



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

**A temperatura do ar na área urbana de Porto Nacional  
(estado do Tocantins): abordagem geográfica a partir de  
episódios selecionados**

**Doutor Lucas Barbosa e Souza**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins. ,  
*Campus* de Porto Nacional. Rua 7, Quadra 15, s/n, Setor Jardim dos Ipês, Porto Nacional (TO),  
CEP: 77500-000. **E-mail:** lbsgeo@uft.edu.br

**Mestrando Paulo Henrique Pereira Pinto**

Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita  
Filho", *Campus* de Rio Claro. Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro (SP), CEP: 13506-900. **E-mail:**  
paulogeographer@yahoo.com.br

**Graduanda Patrícia Souza de Azevedo**

Curso de Geografia da Universidade Federal do Tocantins. , *Campus* de Porto Nacional. Rua 7,  
Quadra 15, s/n, Setor Jardim dos Ipês, Porto Nacional (TO), CEP: 77500-000. **E-mail:**  
patricia\_azevedo21@hotmail.com

**Mestrando Aion Angelu Ferraz Silva**

Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins. , *Campus* de  
Porto Nacional. Rua 7, Quadra 15, s/n, Setor Jardim dos Ipês, Porto Nacional (TO), CEP: 77500-  
000. **E-mail:** borsipa@bol.com.br

ARTICLE HISTORY

**Received: 14 May 2012**

**Accepted: 18 November 2012**

**PALAVRAS-CHAVE:**

Clima urbano  
Ilhas de calor  
Pequenas cidades

**RESUMO**

O clima urbano e as ilhas de calor constituem fenômenos de origem antrópica, sujeitos à manifestação em cidades de diferentes dimensões, inclusive pequenas, mantendo relação com aspectos geográficos locais e intraurbanos. Nessa perspectiva, este artigo aborda a temperatura do ar em Porto Nacional (TO), em episódios de inverno e verão, levando em conta suas inter-relações com as características atmosféricas e o espaço urbano. Os dados foram coletados com equipamentos padronizados, em

cinco pontos da cidade, às 9, 15 e 21h, tendo sido representados por mapas. As condições atmosféricas foram acompanhadas por análise rítmica e os resultados foram examinados à luz do uso do solo e da descrição da paisagem. Encontraram-se significativos gradientes térmicos intraurbanos, influenciados pelo uso do solo, especialmente em condições de estabilidade atmosférica, no inverno. Observou-se a importância do planejamento e da legislação urbanística para combate às ilhas de calor e promoção da qualidade ambiental urbana.

---

**KEY-WORDS:**  
Urban climate  
Heat islands  
Small towns

**ABSTRACT – THE AIR TEMPERATURE IN THE URBAN AREA OF PORTO NACIONAL (TOCANTINS STATE): A GEOGRAPHICAL APPROACH FROM SELECTED EPISODES.** The urban weather and the heat islands form phenomena of anthropogenic origin. Both can manifest in cities of different sizes, including small, and also keeping relation with local geography aspects and interurbans. In this perspective, this article discusses the air temperature in Porto Nacional (TO) during the winter and summer episodes, taking into account their interrelations with atmospheric characteristics and the urban space. Data were collected using standardized equipment, in five areas of the city, at 9, 15 and 21h, and was represented by maps. The atmospheric conditions were accompanied by rhythmic analysis and results were examined in the light of the soil use and landscape description. We found significant thermal gradients interurbans, influenced by the soil use, especially in atmospheric stability conditions in the wintertime. We observed the importance of the planning and the urban legislation to combat the heat islands and the promotion of urban environmental quality.

---

**RESUMEN:**  
Clima urbano  
Islas de calor  
Pequeñas ciudades

**RESUMEN TEMPERATURA DEL AIRE EN ÁREA URBANA DE PORTO NACIONAL (ESTADO DE TOCANTINS): ABORDAJE GEOGRÁFICO A PARTIR DE EPISODIOS SELECCIONADOS.** El clima urbano y las islas de calor constituyen fenómenos de orígenes antrópicos, sujetos a manifestaciones en ciudades de diferentes dimensiones, inclusive pequeñas, manteniendo relaciones con los aspectos geográficos locales y intraurbanos. En este sentido, este artículo aborda la temperatura del aire en Porto Nacional, en episodios de invierno y verano, considerando las inter-relaciones con las características atmosféricas y el espacio urbano. Los datos fueron colectados con equipos padronizados, en cinco puntos de la ciudad, a las 9, 15 y 21 h, representado en mapas. Las condiciones atmosféricas fueron acompañadas por análisis rítmico, y los resultados examinados considerando el uso de los suelos, y las características del paisaje. Se encontraron significativos gradientes térmicos intraurbanos, influidos por el uso del suelo, en

especial en las condiciones de estabilidad atmosférica del invierno. Se tuvo en cuenta la importancia del planeamiento y la legislación urbanística para el combate a las islas de calor, y la defensa de la calidad ambiental urbana.

---

## Introdução

Dentre os inúmeros impactos ambientais causados pela urbanização, aqueles de ordem climática podem representar severas ameaças à qualidade de vida nas cidades, com prejuízos econômicos e à saúde dos cidadãos. À medida que as superfícies naturais e agrícolas são substituídas pelas áreas construídas, típicas das cidades, tem-se o início da formação do clima urbano, com características específicas em relação ao clima local e regional circundante (GARTLAND, 2010).

Considerado sob um ponto de vista sistêmico, o clima urbano é fruto das mudanças nos fluxos de energia e matéria (tais como calor, ar e água), oriundos da atmosfera sobre a cidade. Logo, essas mudanças produzem efeitos indesejados no âmbito do espaço urbano, o que os cidadãos podem perceber por meio dos impactos pluviais, da poluição do ar e das ilhas de calor, dentre outros fenômenos (MONTEIRO, 1976, 2003).

As ilhas de calor, frequentemente vinculadas às metrópoles e grandes cidades, também podem se manifestar em centros urbanos de menor porte, dependendo de uma série de características ligadas aos tipos de tempo, às condições topográficas locais e ao uso do solo (MENDONÇA, 2000). Sendo assim, diferentes autores têm demonstrado, nas últimas décadas, a ocorrência de ilhas de calor em pequenas e médias cidades, bem como apontado a necessidade de maior atenção aos aspectos negativos desse tipo de fenômeno, no escopo das atividades de planejamento e de gestão ambientais urbanos (MENDONÇA, 2000; MINAKI e AMORIM, 2007; VIANA e AMORIM, 2009; e ANDRADE, ROSEGHINI e MENDONÇA, 2010; dentre outros).

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo abordar a questão da temperatura do ar sobre a cidade de Porto Nacional (TO), buscando discutir os seus possíveis condicionantes climáticos e geográficos. Trata-se, pois, de um estudo acerca do subsistema termodinâmico da cidade, na perspectiva do sistema clima urbano (SCU) de Monteiro (1976, 2003).

Para tanto, buscou-se aferir a distribuição espacial dos gradientes térmicos sobre a referida área urbana, em dois episódios distintos, sendo um no final do inverno (setembro de 2010) e um no final do verão (março de 2011). Em função da sazonalidade do regime, tais episódios apresentaram tipos de tempo habituais para cada período, tendo sido devidamente acompanhados por meio de análise rítmica e caracterizados segundo sua gênese e repercussões quantitativas sobre os elementos climáticos. Por fim, os dados obtidos foram analisados à luz dos fatores geográficos locais, no sentido de averiguar as possíveis interveniências da paisagem urbana e do uso do solo sobre o campo térmico desta cidade.

Porto Nacional, cujas temperaturas apresentam-se habitualmente elevadas por conta de sua localização (baixas latitude e altitude), ainda não havia sido foco de interesse de estudos de clima urbano, a exemplo de inúmeras outras localidades do Estado do Tocantins, da Região Norte e da Amazônia Legal (MENDONÇA, 2003). Considerando as inúmeras possibilidades de intervenção por força do planejamento urbano, em decorrência do tamanho da cidade e do processo de expansão urbana em curso, esta pesquisa revela-se oportuna e empenhada em oferecer alguma contribuição, ainda que modesta, à temática das ilhas de calor em pequenas cidades instaladas em ambiente tropical.

### **Clima urbano e ilhas de calor em pequenas cidades**

O processo de urbanização, à medida que ocorre sobre uma base físico-natural que constitui o sítio urbano, conduz a inúmeras alterações ambientais, dentre as quais se destacam os impactos sobre o clima. Tais impactos, presentes em maior ou em menor grau nas cidades, contribuem para a desorganização do espaço urbano e para o comprometimento da qualidade de vida de sua população, manifestando-se sob a forma de mudanças na composição química, na umidade e na temperatura do ar atmosférico, além do aumento da fragilidade em relação às chuvas. Em todos esses casos, ocorrem perturbações na interação entre o ambiente urbanizado e o complexo atmosférico, dando origem ao chamado “clima urbano”.

No Brasil, quem pioneiramente se dedicou aos aspectos metodológicos voltados ao estudo do clima urbano foi Monteiro (1976, 2003), que propôs o “sistema clima urbano” (SCU), com base em uma abordagem sistêmica do fenômeno. No SCU, as interações entre a atmosfera e a cidade são analisadas por meio de três canais de percepção humana. O primeiro canal de percepção é denominado de “conforto térmico” e está relacionado ao subsistema termodinâmico, notadamente quanto às ilhas de calor/frescor que se manifestam sobre o espaço urbano. O segundo canal de percepção é chamado de “qualidade do ar”, referente ao subsistema físico-químico, cujo foco reside no estudo da poluição e de suas implicações sobre o ar da cidade e, conseqüentemente, sobre seus habitantes. O terceiro e último canal é o do “impacto meteórico”, que trata do subsistema hidromecânico, ou seja, das questões ligadas às inundações, aos movimentos de massa (por exemplo, escorregamentos) e a outros problemas provocados pela precipitação pluvial e seu escoamento sobre a superfície da cidade. O presente trabalho, devido ao seu interesse sobre a distribuição dos gradientes de temperatura ao ar sobre a cidade de Porto Nacional (TO), encontra-se vinculado ao primeiro canal (conforto térmico, subsistema termodinâmico), conforme a divisão operacional adotada para o SCU por Monteiro (1976, 2003).

As ilhas de calor, relacionadas às características termodinâmicas do espaço urbanizado, constituíram interesse de estudos desenvolvidos principalmente na segunda metade do século XX, em cidades de diferentes países, como Estados Unidos, Europa, Japão e Brasil (GARCÍA, 1996). Gartland (2010) reuniu, mais recentemente, uma série de conhecimentos sobre esse tipo de fenômeno tipicamente urbano, delineando suas principais causas, técnicas de investigação e formas de mitigação. Para essa autora, as “ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e

retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas” (GARTLAND, 2010, p.9). Sendo assim, o aumento da temperatura nas áreas urbanas ocorre, essencialmente, devido à impermeabilização do solo (diminuição da evaporação), à retirada da vegetação (diminuição da evapotranspiração) e à utilização de materiais construtivos que possuem alta capacidade para absorver e armazenar energia, por suas constantes físicas (GARTLAND, 2010). Essa avaliação também está de acordo com Cuadrat (2009, p.381), segundo o qual, no ambiente das cidades,

[...] el suelo natural es reemplazado por los materiales de construcción (hormigón, ladrillo, acero, vidrio, asfalto), de propiedades físicas muy diferentes y de conductividad térmica y capacidad calorífica mayores que los suelos del campo circundante, por lo que almacenan más calor bajo su superficie y lo liberan lentamente por la noche.

Em termos de consequências, Gartland (2010) explica que as ilhas de calor contribuem para o desconforto térmico, para problemas de saúde nos cidadãos e para a elevação do consumo de energia, por conta da necessidade de refrigeração em ambientes construídos. Sendo assim, as ilhas de calor, embora pouco consideradas pelas estratégias de planejamento ambiental urbano, especialmente no Brasil, podem implicar em aumento dos custos financeiros para a manutenção das cidades, além de sérios prejuízos à vida humana.

