



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA

**VARIABILIDADE DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E DE
CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES AMBIENTES NA
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

PAULO HENRIQUE DIAS BARBOSA

Santarém, Pará
Setembro de 2015

PAULO HENRIQUE DIAS BARBOSA

**VARIABILIDADE DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E
DE CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES AMBIENTES
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

ANTÔNIO CARLOS LÔLA DA COSTA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos de Ecossistemas Amazônicos


**Santarém, Pará
Setembro de 2015**

VARIABILIDADE DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E DE CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES AMBIENTES NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, Área de concentração: Estudos de Ecossistemas Amazônicos. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em dia de mês de ano.

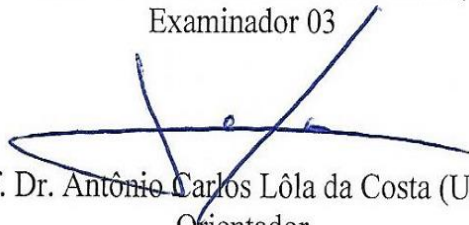
Prof. Dr. Troy Patrick Beldini (UFOPA)
Coordenador(a) do PGRNA

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:


Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior (UFPA)
Examinador 01

Prof. Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Júnior (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL)
Examinador 02

Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos (UFOPA)
Examinador 03


Prof. Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa (UFPA)
Orientador

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- B238v Barbosa, Paulo Henrique Dias
 Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira / Paulo Henrique Dias Barbosa. – Santarém, 2015.
 97 f.
 Inclui bibliografias.
- Orientador : Prof. Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém, 2015.
1. Climatologia - Amazônia. I. Costa, Antônio Carlos Lôla da, orient. II. Título.

CDD: 23 ed. 551.609811

Bibliotecário - Documentalista: Zélia Alves Gonçalves – CRB/2 821

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Tânia e Bebiano, e a minha esposa Karina.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à força maior que nos ilumina e nos dá sabedoria para superar todos os desafios e encontrar soluções e conforto nos momentos mais difíceis e aos meus pais, Tânia e Bebiano, pelo apoio incondicional que me fez chegar até aqui;

À minha esposa, Karina, pela compreensão e incentivo em todos os momentos;

À minha irmã, Aline, à minha família e amigos que, direta ou indiretamente, perto ou longe, sempre me impulsionaram nas minhas escolhas;

Especialmente ao professor Antônio Carlos Lôla da Costa pela orientação, paciência, ensinamentos passados e amizade conquistada durante esse período;

Ao professor João Silva pela ajuda, orientação e amizade;

Aos professores Raimundo Cosme e Carlos Vildoso pela orientação no esclarecimento de diversas dúvidas;

À todos os professores e colegas do Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais da Amazônia pelo compartilhamento de informações e experiências;

À Universidade Federal do Oeste do Pará pela oportunidade dada;

Ao Instituto Nacional de Cidadania e Reforma Agrária, principalmente o setor de Regularização Quilombola, pelo apoio e compreensão nos momentos ausentes;

EPÍGRAFE

**“Hitotsu: Makoto no michi wo mamoru koto
(Primeiro: Fidelidade para com o verdadeiro caminho da razão)”**

Mestre Gichin Funakoshi

BARBOSA, Paulo Henrique Dias. **Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira.** 2015. 97 páginas. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2015.

RESUMO

O estudo de clima urbano na Região Amazônica é de suma importância, pois as altas taxas de desmatamento e geração de mudanças ambientais complexas relacionadas à urbanização provocam, cada vez mais, distúrbios entre os sistemas solo-planta-atmosfera. O presente trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade média horária e mensal da temperatura do ar, umidade relativa e específica do ar, radiação solar global e precipitação em diferentes ambientes na Amazônia brasileira, enfatizando os efeitos da urbanização e da localização geográfica nos mesmos. Este estudo foi desenvolvido nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA). Os dados foram obtidos através de estações meteorológicas automáticas de superfície, da Campbell Scientific, com datalogger modelo CR1000, localizada acima do dossel na FLONA Caxiuanã e a 1,5 metros da superfície nas cidades, ambas em locais com características tipicamente urbanas. O período de estudo foi de 2009 a 2013, com medições em intervalos de 30 minutos. A análise estatística foi realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 0,05. Os resultados indicaram que a precipitação foi o elemento meteorológico com maior variação, tanto entre localidades, como sazonalmente. Para a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global, a variação mensal foi pequena, sendo mais característica as variações horárias sazonais. O índice de calor também apresentou pouca diferença entre os locais estudados, sendo que, na FLONA Caxiuanã, os valores foram mais amenos, evidenciando a importância das áreas verdes na melhoria do conforto térmico Amazônico. Destaque também para a FLONA Caxiuanã em relação à temperatura do ar, que apresentou menores valores, se comparada com aqueles observados nas cidades estudadas. Esta atenuação das temperaturas e do conforto térmico relacionado com as áreas intensamente vegetadas e preservadas enfatiza a grande necessidade de preservação das áreas verdes amazônicas, no sentido da melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Palavras-chave: Clima urbano, variabilidade, Amazônia.

BARBOSA, Paulo Henrique Dias. **Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia brasileira.** 2015. 97 páginas. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2015.

ABSTRACT

The study of urban climate in the Amazon is extremely important because the high rates of deforestation related to urbanization generate complex environmental changes and greater disturbances between the soil-plant-atmosphere system. The goal of this study is to analyze the average hourly and monthly variability of air temperature, relative and specific humidity, solar radiation and precipitation in different environments in the Brazilian Amazon to emphasize the effect of urbanization and geographic location the same. This study was conducted in cities of the Belém (PA) and the Manaus (AM) and FLONA Caxiuanã (PA). The data were obtained from automatic weather stations using Campbell Scientific dataloggers (CR100 model), located above the canopy in FLONA Caxiuanã and 1.5 meters from the surface in the cities, both of which had typical urban characteristics. Measurements were taken at 30 minute intervals between 2009 and 2013. Statistical analysis was performed using the nonparametric Kruskal-Wallis test, with a 0.05 significance level. The results indicated that precipitation was the meteorological element with greater variation, both between locations and seasonally. For air temperature, relative moisture and solar radiation, the monthly variation was small, and was instead mostly characterized by seasonal and hourly variations. The heat index also showed little difference between the sites studied, however at the FLONA Caxiuanã the values were lower, highlighting the importance of green areas for improving the thermal comfort of the Amazon region. This is emphasized further in the air temperature data at the FLONA Caxiuanã, which was significantly lower than those observed in the cities. This attenuation of temperatures and thermal comfort in intensely vegetated and preserved areas emphasizes the need for preservation of Amazonian green areas to improve the quality of life for the inhabitants of Amazonia.

Key words: Urban climate variability, Amazon

Sumário

LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	14
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Revisão de Literatura	18
1.1.1. Variáveis Meteorológicas.....	21
1.1.1.1. Temperatura do ar	21
1.1.1.2. Umidade relativa e específica do ar	22
1.1.1.3. Radiação solar global	23
1.1.1.4. Precipitação	23
1.1.2. Fenômenos climáticos e meteorológicos na região Norte.....	24
1.1.2.1. Circulação Geral da Atmosfera.....	25
1.1.3.2. Zona de Convergência Intertropical – ZCIT	27
1.1.3.3. El Niño e La Niña.....	30
1.1.3.4. Linhas de Instabilidade e Efeito de Brisa.....	31
1.1.4. Clima Urbano	32
1.1.5. Conforto Térmico.....	33
1.2. Justificativa	34
1.3. Objetivos	35
1.3.1. Objetivo Geral	35
1.3.2. Objetivos Específicos	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. Descrição das áreas de estudo	35
2.2. Dados Utilizados	39
2.2.1. Índice de conforto térmico	40
2.3. Análise dos dados.....	41
2.4. Limitações dos Procedimentos de coleta de dados	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1. Precipitação.....	42
3.1.1. Variabilidade média mensal	42
3.1.2. Sazonalidade média horária	46
3.1.3. Análises estatísticas.....	48
3.2. Temperatura do ar	49

3.2.1. Variabilidade média mensal	49
3.2.2. Sazonalidade média horária	51
3.2.3. Análises Estatísticas	53
3.3. Umidade relativa do ar	54
3.3.1. Variabilidade média mensal	54
3.3.2. Sazonalidade média horária	56
3.3.3. Análises Estatísticas	57
3.4. Umidade Específica do ar	58
3.4.1. Variabilidade média mensal	58
3.4.2. Sazonalidade média horária	60
3.4.3. Análises estatísticas.....	61
3.5. Radiação solar global	62
3.5.1. Variabilidade média mensal	62
3.5.2. Sazonalidade média horária	64
3.5.3. Análises Estatísticas	65
3.6. Índice de calor	66
3.6.1. Variabilidade média mensal	66
3.6.2. Sazonalidade média horária	68
3.6.3. Análises Estatísticas	70
4. COCLUSÕES	71
5. BIBLIOGRAFIA.....	72
APÊNDICES.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo conceitual da circulação global atmosférica, indicando as células meridionais e as direções dos ventos próximos à superfície. Também são indicadas as latitudes típicas de baixas e alta pressões.....	26
Figura 02 – Modelo esquemático da formação da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ em inglês ou ZCIT em português) pela confluência dos ventos alísios de Nordeste e Sudeste.....	28
Figura 03 – Mapa de localização geográfica do município de Belém, PA.....	37
Figura 04 – Mapa de localização geográfica do município de Manaus, AM.....	38
Figura 05 – Mapa de localização geográfica da FLONA Caxiuanã, PA.....	39
Figura 06 – Distribuição média mensal da precipitação nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	43
Figura 07 – Normais climatológicas do período de 1961 a 1990 das cidades de Belém (PA) e Cidade de Manaus (AM) e dados de precipitação da FLONA Caxiuanã do período de 1980 a 2005. Os dados das cidades de Belém e de Manaus foram adaptados de Ramos, Santos e Fortes (2009) e os da FLONA Caxiuanã da estação científica Ferreira Pena (ECFPn).....	46
Figura 08 – Variabilidade média horária da precipitação nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	47
Figura 09 – Distribuição média mensal da temperatura do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	50
Figura 10 – Variabilidade média horária da temperatura do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	53
Figura 11 – Distribuição média mensal da umidade relativa do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	55
Figura 12 – Variabilidade média horária da umidade relativa do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	57
Figura 13 – Distribuição média mensal da umidade específica do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	59
Figura 14 – Variabilidade média horária da umidade específica do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	61

Figura 15 – Acúmulo mensal da Radiação solar global nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	64
Figura 16 – Variabilidade média horária da radiação solar global nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	66
Figura 17 – Distribuição média mensal do índice de calor nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	67
Figura 17 – Variabilidade média horária do índice de calor nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – População e distribuição relativa por biomas brasileiros, 1970 a 2010.....	17
Tabela 02 – Percentual da população urbana por biomas brasileiros, 1970 a 2010.....	17
Tabela 03 – Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do Índice Térmico.....	41
Tabela 04 – Estatística descritiva da precipitação (PRP) nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	44
Tabela 05 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para precipitação média horária, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	49
Tabela 06 – Estatística descritiva da Temperatura média mensal do ar (Tar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	51
Tabela 07 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para Temperatura média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	54
Tabela 08 – Estatística descritiva da umidade relativa média mensal do ar (URar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	55
Tabela 09 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para umidade relativa média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	58
Tabela 10 – Estatística descritiva da umidade específica média mensal do ar (UEar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	60
Tabela 11 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para umidade específica média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	62
Tabela 12 – Estatística descritiva da Radiação solar global mensal (RSG) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	65
Tabela 13 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para radiação solar global média horária, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA deCaxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	67

Tabela 14 – Estatística descritiva do Índice de calor (IC) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.....	68
Tabela 15 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para índice de calor médio horário, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.....	70

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

BEM – Balanço Energético Nacional
DOL – Distúrbios Ondulatórios de Leste
ECFPn – Estação Científica Ferreira Pena
FLONA – Floresta Nacional
HN – Hemisfério Norte
HS – Hemisfério Sul
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Índice de calor
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
LI – Linha de Instabilidade
LIC – Linha de Instabilidade Costeira
TSM – Temperatura da Superfície do Mar
UR – Umidade relativa
ZCA – Zona de Confluência dos Alísios
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

1. INTRODUÇÃO

O bioma amazônico estende-se do oceano Atlântico às encostas orientais da Cordilheira dos Andes, apresentando altitude máxima de, aproximadamente 600m (Ferreira et al., 2005). A Amazônia abrange nove países da América do Sul, onde 69% dessa área pertence ao Brasil. O bioma abrange os Estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, totalizando cerca de 4.871.000km² e uma população em torno de vinte milhões de habitantes, com 60% dela vivendo em áreas urbanas (Ferreira et al., 2005).

Conforme os dados dos censos demográficos realizados pelo IBGE nos últimos 40 anos e apresentados no trabalho de Ojima e Martine (2012), 10,1% da população brasileira se concentra no bioma amazônico, contabilizando cerca de 19,2 milhões de pessoas. Em estudo feito pelos autores, em relação ao número de habitantes, em 40 anos, a população na Amazônia aumentou quatro vezes, passando de cerca de 5 milhões para 19,2 milhões de pessoas. Proporcionalmente ao valor inicial, foi o bioma que mais teve acréscimo populacional (Tabela 01). A pesquisa também mostra que na década de 1970 a população urbana na Amazônia era de 41% e, de acordo com o censo de 2010, esse número passou para 71,4%, apresentando, proporcionalmente, o segundo maior índice de urbanização entre os biomas, perdendo somente para a região do cerrado (Tabela 02).

Tabela 01 – População e distribuição relativa por biomas brasileiros, 1970 a 2010.

Biomas	1970		1980		1991		2000		2010	
	População	%	População	%	População	%	População	%	População	%
Amazônia	5.023.569	5,4	8.064.949	6,8	12.383.853	8,4	15.751.010	9,3	19.215.089	10,1
Caatinga	14.340.406	15,4	17.025.923	14,3	20.095.170	13,7	22.115.445	13,0	24.296.931	12,7
Cerrado	13.328.779	14,3	17.833.669	15,0	23.087.194	15,7	27.550.397	16,2	32.043.653	16,8
Mata Atlântica	56.548.258	60,7	71.393.472	60,0	85.578.393	58,3	98.015.169	57,7	108.551.171	56,9
Pampa	3.659.648	3,9	4.489.025	3,8	5.435.022	3,7	6.103.072	3,6	6.364.488	3,3
Pantanal	230.023	0,2	204.014	0,2	245.843	0,2	264.077	0,2	284.467	0,1
TOTAL	93.130.683	100,0	119.011.052	100,0	146.825.475	100,0	169.799.170	100,0	190.755.799	100,0

Fonte: Ojima e Martine, 2012

Tabela 02 – Percentual da população urbana por biomas brasileiros, 1970 a 2010

Biomas	1970	1980	1991	2000	2010
Amazônia	41,0	46,4	54,4	67,8	71,4
Caatinga	32,3	41,3	52,5	60,3	65,4
Cerrado	50,7	66,9	78,0	85,4	88,1
Mata Atlântica	64,0	76,0	83,2	86,9	90,0
Pampa	69,8	80,8	87,1	89,7	91,5
Pantanal	39,6	65,6	72,2	78,0	81,5

TOTAL	55,8	67,5	75,5	81,1	84,3
--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Fonte: Ojima e Martine, 2012

De acordo com Sathler et al. (2009), o processo de urbanização da Amazônia ocorreu em duas fases distintas: uma anterior a 1960, que aconteceu às margens dos rios, e outra a partir de 1960 com a expansão dos grandes projetos de exploração mineral e incentivos governamentais de colonização por meio da abertura de grandes rodovias. Nas últimas décadas, as taxas de crescimento populacional nos grandes centros urbanos na Amazônia foram superiores às outras regiões brasileiras, resultado, principalmente, do fluxo migratório originário do Nordeste e do Sul do Brasil.

Devido a esse processo intensivo de urbanização, às taxas elevadas de desmatamento e consequentes distúrbios ambientais, a Amazônia tem despertado grande interesse de pesquisadores do mundo inteiro. O bioma amazônico abriga metade das espécies conhecidas de plantas tropicais, com 2500 espécies de árvores (um terço da madeira tropical do mundo) e é composta por uma variedade de peixes maior que a do Oceano Atlântico, visto que, possui a maior bacia hidrográfica do mundo com 80 mil km de rios navegáveis. Estão presentes na região cerca de 2,5 milhões de espécies de insetos e aproximadamente 2 mil aves e mamíferos. Até o momento, pelo menos 40 mil espécies de plantas, 3 mil de peixes, 1.294 aves, 427 mamíferos, 428 anfíbios e 378 répteis foram classificadas cientificamente (Silva et al., 2005)

Nesse contexto, o estudo do clima amazônico é de extrema importância na ampliação do conhecimento de todo o ecossistema da região e de suas peculiaridades, pois, os fenômenos climáticos e meteorológicos estão diretamente relacionados com os processos físicos, fisiológicos e biológicos que interagem com o sistema solo-planta-atmosfera e influenciam totalmente a dinâmica ecossistêmica de animais e plantas na superfície terrestre (Costa, 1998).

1.1. Revisão de Literatura

A concentração de grande parte das atividades econômicas, sociais e culturais nos centros urbanos, provoca, cada vez mais, um aumento da densidade populacional nesses centros e, conseqüentemente, da demanda e do consumo de energia, água e outras matérias primas (Assis, 2005).

Com o advento da Revolução Industrial, houve um intenso processo de urbanização em todo o mundo. Em um curto espaço de tempo cidades foram se transformando em grandes centros urbanos com atividades socioeconômicas concentradas. Esse processo impulsionou, ao final do século XIX, o êxodo rural e, conseqüentemente, o crescimento acelerado e desordenado

da população urbana. Esses processos resultaram, entre outros fatores, em modificações no equilíbrio térmico urbano, provocando diminuição drástica na qualidade de vida da população (Santos et al., 2012).

No Brasil, entre as décadas de 1940 a 1990, o aumento da população das cidades provocou uma inversão nos percentuais entre a população residente no campo, em relação à residente na zona urbana (Costa et al., 2013). O novo paradigma de desenvolvimento econômico adotado, caracterizado pela propriedade privada dos meios de produção, mercados livres e trabalho assalariado, proporcionou ao longo das últimas décadas, centralização de atividades industriais, comerciais e financeiras, prioritariamente nas áreas urbanas, atraindo cada vez mais expressivas massas populacionais à procura de trabalho, educação, saúde, entre outros benefícios, contribuindo, desta forma, para a intensificação da degradação do meio físico natural (Silva Júnior et al., 2012)

No ocidente, as primeiras abordagens relacionadas à preocupação com clima urbano surgiram antes da Revolução Industrial, porém com pouca expressividade. Após a Segunda Guerra Mundial, a sociedade passou a adotar um modelo de civilização que, segundo Viana e Amorim (2008), impõe-se ao meio natural. De acordo com os autores, esse modelo é baseado na industrialização e na urbanização. O primeiro é responsável pela organização das formas de produção e do trabalho e o segundo é referente à concentração populacional nas cidades. O processo de urbanização provoca no ambiente resultados de extrema importância, como o aparecimento, em locais específicos, de meios geográficos artificiais que são impróprios para as condições ideais de vida e de equilíbrio com o ambiente natural.

De acordo com Viana e Amorim (2008), seguindo esse histórico, as cidades podem ser percebidas como um complexo organizacional humano, onde os indivíduos atuam com toda sua plenitude, modificando a natureza com a finalidade de suprir suas necessidades. O ser humano adotou as cidades como sua morada e o crescimento populacional nas mesmas vêm crescendo a cada ano.

Na ânsia de melhorar o ambiente deteriorado criado nas cidades, o ser humano cria ambientes artificiais que possam suprir a necessidade de locais confortáveis, modificando, cada vez mais, o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera, principalmente nas relações entre temperatura e umidade (Viana e Amorim, 2008).

As atividades humanas são influenciadas diretamente pelo clima de uma região. No entanto, os seres humanos também são capazes de promover alterações no meio ambiente, que na maioria dos casos, podem ser altamente prejudiciais e até mesmo irreversíveis (Oke, 1987).

O aumento da temperatura do ar em relação ao seu entorno rural adjacente é uma das mais acentuadas modificações meteorológicas provocadas por esse processo de urbanização. Esse fenômeno é conceituado como ilha de calor urbana (Costa, 1998), sendo o reflexo de mudanças microclimáticas em consequência de alterações da superfície urbana feita pelo ser humano (Lowry, 1967). Oke (1987) conceituou a ilha de calor urbana como a ocorrência do aumento da temperatura do ar nas áreas centrais dos centros urbanos, em relação a sua periferia, causado por alterações das características térmicas das superfícies, decorrente da substituição de áreas vegetadas por edificações e pavimentação.

A ilha de calor é formada a partir das mudanças relacionadas com as modificações do balanço de energia e de radiação que ocorrem na zona urbana provocadas pela substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções, as quais absorvem parte da energia solar recebida durante o dia, liberando-a para o ambiente durante a noite. Assim, a energia que seria utilizada para evaporar a umidade presente na superfície, é diretamente absorvida pela superfície urbana central, aquecendo-a mais que a sua periferia rural. O calor originado de atividades antrópicas e a poluição atmosférica também são fatores fundamentais para que ocorram essas alterações (Landsberg, 2011).

As ilhas de calor urbanas ocorrem em todas as cidades e metrópoles, porém, sua distribuição e intensidade são diretamente proporcionais ao crescimento urbano da cidade e de sua população (Costa et al., 2013). Estudos como de Chandler (1962), Hutcheon et al. (1967), Camargo e Tavares (1985), Yamashita (1990), Goldreich (1992) e Vidal (1992) mostraram que existe uma tendência das temperaturas nas cidades serem maiores nos centros urbanizados diminuindo em direção às periferias.

Costa et al. (2013b) cita em seu trabalho que a ilha de calor varia também de acordo com as estações, sendo mais acentuada na estação seca, diminuindo de intensidade na estação chuvosa, quando a umidade ambiente é aumentada e os contrastes térmicos entre a cidade e a área rural no entorno são reduzidos. O autor afirma que as áreas verdes contribuem positivamente no clima e na qualidade do ar, pois, tendem a reduzir a temperatura do ar, amenizando o aquecimento excessivo do solo e das estruturas nele instaladas, já que equilibram as taxas de evapotranspiração e os níveis de vapor d'água na atmosfera próxima

Devido ao rápido e desordenado crescimento populacional, é cada vez mais difícil proporcionar condições ideais de vida aos habitantes de uma cidade, principalmente naquelas situadas em países com baixo índice de desenvolvimento (Costa, 1998).

Estudos como o de Maitelli et al. (1991) apresentam que a urbanização, dentre as atividades antrópicas capazes de provocar alterações meteorológicas de micro e mesoescala, é uma das que contribuem mais significativamente para a ocorrência dessas alterações.

1.1.1. Variáveis Meteorológicas

1.1.1.1. *Temperatura do ar*

Antes de iniciar a discussão a respeito da temperatura do ar, é de suma importância abordar dois conceitos imprescindíveis na discussão dessa variável: calor latente e calor sensível.

Fisicamente, calor é a transferência de energia térmica entre corpos com temperaturas diferentes. Calor sensível é a quantidade de calor que tem como efeito apenas a alteração da temperatura de um corpo. Este fenômeno é conduzido pela lei física conhecida como Equação Fundamental da Calorimetria, que diz que a quantidade de calor sensível é igual ao produto de sua massa, da variação da temperatura e de uma constante de proporcionalidade dependente da natureza de cada corpo, denominada calor específico. No entanto, nem toda a troca de calor existente na natureza se detém a modificar a temperatura dos corpos. Em alguns casos há mudança de estado físico destes corpos. Neste caso, a quantidade de calor envolvida no processo é denominada de calor latente. A constante de proporcionalidade é chamada calor latente de mudança de fase e se refere a quantidade de calor que 1g da substância necessita para mudar de uma fase para outra. Além de depender da natureza da substância, este valor numérico depende de cada mudança de estado físico. A quantidade de calor latente é igual ao produto da massa do corpo (m) e por uma constante de proporcionalidade.

Para a discussão proposta na pesquisa, o que será importante de fato são os fluxos de calor sensível e latente que ocorrem na superfície das três localidades e que será abordada posteriormente.

