

CAMPO TÉRMICO URBANO E SUA RELAÇÃO COM O USO E COBERTURA DO SOLO NA CIDADE DE MOSSORÓ – RIO GRANDE DO NORTE

SUELLEN C. T. NERES¹, JOEL S. DOS SANTOS² & RODRIGO G. DE CARVALHO³

¹Mestranda em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. E-mail: suellengeografa@hotmail.com

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, Campus IV - Litoral Norte. Rua da Mangueira S/N - Centro 58297000 - Rio Tinto, PB - Brasil. E-mail: joelgrafia.santos@gmail.com

³Professor Adjunto do Departamento de Gestão Ambiental da UERN, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Faculdade de Ciências Econômicas. Rua Almino Afonso, 478 Centro, 59610-210 - Mossoró, RN – Brasil. E-mail: rodrigo.ufc@gmail.com

Recebido em fevereiro de 2014. Aceito em setembro de 2014. Publicado em março de 2015.

RESUMO – A finalidade do artigo é investigar as alterações ocorridas no campo térmico urbano da cidade de Mossoró-RN e sua relação com as diferentes formas de uso e cobertura do solo. Para a realização da pesquisa foram definidos quatro pontos para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar: o P01 (Campus Central da UERN); o P02 (Praça Rodolfo Fernandes - Praça do PAX - Centro), o P03 (Praça Vigário Antônio Joaquim - Praça da Catedral - Centro) e o P04 (Praça Alfredo Alves de Freitas - bairro Santa Delmira). As medições foram realizadas entre os meses de julho e agosto, utilizando aparelhos termo-higrômetros da marca INCOTERM. Para o cálculo do índice de conforto térmico urbano, foi utilizado o Índice de Thom (1959) ajustado para a cidade de Mossoró através da aplicação de questionários. Para a identificação da formação da ilha de calor urbana, o Campus Central da UERN foi utilizado como ponto de referência para estabelecer as diferenças de temperaturas entre os demais pontos. Com relação aos resultados alcançados no decorrer da pesquisa, pode-se afirmar que as diferentes formas de uso e cobertura do solo urbano têm alterado o campo térmico urbano da cidade de Mossoró-RN. Isso é claramente evidenciado no entorno dos pontos experimentais. Os resultados apontaram a existência de microclimas próprios de áreas urbanizadas, com temperaturas intensificadas, apresentando diferenças de mais de 3°C entre os locais pesquisados.

PALAVRAS-CHAVE: *Ilha de calor; Microclimas; Conforto térmico.*

THE URBAN THERMAL FIELD IT IS A RELATION WITH THE USE AND MULCHING OF SOIL IN THE CITY OF MOSSORÓ – RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT – This article aims at investigating the changes in the urban thermal field of the city of Mossoró – state of Rio Grande do Norte and their relation with the different ways of use and mulching of soil. For this investigation, four plots were used for the collection of the temperature and relative air humidity data: P01 (Central Campus of the UERN); P02 - Rodolfo Fernandes Square - PAX Square - Downtown, P03 - Vigário Antônio Joaquim Square - Cathedral Square – Downtown, and P04 - Alfredo Alves de Freitas Square - Santa Delmira neighborhood. The measurements were conducted in the months of July and August, using INCOTERM brand thermo hygrometers. The Thom Index (1959) was used for the calculation of the urban thermal comfort index, and adjusted for the city of Mossoró through the application of questionnaires. For the identification of the formation of an urban heat island, the Central Campus of the UERN was used as a reference point to establish the difference in temperatures between the other points. Our results indicate that the different ways of using and mulching of urban soil have changed the urban thermal field of the city of Mossoró – state of Rio Grande do Norte. This is clearly expressed in the surroundings of the experimental points. The results showed the existence of specific microclimates in different urbanized areas, with intensified temperatures, showing differences of more than 3°C among the studied locations.

KEY WORDS: *Heat island; Microclimates; Thermal comfort.*

CAMPO TERMAL URBANO Y SU RELACIÓN CON EL USO Y LA CUBIERTA DEL SUELO EM LA CIUDAD DE MOSSORÓ – RIO GRANDE DO NORTE

RESUMEN – El propósito de este trabajo fue investigar los cambios en el campo térmico urbano de la ciudad de Mossoró-RN y su relación con las diferentes formas de uso del suelo y la cubierta vegetal. Para la investigación, se definieron cuatro puntos para medir la temperatura y la humedad relativa: el P01 (Campus Centro UERN); el P02 (Plaza Rudolph - Plaza PAX - Centro), el P03 (Vicario Joaquim Antonio Plaza - Plaza de la Catedral - centro) y P04 (Praça Alfredo Alves de Freitas - bairro de Santa Delmira). Las mediciones se llevaron a cabo entre los meses de julio y agosto, con termo-higrómetros equipos de marca INCOTERM. Para calcular el índice de confort térmico urbano fue utilizado Thom Index (1959) ajustado por la ciudad de Mossoro a través del uso de cuestionarios. Para identificar la formación de isla de calor urbano, el Campus Center UERN se tomó como punto de referencia para establecer las diferencias de temperatura entre los otros puntos. En cuanto a los resultados obtenidos durante la investigación, se puede afirmar que las diferentes formas de uso y cobertura del suelo urbano han cambiado el campo térmico urbano de la ciudad de Mossoró-RN. Esto se evidencia claramente en las proximidades de los puntos experimentales. Los resultados indican la existencia de microclimas específicos de las zonas urbanizadas, con temperaturas intensificadas con diferencias de más de 3 °C entre las regiones investigadas.