Quanto às principais características de comportamento das ilhas de calor, podem ser apontadas: manifestação mais intensa após o pôr do sol e ao longo das primeiras horas da noite, quando se elevam as diferenças de temperatura da cidade em relação ao espaço rural circundante; intensificação desses gradientes térmicos sob condições atmosféricas estáveis (dias calmos e claros); e tendência ao fortalecimento do fenômeno conforme o crescimento da cidade (GARTLAND, 2010). Tais aspectos são, em geral, observados nos estudos empíricos sobre ilhas de calor em diferentes localidades, embora a complexidade do fenômeno possa comportar exceções às situações habitualmente verificadas.

A relação escalar entre o clima urbano e o clima regional em que está inserido consistiu fonte de preocupação para Monteiro (1976, 2003) que, ao propor uma abordagem sistêmica do fenômeno, compreendeu o ambiente da cidade como composto por um conjunto de elementos em constante interação, por onde percorrem fluxos de energia (por exemplo, calor) e matéria (por exemplo, ar e água) provenientes no espaço ao redor. Nesse sentido, a ocorrência das ilhas de calor está relacionada, em grande medida, à situação atmosférica regional, determinada do ponto de vista genético e rítmico pela atuação das massas de ar. Na mesma perspectiva de abordagem sistêmica e de preocupação com a escala nos estudos de clima urbano, Mendonça (2000) chama a atenção para a necessidade de se averiguar as características geográficas em âmbito local e regional, dentro das quais a cidade está inserida, no sentido de melhor compreender suas possíveis interconexões.

No Brasil, inúmeros trabalhos foram desenvolvidos a partir da década de 1980, principalmente no Centro-Sul e no Nordeste, com o auxílio do método de Monteiro (1976, 2003). Na Região Norte, todavia, pesquisas sobre clima urbano e, mais especificamente sobre ilhas de calor, são bastante escassas, conforme pode ser visualizado no levantamento feito por Mendonça (2003). Tal condição, por conseguinte, está presente no Estado do Tocantins e na cidade de Porto Nacional, localidade alvo deste artigo. Além de não ter sido verificado, até o momento, nenhum tipo de investigação sobre as condições climáticas urbanas neste município, o exame de seu primeiro Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL, 2007), concluído em 2006, revela o desinteresse pelo tema, ainda que na percepção de seus moradores existam sensíveis diferenças de temperatura entre partes distintas da cidade, conforme abordagem exploratória realizada por Silva, Pinto e Souza (2010).

Apesar de serem frequentemente vinculadas às cidades de maior porte (e de estarem relacionadas ao seu crescimento), características de clima urbano e de ilhas de calor também podem se manifestar em pequenas e médias cidades, em função das características do sítio e da estrutura urbana, bem como das condições climáticas locais e regionais (MENDONÇA, 2000). Ainda segundo Mendonça (2000), ao longo das últimas décadas o interesse pelos estudos de clima urbano têm aumentado nessas cidades de porte pequeno e médio que, por sua vez, apresentam maiores facilidades para o planejamento e as intervenções urbanísticas, se comparadas à maioria das metrópoles. Além disso, em decorrência de uma série de questões ligadas à dispersão espacial da produção industrial e do setor de serviços, e à qualidade de vida, cidades menores têm apresentado, em muitos casos, taxas de crescimento populacional superiores às de cidades maiores, em especial na porção Centro-Sul do país.

O exame de recentes pesquisas sobre clima urbano e ilhas de calor no Brasil revela uma série de exemplos elaborados em pequenas cidades, com o emprego de diferentes técnicas e procedimentos metodológicos. Com o intuito apenas de ilustrar alguns desses trabalhos, podem ser citados os de Minaki e Amorim (2007), Viana e Amorim (2009) e de Andrade, Roseghini e Mendonça (2010), sendo que em todos eles foram verificados gradientes significativos na temperatura do ar sobre as cidades pesquisadas e o seu entorno rural, denunciando características de ilhas de calor.

Minaki e Amorim (2007) investigaram o clima urbano da cidade de Guararapes, na porção noroeste do Estado de São Paulo, com cerca de 30 mil habitantes, coletando dados em três pontos fixos, entre a zona rural e a zona urbana, durante 15 dias no verão e 15 dias no inverno. Os dados mostraram amplitudes consideráveis entre a cidade e o seu entorno, que chegaram a 5,8°C no episódio de verão (no horário das 15h.) e a 3,8°C no episódio de inverno (no horário das 21h.). As maiores diferenças foram verificadas no episódio de verão, sobretudo sob a atuação da Massa Tropical Continental, geradora de tempo quente e seco.

Viana e Amorim (2009) estudaram as ilhas de calor em Teodoro Sampaio, no oeste do Estado de São Paulo, com 15 mil habitantes, por meio de coleta de dados em sete pontos fixos (seis na área urbana e um na zona rural) em episódio de verão. Foi detectada a formação de ilhas de calor, sobretudo em locais com menor

índice de vegetação, sendo que a maior diferença térmica entre os pontos foi de 5,4°C. Situações pré-frontais parecem ter contribuído para a acentuação das ilhas de calor, que se manifestaram especialmente do início da manhã e após o entardecer.

Andrade, Roseghini e Mendonça (2010) realizaram pesquisas sobre o campo térmico da cidade de Irati, no Estado do Paraná, com 54 mil habitantes, com 12 pontos fixos de coleta em episódio de outono. Foi verificada influência do relevo sobre o campo térmico urbano, considerando diferenças de altitude (entre 810 e 870 m.) e de exposição de vertentes. Observou-se também a influência da ocupação urbana e do uso do solo, embora de forma menos pronunciada que a influência exercida pelo relevo do sítio urbano.

Tais exemplos mostram, assim como assinalado por Mendonça (2000), que as alterações causadas pela urbanização sobre o clima não se limitam às metrópoles e grandes cidades, podendo acometer pequenos aglomerados urbanos, como produto de uma complexa interação entre o seu ambiente interno e o ambiente ao seu redor. Pelas consequências negativas relacionadas a essas alterações, justificam-se os estudos de clima urbano, em cujos objetivos, tomando as ideias de Gartland (2010), destacam-se as contribuições para a construção de comunidades com maior eficiência energética e com melhores condições de saúde à sua população.

### **Caracterização da área de estudo**

O Município de Porto Nacional está localizado na porção central do Estado do Tocantins, entre os paralelos 10° e 11° de latitude sul e entre os meridianos 48° e 49° de longitude oeste (Figura 1). Conforme o Censo de 2010, o município conta com uma população de 49.012 habitantes (IBGE, 2010), com taxa de urbanização de 86% (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL, 2007). A sede municipal está situada a aproximadamente 60 km ao sul da capital do Estado, Palmas, à margem direita do rio Tocantins, em trecho represado desde 2002, por conta da construção da Usina Hidrelétrica (UHE) Luis Eduardo Magalhães, a jusante de Porto Nacional.

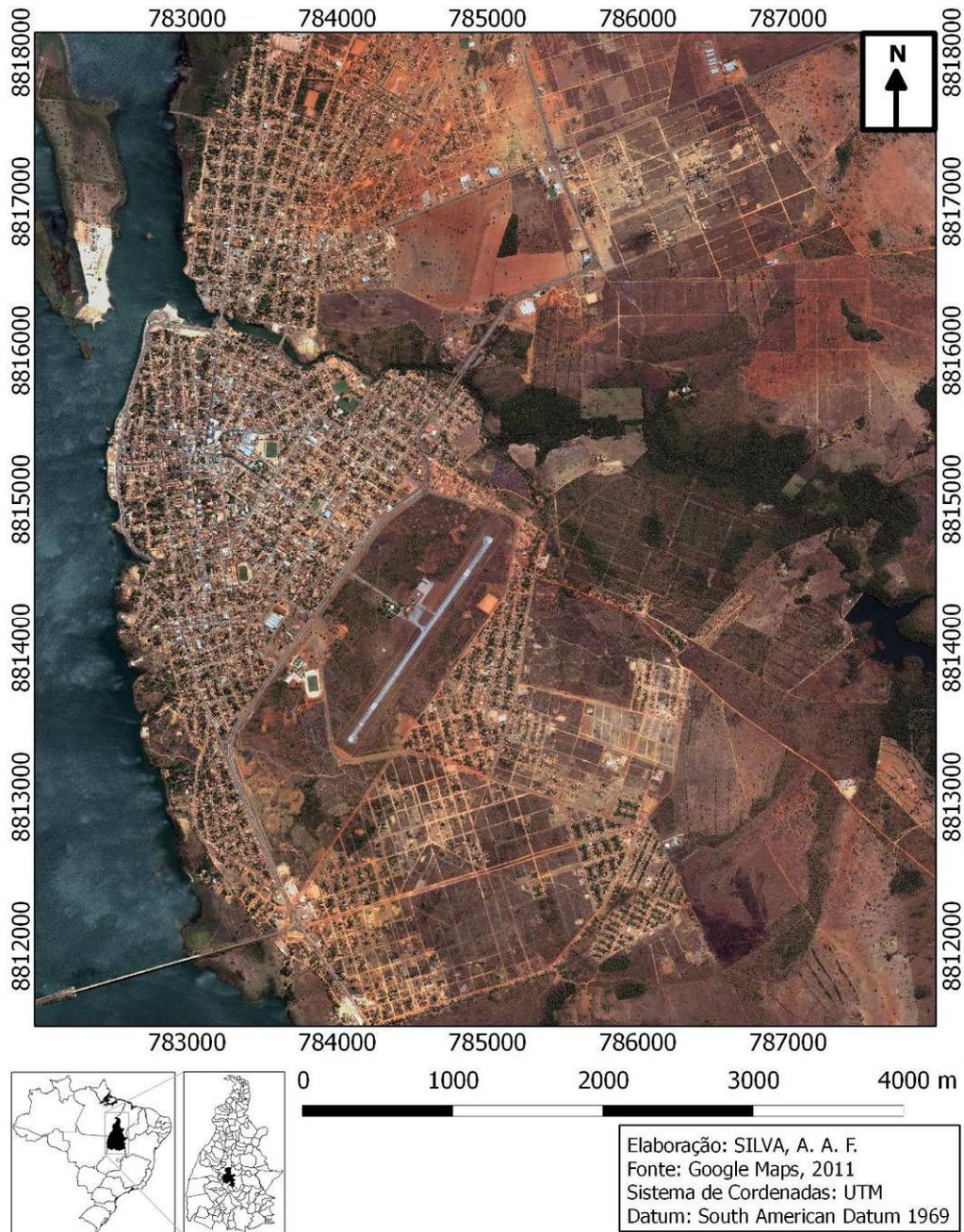


Figura 1. Cidade de Porto Nacional (TO), em 2006, e localização do município.

A área urbanizada de Porto Nacional está assentada sobre terreno de topografia suavemente ondulada, com declividades normalmente inferiores a 5% e com altitudes que variam, de modo geral, entre 200 e 300 metros, sendo cortada no sentido leste-oeste pelo Ribeirão São João (PREFEITURA

MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL, 2007). Em termos de vegetação, o município está inserido na área do bioma Cerrado, podendo ser encontradas espécies nativas no interior da cidade, sobretudo nos quintais das habitações. Todavia, nas vias de circulação e nas áreas públicas a arborização mostra-se aquém das necessidades locais, consideradas as características habituais de temperatura e umidade observadas no município.

O modelo de ocupação, fortemente orientado pela especulação imobiliária, tem favorecido os vazios urbanos, considerando-se o número de parcelamentos superior à demanda atual por terrenos urbanizados. Nesses vazios ocorrem costumeiramente problemas com deposição irregular de resíduos sólidos e queimadas na época da estiagem, prejudicando a paisagem urbana e a qualidade de vida da população.

Em termos climáticos, Porto Nacional apresenta um clima tipicamente tropical, marcado pelo regime sazonal das chuvas e altas temperaturas ao longo de todo o ano. O calor se acentua em decorrência da baixa latitude, somada às baixas altitudes existentes na localidade. Sendo assim, a temperatura média anual é de 26,1°C, com médias mensais variando de 25,3°C (em junho e julho) a 28°C (em setembro). A umidade do ar média atinge 84% (em fevereiro e março), porém decai para 50% em agosto, atingindo frequentemente valores absolutos críticos no período de estiagem (abaixo de 30%). A precipitação, com média anual de 1661,1 mm, se concentra na primavera-verão (outubro a março), sendo o outono-inverno (abril a setembro) normalmente seco (RAMOS, SANTOS e FORTES, 2009; PINTO e SOUZA, 2010).

