

## RELAÇÃO ENTRE O SOMBREAMENTO PROVOCADO PELAS EDIFICAÇÕES E O CAMPO TÉRMICO

**Homero J. M. de Carvalho (1); Andréa K. G. Cavalcanti (2); Carlos A. Ribeiro (3); Juliana P. Rocha (4); Maglane Pontes da Silva (5); Julio Gonçalves da Silveira (6); Marconi Antão dos Santos (7)**

(1) Doutor, Professor do Curso de Tecnologia em Design de Interiores, homerojmc@uol.com.br

(2) e (4) Graduandas do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento, Bolsistas do PIBITI/CNPq

(3) Graduando do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento

(5) e (6) Designers de Interiores, Bolsistas do PIBITI/CNPq

(7) Mestre, Professor do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba, Grupo de Pesquisa em Qualidade do Ambiente Construído, Tel.: (83) 3208-3054

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é demonstrar como a orientação da malha urbana da cidade interfere no sombreamento causado pelos edifícios e, conseqüentemente, no comportamento da temperatura do ar no espaço urbano, tomando como estudo de caso parte da Orla Marítima de João Pessoa-PB, compreendendo os bairros de Tambaú e Cabo Branco. Através de imagens bidimensionais produzidas para cada hora do dia, foi observado que as edificações situadas no bairro de Cabo Branco geram uma menor quantidade de sombra, em parte pela menor quantidade de edificações mais altas em comparação com Tambaú, em parte devido à orientação de suas ruas, que coincide com o eixo cartesiano (norte-sul/leste-oeste). Comparando esses resultados com dados de temperatura do ar medidos em campo, em dois episódios durante o verão, constatou-se que o Cabo Branco permanece mais quente do que Tambaú, indicando a influência do sombreamento provocado pelas próprias edificações no retardo do aquecimento do local.

Palavras-chave: clima urbano, sombreamento, ilha de calor.

### ABSTRACT

The aim of the current paper is to demonstrate how the orientation of the urban network of a city interferes in the shading caused by buildings and, as a consequence, in the air temperature features in the urban space. It has been taken as a case-study part of the coast of João Pessoa - PB, considering the areas of Tambaú and Cabo Branco. Through the use of bidimensional images generated for each hour of the day the buildings located in the neighborhood of Cabo Branco generate less shading, partly due to the lesser amount of taller buildings in the area, compared to Tambaú, and partly because of the street orientation, which matches the cartesian axis ( north-south/east-west). By comparing the results with air temperature data measured in the field, it was noticed that in two episodes, during the summer, Cabo Branco remains hotter than Tambaú, which indicates the influence of shading caused by buildings on the delay of local warming.

Keywords: urban climate, shading, heat island.

### 1. INTRODUÇÃO

A ocupação do solo urbano, muitas vezes, desordenada, tem causado em muitas cidades alterações climáticas significativas, impossibilitando o atendimento às exigências humanas em termos higrótérmicos, olfativos e respiratórios. Isso ocorre porque as construções alteram a rugosidade da superfície do solo, mudando as suas características de relevo e de permeabilidade, reduzindo a sua cobertura vegetal, provocando redirecionamentos e variações na velocidade do vento local, privilegiando algumas áreas e prejudicando outras, especialmente as mais centrais da cidade. Diminuem a capacidade de trocas térmicas através da evaporação e da evapotranspiração (ocasionando o fenômeno da ilha de calor), alteram o balanço energético

e aumentam os índices pluviométricos nas zonas urbanas (provocando as enchentes).

Um dos aspectos estudados no campo da climatologia urbana, especialmente quando se trata do fenômeno ilha de calor urbana, é a relação entre a largura da rua e a altura dos edifícios que a delimita. Essa relação dá origem ao fator de visão de céu. Segundo os autores que adotam esse parâmetro na análise da ilha de calor (Oke, 1978; Sakamoto, 2001; entre outros), quanto menor o fator de visão do céu (maior obstrução da visão do céu), maior será a dificuldade de o ambiente dispersar energia térmica armazenada para a atmosfera. No Brasil, a relação entre a configuração do céu e a temperatura foi estudada por diversos pesquisadores (Imamura-Bornstein, 1991; Sakamoto, 1994; Brandão, 1996; Assis, 2000; Carvalho, 2006, entre outros), que, na sua maioria, chegou a mesma constatação, porém, deixando algumas questões em aberto, como o efeito do fator de visão do céu no ganho de calor durante o dia, oriundo da radiação solar.

Sakamoto (1994), em estudo realizado na cidade de São Paulo, verificou que a configuração do céu e a temperatura do ar apresentaram relações evidentes, porém não lineares e constantes ao longo do tempo. Onde o fator de visão do céu era maior (Jardins), a temperatura do ar era mais elevada do que nos lugares onde o fator de visão do céu era menor (Centro) durante o dia, invertendo-se à noite. Entretanto, essa relação não pôde ser identificada nas várzeas dos Rios Tietê e Pinheiros, possivelmente pela interferência mais significativa de outras variáveis, como a umidade relativa do ar e o fluxo mais intenso de veículos. A autora chama a atenção para o fato de que as diferenças de temperatura podem criar deslocamentos de ar e a interação entre o vento e a temperatura pode desempenhar papel relevante em determinados horários, diminuindo a importância da configuração do céu.

Assis (2000) verificou em Belo Horizonte que nos *canyons* urbanos com uma obstrução de até 15% não havia um aumento relevante da capacidade do recinto urbano reter calor, enquanto que, quando essa obstrução aumentava para 40%, havia uma persistência do efeito de sobreaquecimento nos recintos mais verticalizados até por volta das 9 horas da manhã, demonstrando que tal efeito se revela com mais intensidade à noite. Com base nesse estudo a autora chegou a sugerir uma altura de 8 a 9 pavimentos para as ruas com cerca de 30 metros de largura frontal entre os prédios, característica comum da malha urbana de Belo Horizonte.

Esses estudos reafirmam a importância do fator de visão do céu na capacidade do ambiente em dispersar a radiação térmica acumulada, mas evidenciam, principalmente em locais de clima quente, a sua importância, também, no ganho de radiação solar direta, que, por conseguinte, influenciará não apenas a ilha de calor noturna, mas a diurna, chamada por alguns autores de estresse térmico diurno.

