



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Ilhas de Calor: Importância da Vegetação na Amenização Climática em João Pessoa/PB

Maria Izabelly Lima Bezerra¹, Joel Silva dos Santos², Ávilla Pessoa Aguiar³

¹ Estudante do curso de Ecologia pela UFPB\Campus IV\Rio Tinto\Paraíba\Brasil – izabellylima@hotmail.com ; ² Professor Adjunto da UFPB\Campus IV\Rio Tinto\Paraíba\Brasil - joelgrafia.santos@gmail.com; ³Estudante do curso de Ecologia pela UFPB\Campus IV\Rio Tinto\Paraíba\Brasil – avillapessoa@hotmail.com

Artigo recebido em 12/06/2013 e aceito em 27/06/2013

RESUMO

O crescimento desordenado das cidades associado às diversas formas de uso e cobertura do solo tem comprometido cada vez mais os espaços verdes das áreas urbanas, gerando assim, uma série de impactos ambientais no campo térmico desses ambientes como o aumento de temperatura, redução da umidade relativa do ar, desconforto térmico e a formação das ilhas de calor urbana. Sendo assim, é diante deste contexto que este trabalho se insere, como o objetivo principal de verificar as variações da temperatura e umidade relativa do ar e a formação de ilha de calor urbana entre duas áreas representativas de condições microclimáticas diferenciadas dentro do espaço intra-urbano da cidade de João Pessoa/PB: A Mata do Buraquinho e a estação meteorológica do INMET localizada às margens da BR 230. Para a realização da pesquisa foram utilizados dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar da Estação Meteorológica do INMET e do ponto localizado na Mata do Buraquinho. Os dados foram adquiridos através da série climatológica do INMET e do uso de termo-higrometro instalado na Mata do Buraquinho durante o período de monitoramento. Os resultados da pesquisa revelam que a cobertura vegetal exerce papel imprescindível na amenização climática local, influenciando diretamente nas condições de conforto térmico local e na formação de ilha de calor urbana.

Palavras chaves: Clima Urbano, Campo Térmico, Ilha de Calor, Ilha de Calor Urbano.

Heat Islands: The Importance of Vegetation in Climate Softening in João Pessoa \PB

ABSTRACT

The unplanned growth of cities associated with various forms of use and land cover has committed more and more green spaces in urban areas, thus generating a series of environmental impacts on thermal field environments such as temperature rise, reducing the relative humidity air, thermal discomfort and the formation of urban heat islands. Thus, it is within this context that this work fits as the main objective of verifying the variations of temperature and relative humidity and the formation of urban heat island between two areas representing different microclimatic conditions within the intra-city urban João Pessoa \ PB: the Buraquinho Forest INMET weather station located along the BR 230. For the research were used meteorological data of temperature and relative humidity Weather Station INMET and point located at the Buraquinho Forest. Data were acquired through the series of climatological INMET and the use of thermo-hygrometer installed in the Buraquinho Forest during the monitoring period. The survey results show that vegetation plays a key role in ameliorating local climate, directly influencing the local thermal comfort conditions and the formation of urban heat island.

Keywords: Urban Climate, Field Thermal, Heat Island, Urban Heat Island.

* E-mail para correspondência:
izabellylima@hotmail.com (Bezerra, M. I. L).

Introdução

1.1 Compreendendo o Sistema Clima Urbano

Com o processo de Revolução industrial a poluição passou a ser vista com um dos grandes males do processo do desenvolvimento, pois o meio natural foi pouco a pouco dando lugar a um ambiente transformado, produzido pela sociedade moderna. Após a Revolução Industrial, em virtude da degradação dos recursos naturais e da qualidade de vida das populações, a sociedade começa a ter uma preocupação maior com o meio ambiente, criando assim, a necessidade de estudos cada vez mais detalhados sobre a qualidade do ar e o clima urbano. Dessa forma, iniciam-se as preocupações com a formação das ilhas de calor e o desconforto térmico nessas áreas.

Mendonça (2001) aponta que no período pós-Revolução Industrial houve modificações significantes na dinâmica do clima de várias cidades no mundo, devido ao processo de urbanização e concentração de poluentes. Até a II Guerra Mundial os problemas ambientais urbanos estavam reduzidos a um conjunto de países industrializados do mundo, pois neles se concentrava grande parte das metrópoles e das regiões industriais. Após a segunda Guerra Mundial, ocorreu um crescimento das áreas metropolitanas e o aumento da industrialização. A partir daí, intensificaram-se os estudos sobre clima urbano, tornando evidente a poluição da atmosfera das cidades

e formação de ilhas de calor e desconforto térmico nesses ambientes.

É partir do final da década de 60 e início dos anos 70, que ocorre uma proliferação de trabalhos realizados em diversas cidades do planeta a respeito da temática clima urbano. Isso se deu provavelmente em função do aumento da poluição ambiental e a crescente consciência ecológica mundial que se preocupava com a qualidade de vida nos grandes centros urbanos (Assis, 1990).

A formação do clima urbano está atrelado diretamente às diversas formas de uso e cobertura do solo, bem como, ao calor antropogênico emitido pelas chaminés das fábricas e os veículos. Tais fatores alteram diretamente o balanço de energia e os elementos climáticos temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e direção dos ventos nas áreas urbanas. Houg (1998) destaca que nas cidades o ganho de calor pode ser potencializado pelas construções e transformações que ocorrem no ambiente natural. À medida que a cidade se verticaliza e se adensa, ocorrem transformações que podem repercutir negativamente no balanço energético alterando o clima local.

Dessa forma, o clima urbano é compreendido como um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização (Mascaró, 1996), ou seja, é o resultado da ação antrópica junto com os aspectos geoambientais do sítio urbano,

variando quanto às dimensões do espaço geográfico/atmosférico e quanto ao dinamismo das atividades desenvolvidas pelos homens nas cidades (Oliveira, 1998). Os principais fatores que determinam a formação do clima urbano são: a diferença de materiais e a maior rugosidade aerodinâmica das áreas construídas no meio ambiente urbano, em contraste com o ambiente que mais se aproxima do ambiente natural; a grande quantidade de energia calorífica lançada na atmosfera da cidade, oriunda dos sistemas de calefação e refrigeração das fábricas e dos automóveis (Houng, 1998). Tais fatores conjugados têm contribuído significativamente para alterar o campo termodinâmico dos centros urbanos e intensificado a formação das ilhas de calor e desconforto térmico.