Em levantamentos realizados por Souza (2011) e por Pinto, Silva e Souza (2010), a Massa Tropical Atlântica demonstrou maior controle sobre Porto Nacional, atuando durante praticamente todo o ano e alternando condições de instabilidade (na primavera-verão) e de estabilidade (no outono-inverno). A Massa Equatorial Continental, mais atuante no final do verão e início do outono, contribui com as situações de instabilidade e com as chuvas. Já a Frente Polar Atlântica, apesar de atingir o Tocantins normalmente em situação de frontólise, também contribui com parte das chuvas em Porto Nacional. Raras incursões da Massa Polar Atlântica nessas latitudes não chegam a afetar significativamente as temperaturas, devido ao seu avançado grau de tropicalização, alcançado ao longo de sua trajetória sobre o território brasileiro. Sendo assim, a principal massa de ar atuante sobre a área de estudo é a Massa Tropical Atlântica, sendo também responsável pela maior parte da gênese pluvial (SOUZA, 2011).

### **Metodologia**

As investigações sobre a temperatura do ar em áreas urbanas podem ser realizadas segundo diferentes tipos de estratégias metodológicas e de técnicas de pesquisa. Conforme aponta Gartland (2010), a aquisição dos dados pode se valer de estações fixas (em pares ou múltiplas), de transectos móveis, de sensoriamento remoto ou sensoriamento vertical. As estações fixas, segundo essa autora, representa o modo mais usual de estudo do clima urbano, possibilitando análises bidimensionais (mapas de contornos) dependendo do número de pontos

amostrais, resguardando a importância do critério espacial para a abordagem geográfica da temperatura urbana.

Outras recomendações metodológicas igualmente importantes foram apresentadas por Monteiro (1990) e por Mendonça (2000), notadamente no que tange ao estudo do subsistema termodinâmico do sistema clima urbano (SCU). Segundo Monteiro (1990), quando se trata de estações fixas, a coleta de dados deve se dar em pelo menos dois episódios com características distintas e de, no mínimo, 24 horas; os dados sempre devem ser relacionados aos registros oficiais de uma estação climatológica padrão; os equipamentos, os abrigos meteorológicos, as condições ambientais de instalação e os procedimentos de coleta devem ser padronizados; os pontos amostrais devem ser representativos de diferentes aspectos físicos e urbanos da localidade estudada, bem como do uso do solo.

A essas recomendações Mendonça (2000) ainda acrescenta a necessidade de um significativo embasamento cartográfico e descritivo da área de estudo, além do compromisso com a apresentação de propostas de planejamento e gestão ambientais urbanos para a cidade investigada, enfatizando o pragmatismo das pesquisas de clima urbano. Logo, o estudo sintetizado neste artigo foi elaborado com base nos preceitos metodológicos mencionados, no sentido de validar da melhor forma possível os resultados que seriam alcançados.

Em termos operacionais, foram utilizados 5 (cinco) pontos fixos para a coleta de dados, com o uso de termohigrômetros digitais (Marca Instrutherm, Modelo HT-210) para o registro das oscilações de temperatura sobre a área de estudo (Figura 2). A coleta dos dados foi realizada em pontos distribuídos de forma que permitisse uma representação espacial adequada para a interpolação dos resultados e o estabelecimento de relações com diferentes características do sítio urbano e do uso do solo em Porto Nacional.



Figura 2. Modelo do termohigrômetro digital e do abrigo utilizados na pesquisa (P. H. P. Pinto, 2010).

Os termohigrômetros foram colocados em abrigos de madeira (com perfurações em 45°), suspensos a aproximadamente 1,5m de altura do solo, seguindo indicação de Gartland (2010). Tais abrigos foram alocados em três escolas e em duas unidades do *campus* da Universidade Federal do Tocantins, localizadas em diferentes setores da cidade (Figura 3). Foram definidos dois episódios em diferentes estações, sendo que no primeiro foram coletados dados entre os dias 14 e 23 de setembro de 2010 (final de inverno/início de primavera) e no segundo foram coletados dados entre os dias 20 e 29 de março de 2011 (final de verão/ início de outono). Os dados foram coletados simultaneamente, em horário padrão (9, 15 e 21 horas), tendo sido obtidos 4 (quatro) dias com dados completos (em todos os pontos de coleta) em cada episódio. Os demais dias, por conterem falhas pontuais nos dados de temperatura urbana, não constituíram objeto de análise deste artigo. A coleta de dados foi realizada com a colaboração de voluntários (professores, funcionários, vigilantes e alunos) pertencentes às instituições onde foram alocados os abrigos com os termohigrômetros.

Mini-abrigos nos locais de coleta de dados	Locais	Coordenadas e altitude dos pontos	Características do entorno
	<p>Ponto 1 Campus da UFT de Porto Nacional Setor Jardim dos Ipês</p>	<p>Fuso: 22L Lat. 0786361 Long. 8817152 Elevação: 277 m.</p>	<p>Densidade de construção: baixa Densidade de vegetação: alta</p>
	<p>Ponto 2 Esc. Est. Prof. Alcides R. Alves Setor Nova Capital</p>	<p>Fuso: 22L Lat. 0784387 Long. 8817840 Elevação: 246 m.</p>	<p>Densidade de construção: média Densidade de vegetação: baixa</p>
	<p>Ponto 3 Esc. Est. Mal. Arthur da Costa e Silva Setor Jardim Querido</p>	<p>Fuso: 22L Lat. 0784563 Long. 8817808 Elevação: 262 m.</p>	<p>Densidade de construção: média Densidade de vegetação: média</p>
	<p>Ponto 4 CEPEC - UFT Setor Centro</p>	<p>Fuso: 22L Lat. 0783152 Long. 8815262 Elevação: 239 m.</p>	<p>Densidade de construção: alta Densidade de vegetação: baixa</p>
	<p>Ponto 5 Unid. Educacional SESC - LER Setor Novo Planalto</p>	<p>Fuso: 22L Lat. 0785002 Long. 8813414 Elevação: 283 m.</p>	<p>Densidade de construção: média Densidade de vegetação: baixa</p>

Figura 3. Caracterização dos postos de coleta de dados e do seu entorno (Org. P. H. P. Pinto; L. B. Souza, 2011).

Após a seleção e organização dos dados resultantes dos trabalhos de campo, foi realizada a sua interpolação e representação espacial com o auxílio dos *softwares* Quantum GIS® e Corel Draw x5®, por meio de cartogramas de isovalores que demonstram a distribuição espacial da temperatura no espaço urbano de Porto Nacional em ambos os episódios, para os três horários de coleta. A julgar pelo fenômeno pesquisado (variações na temperatura do ar) e pelas características da área de estudo (relevo suave e inexistência de rupturas bruscas na paisagem interna da cidade), optou-se pelo método de mínima curvatura (*spline*) para a interpolação dos dados. Este método, segundo Landim (2000), apresenta como vantagens: a fidelidade aos contornos dos dados originais, a geração de superfícies suaves, a capacidade para estimar além dos valores mínimo e máximo amostrados, e a redução de possíveis problemas decorrentes da distribuição espacial dos dados amostrados. Considerando a grande quantidade de cartogramas obtidos, foram empregados neste artigo apenas alguns deles, a título de ilustração das condições observadas durante a pesquisa.

Os dados resultantes desses trabalhos de campo foram utilizados, primeiramente, em correlação com os aspectos da gênese e do ritmo climáticos para os episódios selecionados, assim como recomendado por Monteiro (1990). Os mapas de isovalores produzidos a partir dos dados coletados em campo foram analisados em conjunto com as características observadas na análise rítmica produzida a partir dos dados da Estação Climatológica Principal de Porto Nacional (INMET) e da identificação dos sistemas atmosféricos atuantes nos episódios, por meio da interpretação visual das imagens de satélite meteorológico (GOES/INPE). Para a elaboração dos gráficos de análise rítmica e dos demais gráficos da pesquisa, utilizaram-se os *softwares* Microsoft Excel® e Corel Draw x5®.

A caracterização do entorno dos pontos de coleta, conforme indicado por Mendonça (2000) e Monteiro (1990), foi realizada por meio de trabalhos de campo, além de imagens de satélite obtidas pelo *software* Google Earth®. Com relação ao mapa de uso do solo, construído para averiguar as possíveis relações entre esse atributo e o campo térmico da cidade de Porto Nacional, foram também utilizadas imagens de satélite do Google Earth®, referentes ao mês de agosto de 2006 (data disponível). Para elaborar o mapa, foi utilizado o *software* de Sistema de Informação Geográfica SPRING, na versão 5.1.8 (INPE, 2012). Neste programa de computador, a imagem de satélite do Google Earth® foi georreferenciada de acordo com o sistema de projeção UTM 22S. Após esta etapa, a imagem foi classificada no SPRING através do classificador Isoseg.

O Isoseg consiste num método que segmenta e classifica a imagem a partir de agrupamentos de pixels de regiões em comum. Este método utiliza “um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância, e também pela área” (INPE, 2012). A escolha deste método se deu devido à qualidade da classificação gerada, sendo indicada principalmente para áreas urbanas. Foram definidas quatro classes de uso e ocupação: áreas construídas (vermelho); recursos hídricos (azul); solo exposto (marrom); e vegetação (verde). A imagem classificada foi exportada no formato

GeoTiff e importada para o *software* Quantum GIS® e, posteriormente, para o *Corel Draw x5*®, para o finalização gráfica.

## **Resultados e discussão**

### ***1º Episódio: setembro de 2010***

As condições atmosféricas sobre Porto Nacional, no decêndio compreendido entre os dias 14 e 23 de setembro de 2010 (Figura 4), revelaram uma situação típica de final de inverno para esta área, aproximando-se do quadro traçado por Souza (2011). A Massa Tropical Atlântica atuou na maior parte do tempo (dias 14 e 15, e do dia 19 a 23), interrompida pela Massa Equatorial Continental entre os dias 16, 17 e 18. Essa interrupção pôde ser verificada, por exemplo, pela mudança no padrão dos ventos nesses dias, quando a direção predominante se alterou do quadrante leste para o oeste.

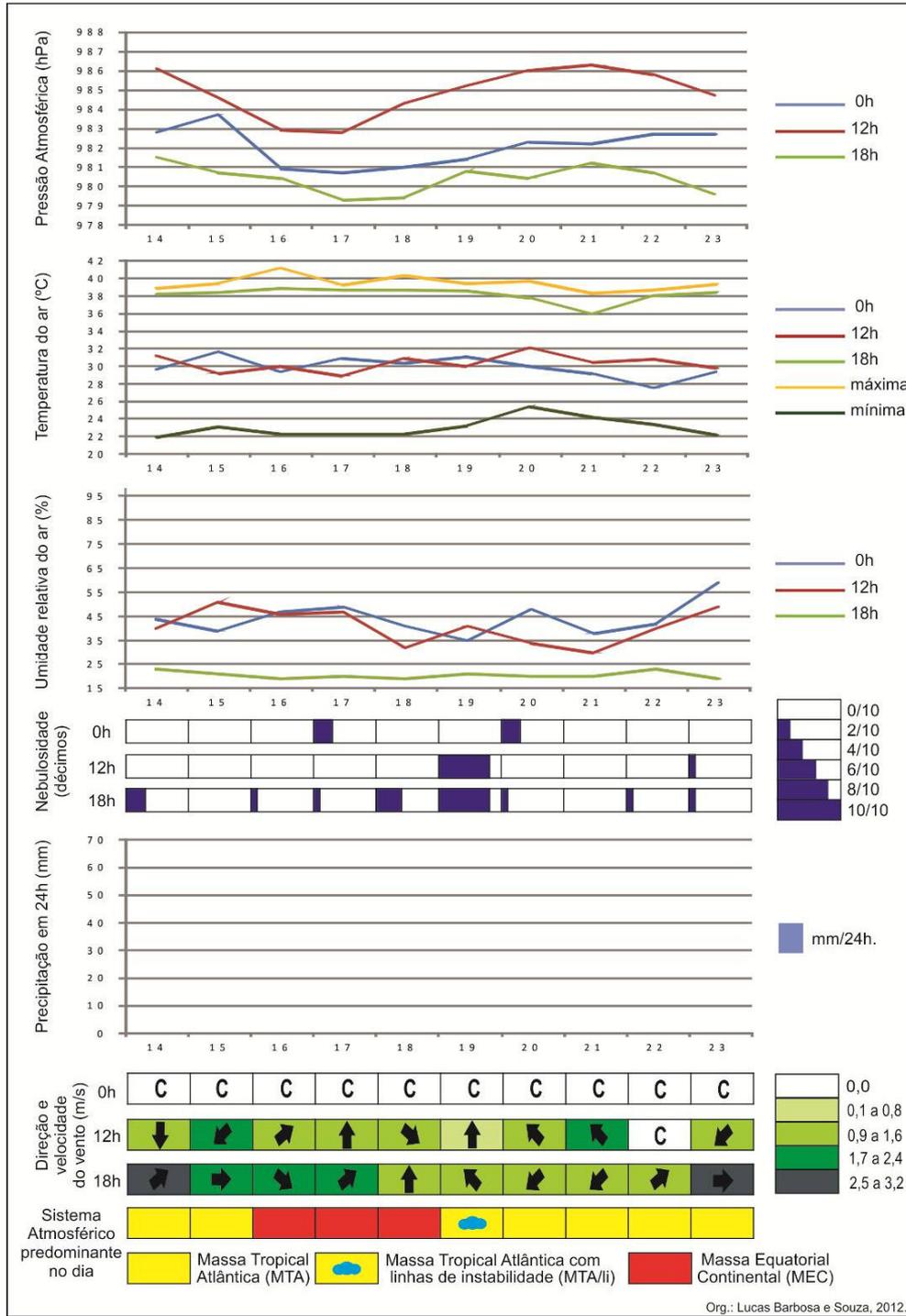


Figura 4. Gráfico de análise rítmica de Porto Nacional (TO), episódio de 14 a 23 de setembro de 2010 (Fonte de dados: INMET).

