FLONA de Caxiuanã o período chuvoso é compreendido entre os meses de janeiro a maio e o período menos chuvoso os meses de agosto a novembro. Os meses de junho e dezembro caracterizam a transição entre os períodos chuvoso - seco e seco - chuvoso, respectivamente. A análise dos dados foi feita considerando esta sazonalidade específica na região, utilizando-se a média horária e mensal dessas variáveis.



Figura 01 – Torre metálica utilizada na coleta dos dados meteorológicos na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Estado do Pará.

Foram aplicados alguns testes estatísticos, como o teste de Shapiro-Wilk, para avaliar a existência de normalidade das distribuições dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global e precipitação pluviométrica. Como as distribuições dos elementos meteorológicos estudados não foram normais, e foi utilizado um segundo teste não paramétrico, conhecido como teste de Mann-Whitney, para verificar se há diferenças significativas entre as variáveis meteorológicas para os diferentes períodos sazonais. Este teste é também conhecido como teste U, destinado a comparar amostras independentes do mesmo tamanho ou desiguais, cujos escores devem ser mensurados, pelo menos, em nível ordinal. O teste de Mann-Whitney é comparável a ANOVA de um critério (AYRES et al., 2007).

O parâmetro U do teste de Mann-Whitney é semelhante ao F da ANOVA. Se o resultado resulta em p-valor ($p < 0,05$) é significativo. No presente caso, em todos os testes comparativos optou-se pelo método de Dunn, mais conservador ou robusto para quantificar as significâncias.

Para detalhar a análise dos dados, o teste U (Mann-Whitman) (AYRES et al., 2005) foi aplicado para avaliar detalhes específicos comparativos entres os dois períodos sazonais (chuvoso e menos chuvoso ou seco), com as seguintes significâncias: significativo para precipitação, umidade relativa do ar e temperatura do ar mensais (Precchuvoso \neq Precseco e URchuvoso \neq URseco, Tempchuvoso \neq Tempseco, com $p < 0,05$). De modo inverso, para temperatura e radiação global, o teste U foi não significativo (Radchuvoso \approx Radseco, com p

> 0,05, no limite da significância, isto é, $p = 0,06$). Assim, aceita-se a hipótese alternativa ou rejeita-se a hipótese de nulidade para precipitação e umidade relativa entre as duas estações sazonais. E, de modo contrário, se aceita a hipótese de nulidade ou igualdade para apenas a radiação global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1- Variabilidade média mensal dos elementos meteorológicos estudados

Na Figura 2 é apresentada a variação média mensal da radiação solar global, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e temperatura do ar na FLONA Caxiuanã. A radiação solar global é vital para a manutenção da vida na floresta, e controla quase todos os processos fisiológicos da vida vegetal e animal.

A radiação solar global na FLONA de Caxiuanã apresentou um decréscimo durante o período chuvoso, com destaque para o mês de março, que registrou 256,8 W.m⁻². Em contrapartida, a partir dos meses de agosto e setembro houve um aumento gradativo de R_g, e média de 400 W.m⁻². Essas variações podem estar relacionadas com a mudança na inclinação do sol ao longo do ano, que está associado com um conjunto de movimentos astronômicos, como o movimento de translação da Terra em torno do sol e a inclinação do eixo da terra (VAREJÃO-SILVA, 2006). Durante o período chuvoso a nebulosidade aumenta, causando uma atenuação na disponibilidade de radiação solar global na superfície, sendo esta redução média da ordem de 15,8% (Figura 2).

A distribuição da precipitação na FLONA de Caxiuanã é similar às demais regiões da Amazônia, caracterizando-se por dois períodos distintos de chuva. Nos meses de janeiro a maio as chuvas na região registraram valores médios de 300,0 mm, com destaque para o mês de março, com um total pluviométrico de 328,9 mm. No período menos chuvoso, houve uma drástica redução no regime pluviométrico, com uma média de apenas 38,0 mm entre agosto e novembro. Durante o período chuvoso, a precipitação média acumulada correspondeu a 79,9 % do total anual (Figura 2).

