



## Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium



### ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

## Sazonalidade de elementos meteorológicos da área urbana e periférica na cidade de Belém, PA.

Doutor João de Athaydes Silva Junior

Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Diretoria de Recursos Hídricos. Endereço: Travessa Lomas Valentinas, nº 2717, Marco, Belém, Pará, CEP 66095-770. E-mail: athaydes@ymail.com

Doutor Antonio Carlos Lôla da Costa

Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, Campus Básico. Endereço: Rua Augusto Corrêa, S/N, Guamá, Belém, PA. CEP 66075-100. E-mail: lola@ufpa.br

Doutor Juarez Carlos Brito Pezzuti

Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Campus Profissional. Endereço: Rua Augusto Corrêa, S/N, Guamá, Belém, Pará, CEP 66075-110. E-mail: juca@ufpa.br

Doutor Rafael Ferreira da Costa

Centro Universitário de Parauapebas, Universidade Federal Rural da Amazônia. Endereço: Rua A, Quadra Especial do CEUP, S/N. Parauapebas, Pará, CEP 68515-000. E-mail: rfcosta@ymail.com

Doutor Hernani José Brazão Rodrigues

Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, Campus Básico. Endereço: Rua Augusto Corrêa, S/N, Guamá, Belém, Pará, CEP 66075-110. E-mail: hernani@ufpa.br

### RESUMO

#### ARTICLE HISTORY

Received: 14 July 2013

Accepted: 10 December 2013

#### PALAVRAS-CHAVE:

Gradiente térmico

Clima urbano

Amazônia

Os estudos sobre a climatologia urbana surgiram através da necessidade de se compreender melhor os efeitos da urbanização sobre os elementos meteorológicos e suas influências na vida da população. Neste estudo analisaram-se a sazonalidade de alguns elementos meteorológicos de uma área urbana e de outra área mais afastada do centro urbano, para se avaliar a diferença entre essas localidades com base nas características de suas superfícies. Foram usadas informações do ano de 2011 de dois meses, sendo um bastante chuvoso e o outro menos chuvoso. Os resultados encontrados evidenciaram a existência de um gradiente térmico significativo, uma forte sazonalidade da distribuição da precipitação

pluvial, da temperatura e umidade relativa do ar entre as áreas estudadas na cidade de Belém.

---

KEY-WORDS:  
Thermal gradient  
Urban climate  
Amazon

ABSTRACT: SEASONALITY OF METEOROLOGICAL ELEMENTS OF THE URBAN AND PERIPHERAL AREA IN THE CITY OF BELÉM, PA. The studies on urban climatology emerged through the need to better understand the effects of urbanization on meteorological elements and their influence on people's lives. In this study we analyzed the seasonality of some meteorological elements of an urban area and another area farther away from the urban center, to evaluate the difference between these locations based on the characteristics of their surfaces. We used information from the two months of the year 2011, one rainy and one dry season. The results showed the existence of a strong thermal gradient, a significant seasonal distribution of rainfall, temperature and relative humidity between the areas studied in the city of Belém.

---

MOTS-CLÉS:  
Gradient thermique  
Le climat urbain  
Amazon

RESUMÉ. La saisonnalité des éléments météorologiques des régions urbaines et périphériques à Belém. Les études sur la climatologie urbaine ont émergé à travers la nécessité de mieux comprendre les effets de l'urbanisation sur les éléments météorologiques et leur influence sur la vie des gens. Dans cette étude, nous avons analysé la saisonnalité de certains éléments météorologiques d'une zone urbaine et une autre zone plus éloignée du centre urbain, afin d'évaluer la différence entre ces endroits sur la base des caractéristiques de leurs surfaces. Nous avons utilisé des informations à partir de deux mois l'année 2011, un très pluvieuse et une saison sèche. Les résultats ont montré l'existence d'un gradient thermique important, une forte répartition saisonnière des précipitations, la température et l'humidité relative entre les zones étudiées à Belém.

---

## Introdução

A adaptação do homem ao clima sempre ocorreu, tendo sido determinante para consolidação de diversas civilizações. Durante o decorrer dessa história, no entanto, o homem sempre produziu alguma degradação ambiental e vem contribuindo cada vez com este processo de agressão ao meio ambiente. O clima de uma região está ligado às características do meio ambiente no seu entorno, além de exercer influências sobre as atividades humanas (Costa e Mattos 1998; Maitelli et. al., 2004; Monteiro e Mendonça, 2001). As maiores mudanças provocadas pelo homem no meio ambiente ocorrem nas cidades, com a emissão de poluentes na atmosfera e as alterações da paisagem, com a substituição da superfície por edificações e pavimentações (Maitelli et. al., 2004). Uma das

alterações provocadas pela degradação ambiental são as mudanças climáticas, e um dos exemplos é o que ocorre nas áreas urbanas, com o aumento da temperatura do ar nas áreas centrais com relação ao seu entorno rural e periférico, fenômeno este, conhecido como ilha de calor urbana – ICU (Oke, 1987).

Howard (1818) foi pioneiro neste tipo de estudos e observou esse comportamento pela primeira vez na cidade de Londres, onde constatou que a temperatura do ar na área mais densa da metrópole era superior a das áreas periféricas da mesma, atribuindo esse fato ao efeito da população e da queima do carvão para o aquecimento.