As condições gerais de estabilidade no período somente foram alteradas no dia 19, quando foram verificadas linhas de instabilidade na Massa Tropical Atlântica, elevando a nebulosidade. Entretanto, conforme esperado para essa época do ano, não houve qualquer indicação de pluviosidade, assim como permaneceram baixas as taxas de umidade do ar, especialmente no período da tarde (leitura das 18h UTC, ou 15 h).

Essa situação de estabilidade atmosférica contribuiu também para uma significativa amplitude térmica no período, aproximando-se de 20° de gradiente entre as temperaturas máximas e mínimas diárias, com calor acentuado ao longo do dia (principalmente à tarde, com temperaturas próximas de 40°C) e temperaturas amenas ao longo da madrugada (em geral, entre 22°C e 24°C). Esse tipo de tempo, por sua vez, repercute sobre o sistema climático urbano, por meio dos fluxos de energia e matéria, advindos da escala regional. Conforme Gartland (2010), tais circunstâncias (estabilidade e altas temperaturas) são propensas à manifestação ou ao agravamento das ilhas de calor urbanas.

Dentro do primeiro episódio decendial em que foi monitorada a temperatura do ar na área urbana de Porto Nacional, foram obtidos 4 (quatro) dias com dados completos em todos os pontos amostrais e em todos os horários de coleta, conforme explicitado na metodologia. A Figura 5 contém os gráficos referentes a esses dados, mais especificamente para os dias 14, 15, 16 e 19 de setembro de 2010.

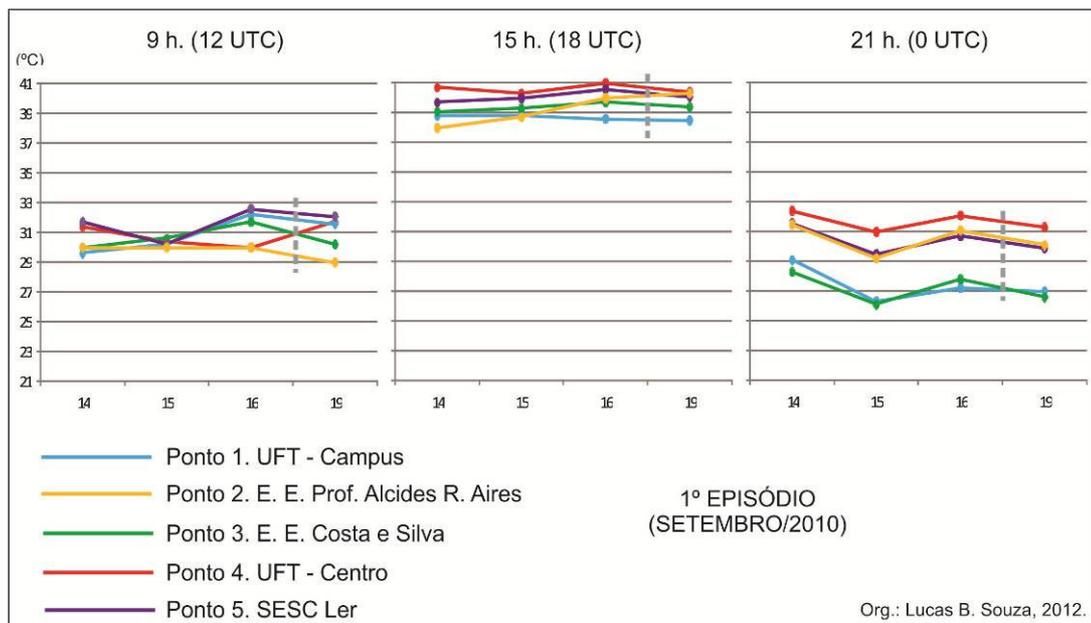


Figura 5. Temperatura do ar na Área Urbana de Porto Nacional (TO) em episódio de setembro de 2010.

No dia 14/09/2010, a área esteve sob a atuação da Massa Tropical Atlântica. Às 9 horas, o ponto 1 (UFT-Campus) apresentou temperatura inferior aos demais (29,6°C), enquanto o ponto 5 (SESC Ler) apresentou a temperatura mais alta (31,7°C). Já à tarde (15h) e à noite (21h), o ponto 4 (UFT-Centro) apresentou

temperaturas superiores aos demais (40,7°C às 15h e 32,4°C às 21h). À tarde, o ponto 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) apresentou temperatura inferior aos demais (38°C), e à noite o ponto 3 (E. E. Costa e Silva) apresentou a menor temperatura entre todos os pontos (28,3°C).

A ação da Massa Tropical Atlântica prosseguiu no dia 15/09/2010, em que, às 9 horas, o ponto 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) foi o mais fresco (30°C) e o ponto 5 (SESC Ler) o mais quente (30,6°C), indicando relativa homogeneidade entre os pontos. Já no período vespertino, o ponto 4 (UFT-Centro) e o ponto 5 (SESC Ler) apresentaram temperaturas superiores aos outros pontos (40,3°C e 40°C, respectivamente), enquanto o ponto 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) apresentou temperatura inferior aos demais (38,7°C). À noite, o ponto 3 (E. E. Costa e Silva) foi o mais fresco (26,1°C) e o ponto 4 (UFT-Centro) foi o mais quente (31°C), indicando acentuada amplitude.

No dia 16/09/2010, embora sob a atuação da Massa Equatorial Continental, não houve mudanças significativas em relação ao tipo de tempo sobre Porto Nacional, persistindo as condições de estabilidade. Às 9 horas, o ponto 5 (SESC Ler) apresentou temperatura superior aos outros pontos (32,6°C) e o ponto 2 (E. E. Alcides R. Aires) apresentou a menor temperatura (30°C). Às 15 horas, o ponto 4 (UFT-Centro), com 41°C, foi o mais quente e o ponto 1 (UFT-Campus), com 38,6°C, foi o menos quente. Às 21 horas, o padrão do horário anterior permaneceu e os pontos supracitados apresentaram temperaturas de 32,1°C e de 27,2°C, respectivamente, perfazendo as temperaturas máxima e mínima entre os pontos, e mantendo a amplitude acentuada.

Já no dia 19/09/2010, após uma sequência de três dias sob a atuação da Massa Equatorial Continental, a Massa Tropical Atlântica voltou a atuar sobre a área, porém com linhas de instabilidade que contribuíram para o aumento da nebulosidade. Nesse dia, os dados evidenciaram que às 9 horas os pontos 4 (UFT-Centro) e 5 (SESC Ler) apresentaram as maiores temperaturas (31,7°C e 32,1°C, respectivamente), ao passo que o ponto 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) apresentou a menor temperatura (29°C). Às 15 horas, os pontos 4 (UFT-Centro) e 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) foram os mais quentes, com temperaturas de 40,4°C e 40,3°C, respectivamente, enquanto o ponto 1 (UFT-Campus) mostrou-se o menos quente, com 38,5°C. Às 21 horas, o ponto 4 (UFT-Centro) foi o mais quente, com temperatura de 31,3°C, e o ponto 3 (E. E. Costa e Silva) foi o mais fresco, com 26,6°C. Nesse dia, a amplitude entre os pontos manteve-se acentuada no período noturno, repetindo a mesma situação dos dias anteriores.

No sentido de ilustrar a situação verificada em termos espaciais, as Figuras 6, 7 e 8 demonstram o quadro típico verificado neste episódio de setembro/2010.

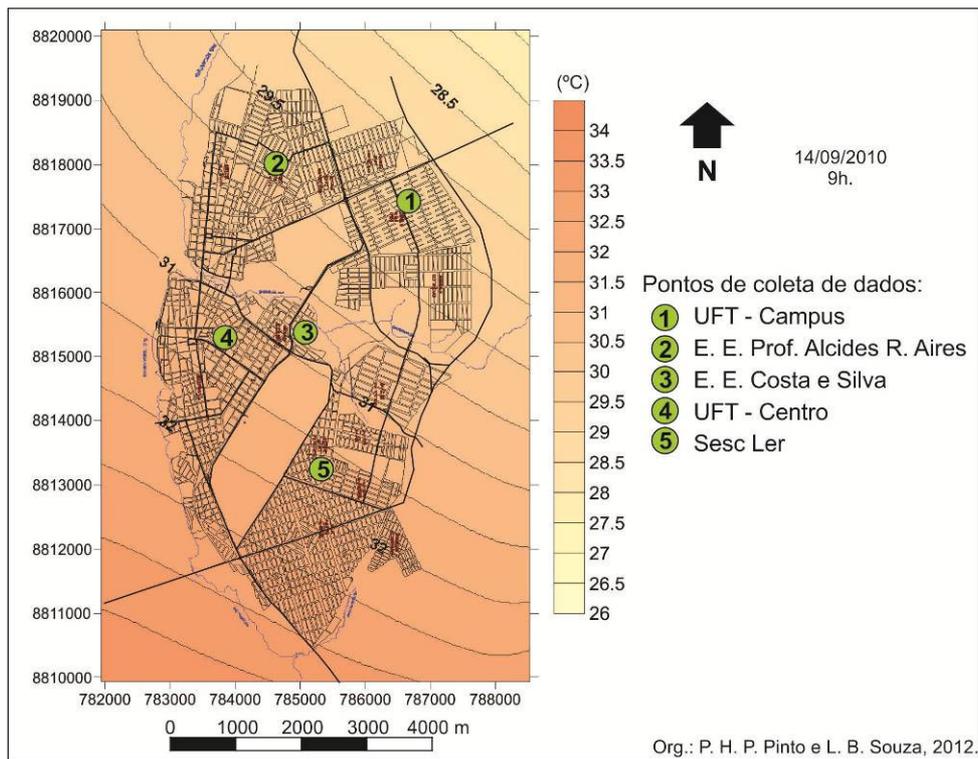


Figura 6. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 14/09/2010, às 9 horas.