1.2 A formação da ilha de calor urbana

O termo Ilhas de Calor Urbano (ICU) refere-se a uma anomalia térmica em que a temperatura nas áreas mais antropizadas, geralmente nos centros das grandes cidades, é maior que nas áreas rurais ao lado (Lombardo, 1985). Essa anomalia climática ocorre devido à junção de diversos fatores como a poluição atmosférica, alta densidade demográfica, pavimentação e diminuição da área verde, construção de prédios dificultando a passagem do vento, grande quantidade de veículos e outros fatores que contribuem para o aumento da retenção de calor na superfície. Ela é influenciada principalmente pela rugosidade e pela liberação de calor

antropogênico da cidade. De forma geral, as áreas comerciais, industriais e de alta densidade de áreas impermeáveis formam picos na ICU, enquanto parques, áreas abertas e lagos formam os vales da ICU (Oke, 1987). O desenvolvimento de uma ilha de calor urbano é caracterizado por vários fatores, dentre os principais, destacam-se a caracterização da cidade (corpos d'água, natureza do solo, vegetação, uso do solo, arquitetura, os materiais de construção e fontes antropogênicas), localização geográfica, topografia, climatologia urbana, sazonalidade e condições sinóticas do tempo (Oke, 1982). A energia tende a se concentrar nos aglomerados das construções civis em áreas de urbanização intensa, afetando, consideravelmente, a sensação térmica ou o conforto térmico (Deosthali, 1999).

A substituição por grande quantidade de casas e prédios, ruas e avenidas, pontes e viadutos e uma série de outras construções, que geralmente é maior quanto mais se aproxima do centro das grandes cidades, faz aumentar significativamente a irradiação de calor para a atmosfera em comparação com as zonas periféricas ou rurais, onde, em geral, é maior a cobertura vegetal. Nota-se assim, que diferentes padrões de refletividade, ou de albedos, são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Percebe-se que, dependendo do albedo, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície. Geralmente na atmosfera das zonas centrais da cidade, é

muito maior a concentração de gases e materiais particulados, lançados pelos automóveis e pelas fábricas, responsáveis por um efeito estufa localizado, que colabora para aumentar a retenção de calor. Além disso, tem-se os automóveis, que são uma grande fonte de produção de calor, o qual, se soma ao calor irradiado pelos edifícios, acentuando o fenômeno da ilha de calor (Lombardo, 1985).

As cidades apresentam temperaturas médias maiores do que as zonas rurais de mesma latitude. Dentro delas, as temperaturas aumentam das periferias em direção ao centro. O uso de grande quantidade de combustíveis fósseis em aquecedores, automóveis e indústrias transformam a cidade em uma potente fonte de calor. As ICU ocorrem com maior intensidade à noite, quando as diferenças de radiação são mais evidentes entre áreas rurais e áreas urbanas. A atmosfera e as propriedades radioativas da superfície influenciam na emissão e reflexão da radiação que pode ser detectada através de sensores. Segundo Kato e Yamaguchi (2005), durante o dia a energia é transferida da atmosfera para a superfície, pois a temperatura subterrânea é mais baixa. Este calor que é estocado ao longo do dia é conduzido para a atmosfera durante a noite. Segundo Ichinose et al (1999), em um estudo realizado sobre a cidade de Tóquio, Japão, a contribuição das fontes antropogênicas ultrapassa 50% do fluxo de calor total durante o dia no período de inverno.

1.3 O papel da vegetação na amenização climática

O crescimento desordenado das cidades brasileiras e as consequências geradas pela falta de planejamento urbano despertaram a atenção de planejadores e da população no sentido de se perceber a vegetação como componente necessário ao espaço urbano. Dessa forma, mais expressivamente, a arborização passou a ser vista nas cidades como importante elemento natural atuando como reestruturador do espaço urbano, pois as áreas bastante arborizadas apresentam uma aproximação maior das condições ambientais normais em relação ao meio urbano que apresenta, entre outros, temperaturas mais elevadas, particularmente nas áreas de elevados índices de construção e desprovido de cobertura vegetal (Carvalho, 1982).

Cabe salientar que, até o século XIX, a vegetação nas cidades brasileiras não era considerada tão relevante, visto que, a cidade aparecia como uma expressão oposta ao rural. Havia, portanto, uma valorização do espaço urbano construído, afastado completamente da imagem rural que compreendia os elementos da natureza. Nesse contexto, é importante ressaltar que os espaços urbanos não eram tão ocupados nem apresentavam a maioria dos problemas que se fazem presente no seu interior. Desta forma, as áreas destinadas ao verde, como as praças, surgem ainda no século XVIII e alcançam números mais expressivos no decorrer do século XIX. Embora os primeiros jardins públicos

voltados para o lazer e integrados como elemento da paisagem urbana brasileira surjam ainda em fins do século XVIII, com a chegada da família real ao Brasil, vicejaram em números muito mais expressivos os jardins privados, especialmente nos grandes centros do país como o Rio de Janeiro. Nesse contexto, aliou-se espécies nativas e exóticas na jardinagem de ruas e casas; servindo tanto para enriquecer a paisagem urbana quanto para o conhecimento e valorização da flora brasileira (Gomes 2003).

As árvores contribuem significativamente para refrigerar nossas cidades e para conservar a energia e podem fornecer proteção solar às casas individuais, enquanto a evapotranspiração pode reduzir as temperaturas urbanas. Da mesma forma, absorvem o som e absorvem a água das chuvas, filtram poluentes, reduzem a velocidade do ar, estabilizam o solo ao impedir erosão e amenizam as condições climáticas tanto no meio natural quanto no meio urbano (Abreu, 2008).

