

ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DO *CAMPUS I* DA UFPB COMO SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Anne Falcão de Freitas

Mestre da Universidade Federal da Paraíba
annefalcao@gmail.com

Joel Silva dos Santos

Prof. Dr. da Universidade Federal da Paraíba
joelgrafia.santos@mail.com

Rita Baltazar de Lima

Profa. Dra. da Universidade Federal da Paraíba
ritalima_ufpb@yahoo.com.br

Richarde Marques da Silva

Prof. Dr. da Universidade Federal da Paraíba
richardemarques@yahoo.com.br

RESUMO

As alterações ocorridas no sistema climático urbano são processos relacionados ao adensamento urbano e às diferentes formas de uso e cobertura do solo. Dessa forma, a sua compreensão torna-se imprescindível para o planejamento ambiental de áreas urbanas. Assim, este trabalho analisa o sistema microclimático urbano, (subsistema termodinâmico) da Universidade Federal da Paraíba, correlacionando com as suas diversas formas de uso e cobertura do solo. Para a realização da coleta de dados (temperatura e umidade relativa do ar) foram utilizados termohigrômetros, durante o período de estiagem (janeiro a março), em nove pontos representativos na malha intra-urbana da área de estudo. O nível de estresse térmico foi avaliado com base no índice de desconforto de Thom e classificado em faixas ajustadas por Santos (2011). Os tipos de cobertura de solo de cada ponto monitorado foram classificados em nove classes de acordo com a percentagem de vegetação, materiais permeáveis e impermeáveis utilizando métodos quantitativos e qualitativos. Os resultados demonstraram que as diferentes formas de uso e cobertura do solo têm alterado o campo térmico, e conseqüentemente o conforto térmico do espaço da área em estudo, assim como, a formação de ilha de calor urbana.

Palavras chaves: Clima Urbano; Campo Termodinâmico; Ilha de Calor Urbana.

MICROCLIMATE ANALYSIS OF *CAMPUS I* UFPB AS SUBSIDES TO ENVIRONMENTAL PLANNING

ABSTRACT

The changes occurred in the urban climate system are processes related to urban growth and the different forms of land use and cover. Thus, your understanding becomes indispensable for environmental planning of urban areas. Thus, the paper analysis the urban microclimate system (thermodynamic subsystem) at the Federal University of Paraíba, correlating with its various kinds of land use and cover. For the implementation of the data collection (temperature and relative humidity) thermo-hygrometers, during the drought period (January to March), in nine representative points in intra-urban network on the study area were used. The level of heat stress on the basis of Thom's Discomfort Index (IDT) and graded in bands adjusted by Santos (2011) was evaluated. The types of land cover for each point monitored into nine classes according to the percentage of vegetation, permeable and impermeable materials using quantitative and qualitative research methods were classified. The results showed that different types of ground cover and land use have altered the thermal field, and consequently the thermal comfort of the space within the study area as well the formation of urban heat island.

Keywords: Urban Climate; Thermodynamic Field; Urban Heat Island.

Recebido em 14/11/2014
Aprovado para publicação em 19/05/2015

INTRODUÇÃO

Um dos sistemas ambientais mais afetados é o atmosférico, principalmente no que diz respeito ao equilíbrio termodinâmico. Dessa forma, vários estudos têm sido realizados com essa temática e apontaram que problemas derivados da interação entre a sociedade e a natureza sempre marcaram os espaços de aglomeração humana, com transformações no microclima local, sendo evidenciado, variações na temperatura e umidade relativa do ar das cidades quando comparados aos espaços rurais (ROBAA, 2011; AMORIM, 2011; UGEDA e TRINDADE, 2011; FISCHER et al., 2012).

Para Oke et al. (1999); Duarte e Serra (2003); Santos et al. (2011; 2012) essas alterações estão relacionadas com o uso e ocupação desordenado do solo, ocasionado pelo crescimento da malha urbana, pelo adensamento de construções, supressão da vegetação natural e propriedades térmicas dos materiais artificiais das cidades o que causa diversos impactos como formação de ilhas de calor, desconforto térmico, entre outros.

Apesar de existirem uma gama de estudos sobre a influência do processo de urbanização sobre o microclima e sua repercussão no conforto térmico, ainda é deficiente a aplicação desses estudos ao planejamento e ordenamento das cidades, com vistas a desenvolver metodologias capazes de auxiliar na melhoria da qualidade ambiental urbana, devido à dificuldade de conscientizar a população sobre a sua relevância, principalmente os gestores públicos (ELIASSON, 2000).

Diante deste contexto, este estudo foi realizado no espaço intra-urbano do município de João Pessoa, mais especificamente no *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba, com o objetivo de analisar as alterações que ocorrem no campo térmico desse ambiente, tendo em vista que o mesmo vem passando por várias transformações no seu espaço geográfico, nos últimos anos, em função do aumento do número de cursos e conseqüente crescimento populacional da comunidade acadêmica, o que implica em maior artificialização do espaço (construção e impermeabilização), causando uma redução drástica das áreas naturais compostas por vegetação do Bioma Mata Atlântica. A hipótese da presente pesquisa supõe que as diferentes formas de uso e ocupação do solo, com o processo de artificialização do espaço intra-urbano do *Campus*, têm provocado alterações no seu campo térmico, gerando assim, desconforto térmico e a formação de ilha de calor urbana com implicações na qualidade de vida da população acadêmica.

O trabalho teve como meta auxiliar no planejamento ambiental do *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), de forma a contribuir para as ações políticas que promovam o equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade ambiental, com vistas ao ordenamento territorial do uso do solo da área do *Campus* e a conservação das áreas naturais, nas quais está inserido.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o espaço intra-urbano da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, *Campus I*, que está inserida no município de João Pessoa, Paraíba (Figura 1), entre as Coordenadas Geográficas 07°08'03" e 07° 08'58" de Latitude Sul e entre 34°50'13" e 34°51'06" de Longitude Oeste e altitude média de 33 metros e possui limites: ao Norte com o conjunto residencial do Bairro Castelo Branco, ao Sul com a Área de Preservação Permanente – APP do Vale do Riacho do Timbó, a Leste com terrenos do Estado e ao Oeste com o Resquício de Mata Atlântica, onde se localiza o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e o Jardim Botânico Benjamim Maranhão.

Quanto à característica climática da região pode perceber que a área de estudo permanece durante todo o ano dentro da influência dos ventos alísios de Sudeste. O clima predominante é tropical chuvoso (com classificação Am, segundo Köeppen) com verão seco e quente e úmido durante todo ano.

Os dados climáticos da região, no qual está inserida a área de estudo, revela que a temperatura máxima é de 31,0 °C, enquanto que a temperatura mínima não passa de 21,0 °C, com média climatológica de 26,0 °C compreendida entre os anos de 1983 e 2013. Quanto a precipitação, a região apresenta ocorrência de duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa (Figura 2).

Figura 1. Localização geográfica do município de João Pessoa-PB, no qual esta localizada a área de estudo.

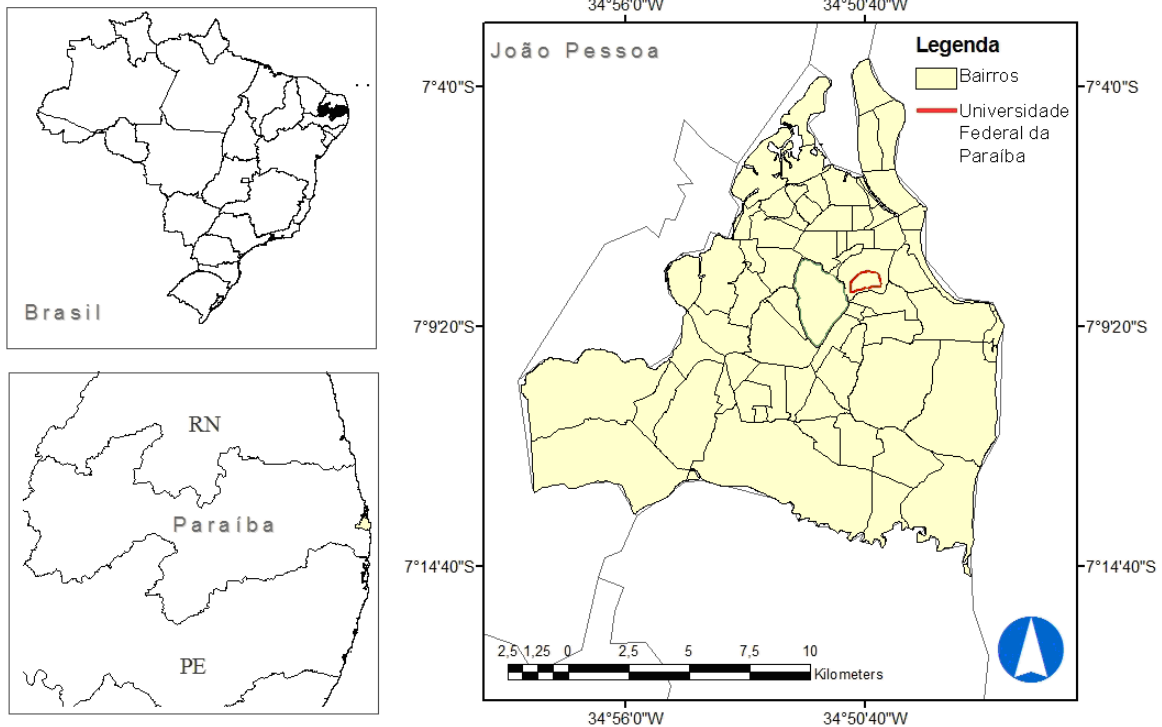
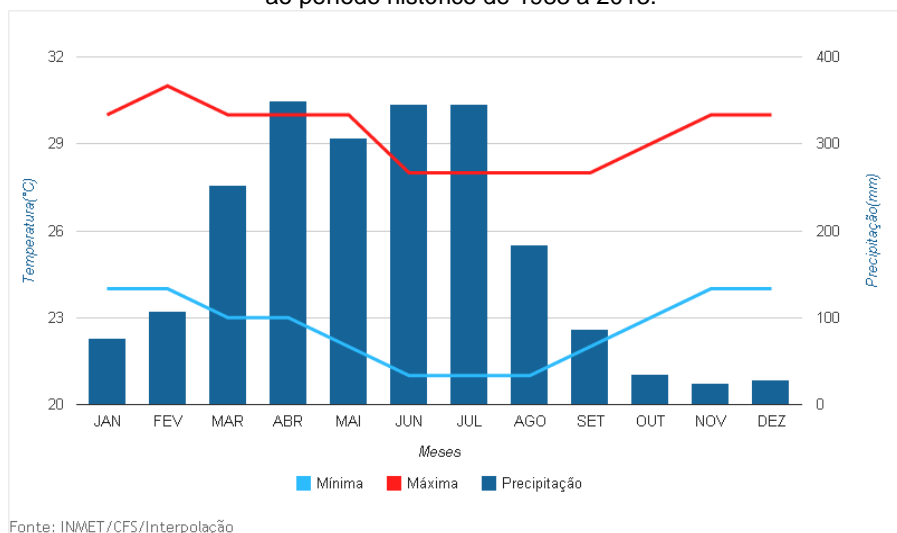