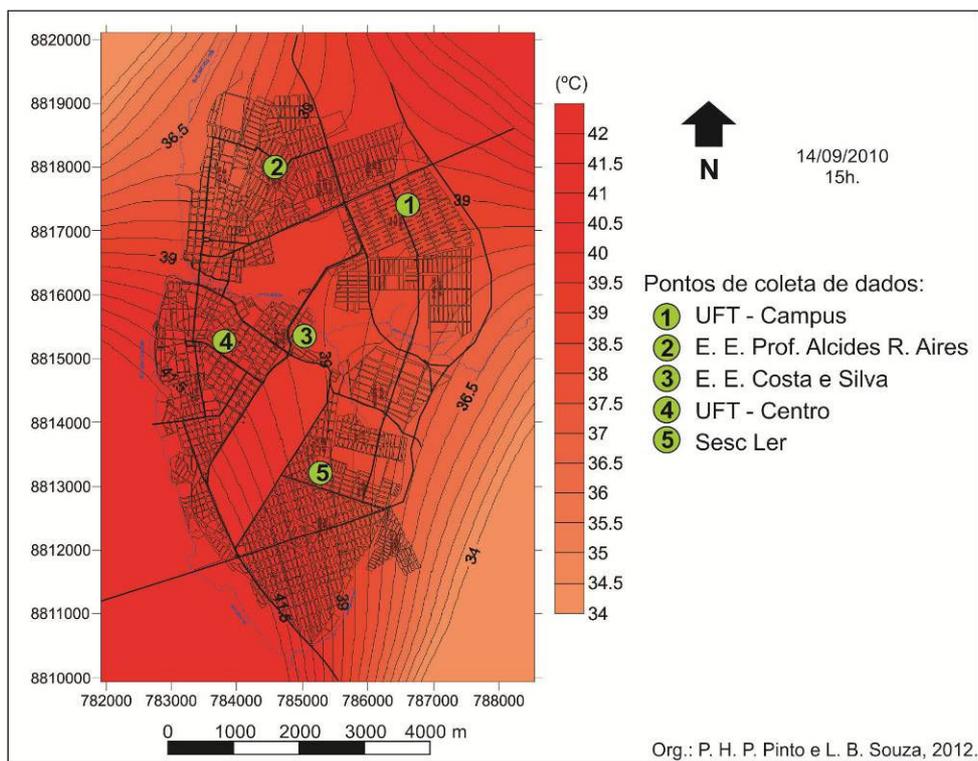


Figura 7. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 14/09/2010, às 15 horas.

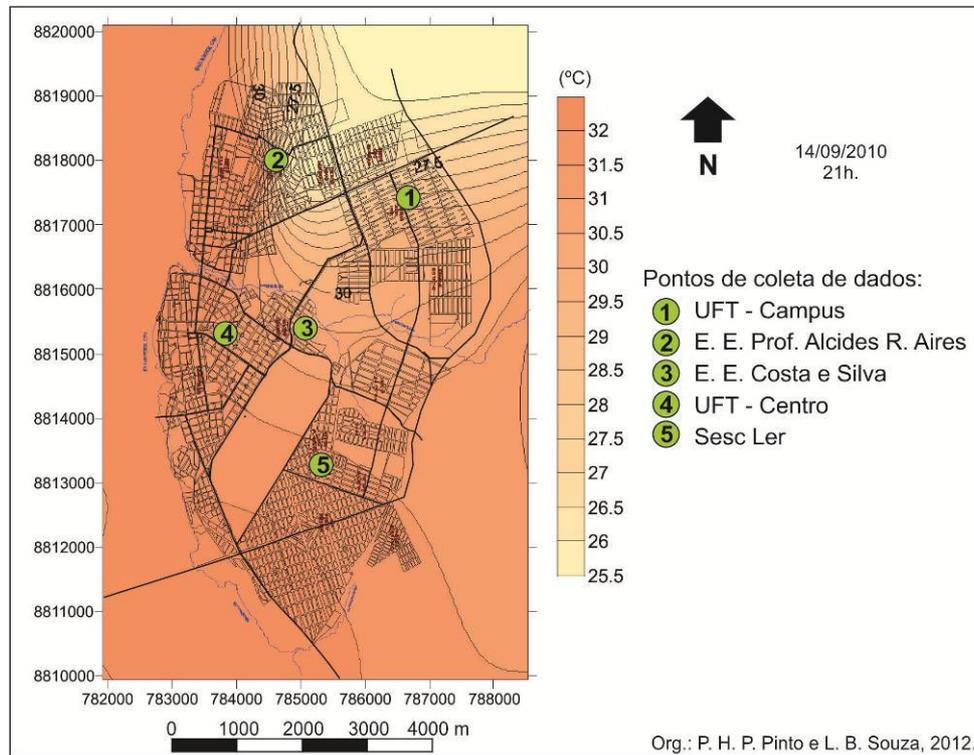


Figura 8. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 14/09/2010, às 21 horas.

Na Figura 6, relativa às isotermas das 9h, observa-se uma diferenciação gradual da temperatura, que decresce no sentido nordeste, em direção ao ponto 1 (UFT-Campus), na periferia urbana de Porto Nacional. Neste horário da manhã, as temperaturas ainda encontram-se relativamente amenas para o padrão local, porém em crescimento acelerado até o período da tarde. Sendo assim, a Figura 7 contém as isotermas das 15h, indicando as temperaturas mais altas do dia e um padrão espacial mais homogêneo (menor amplitude) entre os todos os pontos amostrais. Já no período da noite (21h), conforme a Figura 8, as isotermas demonstram um arrefecimento mais rápido na porção nordeste da cidade, sendo que as temperaturas se elevam no sentido sudoeste, indicando ser este o horário com as maiores amplitudes entre os pontos.

### **2º Episódio: março de 2011**

O decênio representado pelo intervalo entre os dias 20 e 29 de março de 2011 (Figura 9) também se mostrou próximo das condições esperadas para Porto Nacional no final de verão e início de outono. O período foi marcado pela ocorrência de instabilidades e pela alternância entre a Massa Tropical Atlântica e a Massa Equatorial Continental, sendo que ambas mostraram-se responsáveis pela gênese pluvial nesses dias.

Assim como verificado no episódio de setembro/2010, a Massa Tropical Atlântica atuou em sete dos dez dias analisados, porém apresentando maior

incidência de instabilidades. Tal situação reforça a tese da predominância dessa massa de ar sobre a área de estudo, independente da estação do ano, conforme assinalado por Souza (2011). Por conseguinte, podem-se verificar tipos de tempo com características bastante diferentes (estáveis, no outono-inverno, e instáveis, na primavera-verão), cuja gênese encontra-se atrelada à mesma massa de ar (Massa Tropical Atlântica) atuante sobre a área de estudo.

A maior incidência de sistemas instáveis nesse período foi responsável pelas taxas mais elevadas de nebulosidade, sempre acompanhadas pelos altos valores de umidade relativa do ar. Este elemento somente apresentou decréscimo nas tardes com menor nebulosidade dos dias 20, 22, 25 e 29, mantendo-se com taxas normalmente superiores a 75% nos demais dias e horários. Com essas condições atmosféricas, foram registradas ocorrências de chuva em seis dos dez dias analisados, sendo dois eventos brandos (0.7 e 2.4 mm, respectivamente nos dias 28 e 29), três eventos intermediários (20.7, 25.9 e 18.3 mm, respectivamente nos dias 22, 24 e 27) e um evento acentuado, de 65,4 mm, no dia 26.

A presença de água na atmosfera, por sua vez, contribuiu para que as temperaturas fossem mais amenas neste decêndio, principalmente pela redução das máximas, que não ultrapassaram 36°C, ao contrário da situação verificada em setembro/2010. Nesse sentido, a amplitude térmica diária teve queda pronunciada, permanecendo em torno de 10°C no período. Tal conjuntura, de acordo com Gartland (2010), favorece o arrefecimento das ilhas de calor, levando a uma maior homogeneidade da temperatura interna das cidades. Essa situação mostra, mais uma vez, a existência de relações entre a condição atmosférica nas escalas local/regional e o sistema climático urbano (MONTEIRO, 1976, 2003), motivo pelo qual se justifica a adoção da abordagem sistêmica para o estudo do fenômeno.

Do mesmo modo como no primeiro episódio, neste decêndio de março de 2011, compreendido entre o final de verão e o início do outono, foram tomadas as temperaturas do ar na área urbana de Porto Nacional, tendo sido obtidos 4 (quatro) dias com dados livres de falhas para todos os pontos amostrais e horários de coleta. Tal conjunto de dados, referentes aos dias 21, 22, 23 e 24 de março de 2011, estão projetados na Figura 10.

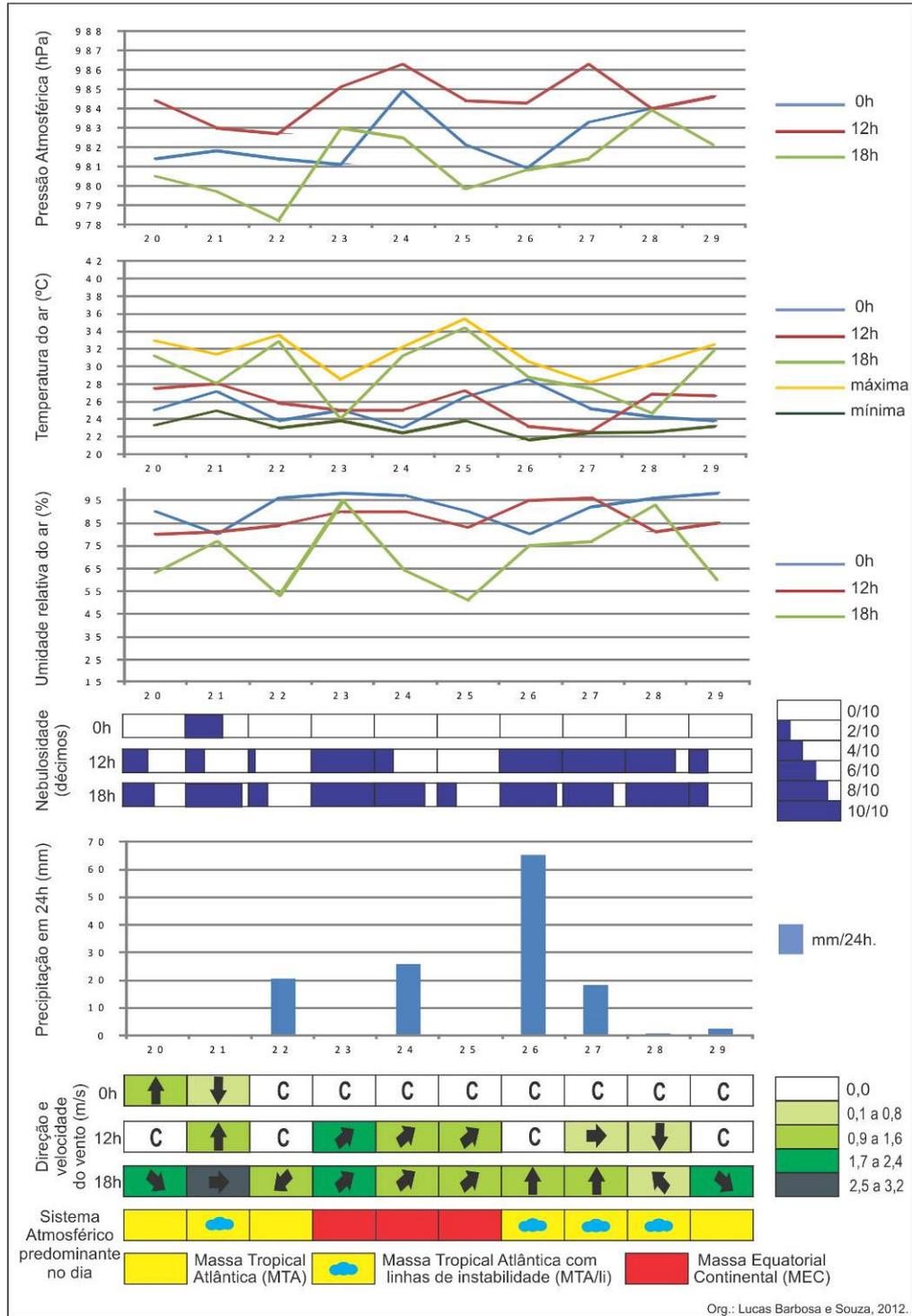


Figura 9. Gráfico de análise rítmica de Porto Nacional (TO), episódio de 14 a 23 de setembro de 2010 (Fonte de dados: INMET).