Segundo Maitelli (1994), o fluxo de calor armazenado pela área urbana adicionado ao calor antrópico também gerado pela dinâmica urbana é a principal causa da formação de ilhas de calor, fato este ocasionado pelas maiores condutividades térmicas e capacidade de armazenar calor dos materiais serem encontrados nas áreas urbanas, quando comparadas ao ambiente rural.

As áreas urbanizadas, onde predominam a pavimentação e edificações, apresentam menores valores do albedo, quando comparadas com áreas vegetadas, implicando o seu maior aquecimento (Rios et. al., 2011). Este fato ocorre devido a dois fatores principais: o primeiro é que os materiais de construção utilizados são de cores escuras, que absorvem e armazenam mais energia. O segundo fator é que a maior parte desses materiais são impermeáveis, fazendo com que a água da chuva seja drenada superficialmente, não conseguindo infiltrar e dissipar a energia armazenada através do processo de evaporação ou da evapotranspiração, quando existem vegetais (Gartland, 2010).

Freitas e Silva Dias (2005) ao estudar os efeitos das áreas urbanas na geração das ilhas de calor na cidade de São Paulo, detectaram que as diferenças entre a temperatura da área urbana e das suas vizinhanças são dependentes do tamanho da área urbana, e nas áreas urbanas pequenas os efeitos da ilha de calor podem ser imperceptíveis, devido à rápida mistura do ar com as regiões vizinhas.

Estudos realizados em Belo Horizonte por Assis e Abreu (1998) encontraram que as áreas mais densamente urbanizadas acumulam internamente mais energia do que as áreas do entorno menos urbanizadas, sendo uma das principais causas das mudanças nos padrões de circulação atmosférica local. Em estudo posterior no mesmo município, Abreu e Assis (2010) detectaram que a área central que possui a maior densidade de edifícios comerciais não foi a localidade mais quente, no entanto foi onde ocorreu o menor resfriamento noturno.

Araujo et. al., (2010) realizaram estudos na cidade de Presidente Prudente e detectaram que as diferenças térmicas na área urbana estão ligadas diretamente ao tipo de uso e ocupação do solo, assim como, aos materiais utilizados e as formas arquitetônicas, além de identificar como cada tipo de uso e ocupação do solo contribui com o aumento ou diminuição da temperatura do ar.

Santos (2009) pesquisando o comportamento térmico da cidade de Belém através de imagens orbitais do sensor termal do satélite LANDSAT-5 dos dias 27/07/1984 e 09/08/2006 observou a formação de ilhas de calor na cidade em ambas as cenas, onde na imagem do ano de 2006, o autor encontrou uma diferença de temperatura entre as áreas urbana e rural de até 6,0°C.

Souza e Alvalá (2011), estudando o efeito da expansão urbana na cidade de Manaus e a evolução do seu microclima, detectaram que nas últimas décadas houve um acréscimo superior a 2,0°C na temperatura naquela cidade devido ao processo de urbanização e aumento da população. Santos et. al., (2011) estudando o campus da Universidade Federal da Paraíba em João Pessoa, ratificou a importância da vegetação na atenuação do conforto térmico e no planejamento da ordenação urbana, a fim de auxiliar a melhoria da qualidade ambiental e preservação dos recursos naturais.

Dessa forma o presente trabalho tem como objetivo detectar e quantificar experimentalmente a intensidade da ilha de calor urbana na cidade de Belém, com intuito de contribuir com um maior conhecimento do clima urbano de uma cidade localizada na região Amazônica.

## Material e métodos

O presente estudo foi realizado no Município de Belém, Estado do Pará (Figura 01), onde sua população estimada é de 1.309.000 habitantes, com uma área territorial de 1.065,0 Km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de 1.315,27 habitantes por Km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). A Cidade de Belém possui uma altitude média de 10 metros acima do nível médio do mar, com um relevo predominantemente plano, com aproximadamente 60 % de sua área acima da cota de 4 metros com relação ao nível do mar (Silva Junior et. al., 2012).

Este trabalho foi desenvolvido com a utilização de dados meteorológicos médios horários (hora local) adquiridos através de duas estações meteorológicas automáticas, uma instalada no bairro de São Brás (Urbano) e a outra, pertencente ao Aeroporto Internacional de Belém – SBBE (Periférica), no bairro de Val-de-Cães, com uma distância entre ambas de aproximadamente 7,4 km.

A estação localizada no bairro de São Brás fica situada na zona central da cidade (1,45104°S; 48,46917°W), que é uma área bastante urbanizada, onde a cobertura do solo do entorno são predominante o asfalto e o cimento, possui poucas áreas arborizadas, apresentam edificações altas e baixas, o trânsito de veículos é intenso (Figura 01). Esta estação é composta por um datalogger modelo CR-1000 da CampbellSci e está equipada com o sensor que mede a temperatura do ar e a umidade relativa do ar (HMP45C – Vaisala) o qual apresenta uma precisão de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  (a 20°C) da medida da temperatura e de  $\pm 2\%$  (a 20°C) da medida de umidade relativa do ar, e o mesmo foi adquirido já calibrado, e o sensor de chuva utilizado foi o TB4MM-L.