Segundo Houg (1998), os elementos relevantes para a contribuição da amenização climática de uma cidade são a água e as plantas. As massas de água desempenham um papel fundamental dentro desse processo climático, elas esquentam e esfriam mais lentamente as porções de terra, portanto atuam como moderadores de temperaturas, considerando-se ainda as brisas que sopram em sua direção. O processo de evapotranspiração da água converte a energia

do sol em calor, reduzindo a temperatura do ar e atuando como um condicionador de ar natural. A transferência de energia ao calor latente das plantas é muito elevada, 2324 KJ (quilojoule) por quilograma de água evaporado (Montgomery & Coleman, 1987). Moffat & Schiller, (1981), relatam que, em um dia ensolarado, uma árvore média evapora 1460 quilogramas da água, consome aproximadamente 860 MJ (megajoule), e tem um efeito de resfriamento médio igual a cinco condicionadores de ar médios.

A presença da vegetação contribui para a conservação da umidade no solo e no microclima. Segundo Llandert (1982), a evaporação embaixo da copa das árvores pode ser até dez vezes menor que em campo aberto. Através da regulação higrométrica – emissão de vapor da água através das superfícies foliares – a vegetação é capaz de combater a aridez do clima urbano. Em um estudo de campo na Universidade Federal da Paraíba, em João Pessoa, Santos (2011) mostra que as áreas verdes com grandes extensões de massa vegetais, contribui para redução da temperatura do ar local e o mantem a umidade relativa do ar mais elevada. Em Natal, Carvalho (2001) concluiu que o parque das Dunas é capaz de reduzir a temperatura do ar no interior em um raio de 3,51 km do seu entorno. Outro aspecto positivo da vegetação são os benefícios da cobertura vegetal na temperatura do ar e na economia do consumo de energia. As medidas em campo constatam que as proteções vegetais, árvores e

trepedeiras, plantadas estrategicamente ao lado dos edifícios, podem reduzir os gastos com condicionamento de ar no verão entre 20 e 35% segundo Akbari & Taha (1992). A partir desses resultados, diversas comunidades e organizações filantrópicas, principalmente nos Estados Unidos, passaram a incentivar a população a plantar árvores em suas residências.

As árvores ajudam, também, a mitigar o efeito estufa, filtrar os poluentes, mascarar o ruído, impedir a erosão e tranquilizar seus observadores humanos. Como indicado por Akbari & Taha (1992), a eficácia da vegetação depende de sua capacidade de atenuação, forma da copa, dimensões e disposição no ambiente construído. As árvores, situadas em áreas urbanas pavimentadas, interceptam o calor sensível e a radiação da onda longa dos materiais pavimentados de alta temperatura como o asfalto (Halvorson & Potts, 1981; Heilman et al., 1989).

Oke (1978) afirma que a vegetação deve proporcionar sombra e auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo de calor latente por evaporação. Através de suas folhas, absorve de 15 % a 35% da energia luminosa recebida, deixa passar entre 30% a 50% e reflete o restante, cerca de 30% a 40%, no período diurno (Landert, 1982). Rivero (1986) afirma que a vegetação absorve aproximadamente 90% da radiação visível e 60% da radiação infravermelha, sendo o

restante transmitido ou refletido pelas folhas. Elas absorvem gases poluentes através dos estômatos das folhas, que podem dissolvê-los ou ligá-los à água contida na superfície das folhas, enquanto a cobertura vegetal intercepta a poeira particulada. Com a emissão de hidrocarbonetos e Ozônio, as árvores reduzem concentrações ambientais de CO₂, NO₂ e outros poluentes encontrados no ar, amenizando a temperatura do ar (Cardelino & Chameides, 1990; Mcpherson, 2003).

As árvores, ainda, têm um impacto social importante. Algumas pesquisas mostraram que a presença de árvores numa região residencial influencia na decisão de onde viver. Akbari & Taha (1992) constatou que a presença de indivíduos arbóreos pode aumentar os valores de propriedade em 3 a 20%. Ulrich (1984) demonstrou que os estímulos naturais ajudam na recuperação do stress, tendo o estudo comprovado que os pacientes quando viram árvores de suas janelas invés de uma parede de tijolo, tiveram uma recuperação mais rápida.

As plantas influenciam o clima e o meio urbano em geral devido à influência que exercem em microclimas urbanos, atuando no controle da incidência solar, da temperatura e na umidade do ar. A vegetação contribui para se obter uma ambiência urbana agradável, pois protege dos efeitos da radiação solar, criando um efeito de filtro. Em alguns casos, elas constituem canais e barreiras, nas quais as folhagens funcionam como relevantes

obstáculos. A relação entre vegetação e temperatura do ar se dá no controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar. A vegetação também serve para reduzir a incidência de precipitação no solo e modifica a concentração da umidade na atmosfera e na superfície adjacente (Carvalho, 2001).

O objetivo geral desse trabalho foi calcular a intensidade da ilha de calor urbano entre a Mata do Buraquinho e a estação meteorológica- INMET, e os objetivos específicos foram identificar o comportamento e a intensidade da ilha de calor urbano, compreender como as diversas formas de uso e ocupação do solo interferem na formação da ilha de calor urbano.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O município de João Pessoa/PB está localizado no Litoral Oriental da Região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas 7° 14'29" Latitude Sul/ 34° 58'36" de Longitude Oeste e 7° 03'18" de Latitude Sul/34 graus 47'36" de Longitude Oeste (Figura 1). A cidade apresenta os seguintes limites municipais: ao Sul limita-se com o município do Conde, a Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita, ao Norte como município de Cabedelo e ao Leste limita-se com o Oceano Atlântico (Santos,

2011). A cidade apresenta características de um clima tropical úmido com duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa e outra seca. A baixa amplitude térmica anual é decorrente do efeito maritimidade e sua posição latitudinal que fornece um balanço térmico positivo de energia.

Santos (2011) destaca que atualmente a cidade de João Pessoa tem passado por inúmeras transformações no seu espaço geográfico, em função do uso desordenado do solo em algumas áreas e da forte especulação do setor imobiliário, o que tem reduzido cada vez mais a cobertura verde remanescente de Mata Atlântica na malha urbana; e, assim, remodelado o espaço urbano da capital. Tais transformações podem acarretar alterações no campo térmico urbano da cidade com reflexos nas condições de conforto térmico ambiental.