Figura 2. Histograma dos totais médios mensais de precipitação pluviométrica de João Pessoa, referente ao período histórico de 1983 a 2013.



Fonte: INMET (2014).

A insolação é relativamente elevada e a umidade relativa do ar média anual é de 80 % de maio a julho, atingindo o valor máximo no período correspondente a estação chuvosa; enquanto que no período mais seco a umidade relativa do ar cai para 68% (SANTOS et al., 2011).

A análise do clima urbano através de descrições físicas do espaço ocupado foi realizada com base na metodologia apresentada por Monteiro (1976); Katschner et al. (2002) e Costa (2007). O método consiste em medições *in loco* e na análise das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar. A partir disso, foram realizadas observações *in loco* para a caracterização da área de estudo, e de acordo, com as diferentes configurações da cobertura do solo foram selecionados nove pontos para o levantamento das variáveis (temperatura e umidade relativa do ar) (Figura 3). Para a coleta dos dados, foram instalados Data Loggers Hobo® U10-003 (Resolução: Temperatura: 0,1°C em 25,0°C e RH: 0,07% em 25,0°C),

programados para realizar medições em intervalos horários, os quais foram acondicionados em abrigos meteorológicos apoiados em tripé a uma altura aproximada de 1,5 metros do solo, em cada ponto (Figura 4). Posteriormente, cada ponto de coleta foi georreferenciado (Tabela 1).

Figura 3. Localização dos pontos de medições no espaço intra-urbano da Universidade Federal da Paraíba, *Campus I*.

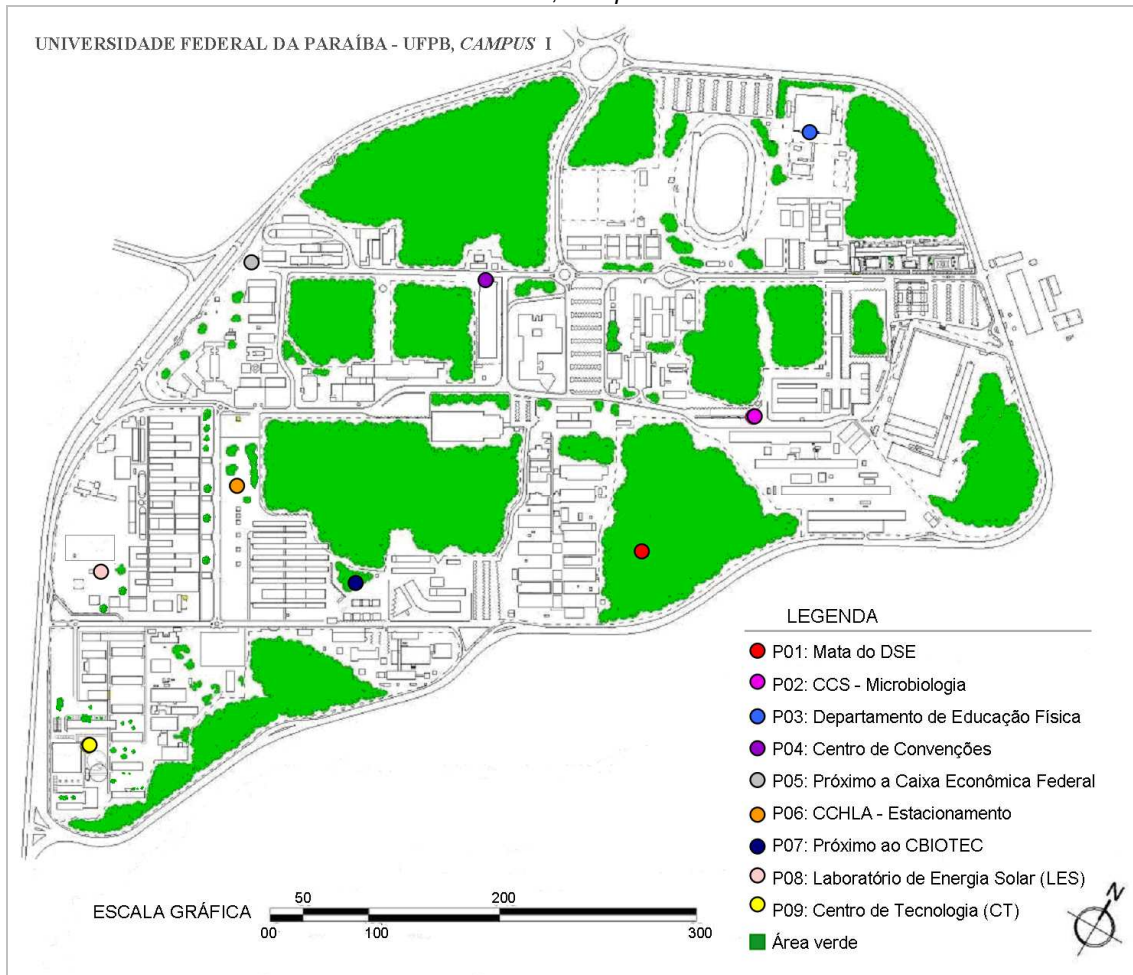


Figura 4. (A) Data Logger, e (B) Mini-abrigo apoiados no tripé.

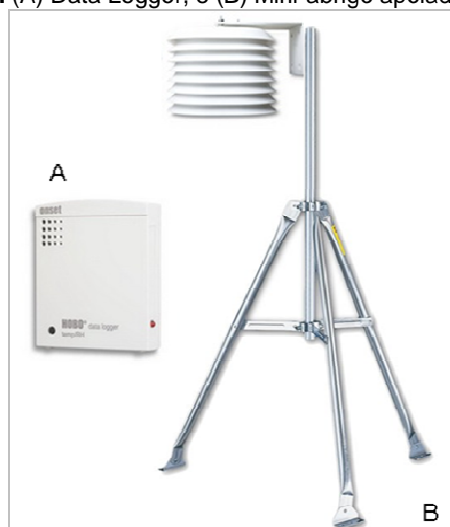


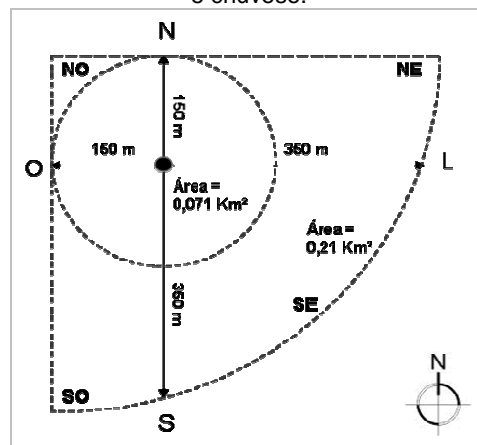
Tabela 1. Localização dos pontos experimentais em coordenadas geográficas.

Ponto	Localização dos pontos	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P01	Mata do DSE	-7°08'21,80"	-34°50'37,26"	23
P02	CCS – Microbiologia	-7°08'11,86"	-34°50'33,31"	50
P03	Departamento de Educação Física	-7°07'58,11"	-34°50'36,19"	55
P04	Centro de Convenções	-7°08'09,52"	-34°50'48,72"	39
P05	Caixa Econômica Federal	-7°08'11,49"	-34°51'00,16"	56
P06	CCHLA – Estacionamento	-7°08'22,43"	-34°50'58,06"	57
P07	Próximo ao CBiotech	-7°08'25,85"	-34°50'50,84"	38
P08	Laboratório de Energia Solar	-7°08'29,64"	-34°51'03,07"	56
P09	Centro de Tecnologia	-7°08'37,26"	-34°51'01,34"	49

A periodicidade para o levantamento dos dados compreendeu de janeiro a março de 2014, referente ao período de estiagem da região.

Para medição das variáveis em cada ponto do experimento, foi delimitada a unidade climática local com um raio de 150 m da localização do ponto de coleta, nas direções Norte e Oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350 m nas direções Leste e Sul, de maneira que se obtenha o valor total de 500 m que correspondesse à medida de 0,5 km (OKE, 2004). Este procedimento objetivo analisar a importância da ventilação como um elemento de controle climático para o campo térmico da área. Dessa forma, foi determinada a análise numa área total de 0,21 km² no entorno de cada ponto analisado, conforme detalhado na Figura 5.