De uma forma simplificada, a temperatura do ar expressa a quantidade de energia contida no meio, que oscila temporal e sazonalmente entre um mínimo e um máximo, de acordo com as condições locais. Devido essa oscilação contínua de energia, a temperatura do ar atua ativamente nos processos fisiológicos vitais dos seres vivos (Alves e Vianello, 1991). Cada espécie tem exigências particulares quanto às variações de temperatura, necessitando de uma faixa ótima onde o crescimento e o desenvolvimento dos indivíduos ocorrerá normalmente. Quando a temperatura do ar atinge a faixa de tolerância, as reações fisiológicas começam a ser

comprometidas. O tempo de exposição dos indivíduos às faixas extremas de temperatura do ar podem provocar danos irreversíveis aos mesmos, podendo levar a morte (Varejão-Silva, 2006).

A superfície do solo, vegetada ou não, é o principal receptor de radiação solar e da radiação atmosférica, atuando também como emissor de radiação. Seu balanço de radiação, variável durante o dia e o ano, promove, também, tais variações na temperatura do solo e do ar. As variações diárias do balanço de radiação da superfície do solo ocorrem em função da trajetória diária do sol acima do horizonte, enquanto que as variações estacionais ocorrem em função da variação da declinação do Sol ao longo do ano (Alves e Vianello, 1991).

1.1.1.2. Umidade relativa e específica do ar

Umidade relativa do ar (grau higrométrico do ar) é a razão entre a pressão de vapor d'água na atmosfera e a pressão de vapor d'água saturado (Costa, 2003). A evaporação é a transição de uma substância da fase líquida para a fase gasosa em uma temperatura menor que a de ebulição. Durante esse processo ocorre a atuação das moléculas da interface, sendo esse então, um fenômeno de superfície. A pressão exercida pelo vapor sobre a massa líquida é chamada de pressão de vapor. Considerando um ambiente fechado onde há água em evaporação, quando o sistema líquido-vapor alcançar o equilíbrio a pressão de vapor será máxima, ocorrendo a saturação do vapor d'água (Costa, 2003).

A soma de todo o vapor d'água, névoa e gelo da atmosfera representam (se condensado) 25mm de água na superfície terrestre, 10 vezes mais que a água de todos os rios do planeta. A precipitação, em grande parte, vem deste suprimento transitório. A umidade atmosférica absorve ou reflete aproximadamente metade da radiação de ondas curtas durante o dia e ajuda a reter radiação de ondas longas (dia e noite). A umidade atmosférica também controla a evaporação, permitindo o armazenamento de água no solo (Soares, 1999).

Dentro desse contexto, existem algumas formas de quantificar a umidade presente no ar, sendo que as duas medidas que foram utilizadas no trabalho foram a umidade relativa do ar e a umidade específica do ar.

A umidade relativa do ar indica quão próximo o ar está da saturação, ao invés de indicar a real quantidade de vapor d'água no ar. Como a UR é baseada na razão de mistura e na razão de mistura de saturação e a quantidade de umidade necessária para a saturação é dependente da temperatura, a UR pode variar com ambos os parâmetros. Primeiro, se vapor d'água é adicionado ou subtraído do ar, sua UR mudará, se a temperatura permanecer constante

Já a umidade específica é a razão entre a massa de vapor d'água e a massa total de ar úmido que o contém (g/kg). A mesma não muda com a pressão, sendo uma medida mais fiel à realidade.

1.1.1.3. Radiação solar global

A radiação solar global pode ser definida como o total de energia emitida pelo sol, que incide sobre a superfície terrestre com comprimento de onda compreendido entre 150 e 4.000nm (Cargnelutti Filho et al., 2004). Pereira et al. (2002) afirma que a radiação solar é considerada a fonte primária de todos os fenômenos atmosféricos e de processos físicos, químicos e biológicos notados nos ecossistemas, podendo ser aproveitada de diversas formas, como nos processos fisiológicos dos seres vivos, no aquecimento de ar e água para fins domésticos e industriais e fontes para ciclos termodinâmicos variados.

Essa variável meteorológica pode ser obtida por meio de medições diretas, através da utilização de instrumentos meteorológicos, ou meio de fórmulas e constantes físicas (Pereira et al., 2002). O primeiro método é mais utilizado, no entanto, ainda hoje, expressivas redes de estações meteorológicas não possuem um significativo acervo de dados de radiação solar, tanto em número de anos quanto em densidade geográfica de locais de medida. Esta situação ocorre, principalmente, devido ao alto investimento para implantação dos equipamentos e manutenção dos mesmos (Buriol et al., 2006).

1.1.1.4. Precipitação

A precipitação pode ser conceituada como qualquer forma de água originada da atmosfera que atinge a superfície terrestre, como, por exemplo, neve, granizo, chuva, geada, etc. O que diferencia as várias formas de precipitação é se a água está no estado sólido ou líquido (Custódio e Llamas, 1996).

Devido à grande importância para o planejamento e desenvolvimento de atividades humanas, a precipitação é considerada a variável meteorológica de maior importância para regiões tropicais, estando diretamente relacionada à produção agrícola, à dinâmica das atividades antrópicas e ao manejo racional dos recursos naturais nessas regiões (Amanajás e Braga, 2012; Moraes et al., 2005).

Amanajás e Braga (2012) citaram em seu trabalho que as precipitações na Amazônia Oriental são influenciadas diretamente por fenômenos de escala planetária como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e por fenômenos de mesoescala como as Linhas de Instabilidade (LIs).

Um estudo feito por Molion (1993) sobre as circulações de macro e mesoescalas que atuam na Amazônia e os processos dinâmicos que arranjam e causam sua precipitação, sugeriu que os principais mecanismos que colaboram para o elevado total pluviométrico na região são resultados da combinação e atuação da ZCIT, das LIs originadas na costa Norte/Nordeste do litoral do Atlântico, brisas marítimas e aglomerados convectivos de meso e macroescalas, associados com a penetração de sistemas frontais na região Sul/Sudeste do Brasil, que são mantidos pelas fontes de vapor d'água compostas pelo Oceano Atlântico e Floresta Amazônica. Além dos sistemas de macro e mesoescala, sistemas de escala local, tais como, as brisas fluviais e a influência da topografia, são importantes mecanismos geradores de chuva na Amazônia

1.1.2. Fenômenos climáticos e meteorológicos na região Norte

“Climate is what we expect, weather is what we get [Clima é aquilo que esperamos, tempo é o que sentimos]” Mark Twain

Antes de se iniciar a discussão à respeito dos fenômenos climáticos e meteorológicos que ocorrem na Amazônia, é importante conceituar a diferença entre clima e tempo. De forma simples, Dias e Silva (2009) conceituam clima como a média das condições temporais ao longo de algumas décadas e tempo são as condições meteorológicas percebidas diariamente e que afetam diretamente as atividades humanas. Vianello e Alves (2012) conceitua tempo como a integração das condições temporais em um determinado período e em uma determinada área e tempo como um experiência diária concreta, ou seja, o estado instantâneo da atmosfera. O estudo climático, antes realizado em uma faixa média de tempo de trinta anos, hoje é bem mais variável, sendo que as escalas climáticas podem variar de minutos (microclimas) a milênios (clima planetário).

No geral, de acordo com o trabalho de Fisch, Marengo e Nobre (2006) o clima da Amazônia é uma combinação de muitos e variáveis fatores, sendo que o de principal importância é a disponibilidade de energia solar. Pelo fato de estar situada entre latitudes 5N e 10S, os valores de recebimento de energia solar no topo da atmosfera variam de 36,7MJ.m⁻².dia- (máximo) em dezembro e janeiro a 30,7MJ.m⁻².dia- (mínimo) em junho e julho. Por causa dos altos valores de energia incidente na superfície terrestre, a temperatura do ar apresenta um comportamento pouco variável durante o ano, variando em média de 1 a 2 °C (com exceção da região sul da Amazônia que sofrem ações de sistemas frontais), sendo que as médias mensais variam de 24 a 26°C. Segundo dados apresentados pelos autores, na cidade de Belém (PA) as

temperatura média mensal máxima é de 26,5°C em novembro e a mínima é de 25,4°C em março. Já na cidade de Manaus (AM), a máxima é de 27,9°C em setembro e a mínima de 25,8°C em abril.

Em relação a precipitação, a média geral da Amazônia fica em torno de 2300mm.ano⁻¹, sendo que algumas regiões podem atingir precipitações acima de 4000mm.ano⁻¹. A precipitação está diretamente relacionada a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que será abordada com maiores detalhes posteriormente. Na região costeira da Amazônia, a precipitação também é alta e não há um período de seca bem definido, devido a influência das linhas de instabilidade que são formadas ao longo da costa e que atuam em conjunto com as brisas marítimas (Fisch, Marengo e Nobre, 2006).

1.1.2.1. Circulação Geral da Atmosfera

O clima do planeta Terra é determinado por dois elementos fluidos: a água e o ar. Esses dois elementos possuem suas próprias dinâmicas e interagem entre si e entre os fatores bióticos e abióticos do planeta. Pelo movimento do ar são gerados os ventos que definem a circulação atmosférica, e a movimentação da água dos oceanos definem as correntes marítimas (figura 01). Em termos energéticos, uma parte da energia vem das trocas de fases da água, mas a principal e mais importante fonte de energia para o planeta é a recebida pelos raios solares (Dias e Silva, 2009).

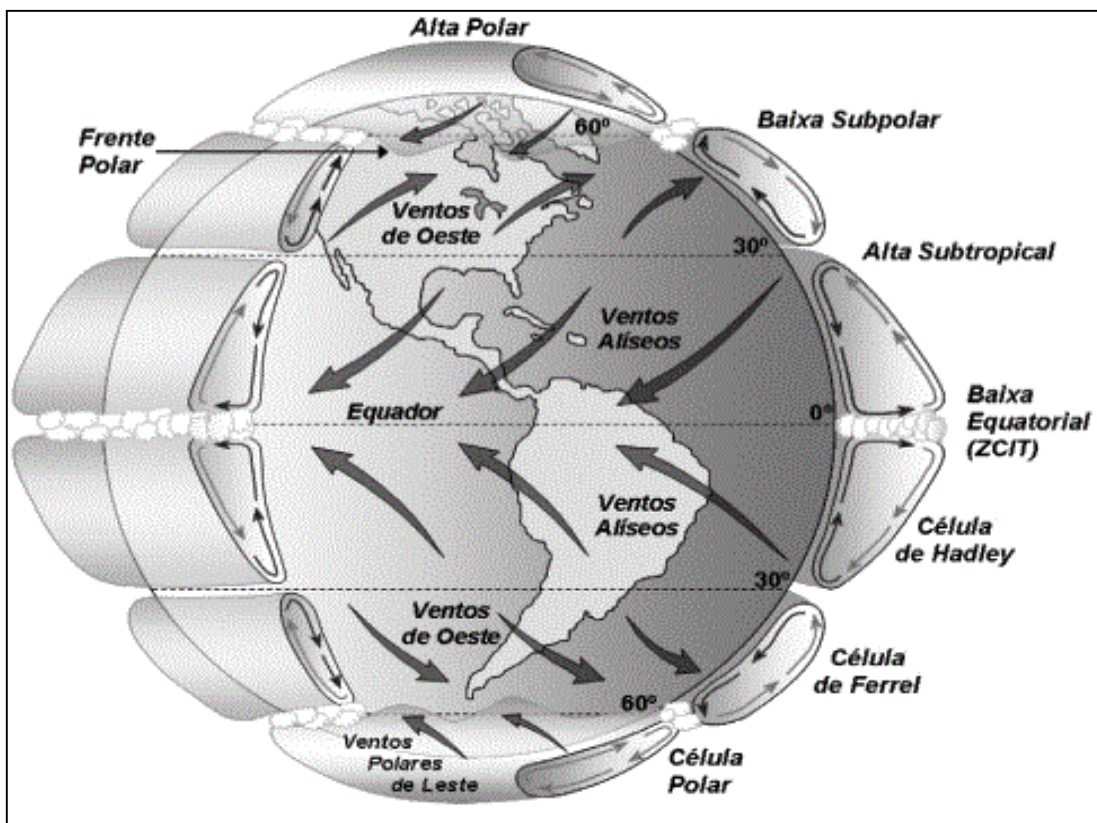


Figura 01 – Modelo conceitual da circulação global atmosférica, indicando as células meridionais e as direções dos ventos próximos à superfície. Também são indicadas as latitudes típicas de baixas e altas pressões (Martins, Guarnieri e Pereira, 2008)

O recebimento de energia solar está relacionado à inclinação dos raios solares incidentes. Quanto mais vertical a inclinação, maior a incidência. Devido ao posicionamento geográfico, a região tropical possui um excesso de energia em relação às regiões polares. Por meio de movimentos horizontais (ventos) e verticais, a água e o ar redistribuem o excesso de energia para as regiões em déficit.

O ar aquecido próximo ao Equador torna-se mais leve, eleva-se, resfria-se, é condensado e precipita em forma de chuva. Quando o ar chega ao topo da troposfera, ele está frio e seco e desloca-se na direção dos dois polos forçado pelas parcelas de ar que ininterruptamente se elevam a partir da superfície. Nas latitudes entre 20° e 35° Norte e Sul, o ar desce até a superfície e parte desse ar se move para o Equador em baixos níveis, concluindo, assim, células de circulação denominadas células de Hadley (Martins, Guarnieri e Pereira, 2008).

Nas células de Hadley, as correntes de ar enviadas para o Equador na superfície são defletidas pela força de Coriolis. Assim, os ventos resultantes dessa movimentação possuem uma componente de leste para oeste e uma componente dos trópicos para o Equador.

Os ventos predominantes em baixos níveis, na região tropical, são chamados de alísios. Nas regiões entre 30 e 60° de latitude, ocorrem a formação de outras células meridionais, chamadas de células de latitudes médias ou Células de Ferrel (Dias e Silva, 2009). Segundo Martins, Guarnieri e Pereira (2008), nesta célula, parte do ar descendente entre 20° e 35° de latitude flui em direção aos polos nas proximidades da superfície até se chocar com o ar mais frio e denso da região polar ser obrigado a subir. Completando o ciclo da circulação atmosférica, há também as células polares, onde parcelas do ar que ascenderam em latitudes próximas a 60° deslocam-se para os polos, descendem exatamente sobre os mesmos e posteriormente retornam em direção ao Equador, geralmente no sentido de leste para oeste (Força de Coriolis). O vento polar frio e seco eventualmente encontra-se com os ventos de oeste mais quentes provenientes das latitudes médias, constituindo uma região chamada frente polar, onde, normalmente, ocorrem tempestades de grande intensidade.

O ramo superficial das células de Hadley, Ferrel e Polares define os ventos alísios de nordeste no Hemisfério Norte e os de sudeste no Hemisfério Sul, que convergem na Zona de Convergência Intertropical. Entre 30 e 60° de latitude, os ventos passam a ser predominantemente de oeste, e nas regiões polares passam a ser novamente de leste (Dias e Silva, 2009).

1.1.3.2. Zona de Convergência Intertropical – ZCIT

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é considerada o sistema mais importante e expressivo gerador de precipitação sobre a região equatorial, visto que, as maiores chuvas nessa região estão associadas a passagem da mesma (Costa, 1998). Para Hastenrath e Lamb (2004), a ZCIT é um aglomerado de nuvens cumuliformes que se forma a partir da confluência em baixos níveis dos ventos alísios oriundos do nordeste do Hemisfério Norte (HN) e do sudeste do Hemisfério Sul (HS) originando um cinturão nebuloso ao redor da região equatorial (figura 02).

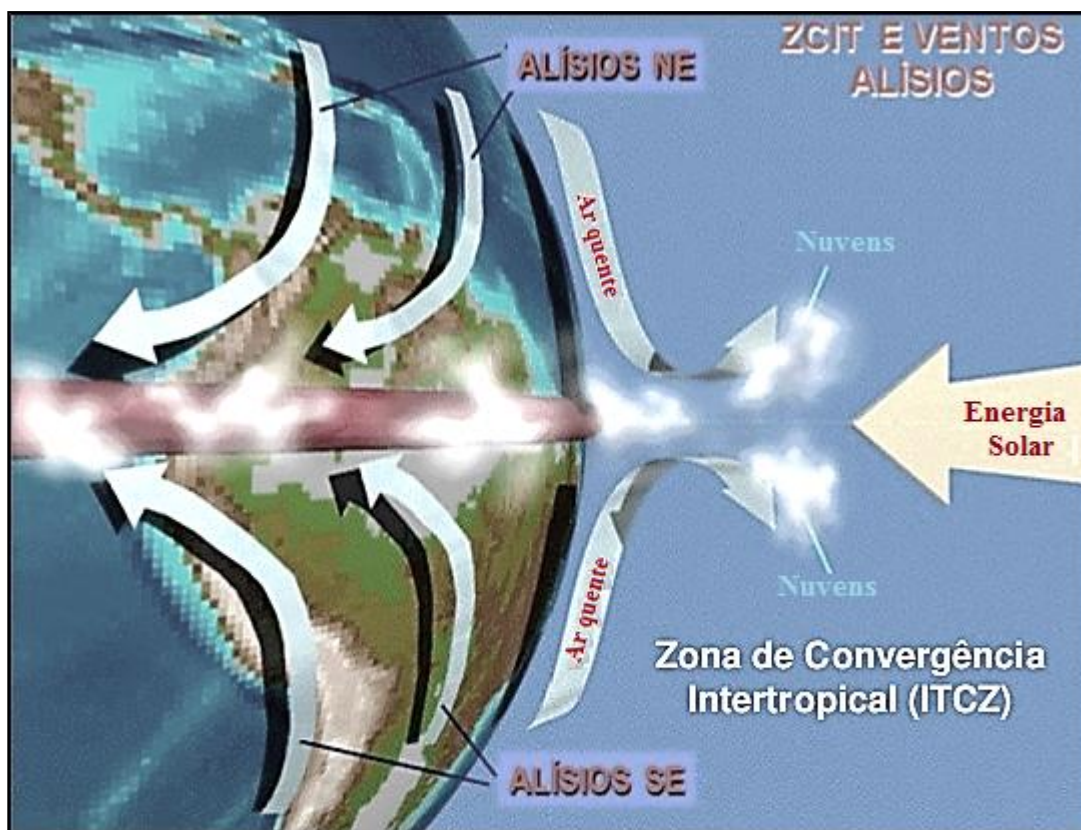


Figura 02 – Modelo esquemático da formação da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ em inglês ou ZCIT em português) pela confluência dos ventos alísios de Nordeste e Sudeste (Fonte: <http://www.monolitonimbus.com.br/comissarionerd/meteorologia/>)

Considerando anos normais na região do Atlântico Equatorial, a ZCIT desloca-se sazonalmente de aproximadamente 14° Norte nos meses de agosto e setembro para aproximadamente 2° Sul nos meses de março e abril. Esse deslocamento, associado aos fatores que promovem o fortalecimento ou enfraquecimento dos ventos alísios de sudeste e nordeste, são primordiais na definição das estações chuvosas e secas nas regiões Norte e norte do Nordeste brasileiro. Em anos chuvosos a ZCIT pode atingir cerca de 5° Sul, aumentando consideravelmente a precipitação nessas regiões (Melo et al., 2009).

A ZCIT é definida por um conjunto de variáveis meteorológicas que atuam de forma conjunta, sendo elas a Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), a região do Cavado Equatorial, as áreas de máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e de máxima convergência de massa, e a banda de máxima cobertura de nuvens convectivas. Essas variáveis não atuam sempre na mesma intensidade e local, mas estão diretamente ligadas à formação da ZCIT. É importante frisar também que, como a ZCIT é influenciada diretamente pela circulação geral da atmosfera e eventos meteorológicos de grande escala podem influenciar diretamente sua composição e comportamento.

A respeito da Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), um estudo feito por Hastenrath e Lamb (1977) apresentado no trabalho de Melo et al. (2009) mostra que, durante os meses de verão no Hemisfério Norte, a ZCA se posiciona sobre a região do cavado equatorial, e as regiões de máxima cobertura de nuvens, precipitação e convergência de massa associadas à ZCIT são quase coincidentes e se localizam ao sul da ZCA. Durante o verão no Hemisfério Sul, esse fenômeno ocorre de forma inversa, ou seja, a região de máxima cobertura de nuvens localiza-se ao norte da ZCA. A confluência dos ventos e a convergência de massa em baixos níveis, conexos à ZCIT, em especial na região do Atlântico Tropical, beneficiam o transporte de umidade e o aumento da convecção sobre o norte da América do Sul, principalmente sobre o Nordeste brasileiro (Melo et al., 2009).

Waliser e Gautier (1993) estudaram a banda de nebulosidade em volta do planeta, mostrando que nem toda atividade convectiva no planeta é proveniente ou é efeito da ZCIT. Os autores destacaram que a ação preferencial da ZCIT seria em áreas tropicais do Hemisfério Norte, onde as águas são mais aquecidas. A posição da ZCIT ao norte do Equador em grande parte do ano está associada à existência de águas mais frias na região equatorial leste dos oceanos Pacíficos e Atlânticos. No mesmo trabalho, os autores enfatizaram que a ZCIT aparece de forma irregular e desconecta sobre os continentes, se comparada à sua forma sobre as áreas oceânicas e que a migração sazonal da mesma é diferente de acordo com a região do planeta, sendo que em grande parte do planeta a ZCIT acompanha o ciclo solar, podendo deslocar entre 10°S a 10°N. Além do posicionamento, a associação da ZCIT com outros sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), linhas de instabilidade (LIs) e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) é de essencial importância na definição da qualidade e quantidade do período chuvoso nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Melo et al., 2009).

A variabilidade interanual da ZCIT, determinada pelas variáveis já citadas, influencia diretamente o ciclo de chuvas na região norte do Brasil, ou seja, de acordo com o deslocamento, pode-se ter, em período de tempo, anos mais chuvosos e anos com secas. Segundo Melo et al. (2009), em anos mais chuvosos, a ZCIT pode chegar a 5 a 6°S durante o verão, iniciando sua migração para o norte no final de abril e início de maio. Já em anos que apresentam secas, o deslocamento para o norte se inicia no final de fevereiro e início de março. Como citado anteriormente, a dinâmica da ZCIT possui uma relação direta com a TSM, onde geralmente são constatadas anomalias negativas na mesma em anos que a ZCIT se posiciona mais ao norte.

Através de técnicas de estudos da evolução das condições oceânicas e atmosféricas no Atlântico Tropical, Nobre e Shukla (1996) mostram que nos anos que o Atlântico Tropical Norte estava mais frio que o normal e o Atlântico Tropical Sul mais quente (Composto “Frio”) a ZCIT atinge seu posicionamento mais ao sul no mês de abril, aumentando a precipitação. O processo inverso ocorre quando o Atlântico Tropical Norte fica mais quente que o normal e o Atlântico Tropical Sul mais frio (Composto “Quente”).

1.1.3.3. El Niño e La Niña

O fenômeno chamado de El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Oriental e Central. O aquecimento e o posterior resfriamento em um episódio típico de El Niño dura de 12 a 18 meses, iniciando no começo do primeiro ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro e janeiro e terminando na metade do segundo ano. Em seu estágio mais desenvolvido, as águas quentes ocupam uma região estreita e comprida próxima ao equador que se estende desde a costa do Peru até por volta de 180° com anomalias de temperatura de 3° a 5°C próximo à costa da América do Sul, reduzindo gradualmente para 1° ou 2°C próximo de 160°W (Oliveira e Satyamurty, 1998). Ainda de acordo com Oliveira e Satyamurty (1998), as mudanças em escalas regional e global ocorrem devido ao aumento no calor sensível e nos fluxos de vapor de água da superfície do oceano para a atmosfera sobre as águas quentes, provocando mudanças na circulação atmosférica.

O El Niño ocorre com maior notoriedade na Costa Peruana, onde as águas frias provenientes do fundo do oceano (fenômeno de ressurgência) e da corrente marinha de Humbolt são interceptadas por águas quentes provenientes no norte e oeste. Com o aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e portanto variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

O evento climático El Niño é definido como tal pela interação oceano-atmosfera, onde as águas superficiais do oceano Pacífico interagem com a atmosfera e produzem, como chamado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007) de gangorra barométrica entre as porções leste e oeste do oceano Pacífico, denominada Oscilação Sul. O El Niño está relacionado ao enfraquecimento da alta subtropical do Pacífico Sul e ao enfraquecimento do sistema de baixa pressão na porção oeste do Pacífico. Essa interação é chamada de El Niño/Oscilação Sul – ENOS.