Bittencourt (2006), em Recife-PE, observou as trocas térmicas entre edifícios vizinhos e constatou, nos processos de trocas térmicas, que as temperaturas do ar e superficiais na fachada de um edifício podem estar condicionadas às variações de temperatura e de exposição às radiações na fachada do edifício vizinho, dependendo da cor das suas superfícies, da sua orientação e da distância entre essas fachadas, condições que determinam o fator de visão de céu.

Em João Pessoa, Capital do Estado da Paraíba, tem-se observado uma maior preocupação do Poder Público com a ocupação da porção da cidade denominada Orla Marítima, local onde o adensamento construtivo e populacional está sendo mais acentuado, movido pelo crescimento das atividades turísticas e da especulação imobiliária. Esta área é, inclusive, objeto da Constituição do Estado da Paraíba (Art. 229), que norteia a Lei Orgânica (Art. 175) e o Plano Diretor de João Pessoa (Art. 25). Essa legislação prevê restrições, para uma porção da Orla Marítima (extensiva a todo o litoral paraibano), relacionadas ao controle do gabarito em altura dos edifícios. Essa porção corresponde a uma faixa linear de 500m medidos a partir da preamar de sizígia em direção ao interior do continente, onde o gabarito é escalonado, iniciando-se a 12,90m na primeira linha de lotes, à beira-mar, e estendendo-se até aproximadamente 35m na última linha.

Esse escalonamento provoca a redução do fator de visão do céu à medida que se distancia do mar em direção o interior do continente, resultando em diferentes condições de exposição ao sol e ventilação, com repercussões para campo térmico daquele ambiente (CARVALHO, 2006; SANTOS, 2007).

Esses estudos revelaram a necessidade de se estudar o sombreamento provocado pelas edificações, em complemento aos estudos que tomaram em consideração o fator de visão do céu para avaliar a capacidade do ambiente urbano em ganhar, reter e/ou dispersar calor, mas que não observaram a orientação dos *canyons* urbanos e, conseqüentemente, a quantidade de horas de sua exposição à radiação solar direta. Numa hipótese simplificada, poder-se-ia dizer que uma rua orientada no eixo leste-oeste e outra orientada no eixo norte-sul poderiam, por terem o mesmo fator de visão do céu, a mesma capacidade de dispersão do calor à noite, entretanto, teriam capacidades distintas no ganho de calor através da incidência direta da radiação solar. Ao acrescentar outras variáveis, como a ventilação, que também depende da orientação da rua e do fator de visão do céu, as respostas a esta questão se tornam ainda mais complexas.

Tal situação pode explicar as fracas correlações entre a temperatura do ar e o fator de visão do céu identificadas por Carvalho (2006) nos bairros de Tambaú e Cabo Branco, em João Pessoa-PB, visto que as medições microclimáticas realizadas pelo autor foram feitas em algumas ruas orientadas no eixo leste-oeste e outras no eixo norte-sul, portanto, expostas diferentemente à radiação solar direta. Os resultados desse mesmo trabalho mostram que pontos situados em ruas mais sombreadas, independentemente do fator de visão do céu, tendiam a permanecer com temperaturas mais baixas do que os situados em ruas mais ensolaradas. Obviamente, outros elementos interferem neste comportamento térmico, como o tipo de pavimento da rua e a ventilação, mas o sombreamento produzido pelas edificações parece ter uma ação determinante neste comportamento, e por isso, foi objeto de estudo da pesquisa que originou este trabalho.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o resultado de uma investigação sobre o comportamento da sombra provocada pelas edificações da Orla Marítima de João Pessoa em diferentes orientações da malha urbana e em diferentes épocas do ano e sua relação com o comportamento térmico do ambiente no verão.

## 3. MÉTODO

Esta pesquisa foi desenvolvida através da metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima, desenvolvida por Carvalho (2006). Enfocou, neste caso, o subsistema termodinâmico, de acordo com a Teoria do Sistema Clima Urbano ó SCU (Monteiro, 1975).

Foi estruturada em seis etapas. A primeira correspondeu à caracterização geográfica do local estudado, que consistiu na realização do tratamento de dados para a produção dos mapas de orografia, de rugosidade, de índices urbanísticos e de parâmetros climáticos. Os dados utilizados nesta etapa foram obtidos de estudos antecedentes (SILVA, 1999; CARVALHO, 2006; RIBEIRO *et. al*, 2008) e de uma base de dados disponibilizada pela Prefeitura Municipal de João Pessoa.

Os dados e informações foram organizados através de um sistema de informações georeferenciadas (SIG) produzido no *software* ArcGis, através do qual foi gerada uma cartografia especializada contendo as características consideradas no estudo: taxa de ocupação, índice de aproveitamento; gabarito em altura, sistema viário e tipos de pavimentos das ruas, uso das edificações, entre outros.

Na segunda etapa foi feita a modelagem espacial das partes selecionadas na etapa anterior para o desenho do sombreamento causado pelas edificações nos dias e horários de medição de variáveis climáticas em campo. Para a consecução desta etapa, foi utilizado o *softwar Sketchup*. Dessa modelagem foram geradas imagens em planta do sombreamento provocado em cada condição considerada (dia e hora).

Com base nas informações obtidas nas Etapas I e II, foram feitos a análise sistemática da base cartográfica produzida e o reconhecimento de campo, a partir do que foram eleitos os pontos onde foram realizadas as medições microclimáticas.

Dos pontos escolhidos, um foi posicional à beira-mar, livre da influência da ocupação urbana. Neste foram medidas, minuto a minuto, a temperatura e a umidade relativa do ar e a velocidade e direção do vento. Para isso, foi instalada uma estação meteorológica em um mastro com 1,50m de altura. Seus dados serviram de referência para o ajustamento dos dados medidos nos demais pontos e para a comparação ente eles.

Outros 19 pontos foram posicionados em ruas dos bairros, formando uma malha com cerca de 250m entre os pontos, onde foram medidas a temperatura e a umidade relativa do ar, utilizando-se termohigrômetros digitais instalados em mastros com 1,50m de altura, transportados por operadores que se locomoveram a pé, distribuídos em 2 rotas com até 10 pontos cada uma, percorridas num intervalo inferior a 60 minutos. Em cada ponto o operador permaneceu por cerca de 2 minutos, suficientes para a estabilização do equipamento e para a leitura e anotação dos dados.

As medições foram realizadas durante 05 dias consecutivos no verão (05 a 09 de janeiro de 2008), em três horários: 8h às 9h, 13h30 às 14h30 e 18h30 e 19h30. Desses dias, apenas os dias 6 e 8 foram considerados representativos, dadas as condições de tempo observadas nos outros dias.

