

INFLUÊNCIA DA DIREÇÃO DOS VENTOS SOBRE AS CORRELAÇÕES ENTRE A FORMA URBANA E O CLIMA

Homero J. M. Carvalho (1); Oscar D. Corbella (2)¹; Francisco A. G. da Silva (3)

(1) Professor do CEFET-PB, homerojmc@uol.com.br

(2) Professor do PROURB/FAU/UFRJ, ocorbella@terra.com.br;

(3) Professor do PPEU/CTUFPB, ffagos@yahoo.com.br.

RESUMO

Este trabalho apresenta alguns resultados da aplicação de uma nova metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima, baseada na metodologia de avaliação das ações do vento no planejamento da ocupação do solo e na teoria do sistema clima urbano. Através de experimentos em túnel aerodinâmico de camada limite atmosférica, medições de variáveis microclimáticas em João Pessoa-PB e de análises estatísticas, constatou-se que a correlação entre a forma urbana e a variação da temperatura do ar depende das condições de ventilação intra-urbana (velocidade e direção), e, ao mesmo tempo, da orientação da malha urbana, da rugosidade e da permeabilidade da forma urbana.

ABSTRACT

This work presents some results of a new methodology applied in the analysis of the interaction between the urban shape and the climate, based both in the study of the wind flow and a urban climate system theory. Through wind tunnel experiments, microclimatic variables survey in João Pessoa City and statistical analysis, it was find out that the correlation between the urban shape and the air temperature depends strongly on the intra-urban ventilation (velocity and direction), and at the same time, mainly on the urban grid, the rugosity and permeability of the urban form.

1. INTRODUÇÃO

O clima urbano, entendido como síntese das relações decorrentes do entrosamento e articulação entre os fatos naturais e urbanos, é abordado como um sistema: aberto - uma vez que é sujeito à entrada e saída de energia; singular - pois restrito à cidade; complexo - dado à variedade e intensidade de relações que nele se estabelecem; evolutivo - pois segue a dinâmica do fato urbano bem como a climática, e ainda auto-regulável - visto ser passível de ações de *feedback* por parte do Homem (MONTEIRO, 1975).

O processo de urbanização altera os escoamentos do vento através do aumento da rugosidade da superfície, elevando a camada limite atmosférica sobre a cidade e reduzindo a velocidade próxima da superfície (CHANDLER, 1976), fenômeno potencializado pelo aumento da rugosidade da superfície. Alguns estudos, como os de Assis (2000) e de Sakamoto (1994), sugerem que o comportamento térmico de algumas porções urbanas possa estar sendo influenciado pela ventilação, ou mesmo que as diferenças de temperatura entre porções distintas da cidade podem provocar uma circulação interna de ar, das áreas mais aquecidas para as menos aquecidas, mais evidenciada em períodos de calmaria (ROMERO, 1988). Para Serra (1984) e Assis (2000), a baixa correlação entre a forma urbana e a temperatura do ar em cidades litorâneas se deve à ventilação mais abundante e forte nessa região, com incidência típica dos ventos alíseos, argumento que pode ser refutado pelos resultados das pesquisas realizadas em algumas cidades litorâneas como Salvador (SAMPAIO, 1981), João Pessoa (SILVA, 1999) e Rio de Janeiro (CORBELLA & YANNAS, 2003; SOUZA E SILVA, 2003), que indicam haver ali uma relação mais complexa, em que a orientação, as dimensões e a organização

¹ Pesquisador do CNPq

das edificações no espaço urbano condicionam a ventilação, que, por conseguinte, influencia de maneira diferenciada o seu comportamento térmico. Em parte esses resultados explicam porque Sampaio (1981) não identificou correlações significativas entre a forma urbana e a temperatura do ar em Salvador, e porque Corbella & Yannas (2003) e Souza e Silva (2003) as encontraram no Rio de Janeiro.