Figura 5. Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: período seco e chuvoso.



Fonte: Costa, 2007.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo do *Campus I* da UFPB do ano de 2014 foi utilizada uma imagem georreferenciada com resolução espacial de 1 m do satélite Quick Bird (Digital Globe, 2014). As seguintes classes de uso e cobertura do solo nos pontos experimentais foram classificadas: (a) cobertura de amianto; (b) cobertura de amianto, (c) cobertura de cerâmica, (d) cobertura de concreto, (e) cobertura metálica, (f) corpo hídrico (piscina), (g) corpo hídrico (rio), (h) pavimento asfáltico, (i) solo exposto/vegetação herbácea, e (j) vegetação arbórea-arbustiva. O índice de cobertura do solo de cada unidade foi obtido pela contribuição percentual das seguintes classes de cobertura para a formação da área total de cada ponto experimental. O mapeamento, o cálculo das áreas de uso e cobertura do solo quanto e o índice de cobertura do solo foram obtidos mediante técnicas de Sistemas de Informações Geográficas, com o auxílio do *software* ArcGis®, licenciado para o Laboratório de Ensino, Pesquisa e Projetos em Análises Espaciais (LEPPAN), do Departamento de Geociências da UFPB.

Para medir o conforto térmico em áreas urbanas, um dos índices mais utilizados é o Índice de Desconforto Térmico (IDT), desenvolvido por Thom (1959), o qual estabelece uma relação entre a temperatura média e umidade relativa do ar com a finalidade de se obter resultados quanto ao conforto ou estresse experimentados em um ambiente físico modificado. Esse índice se constitui em uma ferramenta indispensável para o planejamento e ordenamento territorial dos centros urbanos, e pode ser obtido pela seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 \times UR)(T - 14,5) \quad (1)$$

sendo T a temperatura do ar (°C) e UR a umidade relativa do ar (%). Para a caracterização do nível de desconforto térmico, utilizou-se a classificação de Santos (2011), ajustada para condições tropicais, apresentada na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa.

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011).

A intensidade de ilha de calor (IC) urbana foi obtida pela diferença da temperatura do ar entre a área menos urbanizada e as mais urbanizadas (SILVA et al., 2010). Foi considerado como ponto de referência para o estabelecimento da intensidade de IC, o ponto P01 (Mata do DSE) localizado no fragmento de Mata Atlântica próximo ao Departamento de Sistemática e Ecologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as classes de uso e cobertura do solo dos nove pontos monitorados na área de estudo com seus respectivos valores. O Ponto P01, fragmento de Mata Atlântica conhecido como Mata do DSE, está localizado em uma Área de Proteção Ambiental (APA), inserido no Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Neste ponto a cobertura vegetal, em estágio de recuperação, é alta e densa representando 79,18% e, abaixo do dossel o solo é permeável, com cobertura de serrapilheira e areia; solo exposto/vegetação herbácea (10,05%) e edificações com um a dois pavimentos, impermeabilizados por concreto (7,14%) e cobertura cerâmica (0,71%) no seu entorno. Na sua área de abrangência, na parte externa do *Campus I*, encontra-se uma rua com pavimentação asfáltica (2,43%) e fluxo médio de veículos, localizada ao lado de outro fragmento de Mata Atlântica. Encontra-se situado, justamente na direção do vento (Sudeste). Essa área foi escolhida como ponto de referência em função de suas características naturais serem mais próximas de uma área rural, considerando-se as características da vegetação de grande porte e pouca interferência antrópica, quando comparado com os demais pontos (Figura 6).

Tabela 3. Classes de cobertura do solo das amostras experimentais (%), de acordo com o raio de 0,21 km².

Cobertura	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
Tipo I	0,01	3,00	0,30	0,14	4,19	14,14	6,90	11,05	2,80
Tipo II	0,71	0,14	6,50	2,00	4,10	0,52	1,62	1,43	2,45
Tipo III	7,14	21,71	23,5	28,29	24,43	25,29	16,71	27,52	18,80
Tipo IV	0,00	0,24	1,50	0,62	0,71	0,76	0,10	0,19	0,00
Tipo V	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Tipo VI	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tipo VII	2,43	9,86	8,0	9,14	12,81	2,14	3,10	12,33	11,50
Tipo VIII	10,05	8,95	20,1	10,38	8,38	10,76	11,67	21,14	17,10
Tipo IX	79,18	56,10	39,6	49,43	45,38	46,38	59,90	26,33	47,30

Legenda: Tipo I = Cobertura amianto; Tipo II = Cobertura de cerâmica, Tipo III = Cobertura de concreto, Tipo IV = metálica, Tipo V = Corpos hídrico (piscina), Tipo VI = Corpo hídrico (rio), Tipo VII = Pavimento asfáltico, Tipo VIII = Solo exposto/vegetação rasteira e Tipo IX = Vegetação arbórea-arbustiva.

O Ponto P02 fica situado no Centro de Ciências da Saúde (CCS), Departamento de Microbiologia, no qual se encontra edificações geralmente com dois pavimentos. Fica próximo de duas grandes áreas arborizadas, onde uma dessas áreas está na direção Sudeste (P01). Apresenta 56,10% de vegetação arbórea-arbustiva, concreto (21,71%), asfalto (9,86%), solo exposto/vegetação herbácea (8,95%), amianto (3,00%), metálica (0,24%) e cerâmica (0,14%) no seu entorno. Na direção Leste, em especial, se destaca pela impermeabilização (Figura 7 e Tabela 3).

Figura 6. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P01.

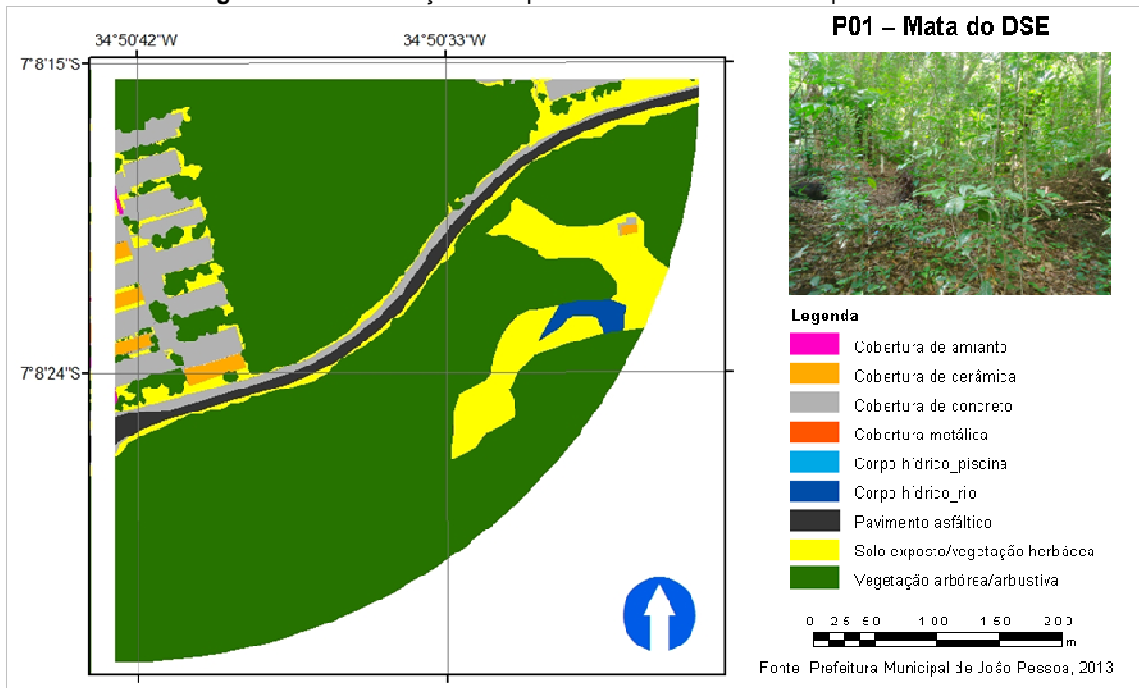
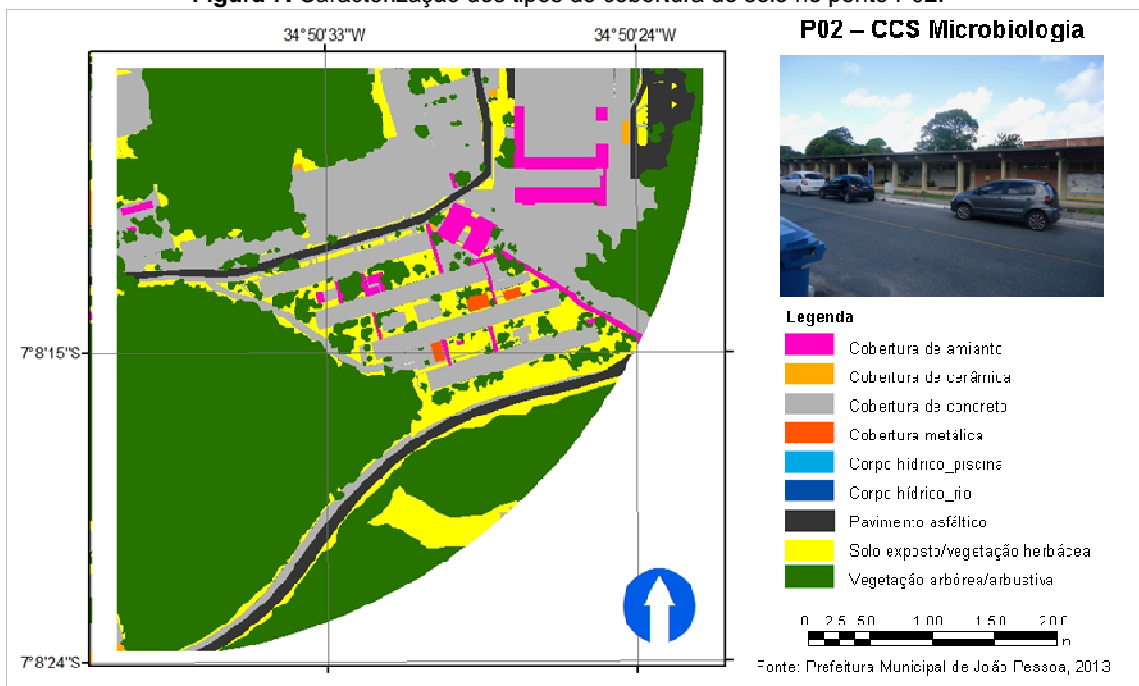


Figura 7. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P02.