Através da análise visual das imagens geradas na Etapa II, na quarta etapa foi verificada a existência de correlação entre a orientação da malha urbana e o percentual de área sombreada. Os resultados dessa análise foram confrontados com a cartografia produzida na primeira etapa e com as imagens de sombreamento, para daí serem elaboradas as explicações teóricas para o fenômeno observado no local estudado, verificando se havia correlações entre o sombreamento e a temperatura do ar.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da pesquisa serão apresentados em duas partes. Na primeira serão apresentados os resultados referentes à comparação entre as diversas orientações da malha urbana em função do sombreamento provocado pelos edifícios. Na segunda, serão apresentados os resultados da relação entre o sombreamento e a temperatura do ar. Antes, se faz necessário descrever o local geográfico onde foi realizada a pesquisa.

### 4.1 Caracterização do local geográfico do estudo

A cidade de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, está situada na porção oriental do Estado a  $7^{\circ} 08'S$  e  $34^{\circ} 53'W$ . O estudo apresentado neste artigo teve como local geográfico a Orla Marítima desta cidade, seccionada em porções com diferentes orientações da malha urbana, englobando os bairros de Cabo Branco e Tambaú (Figura 1). Está limitada a leste pelo Oceano Atlântico, a oeste pelo Rio Jaguaribe, a norte pela Av. Sen. Rui Carneiro e R. Helena Maria Lima e a sul pela Av. José Américo de Almeida, englobando parte dos bairros de Tambaú e do Cabo Branco (Figura 1). Corresponde a uma área de aproximadamente  $563.000m^2$ , dividida (excluindo-se as vias) em 758 lotes distribuídos em 49 quadras, praticamente todos ocupados.



Figura 1: Imagem de satélite da área de estudo.  
Fonte: Adaptada do Google Earth (em 26 de fevereiro de 2009).

No zoneamento determinado pelo Plano Diretor de João Pessoa (1992), a área selecionada está situada na Zona Adensável Prioritária<sup>2</sup> (ZAP), cujo adensamento populacional previsto é de até 150 hab./ha, e índice de aproveitamento construtivo máximo de 4,0. No entanto, estes índices permanecem aquém do previsto em lei, dada à predominância de edificações com um e dois pavimentos. Obedecendo a Constituição do Estado da Paraíba (Art. 229) e a Lei Orgânica municipal (Art. 175), o Plano Diretor de João Pessoa (Art. 25) ainda prevê restrições, para uma porção desta área, relacionadas ao controle do gabarito em altura dos edifícios. A porção é denominada 'Orla Marítima' e corresponde a uma faixa linear de 500m medidos a partir da preamar de sizígia em direção ao interior do continente. Nesta faixa, o gabarito é escalonado, iniciando-se a 12,90m na primeira linha de lotes, à beira-mar, alcançando aproximadamente 35m na última. Predomina, na área, o uso residencial, com a presença de comércio local e de serviços, especialmente, hotéis, pousadas, bares e restaurantes.

### 4.2 Caracterização da ocupação da área de estudo

A partir da base de dados organizada com as características de cada lote, pôde-se caracterizar a área quanto aos atributos taxa de ocupação, índice de aproveitamento, distância em relação ao mar e altura das edificações, cujos valores foram calculados por lote, por quadra, por bairro e para cada ponto representativo selecionado para as medições de temperatura e umidade relativa do ar. Além desses atributos, considerou-se o tipo de pavimento e a orientação da rua.

As informações geradas foram organizadas em tabelas e em mapas temáticos, gerados a partir do SIG desenvolvido. Os mapas foram gerados em duas e três dimensões, com a mesma escala para facilitar a sobreposição e a comparação.

Os resultados demonstram que apesar da aceleração do processo de verticalização das edificações, os dois bairros ainda permanecem com a predominância de edificações com até dois pavimentos e o uso residencial. Nota-se, entretanto, uma forte tendência para a concentração do comércio nas vias principais que cortam os bairros, especialmente aquelas que já receberam o pavimento asfáltico e por onde circulam os transportes coletivos. Há, ainda, uma forte tendência para a redução da cobertura vegetal e impermeabilização do solo com a verticalização das edificações, tendo em vista que praticamente todos os edifícios residenciais multifamiliares possuem subsolo para estacionamento, que ocupa toda a área do lote, guardando, quando muito, a taxa mínima de solo permeável exigida (4%, aproximadamente) pelo Código de

Urbanismo da cidade. Há, ainda, a retirada de árvores das calçadas pertencentes aos estabelecimentos comerciais, dando espaço para estacionamento. Tudo isso faz com que não seja identificada qualquer relação significativa entre a cobertura vegetal e a temperatura do ar nos bairros avaliados (Figura 2).

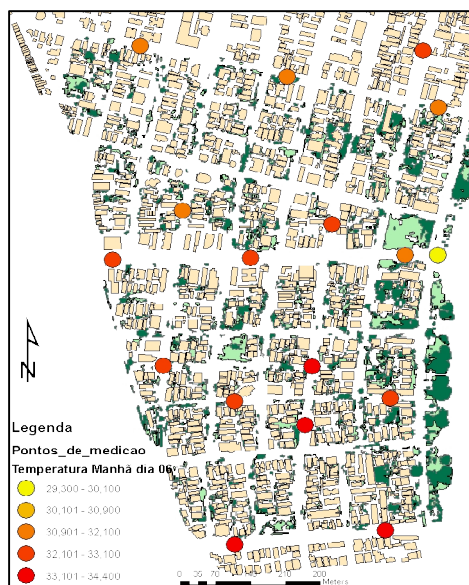


Figura 2: Relação entre a temperatura do ar e a cobertura arbórea (verde escuro)

Devido ao controle do gabarito em altura estabelecido pelo Art. 229 da Constituição Estadual da Paraíba, a taxa de ocupação é maior nas quadras próximas ao mar e diminui à medida que se adentra ao continente. O inverso ocorre com o índice de aproveitamento e com a densidade construída, o que deixa nítida a concentração de prédios mais altos na porção oeste da área estudada.

Há, ainda, uma predominância de vias pavimentadas com pedras graníticas (paralelepípedos), mas nos últimos anos essa relação tem mudado com o asfaltamento de algumas ruas que se tornaram corredores após recentes modificações no tráfego elaboradas pela Prefeitura.