PALABRAS CLAVE: *Isla de calor; Microclimas; Comodidad térmica.*

INTRODUÇÃO

A cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, vem passando, ao longo do tempo, por grandes transformações em sua paisagem natural. Verifica-se nas últimas décadas um acelerado processo de urbanização marcado pelo processo de verticalização em algumas áreas da cidade. Dessa forma, pode-se inferir que as condições microclimáticas locais, especialmente a do campo térmico urbano, já sofrem interferências das diversas formas de uso e ocupação do solo

urbano. Atualmente verifica-se nas cidades de porte médio, diferenças térmicas significativas entre vários pontos do espaço intra urbano. Santos (2011), em estudo realizado na cidade de João Pessoa/PB identificou a formação de ilhas de calor urbano que chegaram até 5,3 °C de diferença dentro do espaço intra-urbano da cidade de João Pessoa-PB. Em Birigui, no estado de São Paulo, foram feitas medições de temperaturas na estação de verão, comprovando-

se o fenômeno da ilha de calor em tal ambiente. Segundo Amorim (2005), Birigui possui um recente Distrito Industrial em que predominam terrenos com gramíneas, áreas com pouca vegetação arbórea e ruas impermeabilizadas. Verificou-se em Birigui, que a cidade sob condições sinóticas favoráveis gera um grande bolsão de ar quente sobre a área mais densamente construída.

Estudando o clima urbano e ilhas de calor em cidades pequenas e médias do oeste do estado de São Paulo, Amorim (2008), verificou variações de temperaturas significativas entre as zonas urbana e rural, com diferenças de até 8°C, identificando também ilhas de calor de média e alta magnitudes nos ambientes urbanos. Filho et al. (2008) em estudo realizado em São Benedito-CE, concluiu que as variações higrótérmicas aconteciam devido as diferenças de urbanização, pavimentação e arborização dos pontos de estudo, condicionando a existência de microclimas com nível maior e menor de conforto térmico. Nas proximidades da mata, há o que se chama de “ilhas de frescor”, enquanto nos locais mais pavimentados, concretizados, com pouca vegetação e com grande fluxo de pessoas e veículos, se apresentam como lugares de menor conforto térmico.

Segundo Nascimento et al. (2008), as temperaturas na cidade de Viçosa, MG, sofreram algumas diferenças devido o seu acentuado processo de urbanização. Consta que as maiores temperaturas registraram-se na área central onde há escassez de espaços verdes e o fluxo de veículos e pessoas é intenso. Em contrapartida, onde continha arborização e uma menor aglomeração de pessoas e veículos, as temperaturas apresentavam-se mais amenas, comprovando-se que elas decresciam no sentido centro - periferia.

Esses estudos de caso comprovam a necessidade de se conhecer mais os fatores e processos que determinam a formação da ilha de calor urbano. Diante dessas características, é importante destacar que uma cidade pode ter vários picos de temperatura espalhados pela mancha urbana, caracterizando várias ilhas de calor com intensidades diferentes. Sendo assim, é diante deste contexto que esta pesquisa apresenta como objetivo principal o de investigar o comportamento do campo térmico urbano do espaço intra-urbano da cidade de Mossoró localizada no Estado do Rio Grande do Norte. O

trabalho também apresenta objetivos específicos, como: identificar a formação e intensidade da ilha de calor urbana no espaço intra-urbano da cidade de Mossoró; verificar o índice de desconforto térmico da cidade de Mossoró e calcular o índice de desconforto térmico de sua população.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se baseou na metodologia proposta por Monteiro (1976); Katschner (2002); Costa (2007) e Santos (2011), em que os autores avaliam o clima urbano através de descrições físicas do espaço ocupado aliadas às medições *in loco* e a análise rítmica das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar.

Para a realização do trabalho, inicialmente foi definido o campo térmico da cidade de Mossoró como subsistema climático urbano a ser investigado. Em seguida foi definido e realizado o reconhecimento da área dos experimentos em função das diferenciações do uso e cobertura do solo. Após o levantamento dessas informações preliminares, foram definidos quatro pontos para o monitoramento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar que serviram de base para o cálculo do Índice de Conforto Térmico e a Intensidade da Ilha de Calor Urbana. Para o cálculo do Índice de conforto térmico foi utilizado o Índice de Thom (1959), que foi ajustado para Mossoró através da aplicação de questionários concomitantemente às medições de campo. Para o cálculo da ilha de calor urbana, foi tomado como referência o Campus Central da UERN por se tratar de um ambiente que apresenta algumas semelhanças a um ambiente rural.

Os pontos experimentais monitorados no espaço intra-urbano da cidade de Mossoró foram os seguintes: P01 – Campus Central da UERN; P02 - Praça Rodolfo Fernandes (Praça do PAX, localizada no Centro), P03 - Praça Vigário Antônio Joaquim (Praça da Catedral, localizada no Centro) e o P04- Praça Alfredo Alves de Freitas (localizada no bairro Santa Delmira) conforme Tabela 1.

Tabela 1. Localização geográfica dos pontos experimentais.

	Ponto	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Campus da UERN	P01	5°12'20 S	37°19'0W	30
Praça do PAX	P02	5°11'36 S	37°20'3W	15
Praça da Catedral	P03	5°11'32 S	37°20'2W	16
Praça Alfredo A. de Freitas	P04	5°09'01 S	37°21'4W	33

A Figura 1 apresenta a localização dos quatro pontos selecionados para o estudo em função das suas diferenciações quanto ao uso e cobertura do solo dentro do espaço intra-urbano da cidade de Mossoró. A identificação mais detalhada possível dos diferentes espaços intra-urbanos é de grande importância, pois, é a partir dela, que é possível identificar os fatores causadores da diferenciação climática do ambiente urbano (Monteiro 2003). Isso foi feito através da caracterização física das amostras experimentais.

A pesquisa de campo aconteceu entre os meses de julho e agosto de 2011 no período representativo do inverno, quando ocorreram inicialmente as medições nos horários sinóticos, 09:00, 15:00 e 21:00 horas, entre os dias 23, 24, 29, 30 e 31 de julho, e posteriormente, em intervalos de duas horas, entre os dias 06, 07, 13, 14, 20 e 21 de agosto, com início às 08:00 da manhã e término às 20:00 horas. Para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foram utilizados aparelhos termo-higrômetros da marca INCOTERM que ficou suspenso sobre o solo a uma altura de 1,30m conforme observado na Figura 2. Para a análise do nível de conforto térmico nos pontos monitorados, utilizou-se o índice de Thom (1959), bastante usado em estudos de clima urbano para descrever a

sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas de um ambiente antropizado.