Os dois pontos definidos para a pesquisa apresentam características de uso e cobertura do solo diferenciado. O ponto da Estação Meteorológica do INMET está localizado às margens da BR 230 e apresenta condições de uso e cobertura do solo bastante urbanizada com o seu entorno caracterizado pela presença de edificações cercadas de ruas pavimentadas e alto fluxo de veículos. Já o ponto localizado na Mata do Buraquinho, é uma Área de Proteção com 515 há, apresenta condições semelhantes a um ambiente rural, pois o seu entorno é cercado pela densa cobertura vegetal de remanescente de mata atlântica.

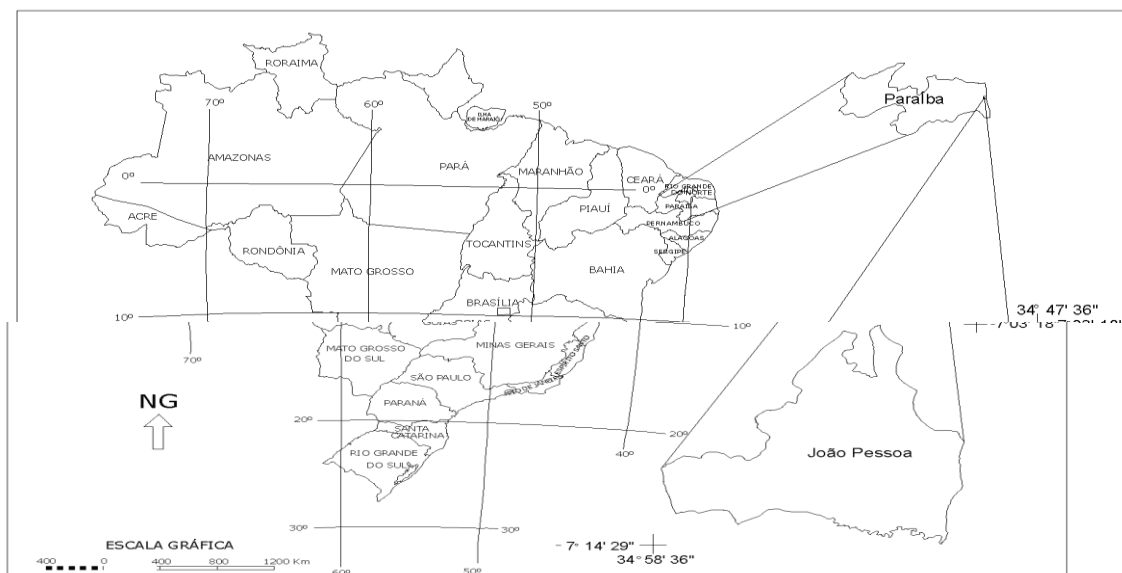


Figura 1. Localização da área de estudo (Fonte: Santos, 2011)

2.2. Campo de análise da pesquisa

O estudo do clima urbano, segundo Monteiro (1976), compreende três subsistemas de análise: o termodinâmico que trata das questões relacionadas à formação das ilhas de calor e o desconforto térmico; o hidrometeorológico que trata das questões ligadas as fortes precipitações e enchentes em áreas e urbanas e o físico-químico ligado diretamente a poluição e qualidade do ar. Dessa forma, o campo de análise da pesquisa está inserido no subsistema termodinâmico com ênfase na formação da ilha de calor urbano e no papel da vegetação na amenização climática dessas áreas.

Para a realização da pesquisa foram definidos dois pontos representativos das condições microclimáticas urbanas encontradas dentro do perímetro urbano da cidade de João Pessoa\PB: um ponto localizado às margens da Br 230, bastante urbanizado, (Estação do INMET) e outro localizado dentro de uma reserva biológica

(Mata do Buraquinho) que se apresenta com condições semelhantes a um ambiente rural. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar referente ao ponto localizado na Estação do INMET foram disponíveis através da série climatológica disponível para o ano de 2012 pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Enquanto que os dados climatológicos de temperatura e umidade relativa do ar para o ponto localizado na Mata do Buraquinho foram coletados através de aparelhos termohigrometros instalados no campo. Os dados climatológicos coletados e a série climatológica do INMET estão inseridos entre os dias 17 de fevereiro de 2012 ao dia 19 de junho de 2012, ou seja, quatro meses de observação.

Após a coleta dos dados, os mesmos, foram tratados e organizados em planilha Excel e apresentados em forma de gráficos. Em seguida, os dados foram interpretados à luz da fundamentação teórica e em função da

diferença do uso e cobertura do solo entre os dois pontos monitorados.

Resultados e Discussão

3.1 Médias das temperaturas do ar nos pontos monitorados

De acordo com os dados analisados referentes às médias diárias dos pontos experimentais, verifica-se que as médias da Estação do INMET são as que apresentam as maiores temperaturas. No período de estudo o mês que se apresentou mais quente foi o mês de março (Figura 2 e 3), com média mensal da temperatura máxima diária no INMET de 31,8°C e na Mata do Buraquinho de 31,3°C e da temperatura mínima de 24,9°C e 23,2°C respectivamente. A semana que teve as maiores temperatura foi a 1ª semana de março que corresponde do dia 02/03/12 ao dia

08/03/12 com temperatura de 31,5°C no INMET e de 30,8°C na Mata do Buraquinho. O dia mais quente foi o dia 8 de março de 2012 com temperatura no INMET de 32,3°C e na Mata do Buraquinho de 31°C, ou seja, uma diferença de temperatura de 1,3 graus.