Também há que se considerar que a grande parte dos trabalhos sobre clima urbano consideraram apenas as temperaturas e a umidade relativa do ar, sem medir a velocidade e a direção do vento no local onde foram realizados. Os que consideraram o vento, utilizaram apenas os dados medidos em campo, o que parece ser insuficiente, visto que não tiveram o controle da direção e da velocidade dos ventos incidentes na cidade, nem das mudanças ocorridas em seu escoamento intra-urbano.

Neste contexto, este trabalho objetiva demonstrar como as condições de ventilação intra-urbana (velocidade e direção) interferem nas correlações entre a temperatura do ar e a forma urbana, tomando como estudo de caso, uma porção da cidade de João Pessoa – PB, no litoral do Nordeste brasileiro.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O estudo foi realizado em uma porção da cidade de João Pessoa – PB 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. Corresponde a uma área de aproximadamente 563.000m², dividida (excluindo-se as vias) em 758 lotes distribuídos em 49 quadras, praticamente todos ocupados.

No zoneamento determinado pelo Plano Diretor de João Pessoa (1992), a área selecionada está situada na Zona Adensável Prioritária² (ZAP), cujo adensamento populacional previsto é de até 150 hab./há, 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.

3. METODOLOGIA

A aplicação da metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima (CARVALHO, 2006) parte de levantamentos em campo e documental que possibilitaram a elaboração da base cartográfica da área de estudo na escala 1:5000, constando das plantas de uso do solo, gabarito em altura, topografia, taxa de ocupação (TO) por quadra e índice de aproveitamento (IA) por quadra, todas desenhadas em CAD e plotadas em acetato transparente para posterior sobreposição.

A partir desta base cartográfica foram confeccionadas maquetes da área de estudo destinadas à realização de ensaios em túnel aerodinâmico de camada limite atmosférica, utilizando a técnica de erosão de areia (JANEIRO BORGES & SARAIVA, 1981). Os ensaios foram feitos considerando o padrão dos escoamentos locais definidos por Silva (1999) para o rumo 150°, predominante no local em estudo. Desses ensaios resultaram figuras de erosão, que foram plotadas na mesma escala das plantas confeccionadas na etapa anterior. As figuras de erosão de areia são constituídas de diversas isolinhas correspondentes, cada uma, a um valor da velocidade exterior.

Com base na cartografia e nas figuras de erosão de areia, foram feitas as análises do tipo de uso e ocupação do solo e dos escoamentos de vento no local, a partir do que foram definidos os critérios para a seleção dos pontos nos quais foram feitas medições microclimáticas:

² Zona Adensável Prioritária é aquela onde a disponibilidade de infra-estrutura básica, a rede viária e o meio ambiente permitem a intensificação do uso e ocupação do solo e na qual o índice de aproveitamento é 4,0 (Lei Complementar n.º 3, de dezembro de 1992, atualizada até a Lei Complementar n.º 4, de abril de 1993 – Plano Diretor da Cidade de João Pessoa).

- quantidade de pontos compatível com a disponibilidade de instrumentos e de tempo;
- os pares de pontos deveriam ser formados por pontos com características de uso e ocupação semelhantes, distinguindo-se entretanto as condições de ventilação;
- cada par de pontos deveria ter afastamento diferenciado em relação ao mar e diferentes tipo de uso e de ocupação do solo.

A confirmação de cada ponto foi feita através da visita *in loco*, onde foram observados outros detalhes não constantes das plantas, como fluxo de veículos e de pedestres, árvores, cores e materiais das superfícies das construções. Assim, foram selecionados quatro pares de pontos, cujas características foram anotadas em uma ficha-padrão elaborada para este fim e para facilitar sua análise posterior.

A escolha do período de medição se deu a partir dos resultados dos trabalhos de Silva (1999) e Carvalho (2001). Assim, optou-se por fazer as medições durante o mês de novembro, por estar no período de verão, com baixo índice pluviométrico, pela maior frequência das velocidades mais altas dos ventos de sudeste (predominantes) e pela menor frequência de calmaria (ventos de até 1,2 m/s).