A aplicação deste índice já se deu em vários estudos correlacionados a compreensão do campo térmico urbano de outras cidades, como Cairo no Egito (Robaa, 2011) e Campina Grande na Paraíba (Silva et al. 2006). O índice oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

Para a estimativa do índice de desconforto de Thom (IDT), em graus Celsius, usa-se a seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) (T - 14,5)$$

Em que: T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Para a caracterização do nível de desconforto térmico local, foi utilizada a classificação apresentada na Tabela 2 criada por Giles et al. (1990). Em seguida esse índice foi ajustado para as condições locais através da aplicação de questionários com a população local. Para esse ajuste foram aplicados 113 questionários nos três pontos monitorados (entre 08 - 09 hs, 12-13 hs, 16-17 hs e 19-20 hs) simultaneamente.

Os questionários foram elaborados de acordo com a norma internacional 10551 ISO (ISO 1995), que leva em consideração algumas informações pertinentes aos entrevistados: idade, peso, altura, vestimenta etc. Trabalho semelhante foi realizado por Santos

(2011), na cidade de João Pessoa-PB, onde foram aplicados 300 questionários entre a população local para ajustar as faixas de conforto para cidade de clima tropical úmido.

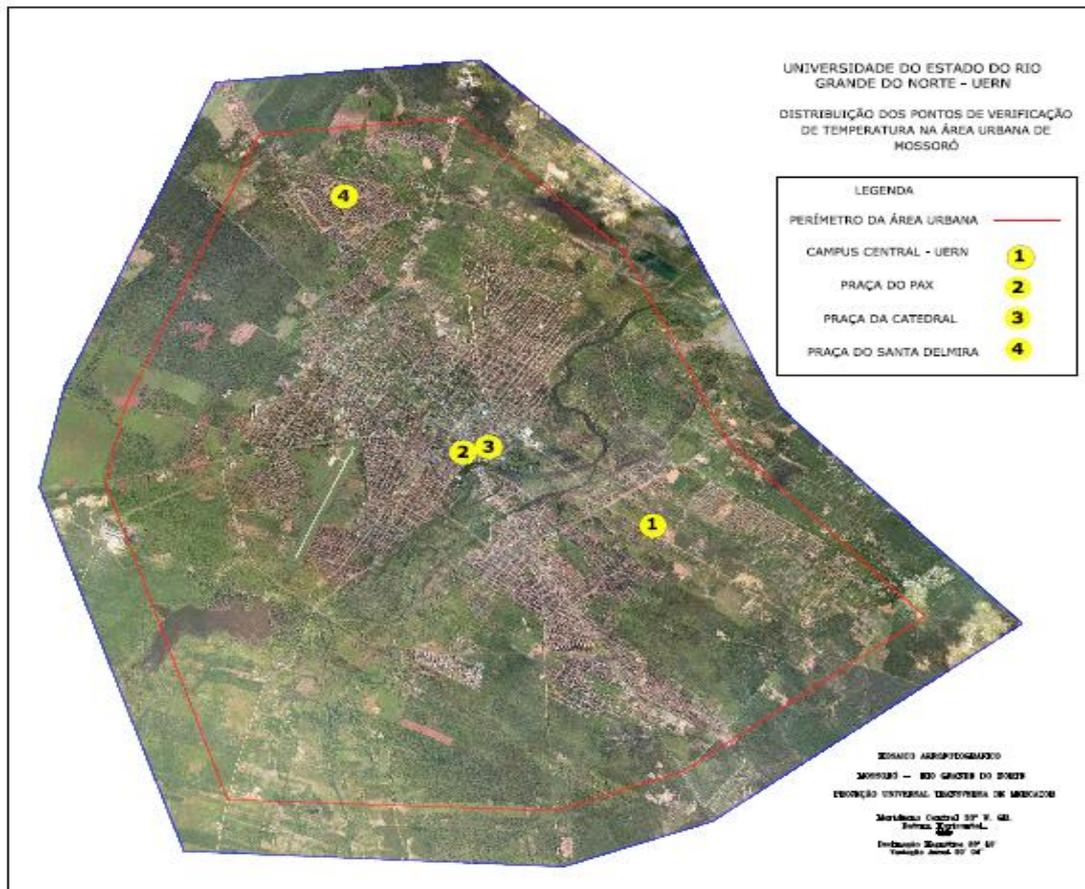


Figura 1. Mapa de localização dos pontos experimentais.

A partir da temperatura e umidade relativa do ar, calculou-se o IDT de cada local nos horários descritos, seguido da análise e interpretação dos dados. A partir destas análises foram criadas quatro faixas de conforto para a cidade de Mossoró: muito desconfortável, desconfortável, parcialmente confortável e confortável.

Considerando o clima semiárido da cidade de Mossoró-RN, as temperaturas registradas no dia das medições, bem como os estados de tempo no dia das entrevistas, houve a adequação de um índice de desconforto térmico ajustado para a referida cidade através da aplicação de questionários sobre o IDT da população (Tabela 3).



Figura 2. Termo-higrômetro instalado no Campus Central da UERN.

Tabela 2. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT < 27,0	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT < 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT < 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de emergência médica

Fonte: Giles et al., 1990.

Tabela 3. Índice de Desconforto Térmico ajustado para a cidade de Mossoró- RN.