O Ponto P03 está localizado no Departamento de Educação Física, também situado no Centro de Ciências da Saúde (CCS). É caracterizado por edificações de um a três pavimentos, bloqueando a ventilação de Sudeste e apresenta as seguintes classes de cobertura do solo: vegetação arbórea-arbustiva (39,60%), concreto (23,50%), solo exposto/vegetação herbácea (20,10%), cerâmica (6,50%), asfalto (8,00%), metálica (1,50%), corpo hídrico/piscina (0,50%) e amianto (0,30%) no seu entorno (Figura 8 e Tabela 3).

O Ponto P04 está inserido no Centro de Convenções, em frente a Reitoria, localizado no Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), com edificações de um a três pavimentos, com a presença das seguintes coberturas: vegetação arbórea-arbustiva (49,43%), cobertura de concreto com 28,29%, solo exposto/vegetação herbácea (10,38%), ruas com pavimento

asfáltico com 9,14%, cerâmica (2,00%), metálica (0,62%) e amianto (0,14%) no seu entorno (Figura 9 e Tabela 3). O Ponto P05 está localizado ao lado da Caixa Econômica, é caracterizado por edificações de um a três pavimentos e com predominância da cobertura do solo classificado em arbórea-arbustiva (45,38%), concreto (24,43%), seguido das classes asfalto (12,81%), solo exposto/vegetação herbácea (8,38%) e cobertura cerâmica (4,10%) no seu entorno (Figura 10, Tabela 3).

Figura 8. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P03.

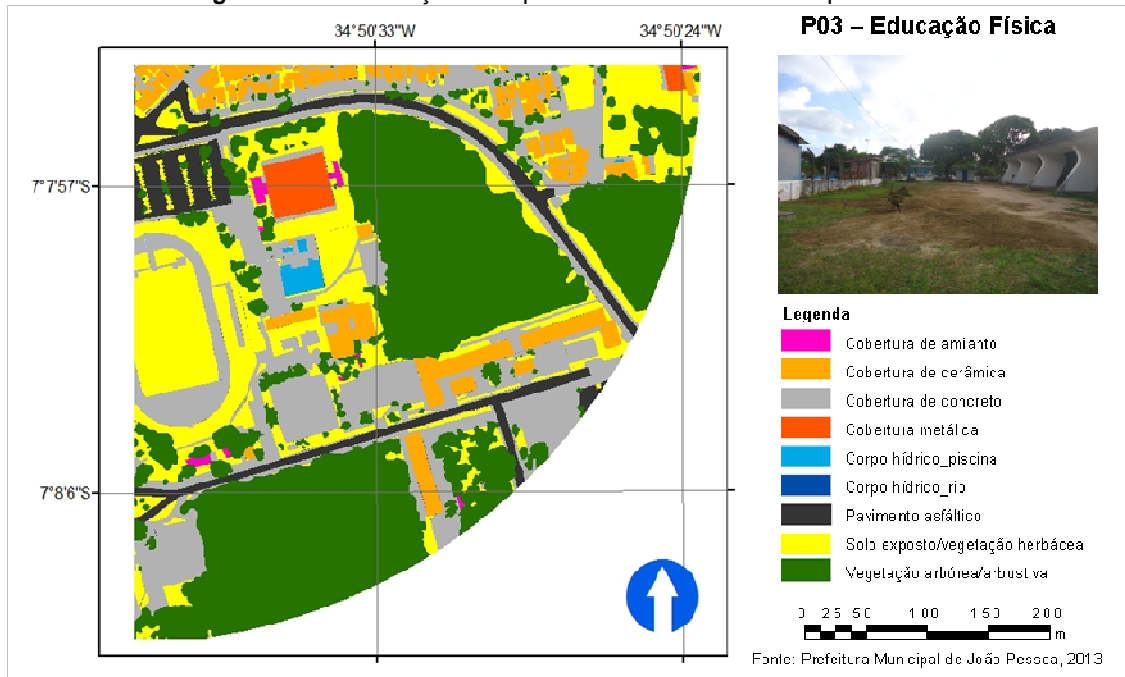
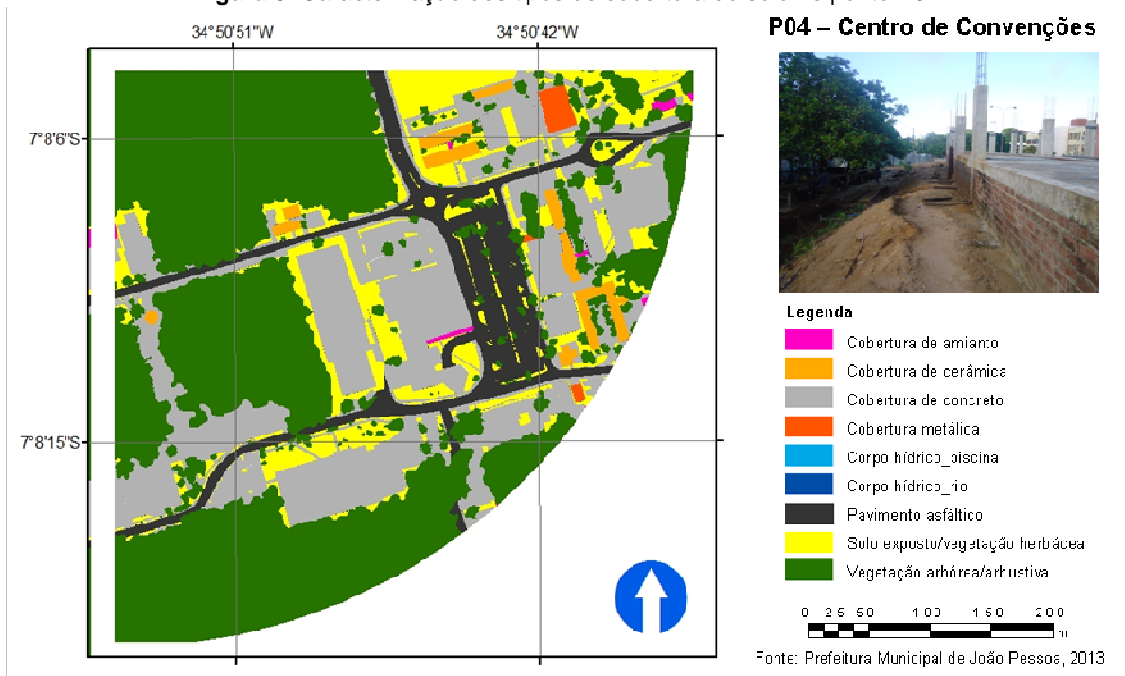


Figura 9. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P04.



O Ponto P06 está localizado no estacionamento do Centro de Ciências Humanas Letras e Artes (CCHLA) e é caracterizado por edificações geralmente com um pavimento, poucas possuem até três pavimentos. A coberturas presentes são: arbórea (46,38%), concreto

(25,29%), amianto (14,40%), solo exposto/vegetação herbácea (10,76%), pavimento asfáltico (2,14%), cobertura metálica (0,76%) e cobertura cerâmica (4,10%) (Figura 11 e Tabela 3).

Figura 10. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P05.