As medições foram feitas durante 28 dias ininterruptos, das 8h às 9h, das 14h às 15h e das 20h e 21h. As medições foram feitas em transecto móvel, utilizando-se duas estações transportadas em um automóvel. Foram destinados 10 minutos para as medições em cada par de pontos, e o percurso entre estes pares durou em média 6 minutos, totalizando 60 minutos para a realização de todo o transecto.

Em cada ponto foram medidas e registradas a velocidade e a direção média do vento em 10 minutos, a umidade relativa do ar, a radiação solar a cada minuto (dez registros) e as condições do céu de acordo com a seguinte escala: claro, predominante claro, parcialmente nublado, predominante nublado, nublado e nublado com chuva fina.

As medições foram feitas a 1,5m de altura em relação ao piso, para o que se utilizou uma estação experimental composta por dois aparelhos registradores para a medição de temperatura e umidade relativa do ar, dois anemômetros portáteis para a medição de velocidade do vento, dois cata-ventos, fabricados artesanalmente, para a medição da direção do vento, um piranômetro para a medição da radiação solar e dois rádios de comunicação portáteis.

Os dados medidos foram sistematizados para posteriores análises de correlação e de regressão linear múltipla, utilizando-se o *software* SPSS. Para as análises de correlação foi utilizado o método de Pearson e para as análises de regressão o método *Stepwise*.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS MEDIDOS EM CAMPO

4.1 Caracterização dos pontos de medição

As medições microclimáticas foram realizadas em quatro pares de pontos (Fig. 1), cujas características foram anotadas em uma ficha-padrão elaborada para este fim e para facilitar a análise posterior.

Os pontos A1 e A2 estão situados a 350m do mar, numa via asfaltada com trânsito de veículos intenso. O uso do entorno desses pontos é diversificado, com a presença de restaurante, salão de beleza, pousada e academia de ginástica, além das habitações. A TO é, respectivamente, de 42,7% e 43,8%, o índice de aproveitamento IA de 1,5 e 1,7 e o fator de visão do céu (FVC) de 60,2% e 61,1%.

Os pontos B1 e B2 estavam situados numa porção próxima do mar (aproximadamente 290m), em uma área com elevada TO (54,3% e 51,5%), baixo IA (1,3 e 0,7) e FVC (71,24% e 66,94%), configurando uma ocupação mais horizontalizada. As vias eram pavimentadas com pedras de paralelepípedos, com pequeno fluxo de veículos e de pedestres. O uso no entorno era predominantemente residencial, com a presença de alguns estabelecimentos comerciais e instituições públicas, como uma delegacia de polícia e um edifício comercial.

Os pontos C1 e C2 estão situados em uma via asfaltada, com trânsito leve de veículos e pequeno de pedestre. Ficam a cerca de 550m do mar, numa área residencial, com IA 1,0 e 1,1, TO de 46,9% e 46,3% e FVC (70,02% e 69,36%).

Os pontos D1 e D2 estão situados a uma distância de aproximadamente 650m em relação ao mar, numa área com TO um pouco mais baixa (42,1% e 37,9%), IA mais elevado (1,6 e 1,9) e com FVC mais baixo do que no primeiro par (62,04% e 59,16%), indicando uma área mais verticalizada. A via

onde se situam esses dois pontos também é pavimentada com paralelepípedos, sendo trafegada por pequenos fluxos de veículos e pedestres. O uso é residencial, observando-se apenas a presença de uma escola de ensino fundamental.