A relação entre a altura das edificações e a distância entre elas influencia no fator de visão do céu, como foi mencionado anteriormente. Assim, a porção mais a oeste da área possui um fator de visão do céu menor do que a mais próxima do mar, revelando uma maior exposição dessa última ao sol. Essas características influenciam no comportamento da sombra provocada pelas edificações e no comportamento da temperatura do ar no interior dos bairros estudados, como poderá ser observado nos itens seguintes.

### 4.3 Projeção da sombra provocada pelas edificações

Como a orla marítima tem uma feição sinuosa, a malha urbana gerada acompanha a forma natural do terreno, de maneira que as ruas mudam de orientação, numa tentativa de manter-se paralelas ou perpendiculares à linha d'água do oceano. Essa configuração, por conseguinte, faz variar a orientação dos lotes e das edificações, tendendo a manter, na maior parte dos lotes, a maior face aproximadamente perpendicular à praia.

Essa condição, somada à altura das edificações, se reflete diretamente na projeção da sombra gerada pelas edificações ao longo do dia e do ano, conferindo aos bairros condições distintas de sombreamento em função de sua orientação em relação ao Sol. Para a avaliação dessa condição deve-se considerar, a trajetória aparente do Sol ao longo do ano sobre a superfície da cidade de João Pessoa (Figura 3).

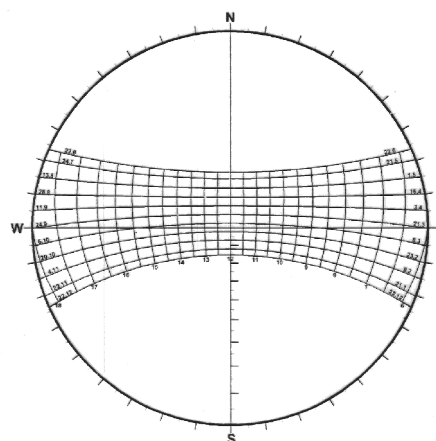


Figura 3: Diagrama do percurso aparente do Sol para João Pessoa ó PB.

Comparando o comportamento da sombra no equinócio e nos solstícios de verão e de inverno ao longo do dia, percebe-se que uma maior concentração de áreas sombreadas na porção oeste, principalmente no início e no final do dia, quando o sol está mais baixo. Isso se deve, como dito anteriormente, ao escalonamento das edificações determinado pela legislação vigente.

Durante o equinócio, devido a uma leve inclinação de  $+15^\circ$  da malha urbana de Tambaú em relação ao norte, há uma projeção maior de sombra neste bairro (Figura 4), visto que o sol passa a atingir duas das fachadas dos edifícios ao mesmo tempo, aumentando o plano de incidência, enquanto que no Cabo Branco a incidência se dá apenas na menor fachada. Neste sentido, quanto mais próximo a incidência do Sol estiver da perpendicular à diagonal traçada a partir dos vértices opostos da edificação, maior será a sombra projetada pela edificação (Figura 5).

Sendo assim, em Tambaú, nos horários em que o Sol está mais baixo, a sombra se projeta nas ruas com eixo norte-sul e no lado sul das ruas leste-oeste, enquanto que no Cabo Branco essa projeção atinge apenas as ruas com eixo norte-sul.

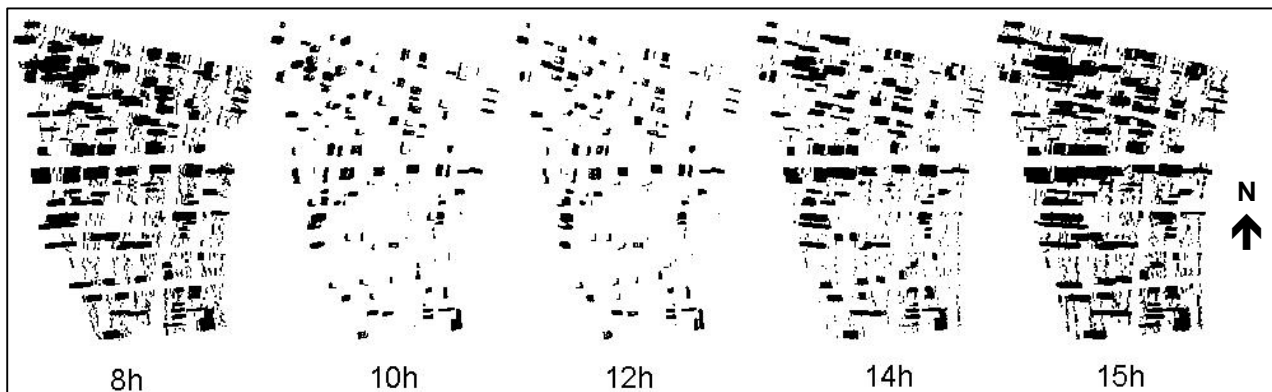


Figura 4: Sombreamento provocado pelas edificações ao longo do dia de equinócio nos bairros de Tambaú e Cabo Branco.

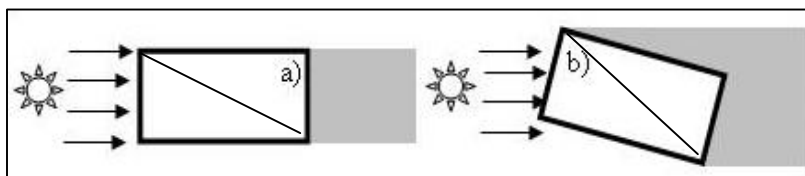


Figura 5: Projeção da sombra no equinócio ó a) Cabo Branco e b) Tambaú

O Sol, no solstício de verão para a latitude considerada, descreve uma trajetória que percorre os quadrantes SE e SW, conseqüentemente posicionando-se nesse período mais ao Sul. Nessa condição o Sol incide mais próximo da perpendicular à diagonal formada pelos vértices da edificação (Figura 6). Como conseqüência, nos dois bairros a sombra atinge as ruas orientadas nos dois sentidos (norte-sul e leste-oeste), no entanto, a sombra produzida em Tambaú é maior (Figura 7).