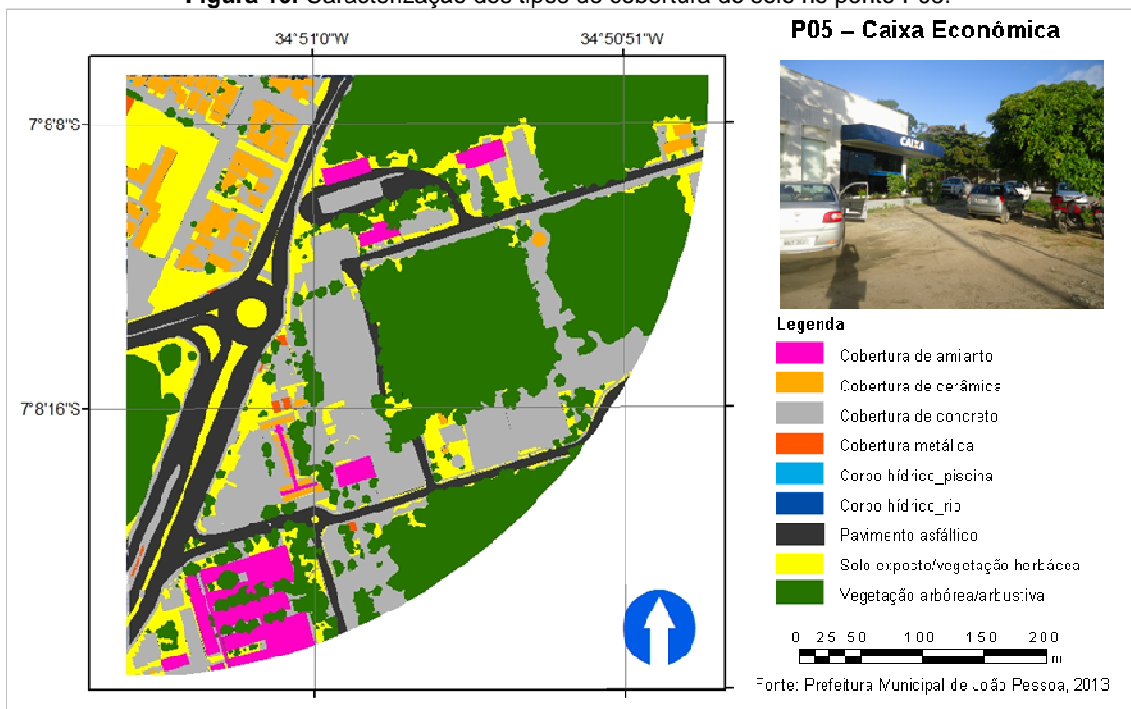
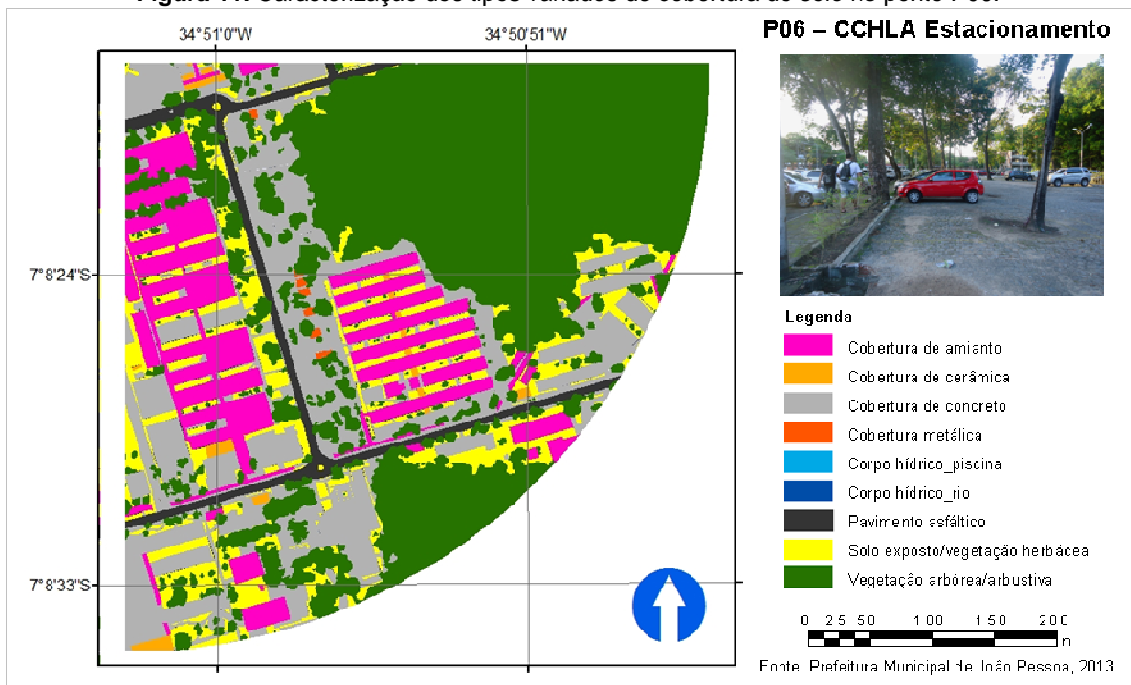
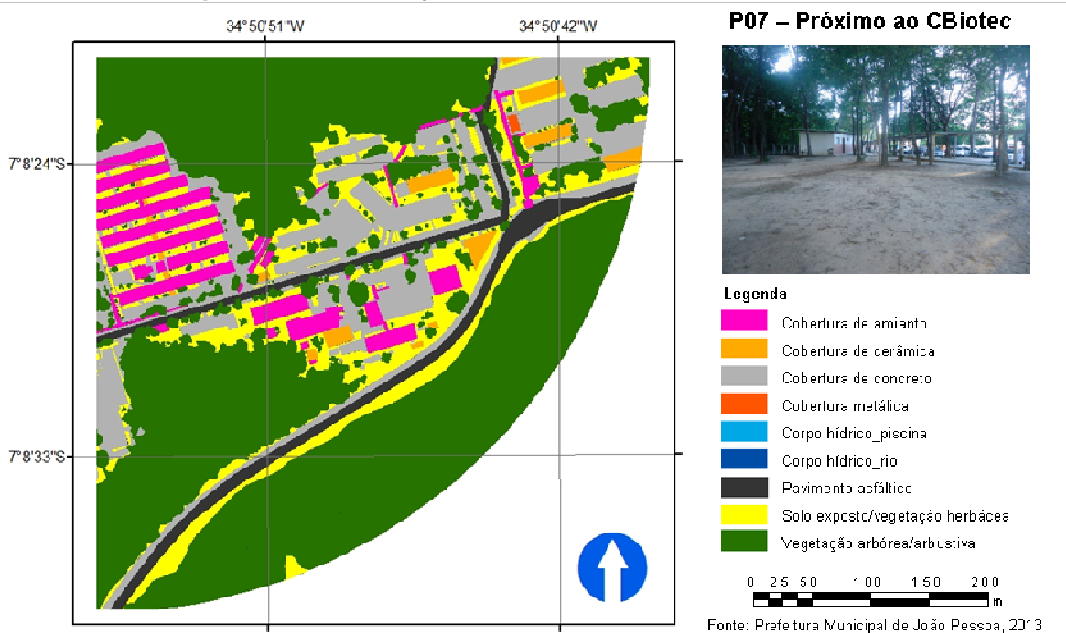


Figura 11. Caracterização dos tipos variados de cobertura do solo no ponto P06.



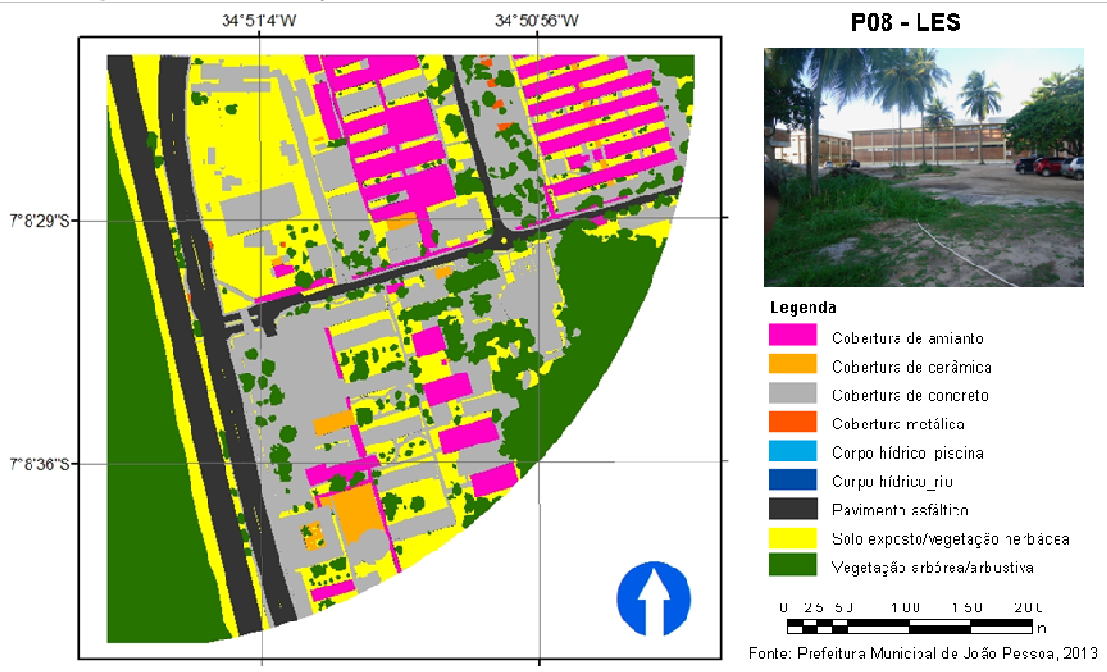
O Ponto P07 está localizado em frente ao Centro de Biotecnologia (CBiotec), sendo caracterizado por apresentar edificações com apenas um pavimento. O entorno desse ponto possui coberturas do tipo arbórea-arbustiva (59,90%), concreto (16,71%), solo exposto/vegetação herbácea (11,67%), amianto (6,90%), pavimento asfáltico (3,10%), cobertura cerâmica (1,62%) e cobertura metálica (0,10%) no seu entorno (Figura 12 e Tabela 3).

Figura 12. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P07.