O dia 21/03/2011, sob a atuação da Massa Tropical Atlântica com linhas de instabilidade, foi marcado por menores amplitudes térmicas, em função dos teores de umidade do ar e da nebulosidade, embora não tenha sido registrada precipitação. Às 9 horas, o ponto 5 (SESC Ler) apresentou a menor temperatura entre os pontos (27,4°C), enquanto o ponto 4 (UFT-Centro) apresentou a maior temperatura (29,4°C). À tarde e à noite, o ponto 1 (UFT-Campus) apresentou temperaturas superiores aos demais pontos, (28,5°C em ambos os horários). Às 15 horas, o ponto 5 (SESC Ler) permaneceu como o ponto mais fresco (26,7°C) e às 21 horas esta posição foi ocupada pelo ponto 3 (E. E. Costa e Silva), com temperatura de 23,7°C.

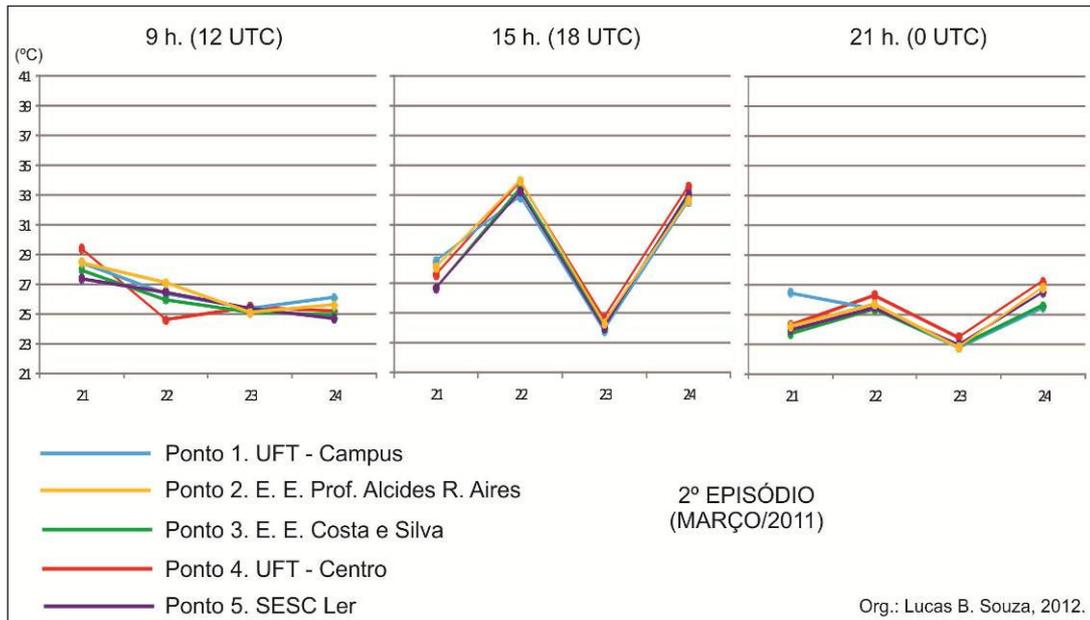


Figura 10. Temperatura do ar na Área Urbana de Porto Nacional (TO) em episódio de março de 2011.

A nebulosidade (de caráter convectivo) mais proeminente neste segundo episódio e as diferenças pontuais que este elemento pode apresentar no interior da cidade, favorecem ou impedem a insolação direta sobre os pontos amostrais. Isso pode implicar em um padrão diferente do esperado para a temperatura dos pontos, a exemplo do ponto 1, cuja temperatura mostrou-se ligeiramente acima dos demais às 21 horas do dia 21/03/2011, diferente do que habitualmente ocorrera no primeiro episódio. Nesse caso, uma maior insolação durante a tarde pode ter elevado a temperatura nesse ponto (conforme verificado no dado das 15h), assim como a umidade do ar mais alta pode ter dificultado a dispersão desse calor nas primeiras horas da noite, levando à diferença observada na leitura das 21h.

Na sequência, o dia 22/03/2011 permaneceu sob a ação da Massa Tropical Atlântica, contudo sem a presença de linhas de instabilidade, fazendo com que os valores de nebulosidade baixassem, além da umidade do ar, à tarde. Porém, houve chuva registrada nesse dia, ocorrida na madrugada (21 para 22/03/2011), sendo que o tempo permaneceu aberto no restante do dia, repercutindo sobre os dados de temperatura na cidade. Às 9h e às 15h, o ponto 2 (E. E. Prof. Alcides R. Aires) apresentou as maiores temperaturas (27,1°C e 33,9°C, respectivamente). Também às 9h, o ponto 4 (UFT-Centro) mostrou-se mais distante dos demais, com a temperatura mais baixa entre os pontos, de 24,6°C. No horário das 15h, observou-se a elevação das temperaturas de todos os pontos, por conta da baixa nebulosidade. Finalmente, às 21 h, o ponto 4 (UFT-Centro) permaneceu mais aquecido, com temperatura de 26,3°C, ao passo que todos os demais permaneceram com temperaturas na casa dos 25°C.

No dia 23/03/2011, a massa de ar atuante passou a ser a Equatorial Continental, elevando novamente a nebulosidade e provocando chuva no final do dia (porém registrada no dia 24, com a totalização na leitura das 9h). Nesse dia, as amplitudes voltaram a cair, fazendo com que as temperaturas estivessem muito próximas entre os pontos amostrais e entre horários do dia. No entanto, o ponto 4 (UFT-Centro) mostrou-se ligeiramente mais aquecido que os outros, em todas as leituras, ainda que tais diferenças positivas tenham sido, em geral, de poucos décimos.

No dia 24/03/2011 as condições de tempo mantiveram-se semelhantes às do dia anterior, permanecendo a ação da Massa Equatorial Continental. Tais condições contribuíram para temperaturas mais amenas nos horários das 9h e das 21h, sendo que o horário das 15h apresentou tendência contrária, de aumento do calor, semelhante ao observado no dia 22/03/2011. Tais características contribuíram, pois, para uma maior amplitude térmica entre os horários neste dia, independente do ponto amostral. Às 9h, o ponto 1 (UFT-Campus) esteve um pouco mais aquecido que os demais, com temperatura de 26,1°C, ao contrário do ponto 5 (SESC Ler), com a temperatura mais baixa, de 24,7°C. Às 15h todos os pontos apresentaram temperaturas em torno de 33°C, com o ponto 4 (UFT-Centro) um pouco acima, com 33,5°C. Já às 21h, as temperaturas tornaram a baixar para a casa dos 20°C, sendo o ponto 1 (UFT-Campus) o mais fresco, com 25,5°C e o ponto 3 (UFT-Centro) o mais quente, com 27,2°C.

Quanto à distribuição espacial da temperatura neste segundo episódio, as Figuras 11, 12 e 13 contêm os cartogramas de isotermas do dia 23/03/2011. Tais cartogramas constituem exemplos do comportamento da temperatura urbana sob as condições atmosféricas típicas deste período do ano. A Figura 11 traz as isotermas das 9h, com temperaturas mais amenas que aquelas normalmente verificadas no episódio de setembro/2010, além de maior homogeneidade sobre a área urbana, abarcada quase que totalmente pelas faixas de 25°C a 26°C. Na Figura 12, as isotermas das 15h mostram pouca diferença do padrão da manhã, definindo-se apenas a orientação de crescimento da temperatura no sentido leste-oeste, em direção ao reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães. Por último, a Figura 13 mostra que o horário das 21h teve características semelhantes ao horário das 9h, com relativa homogeneidade térmica em decorrência do tipo de tempo, confirmando as ideias de Gartland (2010).

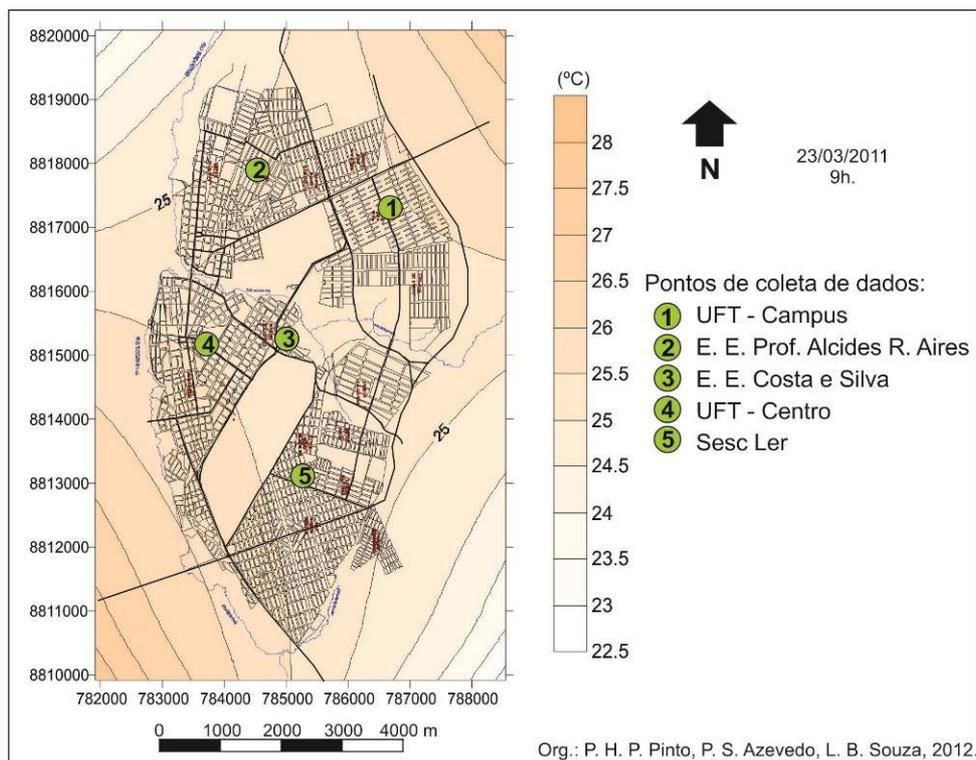


Figura 11. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 23/03/2011, às 9 horas.

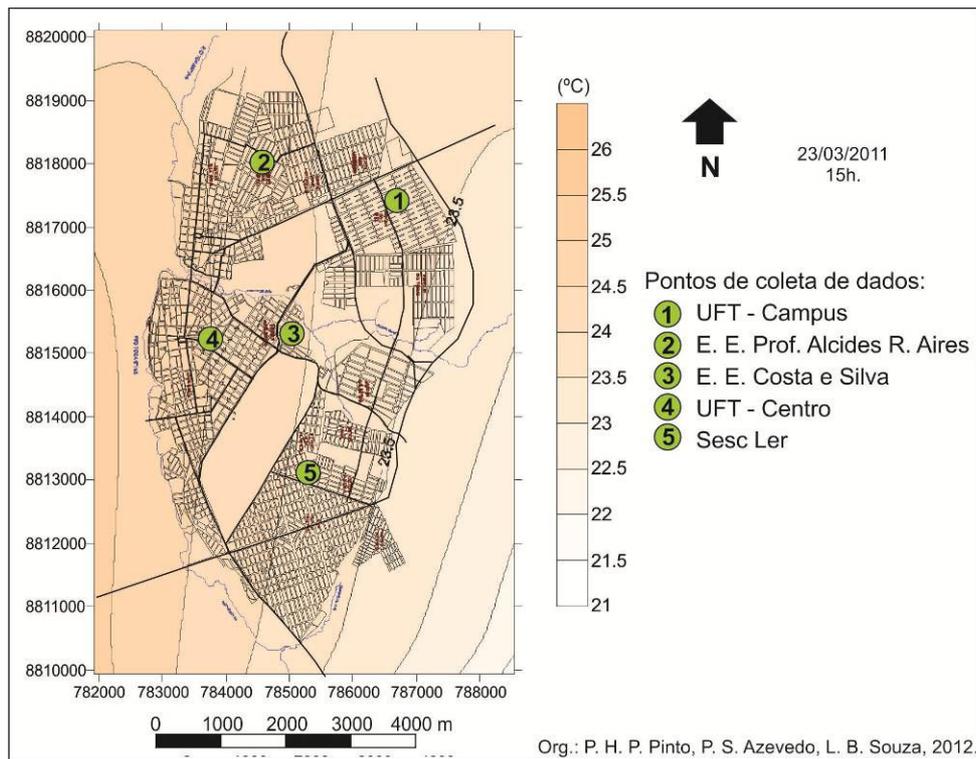


Figura 12. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 23/03/2011, às 15 horas.