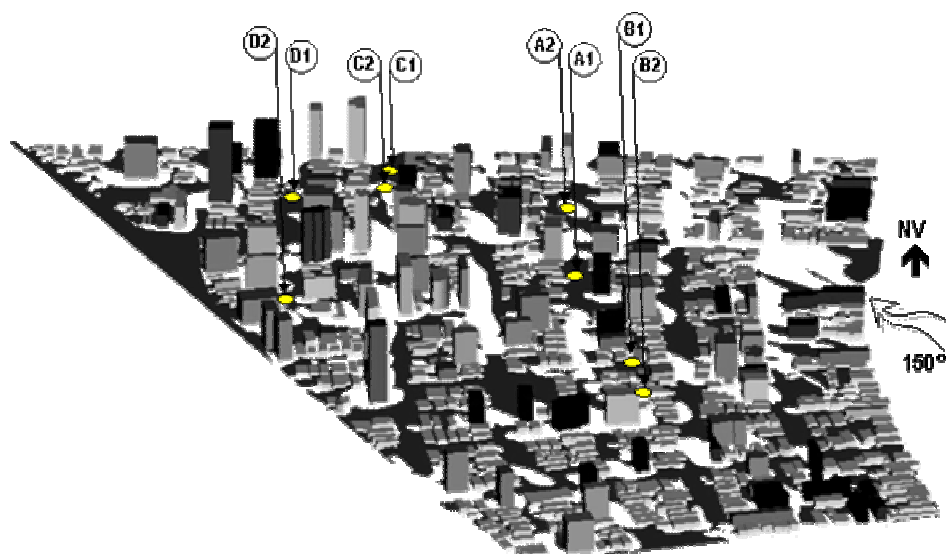


Figura 1. Perspectiva da área com a indicação dos pontos de medição e figura de erosão de areia para vento sudeste.

4.2 Descrição e análise dos dados medidos em campo

Para a análise climática urbana baseada no ritmo das variações do tempo, é necessário tomar como referência os fenômenos atmosféricos (em escala global e local) ocorridos no período do levantamento de dados, a fim de se identificar possíveis alterações rítmicas que possam modificar as relações entre as variáveis envolvidas no estudo em desenvolvimento. Para este fim, tomaram-se como referência mapas sinóticos de temperatura do ar e umidade relativa do ar³ e registros horários de pressão atmosférica e de velocidade e direção do vento medidos na estação de referência.

Embora o período para a realização das medições (3 a 30 de novembro de 2004) tenha sido selecionado a partir de registros anteriores, tratados na forma de normais climatológicas, verificou-se que houve uma mudança significativa da direção e da velocidade do vento incidente na cidade de João Pessoa, medidos na estação de referência, situada em área não urbanizada da cidade. Na primeira parte do período de medições, aproximadamente de 3/11 a 18/11, predominou a incidência dos ventos do quadrante sudeste, enquanto que na segunda parte predominaram os ventos de leste e nordeste.

Percebeu-se, também, que a variação da velocidade do vento esteve associada à sua direção, sendo mais elevada quando o vento soprou de sudeste. A mesma relação foi verificada para a temperatura do ar, que se elevou quando os ventos passaram a soprar de leste e nordeste. Essas modificações se devem à chegada dos meses mais quentes (novembro a março), quando a frequência dos ventos é modificada através dos ventos de leste e de nordeste, vindos das áreas equatoriais na corrente de deslocamento em direção sul da Zona de Convergência Tropical Interna⁴. Quando isso ocorre, forma-se uma massa de ar quente que barra a passagem dos ventos oriundos do oceano atlântico, tornando-os mais fracos.

Devido a essas condições, as correlações entre a forma urbana e a temperatura do ar e entre esta e as variáveis climáticas consideradas se modificam em função do horário de medição e da direção do vento predominante no período determinado, como se observa na descrição a seguir.

³ Os mapas sinóticos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, publicados no site www.inmet.gov.br.

⁴ Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é composta de um aglomerado de nuvens distintas, com escala de poucas centenas de quilômetros, os quais estão associadas a uma zona alongada de baixa pressão. Trata-se do encontro dos ventos alísios de NE e SE, localizando-se entre as duas altas subtropicais dos hemisférios Norte e Sul. Nesse ponto, sofre um deslocamento sazonal (varia com a estação do ano). Situa-se em latitudes próximas ao equador, no verão do hemisfério sul, e desloca-se para latitudes do hemisfério Norte, no verão do hemisfério Norte.