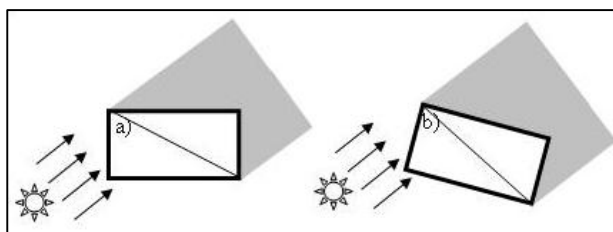


Figura 6: Projeção da sombra no solstício de verão ó a) Cabo Branco e b) Tambaú

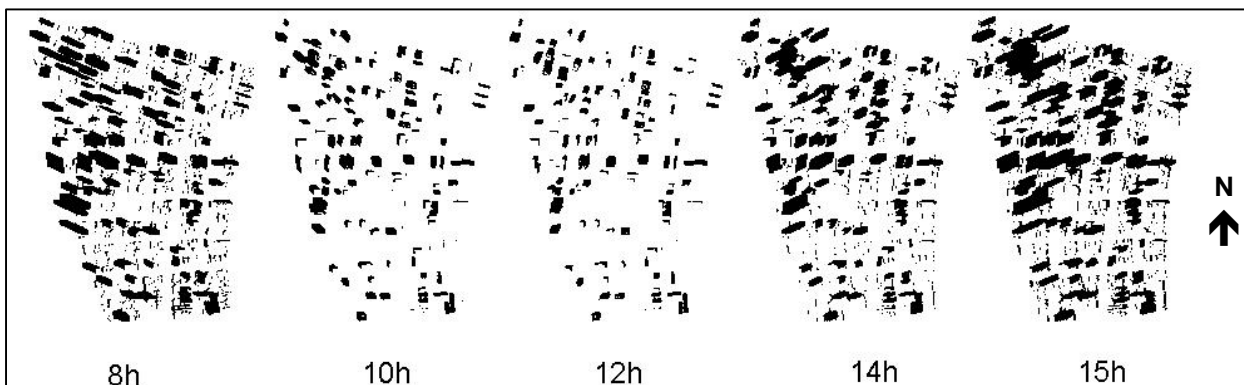


Figura 7: Sombreamento provocado pelas edificações ao longo do dia de solstício de verão nos bairros de Tambaú e Cabo Branco.

No inverno, a projeção da sombra passa a ser maior no bairro de Cabo Branco (Figura 8), pelo mesmo motivo de a radiação solar incidir com ângulo próximo da perpendicular à diagonal da edificação (Figura 9). Há que se observar que a quantidade de sombra é maior no bairro de Tambaú, por este bairro possuir uma maior quantidade de edifícios mais altos.

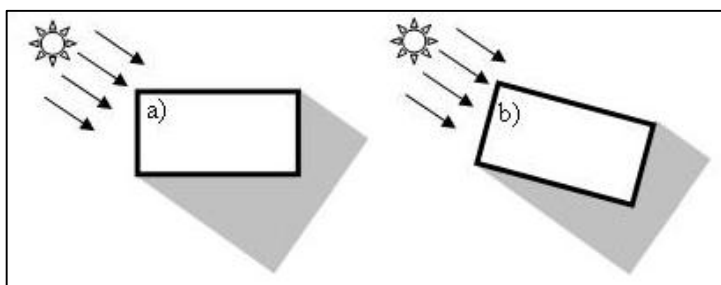


Figura 8: Projeção da sombra no solstício de inverno ó a) Cabo Branco e b) Tambaú

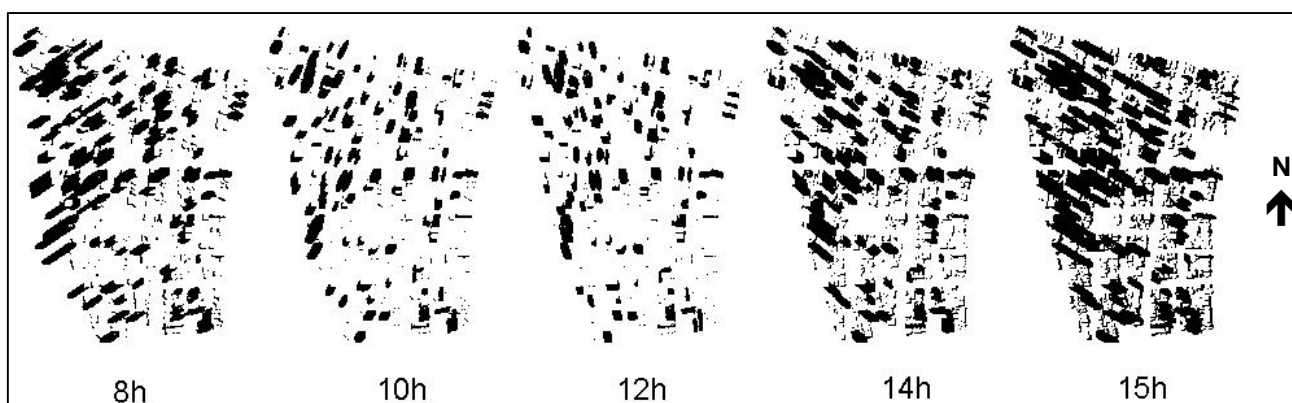


Figura 9: Sombreamento provocado pelas edificações ao longo do dia de solstício de inverno nos bairros de Tambaú e Cabo Branco.

A variação do comportamento da sombra projetada pelas edificações em função de sua orientação em relação ao Sol pode influenciar no comportamento térmico do ar próximo à superfície do solo urbano, como evidenciam os resultados apresentados a seguir em dois episódios de verão.

#### 4.4 Relação entre sombreamento, temperatura do ar e vento no verão

Em outro trabalho realizado na mesma área objeto deste estudo, Carvalho (2007) havia verificado que a mudança da direção de vento modifica a relação entre a temperatura do ar e os atributos da forma urbana (índice de aproveitamento, taxa de ocupação, fator de visão do céu, pavimento das ruas entre outros), e que a orientação da malha urbana ao interferir no escoamento dos ventos também interfere no comportamento térmico do ambiente.

Neste trabalho, ao se observar uma quantidade maior de pontos representativos da área, confirmou-se os resultados apresentados por Carvalho (2006; 2007) e acrescentou-se a influência do sombreamento provocado pelas edificações ao conjunto de variáveis que determinam a variação térmica do ambiente.

Relacionando as imagens representativas do sombreamento, as isolinhas de temperatura do ar e as figuras de erosão - estas últimas obtidas de Carvalho (2006) ó, constata-se a íntima relação entre os espaços ventilados e os sombreados. Ou seja, os edifícios mais altos tendem a acelerar o vento, enquanto projeta uma maior quantidade de sombra, contribuindo para a dispersão do calor a sua volta.