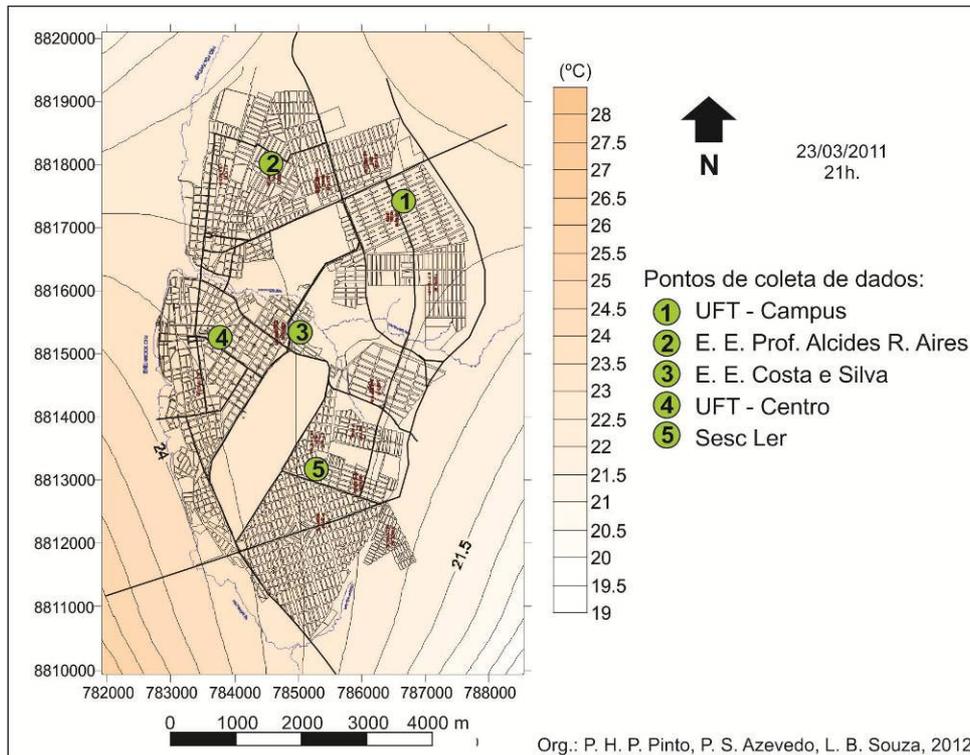


Figura 13. Distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Nacional (TO), em 23/03/2011, às 21 horas.

### ***Abordagem comparativa e relações com a paisagem urbana***

A seleção de dois episódios em diferentes estações do ano e com tipos de tempo distintos mostrou-se reveladora acerca do comportamento do subsistema termodinâmico sobre a cidade de Porto Nacional. Assim como já apontado pela literatura na área de clima urbano, os tipos de tempo possuem vínculo direto com os maiores ou menores gradientes térmicos urbanos (GARTLAND, 2010; MINAKI e AMORIM, 2007; VIANA e AMORIM, 2009). Essa relação se expressa de modo ainda mais claro à medida que se considera o fenômeno sob o ponto de vista sistêmico, o que implica em reconhecer o funcionamento do sistema clima urbano, assim como seus possíveis distúrbios, a partir dos fluxos de energia e matéria provenientes do ambiente atmosférico circundante (MONTEIRO, 1976, 2003).

No primeiro episódio, ocorrido no mês de setembro/2010, a análise rítmica revelou um tipo de tempo predominantemente estável (baixa nebulosidade, baixos índices de umidade, ausência de precipitação e amplitudes térmicas diárias pronunciadas), típico do período de estiagem de outono-inverno. Nessas circunstâncias atmosféricas foram mensurados os maiores gradientes de temperatura entre os pontos amostrais na área urbana, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1. Maiores gradientes entre os pontos amostrais por horário  
(Episódio de setembro/2010).

Dias	Horários			Sistema Atm.
	9h	15h	21h	
14	2,1	2,7	4,1	MTA
15	3,2	1,6	4,9	MTA
16	2,6	2,4	4,9	MEC
19	3,1	1,9	4,7	MTA(li)
Média	2,8 °C	2,2 °C	4,7 °C	-

Fonte: Coleta de dados realizada em setembro 2010.

Tais diferenças mostraram-se mais sutis no horário da tarde (15h), com uma média de 2,2°C nos quatro dias do episódio; no horário da manhã (9h) as diferenças acentuam-se ligeiramente, com uma média de 2,8°C no episódio; e, finalmente, no horário da noite (21h) percebem-se diferenças ainda mais acentuadas, denunciadas pela média de 4,7°C no episódio, além de dados absolutos de 4,9°C nos dias 15 e 16/09/2010. Nesse caso, não foi possível verificar uma relação específica com uma ou outra massa de ar atuante, mas apenas com o tipo de tempo estável possibilitado por elas, já descrito anteriormente.

O mês de setembro, apesar de constituir o final do inverno, possui a média mensal de temperatura mais elevada sobre Porto Nacional, de 28°C, conforme as Normas Climatológicas vigentes (RAMOS, SANTOS e FORTES, 2009). Por consequência, tal característica repercute no campo térmico urbano, por meio de gradientes internos que se assemelham aos de grandes cidades, a exemplo do estudo de Yamashita (1996, citado por GARTLAND, 2010, p.13), realizado em Tóquio (Japão), tendo sido mensuradas diferenças de 4 a 5°C entre a área urbana e a área suburbana daquela metrópole.

Em comparação com estudos realizados em outras pequenas cidades brasileiras, Porto Nacional mostrou, neste episódio de setembro/2010, resultados quantitativamente parecidos com os obtidos em Guararapes e em Teodoro Sampaio, no Estado de São Paulo, respectivamente por Minaki e Amorim (2007) e por Viana e Amorim (2009). Os resultados nessas localidades estiveram vinculados a um tipo de tempo quente e seco, possibilitado pela atuação da Massa Tropical Continental e por situações pré-frontais, embora tais circunstâncias sejam típicas de verão na latitude do interior paulista. Já no Tocantins, o tipo de tempo quente e seco é habitual do final de inverno, normalmente ligado à atuação da Massa Tropical Atlântica, com ventos do quadrante leste. Há, portanto, diferenças genéticas, mas resultados numéricos parecidos, indicando características de ilhas de calor e confirmando a possibilidade de sua ocorrência em pequenas cidades, assim como salientado por Mendonça (2000).

Por outro lado, o episódio de março/2011 esteve marcado, conforme a análise rítmica, pela predominância de um tipo de tempo em significativo contraste com aquele verificado em setembro/2010. Por estar inserido no período tipicamente chuvoso, o episódio mostrou-se com índices de umidade elevados, nebulosidade acentuada, registros de precipitação e, conseqüentemente, com amplitudes térmicas mais amenas entre os diferentes horários de coleta de dados. Especificamente quanto à temperatura, a média mensal relativa a março é de

25,6°C, notadamente uma das menores médias entre os meses do ano em Porto Nacional, o que se caracteriza em função das chuvas comumente registradas neste mês (RAMOS, SANTOS e FORTES, 2009; SOUZA, 2011).

Sendo assim, os gradientes internos de temperatura urbana entre os pontos amostrais mantiveram-se relativamente baixos neste episódio, sobretudo naqueles dias com registro de alta nebulosidade e precipitação, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Maiores gradientes entre os pontos amostrais por horário (Episódio de março/2011).

Dias	Horários.			
	9h	15h	21h	Sistema Atm.
<b>21</b>	2,0	1,8	3,9	MTA (li)
<b>22</b>	2,5	1,7	0,9	MTA
<b>23</b>	0,4	0,9	0,7	MEC
<b>24</b>	1,4	1,0	1,7	MEC
Média	1,6 °C	1,4 °C	1,8 °C	-

Fonte: Coleta de dados realizada em setembro 2010.

O padrão referente às médias dos gradientes por horário manteve-se o mesmo do episódio anterior, ou seja, as maiores diferenças entre os pontos amostrais ocorreram no período da noite (21h, média de 1,8°C), reduzindo-se no horário da manhã (9h, média de 1,6°C) e, ainda mais, no horário da tarde (15h, com média de 1,4°C). Nos momentos de maior instabilidade, as diferenças alcançam resultados inferiores a 1°C, como retratados na Tabela 2. Tais resultados também confirmaram o esperado para um episódio com características chuvosas, de acordo com a literatura pesquisada, quando as ilhas de calor se reduzem em intensidade, podendo inclusive não se manifestar (GARTLAND, 2010).

Em termos espaciais, os gradientes de temperatura, especialmente aqueles verificados no primeiro episódio, mostraram relação com as características geográficas da área de estudo, confirmando o que havia sido preconizado, em termos de método, por Mendonça (2000) e por Monteiro (1990). Tal análise pode ser auxiliada pelo exame da Figura 14, que contém a representação do uso do solo na área urbana de Porto Nacional, referente ao mês de agosto de 2006, e pela Tabela 3, com as temperaturas médias obtidas em cada ponto amostral, por episódio.

Os valores mais elevados de temperatura do ar foram mensurados, em geral, junto ao ponto amostral 4 (UFT-Centro), o que fez com que a média das suas temperaturas fosse a mais alta entre os pontos, em ambos os episódios (34,4 e 27,2°C). Este ponto está localizado na parte central da cidade, a 239 metros de altitude e a menos de 1.000 metros da orla do reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães. Conforme pode ser observado no mapa, é nessa porção da cidade que se concentram as áreas construídas e as vias asfaltadas, assim como índices ligeiramente mais baixos de vegetação.

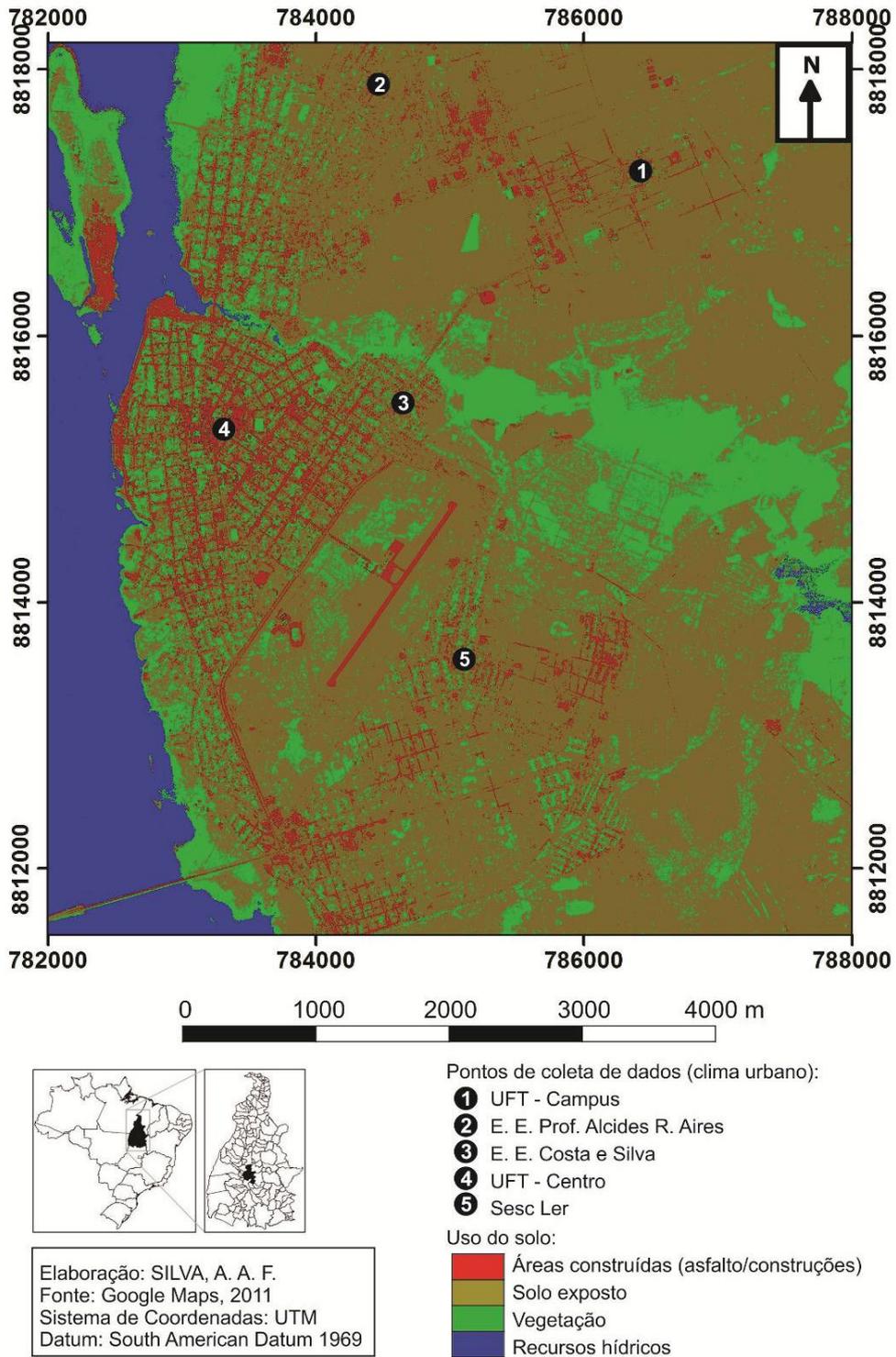


Figura 14 – Mapa de uso do solo de Porto Nacional (TO), em 2006.