A estação situada no bairro de Val-de-Cães (1,38523°S; 48,48227°W) fica situada em uma região periférica (Figura 01), na zona oeste da cidade, um pouco afastada do centro urbano, onde a tipologia da cobertura do solo predominante é de grama, seguidos pelo asfalto (pista de pouso) e o concreto (estacionamento e as edificações dos terminais). A vegetação é composta, basicamente, por gramíneas nas laterais das pistas e algumas espécies arbóreas no entorno do Aeroporto, não existindo muitas edificações na região. A referida estação é utilizada nas operações do aeroporto, e conseqüentemente, a mesma é calibrada

periodicamente devido a importância vital de suas informações a operação do Aeroporto.

O clima na cidade, segundo a classificação de Köppen é do tipo Am, ou seja, clima tropical chuvoso de monção. A média anual da temperatura do ar é de  $26,0 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ , com máximas e mínimas variando de  $31,5 \pm 0,7$  a  $22,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (INMET, 2009). Segundo Costa (1998), pela baixa variabilidade anual da temperatura do ar na região, as variações sazonais são classificadas com base na pluviometria, que é o parâmetro climatológico mais importante nesta região, pois é ela que vai determinar o clima amazônico (Fisch et al., 1998).

Devido a localização em baixa latitude o efeito da sazonalidade existem dois períodos bastante distintos, sendo um chuvoso (dezembro a maio) e outro menos chuvoso (junho a novembro). A pluviosidade média anual é de  $2.858,7 \pm 76,6$  mm/ano com maior volume no período chuvoso, correspondendo a 71,2% do total anual, e os 28,8% restantes relacionados ao período menos chuvoso. A média anual da umidade relativa do ar é de  $85,8 \pm 2,8$  %, com valores maiores na época chuvosa (91,0%) e os menores ocorrendo na época menos chuvosa (83,0 %), conforme as normais climatológicas (INMET, 2009).

O recorte temporal deste estudo foram dois meses do ano de 2011, sendo um no período chuvoso e outro no menos chuvoso, que foram escolhidos devido ao forte efeito da sazonalidade na região. O mês de abril foi escolhido por ter apresentado uma melhor distribuição da precipitação no decorrer do período, com 26 dias chuvosos e totalizou um volume de 593,2 mm, enquanto que, o mês de setembro foi selecionado por ter sido o mês que apresentou os menores valores de pluviosidade durante o ano, com apenas 13 dias com chuva e totalizando 58,6 mm. Para a análise da intensidade máxima da ICU foi selecionado o dia que houve a maior diferença de temperatura do ar entre os dois locais estudados, sendo escolhido o dia 11/09 no período menos chuvoso e o dia 27/04 no período chuvoso.

Com base em uma série histórica com 80 anos de informações de precipitação da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) desta cidade, a média de precipitação do mês de Abril é de  $378,8 \pm 97,8$  mm e do mês Setembro é de  $120,1 \pm 41,5$  mm. Os valores observados nos meses selecionados foram anômalos, onde o mês de Abril a pluviosidade foi 43,4% acima da média histórica e em Setembro o volume acumulado de chuva foi 51,2% inferior a média histórica, e estas anomalias nos volumes de precipitação contribuíram em ambos os meses para melhor expor as características das referidas épocas.

Para detecção do fenômeno da ilha de calor na cidade, foi utilizada a equação  $\Delta T_{u-r}$  que representa a diferença entre a temperatura urbana e a temperatura da área do seu entorno ou a rural (OKE, 1987). Nesse estudo fez-se a diferença entre os valores da temperatura do ar da área urbana e da periférica, que nos deu a intensidade da ICU. Nas séries de dados foi aplicado o teste estatístico T de Student, para variáveis independentes com um nível de significância de 95% para verificar se as diferenças entre os valores possuem ou não significância estatística.