Na Figura 10a, as manchas escuras correspondem à sombra provocada pelas edificações. Na 10b, a temperatura se eleva conforme a cor tende para o vermelho, e na Figura 10c, a mancha cinza corresponde às áreas de estagnação do vento. Sendo assim, constatou-se que a temperatura do ar às 8h permaneceu mais elevada no bairro de Cabo Branco do que em Tambaú (Figura 10b), indicando que as sombras provocadas pelas edificações retardam o aquecimento do ambiente urbano nas áreas mais sombreadas.

Relacionando a sombra e a temperatura do ar ao escoamento do vento reproduzido através da figura de erosão (Figura 10c), percebe-se que, embora não tenha sido verificado um escoamento que proporcione o resfriamento convectivo de toda a área, o bairro de Tambaú parece ser melhor ventilado, em parte porque neste bairro o vento leste incide na aresta das edificações, enquanto que no Cabo Branco, o mesmo vento incide perpendicularmente às menores fachadas, cujo resultado é uma redução maior da sua velocidade.

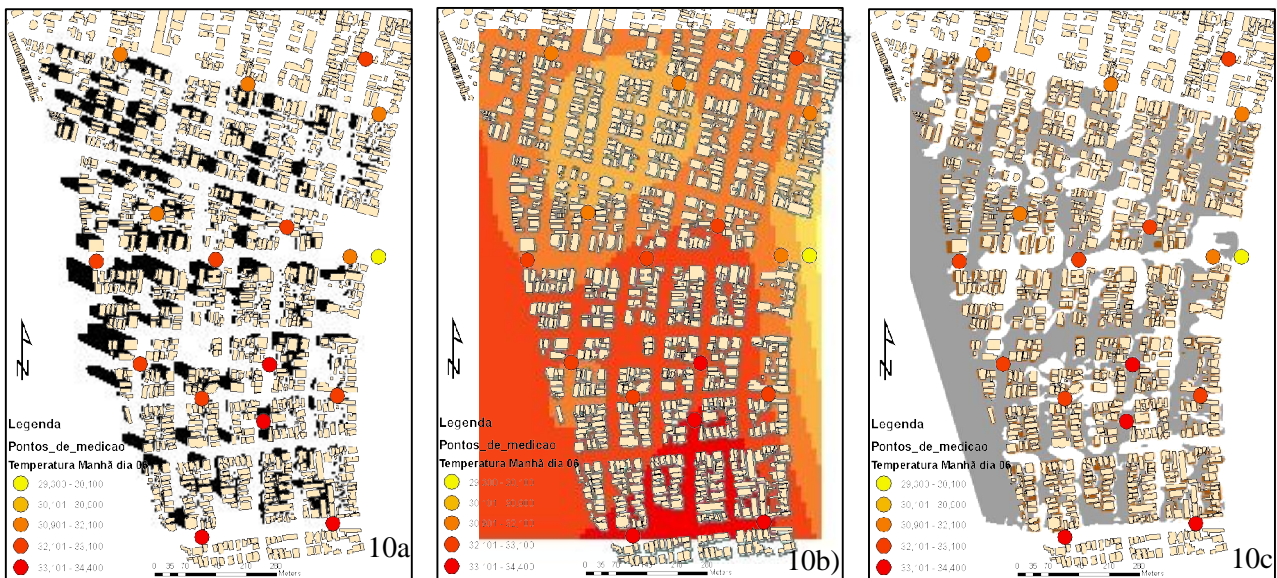


Figura 10: Projeção da sombra provocada pelos edifícios às 8h (10a); isolinhas de temperatura do ar para às 8h do dia 6 de janeiro de 2009 (10b); figura de erosão de areia para o vento leste (10c).

Com o vento soprando do quadrante sudeste, fato ocorrido no dia 8 de janeiro de 2009, as temperaturas mais elevadas se concentraram na porção mais ao leste da área (Figura 11b), onde as edificações são mais baixas e, portanto, o ambiente fica mais exposto à incidência da radiação solar, como a própria imagem do sombreamento evidencia (Figura 11a). Essa região também é a menos favorecida pela ventilação (Figura 11c), cujo escoamento é dificultado pela proximidade excessiva entre as edificações e a sua baixa altura (predomínio de edificações com um a dois pavimentos). Note-se, ainda, que os pontos onde foram observadas as menores temperaturas estão situados em áreas erodidas, ou seja, mais ventiladas (Figura 11c).

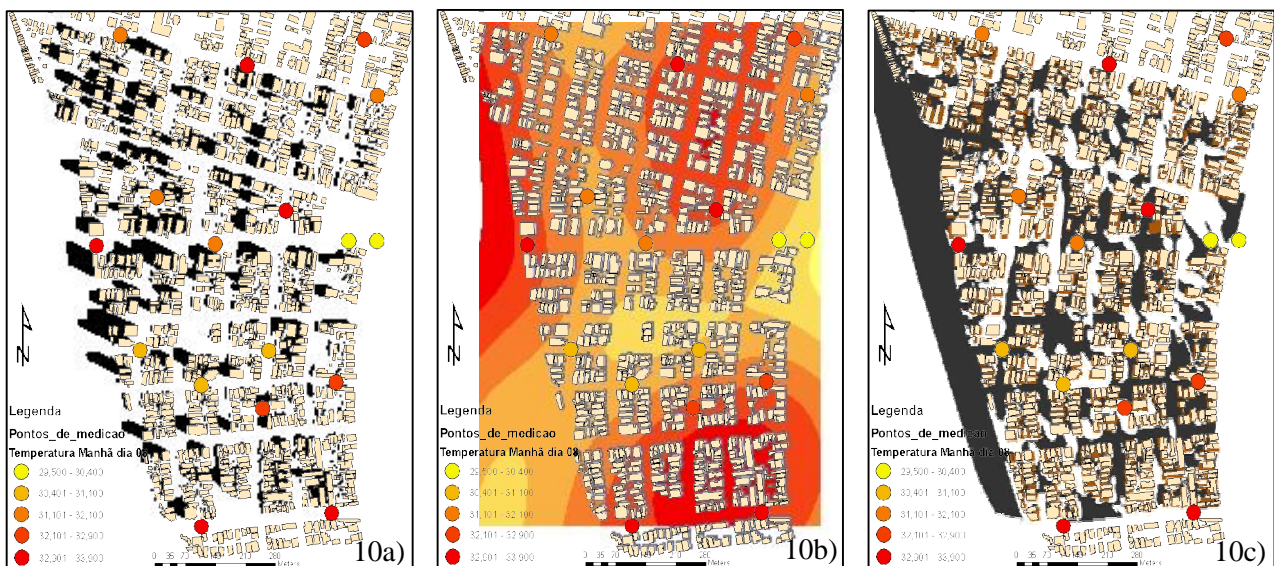


Figura 11: Projeção da sombra provocada pelos edifícios às 8h (11a); isolinhas de temperatura do ar para às 8h do dia 8 de janeiro de 2009 (11b); figura de erosão para o vento sudeste (11c).