Essa diferença de temperatura encontrada nos pontos analisados ocorre devido às características do entorno do ponto localizado na estação do INMET que é caracterizado por materiais que possuem propriedades térmicas de absorção e retenção de calor contribuindo assim, para o aumento da temperatura. Verifica-se também a ausência de sombreamento e consequentemente o aumento do número de horas de insolação que incide sobre eles

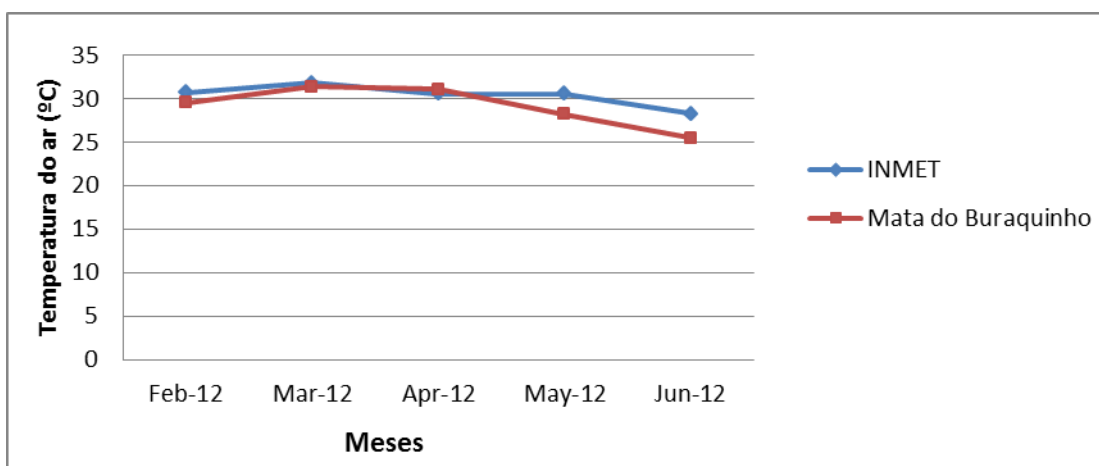


Figura 2- Gráfico da média da temperatura máxima mensal

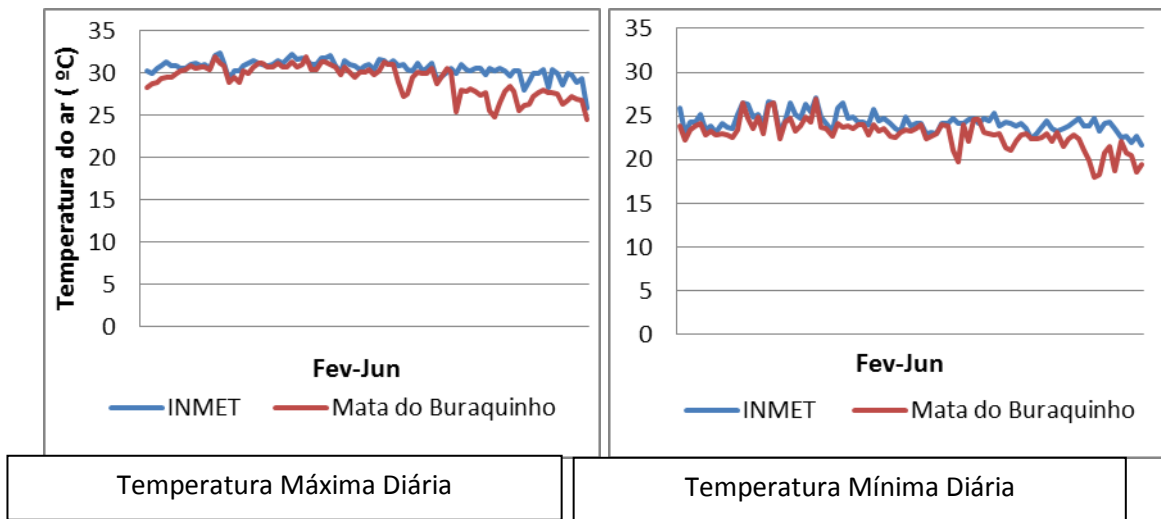


Figura 3- Gráficos indicativos das Temperaturas diárias Máximas e Mínimas do Ar por ponto no período.

Em estudo realizado em Natal no Estado do Rio Grande do Norte, Carvalho (2001) demonstra a influencia do Parque das Dunas nas condições microclimáticas local. Para a autora, as temperaturas do ar nas regiões de Mata são mais amenas, o que resulta em um microclima agradável. Hwang et.al. apud Santos (2011) em estudo realizado na região central de Taiwan destaca o efeito

do sombreamento sobre as condições de conforto térmico. Para os autores, o fator visível do céu, bem como, as horas de insolação e o sombreamento dos pontos, são fatores que conjugados contribuem para alterar as variáveis: temperatura, umidade relativa do ar e níveis de desconforto térmico.

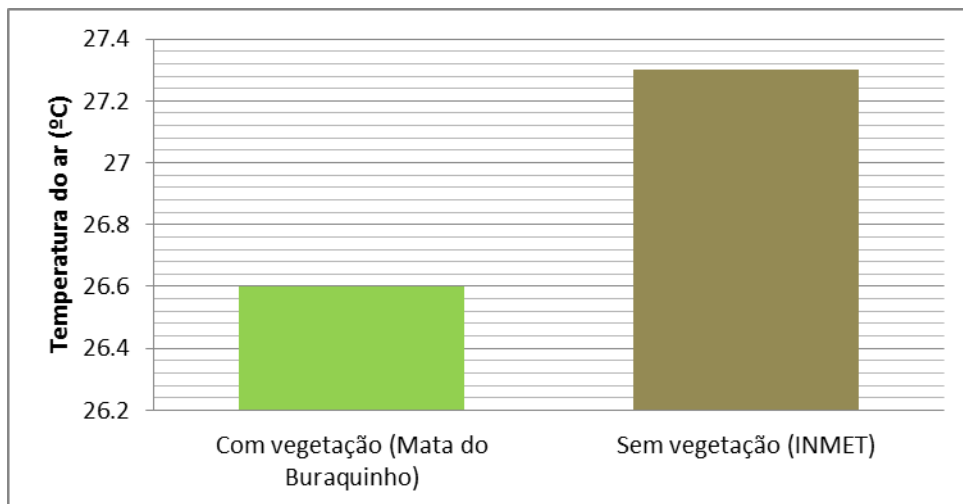


Figura 4- Gráfico do comportamento das médias da temperatura do ar e sua relação com a cobertura vegetal nos locais de medição no período estudado