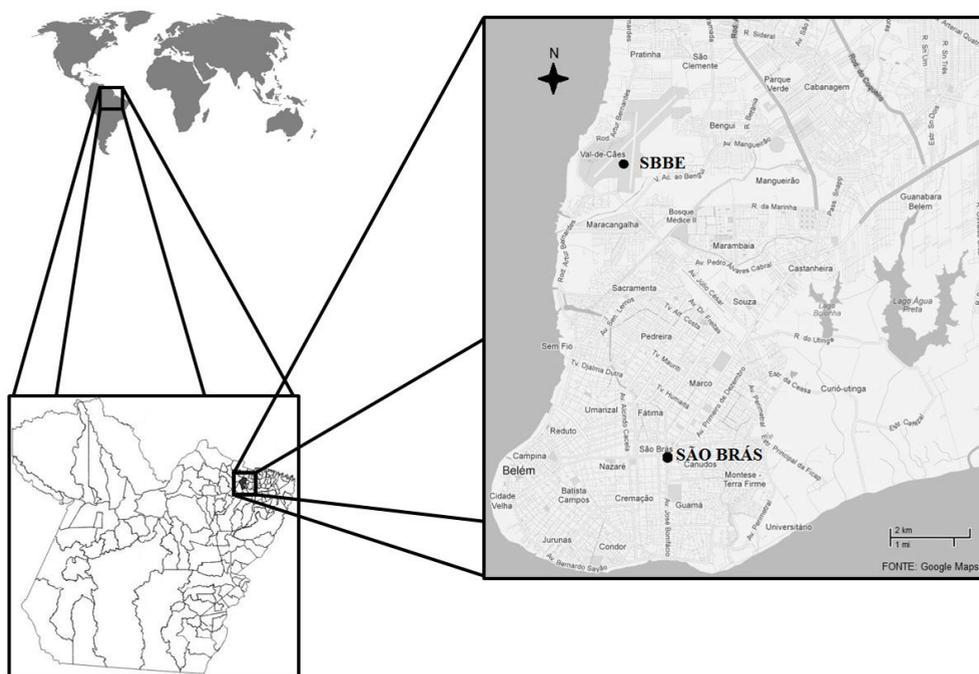


Figura 01 – Localização geográfica de Cidade de Belém, PA e dos pontos de coleta de dados.

## Resultados

Na Figura 02 temos ilustrado a variabilidade horária dos totais de precipitação pluvial na cidade de Belém, nas duas áreas na época chuvosa. No mês de abril o volume mensal de precipitação foi de 363,0 mm na área urbana e de 464,2 mm na área periférica, mostrando a grande variabilidade deste elemento meteorológico em pequenas distâncias, que é causado por eventos de precipitação convectiva. Observou-se as chuvas se concentraram preferencialmente no período de 12 às 20 horas, normalmente oriundas de sistemas convectivos que se formam pela manhã e precipitam a tarde e as chuvas observadas pela manhã, normalmente são oriunda de sistema de grade escala.

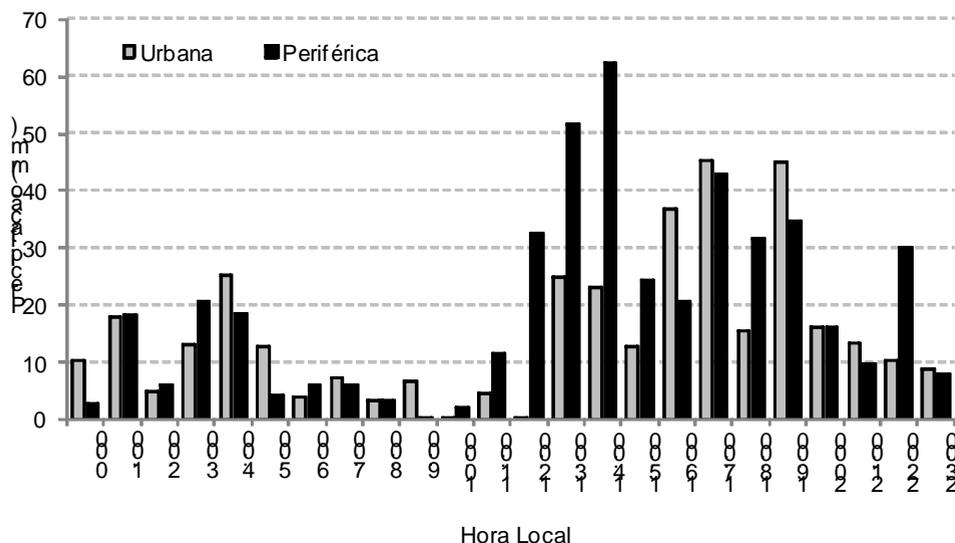


Figura 02 – Variabilidade horária dos totais da precipitação pluvial na cidade de Belém nas duas áreas estudadas na época chuvosa.

Na Figura 03 temos apresentada a variabilidade horária dos totais da precipitação pluvial na cidade de Belém nas duas áreas estudadas na época menos chuvosa. As precipitações na época menos chuvosa são causadas, principalmente, por sistemas convectivos, enquanto que, na época chuvosa somente as precipitações que ocorrem no final da tarde são causadas por intensos sistemas convectivos, enquanto que no restante do dia são influenciadas por sistemas de grande escala, como a zona de convergência intertropical (ZCIT) (Molion, 1987; Fisch *et al.*, 1996, 1998). Observou-se que as distribuições da pluviosidade nesta época para estas localidades são bastante distintas, apesar de estarem relativamente próximas. Na área urbana as chuvas ocorreram preferencialmente no final da tarde e a noite, totalizando 49,6 mm, enquanto que na área periférica a ocorrência da precipitação foi predominantemente durante a madrugada, com um volume acumulado de 72,0 mm. As precipitações na época menos chuvosa são causadas, principalmente, por sistemas convectivos localizados. Durante o período da tarde, a área urbana fica mais aquecida do que a periférica, e devido a este aquecimento, ocorrem as precipitações na área urbana oriundas de nuvens cúmulos e cumulonimbus. As precipitações ocorridas na área periférica foram decorrentes do sistema de brisas lacustres, devido à proximidade do aeroporto de uma grande massa de água, a Baía do Guajará.