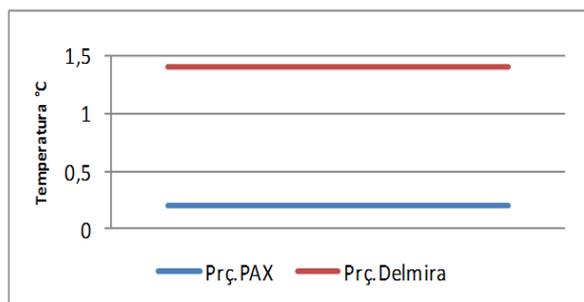
Classe	Valor do índice IDT (°C)	Classificação do índice IDT
I	IDT ≤ 25,0	Confortável
II	25,1 < IDT < 26,3	Parcialmente confortável
III	26,4 < IDT < 30,0	Desconfortável
IV	IDT ≥ 30,0	Muito Desconfortável

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise das médias diárias da intensidade da ilha de calor urbana na cidade de Mossoró

Tendo como referência o Campus Central da UERN, por apresentar condições semelhantes a um ambiente rural e conseqüentemente, ter apresentado na maioria das medições as menores temperaturas, os resultados da intensidade da ilha de calor foram diferenciados em todos os pontos de medições.

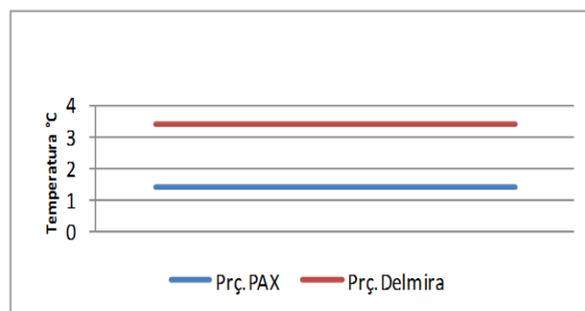
Na maioria das médias diárias nos horários sinóticos, as maiores intensidades de ilha de calor aconteceram na Praça do bairro Santa Delmira (1,4°C para o dia 23 de julho, 3,4°C para o dia 24 de julho, 1,6°C para o dia 29 de julho). Em 23 de julho, a maior intensidade da ilha de calor se deu na Praça Alfredo Alves de Freitas localizada no bairro Santa Delmira (Figura 3), com um aumento da temperatura de 1,4°C em relação ao Campus Central da UERN. Isso pôde ser comprovado também por sua elevada média diária na temperatura do ar, que foi de 31,1°C e 48% de umidade relativa do ar, se comparada às médias do Campus Central da UERN que foram de 29,7°C e 50% de umidade, respectivamente.

**Figura 3.** Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos em 23 de Julho de 2011.

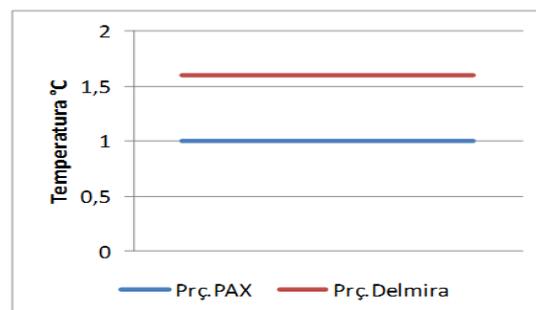
No dia 24 de julho, a maior intensidade da ilha de calor permaneceu na Praça do Santa Delmira, sendo observado, uma diferença de 3,4°C em relação ao ponto de referência. Nesse ponto foi registrada a intensidade máxima diária de ilha de calor para esse dia de 5,3°C e uma mínima de 1,0°C (Tabela 4).

É importante destacar que a concentração de calor provocado pelos materiais que perfazem a superfície da Praça do bairro Santa Delmira como o concreto e solo recoberto por areia

desprovido de vegetação, contribuem para uma grande concentração de calor nesse local. Destaca-se também a intensidade da ilha de calor de 1,4°C do ponto em localizado na Praça do PAX em relação ao Campus Central da UERN. Esse ponto apresenta características espaciais semelhantes à praça do bairro Santa Delmira com materiais impermeáveis que absorvem calor. Esse ponto obteve uma intensidade máxima diária de ilha de calor de 2,3°C e uma mínima de 0,8°C. (Tabela 5).

**Figura 4.** Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos em 24 de Julho de 2011.

No dia 29 de julho a Praça do bairro Santa Delmira permaneceu com a maior intensidade de ilha de calor, de 1,6°C, com relação ao ponto de referência (Figura 5), sendo também bastante significativa a intensidade máxima do calor que foi apresentada pela Praça do PAX que foi de 1,3°C (Tabela 5).

**Figura 5.** Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos em 29 de Julho de 2011.

Já para os dias 30 e 31 de julho, a Praça do PAX apresentou as maiores intensidades de ilhas de calor de 1,4°C e 0,5°C, respectivamente (Figuras 6 e 7). Para os dias 29, 30 e 31, os valores máximos da intensidade da ilha de calor diário também se deram na Praça do PAX, com ampliação na temperatura máxima diária de 1,3°C, 2,8°C e 1,4°C, respectivamente (Tabela 5).

A maior diferença térmica nos horários sinóticos ocorreu no dia 30 de julho entre o Campus Central da UERN, ponto de referência, e a Praça do PAX. Enquanto a temperatura média, no Campus Central da UERN apresentou 28,0°C e a umidade relativa do

ar sendo de 66%, o ponto localizado na Praça do PAX esteve com 29,4°C e 67% de umidade relativa do ar, apresentando dessa forma uma diferença de 1,4°C na intensidade da ilha de calor urbana. As superfícies urbanas, com seus materiais impermeáveis absorvem muito mais calor e favorecem a formação da ilha de calor urbana. Isso pôde ser observado na maioria dos pontos localizados nas praças. Além desses fatores, o menor fluxo de ventos em função da área edificada e conseqüentemente um aumento de calor no seu entorno contribuíram diretamente para a formação e intensificação das ilhas de calor no espaço intra-urbano da cidade de Mossoró.

Tabela 4. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de calor urbano no ponto localizado na Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira.