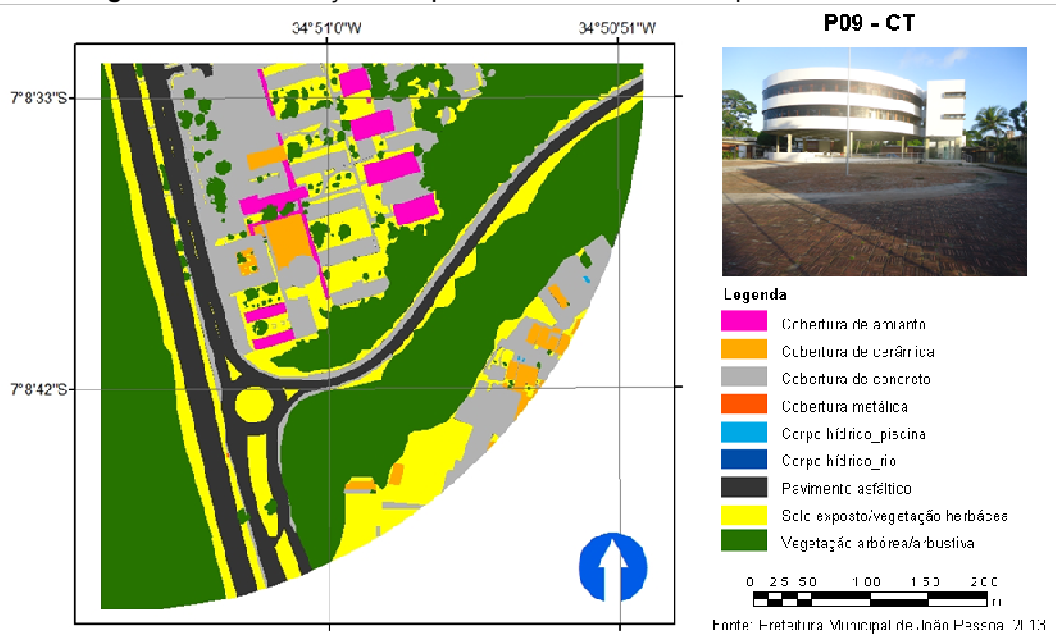
O Ponto P08 está localizado próximo ao Laboratório de Energia Solar (LES), é caracterizado por ter edificações de um a quatro pavimentos. O entorno desse ponto apresenta cobertura de solo do tipo arbórea-arbustiva (26,33%), concreto (27,52%), solo exposto/vegetação herbácea (21,14%), pavimento asfáltico (12,33%), amianto (11,05%), cobertura cerâmica (1,43%) e cobertura metálica (0,19%) no seu entorno (Figura 13, Tabela 3).

Figura 13. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P08 localizado no LES.



O Ponto P09 está localizado no Centro de Tecnologia (CT), e é caracterizado por ter edificações de um a três pavimentos. O entorno desse ponto apresenta a cobertura de solo do tipo arbórea-arbustiva (47,30%), concreto (18,80%), solo exposto/vegetação herbácea (17,10%), pavimento asfáltico (11,50%), amianto (2,80%), cobertura cerâmica (2,45%) e corpo hídrico/piscina (0,05%) no seu entorno (Figura 14 e Tabela 3).

Figura 14. Caracterização dos tipos de cobertura do solo no ponto P09 localizado no CT.



A caracterização física do uso e cobertura do solo dos pontos monitorados evidenciou a presença de setores com cobertura constituída por materiais impermeáveis, a exemplo de amianto, cerâmica, concreto, asfalto, cobertura metálica; e materiais permeáveis com solo exposto, gramíneas, vegetação arbórea, arbustiva e corpo hídrico – piscina. Os pontos P01 e P07 foram os que apresentaram as maiores taxas percentuais de cobertura vegetal com porte arbóreo/arbustivo. Essa classe de cobertura do solo determina melhores condições de térmicas com a presença da vegetação mitigando o calor gerado pelo ambiente urbano. Shashua-Bar et al. (2011) diagnosticou que as áreas permeáveis e bastante arborizada possuiu melhores temperaturas quando comparada com locais mais impermeabilizados e com ocorrência de poucas espécies vegetais.

Por outro lado, os pontos P03 e P08 apresentam menores taxas de vegetação arbórea-arbustiva e materiais de cobertura do solo com propriedades térmicas desfavoráveis às condições de conforto térmico (Tabela 3, Figura 6). Rovani et.al (2012) e Cohen et al. (2013) verificaram que os diferentes materiais impermeáveis, que revestem as amostras experimentais exercem influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis atmosféricas, que controlam o nível de estresse térmico ambiental. Dessa forma, esses materiais de recobrimento contribuem diretamente para alterações no campo térmico da área de estudo.

As classes classificadas com corpo hídrico V (piscina) e corpo hídrico VI (rio) apresentam efeito na umidificação do ar, sendo um fator relevante para conforto térmico, entretanto, a sua contribuição higrotérmica foi insignificante dentre os pontos analisados. Diferentemente do resultado obtido no estudo de Gomes e Lamberts (2009), no qual a Lagoa de Interlagos, em Montes Claros, Minas Gerais, contribuiu com o microclima local.

Os valores médios da temperatura do ar no ponto P01 (Mata do DSE) foram sempre inferiores àqueles dos demais pontos analisados. A vegetação exerceu papel significativo para a redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar, nos períodos analisados (Tabela 3, Figura 15-16). Esse efeito de resfriamento sobre a temperatura e umidade do ar está associado ao fenômeno da evapotranspiração (SAXENA, 2003) e sombreamento, por interceptarem o calor sensível e a radiação da onda longa, contribuindo para o balanço energético do ambiente, configurando, assim, em um importante instrumento para a amenização climática do meio urbano (SHASHUA-BAR, 2008; SHASHUA-BAR et al., 2009; SHASHUA-BAR et al., 2011).

A temperatura máxima em todos pontos analisados foram inferiores a 29,0 °C, exceto no ponto P03 no período de estiagem, que foi de 31,5 °C (Tabela 3, Figura 15-16), em face da alta concentração de materiais impermeáveis do tipo II (cobertura de cerâmica), III (cobertura de

concreto), IV (cobertura metálica) e VII (pavimento asfáltico) com respectivamente, 6,50%, 23,50%, 1,50% e 8,00% da área total (Tabela 6). Tais materiais contribuem para baixos valores de refletância solar, altos valores de condutividade térmica e capacidade calorífica, como observado por Schimitz e Mendonça (2011).

A análise dos dados revela ainda, que a variação média térmica entre os pontos monitorados foi de 0,7°C e 8,7% em relação à umidade relativa do ar, no período de estiagem (Tabela 3).

Quanto ao Índice de Desconforto Térmico (IDT), o ponto P01 (Mata do DSE) foi inferior aos demais pontos analisados, apresentando média de 25,6 °C e classificando como parcialmente confortável de acordo com a classificação proposta por Santos (2011). Por outro lado, o ponto P03 (Educação Física) apresentou maiores índices de desconforto térmico, com média de 27,5 °C, classificado como desconfortável, no período de estiagem (Tabela 3, Figura 15-16). Neste ponto também está relacionado com a geometria intra-urbana caracterizada por edificações que bloqueiam e atuam diminuindo a velocidade dos ventos alísios de Sudeste e com o uso e ocupação do solo, o qual apresenta materiais impermeáveis.

A variação média do IDT entre os pontos monitorados foi de 1,9 °C no período de estiagem (Tabela 4). A Figura 15 exhibe o curso temporal das médias diárias da temperatura do ar e umidade relativa durante o período do seco nos pontos monitorados.

Figura 15. Curso temporal das médias diárias da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e IDT (C).