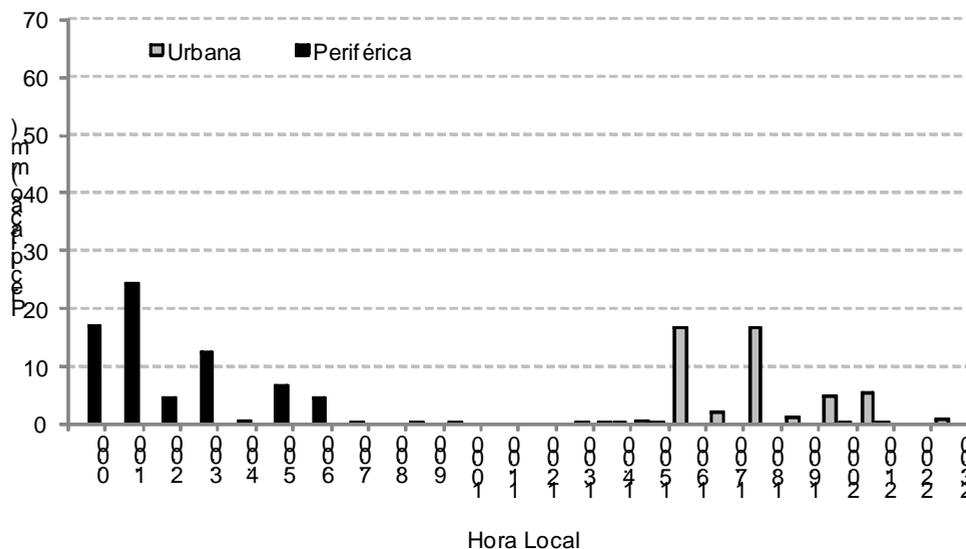


Figura 03 – Variabilidade horária dos totais da precipitação pluvial na cidade de Belém nas duas áreas estudadas na época menos chuvosa.

Na Figura 04 temos ilustrada a variabilidade média horária da temperatura do ar nos períodos chuvoso e menos chuvoso da área urbana e periférica. Observou-se que a temperatura do ar no período menos chuvoso, em ambos locais, foram superiores ao período chuvoso. Na época menos chuvosa a temperatura do ar na área urbana foi superior durante as 24 horas aos valores encontrados na área periférica quando comparada com a época chuvosa, o que não ocorre na área periférica, onde entre as 00 e 06 horas a temperatura do ar do período chuvoso foi superior ao período seco, invertendo este comportamento a partir da 07 horas e as mesmas voltaram a igualar-se às 21 horas. Este comportamento ocorre na área periférica, pois na época menos chuvosa a quantidade de nebulosidade é menor, facilitando a perda radiativa durante a noite, além de esta área possuir bastantes áreas vegetadas. Na área urbana as amplitudes médias da temperatura do ar foram de 7,6 °C e 5,2 °C nos períodos menos chuvoso e chuvoso, respectivamente, enquanto que na área periférica, as amplitudes médias da temperatura do ar foram de 7,6 °C e 4,2 °C nos períodos menos chuvoso e chuvoso, respectivamente. Na área urbana as médias da temperatura do ar nos períodos menos chuvoso e chuvoso foram de 28,1 °C e 26,7 °C, respectivamente, enquanto que na área periférica esses valores foram de 27,6 °C e 26,6°C, respectivamente. Acredita-se que essa diferença esteja associada ao tipo de cobertura da superfície de ambos os locais. O valor máximo da temperatura do ar na época chuvosa ocorreu às 13 horas (29,8°C), e na época menos chuvosa às 14 horas (32,5 °C) iniciando então o resfriamento naquele local. Na época menos chuvosa a diferença da temperatura do ar nos dois locais foi pequena, ficando a área urbana mais aquecida do que a periférica, e das 08 às 13 horas a área periférica ligeiramente mais quente que a urbana, devido a distinção das características da superfície dos locais. Após as 13 horas a área periférica começa a resfriar enquanto que a urbana só inicia o resfriamento após as 14 horas. A

diferença da temperatura média entre os dois períodos na área urbana foi apenas de 1,4 °C, no entanto na área periférica essa diferença foi menor ainda, com apenas 1,0 °C. Apesar da diferença de temperatura entre os períodos serem pequenas, na área urbana isso representa 18,4% da variação média diária, enquanto que, na área periférica isso vai representar 16% da variação média diária. Após aplicar o teste estatístico T de Student para variáveis independentes, em uma análise uni-caudal com um nível de significância de 95%, com intuito de verificar a significância dessas diferenças entre os locais e as épocas chuvosa e menos chuvosa obtivemos uma significância estatística para  $p < 0,001$  quando comparamos: a área urbana nas duas épocas, a área periférica nas duas épocas, a área urbana com a periférica na época seca, o que indica que o comportamento da temperatura do ar nesses locais e épocas são distintos. Quando foram comparada as áreas urbana e periférica na época chuvosa, não verificou-se significância estatística ( $p = 0,353$ ), indicando uma homogeneidade da temperatura do ar nesses locais durante o período chuvoso.