Na região Norte do Brasil (principalmente nas regiões Norte e Leste da Amazônia), o El Niño provoca redução nas chuvas moderadas e fortes.

O evento climático La Niña, também conhecida como episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento atípico das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De forma geral e superficial, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El Niño, visto que, as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região diminuem para cerca de 22° a 23° C, sendo que o normal é na faixa de 25°C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central. Assim como o El Niño, La Niña também pode variar em intensidade (Marengo e Oliveira, 1998).

Durante os episódios de La Niña os ventos alísios ficam mais intensos que a média climatológica, onde o Índice de Oscilação Sul apresenta valores positivos, os quais indicam a intensificação da pressão no Pacífico Central e Oriental, em relação à pressão no Pacífico Ocidental. Segundo Marengo e Oliveira (1998), geralmente, o fenômeno inicia seu desenvolvimento em meados de um ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano e dissipa-se em meados do ano seguinte. De acordo com as avaliações das características de tempo e clima, de eventos de La Niña ocorridos no passado, observa-se que o La Niña mostra maior variabilidade, enquanto os eventos de El Niño apresentam um padrão mais consistente.

1.1.3.4. Linhas de Instabilidade e Efeito de Brisa

Segundo Fisch, Marengo e Nobre (2006), as Linhas de Instabilidade (LIs) decorrentes na Amazônia são as principais responsáveis pela precipitação próxima a costa litorânea dos estados do Pará e Amapá e na Amazônia Central durante o período de seca. As LIs se caracterizam por possuírem grandes conglomerados de nuvens cumulonimbus e se formam devido à circulação da brisa marítima, podendo se estender ou não para o interior do continente. As LIs que se propagam horizontalmente para o interior do continente, que alcançam até 170km adentro e as que não se deslocam dentro do continente são denominadas de Costeiras (LICs); As LIs do tipo 1 (LIP1) se deslocam horizontalmente entre 170 e 400km; e as LIs do tipo 2 (LIP2) apresentam deslocamentos horizontais superiores a 400km. Essas LIs podem atingir o extremo oeste da Amazônia a uma velocidade de 12 a 15 m.s⁻¹, percorrendo aproximadamente 13° de longitude ao dia, com extensões médias de 1500km de comprimento e 170km de largura e ocorrendo com maior frequência entre os meses de abril e agosto (Cohen, Silva Dias e Nobre, 1989).

De acordo com Cohen et. al (2009), as LIs constituem um dos principais sistemas atmosféricos no transporte de calor para a alta troposfera, pois, através de seu profundo sistema de convecção, o calor da camada limite planetária é redistribuído na troposfera, agindo diretamente na circulação global e na energética da atmosfera tropical. Além disso, de acordo com Molion (1987), as LIs influenciam diretamente a dinâmica de chuvas na Amazônia, pois, durante a noite, devido à diminuição do contraste térmico entre oceano e continente, as LIs se dissipam, revigorando no dia seguinte devido ao aquecimento da superfície.

A formação das LIs está posicionada ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo que o período de maior ocorrência das mesmas é quando a ZCIT está mais organizada (Fisch, Marengo e Nobre, 2006).

Outro fenômeno gerador de precipitação na Amazônia é a chamada brisa fluvial, que é um mecanismo físico, no qual o ar, devido o contraste térmico entre água e superfície terrestre move-se em direção ao continente durante o dia e o processo inverso ocorre durante a noite. Trabalhos como o de Oliveira e Fitzjarrald (1993) citados por Fisch, Marengo e Nobre (2006) apresentam a circulação fluvial nos baixos níveis (até 1500 a 2000m) ocorrendo no sentido da floresta para o rio durante a noite e início da manhã e do rio para a floresta durante a tarde e início da noite. Esse efeito é mais intensificado em cidades próximas a grandes rios como a cidade de Manaus, AM (rios Negro e Solimões), a cidade de Belém, PA (rios Tocantins e Amazonas) e a cidade de Santarém, PA (rios Tapajós e Amazonas).

1.1.4. Clima Urbano

O clima urbano é específico para cada ambiente urbanizado, e este consiste na alteração das variáveis climáticas, como a temperatura, a umidade relativa e a direção dos ventos. Oke (1987) conceitua clima urbano como resultado de alterações nos balanços de energia, massa e movimento provocadas pelos materiais, superfícies e atividades urbanas.

Os centros urbanos são sistemas de alta complexidade, caracterizados por processos contínuos de mudança, que estão abertos a fluxos de energia e massa. Assim, o clima urbano é o resultado das modificações que as superfícies, materiais e as atividades ocorridas nas áreas urbanas provocam nas variáveis de balanço de energia, massa e movimento (Monteiro e Mendonça, 2001).

Uma equação da natureza do clima urbano foi expressa por Lowry (1967), em que:
 $M_{i,t,x} = C_{i,t,x} + L_{i,t,x} + U_{i,t,x}$, onde:

M é o valor assumido por uma dada variável climática, no local urbano x, no momento t e com o tipo climático i. C é a componente regional, L a componente local (variável de acordo com as características geográficas do local) e U a componente urbana. A partir dessa equação, o clima urbano é resultante da interação dos fatores urbanos com o clima da região e com o meio físico pré-existente.

Os estudos sobre clima urbano ainda são muito incipientes e generalizados, visto que, é muito complexa a separação das variáveis envolvidas no processo. Segundo Andrade (2005), essa generalização está exposta na classificação das escalas climáticas, onde, há uma separação espacial, no entanto é somente a nível de caracterização. Os fenômenos climáticos são divididos em microescala, onde os fenômenos ocorrem em uma dimensão de até 2 km, mesoescala, de 2 a 2000km, e macroescala, em dimensões acima de 2000km.

De acordo com Andrade (2005) as variações climáticas em centros urbanos estariam entre a micro e a mesoescala. O autor conceituou o clima urbano, a partir dos preceitos envolvidos nos termos de micro, meso e macroescala, em três categorias distintas: Microclima, Clima local e Mesoclima. O primeiro está relacionado com os efeitos dos elementos urbanos (praças, edifícios, ruas, parques, etc.) no clima urbano e está restrito a uma abrangência curta (cerca de 100m). O clima local é a combinação dos elementos urbanos com a ocupação do solo e relevo e com o clima geral, sendo caracterizado como um mosaico de vários microclimas que se repetem. E o mesoclima é o conjunto de todos os fatores, internos e externos, que influenciam o clima daquele centro urbano, ou seja, o entorno e os eventos climáticos externos também são considerados.

Dentre as diversas atividades antrópicas potencialmente capazes de promover distúrbios meteorológicos de micro e mesoescala, a urbanização mostra-se como uma das que mais contribuem. Além do crescimento desordenado causado pela urbanização das cidades, outras atividades humanas, como aumento do número de automóveis, industrialização, impermeabilização do solo, além da rápida substituição das áreas vegetadas, são fatores que influenciam significativamente no clima urbano (Gartland, 2010).

1.1.5. Conforto Térmico

A temática do conforto térmico teve uma abordagem inicial relacionada ao condicionamento ideal de ambientes de trabalho para melhores rendimentos de produção e produtividade. Atualmente as análises ligadas ao tema foram expandidas para segmentos relacionados à melhoria da qualidade de vida humana em ambientes externos e aumento da eficiência energética das edificações. A partir dessas novas concepções, ficou clara a

importância da vegetação nas condições microclimáticas locais e, conseqüentemente, no conforto térmico.

De acordo com Dacanal (2010), é muito complexa a quantificação do conforto térmico em áreas externas, visto que, é difícil a criação de parâmetros que possam medir com precisão as oscilações específicas de cada local e, conseqüentemente, a execução de experimentos que possam avaliar essa variabilidade. Outra dificuldade mencionada pela autora é o fato do conforto térmico ser influenciado diretamente pelas experiência, expectativa e adaptação térmica de cada indivíduo.

As condições do conforto térmico variam de acordo com as atividades desenvolvidas pelo indivíduo, com suas vestimentas e com as variáveis ambientais que promovem as trocas de calor entre o corpo e o ambiente (Silva Júnior et al., 2013a).

De acordo com Silva Júnior et al. (2013a), a identificação e quantificação dos fenômenos climáticos urbanos e dos atributos térmicos de um centro urbano, assim como, a sua correlação com múltiplos outros fatores, é de grande importância no planejamento urbano, proporcionando a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Naturalmente, o conforto térmico é influenciado pelas condições ambientais. No entanto, alterações antrópicas como impermeabilização do solo e diminuição das áreas vegetadas estão modificando negativamente essa relação. A falta de vegetação, aliada ao planejamento inadequado de materiais de construção civil, alteram consideravelmente o clima dos ambientes urbanos, principalmente através da incidência direta da radiação solar nas superfícies construídas (Paula, 2004).

1.2. Justificativa

A Região Amazônica, que ocupa uma área de aproximadamente $5,5 \times 10^6$ km², devido às altas taxas de desmatamento e geração de distúrbios ambientais complexos, vem sendo, recentemente, foco de pesquisas científicas de várias instituições em todo o planeta. Essas pesquisas priorizam, principalmente, as relações entre os sistemas solo-planta-atmosfera e os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na floresta, e que, conseqüentemente, vão alterar o clima da mesma (Costa et al., 2013b).

Dentro do contexto da presente pesquisa, a principal problemática é a expansão dos grandes centros urbanos e a influência desse fenômeno nas variáveis meteorológicas locais. Essas variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, precipitação e índice de conforto térmico) estão diretamente ligadas ao clima urbano e sua influência nas atividades e interações humanas. Partindo desses conceitos é de extrema

importância verificar até que ponto essa urbanização e fatores ambientais intrínsecos modificam essas variáveis, utilizando como parâmetro áreas sem influência da urbanização e centros urbanos desenvolvidos, ambos com características ambientais naturais semelhantes, nesse caso ambos na Amazônia Brasileira.

Por fim, a pesquisa se justifica pela escassez de registros científicos sobre clima urbano na região amazônica, pois, durante a fase de pesquisas bibliográficas, foi encontrado um número muito reduzido de trabalhos feitos na região, sendo que grande parte foi realizado no Sudeste brasileiro. Assim sendo, a pesquisa possibilitará a coleta, sistematização e divulgação científica de dados e informações que auxiliem a compreender melhor o tema proposto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar a variabilidade média horária e mensal da temperatura do ar, umidade relativa e específica do ar, radiação solar global e precipitação em diferentes ambientes na Amazônia brasileira, enfatizando os efeitos da urbanização e da localização geográfica nos mesmos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analisar as variações sazonais médias horárias e mensais dos elementos meteorológicos na cidade de Belém (PA), cidade de Manaus (AM) e na FLONA de FLONA Caxiuanã (PA);
- Analisar as variações sazonais médias horárias do índice de conforto térmico (IC) na cidade de Belém (PA), cidade de Manaus (AM) e na FLONA de FLONA Caxiuanã (PA);

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição das áreas de estudo

Este estudo foi desenvolvido na região Amazônica Brasileira, comparando dados da cidade de Belém (PA), cidade de Manaus (AM) e da FLONA Caxiuanã (PA).

CIDADE DE BELÉM

A cidade de Belém (01°23'S e 048°29'W), capital do Estado do Pará, encontra-se distante cerca de 100 km do Oceano Atlântico, apresentando uma topografia praticamente plana, sendo que aproximadamente 60% de suas terras encontram-se abaixo da cota de 4,0 metros acima do nível do mar. Belém é conhecida como a cidade das mangueiras, por apresentar em algumas avenidas verdadeiros túneis "verdes". Contudo, nas últimas décadas, a cidade de Belém vem apresentando um rápido crescimento urbano, transformando bruscamente sua paisagem original. Segundo o IBGE (2014) o município possui área de 1.059,46km² e população de 1.393.399 habitantes (estimativa de 1.432.844 habitantes para 2014). A localização geográfica está apresentada na Figura 03.

Quanto aos aspectos climáticos, a temperatura média anual do ar é de 26,0°C, com máximas e mínimas variando entre 31,5 e 22,0°C durante o ano, respectivamente (INMET, 1992). As precipitações ocorrem em duas estações distintas: a chuvosa, que se estende de dezembro a maio, e a seca, entre junho a novembro, sendo a média anual de 2.858,7mm, com 71,2% do total anual ocorrendo no período chuvoso (INMET, 1992). A média da umidade relativa do ar é de 85,8%, enquanto que a nebulosidade média anual é de 6/10 (INMET, 1992). A cidade de Belém pode ser classificada climaticamente, segundo Köppen, como de clima tropical chuvoso, com baixa amplitude térmica anual e precipitação média mensal superior a 60mm, ou seja, tipo Afi.

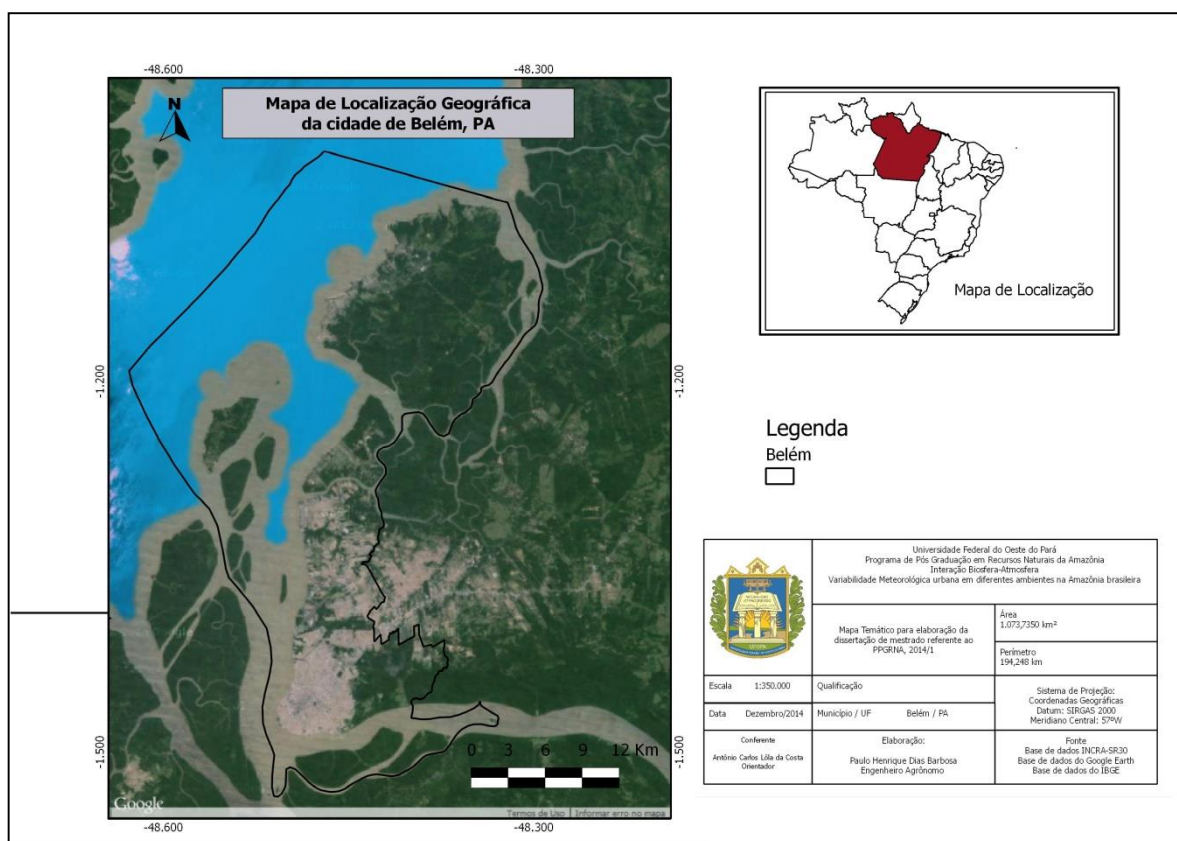


Figura 03 – Mapa de localização geográfica do município de Belém, PA. Fonte: Arquivo pessoal

CIDADE DE MANAUS

A cidade de Manaus (03°08'S e 060°18'W), conforme figura 04, encontra-se distante cerca de 1.600 km do Oceano Atlântico. A capital do Estado do Amazonas também sofreu um processo de industrialização regional, sendo que sua população no período de 1960 a 1996 apresentou crescimento notável, passando de 152.432 para 1.108.162 habitantes. Atualmente a população residente em Manaus é de 1.802.014 habitantes (estimativa de 2.020.301 para 2014) e o município possui área de 11.401,0km² (IBGE, 2014).

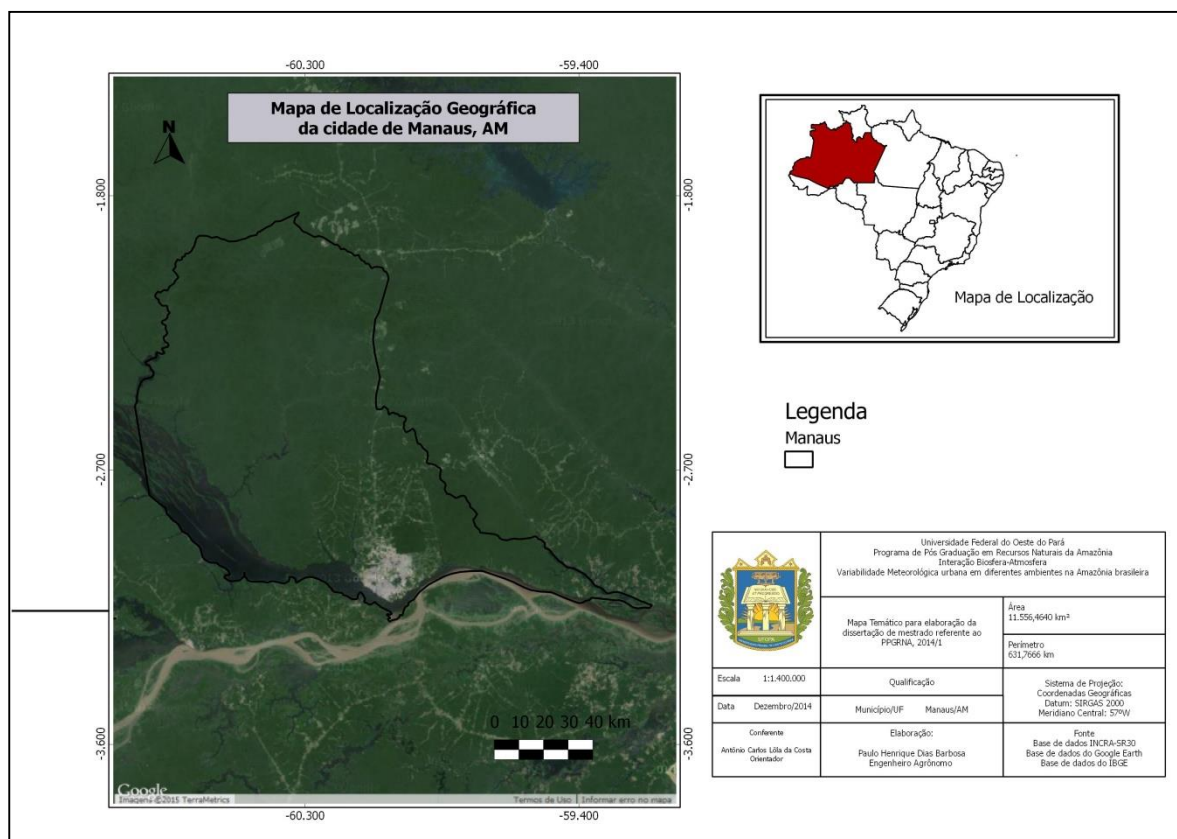


Figura 04 – Mapa de localização geográfica do município de Manaus, AM. Fonte: Arquivo pessoal

Quanto aos aspectos climáticos a cidade de Manaus possui clima do tipo equatorial úmido, com temperatura média anual de 26,7°C, variando entre 23,3°C e 31,4°C. A média da precipitação anual é de 2.286mm e a umidade relativa do ar oscila em torno de 80%. A região possui duas estações distintas: a chuvosa, que se estende de dezembro a maio e a seca, entre junho a novembro. A cidade de Manaus pode ser classificada, segundo Köppen, como de clima tropical chuvoso, com baixa amplitude térmica anual e precipitação média mensal superior a 60mm, ou seja, tipo Ami.

FLONA CAXIUANÃ

O sítio experimental, conforme figura 05, fica situado na Estação Científica Ferreira Pena (ECFPn), dentro da Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuaná, Pará, Brasil, (1° 43' 3,5'' S; 51° 27' 36'' W). Quanto à climatologia do local, a temperatura média anual do ar é 25,7 ± 0,8°C, a precipitação média anual é 2.272 ± 193mm. A média anual da umidade relativa do ar é de 82,3%, sendo a média anual da radiação solar global de 286,1W/m², alcançando os maiores valores no mês de julho e menores valores no mês de abril (Moraes et al., 1997). Pela classificação climática de Köeppen, o clima é do tipo tropical quente e úmido e subtipo

climático “Am” com uma curta estação seca, o número de horas de brilho de luz solar alcança mais de 2.100 horas ano⁻¹ e a predominância da direção do vento é de NE (Oliveira, 2007).

A área experimental está situada, aproximadamente, a 15 m acima do nível do Rio Curuá, onde, ocasionalmente, o lençol freático foi observado a 10 m de profundidade na estação chuvosa (Fisher et al., 2006). A floresta da região é classificada como de terra firme, com uma altura média do dossel igual a 35 m (Morales, 1997).

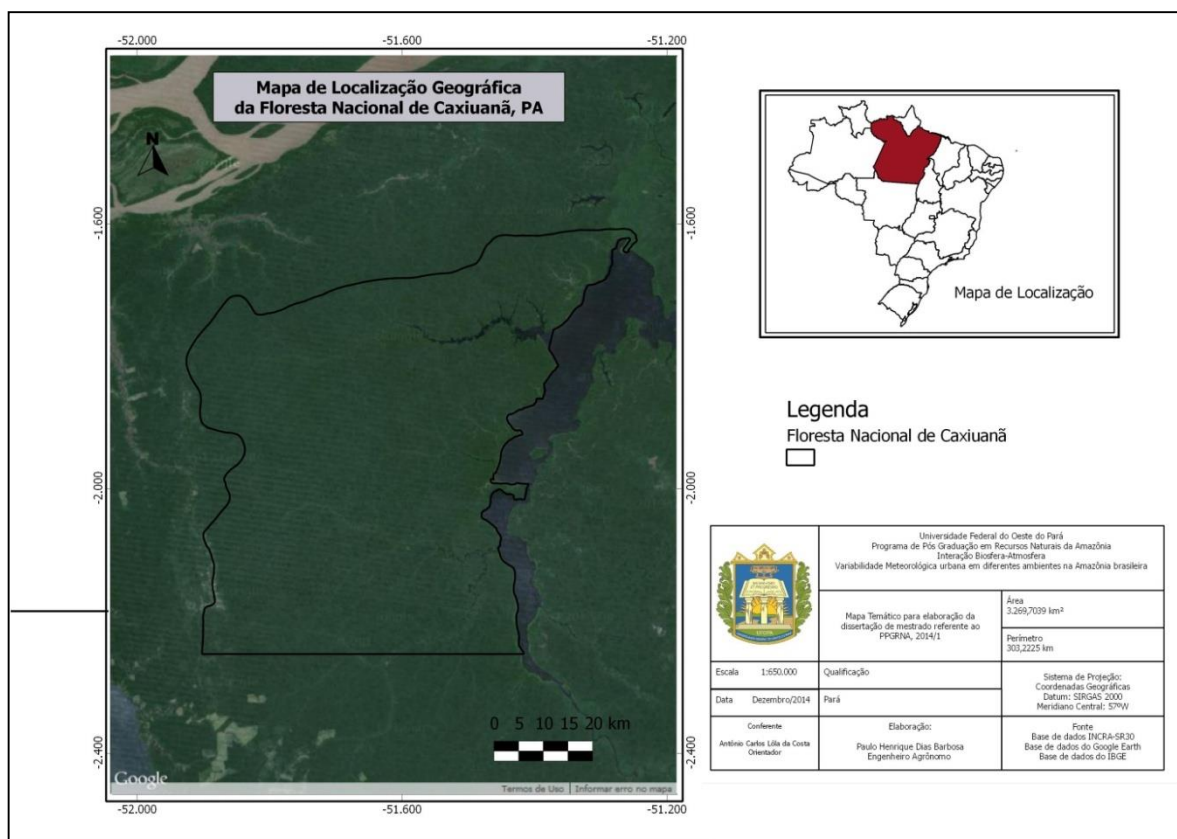


Figura 05 – Mapa de localização geográfica da FLONA de FLONA Caxiuanã, PA. Fonte: Arquivo pessoal

2.2. Dados Utilizados

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos através de estações meteorológicas automáticas de superfície, da Campbell Scientific, com datalogger modelo CR1000, localizada no topo de uma torre micrometeorológica de 40 metros de altura na FLONA Caxiuanã. Nas cidades de Belém e de Manaus as estações de coletas foram instaladas a 1,5 metros da superfície, em locais estratégicos do ambiente urbano, localizadas, normalmente em zonas intensamente urbanizadas e com mínima porcentagem de cobertura vegetal.