Tabela 3. Temperaturas médias dos pontos amostrais, considerando-se as três leituras diárias (9, 15 e 21h), por episódio

Episódio 1 (set/2010)		Episódio 2 (mar/2011)	
Ponto amostral	Temp. média (°C)	Ponto amostral	Temp. média (°C)
4. UFT-Centro	34,4	4. UFT-Centro	27,2
5. SESC Ler	34,1	2. E. E. Prof. Alcides R. Aires	27,1
2. E. E. Prof. Alcides R. Aires	33,2	1.UFT-Campus	27,0
3. E. E. Costa e Silva	32,4	5. SESC Ler	26,7
1.UFT-Campus	32,3	3. E. E. Costa e Silva	26,6

Fonte: Coleta de dados realizada em setembro 2010.

Em função de congregar a maior parte do comércio e serviços, o centro é também a área com maior tráfego de veículos e pessoas, o que também pode contribuir para a elevação da sua temperatura. Com relação especificamente ao reservatório da UHE, é possível que haja algum efeito decorrente da evaporação da água, liberando calor latente na atmosfera, que passa a atingir especialmente os pontos mais próximos da orla. Porém, esse efeito se trata de uma hipótese não verificada no âmbito dessa pesquisa, devendo ser mais bem estudada.

Os pontos amostrais 1 (UFT-Campus) e 3 (E. E. Costa e Silva), mostraram-se como os mais frescos, respectivamente, no primeiro e no segundo episódios, segundo suas temperaturas médias. O ponto 1 está localizado no Campus Universitário da Universidade Federal do Tocantins, a 277 metros de altitude, em um setor da periferia urbana de Porto Nacional denominado Jardim dos Ipês. Conforme pode ser observado no mapa de uso do solo, trata-se de uma área distante cerca de 5 km do centro da cidade e da orla do reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães. O setor Jardim dos Ipês é um loteamento pouco ocupado, cujos terrenos têm sido objeto de especulação imobiliária nos últimos anos. Tais terrenos são, em geral, recobertos por vegetação rasteira ou por solo exposto, com árvores e arbustos esparsos, constituindo alvos frequentes de queimadas urbanas na época da estiagem. Todavia, no interior do Campus existe uma maior quantidade de espécies arbóreas e ajardinamento, o que contribui para reduzir ainda mais a influência urbana sobre as temperaturas registradas neste ponto, diminuindo sua média.

O ponto amostral 3 está localizado a 262 metros de altitude, próximo ao fundo de vale do ribeirão São João, que corta a cidade de leste para oeste, desaguardo no rio Tocantins (reservatório). Tal característica do terreno se alia à presença de vegetação ciliar, ainda que degradada, e à presença comum de vegetação nos quintais, contribuindo para que o local se apresente, em geral, com temperaturas mais amenas que o restante da cidade. Silva, Pinto e Souza (2010), em estudo exploratório sobre a percepção climática em Porto Nacional, já haviam indicado esse setor, denominado Jardim Querido, como aquele percebido pela população local como o mais fresco da cidade.

Por fim, os pontos 2 (E. E. Alcides R. Aires) e 5 (SESC Ler), respectivamente a 246 e a 283 metros de altitude, mostraram-se com características térmicas intermediárias aos demais pontos. Em ambos os casos, se trata de setores populares da cidade, mais efetivamente ocupados, com a maior parte das vias asfaltadas, porém com alguns pontos de vazios urbanos e vegetação arbórea normalmente restrita aos quintais.

Nesse sentido, é possível concluir que o subsistema termodinâmico da área urbana de Porto Nacional é condicionado por uma série de fatores, naturais e antrópicos, que favorecem, em maior ou em menor grau, a ocorrência das ilhas de calor. O tipo de tempo mostrou-se como aquele fator responsável pela manifestação e pelo controle de intensidade do fenômeno, sendo a atmosfera estável a primeira condição para que as ilhas de calor se apresentem com mais nitidez. Tal manifestação tende a ocorrer principalmente no início da noite, quando o calor acumulado pelas diferentes superfícies urbanas é transferido à atmosfera, em ritmo desigual, segundo os materiais onde se acumulou (concreto, asfalto, vegetação, água etc.). Já a configuração espacial das ilhas de calor e a diferenciação intraurbana da temperatura vinculam-se de modo mais destacado aos fatores geográficos da cidade, tais como o uso do solo e a topografia dos terrenos. Apesar do primeiro fator (tipo de tempo) não ser passível de controle humano, a paisagem da cidade constitui aspecto suscetível de intervenção, como objeto do planejamento e da gestão ambientais urbanos.

### **Considerações finais**

A realização deste trabalho permitiu verificar que, apesar de Porto Nacional constituir uma cidade de pequeno porte, já apresenta características de clima urbano e a ocorrência de ilhas de calor, assim como demonstrado por outros autores para centros urbanos de tamanho semelhante. Assim como demonstrado pelo referencial teórico, as ilhas de calor não se manifestam exclusivamente em metrópoles e em grandes cidades, o que está de acordo com os resultados aqui alcançados. Todavia, as ilhas de calor não se manifestam de modo contínuo no tempo, assim como não abrangem todo o espaço da cidade.

Desse modo, verificou-se que as maiores diferenças de temperatura intraurbana ocorrem em tipos de tempo estáveis, mais comuns no período de outono-inverno na área de estudo, principalmente sob a ação da Massa Tropical Atlântica. No período de primavera-verão, a presença de instabilidades atmosféricas, especialmente ligadas à Massa Tropical Atlântica e à Massa Equatorial Continental, favoreceu uma relativa homogeneidade das temperaturas na área urbana, denunciada pelas menores amplitudes entre os pontos. Contudo, as variações de temperatura não se vincularam de modo inequívoco a um ou outro sistema atmosférico em especial, mas às suas características gerais de estabilidade ou de instabilidade.

Em termos espaciais, independente do episódio considerado, verificaram-se na parte central da cidade as maiores temperaturas do conjunto analisado, em decorrência de suas características de localização, altitude, uso do solo e ocupação. O maior adensamento das edificações, o menor número de áreas verdes, a impermeabilização do solo por concreto e asfalto, a concentração de veículos automotores e uma cota altimétrica ligeiramente inferior parecem formar

um conjunto que conduz ao maior aquecimento dessa área. O contrário acontece em áreas periféricas da cidade, onde os vazios urbanos, a presença eventual de áreas verdes, o solo permeável e as cotas altimétricas um pouco mais elevadas contribuem para a ventilação, a menor absorção de calor ao longo do dia e a maior perda de calor no período da noite. O horário das 21h foi justamente aquele em as diferenças entre os pontos mais quentes e os mais frescos se intensificaram.

Os resultados reforçam, portanto, a relevância dos estudos sobre o clima das cidades no âmbito das atividades de planejamento ambiental urbano. A urbanização é capaz de alterar profundamente o subsistema termodinâmico das cidades ou, no mínimo, de acentuar possíveis gradientes naturais pré-existentes. Sendo assim, o presente trabalho oferece algum subsídio inicial para que maiores atenções sejam dadas ao campo térmico da cidade de Porto Nacional, área que já apresenta, naturalmente, temperaturas elevadas. Além das medidas usuais de arborização urbana e de manutenção/revitalização de áreas livres de uso público, outras iniciativas mostram-se fundamentais. O combate à especulação imobiliária, aparentemente desvinculado da questão climática urbana, pode favorecer a redução do preço dos terrenos e, conseqüentemente, o parcelamento de lotes maiores (devido ao menor preço do m<sup>2</sup>). Por sua vez, lotes maiores facilitam a arborização nos imóveis e a manutenção de áreas de solo permeável em seu interior.

Revisões na legislação municipal podem auxiliar por meio de parâmetros urbanísticos mais bem adaptados à realidade local e devidamente atrelados a um zoneamento eficiente. Logo, com a determinação adequada, no espaço dos imóveis, de taxas de ocupação, de índices de permeabilidade, de índices de áreas verdes, e de recuos e afastamentos, juntamente com políticas públicas de incentivo ao uso de padrões/materiais construtivos mais frescos, podem-se obter resultados altamente significativos em termos de melhoria da qualidade de vida urbana.

#### Referências

- ANDRADE, A. R.; ROSEGHINI, W. F. F.; MENDONÇA, F. A. Análise do campo térmico da cidade de Irati/PR: primeiros experimentos para a definição do clima urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v.6, n.6, 2010, p.57-77.
- CUADRAT, J. M. El mosaico climático del globo. In: CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. 5 ed. Madrid: Cátedra, 2009, p.343-386.
- GARCÍA, F. F. **Manual de Climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, 1996 (Colección Espacios y Sociedades, Serie Mayor, n.2).
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- IBGE (BRASIL). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo 2010 publicados no Diário Oficial da União do dia 04/11/2010**. 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br> Acesso em: 20 jul 2012.
- INPE (BRASIL). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Ajuda on-line do Spring**. São José dos Campos: INPE, 2012. Disponível em: <file:///C:/Program%20Files%20%28x86%29/Spring518Portuguesx86/helpport/indice.htm> Acesso em: 9 mar. 2012.
- LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP; IGCE; Departamento de Geologia Aplicada; Laboratório de Geomatemática, 2000 (Texto Didático 02).

- MENDONÇA, F. O Clima Urbano de cidade de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000, p. 167-192.
- \_\_\_\_\_. O estudo de Clima Urbano no Brasil. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003, p. 175 - 192.
- MINAKI, C. AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano em Guararapes/SP: episódios de verão e de inverno. **Geografia**, Rio Claro, v.32, n.2, mai./ago 2007, p.295-318.
- MONTEIRO, C. F. A. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976 (Série Teses e Monografias, n. 25).
- \_\_\_\_\_. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, 1º sem./1990, p.61-79.
- \_\_\_\_\_. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003, p. 9 - 67.
- PINTO, P. H. P.; SILVA, A. A. F.; SOUZA, L. B. Abordagem preliminar sobre a gênese e a dinâmica climática em Porto Nacional - TO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC; ABCLIMA, 2010. 1 CD, 12p.
- PINTO, P. H. P.; SOUZA, L. B. Os aspectos climáticos de Porto Nacional (TO) com base nas Normais Climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. In: SEMANA ACADÊMICA DE GEOGRAFIA, 11, 2010, Porto Nacional. **Anais...** Porto Nacional: UFT, 2010. 1 CD, p.141-153.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO NACIONAL. **Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Porto Nacional**. Porto Nacional: Prefeitura Municipal de Porto Nacional, [2007]. 1CD-ROM.
- RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (org.) **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009.
- SILVA, A. A. F.; PINTO, P. H. P.; SOUZA, L. B. A percepção dos moradores de Porto Nacional (TO) sobre aspectos da gênese e da dinâmica climática local. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC; ABCLIMA, 2010. 1 CD, 15p.
- SOUZA, L. B. Participação das massas de ar e suas repercussões em Porto Nacional (TO): o exemplo 2009/2012. In: MORAIS, F. (org.) **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011, p.179-197.
- VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: episódios de verão. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v.5, n.5, 2009, p.41-54.