Os sistemas causadores de chuva na região amazônica, segundo Molion (1987) e Marengo;Nobre (2009), são provenientes de uma junção de sistemas de circulações de macro e mesoescala, associados a processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação, como as linhas de instabilidade e a convecção diurna, resultante do aquecimento local e, principalmente, a atuação da zona de convergência intertropical (ZCIT), principal sistema meteorológico de grande escala que regula a sazonalidade das precipitações nesta região.

A temperatura e umidade relativa do ar foram os elementos meteorológicos que apresentaram as menores variabilidades mensais. Durante o período chuvoso a temperatura média anual do ar foi de 25,4 °C, enquanto que no período seco, ou menos chuvoso, esta foi de 26,5 °C. A amplitude térmica anual foi de apenas 0,8 °C. Em relação a umidade relativa do ar, observou-se que a FLONA de Caxiuanã apresentou significativa capacidade de retenção de água na forma de vapor, com valor médio em torno de 85,0 %. Como essa variável possui um comportamento inverso ao da temperatura do ar, os meses que apresentaram temperaturas mais elevadas, ou seja, durante o período seco (menos chuvoso), registraram-se os menores valores de umidade relativa do ar. A amplitude média de variação anual da umidade relativa do ar foi de 16,0 % (Figura 2).

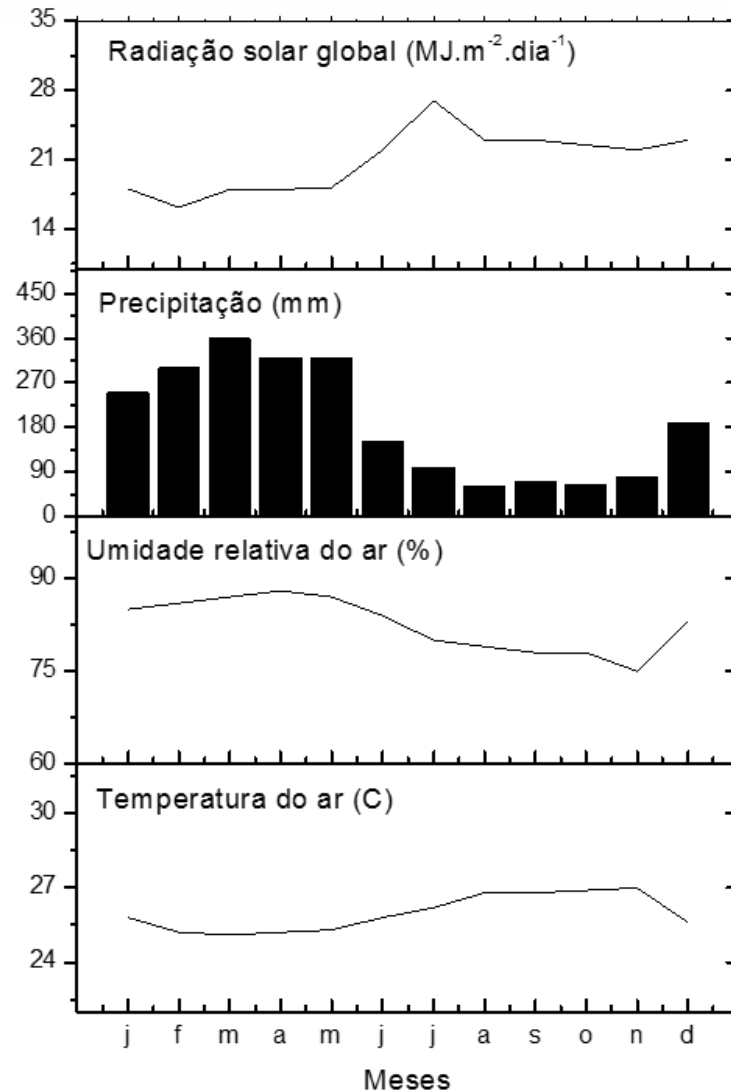


Figura 02 - Variação mensal da radiação solar global, precipitação, umidade relativa do ar e temperatura do ar na FLONA Caxiuanã, Melgaço, Pará.