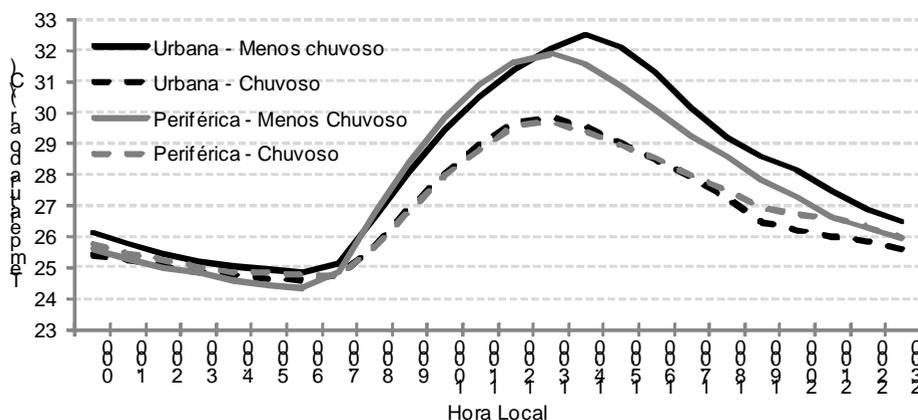


Figura 04 – Variabilidade sazonal média horária da temperatura do ar na área urbana e periférica da cidade de Belém.

Na Figura 05 temos ilustrada a variabilidade sazonal média horária da umidade relativa do ar na área urbana e periférica. Durante a época chuvosa, nas primeiras horas do dia a umidade relativa do ar apresentou valores muito próximos em ambos os locais, a partir das 07 horas, com o início do aquecimento, na área urbana a umidade relativa do ar sofreu uma maior redução quando comparado com a área periférica, voltando a ficar com valores próximos no final da tarde até o término do dia. Na área urbana no período chuvoso os valores máximos, médios e mínimos da umidade relativa do ar foram de 87%, 78% e 62%, respectivamente, enquanto que no período menos chuvoso os valores da umidade relativa do ar foram de 83%, 69% e 49%, respectivamente. Na área periférica durante o período chuvoso os valores máximo, médio e mínimo da umidade relativa do ar foram de 87%, 78% e 69%, respectivamente, enquanto que no período menos chuvoso os valores da umidade relativa do ar foram de 83%, 69% e 49%, respectivamente. A umidade relativa do ar na área urbana, em média foi menor do que na periférica durante o período chuvoso, fato este atribuído a pouca

vegetação e a presença das estruturas existentes na área urbana que não existem na área periférica. No horário das 16 horas foi observada a inversão das curvas da umidade relativa do ar, onde na área urbana a concentração de umidade ficou ligeiramente superior a da região periférica, o que está associado à redução do aquecimento da superfície e ao calor específico dos materiais que constituem essas áreas.

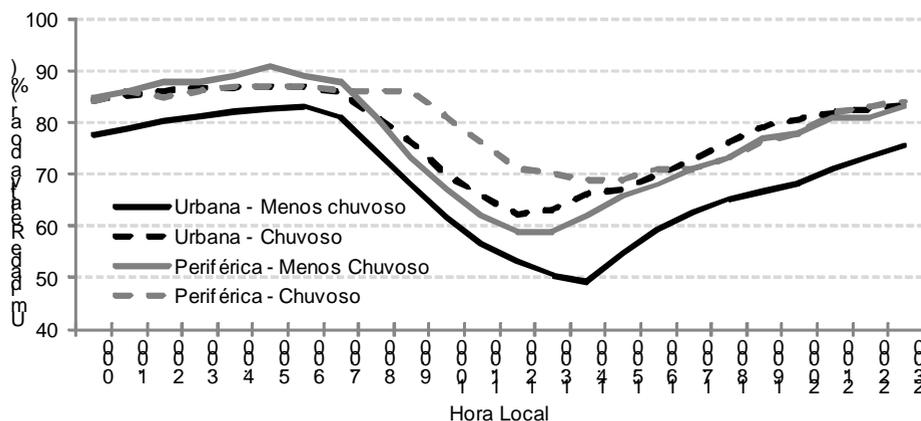


Figura 05 – Variabilidade sazonal média horária da umidade relativa do ar na área urbana e periférica.

Na Figura 06 temos ilustrado a variabilidade sazonal média horária da ICU, dada pela diferença entre a temperatura média observada na área urbana e na periférica na cidade de Belém. Durante o período menos chuvoso observou-se a ocorrência do fenômeno da ilha de calor na cidade de Belém, onde sua intensidade máxima ocorreu às 15 horas com um valor de 1,3 °C. Das 13 às 23 horas e da 00 às 08 horas a área urbana apresentou-se mais aquecida do que a área periférica, havendo uma inversão deste comportamento entre as 08 e 12 horas. Esta inversão ocorreu devido à forte perda radiativa da estrutura urbana durante a madrugada, além do aquecimento mais rápido da área periférica com o início da incidência dos raios solares. No período chuvoso a área urbana apresentou-se mais fria do que a área periférica no período da 00 às 07 e das 16 às 23 horas devido a grande quantidade de nebulosidade e a precipitação, que contribuem para um maior resfriamento da superfície, principalmente, em função do calor latente da água. Entretanto, entre 07 e 16 horas o ambiente urbano apresentou-se mais aquecido do que o periférico, em função, principalmente, do calor específico da estrutura urbana, associada com as atividades antrópicas mais intensas nestes horários. Em média, a temperatura do ar foi 1,4 °C e 1,0 °C menores na época chuvosa na área urbana e na periférica, respectivamente. Foi aplicado também o teste estatístico T de Student para variáveis independentes, em uma análise uni-caudal com um nível de significância de 95%, para averiguar a significância dessas diferenças da intensidade da ICU entre as épocas chuvosa e menos chuvosa, obtendo-se uma significância estatística para  $p < 0,001$ , o que

indica diferenças da temperatura do ar entre a área urbana e periférica entre estas épocas do ano.