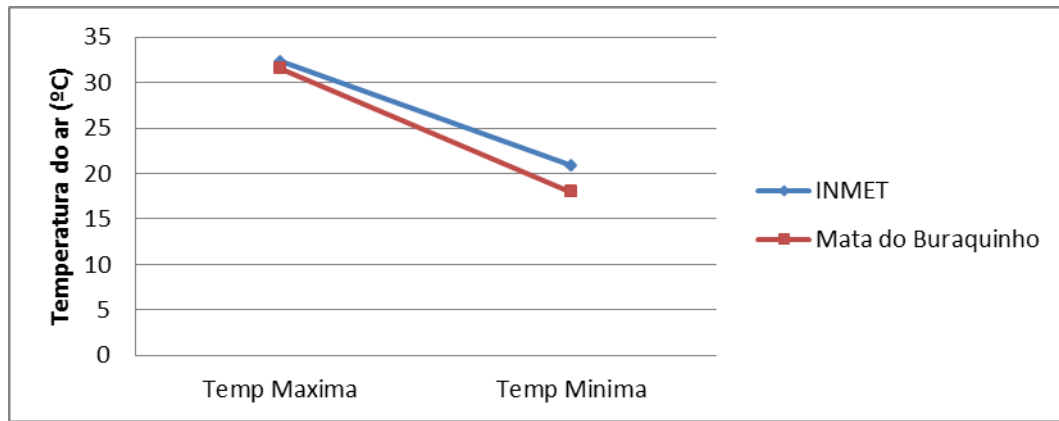


Figura 5- Gráfico indicativos das Temperaturas Máximas e Mínimas do Ar no período.

A temperatura do INMET variou de 32,3°C a 20,9°C e da Mata do Buraquinho de 31,9 a 18,0°C (Figuras 04 e 05). No caso da Mata do Buraquinho a vegetação exerce papel significativo para a diminuição da temperatura, portanto a vegetação é um importante papel regulador da temperatura do ar, pois absorve a radiação solar que é utilizada nos processos de fotossíntese e de transpiração nas superfícies vegetadas. O fluxo de vapor de água emitido pela vegetação tem a capacidade de absorver e conservar calor. A água funciona como regulador térmico, pois durante o dia ela absorve o calor emitido pela radiação solar e

o conserva até a noite para em seguida devolver a atmosfera em forma de fluxo de calor sensível (Santos, 2011).

3.2 Médias da Umidade Relativa do ar nos pontos monitorados

A Umidade Relativa do Ar varia de acordo com a temperatura, já que esta está relacionada diretamente com a retenção de vapor d'água. Assim, quanto maior a temperatura do ar, maior sua capacidade de reter calor e menor fica a taxa de vapor na atmosfera, diminuindo a umidade relativa do ar, logo os valores da UR são inversamente proporcionais à temperatura.

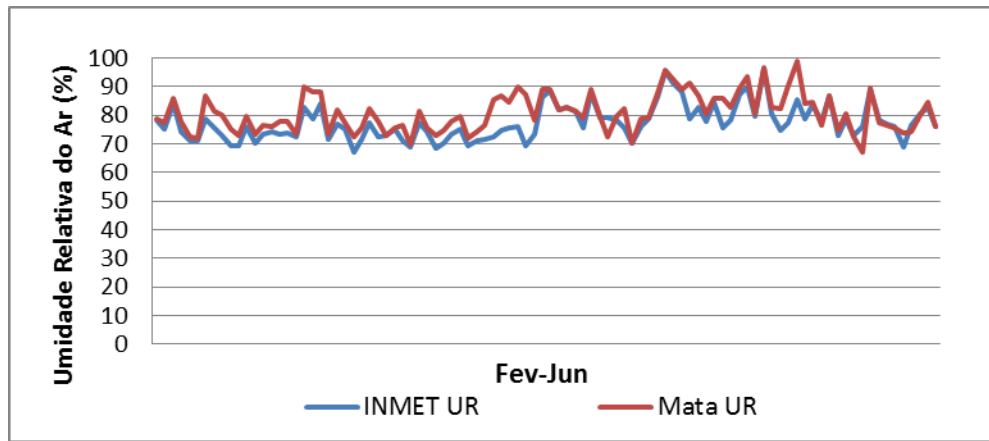


Figura 6- Gráfico do comportamento da umidade relativa do ar nos dias e locais de medições.

A Umidade Relativa do Ar é fortemente influenciada pelas zonas mais arborizadas (figura7), no INMET a UR variou de 69% a 96% já na Mata do Buraquinho teve uma variação de 70% a 98%. A figura 6 aponta

que a Umidade Relativa do ar na Mata do Buraquinho permaneceu maior que no INMET, este fato deve-se ao ponto está localizado em uma grande área circundada por vegetação e o INMET situado próximo a edificações e áreas com ruas pavimentadas.

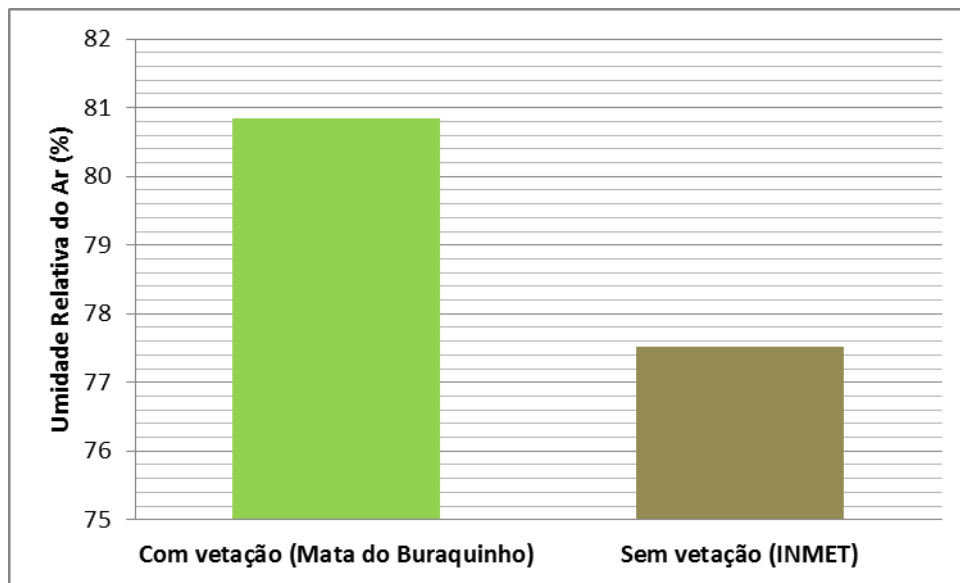


Figura 7- Gráfico do comportamento da média da umidade relativa do ar, nos locais de medição, para todos os dias de medição.