Os elementos meteorológicos que mais variou foram a precipitação pluvial, com um coeficiente de variação de 30,5 % e 52,7 %, respectivamente nos períodos chuvosos e secos da região, seguido da radiação solar global, com 18,2 % e 17,4 % de coeficiente de variação. A temperatura do ar e a umidade relativa do ar foram os elementos meteorológicos que apresentaram as menores variações sazonais, com seus respectivos coeficientes de variação não ultrapassando o valor de 1,9 % (Tabela 1).

Tabela 01 – Estatística descritiva das características básicas sazonais dos elementos meteorológicos estudados na FLONA Caxiuanã, Melgaço, Pará.

	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹)
Período chuvoso				
Média	256,1	25,4	85,5	32,1
Máxima	336,2	25,9	87,3	38,2
Mínima	125,0	25,1	83,1	22,2
Desvio Padrão	78,2	0,4	1,6	5,9
Coefic. Variação	30,5	1,4	1,9	18,2
Período seco				
Média	64,5	26,5	80,0	37,2
Máxima	129,2	26,8	82,4	43,0
Mínima	34,5	26,0	78,5	26,0
Desvio Padrão	34,0	0,4	1,5	6,5
Coefic. Variação	52,7	1,4	1,8	17,4

2- Variabilidade sazonal média horária dos elementos meteorológicos estudados

Na Figura 3 observou-se a variação sazonal média horária da precipitação pluviométrica, radiação solar global, umidade relativa do ar e temperatura do ar na FLONA Caxiuanã. Durante o período chuvoso os eventos de precipitação pluvial aconteceram de maneira relativamente uniforme, com chuvas praticamente ocorrendo durante todos os horários diurnos, com uma ligeira intensificação nos períodos da tarde e noite.

Durante o período menos chuvoso (seco) a precipitação pluvial ocorreu, preferencialmente, no final do dia e se estendendo até o início da noite. De uma maneira geral, essas chuvas são provenientes de nuvens convectivas que se formam devido a convecção local, em função do aquecimento diferencial da superfície, alcançando seu máximo desenvolvimento vertical nestes horários, produzindo estas precipitações (ARAÚJO et., 2013). Na presente pesquisa, as precipitações médias horárias variaram durante o período chuvoso de um mínimo de 15,2 mm.h⁻¹ até um máximo de 23,0 mm.h⁻¹. Contudo, durante o período seco, estes mínimos e máximos foram de 0,2 mm.h⁻¹ e 4,9 mm.h⁻¹, respectivamente.

Como pode ser observado, a radiação solar global média horária no período chuvoso apresentou valor em torno de 400,1 W.m⁻², com máximo valor as 13:00 horas. Quando analisado o período seco, esta variável apresentou média de 512,2 W.m², registrada no horário de 14:00 horas. Esta variação correspondeu a um aumento médio da ordem de 21,9 % em seus valores absolutos. Em termos comparativos aos estudos de Marques et al. (2012), no estado do Amapá, a média anual da radiação global quantificada foi, respectivamente, 358,5, 329,8 e 394,8 W.m⁻².h⁻¹, para os anos 2006, 2007 e 2008. As máximas ocorreram em setembro dos respectivos anos, da ordem de 462,5, 483,3 e 508,3 W.m⁻².h⁻¹.

A umidade relativa e a temperatura do ar foram os elementos meteorológicos que apresentaram relativamente as menores variações médias horárias. Analisando-se a variabilidade média horária da temperatura do ar durante o período chuvoso, esta apresentou um máximo de 27,7°C, em torno de 13:30 horas, enquanto que os valores mínimos, registrados foram em volta das 05:00 horas da manhã, em média de 23,5 °C. A amplitude térmica diária neste período foi de 4,0 °C. Em relação ao período seco, foi observado que a temperatura máxima do dia aumentou quando comparado ao seu comportamento durante o período chuvoso, sendo esta de 30,5 °C, observada às 14:00 horas. A temperatura mínima ocorreu as 07:00 horas, com um valor de 23,7 °C, sendo a amplitude térmica diária deste período da ordem de 6,7 °C.