Resultados obtidos por Santos (2009) apresentaram valores entorno de  $6,0^{\circ}\text{C}$  de diferença da temperatura da superfície entre a área urbana e áreas vegetadas no entorno de Belém, no entanto, estes valores foram obtidos para um único dia, sem nebulosidade, enquanto que no presente estudo os valores apresentados são médios horários durante o período de um mês, o que minimiza os valores extremos.

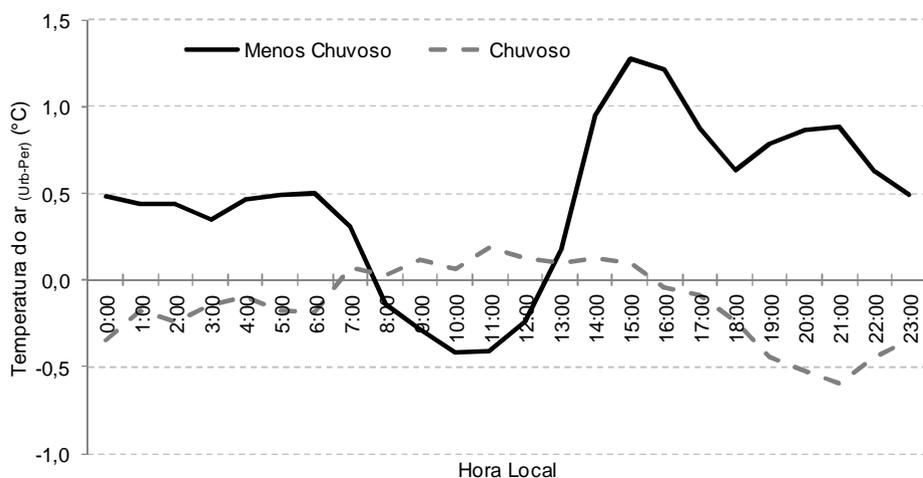


Figura O6 – Sazonalidade da intensidade média horária mensal da ICU na cidade de Belém.

Na Figura O7 temos a sazonalidade da intensidade máxima da ICU na cidade de Belém nas épocas menos chuvosa e chuvosa. Observou-se que as maiores intensidades da ilha de calor foram verificadas durante a época menos chuvosa da região, sendo esta maior diferença observada por volta de 15 horas ( $8,3^{\circ}\text{C}$ ), horário em que a estrutura urbana apresentou as maiores temperaturas, mantendo-se mais aquecida que o ambiente periférico até por volta das 4 horas, quando a estrutura urbana já perdeu grande parte da energia acumulada durante as horas anteriores, atingindo temperaturas inferiores àquelas observadas no ambiente periférico. Comportamento semelhante foi observado durante a época chuvosa da região, entretanto, os seus valores absolutos foram relativamente menores que aqueles verificados durante a época menos chuvosa da região, onde a intensidade máxima da ICU foi de  $6,6^{\circ}\text{C}$ . Este comportamento pode estar associado, principalmente, com a zona de convergência intertropical, principal sistema meteorológico de grande escala que atua nesta região durante a época chuvosa, se sobrepondo aos efeitos térmicos causados pela estrutura urbana. Na o período chuvoso foi observado que entre as 13 e 14 horas houve um evento de precipitação na área periférica de  $44,0\text{ mm}$ , fazendo com que a mesma se resfriasse rapidamente, tornando-a mais fria do que o ambiente urbano. Entretanto, as 17 horas houve precipitação pluvial na área urbana, com um volume de  $33,4\text{ mm}$ , o que fez a temperatura do ar desta área reduzir,

homogeneizando a temperatura do ar entre as áreas. Com a precipitação pluvial contínua na área urbana até as 21 horas, com um volume de 8,4 mm, associada com o por do sol, a área urbana tornou-se mais fria que a área periférica.

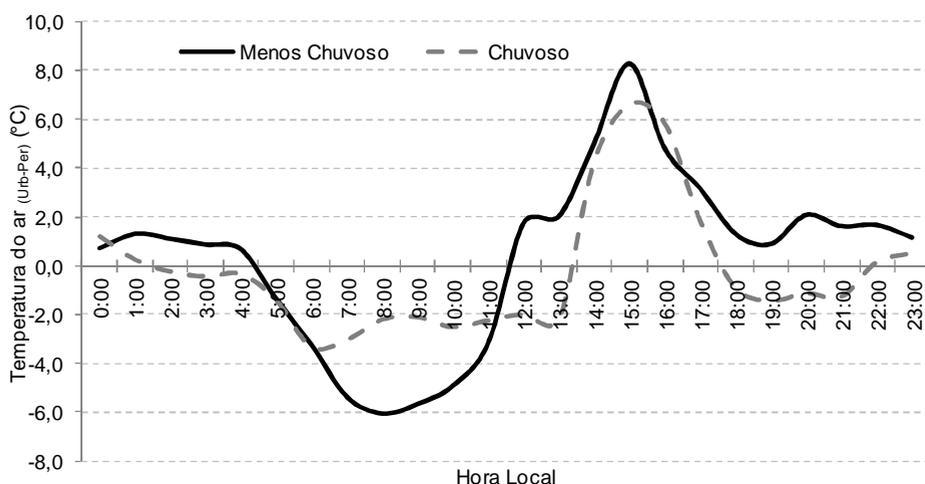


Figura 07 – Sazonalidade da intensidade máxima da ICU na cidade de Belém no período analisado.