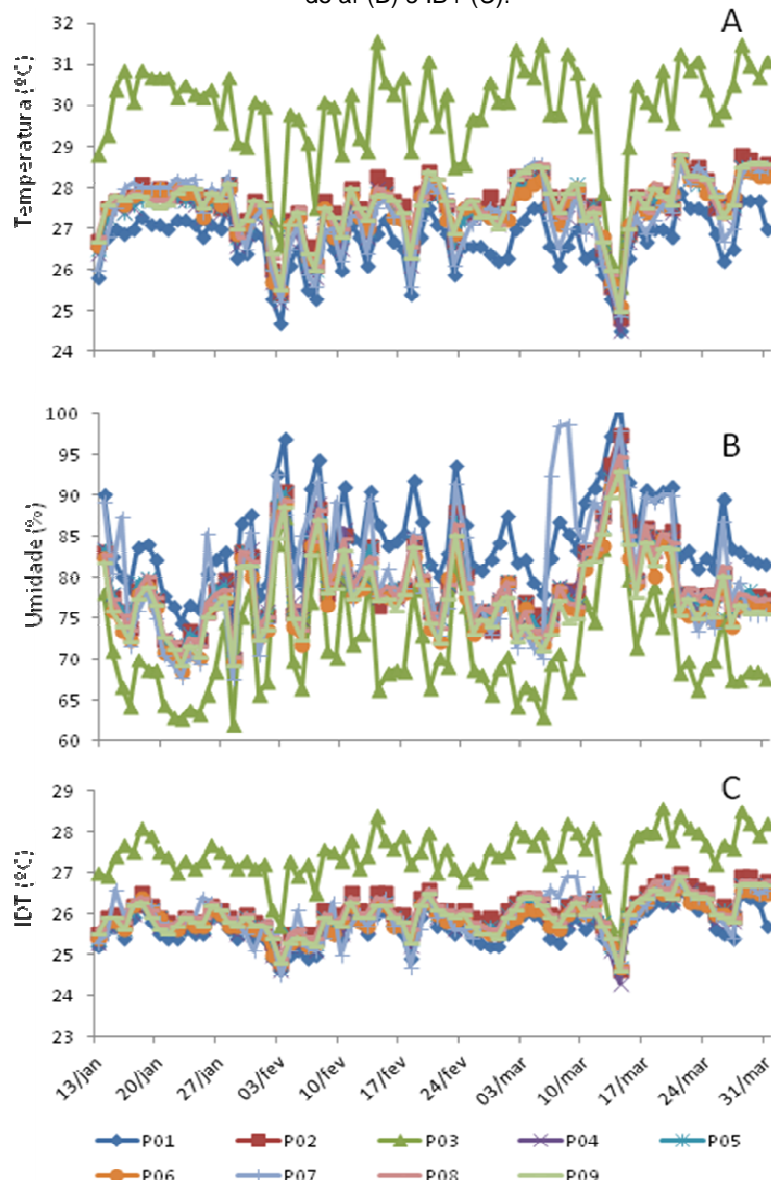
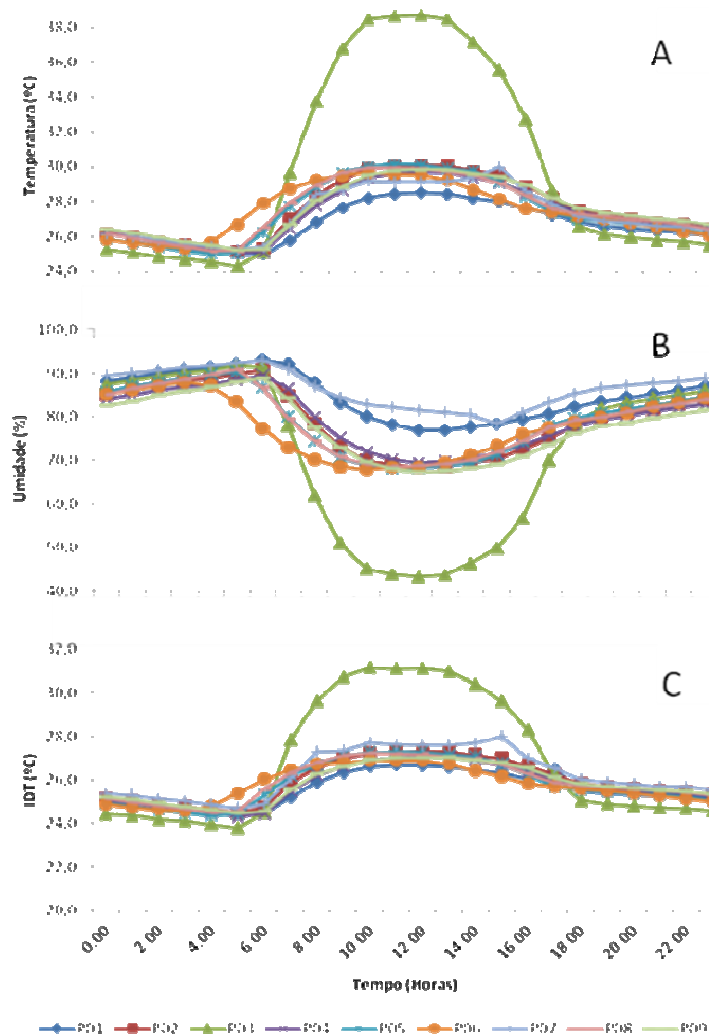


Tabela 4. Temperatura/umidade relativa e Índice de Thom dos pontos de coleta.

Pontos	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)			IDT (°C)
	Média	Máx	Mín	Média	Máx	Mín	
Período seco							
P01	26,2	27,9	24,5	86,7	100	73,3	25,6
P02	26,8	28,8	24,8	83,8	97,4	70,2	26,1
P03	26,6	31,5	25,6	78,0	94,0	62,0	27,5
P04	26,6	28,6	24,5	83,2	96,2	70,1	25,9
P05	26,8	28,6	25,0	82,2	93,7	70,6	25,9
P06	26,9	28,6	25,1	81,5	92,8	70,1	25,9
P07	26,8	28,6	24,9	84,0	98,7	69,2	25,9
P08	26,9	28,8	25,0	82,6	94,8	70,3	26,0
P09	26,9	28,8	25,0	81,2	93,0	69,3	25,9
Média	26,7	28,9	24,9	82,6	95,6	69,5	26,1

Quanto ao comportamento horário das variáveis microclimáticas dos pontos monitorados, as médias da temperatura do ar e o índice de conforto térmico foram mais baixas entre os horários das 18:00h (noite) e 06:00h (manhã) em face da ausência de incidência de radiação solar e redução da emissão de calor sensível emitido pela superfície. Após as 06:00h, a temperatura do ar começa a aumentar até atingir o máximo em torno das 11 h–14 h do ciclo diário, justamente quando ocorre a maior incidência de radiação solar e emissão de calor sensível. O aumento e redução da temperatura do ar são acompanhados respectivamente pela redução/aumento da umidade relativa (Figura 16). Esse comportamento também pode ser observado por Xavier et al. (2009) e Santos et al. (2011), em cidades tropicais.

Figura 16. Curso temporal das médias horárias da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B) e IDT (C).



A intensidade média da ilha de calor (IC) foi obtida pela diferença entre o ponto com menor temperatura do ar e considerado menos urbanizado (P01 – Mata do DSE) que foi condicionado pelo tipo de uso e ocupação do solo com vegetação e maior parte da área permeável, comparado com os pontos que apresentaram maiores temperaturas, por serem mais urbanizados (P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08 e P09). Logo, a maior intensidade da ilha de calor foi de 3,3 °C no P03, por outro lado, o ponto P04 e P07 apresentaram as menores intensidades, com 0,7 °C, havendo, portanto, uma diferença de 2,6 °C (Tabela 5). A intensidade da ilha de calor está diretamente correlacionada com a capacidade calorífica dos materiais artificiais que compõe o solo do espaço intra-urbano da UFPB *Campus I*, como telha metálica, asfalto e concreto, assim como, associado com a supressão da vegetação. Esses resultados corroboram com a pesquisa de Coltri et al. (2007) e Rocha et al. (2011), que afirmam que as áreas densamente edificadas e com maior impermeabilização do solo perderam menos calor, levando à formação de ilhas de calor mais intensas.

Tabela 5. Intensidade de Ilha de Calor (IC) (°C) médio de cada ponto analisado durante os períodos monitorados (de estiagem e chuvoso), no espaço intra-urbano da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) *Campus I*.

Pontos	IC (°C)
	Período de estiagem
P02	0,9
P03	3,3
P04	0,7
P05	0,8
P06	0,8
P07	0,7
P08	0,9
P09	0,9
Média	1,1

Quanto aos valores mínimos de IC eles ocorreram entre 00:00h (noite) às 7:00h (manhã), variando de 0,1 °C (P02, P04, P05, P06, P07 e P08) a 0,2 °C (P02, P04 e P09) e valores máximos entre 10:00h (manhã) e 14:00h (tarde), no qual o ponto P03 (Educação Física) apresentou maior intensidade da ilha de calor, com 3,2 °C (Tabela 6), por haver materiais impermeáveis, como cobertura metálica, concreto e cerâmica, os quais possuem baixa reflectância e emissividade térmica. Esses resultados estão de acordo com o ciclo de aquecimento e resfriamento, no qual no período da manhã há menor intensidade da radiação solar, enquanto de 10:00 h (manhã) às 14:00 h (tarde) os pontos recebem os maiores índices de insolação aquecendo rapidamente a superfície e o ar em contato. Diferentemente, do que foi encontrado por Balogun et al. (2012) em uma cidade da Nigéria, onde a intensidade da ilha de calor é mais proeminente à noite, pois as superfícies urbanas continuam a liberar calor e diminuem o arrefecimento nesse período.

Tabela 6. Intensidade da IC durante o período de estiagem no ano de 20114 no espaço intra-urbano da UFPB *Campus I*.

Pontos	Hora	Intensidade mínima da Ilha de Calor (°C)	Hora	Intensidade máxima da Ilha de Calor (°C)
P02	03:00	0,2	10:00	1,7
P03	06:00	0,1	12:00	3,2
P04	03:00	0,2	12:00	1,2
P05	00:00	0,1	10:00	1,8
P06	00:00	0,1	10:00	1,4
P07	07:00	0,1	14:00	1,2
P08	03:00	0,1	10:00	1,7
P09	05:00	0,2	13:00	1,4

Como pode perceber a dinâmica do microclima urbano é complexa estando relacionado com o ambiente externo (YAHIA e JOHANSSON, 2012). Com isso verifica-se que o processo de urbanização intensa no espaço intra-urbano do *Campus I* da UFPB tem reduzido drasticamente o percentual de área verde e contribuído para alterações no subsistema termodinâmica da área de estudo. Dessa forma, os resultados refletem em estresse térmico em algumas amostras experimentais, tendo em vista que a vegetação tem a capacidade de não apenas moderar a temperatura do ar através do sombreamento, mas, também, de reduzir a temperatura da

superfície através dos fluxos evaporativos e os materiais de revestimento impermeáveis teria o efeito de absorver o calor. Como diagnosticado por Shashua-Bar et al. (2009), Abreu e Labaki (2010), Martini et al. (2013) e Müller et al. (2013) a vegetação com o porte arbóreo contribui substancialmente para conforto térmico humano, pois, quando situadas em áreas urbanas, interceptam o calor sensível e a radiação da onda longa e realizam a evapotranspiração, contribuindo para o balanço energético do ambiente, configurando, assim, em um importante instrumento para a amenização climática do meio urbano, em todas as estações do ano. Ressalta-se ainda que os diversos parâmetros da urbanização, como orientação das edificações, densidade construída e albedo dos materiais da construção civil alteram fortemente as condições térmicas em climas quentes e úmidos (ANDREOU e AXARLI, 2012; ABREU-HARBICH et al., 2014). Destaca-se também que densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas influenciam nas variáveis microclimáticas devido a quantidade de radiação solar recebida, e conseqüentemente na sensação de conforto térmico da população (DALMAN et al., 2011; THORSSON et al., 2011; SHISHEGAR, 2013).