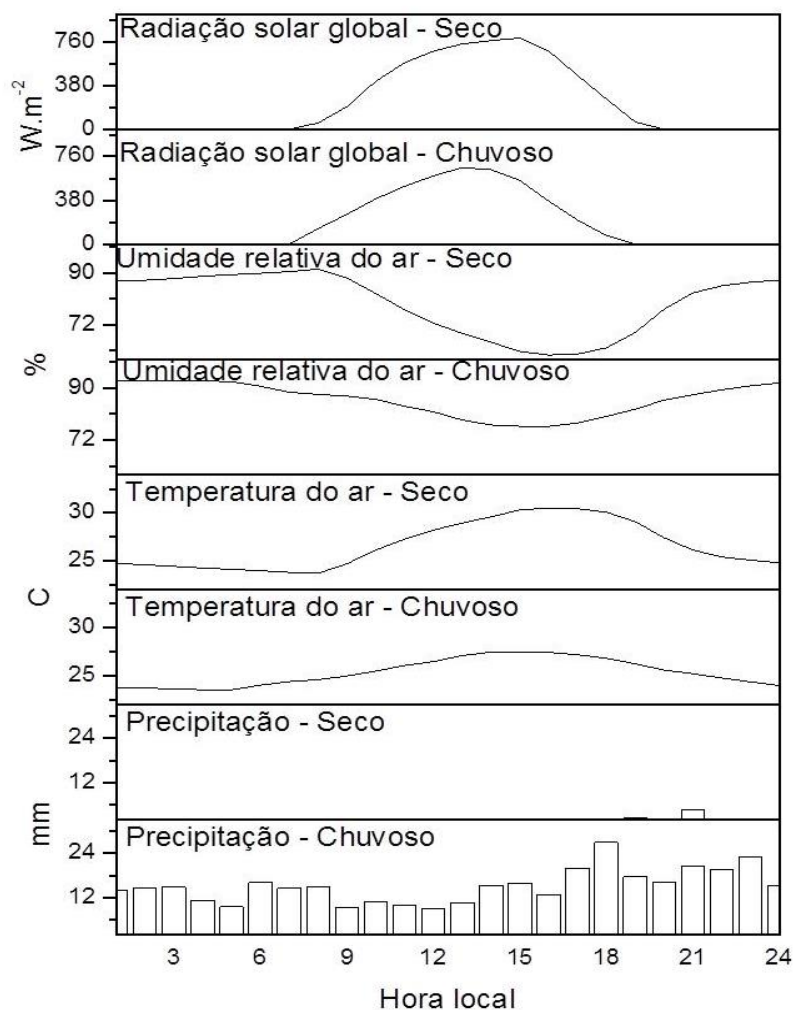


Figura 3 - Variação sazonal média horária da radiação solar global, precipitação, umidade relativa do ar e temperatura do ar na FLONA Caxiuanã, Melgaço, Pará.

Em relação à análise horária, o teste U aplicado resultou nas seguintes significâncias: precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar horárias (Precchuvoso \neq Precseco e URchuvoso \neq URseco, $p < 0,05$) significativo. De modo inverso, para temperatura do ar e radiação solar global (Tempchuvoso \approx Tempseco e Radchuvoso \approx Radseco, $p > 0,05$), teste U foi não significativo. Assim, aceita-se a hipótese alternativa ou rejeita-se a hipótese de

nulidade para precipitação e umidade relativa nos diferentes horários e entre as duas estações sazonais. E, de modo contrário, aceita-se a hipótese de nulidade ou igualdade para temperatura e radiação global.

Como complemento às análises anteriores, considerando todos os elementos meteorológicos, foram elaboradas regressões lineares simples, entre a precipitação, como variável dependente e a radiação solar global, umidade relativa do ar e temperatura, resultando respectivamente, nas seguintes equações: a) $Prec = -10,56 Rad + 536,61$, com $R^2 \approx 0,35$ de explicabilidade, b) $Prec = 33,31.UR - 2.595,3$, com $R^2 \approx 0,88$ de explicabilidade e c) $Prec = -157,06 Temp + 4234,8$, com $R^2 \approx 0,79$ de explicabilidade. Em relação à precipitação, hierarquicamente, as variáveis independentes que melhor explicaram a variação da precipitação pluviométrica foram a umidade relativa do ar e a temperatura do ar.