Às 14h do dia 06 de janeiro, com vento Leste/Sudeste, quando foram feitas as medições do período da tarde, as sombras provocadas pelas edificações retornaram a aumentar sua projeção, incidindo em maior quantidade nas ruas de sentido próximo ao eixo Leste-Oeste, com direção ao Norte e nas ruas de sentido Norte-Sul, com direção para Leste (Figura 12a). Nesse horário, a temperatura do ar corresponde ao calor acumulado durante a manhã, no período de pouco sombreamento. Por este motivo, com essa direção de vento, a sombra ainda não surte tanto efeito sobre a temperatura do ar, embora o bairro de Tambaú, que é mais sombreado, tenha estado nitidamente menos quente do que Cabo Branco (Figura 12b).

No dia 08, com o vento sudeste, houve uma ligeira modificação na distribuição do calor, mantendo-se a diferença entre Tambaú e Cabo Branco e uma concentração maior de calor na porção leste, onde as edificações são mais baixas (Figura 13).



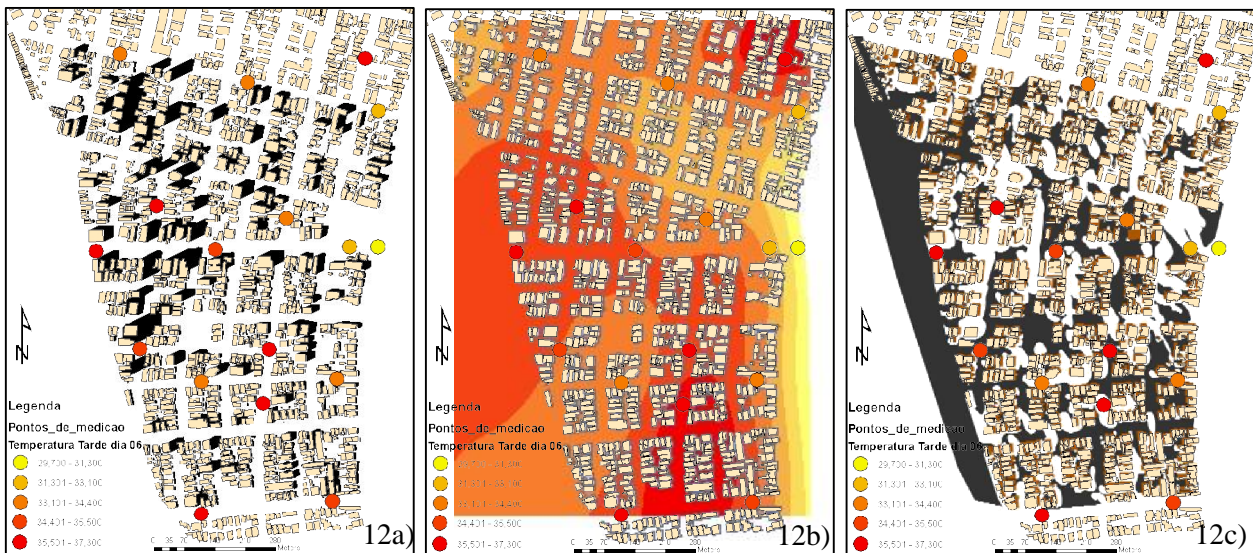


Figura 12: Projeção da sombra provocada pelos edifícios às 14h (12a); isolinhas de temperatura do ar para às 14h do dia 6 de janeiro de 2009 (12b); figura de erosão para o vento sudeste (12c).

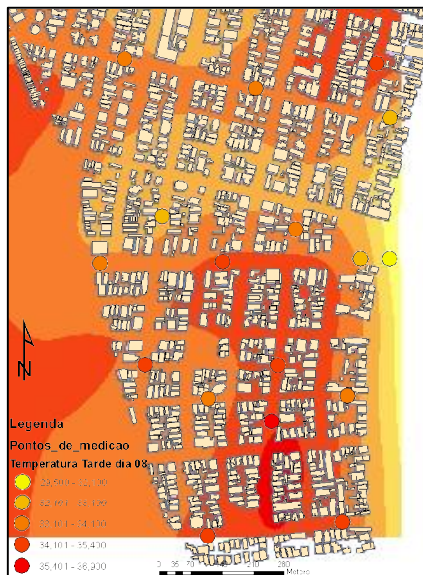


Figura 13: Isolinhas de temperatura do ar para às 19h do dia 8 de janeiro de 2009.

Observou-se, ainda, uma maior concentração de calor na porção oeste, no entorno das avenidas Nossa Senhora dos Navegantes (Tambaú) e Marcionila da Conceição (Cabo Branco), fato que se repetiu à noite (Figuras 14a e 14b). Essas avenidas são constituídas por duas e três faixas de rolamento (respectivamente) asfaltadas, mais estacionamento dos dois lados e passeios de pedestres, somando cerca de 18m de largura. Possui pouca arborização e grande fator de visão do céu (acima de 70%), permanecendo exposta à radiação solar durante todo o dia, o que deve estar contribuindo para uma grande absorção e armazenamento de calor.

À noite, por volta das 19h dos dias 6 e 8 de janeiro de 2009, quando grande parte do calor acumulado durante o dia já havia se dissipado para a atmosfera, as temperaturas ficaram mais uniformes, sendo mais elevadas no dia 6 porque o céu permaneceu durante todo o dia com menos nuvens do que no dia 8, portanto, houve uma maior incidência de radiação solar no ambiente neste dia.