Em regiões tropicais quanto mais adensado e verticalizado o espaço urbano, há incremento na temperatura e redução da umidade, pois os materiais impermeáveis absorverem e mantêm o calor deixando a térmica local desfavorável ao conforto (VILELA et al., 2009; MARTINS et al., 2012). Como pode ser observado neste estudo, há correlação dos materiais impermeáveis com o aumento da temperatura, do IDT e diminuição da umidade. Verifica-se também que as características morfológicas do entorno do ponto (P03) atua como rugosidade diminuindo a velocidade dos ventos alísios de Sudeste e impedindo dissipação do calor. Giannaros e Melas (2012) afirmaram que a velocidade do vento é importante na redução significativa da temperatura. Duarte (2010) em pesquisa realizada no bairro de Manaíra, em João Pessoa, PB, correlacionou à morfologia desse recorte urbano com a temperatura, umidade e velocidade dos ventos e os seus resultados reforçaram a importância da ventilação na atenuação da temperatura, assim como, chamou a atenção para as políticas públicas de manutenção no processo de organização do crescimento urbano e de preservação ambiental, reafirmando a necessidade de revisão dos instrumentos básicos de gerenciamento urbano como o Plano Diretor e o Código de Urbanismo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diferença na média da temperatura do espaço intra-urbano do *Campus I* da UFPB oscilou em torno de 0,7°C entre os pontos monitorados e as temperaturas mais elevadas ocorreram sempre entre às 10:00 e 14:00 horas, enquanto que as mínimas ocorrerem nas primeiras horas do período diurno.

A variação média da umidade relativa do ar foi de 8,7%, estando diretamente relacionada ao percentual de cobertura vegetal, que exerce um papel preponderante para a manutenção das baixas temperaturas e as condições de conforto térmico local.

O nível de conforto térmico é influenciado principalmente pelas condições microclimáticas que estão diretamente relacionadas com as características físicas das amostras experimentais. Os resultados apresentados indicam que as temperaturas do ar do ponto de referência (P01 – Mata do DSE), no geral, são relativamente menores do que as temperaturas médias dos outros pontos monitorados destacando o papel da cobertura vegetal para a amenização climática de áreas urbanas.

A formação da ilha de calor urbana na área de estudo apresenta estreita relação com a morfologia urbana e os materiais constituintes do revestimento do solo. A maior IC foi encontrada no ponto P03 e apresentou intensidade média de 3,3 °C.

Os resultados obtidos com a pesquisa realizada são relevante por permitir a identificação de microclimas e explicar sua dinâmica e complexidade, fornecendo dados de extremo valor para o planejamento territorial e a gestão ambiental do *Campus I* da UFPB, contribuindo assim, para elevar as condições ideais de conforto térmico e qualidade ambiental para a população local.

REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L.V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimatic in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical Applied Climatology**, v.115, p. 333-340, 2014.

ABREU, L.V.; LABAKI, L.C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através dos diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**. v. 10, n. 4, p. 103-117, 2010.

AMORIM, R.P.L. **Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido**. Dissertação, Universidade de Federal da Paraíba. UFPB. João Pessoa, 2011. 93 p.

ANDREOU, E. e AXARLI, K. Investigation of urban canyon microclimate in traditional and contemporary environment. Experimental investigation and parametric analysis. **Renewable Energy**. v. 43, p. 354-363, 2012.

BALOGUN, I.A.; BALOGUN, A.A.; ADEYEWA, Z.D. Observed urban heat island characteristics in Akure, Nigeria. **African Journal of Environment Science and Technology**. v. 6, n. 1, p. 1-8, 2012.

COLTRI, P.P.; MACEDO, C.; VELASCO, G.D.N.; FERREIRA, N.J.; FREITAS, S. Influência do Uso e Cobertura do Solo nas Ilhas de Calor Local e Regional no Município de Piracicaba, São Paulo. **Anais...** Natal: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 639-646, 2007.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. **Applied Geography**. v. 37, p. 1-10, 2013.

COSTA, A.D.L. **O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas, 2007, 242p.

DALMAN, M.; SALLEH, E.; SAPIAN, A.R.; TAHIR, O. M.; DOLA, K.; SAADATIAN, O. Microclimante and thermal comfort of urban forms and canyons in traditional and modern residential fabrics in Bandar Abbas, Iran. **Modern Applied Science**. v. 5, n. 2, p. 43-56, 2011.

DIGITAL GLOBE. Quick Bird imagery products – products guide. [http:// www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com). Acessado em 5/10/2014.

DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente construído**, v. 3, n. 2, p. 7-20, 2003.

DUARTE, M.L.F. Comportamento microclimático urbano: estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa – PB. Dissertação, Universidade de Federal da Paraíba. UFPB. João Pessoa, 2010. 213 p.

ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. **Landscape and Urban Planning**. v. 48, n.1, p. 31-44, 2000.

FISCHER, E. M.; OLESON, K. W.; LAWRENCE, D. M. Contrasting urban and rural heat stress reponses to climate change. **Geophysical Research Letters**. v. 39, n.1, p. 1-8, 2012.

GIANNAROS, T.M.; MELAS, D. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. **Atmospheric Research**. v. 118, p. 103-120, 2012.

GOMES, P.S.; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG. **Ambiente Construído**. v. 9, n. 1, p. 73-91, 2009.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; ROTTEGEN, M. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. **Anais...** Internacional Conference on Passive and Low Energy Architecture, p. 411-415, 2002.

MARTINI, A.; BIONDI, B.; BATISTA, A.C.; ZAMPRONI, K.A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização das ruas de Curitiba. **Scientia Plena**. v. 9, n. 5, p. 1-9, 2013.

MARTINS, T.; ADOLPHE, L.; KRAUSE, C. Microclimate effects of urban geometry on outdoor thermal comfort in the Brazilian tropical semi-arid climate. In: Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima, 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. USP. São Paulo, 1976. 236p.

- MÜLLER, N.; KUTTLER, W.; BARLAG, A. B. Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. **Theoretical Applied Climatology**, v. 115, p. 243-257, 2013.
- OKE, T.R.; SPRONKEN-SMITH, R.A.; JÁUREGUI, E.; GRIMMOND, C.S.B. The energy balance of I México City during the dry season. **Atmospheric Environment**, p. 3919-3930, 1999.
- OKE, T.R. 2004. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report, TD. in press, World Meteorological Organization, Geneva.
- ROBAA, S.M. Effect of Urbanization and Industrialization Processes on Outdoor Thermal Human Comfort in Egypt. **Atmospheric and Climate Sciences**, v.1, n.1, p. 100-112, 2011.
- ROCHA, L.M.V.; SOUZA, L.C.L.; CASTILHO, F.J.V. Ocupação do solo e ilha de calor noturnas em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 161-175, 2011.
- ROVANI, F.F.M.; RODRIGUES, E. C.; SARTORI, M. G. B.; CASSOL, R. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em um dia sob domínio da massa polar velha ou modificada na primavera. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 8, p. 21-29, 2012.
- SANTOS, J.S. Campo térmico urbano e a sua relação com uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Tese Doutorado, Universidade de Federal de Campina Grande. UFCG. Campina Grande, 2011. 108 p.
- SANTOS, J.S.; SILVA, V.P.R.; ARAUJO, L.E.; LIMA, E.R.V.; COSTA, A.D.L. Análise das condições do conforto térmico em ambiente urbano: estudo de caso em *Campus* universitário. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 336-353, 2011.
- SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; SILVA, E. R.; ARAÚJO, L. E.; COSTA, A. D. L. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 540-557, 2012.
- SAXENA, M. Microclimate modification: calculating the effect of trees on air temperature. In: Proceedings of the Annual Conference of the American Solar Energy Society (ASES). American Solar Energy Society, 2003.
- SCHIMITZ, L.K. e MENDONÇA, F. Reestruturação urbana e conforto térmico: cenários de modelização em Curitiba-PR após a copa 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 8, p. 61-81, 2011.
- SHASHUA-BAR, L.; ERELL, E.; PEARLMUTTER, D. The cooling effect and water use efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, **Anais...** Dublin, Irlanda, 2008.
- SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, p.179-186, 2009.
- SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The influence of threes and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 1498-1506, 2011.
- SHISHEGAR, N. Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. **Journal of Clean Energy Technologies**, v. 1, n. 1, p. 52-56, 2013.
- SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; BRITO, R.S.; Campos, J.H.B.C. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring Assessment**. v. 161, n. 1-4, p. 45-59, 2010.
- THOM, E. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n.1, p. 57-60, 1959.
- THORSSON, S.; LINDEBERG, F.; BJORKLUND, J.; HOLMER, B.; RAYNER, D. Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due climate change: the influence of urban geometry. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 324-335, 2011.
- UGEDA, J.C. e TRINDADE, M.C.C.A. Clima urbano em Jales/SP: Análise do campo térmico e higtotérmico para os meses de janeiro a julho de 2010. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, p. 82-104, 2011.

VILELA, A.J.; ASSIS, E.S.; PAIVA, J.E.M. Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognóstico para a região do Bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG. **Anais...** X Encontro Nacional e VIII Encontro Latino Americano de Conforto Ambiental Construído, 2009.

XAVIER, A.L.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MAITELLI, G. T.; OLIVEIRA, A. G.; OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S. Variação da temperatura e umidade entre áreas urbanas de Cuiabá. **Engenharia Ambiental**. v. 6, n. 1, p. 82-93, 2009.

YAHIA, M.Y. e JOHANSSON, E. Urban microclimate and thermal comfort in outdoor spaces in hot dry Damascus. **Anais...** International Conference on Urban Climates, 2012.