Durante o período de estudo o mês que teve os maiores valores da UR, umidade relativa, foi o mês de maio onde os valores chegaram a 98,8% na Mata do Buraquinho e 96% no INMET. A UR estava alta nesse período devido ao aumento das precipitações

pluviométricas que ocorreram neste período do ano.

3.3 Intensidade da ilha de calor urbana

Avaliando o comportamento diário da intensidade da ilha de calor urbana verificou-

se uma variação de 1,0 a 5,5°C entre os dois pontos monitorados (Figura 8), A maior intensidade foi registrada no dia 31 de maio de 2012, enquanto a menor IICH ocorreu no dia 23 de fevereiro de 2012. Santos (2011) em estudo realizado na cidade de João Pessoa encontrou resultados semelhantes para a maior intensidade da ilha de calor que foi de 5,3°C para o bairro de Manaíra. Vale salientar

que as condições de uso e cobertura do solo encontradas no ponto do INMET se assemelham ao ponto localizado no bairro de Manaíra. O mesmo autor afirma que a cidade de Joao Pessoa, PB, se encontra num processo de urbanização desordenado com grandes impactos no nível de conforto térmico de seus habitantes (Santos 2011).

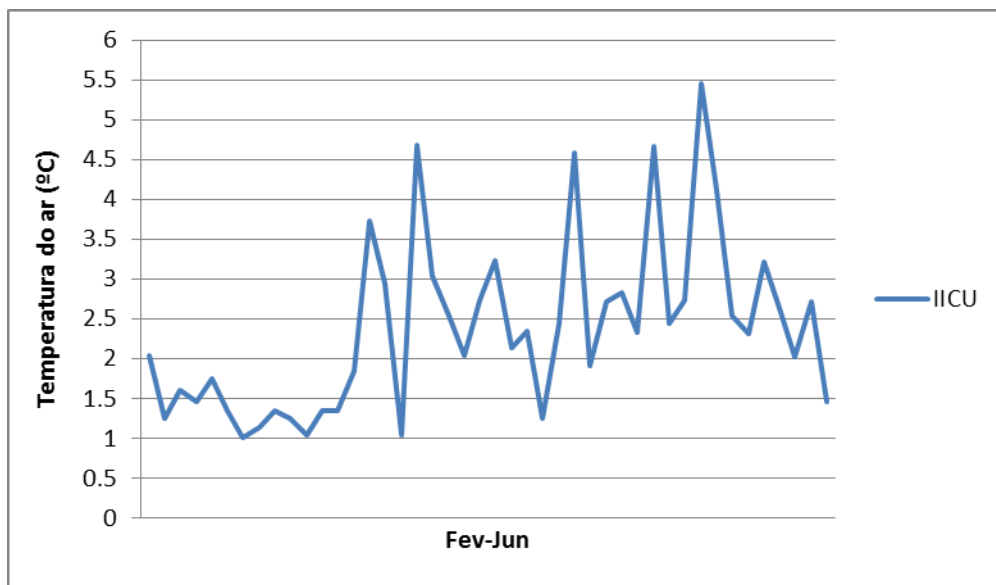


Figura 8- Gráfico indicativo da média da intensidade da Ilha de Calor no período monitorado.

A ocorrência da IICH no ponto do INMET está diretamente relacionada ao tipo de uso e cobertura do solo que se apresenta neste ponto. A área está circundada por solos que envolvem alta percentagem de pavimento de concreto/calçamento. A ausência de vegetação na área reduz a evaporação, logo, à radiação solar é disponibilizada para o aquecimento das ruas, edifícios e do ar da cidade. Esses solos, em função de suas propriedades térmicas, absorvem energia durante o dia, e à noite emitem radiação de

onda longa, o que ocasiona excesso de temperatura durante a noite, maior que durante o dia.

As variações do balanço energético da superfície estão relacionadas com o decréscimo de radiação recebida pelas áreas sombreadas, aumento de radiação recebida e refletida internamente em cânions urbanos, bem como pela captação e armazenamento de calor pelos materiais de construção e pela redução da radiação de onda longa emitida

para atmosfera devido as obstruções locais (Oke, 1978).

De acordo com os resultados apresentados na tabela 1, pode-se constatar que no período de tempo estudado as temperaturas do INMET mantiveram-se mais altas que na Mata do Buraquinho, tanto para as temperaturas máximas diárias quanto para as mínimas, podemos observar que no mês de maio as temperaturas caem e a umidade

aumenta tanto para Mata do Buraquinho quanto para o INMET, devido ao aumento de pluviosidade no local. Assim podendo constatar a influência da área verde que se expressa em valores absolutos de temperatura e umidade relativa do ar, comprovando o efeito da vegetação para a amenização climática nas áreas urbanas.

Tabela 1. Estatísticas da temperatura máxima (Tmax, °C), temperatura mínima (Tmin, °C) e da umidade relativa (%) durante os meses de estudo no de 2012 na cidade de João Pessoa, nos dois pontos: INMET e a Mata do Buraquinho.