O período de estudo foi de março de 2009 a dezembro de 2013, sendo as medições feitas a intervalos de 30 minutos. Os elementos meteorológicos estudados foram: A temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), umidade específica do ar (gH₂O.kg⁻¹ar úmido), radiação

solar global mensal ($M.J.m^{-2} \text{ dia}^{-1}$), radiação solar global horária ($w.m^{-2}$), precipitação pluviométrica (mm) e índice de calor ($^{\circ}C$). Para efeitos de padronização entre os locais estudados, neste estudo foram considerados dois períodos, o período chuvoso, que considera os meses com precipitação total superior a 100mm e o período menos chuvoso, ou seco, que considera os meses com precipitação inferior a 100mm. Essa metodologia foi utilizada por Costa et al. (2006, 2003) e por Nunes e Costa (trabalho ainda não publicado). Sendo assim, os períodos secos e chuvosos em cada localidade foram diferentes, de acordo com suas características intrínsecas. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas através de um psicrômetro do tipo MODEL HMP45C, cuja temperatura de operação oscila entre $-40^{\circ}C$ até $60^{\circ}C$. A precipitação pluviométrica foi medida através de um pluviógrafo do tipo TB4, com 200 mm de diâmetro de funil e capacidade de “basculante” de até 100mm/hora. A radiação solar global foi medida através de um piranômetro modelo CMP3, da Kipp & Zonnen. Para a aquisição destas informações foram utilizados dataloggers modelo CR1000, da Campbell Scientific.

2.2.1. Índice de conforto térmico

Neste estudo, como índice de conforto térmico, foi utilizado o índice de calor (IC), derivado do índice humidex, desenvolvido por Winterling em 1978 e posteriormente adaptado com base nos trabalhos de Steadman (1979). O IC foi elaborado a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para determinados valores de temperatura e umidade relativa do ar, quando em situações que as temperaturas estão elevadas, com indivíduo à sombra e em condições de vento fraco. Este índice foi testado para a cidade de Belém por Silva Junior et. al. (2011), tendo o mesmo apresentado uma boa correlação com a percepção térmica dos indivíduos entrevistados. A formulação do IC é dada através da Equação 01. Os níveis de alerta e suas consequências à saúde humana estão ilustradas na Tabela 1

$$IC = -42,379 + 2,04901523xT + 10,14333127xUR - 0,22475541xTxUR - 6,83783x10^{-3}xT^2 - 5,481717x10^{-2}xUR^2 + 1,22874x10^{-3}xT^2xUR + 8,5282x10^{-4}xTxUR^2 - 1,99x10^{-6}xUR^2$$

Onde, T é a temperatura do bulbo seco ($^{\circ}F$) e UR é a umidade relativa do ar (%)

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com base na necessidade de aumentar o rendimento do trabalho durante a revolução industrial, para determinar a influência das condições da temperatura e umidade relativa do ar no rendimento do trabalho físico dos operários, e também situações especiais de guerra, quando as tropas são deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima. O conforto térmico foi definido pela ISO 7730 como “um estado

de espírito que expressa satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa”, logo é uma percepção subjetiva que vai depender dos aspectos fisiológicos e emocionais dos indivíduos. Os índices de conforto térmico procuram integrar o efeito conjunto de algumas variáveis, levando em consideração a atividade exercida, as indumentárias e as variáveis ambientais para diferentes condições que o indivíduo pode ser submetido (Frota e Schiffer, 2001). Os níveis de alerta e suas consequências à saúde humana estão ilustradas na Tabela 03.

Tabela 03 – Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do Índice Térmico

Nível de Alerta	Índice de Calor	Sintomas
<i>Perigo Extremo</i>	54,0°C ou mais	Insolação. Risco de acidente vascular cerebral (AVC) iminente
<i>Perigo</i>	41,1°C - 54,0°C	Câimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas
<i>Cautela Extrema</i>	32,1°C - 41,0°C	Possibilidade de câimbras, de esgotamento físico e insolação para exposições prolongadas e atividades físicas.
<i>Cautela</i>	27,1°C - 32°C	Possível fadiga em casos de exposição prolongadas e prática de atividades físicas.
<i>Não há alerta</i>	Menor que 27,0°C	Não há problemas

Fonte: Adaptado de National Weather Service. Weather Forecast Office, NOAA e Fundacentro.

2.3. Análise dos dados

No contexto do trabalho, foram consideradas as seguintes hipóteses: H_0 (Hipótese Nula): A localização geográfica e a sazonalidade influenciam o padrão de variação de todos os elementos meteorológicos estudados; H_1 (Hipótese Alternativa): A localização geográfica e a sazonalidade não influenciam o padrão de variação de pelo menos um dos elementos meteorológicos estudados.

Para análise dessas hipóteses entre os tratamentos (cidades e sazonalidade) foi realizado um teste não paramétrico utilizando-se às variáveis originais como as independentes. Testes não paramétricos são aqueles em que não há pressuposto sobre modelo de distribuição nem quanto aos parâmetros, não se aplicando aos mesmos o Teorema do Limite Central (Ayres et al., 2005). Foi aplicado então o teste de Kruskal-Wallis, conhecido como teste H, que compara k amostras (independentes do mesmo tamanho ou desiguais), cujos escores devem ser mensurados, pelo menos, em nível ordinal. Este teste é comparado à ANOVA de um critério.

Posteriormente, será aplicado o método de Dunn (Ayres et al., 2005a), o qual é considerado conservador, pois retifica o nível de significância conforme o número de amostras.

2.4. Limitações dos Procedimentos de coleta de dados

Devido ao fato de serem utilizadas somente informações reais, em alguns meses, principalmente no início do projeto base, certos dados, por falhas no equipamento, não foram coletados. No entanto, essas falhas não comprometeram os resultados do trabalho, visto que, foram coletados dados horários durante todos os dias em todos os meses de 2009 a 2013. Assim, na média final, os dados não coletados não provocaram diferenças expressivas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O padrão das variações mensais dos elementos meteorológicos estudados deram subsídios para as demais interpretações. Foi elaborada também a estatística descritiva para cada variável.

3.1. Precipitação

A precipitação é amplamente reconhecida por muitos pesquisadores como o elemento meteorológico que condiciona a variabilidade média das demais variáveis meteorológicas na região tropical (temperatura e umidade do ar, nebulosidade e radiação solar incidente à superfície).

3.1.1. Variabilidade média mensal

Na figura 06 tem-se a distribuição média mensal da precipitação nos locais estudados. Observou-se uma sazonalidade bem definida em todos os locais, sendo que para a cidade de Belém (PA) o período seco se estendeu entre os meses de setembro a novembro. Para a cidade de Manaus (AM) este período ocorreu entre os meses de junho a setembro, enquanto que para a FLONA Caxiuanã os meses secos se estenderam de julho a novembro.

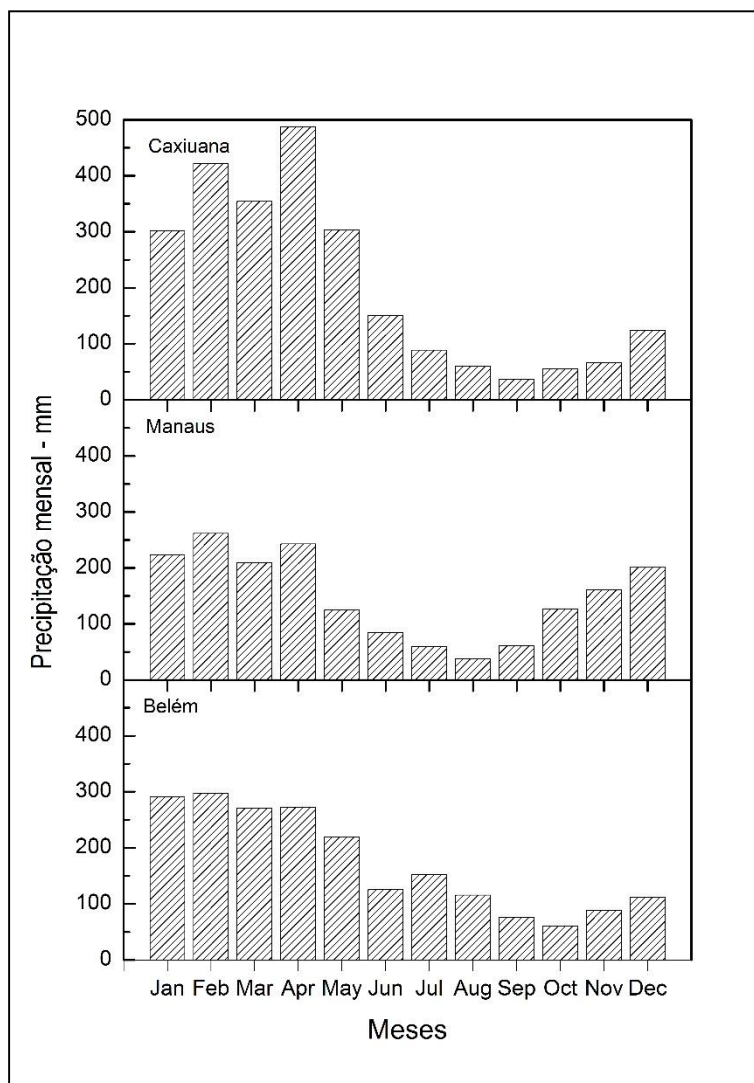


Figura 06 – Distribuição média mensal da precipitação nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuana (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.

Os totais médios anuais precipitados nos locais estudados foram de 2082,7mm na cidade de Belém, 1793,2mm na cidade de Manaus e 2452,9mm na FLONA Caxiuana. Esta variabilidade nas épocas e duração dos períodos secos e chuvosos nesta região está associada, principalmente, com os principais sistemas meteorológicos de pequena (sistemas convectivos) e grande escala (ZCIT) atuante na Amazônia. Certamente, a localização geográfica, a dimensão e o tipo de uso e cobertura do solo, também podem ter influência sobre este padrão de distribuição mensal das chuvas nos locais estudados.

Na cidade de Belém o total de precipitação no período seco foi de 225,3mm, correspondendo a 10,8% do total anual, enquanto que no período chuvoso este valor foi de 1857,3mm (89,2% do total anual). Na cidade de Manaus a precipitação no período seco foi de

244,1mm (13,6% do total anual) e de 1549,2mm no período chuvoso (86,4% do total anual). Já na FLONA Caxiuanã a precipitação foi de 308,3mm no período seco (12,6% do total) e 2144,6mm no período chuvoso (87,4% do total). Deste modo, observou-se que grande porcentagem das precipitações acontece no período chuvoso, com mais de 86,0% do total anual precipitado.

Na tabela 04 apresenta-se a estatística descritiva da precipitação nos locais estudados. Observou-se que tanto a precipitação máxima (abril) quanto a mínima (setembro) ocorreram na FLONA Caxiuanã, com 487,1mm e 37,0mm, respectivamente. Os valores máximos para cidade de Belém e cidade de Manaus foram próximos, sendo de 297,4mm (fevereiro) para a primeira e 223,5mm (fevereiro) para a segunda. Em relação aos mínimos para cidade de Belém foram de 60,3mm (outubro) e para cidade de Manaus de 38,2mm (agosto).

O coeficiente de variação na FLONA Caxiuanã foi maior que nos centros urbanos, devido a ocorrência de maiores precipitações e maiores variações de valores. Por esse motivo também, o desvio padrão (desvio dos valores individuais em relação ao valor central do conjunto de dados) na FLONA Caxiuanã é muito maior que nas duas cidades. Entre as duas cidades as variações foram parecidas, indicando padrões meteorológicos semelhantes.

Tabela 04 – Estatística descritiva da precipitação (PRP) nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	PRP - Cidade de Belém	PRP - Cidade de Manaus	PRP - FLONA Caxiuanã
Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	60,3	38,2	37,0
Máximo	297,4	261,7	487,1
Amplitude Total	237,1	223,5	450,1
Média Aritmética	173,6	149,4	204,4
Variância	8167,2	6051,2	25608,4
Desvio Padrão	90,4	77,8	160,0
Coeficiente de Variação	52,1%	52,1%	78,3%

Na figura 07 tem-se a comparação do padrão médio mensal da precipitação nas localidades de acordo com as Normais Climatológicas (Ramos, Santos e Fortes, 2009) da cidade de Belém e da cidade de Manaus, com os dados coletados durante o período de pesquisa do presente trabalho. Na FLONA Caxiuanã foram utilizadas as informações referentes à maior série de dados disponíveis naquele local, também comparados com os dados do presente trabalho. Observou-se que os dados obtidos na presente pesquisa seguem os mesmos padrões de sazonalidade da Normal Climatológica somente para a cidade de Manaus. Quando

considerado os dados de 1980 a 2005 da Estação Científica Ferreira Pena para a FLONA Caxiuanã, somente variou o mês de novembro, sendo que o mesmo apresentou precipitação média de 112,4mm (próximo ao limite de 100mm). No entanto, na cidade de Belém, mesmo tendo os meses mais secos entre agosto e novembro, em nenhum deles a precipitação foi menor que 100mm. Isso se deve ao fato da estação experimental do INMET na cidade de Belém, estar em uma área mais periférica, sofrendo pouco a influência da urbanização local.

Quando comparado os valores precipitados mensalmente nas cidades de Belém e de Manaus, durante o período estudado, com os dados das Normais Climatológicas desses locais, observou-se uma redução da precipitação de 839,1 e 514,2mm nesses locais, respectivamente. Já na FLONA Caxiuanã, houve um aumento de 448,9mm em relação à série de dados de 1980 a 2005. Esta redução foi mais acentuada durante o período chuvoso destes locais, enquanto que durante o período seco, tais diferenças foram desprezíveis. Verificando-se o período de dados referente a presente pesquisa (2009 a 2013), observou-se que durante o ano de 2010 ocorreu a maior seca já registrada desde quando foi iniciada a mensuração dos eventos climáticos na região Amazônica. De 62 municípios do Estado, 38 foram afetados gravemente. A dimensão da estiagem deu-se por conta de um complexo processo de aquecimento da atmosfera terrestre (Rodrigues, Fiori e Pessoa, 2013), o que pode ter contribuído com esta redução dos totais precipitados nestas cidades. O pequeno aumento dos valores precipitados na FLONA Caxiuanã, pode indicar a grande estabilidade climática experimentada por este ecossistema preservado, não sofrendo grandes influências dos eventos de anomalias meteorológicas de grande escala. Comparando estatisticamente as médias mensais pelo teste Kruskal-wallis, os resultados não foram significativos (0,08 para a cidade de Belém, 0,2428 para a cidade de Manaus e 0,6033 para a FLONA de Caxiuanã), mas podem indicar uma tendência ao efeito da urbanização no ciclo hidrológico local. Considerando os períodos secos e chuvosos analisados no espaço de tempo da presente pesquisa, com exceção de Cidade de Belém no período seco, todas as outras comparações não deram diferenças significativas.

A alteração da cobertura vegetal natural por áreas pavimentadas impermeáveis provoca, entre outros problemas, diminuição da evapotranspiração, visto que a superfície urbana não é eficiente na retenção de água quanto a vegetação natural (Tucci, 1999). A redução da evapotranspiração é acompanhada pela diminuição de nuvens formadas e conseqüentemente, de chuvas. Em florestas, como não há substituição da paisagem, esse distúrbio não ocorre.

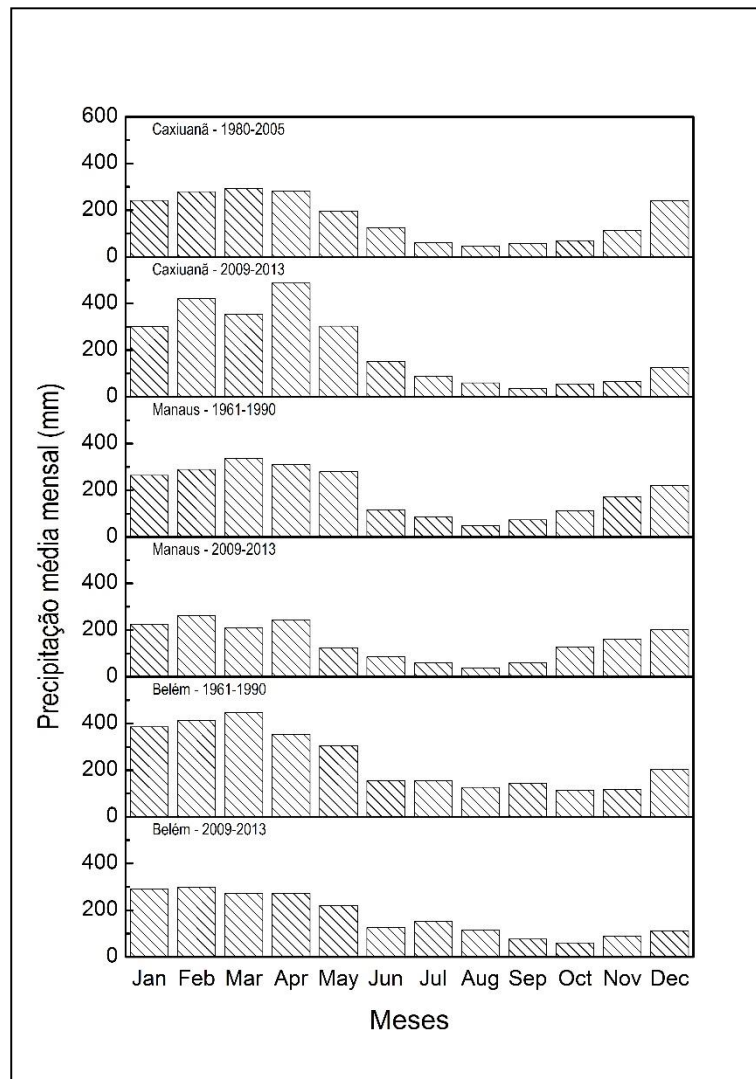


Figura 07 – Normais climatológicas do período de 1961 a 1990 das cidades de Cidade de Belém (PA) e Cidade de Manaus (AM) e dados de precipitação da FLONA de Caxiuanã do período de 1980 a 2005. Os dados das cidades de Belém e de Manaus foram adaptados de Ramos, Santos e Fortes (2009) e os da FLONA Caxiuanã da estação científica Ferreira Pena (ECFPn)

3.1.2. Sazonalidade média horária

A figura 08 apresenta a variabilidade média horária da precipitação nos períodos seco e chuvoso, nos locais estudados durante o período de 2009 a 2013. Observou-se que a precipitação média na FLONA Caxiuanã é maior que nas duas cidades, tanto no período chuvoso, quanto no seco. Entre as duas cidades estudadas, a cidade de Manaus apresentou menor precipitação no período chuvoso e maior no período seco.

Importante salientar o padrão de precipitações muito semelhantes ocorridos durante o período chuvoso entre a cidade de Manaus e a FLONA Caxiuanã, onde não existe um horário

preferencial das precipitações, podendo ocorrer a qualquer hora do dia. Já quando se trata do período seco, a semelhança acontece, embora não tão forte como na época chuvosa, entre a cidade de Belém e a FLONA Caxiuanã. O período chuvoso na cidade de Belém diferencia-se de todos os locais estudados. Estudos como os de Fisch, Marengo e Nobre (2006) e Molion (1987) mostram que nos períodos secos as precipitações são causadas por sistemas convectivos e nos períodos chuvosos por, principalmente, sistemas de grande escala como a ZCIT. Os sistemas convectivos, no período chuvoso, estão associados a chuvas ocorridas no final das tardes.

Como abordado anteriormente, toda a estação mais chuvosa é modulada de acordo com o deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais ao sul (Hastenrath, 2012), que no Verão do Hemisfério Sul está atuante, provocando chuvas constantes, principalmente na costa Atlântica Paraense, atingindo a região Norte do Brasil e consequentemente, as três localidades em estudo.

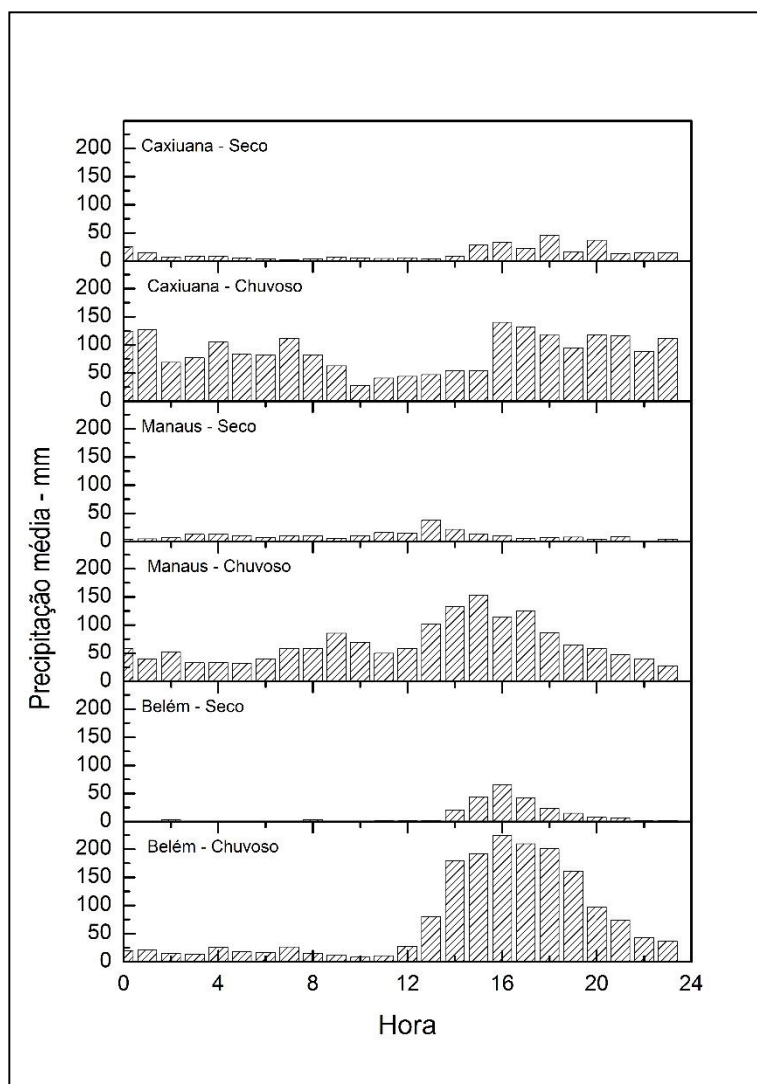


Figura 08 – Variabilidade média horária da precipitação nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Geralmente as precipitações ocorridas no período seco estão associadas, principalmente, a grande atividade convectiva, e possivelmente a penetrações de Linhas de Instabilidade (LI) sobre a costa atlântica da América do Sul, que se propagam até o interior da bacia amazônica, ocorrendo com maior frequência no mês de agosto. Estas LI são responsáveis por, aproximadamente, 45 % da precipitação incidente sobre a região leste do Pará (Cohen, 1989).