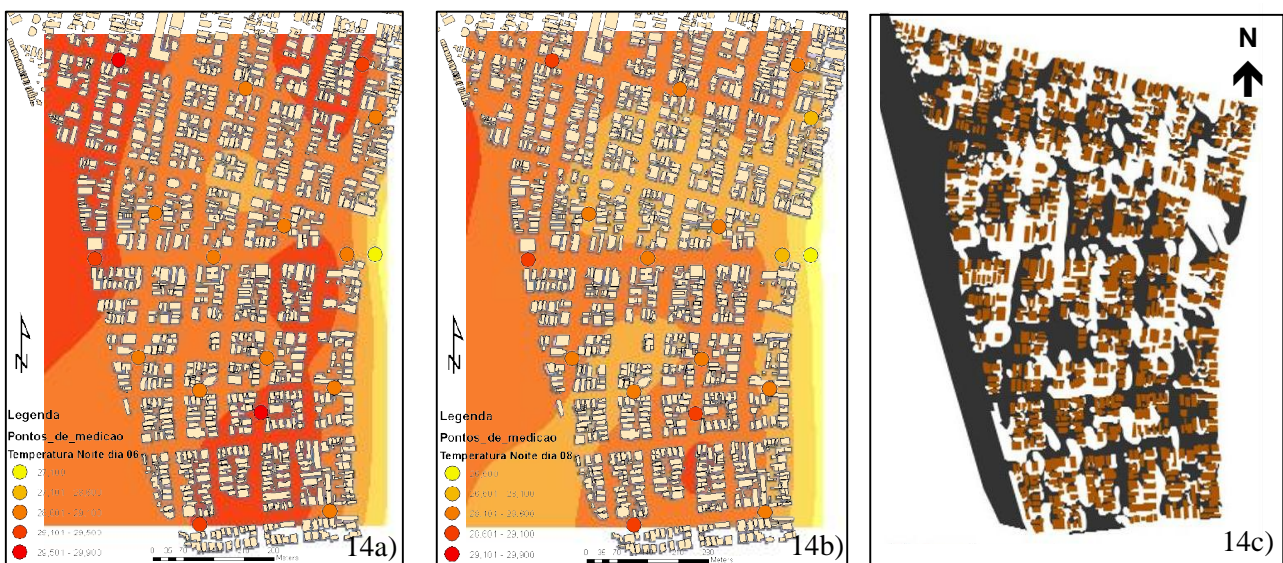


Figura 13: Isolinhas de temperatura do ar para às 19h do dia 6 de janeiro de 2009 (13a); isolinhas de temperatura do ar para às 19h do dia 8 de janeiro de 2009 (13b); figura de erosão para o vento sudeste (13c).

Mesmo com uma certa homogeneidade da distribuição do calor à noite, ainda é possível perceber que Cabo Branco permanece mais aquecido do que Tambaú.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho reforçam as conclusões obtidas por todos os trabalhos realizados na Orla Marítima de João Pessoa (SILVA, 1999; FERRAZ, 2003; PEREGRINO, 2005; CARVALHO, 2006; SANTOS 2007), alguns desses citados neste trabalho. Reforça, principalmente, a inadequação do modelo de ocupação imposto pela legislação vigente, que determina um escalonamento das edificações, que piora as condições de ventilação, não toma em consideração a exposição das edificações em relação ao Sol, gerando ambientes mais suscetíveis ao ganho e acúmulo de calor, trazendo conseqüências adversas ao conforto da população daquele local e aumentando a necessidade do uso de energia para resfriamento das edificações.

Por outro, os resultados deste trabalho revelam que a verticalização das edificações, até certo ponto, e de maneira controlada, pode ser uma aliada no uso racional do vento e da radiação solar, beneficiando o ambiente urbano e a qualidade de vida na cidade, além de contribuir para a redução do consumo energético.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASSIS, Eleonora Sad de. **Impactos da forma urbana na mudança climática; método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. São Paulo: FAUUSP, 2000. (Tese, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).
- ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985.
- BITTENCOURT, Sérgio Motta. **Interação térmica entre edifícios inseridos na malha urbana verticalizada do bairro de Boa Viagem na cidade do Recife ó PE**. João Pessoa: UFPB, 2006. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana).
- BRANDÃO, Ana Maria P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo: FFLCH/USP, 1996. (Tese, Doutorado em Geografia).
- CARVALHO, Homero Jorge Matos de. **Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude**. Rio de Janeiro: PROURB/FAU/URFJ, 2006. (Tese, Doutorado em Urbanismo).
- \_\_\_\_\_. Influência da direção dos ventos sobre as correlações entre a forma urbana e o clima. In ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2007, Ouro Preto. Anais... Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2007.
- Constituição Estadual da Paraíba**. Capítulo IV ó Da proteção do meio ambiente e do solo, Art. 229. Promulgada em 1989.
- FERRAZ, Aline Paiva Montenegro. **Estudo da repercussão das variáveis climáticas decorrentes da ocupação do solo em Intermars**. João Pessoa: PRODEMA/UFPB, 2003. (Dissertação, Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).
- SILVA, Francisco A. G.. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído; uma aplicação ao Nordeste do Brasil**. São Paulo: FAUUSP, 1999. (Tese, Doutorado em Arquitetura).
- IMAMURA-BORNSTEIN, I. R. **Observational studies of urban heat island characteristics in different climate zones**. Japão: University of Tsukuba, 1991. (Tese, Doutorado em Geociência).
- JOÃO PESSOA**. Lei Orgânica do Município. Art. 175, 1990.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: FFLCH-USP, 1975. (Tese, Livre-Docência em Geografia).
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978.
- PEREGRINO, P. **Inter-relações existentes entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú/João Pessoa ó PB**. João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana).
- PLANO DIRETOR DE JOÃO PESSOA**. Prefeitura Municipal de João Pessoa, 1992.
- SAKAMOTO, Luiza L. S. **Relações entre a temperatura do ar e a configuração do céu na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários**. São Paulo: FFLCH/USP, 1994. (Dissertação, Mestrado em Geografia).
- SANTOS, Janine Holmes dos. **Determinação e verificação de ângulos de céu decorrentes dos padrões de ocupação do solo nos bairros de Cabo Branco e Tambaú / João Pessoa ó PB**. João Pessoa: UFPB, 2007. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana).

## 7. AGRADECIMENTOS

Aos alunos Amália Soares, Cíntia Medeiros, Edevaldo Simões, Júlio Fernandes, Cristiano Morais, Marcos Santos, Karoline Nóbrega e Silvana Melo, a colaboração nas medições de temperatura e umidade relativa do ar em campo.

À Capitã Valtânia Ferreira da Silva, da Polícia Militar da Paraíba, a segurança durante as medições em campo.

Ao CNPq, o apoio financeiro através da concessão de bolsas de iniciação científica (PIBITI/CNPq).

Ao IFPB, o apoio financeiro através de bolsas de professor pesquisador e iniciação científica.