INMET				
Mês	Temperatura °C		Umidade Relativa do ar %	
	Máx	Mín	Máx	Mín
Fev/12	31,3	22,9	84,3	69,3
Mar/12	32,3	23,5	84,3	67,3
Abr/12	31,6	22,7	88,5	69,3
Mai/12	31,1	22,4	96,3	73
Jun/12	30,6	20,9	89	69
Mata do Buraquinho				
Mês	Temperatura °C		Umidade Relativa do ar %	
	Máx	Mín	Máx	Mín
Fev/12	30,6	22,2	86,7	72,5
Mar/12	32	22,5	89,9	70,0
Abr/12	31,9	19,7	89,99	70,3
Mai/12	30,4	18,0	98,99	74,89
Jun/12	29,7	18,5	89,61	72,46

Conclusões

Os resultados da pesquisa sobre a formação da ilha de calor urbana e o papel da vegetação na amenização climática na cidade de João Pessoa\PB permitiram concluir:

1. A composição dos materiais constituintes do recobrimento do solo dos pontos monitorados exercem influência sobre as trocas de energia e calor, alterando diretamente os valores das variáveis temperatura e umidade relativa do ar;

2. O ponto localizado na Estação do INMET apresenta condições de temperaturas e umidade relativa do ar inversamente proporcional ao ponto localizado na Mata do Buraquinho;

3. A cobertura vegetal exerce um papel imprescindível para a amenização climática no ponto localizado na Mata do Buraquinho;

4. A intensidade máxima de ilha de calor urbano encontrada entre os dois pontos monitorados varia 1,0 e 3,3 °C;

5. A umidade relativa do ar variou entre 85% (INMET) e 98 % (Mata do Buraquinho) entre os meses

mais seco do período monitorado (janeiro, fevereiro e março) e entre 95% (INMET) e 98% (Mata do Buraquinho) no mês de maio, devido ao aumento da taxa de precipitação;

6. O conhecimento das alterações ocorridas entre os dois pontos representativos do espaço intra-urbano da cidade de João Pessoa\PB revela as alterações no campo térmico urbano em função do processo de urbanização da cidade;

7. A manutenção das áreas verdes e o controle do adensamento urbano em algumas áreas de cidade tornam-se medidas urgentes que devem ser empregadas no Plano Diretor de João Pessoa\PB.

Referências

Abreu, L. V. 2008. Estudo do raio de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade Bezerra et al.,

de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 154p.

Akbari, H.; Taha, H.; 1992. The impact of trees and white surfaces on residential

heating and cooling energy use in four Canadian cities *Energy, the International Journal*, Oxford, , v. 17, n. 2, p. 141-149.

Assis, E. S. (1990) Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: Análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical. Rio de Janeiro, 164p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Balling, R. C. Jr. & Cerverny, R. S. 1986. Long-Term Associations between Wind Speeds and the Urban Heat Island of Phoenix, Arizona. *Journal of Applied Meteorology*, 26(6): 712–716.

Cardelino, C. A.; Chameides, W. L.; 1990. Natural Hydrocarbons, urbanization and urban ozone *Journal of Geophysical Research* , v. 95, n. 13, p. 971-979.

Carvalho, M. E. C. 1982. As áreas verdes de Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

Deosthal, V. (1999). Assessment of Impact of Urbanization on Climate: An Application of Bioclimatic Index. *Atmospheric Environment*, V.33, P.4125-4133.

Gomes, M. A. S.; Soares, B. R. 2003. A Vegetação nos Centros Urbanos: Considerações Sobre os Espaços Verdes em Cidades Médias Brasileiras. Rio Claro.

Halvorson, H.; Potts, D.; 1981 Water Requirements of Honeylocust (*Gleditsia Triacanthos f. inermis*) in the urban forest. *USDA Forest Service Research Paper*, p.487.

Heilman, J.; Brittin, C.; Zajicek, J.; 1989 .Water Use by Shrubs as affected by energy exchange with building walls *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 48, p. 345-357.

Houn, M.. 1998. *Natureza y ciudad*. Barcelona: Gili, 351p.

Ichinose, T.; Shimodozono, K.; Hanaki, K. (1999). Impact of Anthropogenic Heat on Urban Climate in Tokyo. *Atmospheric Environment*, V.33, P.3897-3909.

Kato, S.; Yamaguchi, Y. 2005. Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM+ Data: Separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux. *Remote Sensing of Environment*, v. 99, p. 44-54.

Katsoulis, B. D. & Theoharatos, G. A. 1985. Indications of the Urban Heat Island in

- Athens, Greece, *Journal of Applied Meteorology*, 24(12): 1296–1302.
- Llandert, L. R. A. 1982. Zonas verdes y espacios libres en la ciudad. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local., 538 p
- Lombardo, M. A. 1985. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 244p
- Mascaro, L. L.. 1996. Clima e Arquitetura. 3D. São Paulo: Nobel,.
- Marx, M. 1980. Cidade Brasileira. São Paulo: Melhoramentos/Editora da Universidade de São Paulo.
- Mcpherson, E.G.. 2003. A benefits-cost analysis of street tree species in Modesto, California, U.S. *Journal of Arboriculture*, v. 29, p. 1-8.
- Mendonca, F. (2001). Desenvolvimento e Meio Ambiente, N. 3, P. 79-95, Editora da UFPR.
- Moffat, A.S. And Schiler, M. 1981. *Landscape Design that Saves Energy* New York. William Morrow and Company, inc, New York.
- Monteiro, C.A.F. 1976. Teoria e Clima Urbano. 184f. Tese (Livre Docência Em Geografia). Instituto De Geografia Da USP, São Paulo, Séries Teses e Monografia.
- Montgomery, O.L.; Coleman, T.L. 1987. Soil Moisture, Organic Matter, and Iron Content Effect On The Spectral Characteristics Of Selected Vertisols And Alfisols In Alabama. *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, Bethesda, V.53, P.1659-1663.
- Oke, T. R. 1982. The Energetic basis of the Urban Heat Island. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 108: 1–23.
- Oliveira, P. M. P. De. 1998. Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UNB,. 314p.
- RIVERO, R.; 1986. *Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural*. 2 ed. PortoAlegre: DC Luzzato. UFRGS.
- ROMERO, M. A. B.. 2001. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 226p.: il.
- SANTOS, J. S. dos. 2011. *Análise das Condições do Conforto Térmico em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Campus Universitário*. João Pessoa.
- Ulrich R.S. 1984. View Throug a Windows May Influence Recovery From Surgery. *Science* V.224, N.4647, P. 420-42,1aprox.

Weng, Q. 2003. Fractal analysis of Satellite-detected urban heat island effect. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 69 (5), p. 555-566.