Na cidade de Belém, grande parte da precipitação ocorre entre os períodos de 14 às 19 horas, na cidade de Manaus das 13 às 18 horas, regime de precipitações tipicamente continental. Esse comportamento é visto tanto no período chuvoso quanto no seco para para ambas as localidades. Silva Júnior (2013b) em sua pesquisa na cidade de Belém, encontrou resultados semelhantes, mostrando também o aumento da precipitação e diminuição da temperatura do ar em locais mais vegetados.

Já na FLONA de Caxiuanã, as precipitações predominam entre 16 e 01 hora local. Durante o período seco da região, as precipitações ocorreram, preferencialmente, no final da tarde e durante as horas noturnas, caracterizando um regime de precipitações convectivas. As maiores precipitações registradas no intervalo de uma hora ocorreram entre 16 e 18 horas. Estudos realizados por Costa et al., (2006), também evidenciaram estas características das precipitações na FLONA Caxiuanã.

3.1.3. Análises estatísticas

Após a tabulação dos dados, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro Wilk (R Core-Team, 2012) para avaliar se as distribuições das variáveis eram normais. Os resultados indicaram que a distribuição de 95% das variáveis estudadas não eram normais ($p < 0,05$), não podendo ser realizado um teste paramétrico. Sendo assim, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, conhecido como teste H, que compara k amostras (independentes do mesmo tamanho ou desiguais), cujos escores devem ser mensurados, pelo menos, em nível ordinal. Este teste é comparado à ANOVA de um critério. Posteriormente, foi aplicado o método de Dunn (Ayres et al., 2005a), o qual é considerado conservador, pois retifica o nível de significância conforme o número de amostras. Foram utilizados os aplicativos Biostat 5.1 (Ayres et al, 2005) e Minitab 17 (Ryan, Joiner e Ryan, 2004) e ambos apresentaram valores iguais.

Conforme a tabela 05, é possível verificar que não houve diferenças significativas somente entre as cidades de Belém e de Manaus no período chuvoso e entre a cidade de Manaus e a FLONA Caxiuanã no período seco. Os demais apresentaram valores significativos, mostrando que a precipitação varia entre localidades e sazonalmente também, sendo esse resultado reflexo dos fenômenos meteorológicos já abordados.

Tabela 05 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para precipitação média horária, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Precipitação média horária		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs cidade de Belém S.	0,0000001	0,00001
Cidade de Manaus C. vs cidade de Manaus S.	0,0000001	0,00001
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,0000001	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,1033	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,0233	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,0337	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,0094	0,00001
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,0029	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,5666	

3.2. Temperatura do ar

3.2.1. Variabilidade média mensal

A figura 09 apresenta a média mensal da temperatura do ar nas localidades estudadas entre os períodos de 2009 a 2013. Na figura é perceptível a influência da sazonalidade nas médias mensais, onde as maiores temperaturas, em todos os locais, ocorreram entre os meses de agosto a dezembro, ou seja, período seco da região. Observou-se que os menores valores ocorreram na FLONA Caxiuanã, enquanto que os máximos foram observados na cidade de Manaus. Estes resultados estão associados, principalmente, com o tipo de cobertura e utilização do solo, evidenciando a grande importância da vegetação no sentido de amenizar as temperaturas elevadas (Silva Junior et al., 2012), A cidade de Belém apresentou temperaturas médias mais amenas, certamente influenciadas pelos efeitos das brisas locais, que tendem a reduzir as temperaturas do ar, principalmente nos horários noturnos.

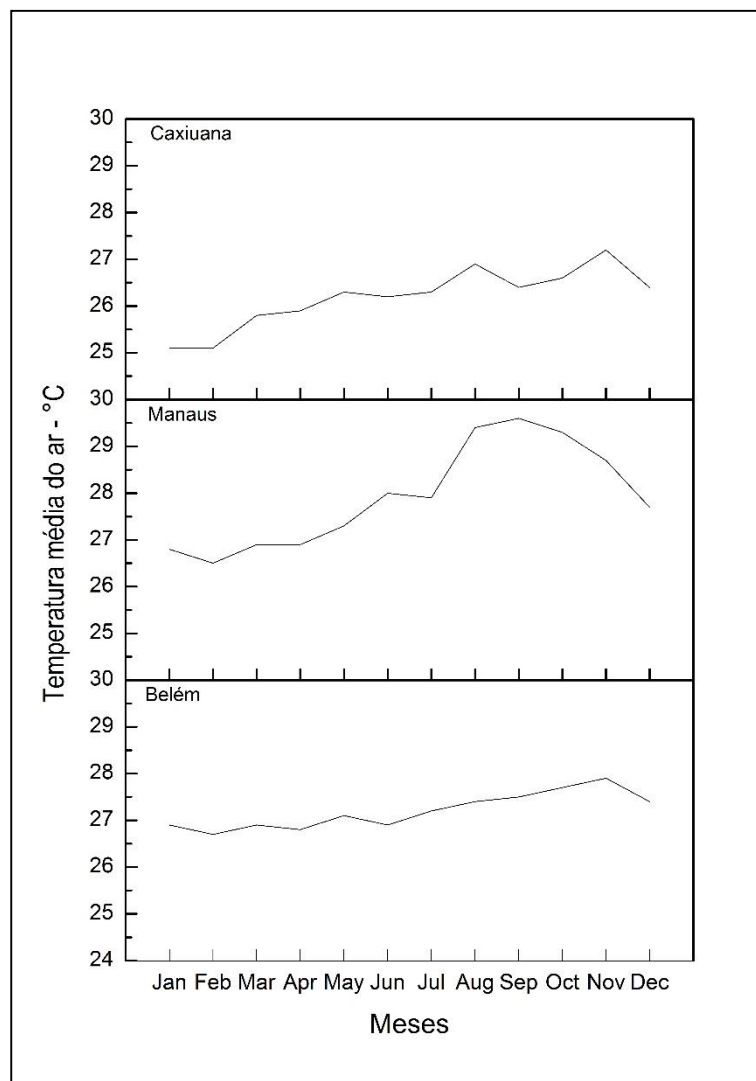


Figura 09 – Distribuição média mensal da temperatura do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

A tabela 06 apresenta a estatística descritiva da temperatura média mensal do ar nas localidades estudadas. Nela pode-se verificar que a temperatura do ar variou de 1,2 a 3,1 °C dentro de uma mesma localidade e no máximo 4,5 °C entre as localidades. As menores temperaturas ocorreram, durante a maior parte do tempo, na FLONA Caxiuanã. Esse fato ocorre devido à grande quantidade de vegetação e ausência de urbanização local. Entre os dois centros urbanos, em grande parte do ano, as temperaturas do ar na cidade de Manaus foram maiores que as observadas na cidade de Belém, principalmente no segundo semestre, quando ocorre o chamado verão amazônico, onde as temperaturas são mais elevadas e a precipitação é reduzida, sendo que a primeira apresentou a maior temperatura registrada (29,6°C). Costa (2013, 2013b), em seus trabalhos sobre clima urbano na Amazônia, encontrou resultados semelhantes, onde áreas mais vegetadas apresentam valores médios de temperatura menores do que áreas com

intenso processo de urbanização. O incremento da temperatura do ar em ambientes com atuação antropogênica em relação à áreas vegetadas na cidade de Manaus também foi apresentado no trabalho de Oliveira et al. (2008).

Tanto o desvio padrão quanto o coeficiente de variação em todas as localidades foram baixos (diferentemente da precipitação), mostrando que há pouca variação nos valores desse elemento meteorológico ao longo do ano. Dentre elas a que apresentou maiores variações foi a cidade de Cidade de Manaus, que ainda assim foi baixa. Esse padrão é característico da região equatorial, onde predominam temperaturas do ar elevadas durante todo o ano.

Tabela 06 – Estatística descritiva da Temperatura média mensal do ar (Tar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	Tar - Cidade de Belém	Tar - Cidade de Manaus	Tar - FLONA Caxiuanã
Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	26,7	26,5	25,1
Máximo	27,9	29,6	27,2
Amplitude Total	1,2	3,1	2,1
Média Aritmética	27,2	27,9	26,2
Variância	0,1	1,2	0,4
Desvio Padrão	0,4	1,1	0,6
Coeficiente de Variação	1,4%	3,9%	2,4%

3.2.2. Sazonalidade média horária

A figura 10 mostra a variabilidade média horária da temperatura do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém e de Manaus e na FLONA Caxiuanã. Observou-se que as médias da temperatura do ar na FLONA Caxiuanã foram menores que nos dois centros urbanos. Esse fenômeno ocorre por diversos fatores, mas o principal está relacionado com os fluxos de calor sensível e latente. A energia que atinge a superfície terrestre é reemitida para a atmosfera na forma de fluxo de calor sensível (aquecimento) e latente (evapotranspiração). Assim, o balanço de energia e umidade interage, sendo que o saldo de radiação é particionado em calor sensível e/ou latente, dependendo das condições ambientais e de água no solo (Fisch, Marengo e Nobre, 2006).

Nas cidades ocorre maior armazenamento de calor durante o dia, devido as propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana. Essas estruturas apresentam maior capacidade calorífica, o que proporciona uma maior absorção de energia durante os horários diurnos, liberando lentamente ao ambiente urbano esta energia, na forma de calor sensível, durante os horários noturnos, tornando-os mais aquecidos que a periferia urbana (Costa, 1998).

Além disso, há diminuição do fluxo de calor latente devido ao aumento de superfícies impermeáveis e redução da vegetação e das águas superficiais (lagoas, lagos e rios) e menor perda de calor sensível, causado pela redução da velocidade do vento originada pela edificação, havendo também a adição de calor antropogênico na área urbana pela utilização de aquecedores e refrigeradores, transporte e atividades industriais (Mendonça, 1994).

Já uma superfície coberta por floresta utiliza melhor a energia armazenada durante o dia, principalmente no processo de evapotranspiração, fazendo com que sobre menos radiação líquida para aquecer o ar e, conseqüentemente, com liberação menor de calor no período noturno, resfriando o ar (Souza, 2006), ou seja, parte da energia é utilizada nos processos de evapotranspiração, fazendo com que o fluxo de calor sensível, utilizado para aquecer o ar, sofra diminuição, proporcionando menores temperaturas nessas regiões (Costa, 1998).

Sazonalmente, há um aumento nas temperaturas durante o período seco da região, principalmente nos centros urbanos, provocado, principalmente, pela redução das precipitações. Na cidade de Belém, as temperaturas do ar mínimas e máximas foram de 24,7 e 30,8 °C no período chuvoso e 24,8 e 31,8 °C no período seco. Na cidade de Manaus as mínimas e máximas foram de 25,3 e 30,2 °C no período chuvoso e 25,7 e 31,9 °C no período seco. A FLONA de Caxiunã apresentou temperaturas do ar mínimas e máximas de 23,8 e 28,9 °C no período chuvoso e 23,7 e 30,5°C no período seco. O período diário de ocorrência das maiores temperaturas foi diferente entre os locais estudados, variando de 12 às 16 horas.

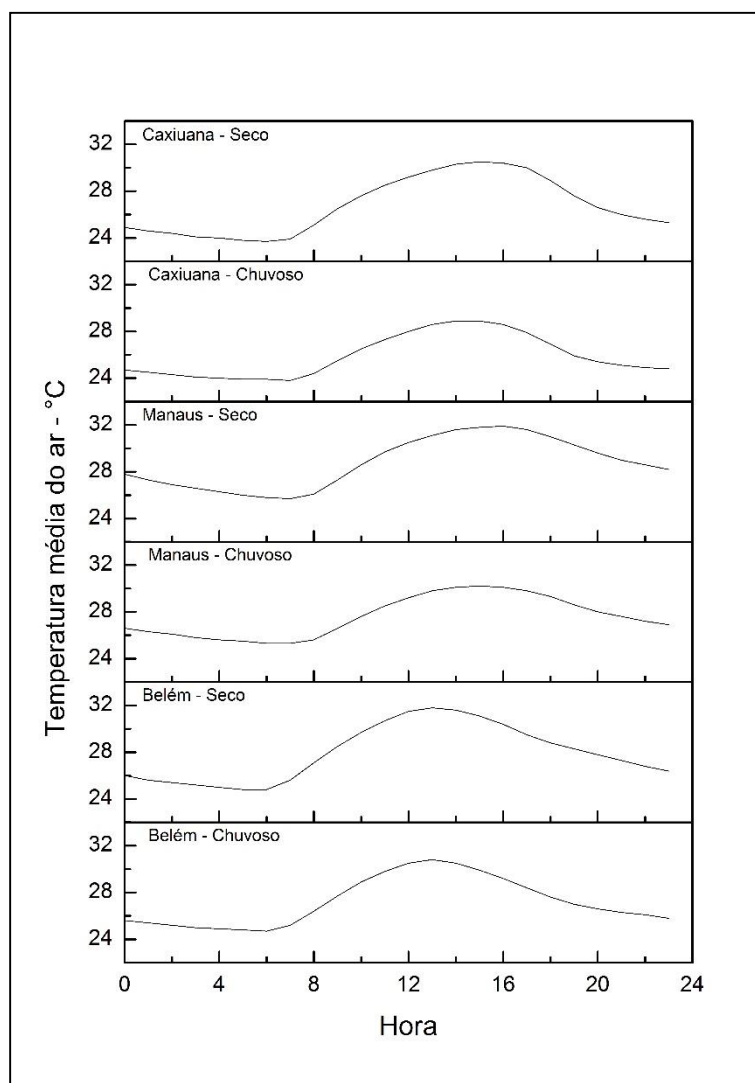


Figura 10 – Variabilidade média horária da temperatura do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuana (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

3.2.3. Análises Estatísticas

Os testes estatísticos para análise da variabilidade média horária da temperatura do ar estão apresentados na tabela 07. Como mostrado nos testes, sazonalmente, só houve diferença significativa na cidade de Manaus, provocado principalmente pela redução das chuvas e pelo processo intenso de urbanização, maior que na cidade de Belém.

Entre localidades, no período chuvoso, só não houve diferença significativa entre as cidades de Belém e Manaus, ocorrendo diferenças significativas entre os dois centros urbanos e a floresta, fato decorrente dos fluxos de calor latente e sensível já discutido em itens anteriores. No período seco, não houve diferença significativa entre a cidade de Belém e FLONA

Caxiuanã, porém o p-valor ficou muito próximo do limite de 0,05 de significância. Os outros valores seguiram o mesmo padrão do período chuvoso.

Tabela 07 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para Temperatura média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Temperatura do ar		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs Cidade de Belém S.	0,2975	
Cidade de Manaus C. vs Cidade de Manaus S.	0,05	0,00001
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,2609	
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,3532	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,0158	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,0018	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,1638	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,0778	
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,005	0,00001

3.3. Umidade relativa do ar

3.3.1. Variabilidade média mensal

A figura 11 apresenta as médias mensais da umidade relativa do ar nas localidades em estudo. Basicamente, o padrão desse elemento meteorológico é inverso à temperatura, ou seja, os maiores valores ocorrem nos períodos mais chuvosos. É possível verificar que, principalmente na cidade de Manaus, os valores caem drasticamente no período seco. Dentre os locais estudados, a FLONA Caxiuanã foi o que apresentou os maiores valores mensais certamente associados com a característica da cobertura vegetal naquela região, que torna o ar mais úmido que os centros urbanos, em função da grande evapotranspiração do local. Em trabalhos realizados por Silva Júnior (2012b) e Costa (2013b) também mostraram que há uma tendência de diminuição da umidade relativa do ar em relação ao aumento da temperatura do ar, sendo essa situação mais atenuante em centros urbanos.

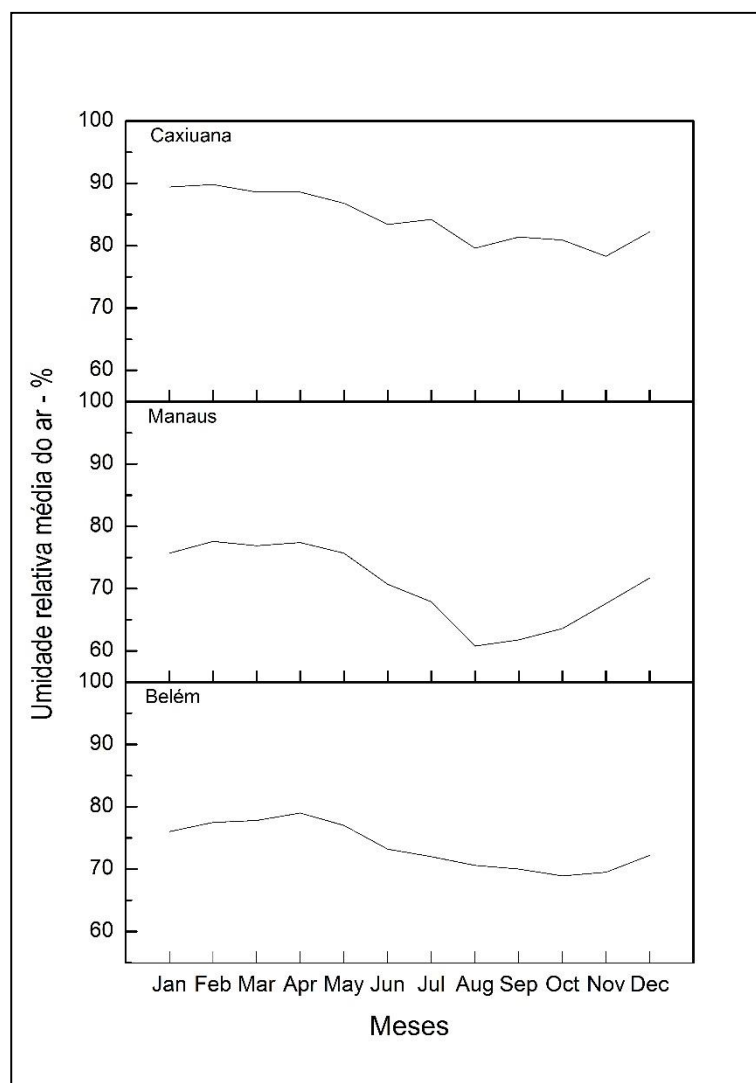


Figura 11 – Distribuição média mensal da umidade relativa do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

A tabela 08 apresenta a estatística descritiva da umidade relativa do ar nos três locais estudados. Entre os centros urbanos, na maior parte do ano os valores na cidade de Manaus foram menores que na cidade de Belém. A amplitude variou de 10,1 a 16,8% dentro de cada localidade e 28% entre localidades, onde a cidade de Manaus apresentou o menor valor absoluto (60,8%) e a FLONA Caxiuanã o maior (89,8%). Em relação à variabilidade anual, a umidade relativa do ar seguiu o padrão inverso da temperatura do ar, onde os valores de variância, coeficiente de variação e desvio padrão apresentaram poucas diferenças.

Tabela 08 – Estatística descritiva da umidade relativa média mensal do ar (URar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	URar – Cidade de Belém	URar - CidadeManaus	URar - FLONA Caxiuanã
------------	------------------------	---------------------	-----------------------

Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	68,9	60,8	78,3
Máximo	79,0	77,6	89,8
Amplitude Total	10,1	16,8	11,5
Média Aritmética	73,6	70,6	84,4
Variância	13,2	38,8	16,6
Desvio Padrão	3,6	6,2	4,1
Coefficiente de Variação	4,9%	8,8%	4,8%

3.3.2. Sazonalidade média horária

A figura 12 apresenta a variabilidade média horária da umidade relativa do ar nos períodos seco e chuvoso no período de 2009 a 2013. Nas duas medidas é possível verificar que a umidade do ar na FLONA Caxiuanã é maior que as duas cidades, reflexo dos menores valores de temperatura e maiores de precipitação.

Os valores mínimos e máximos na cidade de Belém foram de 58,2 e 86,3% para a estação chuvosa e 52,2 e 83,5% para a estação seca. Silva Júnior (2012) encontrou resultados próximos para a cidade de Belém; Na cidade de Manaus foram de 61,0 e 83,6% no período chuvoso e 46,3 e 70,9% no período seco; e na FLONA Caxiuanã foram de 72,3 e 95,9% no período chuvoso e 63,2 e 93,5% no período seco. Costa et al. (2006a) encontrou resultados parecidos para a FLONA Caxiuanã.

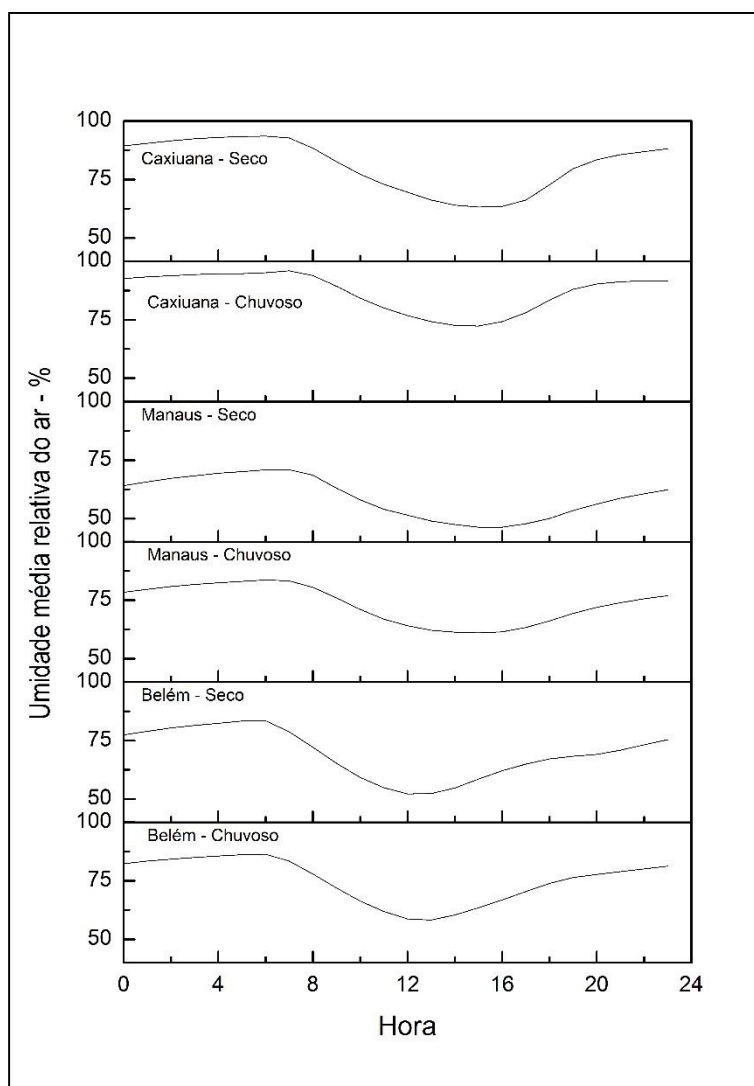


Figura 12 – Variabilidade média horária da umidade relativa do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuana (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

3.3.3. Análises Estatísticas

A tabela 09 apresenta os testes estatísticos de sazonalidade e entre localidades dos dados de umidade relativa do ar. Os únicos resultados não significativos foram entre as cidades de Belém e Manaus no período chuvoso e entre o período chuvoso e seco na cidade de Belém (no entanto o p-valor para esse resultado se aproximou muito do limite).

Esses resultados mostram que há diferenças significantes quando se compara localidades e sazonalidade. Como mostrado nos resultados abaixo, a cidade de Manaus é a localidade que mais sofre o impacto da sazonalidade. Isso ocorre devido ao fato da cidade não sofrer ação da brisa marítima, como ocorre na cidade de Belém, além de ter um processo de urbanização e industrialização também maior que na cidade de Belém.

Tabela 09 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para umidade relativa média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Umidade Relativa média do ar		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs Cidade de Belém S.	0,0578	
Cidade de Manaus C. vs Cidade de Manaus S.	0,0001	0,00001
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,0312	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,3324	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,0001	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,0000001	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,0013	0,00001
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,001	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,0000001	0,00001

3.4. Umidade Específica do ar

3.4.1. Variabilidade média mensal

A figura 13 apresenta as médias mensais das umidade específica do ar nas localidades em estudo. O padrão desse elemento meteorológico é basicamente o mesmo da umidade relativa do ar, onde os maiores valores ocorrem nos períodos mais chuvosos.