## Discussão

Com base nas análises realizadas pode-se afirmar que na época chuvosa a área periférica apresentou maior volume pluviométrico do que a área urbana, com uma distribuição horária muito parecida. Todavia, durante a época menos chuvosa o comportamento médio horário entre estes locais foi bastante diferente, pois na área periférica a precipitação ocorreu durante as primeiras horas do dia e na área urbana a ocorrência da precipitação se deu no período da tarde. A precipitação pluvial exerceu um papel muito importante nas variações térmicas entre as áreas estudadas. Existe uma diferença com significância estatística ( $p < 0,001$ ) entre as temperaturas do ar nos locais e entre os dois locais estudados durante a época seca, no entanto durante a época chuvosa a diferença entre a área urbana e a periférica não possuem uma significância estatística ( $p = 0,353$ ). A umidade relativa do ar na área urbana apresentou uma maior diferença entre a época menos chuvosa e a chuvosa, quando comparado com a área periférica. Essa diferença entre os valores da umidade relativa do ar na área periférica foi menor devido às características do local e da quantidade de vegetação presente em seu entorno. A área urbana da cidade de Belém apresentou em média, maiores valores de temperaturas do ar em relação às áreas do seu entorno, caracterizando a ocorrência de uma ilha de calor de fraca intensidade com aproximadamente  $2,0^{\circ}\text{C}$ , no período noturno na época menos chuvosa da região. No entanto, ao se realizar uma análise diária, se encontrou um valor máximo de  $8,3^{\circ}\text{C}$  entre as duas áreas estudadas, na época menos chuvosa, indicando uma forte intensidade da ICU naquele dia, e na época chuvosa a foi encontrado uma ICU com intensidade moderada com  $6,6^{\circ}\text{C}$  de diferença entre a área urbana e a periférica.

## Agradecimentos

Agradeço ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento desta pesquisa, a COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará, ao INMET por disponibilizar os dados na internet e aos demais colaboradores.

## Referências

- ABREU, M. L.; ASSIS, W. L. A Ilha de Calor em Belo Horizonte: Um Estudo de Caso. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, 1998.
- ARAUJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente-SP. Revista Formação, n.17, v.1, p.77-95, 2010.
- ASSIS, W. L.; ABREU, M. L. O clima urbano de Belo Horizonte: análise têmporo-espacial do campo térmico e higrício. Revista de Ciências Humanas, Vol. 10, Nº 1, p. 47-63, 2010.
- COSTA, A. C. L. Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém – PA, 232f. 9tese de doutorado em engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1998.
- COSTA, A. C. L.; MATTOS, A. Estudo da Ilha de Calor Urbana em cidade de pequeno porte na região equatorial. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998.
- FISCH, G., MARENGO, J., NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Ed. Comemorativa de 10 anos, 3, 1996.
- FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. ALGUNS EFEITOS DE ÁREAS URBANAS NA GERAÇÃO DE UMA ILHA DE CALOR. Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 20, nº.3., p. 355-366, 2005.
- GARTLAND, L. Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo-SP, Ed. Oficina de Textos, p.248, 2010.
- HOWARD. L. The Climate of London - Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighborhood of Metropolis. Ed. W. Phil., Londres, 1818.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades, 2010. <http://www.ibge.gov.br/cidades> Acessado em: 07/11/2011.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Normas Climatológicas do Brasil 1961 – 1990, p.253, 2009.
- MAITELLI, G. T. Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá-MT, Departamento de Geografia, USP, 200p., 1994.
- MAITELLI, G. T.; CHILETTO, E. C.; ALMEIDA JUNIOR, N. L.; CHILETTO, R. Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.
- MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. Revista Brasileira de Meteorologia, v.2(1): 107 - 117, 1987.
- MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA, F. Clima urbano. Ed. Contexto, São Paulo, SP, 192 p., 2001.
- OKE, T. R. Boundary layer climates, London: Methuem & Co. LTD., 2ª Ed., 1978. 372p.
- RIOS, N.; CORRÊA, M.; TARGINO, A.; COSTA, S. Estimação do albedo de superfície usando sensoriamento remoto: contribuições para estudos sobre ilhas de calor urbanas. IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa-PB, 2011.
- SANTOS, F. A. A.. Análise do comportamento das condições térmicas do município de Belém (PA), por meio da combinação de dados observacionais e imagem de satélite. Anais di XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal-RN, p.851-858, 2009.
- SANTOS, J. S.; MELO, B. C. B.; ARAÚJO, L. E.; MELO, E. E. C. Caracterização do Campo Térmico Urbano e suas Relações com o Uso e Ocupação do Solo no Campus Central da UFPB. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 03, p. 445-462, 2011.
- SOUZA, D. O.; ALVALÁ, R. C. S. A expansão urbana e a evolução do microclima de Manaus. IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa-PB, 2011.