Intensidade da Ilha de Calor Urbano (°C)				
	Data	Média	Máxima	Mínima
P. Santa Delmira	23/07	1,4°C	2,0°C	1,0°C
	24/07	3,4°C	5,3°C	1,0°C
	29/07	1,6°C	1,1°C	-0,4°C
	30/07	1,3°C	2,5°C	0,6°C
	31/07	0,3°C	0,9°C	-0,6°C
	06/08	0,5°C	2,0°C	-2,1°C
	07/08	1,5°C	4,8°C	-1,0°C
	13/08	0,7°C	1,6°C	-0,8°C
	14/08	0,7°C	2,6°C	-0,8°C
	20/08	0,4°C	4,0°C	-2,3°C
	21/08	-0,1°C	1,1°C	-2,7°C

Tabela 5. Médias Diárias da Intensidade da ilha de calor urbano no ponto localizado na Praça Rodolfo Fernandes- Praça do Pax- Centro.

Intensidade da Ilha de Calor (°C)				
	Data	Média	Máxima	Mínima
P. do PAX	23/07	0,2°C	0,8°C	-0,2°C
	24/07	1,4°C	2,3°C	0,8°C
	29/07	1,0°C	1,3°C	0,8°C
	30/07	1,4°C	2,8°C	0,3°C
	31/07	0,5°C	1,4°C	-0,1°C

Nas medições que foram realizadas a cada duas horas (08:00 às 20:00 horas), que ocorreram entre o Campus Central da UERN (ponto de referência), a Praça Vigário Antônio Joaquim (Praça da Catedral- Centro) e a Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira, para os dias 06 e 07 de agosto, a Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira obteve as maiores intensidades de ilha de calor urbano com 0,5°C e 1,5°C, como mostram as Tabelas 04 e 06 das Praças e as figuras 8 e 9.

A intensidade máxima da ilha de calor urbano para o dia 06 de agosto se deu na Praça do Santa Delmira, com 2,0°C, com relação ao ponto de referência (UERN), enquanto o valor máximo diário da intensidade de ilha de calor urbano na Praça da Catedral foi de 1,4°C.

Para o dia 07 de agosto a maior diferença térmica diária entre os pontos de medições ocorreu entre o Campus Central da UERN, ponto de referência, e a Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira, chegando a 1,5°C (Tabela 4).

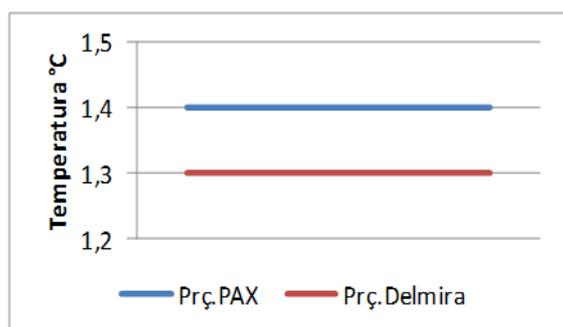


Figura 6. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos em 30 de Julho de 2011.

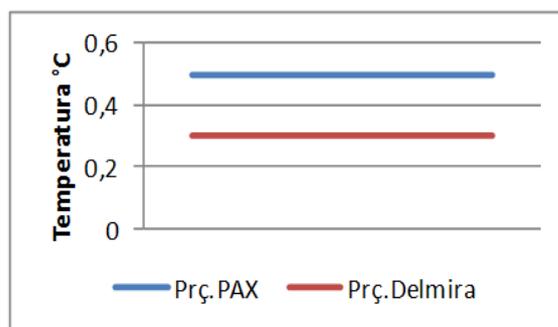


Figura 7. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos em 31 de Julho de 2011.

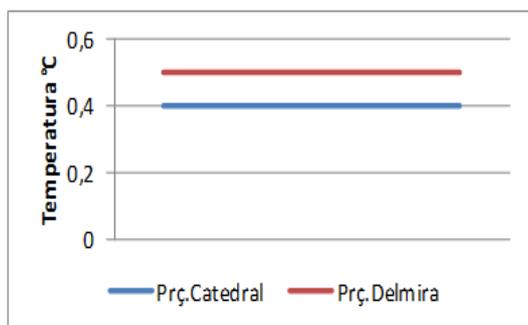


Figura 8. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor das Medições a Cada Duas Horas em 07 de Agosto de 2011.

No Campus Central da UERN a abundância de ventilação, ausência constante de fluxos de pessoas, automóveis e edifícios, solo exposto embora recoberto por vegetação rasteira, altitude considerável e longe de estruturas que acumulam muito calor proporcionaram uma amenização em suas temperaturas. Diante desses resultados, percebe-se que as áreas mais urbanizadas exercem uma diferenciação microclimática sobre a camada atmosférica sobrejacente, contribuindo para elevadas temperaturas e níveis de desconfortos térmicos atuantes. A máxima diária da intensidade da ilha de calor se deu para a Praça do Santa Delmira, com uma intensidade máxima diária de 4,8°C (Tabela 4). A Praça da Catedral também obteve um valor considerável de intensidade máxima diária de ilha de calor, com uma elevação de 2,7°C com relação ao ponto de referência (Tabela 6)

Para os dias 13 e 14 de agosto, as maiores intensidades de ilhas de calor urbano estiveram no ponto localizado na Praça da Catedral apresentando 0,9°C e 1,4°C (Tabela 6) de aumento de temperatura com relação ao ponto de referência.

Nestes também se destaca a elevação do calor no ponto localizado na Praça do Santa Delmira que foi, para ambos os dias, de 0,7°C, (Tabela 4) com relação ao ponto de referência (UERN).

Para a Praça da Catedral esses resultados também podem ser comprovados pelas suas maiores médias térmicas diárias, com relação aos demais pontos de medições, que foram de 30,0°C e umidade relativa do ar de 52% e 29,9°C e 58% de umidade relativa do ar, para os consecutivos dias, bem como elevados indicadores de desconforto térmico. A intensidade máxima diária da ilha de calor

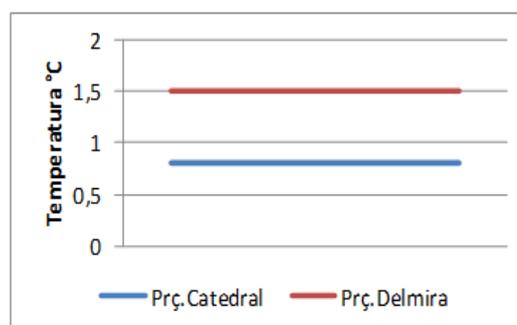


Figura 9. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor das Medições a Cada Duas Horas em 07 de Agosto de 2011.

para ambas as Praças foi de 1,6°C no dia 13 e para o dia posterior esse valor foi de 2,7°C de elevação máxima diária de temperaturas para a Praça da Catedral e de 2,6°C para a Praça Alfredo Alves de Freitas localizada no bairro Santa Delmira, com relação ao ponto de referência. (Tabelas 4 e 6).