Em relação a variabilidade média mensal da umidade específica do ar, esta não apresentou um padrão bem definido ao longo do ano, entretanto, observou-se elevados valores, praticamente durante todos os meses do ano, oscilando por volta de 16 a 18g.kg⁻¹ Uma exceção foi verificada na cidade de Manaus, que apresentou drástica redução nestes valores durante a época seca, o que pode estar associado com a atuação de algum sistema meteorológico de meso-escala atuante sobre aquela cidade durante esta época do ano. No geral, mesmo quando a umidade relativa é baixa, o valor absoluto de umidade ainda assim é alta, sendo essa uma característica forte da região equatorial na América do Sul.

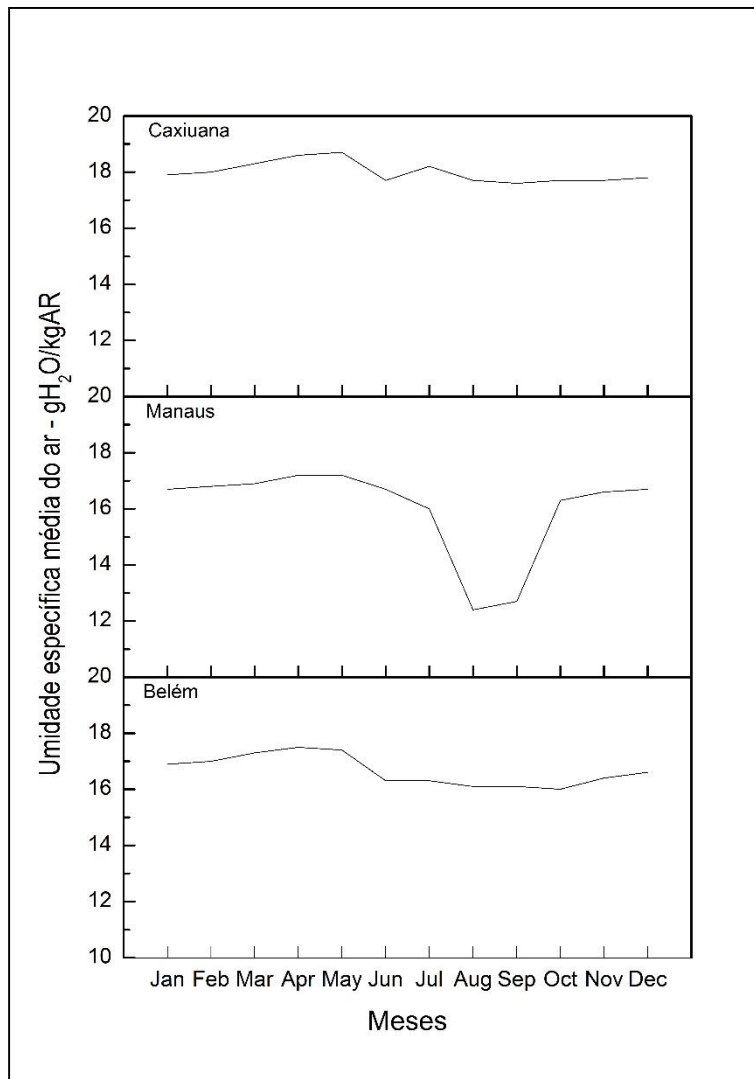


Figura 13 – Distribuição média mensal da umidade específica do ar nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

A tabela 10 apresenta a estatística descritiva da umidade específica do ar nos três locais estudados. Assim como nos valores da umidade relativa do ar, os valores de umidade específica do ar seguiram a mesma tendência, sendo a FLONA Caxiuanã o local que apresentou o maior valor durante todo o ano. Entre os centros urbanos, na maior parte do ano, os valores observados na cidade de Manaus foram menores que aqueles observados para a cidade de Belém. A amplitude deste elemento meteorológico variou de 1,1 a 4,8g.kg⁻¹ dentro de cada localidade e 6,3g.kg⁻¹ entre localidades, onde a cidade de Manaus apresentou o menor valor absoluto (12,4g.kg⁻¹) e a FLONA Caxiuanã o maior (18,7g.kg⁻¹).

Assim como a umidade relativa do ar, a umidade específica do ar não apresenta grandes variações. Em Caxiunã, por exemplo, o coeficiente de variação para a umidade específica do ar

foi de apenas 2,09%, mostrando que é extremamente baixa a variação desse elemento ao longo do ano, situação climática também característica da região equatorial.

Estes resultados, tanto da umidade relativa quanto da umidade específica do ar, indicam, previamente, a grande importância do tipo de cobertura e uso do solo nos locais estudados. Em ambientes urbanos, pela falta de vegetação, a precipitação e a evapotranspiração são menores, reduzindo a umidade do ar. Além disso, um problema cada vez mais intenso em centros urbanos é a redução das áreas de infiltração e aumento de áreas construídas, que promovem aumento na temperatura média e, conseqüentemente, diminuição da umidade. Na floresta, por não ter o processo de urbanização, o ciclo hidrológico funciona de forma mais regulada, mantendo a umidade do ar mais constante durante o ano e o dia.

Tabela 10 – Estatística descritiva da umidade específica média mensal do ar (UEar) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	UEar - Cidade de Belém	UEar – Cidade de Manaus	UEar - FLONA Caxiuanã
Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	16,0	12,4	17,6
Máximo	17,5	17,2	18,7
Amplitude Total	1,5	4,8	1,1
Média Aritmética	16,7	16,0	18,0
Variância	0,3	2,7	0,1
Desvio Padrão	0,5	1,7	0,4
Coefficiente de Variação	3,3%	10,3%	2,1%

3.4.2. Sazonalidade média horária

A figura 14 apresenta a variabilidade média horária da umidade específica do ar nos períodos seco e chuvoso no período de 2009 a 2013. Nos dois períodos, seco e chuvoso, foi possível verificar que a umidade do ar na FLONA Caxiuanã é maior que as duas cidades, reflexo dos menores valores de temperatura do ar e maior evapotranspiração. A cidade de Manaus, apesar de encontrar-se inserida no coração da Amazônia, foi o local que apresentou os menores valores, principalmente durante o período seco da região.

Os valores mínimos e máximos na cidade de Belém foram de 16,1 e 17,2g.kg⁻¹ para a estação chuvosa e 15,1 a 16,9g.kg⁻¹ para a estação seca. Na cidade de Manaus estes valores foram de 16,3 e 17,2g.kg⁻¹ no período chuvoso e 13,7 e 15,0g.kg⁻¹ no período seco. Finalmente, na FLONA Caxiuanã estes valores variaram entre 17,7 e 18,6 g.kg⁻¹ no período chuvoso e 17,2 e 18,4g.kg⁻¹ no período seco.

Observou-se que não houve grandes variações diárias, sendo que o período do dia com os menores valores estão entre 10 e 14 horas, com o pico mínimo por volta das 12 horas. Esse padrão foi verificado, basicamente, para todas as localidades estudadas.

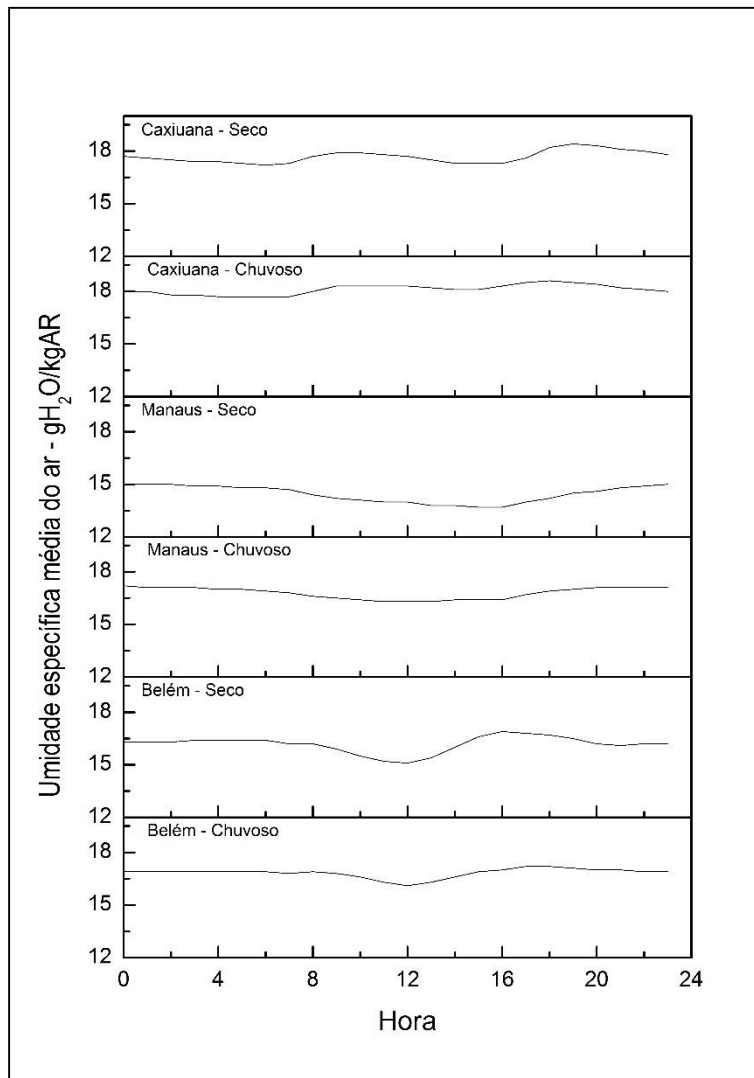


Figura 14 – Variabilidade média horária da umidade específica do ar nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuana (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

3.4.3. Análises estatísticas

A tabela 11 apresenta os testes estatísticos de sazonalidade e entre localidades dos dados de umidade específica do ar. O único resultado que não apresentou diferença significativa foi entre a cidade de Belém e a cidade de Manaus, durante o período chuvoso. Esses resultados mostram que há diferenças significantes deste elemento meteorológico quando se compara os efeitos da localidade e sazonalidade.

Tabela 11 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para umidade específica média horária do ar, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Umidade Específica média do ar		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs Cidade de Belém S.	0,0000001	0,00001
Cidade de Manaus C. vs Cidade de Manaus S.	0,0000001	0,00001
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,0000001	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,9167	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,0000001	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,0000001	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,0000001	0,00001
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,0000001	0,00001
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,0000001	0,00001

3.5. Radiação solar global

A Radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes do tempo e do clima. Além disso, afeta diversos processos físicos (aquecimento/evaporação), biofísicos (transpiração) e biológicos (fotossíntese). A Radiação solar global é primordial para o entendimento da disponibilidade de energia para os diversos processos dentro dos sistemas florestais e urbanos (Pereira et al., 2002).

3.5.1. Variabilidade média mensal

A figura 15 apresenta a variabilidade média mensal da radiação solar global. Por se tratar da quantidade mensal, a unidade utilizada considera o acúmulo de radiação solar diária ($\text{MJ.m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) ao invés da média diária.

Assim como ocorre com a umidade relativa do ar, a radiação solar global incidente na FLONA Caxiuanã é maior, durante todo ano, do que a incidência nos centros urbanos, seguido da cidade de Belém e da cidade de Manaus. Como as três localidades estão situadas em latitudes próximas à linha do Equador, os menores valores de radiação ocorridos na cidade de Manaus podem ser explicados pela quantidade de partículas presentes na atmosfera, proveniente dos processos industriais instalados no município. Em relação à sazonalidade, ocorre um aumento da incidência de radiação solar nos períodos secos, devido à menor nebulosidade neste período. Em seus trabalhos na cidade de Santarém e de Belém, Costa (2013, 2013b) mostra que a partição do saldo de radiação solar em calor latente e calor sensível, ocorrem menores disponibilidades energéticas para o aquecimento do ar urbano em ambientes fortemente arborizados, resultando em ambientes com menores temperaturas do ar.

A média da radiação solar global incidente na cidade de Belém no período seco foi de $36,9\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$, já para o período chuvoso este valor foi de $32,1\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$. Na cidade de Manaus foi de $24,8\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ no período seco e $21,2\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ no período chuvoso. Na FLONA Caxiuanã no período seco foi de $42,5\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ e $35,7\text{MJ.m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ no período chuvoso. Dados próximos foram registrados por Costa et. al, (2006a) e em outro trabalho (dos mesmos autores) ainda não publicado. Esta ampla variabilidade mensal da radiação solar global está associada, principalmente, com a nebulosidade da região, que é regulada pela Zona de Convergência Intertropical, principal sistema meteorológico regulador do tempo. De uma maneira geral, durante o período chuvoso da região houve uma redução de 13,0%, 14,5% e 16% da radiação solar global para as cidades de Belém, de Manaus e FLONA Caxiuanã, respectivamente.

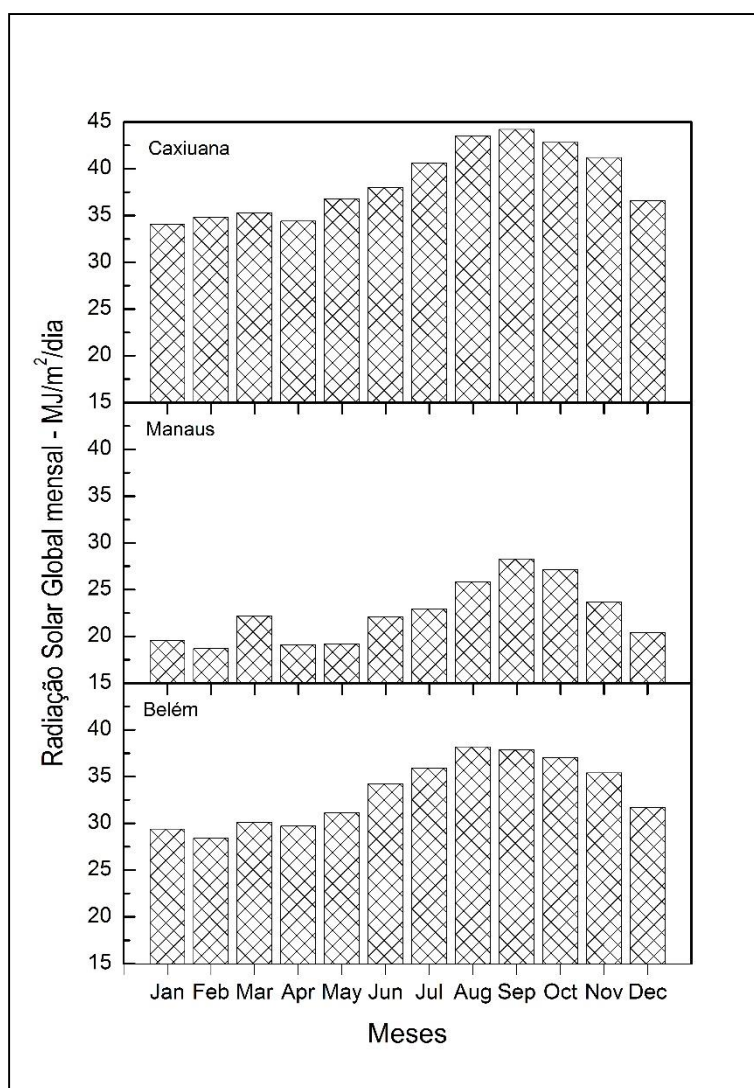


Figura 15– Acúmulo mensal da Radiação solar global nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

A estatística descritiva da radiação solar global mensal nas cidades de Belém e de Manaus e na FLONA Caxiuanã é apresentada na tabela 12.

Observou-se que a amplitude máxima dentro de cada localidade variou de 9,6 a 10,1MJ.m⁻² dia⁻¹, e entre localidades a variação máxima foi de 25,5MJ.m⁻².dia⁻¹. A cidade de Manaus apresentou os menores valores de incidência de radiação solar global (18,7MJ.m⁻² dia⁻¹ para a mínima e 28,3MJ.m⁻² dia⁻¹ para a máxima). Este fato está diretamente associado com a maior quantidade de nebulosidade nos centros urbanos, principalmente na cidade de Manaus, onde o processo de industrialização é mais intenso que na cidade de Belém.

Tabela 12 – Estatística descritiva da Radiação solar global mensal (RSG) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	RSG - Cidade de Belém	RSG - CidadeManaus	RSG - FLONA Caxiuanã
Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	28,4	18,7	34,1
Máximo	38,2	28,3	44,2
Amplitude Total	9,8	9,6	10,1
Média Aritmética	33,2	22,4	38,5
Variância	12,8	10,7	14,0
Desvio Padrão	3,6	3,3	3,7
Coefficiente de Variação	10,8%	14,6%	9,7%

3.5.2. Sazonalidade média horária

A variabilidade da radiação solar global nas três localidades está apresentadas na Figura 16. Nesse caso, por se tratar de uma média horária (não acumulativa), a unidade de medida utilizada foi w.m⁻².

Observou-se que a radiação solar global foi maior na FLONA Caxiuanã e na cidade de Belém do que na cidade de Manaus. A cidade de Belém apresentou valores mínimos e máximos de 92,5 e 663,4w.m⁻² no período chuvoso e 111,1 e 709,4w.m⁻² no período seco. Na cidade de Manaus foram de 48,7 e 393,7 w.m⁻² no período chuvoso e 31,2 e 406,5w.m⁻² no período seco. Já para a FLONA Caxiuanã, os valores foram de 54,4 e 720,2w.m⁻² no período chuvoso e 74,0 e 635,8w.m⁻² no período seco. Trabalhos recentes ainda não publicados e outro realizado por Costa et al. (2006b) na FLONA Caxiuanã, também apresentaram resultados próximos aos da presente pesquisa.

Em relação à variação média horária, os máximos valores de radiação solar global ocorreram por volta das 12 horas na cidade de Belém e FLONA Caxiuanã e por volta das 13

horas na cidade de Manaus. Como característica da região equatorial, as três localidades recebem aproximadamente 12 horas de radiação solar diariamente.

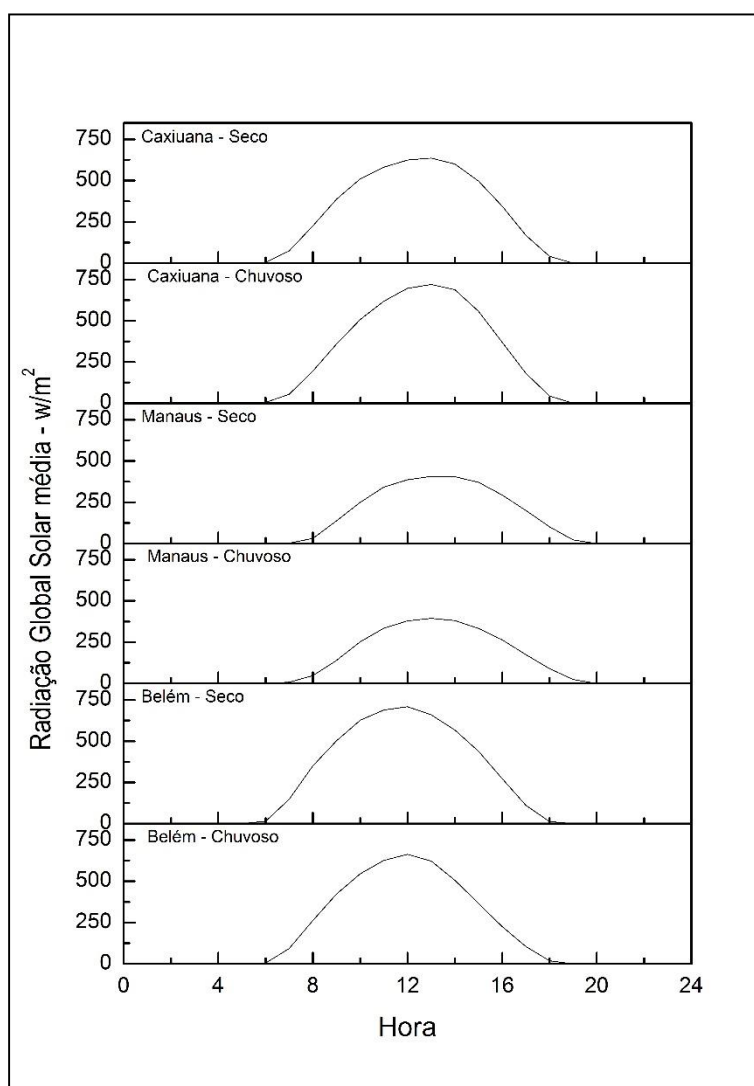


Figura 16 – Variabilidade média horária da radiação solar global nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

3.5.3. Análises Estatísticas

Os resultados referentes ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para a variabilidade média horária da radiação solar global estão apresentados na tabela 13.

Somente houve diferenças significativas entre a cidade de Manaus e FLONA Caxiuanã nos períodos chuvosos e secos e nas cidades de Belém e de Manaus no período seco. Como dito anteriormente, a diferença significativa da cidade de Manaus para as outras localidades está

relacionada à industrialização intensa. Provavelmente, não houve diferença significativa entre as cidades de Manaus e de Belém no período chuvoso, devido à grande quantidade de precipitação e, conseqüentemente, a maior nebulosidade presente sobre estas cidades, o que provoca a redução da incidência da radiação solar global. Ainda assim, o p-valor foi muito próximo do limite (0,081), mostrando que a semelhança não é grande. Segundo os dados, não houve variação significativa de sazonalidade dentro das localidades estudadas.

Tabela 13 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para radiação solar global média horária, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA de Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Radiação solar global média horária**		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs Cidade de Belém S.	0,3754	
Cidade de Manaus C. vs Cidade de Manaus S.	0,718	
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,6695	
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,0818	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,5767	
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,0452	0,00001
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,0278	0,00001
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,5727	
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,0499	0,00001

**Foram comparados dados de 07 às 17h para Cidade de Belém e a FLONA Caxiuanã (fuso -3h GMT) e de 08 às 18h Na cidade de Manaus (fuso -4h GMT)

3.6. Índice de calor

3.6.1. Variabilidade média mensal

A figura 17 apresenta a variabilidade média mensal do índice de calor nas localidades estudadas. Na figura é perceptível, assim como na temperatura do ar, a influência da sazonalidade nas médias mensais, onde os maiores índices de calor, em todos os locais, ocorreram entre os meses de agosto a dezembro, ou seja, período seco da região. Observou-se que os menores valores ocorreram na FLONA Caxiuanã, enquanto que os máximos foram observados na cidade de Manaus. Estes resultados estão associados, principalmente, com o tipo de cobertura e utilização do solo, evidenciando a grande importância da vegetação no sentido de amenizar as temperaturas elevadas, aumentar a umidade relativa do ar e conseqüentemente reduzir o índice de calor (Silva Junior et al., 2012), A cidade de Belém apresentou índices de

calor mais amenos em relação à cidade de Manaus, certamente influenciadas pelos efeitos das brisas locais, que tendem a reduzir as temperaturas do ar, principalmente nos horários noturnos.