Deste modo, o nível de explicabilidade das variáveis meteorológicas "independentes" (temperatura e umidade relativa do ar) sugerem que existe correlação entre estas variáveis e a precipitação. O intervalo do coeficiente de determinação variou entre $0,79 \leq R^2 \leq 0,88$, isto é, a temperatura do ar explica 79,0 % da variação da precipitação pluviométrica, enquanto umidade relativa do ar explica cerca de 88,0 % desta variação.

CONCLUSÕES

A presente investigação testou a hipótese de que a precipitação é o elemento meteorológico que apresentou maior variabilidade, seguida da umidade relativa do ar. Esta significância ocorreu tanto em nível mensal quanto no horário. Por outro lado, a variação da temperatura do ar também foi significativa mensalmente, mas não horária. E a variação da radiação solar global não foi significativa, nem em relação à sazonalmente nem em termos horários;

A precipitação é a variável que melhor define e influencia os processos hidrometeorológicos desenvolvidos neste ecossistema florestal. Esta hipótese pode ser explicada pelo padrão sazonal e horário do microclima na FLONA de Caxiuanã;

Em ordem sequencial, a variabilidade dos elementos meteorológicos na FLONA Caxiuanã se deve, respectivamente, à umidade relativa do ar (mensal e horária), temperatura do ar (somente mensal) e a radiação solar global, sem variação significativa (nem mensal nem horária);

A variabilidade média horária da radiação solar, entre 11:00 e 15:00 horas, registrou os maiores valores, para ambos os períodos sazonais. Como esperado, os valores médios mensais da radiação solar global foram menores durante o período chuvoso, estando associados ao aumento da nebulosidade (precipitação) durante esta época do ano.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida. Ao projeto ESECAFLOR/LBA/MCTI/CNPq/FNDCT, processo 457914/2013 – 0, pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G. R.; RANDOW, C. V.; FILHO, N. P.; MANZI, A. O.; GONÇALVES, L. J. A.; CARDOSO, L. C. Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.21, n.3b, p.248-257, 2006.

ARAÚJO, R. G.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. . A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. *Acta Amazônica*, v.43, p.469-480, 2013.

AYRES, M; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. *BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM/MCT/CNPq. Belém - PA, 364 p., 2007.

BRAGA, A. P.; SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L., GONÇALVES, P. H.L.; COSTA, R. F.; PACHECO, R. B.; NÓBREGA, N. E. F.; MEIR, P.; MALHI, Y. Comportamento sazonal de alguns elementos meteorológicos na floresta nacional de Caxiuanã - Pará - Brasil: X Congresso latino americano e ibérico de meteorologia - II Congresso cubano de meteorologia, [s.p], 2005.

COSTA, A. C. L. ; GALBRAITH, D. ; ALMEIDA, S.; PORTELA, B. T.T. ; COSTA, M.; SILVA JUNIOR, J. A.; BRAGA, A. P. ; GONÇALVES, P. H. L. ; OLIVEIRA, A. A.R ; FISHER, R.; PHILLIPS, O. L. ; METCALFE, D.B. ; LEVY, P. ; MEIR, P. Effect of 7 yr of experimental drought on vegetation dynamics and biomass storage of an eastern Amazonian rainforest. *New Phytologist (Print)*, v. 187, p. 579-591, 2010.

COSTA, A. C. L. ; METCALFE, D. B. ; DOUGHTY, C. E. ; OLIVEIRA, A. A.R. ; NETO, G. F. C. ; COSTA, M. C. ; SILVA JUNIOR, J. A. ; ARAGÃO, L. E. O. C. ; ALMEIDA, S. ; GALBRAITH, D. R. ; ROWLAND, L.M. ; MEIR, P. ; MALHI, Y. . Ecosystem respiration and net primary productivity after 8-10 years of experimental through-fall reduction in an eastern Amazon forest. *Plant Ecology & Diversity (Print)*, v. 7, p. 1-18, 2013.

COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P.; GONCALVES, P.H.L.; COSTA, R. F.; SILVA JÚNIOR, J. A.; MALHI, Y.; ARAGÃO, L.;MEIR, P. Estudos hidrometeorológicos em uma floresta tropical chuvosa na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, p.283-290, 2006.

CUNHA, A. C. ; VILHENA, J. E. S. ; SANTOS, E. ; SARAIVA J. B. ; KUHN, PAULO A.F. ; BRITO, D. C ; SOUZA, E. B. ; ROCHA, E. P. ; CUNHA, H. F. A. ; ALAAN UBAIRA BRITO ; BRASIL JUNIOR, A. C. P. ; PACA, V. H. ; SANTOS, P. V. C. J. Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 29, p. 95-110, 2014.

FIELD, C., BEHRENFELD, M., RANDERSON, J. & FALKOWSKI, P. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281, p.237-240, 1998.

GALVÃO, J. A. C.; FISCH, G. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.15, n.2, p.25-37, 2000.

HOREL, J.; HAHMANN, A.; GEISLER, J. An investigation of the annual cycle of the convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, v.2, p.1388-1403, 1989.

MALHI, Y. et al. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319, p.169-172, 2008.

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

MARQUES, D. D.; BRITO, A. U.; CUNHA, A. C. e SOUZA, L. R. Variação da radiação solar no Estado do Amapá: Estudo de Caso em Macapá, Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque no período de 2006 a 2008. *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 27, p. 287-294, 2012.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.2, p.107-117, 1987.

MORAES, J. C.; COSTA, J. P. R.; ROCHA, E. J. P.; SILVA, I. M. O. Estudos Hidrometeorológicos na Bacia do Rio Caxiuanã. In: Lisboa, P. L. B. Cnpq/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p.85-95, 1997.

OLIVEIRA, A. A. R.; COSTA, A. C. L.; SILVA JUNIOR, J. A.; COSTA, R. F. Estimativa da Temperatura do Ar com base em modelo de regressão linear na torre micrometeorológica do Projeto ESECAFLOR/LBA. *Workshop de Micrometeorologia - Santa Maria - RS*, p.4, 2013.

OLIVEIRA, L. O.; COSTA, R. F.; COSTA, A. C. L.; SOUSA, F. A. S.; BRAGA, A. P. Modelagem da interceptação na floresta nacional de Caxiuanã, no leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.3, p.318-326, 2008a.

OLIVEIRA, L. O.; COSTA, R. F.; COSTA, A. C. L.; SOUSA, F. A. S.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*, v.38, n.4, p.723-732, 2008b.

RIVERO, S. A.; ORIANA, A.; SAULO, O. W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, v.19, p.41-66, 2009.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; AZEVEDO, V. A.; COSTA, R. F.; METCALFE, D. B.; GONCALVES, P.H.L.; BRAGA, A. P.; MALHI, Y.; ARAGÃO, L.; MEIR, P. Fluxos de CO₂ do solo na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, n.1, p.85-94, 2013.

SILVA, L. M.; ABREU SÁ, L. D.; MOTA, M. A. S. Avaliação de características dos regimes de umidade na FLONA de Caxiuanã-PA durante o experimento Cobra-Pará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, p.248-257, 2006.

SOUZA FILHO, J. D. C.; 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, p.318-330, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. Versão digital 2. Recife, PB, março, 463p., 2006.

WARD, NICHOLAS D.; KEIL, RICHARD G.; MEDEIROS, PATRICIA M.; BRITO, DAIMIO C.; CUNHA, ALAN C.; DITTMAR, THORSTEN; YAGER, PATRICIA L.; KRUSCHE, ALEX V.; RICHEY, JEFFREY E. Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. *Nature Geoscience (Print)*, v. 6, p. 530-533, 2013.

Recebido em: 27/10/2017

Aprovado para publicação em: 30/07/2018