No dia 20 de agosto a maior intensidade da ilha de calor permaneceu na Praça da Catedral, com uma intensidade de 0,9°C com relação ao ponto de referência, a UERN (Figura 12), apresentando também ao longo do dia a maior média térmica dentre os locais de medições, de 31,9°C e umidade relativa do ar de 47%.

Já o ponto localizado na Praça do Santa Delmira apresentou uma intensidade de ilha de calor de 0,4°C com relação ao ponto de referência, estando com uma média térmica diária também mais elevada do que a do ponto de referência (UERN) de 31,4°C e 49% de umidade. O valor máximo diário da intensidade da ilha de calor ficou para a Praça do Santa Delmira que foi de 4,0°C.

Para o dia 21 de agosto a Praça da Catedral registrou a maior intensidade da ilha de calor, diferenciando-se do ponto de referência em 1,1°C (Tabela 6). Nesse ponto também foi registrada a maior média térmica entre os pontos de medições para esse dia (32,4°C e umidade de 47%), bem como o maior valor máximo diário da intensidade da ilha de calor, que foi de 2,1°C. No ponto localizado na Praça do bairro Santa Delmira, houve o registro de uma intensidade de ilha de calor com valores negativos, comparando-se ao ponto de referência, sendo de -0,1°C (Figura 13), apesar de atingir um valor máximo diário da intensidade da ilha de calor de 1,1°C (Tabela 4).

Tabela 6. Médias Diárias da Intensidade da ilha de calor urbano no ponto localizado na Praça Vigário Antônio Joaquim- Praça da Catedral- Centro

		Intensidade da Ilha de Calor (°C)		
	Data	Média	Máxima	Mínima
P. Catedral	06/08	0,4°C	1,4°C	-1,1°C
	07/08	0,8°C	2,7°C	-0,5°C
	13/08	0,9°C	1,6°C	0,4°C
	14/08	1,4°C	2,7°C	0,3°C
	20/08	0,9°C	2,8°C	-0,6°C
	21/08	1,1°C	2,1°C	-0,8°C

Assim, para o dia 21 de agosto, o Campus da UERN registrou temperaturas um pouco mais elevadas, em alguns momentos, ao longo do dia que na referida Praça onde houve a predominância da nebulosidade que oscilou de média a alta, provocando assim menores temperaturas. Vale salientar que ao longo do dia, havia céu claro sem a presença de nuvens no campus da UERN, em comparação com o estado de tempo da Praça do Santa Delmira que permaneceu parcialmente nublado ao longo do dia. Para as intensidades das ilhas de calor, as diferenças de temperatura são mais perceptíveis à noite, momento em que a superfície está liberando

todo o calor acumulado durante o dia, sendo influenciado também pelo tipo de cobertura de solo. Benzerzour et al. (2011), destacando as transformações ocorridas na cidade de Nantes, a sexta maior cidade da França, afirma que durante a noite o balanço da radiação é negativo, onde as superfícies tendem a se resfriar devolvendo parte da energia armazenada no dia de volta para a atmosfera. Essa energia armazenada é maior para áreas sem vegetação, e particularmente para os edifícios e estradas, com pedras e asfalto, que conseguem armazenar uma quantidade considerável de calor.

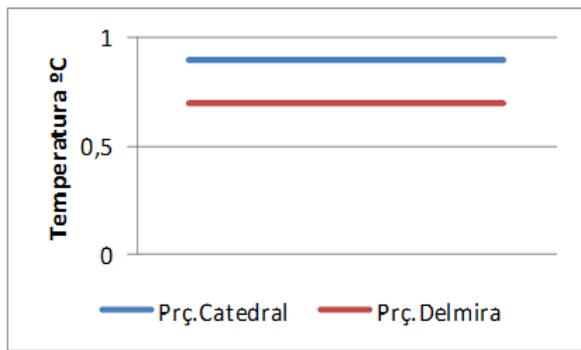


Figura 10. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor das Medições a Cada Duas Horas em 13 de Agosto de 2011

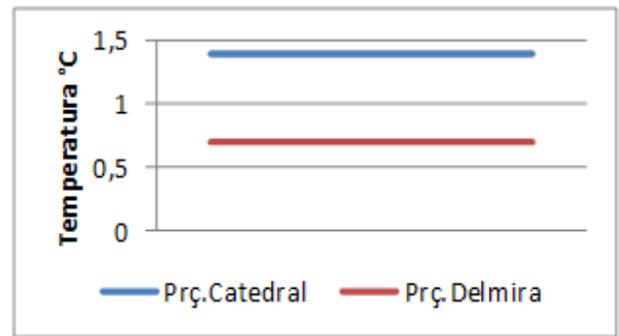


Figura 11. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor nas Medições a Cada Duas Horas em 14 de Agosto de 2011

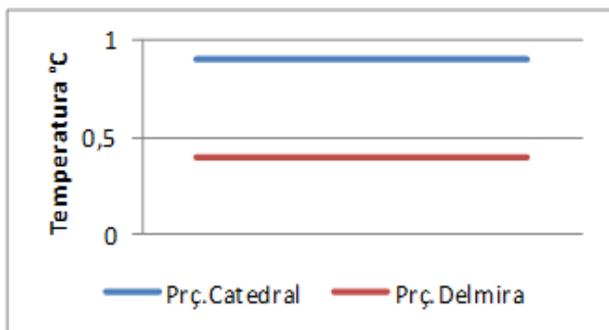


Figura 12. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor das Medições a Cada Duas Horas em 20 de Agosto de 2011.