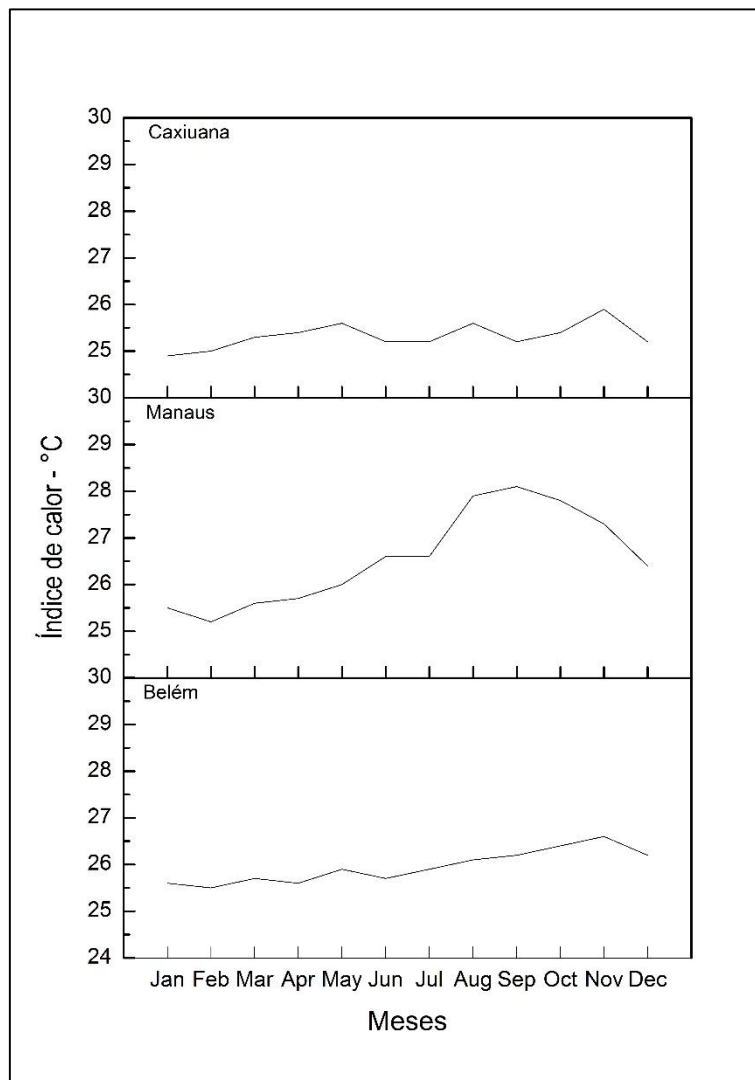


Figura 17 – Distribuição média mensal do índice de calor nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

A tabela 14 apresenta a estatística descritiva do índice de calor mensal nas localidades estudadas. Nela pode-se verificar que esse elemento variou de 1,0 a 2,9°C dentro de uma mesma localidade e no máximo 3,2°C entre as localidades. Os menores índices de calor ocorreram na FLONA Caxiuanã. Esse fato ocorre devido à grande quantidade de vegetação e ausência de urbanização local. Entre os dois centros urbanos, em grande parte do ano, os índices de calor na cidade de Manaus foram maiores que as observadas na cidade de Belém, principalmente no segundo semestre, quando ocorre o chamado verão amazônico, onde as temperaturas são mais elevadas e a precipitação é reduzida, sendo que a primeira apresentou o maior índice de calor

registrado (28,1°C). Costa (2013, 2013b) e Silva Junior et al. (2012a, 2013a) em seus trabalhos sobre clima urbano na Amazônia, encontraram resultados semelhantes, onde áreas mais vegetadas apresentam valores médios de índice de calor menores do que áreas com intenso processo de urbanização. Em relação aos níveis de alerta apresentados na figura 3, a cidade de Manaus apresenta em seu período seco níveis de cautela sendo caracterizada por possível fadiga em casos de exposição prolongadas e prática de atividades físicas.

Tanto o desvio padrão quanto o coeficiente de variação em todas as localidades foram baixos (menores variações entre os demais elementos meteorológicos), mostrando que há pouca variação nos valores desse elemento ao longo do ano. Dentre elas a que apresentou maiores variações foi a cidade de Manaus, que ainda assim foi baixa. Esse padrão é característico da região equatorial, onde predominam temperaturas do ar e umidade relativa do ar elevadas durante todo o ano.

Tabela 14 – Estatística descritiva do Índice de calor (IC) nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Resultados	Ic - Cidade de Belém	Ic - CidadeManaus	Ic - FLONA Caxiuanã
Tamanho da amostra	12	12	12
Mínimo	25,5	25,2	24,9
Máximo	26,6	28,1	25,9
Amplitude Total	1,1	2,9	1,0
Média Aritmética	25,9	26,6	25,3
Variância	0,1	1,0	0,1
Desvio Padrão	0,4	1,0	0,3
Coeficiente de Variação	1,4%	3,8%	1,1%

3.6.2. Sazonalidade média horária

A figura 17 apresenta a variabilidade média horária do índice de calor nos períodos seco e chuvoso nas localidades estudadas. Observou-se que não ocorreram variações bruscas entre as três localidades, no entanto, é perceptível valores menores na FLONA Caxiuanã. Esta relativa redução se deve ao fato dos menores valores de temperatura do ar serem verificados na FLONA Caxiuanã, conforme apresentado anteriormente. Na cidade de Belém, os valores mínimos e máximos para o índice de Calor foram de 23,9 e 29,2°C no período chuvoso e 23,7 e 30,0°C no período seco. Na cidade de Manaus foram de 24,2 e 28,6°C no período chuvoso e 24,5 e 30,1°C no período seco. Para a FLONA Caxiuanã foram de 25,1 e 27,5°C no período chuvoso e 24,7 e 28,8°C no período seco. Em trabalho realizado na cidade de Belém por Silva

Júnior et al. (2013), também encontraram valores indicando a redução do IC em áreas vegetadas em relação às áreas urbanizadas. Os maiores valores ocorreram entre 11 e 17 horas, com máximo por volta das 14 horas.

As médias horárias nos períodos chuvoso e seco, para a cidade de Belém, foram de 25,9 e 26,5 °C. Para a cidade de Manaus estes valores foram de 26,3 e 27,3°C e para a FLONA Caxiuanã, estes foram de 25,8 e 26,1°C. Considerando-se estes valores médios, nenhuma das três localidades estariam na zona de risco (tabela 3) para a saúde. No entanto, considerando os valores máximos, as três localidades entrariam na categoria de *Cautela*, onde pode ocorrer fadiga em casos de exposição prolongada e prática de atividades físicas. Silva Júnior (2012) estudando o IC na cidade de Belém, verificou que ocorreu uma grande intensificação do IC para aquela cidade durante o período seco, podendo chegar até ao nível de cautela extrema (cerca de 35°C).

Segundo Costa et al. (2013), as maiores variações do IC aconteceram durante o período seco, ao passo que os menores valores foram observados durante a época chuvosa da região, em função dos efeitos de homogeneização das temperaturas do ar devido a atuação neste período do ano dos grandes sistemas meteorológicos, tais como a ITCZ.

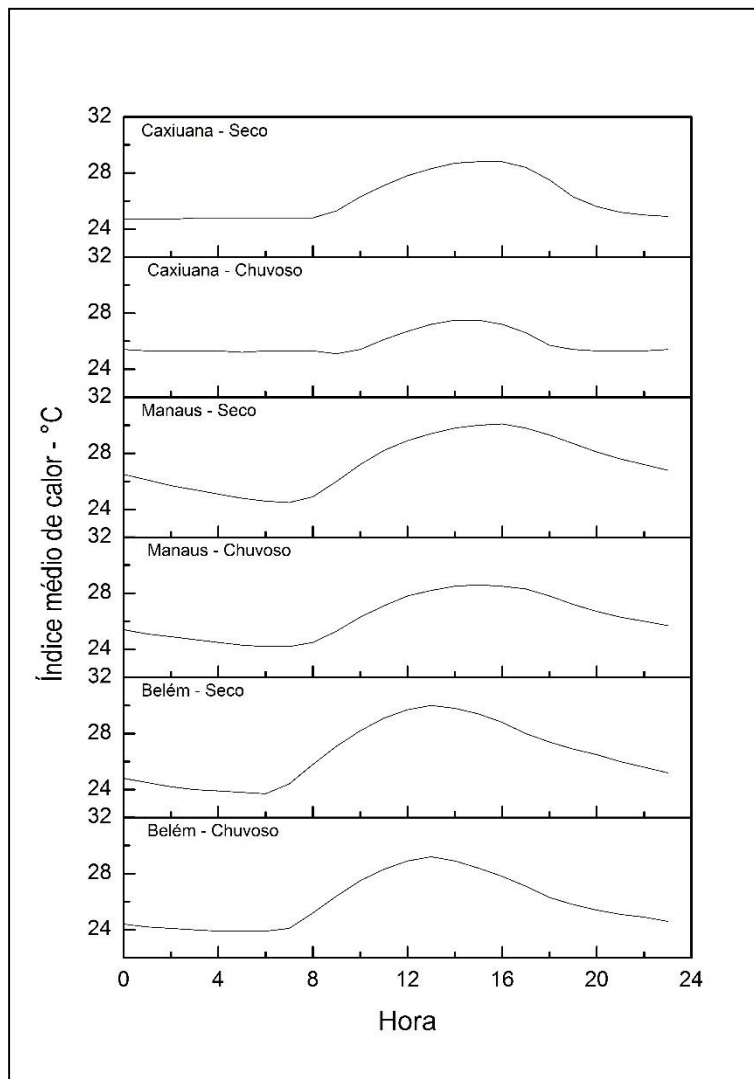


Figura 18 – Variabilidade média horária do índice de calor nos períodos seco e chuvoso nas cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

3.6.3. Análises Estatísticas

Os testes estatísticos comparativos do índice de calor, sazonalmente e entre localidades, nos períodos secos e chuvosos, estão apresentados na tabela 14. Observou-se que só houve diferença significativa entre a cidade de Manaus e a FLONA Caxiuanã, no período seco. Entre o período seco e chuvoso na cidade de Manaus, o valor não foi significativo, porém se aproximou bastante ao limite de 0,05 de significância (0,0525). Esses resultados estão relacionados com o aumento da temperatura do ar durante o período seco na cidade de Manaus, aumentando, assim, a sensação de desconforto térmico.

Tabela 15 – Teste de Kruskal-Wallis (KW), para índice de calor médio horário, comparando as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e a FLONA Caxiuanã (PA) sazonalmente (período chuvoso – C e período seco – S) dentro de cada localidade e sazonalmente entre localidades, com destaque nos resultados significativos.

Índice de Calor		
Análise	p KW	p Dunn
Cidade de Belém C. vs Cidade de Belém S.	0,3695	
Cidade de Manaus C. vs Cidade de Manaus S.	0,0525	
FLONA Caxiuanã C. vs FLONA Caxiuanã S.	0,4001	
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – C	0,3478	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – C	0,5071	
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – C	0,5131	
Cidade de Belém vs Cidade de Manaus – S	0,1638	
Cidade de Belém vs FLONA Caxiuanã – S	0,7177	
Cidade de Manaus vs FLONA Caxiuanã – S	0,0301	0,00001

4. COCLUSÕES

A partir da análise de todos os resultados obtidos, são possíveis tirar as seguintes afirmações conclusivas:

1. A hipótese nula foi rejeitada, visto que, a localização geográfica e a sazonalidade não influenciaram o padrão de variação de todos os elementos meteorológicos estudados;

2. A precipitação foi o elemento meteorológico com maior variação. Estatisticamente, só não houve diferenças significativas entre as cidades de Belém e Manaus, durante o período chuvoso e entre a cidade de Manaus e a FLONA de Caxiuanã durante o período seco, sendo que as demais análises apresentaram diferenças significativas.

3. Em relação à temperatura do ar, só houveram diferenças significativas das médias horárias deste elemento meteorológico para a cidade de Manaus entre o período seco e chuvoso, entre a cidade de Belém e a FLONA Caxiuanã durante o período chuvoso e entre a cidade de Manaus e a FLONA de Caxiuanã em ambos os períodos, chuvoso e seco. As demais comparações não deram diferenças significativas.

4. Para a umidade relativa do ar, os únicos resultados horários com diferenças não significativas foram observados entre os períodos seco e chuvoso na cidade de Belém e entre as cidades de Belém e Manaus durante o período chuvoso.

5. Já para a umidade específica do ar, somente entre as cidades de Belém e Manaus, durante o período chuvoso, não apresentaram diferenças significativas. Todas as outras situações apresentaram diferenças significativas.

6. Para a radiação solar global, os únicos resultados significativos foram entre a cidade de Manaus e a FLONA de Caxiuanã, em ambos os períodos, chuvoso e seco, e entre as cidades de Belém e Manaus durante o período seco.

7. Em relação ao conforto térmico, medido pelo índice de calor, o único resultado que apresentou diferença significativa foi entre a cidade de Manaus e a FLONA de Caxiuanã durante o período seco.

Quando analisadas conjuntamente as variabilidades meteorológicas nos diferentes locais estudados observou-se que a cidade de Manaus foi a que apresentou os maiores valores de temperatura do ar, enquanto que na FLONA Caxiuanã este elemento meteorológico apresentou os menores valores. Esse resultado reflete claramente os efeitos do crescimento urbano, evidenciando a grande importância da vegetação na regulação térmica dos ambientes Amazônicos, e, conseqüentemente, na melhoria das condições de conforto térmico dos habitantes desta região. A cidade de Belém possui valores intermediários de temperatura do ar e maiores de umidade do ar em relação à cidade de Manaus e a FLONA de Caxiuanã, sendo que os valores de temperatura do ar menores que a cidade de Manaus principalmente pela influência do efeito de brisa atuante na cidade.

5. BIBLIOGRAFIA

ALVES, A. R.; VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Imprensa universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1991.

AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n.4, p. 423-434, 2012

ANDRADE, H. O clima urbano-natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Finisterra: **Revista portuguesa de geografia**, v. 40, n. 80, p. 67-91, 2005.

AYRES, M. et al. **Bioestat 4.0: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-Médicas**. Cidade de Belém, PA: Mamirauá/CNPq, 2005. 364 p.

AYRES, M.; AYRES, D. L. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio médicas. **Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá**, 2005.

BURIOL, G. A. et al. Homogeneidade da radiação solar global medida nas estações agrometeorológicas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 12, p. 65-72, 2006.

CAMARGO, J. C. G.; TAVARES, A. C. A influência da cidadero claro na temperatura e na umidade do ar. **Geografia**, p. 149-168, 1985.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1157-1166, 2004.

CHANDLER, T. J. Temperature and humidity traverses across London. **Weather**, n. 17, p. 235-242, 1962.

COEHN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v.4, n.11, p.34-40, 1989.

COHEN J. et al. Linhas de Instabilidade na costa N-NE da América do Sul. IN: CAVALCANTI, I. F.A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2009

COHEN, Julia Clarinda Paiva. **Um estudo observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia. 1989**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE. São José dos Campos.

COSTA, A. C. L. da, et al. Distribuição geoespacial e horária da temperatura do ar na cidade de Belém, estado do Pará, Brasil. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 4,n. 1, p. 150-168, jan./jun, 2013.

COSTA, A. C. L. da, et al. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte.**Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, 2013b.

COSTA, A. C. L. da. **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização: O caso de Cidade de Belém – PA. 1998. 232f.** Tese (Doutorado) - EESC-USP, São Carlos, SP, 1998.

COSTA, A. C. L. da, et al. Estudos hidrometeorológicos em uma floresta tropical chuvosa na Amazônia.**Revista Brasileira de Meteorologia** , v.21, p.283 - 290, 2006.

COSTA, A. C. L. da, et al. Sazonalidade da radiação solar global, direta e difusa em uma floresta tropical chuvosa na Amazônia oriental - FLONA Caxiuanã - Pará In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006b, Florianópolis.

COSTA, E. V. Medidas da umidade relativa do ar em um ambiente fechado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, 2003.

CUSTÓDIO, E; LLAMAS, M. **Hidrologia Subterrânea**. 2ª ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1996. 2350p.

SILVA, J. M. C. da, et al. The fate of the Amazonian areas of endemism. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 689-694, 2005

DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L da. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **CEP**, v. 13083, p. 852, 2010

ASSIS, E. S. de. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. [s.l.:s.n.], 2005.

DIAS, M. A. F. da S.; SILVA, M. G. A. J da. Para entender Tempo e Clima. IN: CAVALCANTI, I. F.A et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2009

FERREIRA, L. V. et al. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, Abril, 2005

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática-Edição Comemorativa de**, v. 10, 2006.

FISHER, R. A. et al. Evidence from Amazonian forests is consistent with isohydric control of leaf water potential. **Plant Cell Environment**, v. 29, p. 151–165, 2006.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª ed. São Paulo: Studio Nobel. São Paulo, 2001. 243p.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo-SP: Ed. Oficina de Textos, 2010. 248 p.

GOLDREICH, Y. Urban climate studies in Johannesburg: A sub-Tropical city located on a ridge - A review. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n. 3, p. 407-420, 1992.

HASTENRATH, S.; LAMB, P. J. Climate dynamics of atmosphere and ocean in the equatorial zone: A synthesis. **International Journal of Climatology**, vol. 24, p. 1601- 1612, 2004.

HASTENRATH, S.; LAMB, P. J. Some aspects of circulation and climate over easter Equatorial Atlantic. **Monthly Weather Review**, v.105, n.8, p.1019-1023, 1977

HASTENRATH, S. **Climate and Circulation of the Tropics**. Springer Science & Business Media, 2012.

HUTCHEON, R. J. et al. Observations of the urban heat island in a small city. **Bulletin American meteorological society**, v.48, n.1. p.7 -9, 1967.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2014.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. 1992.

- LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, v. 18, p. 95-111, 2011.
- LOWRY, W.P. The climate of cities. **Scientific American**, v.217, n.2, 1967, p.15-23.
- MAITELLI, G. T. et al. Ilha de calor em Cuiabá/MT: uma abordagem de clima urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina. Anais... Londrina/PR: Comunicações, 1991. p. 561-571
- MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G.S de. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: **Congresso Brasileiro De Meteorologia**. Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998
- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 1304.1-1304.13, 2008.
- MELO, A. B. C de, et al. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. IN: CAVALCANTI, I. F.A et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2009
- MENDONÇA, F. de A. **O clima e o Planejamento Urbano de Cidades de Porte Médio e Pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade Londrina, PR. São Paulo, 1994. 322p**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia Física)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia noções básicas e climas do Brasil. **São Paulo: Oficina de Textos**, 2007.
- MOLION, L. C. B. Amazonia rainfall and its variability. In: Hydrology and water management in the humid tropics. BONELL, M.; HUFSCHEMIDT, M. M.; GLADWELL, J. S. (eds.). **International Hydrology Series**, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 99-111, 1993.
- MOLION, L. C. B.. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 107-117, 1987.
- MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA, F. **Clima urbano**. Editora Contexto, São Paulo, SP, 2001. 192 p.
- MORAES, B. C. de et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amaz.**, v. 35, n. 2, 2005.
- MORAES, J.C. et al. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã. In: Lisboa, P. L. B. (org). CNPQ/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p.85-95, 1997.
- NASCIMENTO, C. P. O processo de urbanização da Amazônia e seus mecanismos entre a década de 1930 e 1980. **Ateliê Geográfico**, [S.l.], v. 5, n. 2, ago. 2011.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9, p.2464-2479, 1996.

OJIMA, R.; MARTINE, G. Resgates sobre população e ambiente: breve análise da dinâmica demográfica e a urbanização nos biomas brasileiros. **Idéias**, v. 1, n. 5, 2012.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2.ed., 1987

OLIVEIRA, F. M. et al. Determinação da variação no microclima de Manaus-AM por atividades antropogênicas e modulações climáticas naturais. **Acta amazonica**, v. 38, n. 4, p. 687-700, 2008.

OLIVEIRA, G. S. de; SATYAMURTY, P. O El Niño de 1997/98: evolução e impactos no Brasil. CPTEC/INPE, 1998.

OLIVEIRA, L. L. **Avaliação da interceptação da precipitação pela vegetação na FLONA deCaxiuanã, Pará**. 2007. 123 f. Dissertação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, 2007.

PAULA, R. Z. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. 2004. Dissertação (Mestrado). Faculdade Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

PEREIRA, A. B. et al. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 211-216, 2002.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G. (Ed.). **Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990**. 2009.

RODRIGUES, R. A.; FIORI, A. L. de; PESSOA, E. dos S. Mudanças na Divisão Familiar de Tarefas em Função do Enfrentamento da Seca de 2010 na Amazônia. **Ponto Urbe. Revista do núcleo de antropologia urbana da USP**, n. 13, 2013.

RYAN, T. A.; JOINER, B. L.; RYAN, B. F. **Minitab™**. John Wiley & Sons, Inc., 2004.

SANTOS, K. P. C; CUNHA, A.C.; COSTA, A.C. L. e DE SOUZA, E.B. Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.23, p-1-16, mar/2012.

SATHLER, D. et al. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, Abril, 2009

SILVA JÚNIOR, J. A. et al. Análise da Distribuição Espacial do Conforto Térmico na CidadeCidade de Belém, PA no Período Menos Chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.218-232, 2012.

SILVA JUNIOR, J. A. et al. Fluxos de CO₂ do solo na FLONA deCaxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLO/LBA. **Revista brasileira de meteorologia**, São Paulo, v. 28, n. 1, 2013.

SILVA JUNIOR, J. A. et al. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidadeCidade de Belém, PA. **Revista brasileira de meteorologia**, São Paulo, v. 28, n. 4, 2013a.

SILVA JÚNIOR, J. A. et. al. Estudo do Conforto Térmico e o Fenômeno da Ilha de Calor na CidadeCidade de Belém-PA durante o ano de 2010. In: **Simpósio Internacional de Climatologia**, 2011, João Pessoa. ANAIS - IV SIC.

SILVA JÚNIOR, J. A. et. al. Relações entre as percepções térmicas e índices de conforto térmico dos habitantes de uma cidade tropical na Amazônia Oriental. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 3, n. 2, p. 395-407, 2012a.

SILVA JUNIOR, J. A. et al. Sazonalidade de elementos meteorológicos da área urbana e periférica na cidade de belém, PA.**Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, p. 10, 2013b.

SOARES, J. V.. Introdução a hidrologia de florestas. **Curso de Hidrologia**, 1999.

SOUZA, S. C. **Desmatamento e clima em Alta Floresta Amazônia Matogrossense**. [s.n.:s.l.], Mato Grosso, 2006.

STEADMAN, R. G.. The Assessment of Sultriness. Part I: A temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. **Journal of Applied Meteorology**, v.18, p. 861-873, 1979.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. REBOUÇAS, A. C. et al.(org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: escrituras, 1999.

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

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma introdução. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, p. 19-42, 2008.

VIANELLO R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2. Ed, Viçosa; Ed. UFV, 2012. 460p.

VIDAL, R. D. B. Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidadeNatal (RN). **Anais...** In: Encontro de Professores de Conforto Ambiental - NE. João Pessoa, PB , p.33-37, 1992.

WALISER, D.E.; GAUTIER, C. A. A satellite-derived climatology of the ITCZ. **Journal of Climate**, v.6, p.2162-2174, 1993.