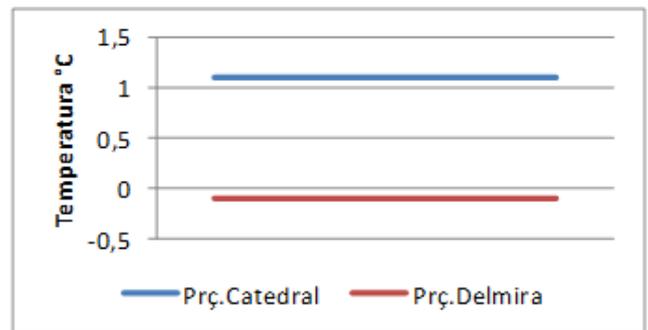


Figura 13. Médias Diárias da Intensidade da Ilha de Calor das Medições a Cada Duas Horas em 21 de Agosto de 2011.

Análise das médias da intensidade da ilha de calor urbana durante o período monitorado nas amostras experimentais.

Durante as medições que corresponderam ao período dos horários sinóticos de 09:00, 15:00 e 21:00 horas entre o Campus Central da UERN, a Praça do PAX e a Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira, a maior intensidade da Ilha de Calor foi registrada na Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira que esteve com 1,6°C de aumento de temperatura com relação a UERN, o ponto de referência (Figura 14). Ainda para o período dos

horários sinóticos, a Praça do PAX registrou uma intensidade de Ilha de Calor de 0,9°C com relação ao ponto de referência (Tabela 7).

A maior intensidade da Ilha de calor urbano para o período, no intervalo de medições a cada duas horas, de 08:00 às 20:00 horas, entre o Campus Central da UERN, a Praça da Catedral e a Praça localizada no bairro Santa Delmira, foi encontrada na Praça da Catedral com intensidade de 1,1°C, com relação a UERN, o ponto de referência. (Tabela 7). Para a praça localizada no bairro Santa Delmira essa intensidade de Ilha de Calor foi de 0,7°C, como pode ser observado na Figura 15 e na Tabela 7.

Tabela 7. Médias do Período da Intensidade da Ilha de Calor na Praça Rodolfo Fernandes (PAX), na Praça Vigário Antônio Joaquim (Catedral) e na Praça Alfredo Alves de Freitas no bairro Santa Delmira.

Pontos	Intensidade Da Ilha de Calor (°C)		
	Média	Máxima	Mínima
Medições em Horários Sinóticos			
P. PAX	0,9°C	1,4°C	0,2°C
P. Delmira	1,6°C	3,4°C	0,3°C
Medições a Cada Duas Horas			
P. Catedral	1,1°C	1,4°C	0,4°C
P. Delmira	0,7°C	1,5°C	-0,1°C

Análise do índice de desconforto térmico ajustado para a cidade de Mossoró-RN

Diante dos resultados nos três pontos de coleta de dados, o Campus Central da UERN se inseriu, na maioria dos horários das entrevistas, na classe I do IDT ajustado para Mossoró (Tabela 3) e apenas no horário entre 12:00 e 13:00 horas, se inseriu na classe II, estando parcialmente confortável, com um IDT de 26,2 e com uma temperatura de 30,9°C e 48% de umidade relativa do ar, não apresentando nenhum indicador de desconfortável e muito desconfortável.

A Praça da Catedral nos horários de 08-09 e 19-20, permaneceu na classe I, onde os entrevistados sentiam-se confortáveis, com IDT de 24,6 e 25,0, respectivamente. Para o horário das 12-13 e 16-17 horas a sensação de conforto térmico sentido pelas pessoas próximas a essa praça se encaixou na classe III, estando os entrevistados desconfortáveis, com um IDT de 26,4, temperatura de 32,0°C e umidade relativa do ar de 43% para às 12 e 13 horas e IDT de 26,6, com temperatura e umidade relativa do ar de 31,3°C e 50%, para o horário de 16 e 17 horas.

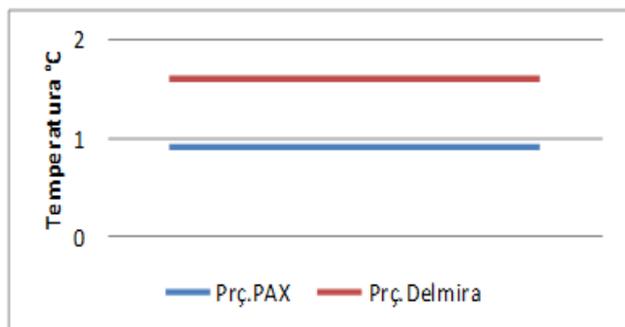


Figura 14. Médias do Período da Intensidade da Ilha de Calor nos Horários Sinóticos.

Com relação à Praça do bairro Santa Delmira, nos horários das entrevistas de 08-09 horas e 19-20 horas, a sensação térmica da população próxima a Praça se inseriu na classe I do IDT ajustado para Mossoró, em que os entrevistados sentiam-se confortáveis (Tabela 3). No horário das 12-13 horas e 16-17 horas, a sensação térmica da população próxima à praça se inseriu na classe III, estando os entrevistados desconfortáveis com IDT de 27,7. As entrevistas constataram que, no Campus Central da UERN nenhum entrevistado revelou sentir-se desconfortável ou muito desconfortável, pois, a ventilação e alguns espaços com vegetações atuantes na área facilitavam a amenização do calor. Enquanto que nas Praças, os entrevistados descreveram os locais como “abafados” e por isso não se sentiam tão confortáveis. Avaliando as condições de conforto térmico durante a aplicação dos questionários verificou-se que o menor índice de desconforto térmico de Thom (Tabela 2), de 25,4, se deu para o Campus Central da UERN. Dessa forma, os resultados das medições se ajustam ao conceito de confortabilidade citado pelos entrevistados.

A Praça da Catedral obteve um IDT médio diário de 25,8, superior ao Campus Central da UERN. Esses resultados confirmam os resultados das entrevistas para a praça quando, em alguns momentos, os entrevistados relatam sentirem-se parcialmente desconfortáveis.

A Praça localizada no bairro Santa Delmira, apresentou o maior índice de desconforto térmico (26,0), entre os demais pontos de medições. Os entrevistados relataram sentir-se desconfortáveis em certos horários das entrevistas. Por fim, verifica-se que nenhum ponto de medição apresentou IDT superior a 30,0 sendo considerado muito desconfortável.

CONCLUSÃO

O IDT ajustado para a cidade de Mossoró/RN apresentou quatro faixas de conforto térmico: confortável (< 25,0); parcialmente confortável (25,1<IDT 26,3); desconfortável (26,4< IDT < 30,0) e muito desconfortável (IDT > 30,0). Vale salientar que nenhum ponto de medição apresentou um IDT para a faixa muito desconfortável. Dos questionários aplicados 59,30% dos entrevistados sentiram-se confortáveis, 29,20% sentiram-se parcialmente confortável e 11,50% dos entrevistados sentiram-se desconfortáveis.

A cidade de Mossoró apresenta formação de ilha de calor urbano com intensidade máxima de 5,3 graus Celsius em relação ao ponto de referência, o Campus Central da UERN. A formação da ilha de calor urbano está diretamente relacionada aos diversos tipos de uso e cobertura do solo encontrados na cidade de Mossoró.

Pode-se constatar um aumento considerável das temperaturas nas Praças objetos de pesquisa, por terem características voltadas para uma maior acumulação do calor, sendo

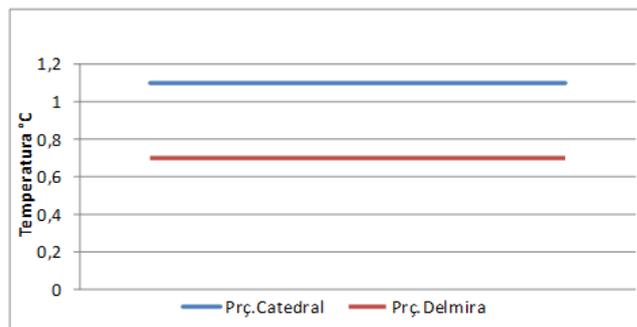


Figura 15. Médias do Período da Intensidade da Ilha de Calor nas Medições a Cada Duas Horas.

assim, considerados pontos de ilhas de calor urbano. As soluções para esse problema correspondem ao aumento das áreas verdes, revestimentos não contínuos (como paralelepípedos, que auxiliam na percolação da água das chuvas), investimentos em transportes coletivos (que diminuem a circulação de automóveis), controle da emissão de poluentes, materiais de construções adequados e arquitetura planejada para cidades localizadas no semiárido nordestino.

Com características geográficas bastante específicas, a cidade possui alguns microclimas em seu espaço intraurbano, derivados do uso e cobertura do solo, bem como da construção e ampliação das áreas edificadas que acabam por influenciar no aumento das temperaturas e nas condições de conforto térmico da população local.

Torna-se imprescindível enfocar a importância da preservação das áreas verdes na cidade, a utilização de materiais de construções adequados as suas peculiaridades térmicas, a disposição das edificações, como também um planejamento urbano que priorize as condições de bem estar da população, levando-se em consideração as suas características climáticas existentes.

REFERÊNCIAS

- Amorim MCCT. 2005. Ilhas de Calor em Birigui- SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1):121-130.
- Amorim MCCT. 2008. Características do Clima Urbano e Ilhas de Calor em Cidades Pequenas e Médias do Oeste do Estado de São Paulo. IN: *Anais do 8º Simpósio de Climatologia Geográfica*, Alto Caparaó- MG de 24 à 29 de agosto.
- Benzerzour M, Masson V, Groleau D, Lemonsu A. 2011. Simulation of the urban climate variations in connection with the transformations of the city of Nantes since the 17th century. Elsevier. *Building and Environment*, 46, p. 1545-1557.
- Costa ADL. 2007. *O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido*. Campinas: UNICAMP, 242p. Tese doutorado.
- Filho MRPS, Júnior DSF, Sales MCL, Zanella ME. 2008. Microclimas Urbanos nos Enclaves Úmidos do Ceará- o caso de São Benedito. IN: *Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, Alto Caparaó- MG de 24 à 29 de agosto.

Giles SBD & Balafoutis SCH. 1990. The Greek heatwaves of 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, 10:505-517.

ISO 10551. 1995 **International Standardization Organization**.

Katzschner L, Bosch U, Rottgen, M. 2002. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: **International Conference on Passive and Low Energy Architecture- Plea, 19**, France.

Monteiro CA de F. 1976. **Teoria e clima urbano**. Série Teses e Monografias, São Paulo:USP/Igeog, n 25.

Monteiro CAF & Mendonça F. 2003. **Clima Urbano**. In: Inês Moresco Danni- Oliveira, Ana Maria De Paiva Macedo Brandão, Neyde Maria Santos Gonçalves, (Colaboradores).- São Paulo: Contexto.

Nascimento RA, Silva CH, Santos MD, Fialho ES, Silva LA de O. 2008. Estudo do Campo Térmico na Cidade de Viçosa- MG em

Situação Sazonal de Primavera no Ano de 2007. IN: **Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Alto Caparaó- MG de 24 à 29 de agosto, 2008.

Robaa SM. 2011. Effect of Urbanization and Industrialization Processes on Outdoor Thermal Human Comfort in Egypt. **Atmospheric and Climate Sciences**, 1:100-112.

Santos JS. 2011. **Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, UFCG.

Silva VPR, Azevedo PV & Silva BB. 2006. Assessment of the Human Discomfort Level and Urban Heat Island Using Automatic Weather Station Data. In: **Conference Urban Climate**, Lisbon.

Thom EC. 1959. The Discomfort Index. **Weatherwise**, 2:567-60.