YAMASHITA, S. The urban climate of Tokyo. **Geographical Review of Japan**. v. 63, n.1, p. 98-107, 1990.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabelas dos valores médios horários de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, umidade específica do ar, radiação solar global e índice de calor para as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e para a FLONA Caxiuanã (PA) para os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Tabela 15 – Precipitação média horária (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Precipitação média horária (mm)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuanã	Belém	Manaus	Caxiuanã
0	19,9	58,0	124,8	1,0	4,6	25,1
1	21,5	40,4	127,0	0,6	4,9	14,9
2	14,9	51,9	69,0	4,0	6,6	7,6

3	13,3	33,1	76,8	0,4	12,7	8,6
4	25,8	33,4	105,0	0,0	13,2	8,2
5	18,6	31,9	83,0	0,2	10,5	5,2
6	16,3	39,6	81,6	0,1	7,1	4,0
7	26,4	58,9	111,3	0,0	10,1	2,5
8	14,6	58,6	81,7	3,5	10,4	4,1
9	11,2	85,5	62,7	0,2	5,0	7,1
10	8,3	69,8	28,2	0,3	10,8	5,7
11	11,1	49,9	41,0	1,4	15,9	4,9
12	27,5	58,6	44,0	1,4	15,2	6,2
13	80,5	102,2	47,2	1,8	37,5	4,3
14	179,3	132,6	53,6	20,1	21,6	8,7
15	191,0	153,1	54,2	43,4	12,7	29,4
16	223,8	113,9	140,2	65,1	10,3	33,1
17	209,6	124,6	131,7	41,8	5,7	22,7
18	200,4	86,4	118,5	23,5	6,9	46,0
19	160,6	65,0	94,2	15,0	7,9	16,5
20	97,1	59,0	118,3	7,7	4,5	37,4
21	74,1	47,8	116,0	6,3	8,8	13,0
22	42,6	40,2	88,1	1,5	1,3	14,5
23	36,2	27,2	111,4	2,2	3,8	15,3
TOTAL	1724,1	1621,0	2109,7	240,8	247,7	344,8

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuanã estão no fuso -3h GMT

Tabela 16 – Temperatura média horária do ar (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Temperatura média horária do ar (°C)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuanã	Belém	Manaus	Caxiuanã
0	25,6	26,6	24,7	26,0	27,8	24,9
1	25,4	26,3	24,5	25,6	27,3	24,6
2	25,2	26,1	24,3	25,4	26,9	24,4
3	25,0	25,8	24,1	25,2	26,6	24,1
4	24,9	25,6	24,0	25,0	26,3	24,0
5	24,8	25,5	23,9	24,8	26,0	23,8
6	24,7	25,3	23,9	24,8	25,8	23,7
7	25,2	25,3	23,8	25,6	25,7	23,9
8	26,4	25,6	24,4	27,1	26,1	25,1
9	27,7	26,6	25,5	28,5	27,3	26,5
10	28,9	27,6	26,5	29,7	28,6	27,6
11	29,8	28,5	27,3	30,7	29,7	28,5

12	30,5	29,2	28,0	31,5	30,5	29,2
13	30,8	29,8	28,6	31,8	31,1	29,8
14	30,5	30,1	28,9	31,6	31,6	30,3
15	29,9	30,2	28,9	31,1	31,8	30,5
16	29,2	30,1	28,6	30,4	31,9	30,4
17	28,4	29,8	27,9	29,5	31,6	30,0
18	27,6	29,3	26,9	28,8	31,0	28,9
19	27,0	28,6	25,9	28,3	30,3	27,6
20	26,6	28,0	25,4	27,8	29,6	26,6
21	26,3	27,6	25,1	27,3	29,0	26,0
22	26,1	27,2	24,9	26,8	28,6	25,6
23	25,8	26,9	24,8	26,4	28,2	25,3

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuana estão no fuso -3h GMT

Tabela 17 – Radiação solar global média (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuana (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Radiação Solar Global média horária (w/m²)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuana	Belém	Manaus	Caxiuana
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	4,9	0,3	5,2	14,8	0,1	4,6
7	92,5	7,5	54,4	147,0	2,8	74,0
8	262,5	47,6	195,0	351,1	31,2	225,9
9	423,5	140,1	359,4	502,8	138,0	387,3
10	545,2	252,1	508,0	627,0	249,4	510,4
11	626,0	334,7	619,1	688,8	341,7	580,9
12	663,4	379,1	696,6	709,4	386,3	624,4
13	622,7	393,7	720,2	660,3	406,5	635,8
14	505,6	380,4	687,9	567,9	404,7	600,1
15	366,6	333,3	558,0	439,3	371,1	497,2
16	225,6	264,5	370,3	272,8	294,4	344,9
17	105,1	174,3	180,9	111,1	200,1	168,3
18	18,5	90,0	42,9	12,9	100,9	41,0
19	0,0	24,2	0,0	0,0	22,4	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuanã estão no fuso -3h GMT

Tabela 18 – Umidade relativa média horária do ar (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Umidade Relativa média horária do ar (%)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuanã	Belém	Manaus	Caxiuanã
0	82,3	78,4	92,6	77,4	64,1	89,3
1	83,4	79,6	93,3	79,0	65,7	90,4
2	84,2	80,8	93,8	80,4	67,2	91,5
3	85,0	81,7	94,3	81,5	68,3	92,4
4	85,6	82,4	94,7	82,4	69,4	92,9
5	86,1	83,0	94,7	83,3	70,1	93,3
6	86,3	83,6	95,1	83,5	70,8	93,5
7	83,4	83,2	95,9	78,8	70,9	92,7
8	77,9	80,5	93,9	72,2	68,6	88,4
9	71,9	75,9	89,3	65,3	63,0	82,6
10	66,3	71,0	84,2	59,2	58,0	77,2
11	61,9	66,9	80,1	54,8	54,0	72,9
12	58,7	64,1	76,8	52,2	51,5	69,5
13	58,2	62,1	74,2	52,3	49,0	66,2
14	60,4	61,3	72,6	54,7	47,5	64,0
15	63,5	61,0	72,3	58,5	46,3	63,2
16	66,8	61,4	74,2	62,1	46,3	63,5
17	70,4	63,3	78,0	65,0	47,8	66,2
18	73,9	66,1	83,4	67,2	50,1	72,7
19	76,4	69,3	88,0	68,3	53,5	79,6
20	77,7	71,9	90,3	69,1	56,2	83,4
21	78,9	73,9	91,2	70,9	58,7	85,6
22	80,1	75,6	91,6	73,2	60,6	86,9
23	81,2	76,9	91,7	75,4	62,3	88,1

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuanã estão no fuso -3h GMT

Tabela 19 – Umidade específica média horária do ar (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Umidade Específica (g H2O / kg ar)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuanã	Belém	Manaus	Caxiuanã
0	16,9	17,2	18,0	16,3	15,0	17,7
1	16,9	17,1	18,0	16,3	15,0	17,6
2	16,9	17,1	17,8	16,3	15,0	17,5

3	16,9	17,1	17,8	16,4	14,9	17,4
4	16,9	17,0	17,7	16,4	14,9	17,4
5	16,9	17,0	17,7	16,4	14,8	17,3
6	16,9	16,9	17,7	16,4	14,8	17,2
7	16,8	16,8	17,7	16,2	14,7	17,3
8	16,9	16,6	18,0	16,2	14,4	17,7
9	16,8	16,5	18,3	15,9	14,2	17,9
10	16,6	16,4	18,3	15,5	14,1	17,9
11	16,3	16,3	18,3	15,2	14,0	17,8
12	16,1	16,3	18,3	15,1	14,0	17,7
13	16,3	16,3	18,2	15,4	13,8	17,5
14	16,6	16,4	18,1	16,0	13,8	17,3
15	16,9	16,4	18,1	16,6	13,7	17,3
16	17,0	16,4	18,3	16,9	13,7	17,3
17	17,2	16,7	18,5	16,8	14,0	17,6
18	17,2	16,9	18,6	16,7	14,2	18,2
19	17,1	17,0	18,5	16,5	14,5	18,4
20	17,0	17,1	18,4	16,2	14,6	18,3
21	17,0	17,1	18,2	16,1	14,8	18,1
22	16,9	17,1	18,1	16,2	14,9	18,0
23	16,9	17,1	18,0	16,2	15,0	17,8

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuanã estão no fuso -3h GMT

Tabela 20 – Índice de calor médio horário (hora local*) nos períodos chuvosos e secos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM) e na FLONA Caxiuanã (PA) entre os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013

Índice de Calor médio horário (°C)						
Hora	Chuvoso			Seco		
	Belém	Manaus	Caxiuanã	Belém	Manaus	Caxiuanã
0	24,4	25,4	25,4	24,8	26,5	24,7
1	24,2	25,1	25,3	24,5	26,1	24,7
2	24,1	24,9	25,3	24,2	25,7	24,7
3	24,0	24,7	25,3	24,0	25,4	24,8
4	23,9	24,5	25,3	23,9	25,1	24,8
5	23,9	24,3	25,2	23,8	24,8	24,8
6	23,9	24,2	25,3	23,7	24,6	24,8
7	24,1	24,2	25,3	24,4	24,5	24,8
8	25,2	24,5	25,3	25,8	24,9	24,8
9	26,4	25,3	25,1	27,1	26,0	25,3
10	27,5	26,3	25,4	28,2	27,2	26,3
11	28,3	27,1	26,1	29,1	28,2	27,1
12	28,9	27,8	26,7	29,7	28,9	27,8
13	29,2	28,2	27,2	30,0	29,4	28,3

14	28,9	28,5	27,5	29,8	29,8	28,7
15	28,4	28,6	27,5	29,4	30,0	28,8
16	27,8	28,5	27,2	28,8	30,1	28,8
17	27,1	28,3	26,6	28,0	29,8	28,4
18	26,3	27,8	25,7	27,4	29,3	27,5
19	25,8	27,2	25,4	26,9	28,7	26,3
20	25,4	26,7	25,3	26,5	28,1	25,6
21	25,1	26,3	25,3	26,0	27,6	25,2
22	24,9	26,0	25,3	25,6	27,2	25,0
23	24,6	25,7	25,4	25,2	26,8	24,9

* A cidade de Manaus está no fuso -4h GMT enquanto Belém e Caxiuanã estão no fuso -3h GMT

APÊNDICE B – Resultados estatísticos do teste de Kruskal-Wallis para as análises horárias da precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, umidade específica do ar, radiação solar global e índice de calor para as cidades de Belém (PA) e de Manaus (AM) e para a FLONA Caxiuanã (PA) para os períodos de março de 2009 a dezembro de 2013.

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Temp. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Tar-B

	Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	26.50	22.4	-1.04	
Seco	24	27.55	26.6	1.04	
Global	48		24.5		

H = 1.08 GL = 1 P = 0.298

H = 1.09 GL = 1 P = 0.298 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Temp. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Tar-M

	Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	27.40	20.5	-1.96	
Seco	24	28.60	28.5	1.96	
Global	48		24.5		

H = 3.84 GL = 1 P = 0.050

H = 3.84 GL = 1 P = 0.050 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuanã – Temp. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Tar-C

Posto

Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	25.25	22.2	-1.12
Seco	24	26.25	26.8	1.12
Global	48		24.5	

H = 1.26 GL = 1 P = 0.261

H = 1.26 GL = 1 P = 0.261 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em TarC-BxM

	Posto	N	Mediana	Méd	Z
Loc1.1					
Belem	24	26.50	22.6	-0.93	
Manaus	24	27.40	26.4	0.93	
Global	48		24.5		

H = 0.86 GL = 1 P = 0.353

H = 0.86 GL = 1 P = 0.353 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em TarC-BxC

	Posto	N	Mediana	Méd	Z
Loc1.2					
Belem	24	26.50	29.4	2.41	
Caxiuana	24	25.25	19.6	-2.41	
Global	48		24.5		

H = 5.82 GL = 1 P = 0.016

H = 5.82 GL = 1 P = 0.016 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em TarC-MxC

	Posto	N	Mediana	Méd	Z
Loc1.3					
Caxiuana	24	25.25	18.2	-3.12	
Manaus	24	27.40	30.8	3.12	
Global	48		24.5		

H = 9.76 GL = 1 P = 0.002

H = 9.77 GL = 1 P = 0.002 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em TarS-BxM

	Posto	N	Mediana	Méd	Z
Loc1.4					
Belem	24	27.55	21.7	-1.39	
Manaus	24	28.60	27.3	1.39	
Global	48		24.5		

H = 1.94 GL = 1 P = 0.164

H = 1.94 GL = 1 P = 0.164 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Seco – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em TarS-BxC

		Posto		
Loc1.5	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	27.55	28.1	1.76
Caxiuana	24	26.25	20.9	-1.76
Global	48		24.5	

H = 3.11 GL = 1 P = 0.078

H = 3.11 GL = 1 P = 0.078 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Temp. do ar – Per. Seco – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em TarS-MxC

		Posto		
Loc1.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	26.25	18.8	-2.80
Manaus	24	28.60	30.2	2.80
Global	48		24.5	

H = 7.86 GL = 1 P = 0.005

H = 7.87 GL = 1 P = 0.005 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Umid. Rel. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em UR-B

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	77.80	28.3	1.90
Seco	24	70.00	20.7	-1.90
Global	48		24.5	

H = 3.60 GL = 1 P = 0.058

H = 3.60 GL = 1 P = 0.058 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Umid. Rel. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em UR-M

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	74.75	33.2	4.30
Seco	24	59.65	15.8	-4.30
Global	48		24.5	

H = 18.48 GL = 1 P = 0.000

H = 18.49 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana – Umid. Rel. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em UR-C

Posto

Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	90.75	28.9	2.15
Seco	24	84.50	20.1	-2.15
Global	48		24.5	

H = 4.64 GL = 1 P = 0.031

H = 4.64 GL = 1 P = 0.031 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em UrC-BxM

		Posto		
Loc2.1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	77.80	26.5	0.97
Manaus	24	74.75	22.5	-0.97
Global	48		24.5	

H = 0.94 GL = 1 P = 0.332

H = 0.94 GL = 1 P = 0.332 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UrC-BxC

		Posto		
Loc2.2	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	77.80	16.8	-3.84
Caxiuana	24	90.75	32.3	3.84
Global	48		24.5	

H = 14.71 GL = 1 P = 0.000

H = 14.72 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Chuvoso – Manaus c Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UrC-MxC

		Posto		
Loc2.3	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	90.75	33.3	4.35
Manaus	24	74.75	15.7	-4.35
Global	48		24.5	

H = 18.93 GL = 1 P = 0.000

H = 18.93 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em UrS-BxM

		Posto		
Loc2.4	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	70.00	31.0	3.21
Manaus	24	59.65	18.0	-3.21
Global	48		24.5	

H = 10.28 GL = 1 P = 0.001

H = 10.28 GL = 1 P = 0.001 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Seco – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UrS-BxC

		Posto		
Loc2.5	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	70.00	17.9	-3.28
Caxiuana	24	84.50	31.1	3.28
Global	48		24.5	

H = 10.75 GL = 1 P = 0.001

H = 10.75 GL = 1 P = 0.001 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Rel. ar – Per. Seco –Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UrS-MxC

		Posto		
Loc2.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	84.50	34.7	5.03
Manaus	24	59.65	14.3	-5.03
Global	48		24.5	

H = 25.31 GL = 1 P = 0.000

H = 25.32 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Rad. Glob. Solar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-B

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	12	395.1	11.4	-0.75
Seco	12	471.1	13.6	0.75
Global	24		12.5	

H = 0.56 GL = 1 P = 0.453

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Rad. Glob. Solar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-M

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	12	258.3	12.1	-0.29
Seco	12	271.9	12.9	0.29
Global	24		12.5	

H = 0.08 GL = 1 P = 0.773

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana – Rad. Glob. Solar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-C

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	12	439.1	13.1	0.40
Seco	12	442.3	11.9	-0.40

Global 24 12.5

H = 0.16 GL = 1 P = 0.686

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-BxM

		Posto		
Loc3.1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	12	395.1	14.7	1.50
Manaus	12	258.3	10.3	-1.50
Global	24		12.5	

H = 2.25 GL = 1 P = 0.133

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-BxC

		Posto		
Loc3.2	N	Mediana	Méd	Z
Belem	12	395.1	11.8	-0.52
Caxiuana	12	439.1	13.3	0.52
Global	24		12.5	

H = 0.27 GL = 1 P = 0.603

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-MxC

		Posto		
Loc3.3	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	12	439.1	15.1	1.79
Manaus	12	258.3	9.9	-1.79
Global	24		12.5	

H = 3.20 GL = 1 P = 0.073

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-BxM

		Posto		
Loc3.4	N	Mediana	Méd	Z
Belem	12	471.1	15.3	1.91
Manaus	12	271.9	9.8	-1.91
Global	24		12.5	

H = 3.63 GL = 1 P = 0.057

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-BxC

		Posto		
Loc3.5	N	Mediana	Méd	Z

Belem	12	471.1	13.3	0.52
Caxiuana	12	442.3	11.8	-0.52
Global	24		12.5	

H = 0.27 GL = 1 P = 0.603

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-MxC

		Posto		
Loc3.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	12	442.3	15.1	1.79
Manaus	12	271.9	9.9	-1.79
Global	24		12.5	

H = 3.20 GL = 1 P = 0.073

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Índice de Calor versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ic-B

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	25.30	22.7	-0.90
Seco	24	26.25	26.3	0.90
Global	48		24.5	

H = 0.80 GL = 1 P = 0.370

H = 0.81 GL = 1 P = 0.370 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Índice de Calor versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ic-M

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	26.15	20.6	-1.94
Seco	24	27.20	28.4	1.94
Global	48		24.5	

H = 3.76 GL = 1 P = 0.053

H = 3.76 GL = 1 P = 0.052 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana – Índice de Calor versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ic-C

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	25.35	26.2	0.84
Seco	24	25.25	22.8	-0.84
Global	48		24.5	

H = 0.70 GL = 1 P = 0.404

H = 0.71 GL = 1 P = 0.400 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em IcC-BxM

		Posto		
Loc4.1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	25.30	22.6	-0.94
Manaus	24	26.15	26.4	0.94
Global	48		24.5	

H = 0.88 GL = 1 P = 0.348

H = 0.88 GL = 1 P = 0.348 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em IcC-BxC

		Posto		
loc4.2	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	25.30	23.2	-0.66
Caxiuana	24	25.35	25.8	0.66
Global	48		24.5	

H = 0.44 GL = 1 P = 0.509

H = 0.44 GL = 1 P = 0.507 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em IcC-MxC

		Posto		
Loc4.3	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	25.35	23.2	-0.65
Manaus	24	26.15	25.8	0.65
Global	48		24.5	

H = 0.42 GL = 1 P = 0.516

H = 0.43 GL = 1 P = 0.513 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em IcS-BxM

		Posto		
Loc4.4	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	26.25	21.7	-1.39
Manaus	24	27.20	27.3	1.39
Global	48		24.5	

H = 1.94 GL = 1 P = 0.164

H = 1.94 GL = 1 P = 0.164 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Seco – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em IcS-BxC

		Posto		
Loc4.5	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	26.25	25.2	0.36
Caxiuana	24	25.25	23.8	-0.36
Global	48		24.5	

H = 0.13 GL = 1 P = 0.718
H = 0.13 GL = 1 P = 0.718 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Índ. Calor – Per. Seco – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em IcS-MxC

		Posto		
Loc4.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	25.25	20.1	-2.17
Manaus	24	27.20	28.9	2.17
Global	48		24.5	

H = 4.69 GL = 1 P = 0.030
H = 4.70 GL = 1 P = 0.030 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Umid. Espec. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ue-B

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	16.90	34.3	4.82
Seco	24	16.25	14.8	-4.82
Global	48		24.5	

H = 23.28 GL = 1 P = 0.000
H = 23.73 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Umid. Espec. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ue-M

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	16.90	36.5	5.94
Seco	24	14.55	12.5	-5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000
H = 35.46 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana – Umid. Espec. ar versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Ue-C

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	18.10	32.4	3.89
Seco	24	17.65	16.6	-3.89
Global	48		24.5	

H = 15.11 GL = 1 P = 0.000
H = 15.24 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em UeC-BxM

		Posto		
Loc5.1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	16.90	24.3	-0.10
Manaus	24	16.90	24.7	0.10
Global	48		24.5	

H = 0.01 GL = 1 P = 0.918

H = 0.01 GL = 1 P = 0.917 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UeC-BxC

		Posto		
Loc5.2	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	16.90	12.5	-5.94
Caxiuana	24	18.10	36.5	5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000

H = 35.80 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UeC-MxC

		Posto		
Loc5.3	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	18.10	36.5	5.94
Manaus	24	16.90	12.5	-5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000

H = 35.50 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em UeS-BxM

		Posto		
Loc5.4	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	16.25	36.5	5.94
Manaus	24	14.55	12.5	-5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000

H = 35.38 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Seco – Belém x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UeS-BxC

		Posto		
Loc5.5	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	16.25	12.5	-5.94
Caxiuana	24	17.65	36.5	5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000

H = 35.39 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Umid. Espec. ar – Per. Seco – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em UeS-MxC

		Posto		
Loc5.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	17.65	36.5	5.94
Manaus	24	14.55	12.5	-5.94
Global	48		24.5	

H = 35.27 GL = 1 P = 0.000

H = 35.37 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Belém - Precipitação versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Pr-B

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	26.950	33.6	4.52
Seco	24	1.650	15.4	-4.52
Global	48		24.5	

H = 20.39 GL = 1 P = 0.000

H = 20.39 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus - Precipitação versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Pr-M

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	58.600	36.3	5.86
Seco	24	9.450	12.7	-5.86
Global	48		24.5	

H = 34.29 GL = 1 P = 0.000

H = 34.30 GL = 1 P = 0.000 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana - Precipitação versus Período

Teste de Kruskal-Wallis em Pr-C

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	24	85.550	36.3	5.81
Seco	24	8.650	12.8	-5.81
Global	48		24.5	

H = 33.81 GL = 1 P = 0.000

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Chuvoso – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em PrC-BxM

Posto

Loc6.1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	26.95	21.2	-1.63
Manaus	24	58.60	27.8	1.63
Global	48		24.5	

H = 2.65 GL = 1 P = 0.103

H = 2.65 GL = 1 P = 0.103 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuanã

Teste de Kruskal-Wallis em PrC-BxC

		Posto		
Loc6.2	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	26.95	19.9	-2.27
Caxiuanã	24	85.55	29.1	2.27
Global	48		24.5	

H = 5.14 GL = 1 P = 0.023

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuanã

Teste de Kruskal-Wallis em PrC-MxC

		Posto		
Loc6.3	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuanã	24	85.55	28.8	2.12
Manaus	24	58.60	20.2	-2.12
Global	48		24.5	

H = 4.51 GL = 1 P = 0.034

H = 4.51 GL = 1 P = 0.034 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Seco – Belém x Manaus

Teste de Kruskal-Wallis em PrS-BxM

		Posto		
Loc6.4	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	1.650	19.3	-2.60
Manaus	24	9.450	29.8	2.60
Global	48		24.5	

H = 6.75 GL = 1 P = 0.009

H = 6.75 GL = 1 P = 0.009 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Seco – Belém x Caxiuanã

Teste de Kruskal-Wallis em PrS-BxC

		Posto		
Loc6.5	N	Mediana	Méd	Z
Belem	24	1.650	18.5	-2.98
Caxiuanã	24	8.650	30.5	2.98
Global	48		24.5	

H = 8.88 GL = 1 P = 0.003

H = 8.88 GL = 1 P = 0.003 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Precipitação – Per. Seco – Manaus x Caxiuana

Teste de Kruskal-Wallis em PrS-MxC

		Posto		
Loc6.6	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuana	24	8.650	26.0	0.75
Manaus	24	9.450	23.0	-0.75
Global	48		24.5	

H = 0.57 GL = 1 P = 0.452

H = 0.57 GL = 1 P = 0.452 (ajustado para empates)

Teste de Kruskal-Wallis: Belém – Rad. Glob. Solar versus Período – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-B_1

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	11	423.5	10.3	-0.89
Seco	11	502.8	12.7	0.89
Global	22		11.5	

H = 0.79 GL = 1 P = 0.375

Teste de Kruskal-Wallis: Manaus – Rad. Glob. Solar versus Período – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-M_1

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	11	264.5	11.0	-0.36
Seco	11	294.4	12.0	0.36
Global	22		11.5	

H = 0.13 GL = 1 P = 0.718

Teste de Kruskal-Wallis: Caxiuana – Rad. Glob. Solar versus Período – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em Rs-C_1

		Posto		
Período	N	Mediana	Méd	Z
Chuv	11	508.0	12.1	0.43
Seco	11	497.2	10.9	-0.43
Global	22		11.5	

H = 0.18 GL = 1 P = 0.670

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Belém x Manaus – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-BxM_1

Posto

Loc3.1_1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	11	423.5	13.9	1.74
Manaus	11	264.5	9.1	-1.74
Global	22		11.5	

H = 3.03 GL = 1 P = 0.082

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Belém x Caxiuanã – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-BxC_1

		Posto		
Loc3.2_1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	11	423.5	10.7	-0.56
Caxiuanã	11	508.0	12.3	0.56
Global	22		11.5	

H = 0.31 GL = 1 P = 0.577

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Chuvoso – Manaus x Caxiuanã – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsC-MxC_1

		Posto		
Loc3.3_1	N	Mediana	Méd	Z
Caxiuanã	11	508.0	14.3	2.00
Manaus	11	264.5	8.7	-2.00
Global	22		11.5	

H = 4.01 GL = 1 P = 0.045

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Belém x Manaus – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-BxM_1

		Posto		
Loc3.4_1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	11	502.8	14.5	2.20
Manaus	11	294.4	8.5	-2.20
Global	22		11.5	

H = 4.84 GL = 1 P = 0.028

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Belém x Caxiuanã – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-BxC_1

		Posto		
Loc3.5_1	N	Mediana	Méd	Z
Belem	11	502.8	12.4	0.62
Caxiuanã	11	497.2	10.6	-0.62
Global	22		11.5	

H = 0.39 GL = 1 P = 0.533

Teste de Kruskal-Wallis: Rad. Glob. Solar – Per. Seco – Manaus x Caxiuana – 07h às 17h

Teste de Kruskal-Wallis em RsS-MxC_1

		Posto			
Loc3.6_1	N	Mediana	Méd	Z	
Caxiuana	11	497.2	14.2	1.94	
Manaus	11	294.4	8.8	-1.94	
Global	22		11.5		

H = 3.75 GL = 1 P = 0.049