4.2.1 Análise de correlação e regressão linear múltipla

Nesta análise foram considerados os dados medidos em todos os pontos de medição, de maneira que fosse possível acrescentar ao grupo das variáveis independentes as variáveis relacionadas à forma urbana. Da mesma maneira que as análises ponto a ponto, estas foram feitas por turno e para os estratos de dias diferenciados pela direção dos ventos incidentes.

As Figuras 2 e 4 mostram a complexidade das relações entre as variáveis climáticas e as variáveis da forma urbana quando o vento soprou de sudeste, e as Figuras 3, 5 e 6 mostram as relações verificadas quando os ventos sopraram de leste e nordeste nos três turnos considerados. Essas figuras apresentam apenas as correlações significativas existentes entre as variáveis consideradas na análise. Para simplificar as figuras e facilitar a sua interpretação, não são apresentadas as correlações entre os elementos da morfologia.

4.2.1.1 Manhã

Durante a manhã, com vento sudeste, a variável que obteve a correlação mais forte com a temperatura do ar foi a distância do ponto de medição em relação ao mar, com $r = 0,43$, ao nível de significância $p = 0,00$, demonstrando que neste período a temperatura tendeu a elevar-se à medida que se afastava do mar (Fig. 2).

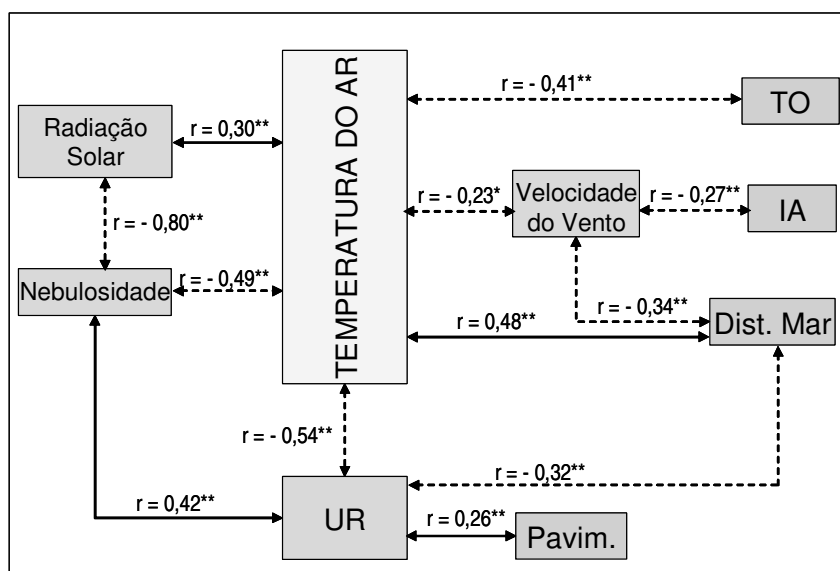


Figura 2. Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da manhã com vento sudeste.

Legenda: r – Correlação de Pearson - * Correlação significativa ao nível de 0,05 - ** Correlação significativa ao nível de 0,01 - UR – Umidade relativa do ar; T.O. – Taxa de ocupação; I.A. – Índice de aproveitamento; FVC – Obstrução do céu; Pavim. – Tipo de pavimento; Dist. Mar – Distância em relação ao mar.

As análises indicaram também que a temperatura tendeu a diminuir nos pontos situados em porções com taxas de ocupação mais elevadas ($r = -0,380$ e $p = 0,000$). Entretanto, identificou-se nessas condições o efeito de colinearidade provocado pela taxa de ocupação e a distância em relação ao mar, de maneira que apenas esta última comporá o modelo explicativo das variações de temperatura.

Quanto às correlações com as outras variáveis climáticas, verificou-se que ocorreu o efeito de colinearidade provocado pela nebulosidade e pela radiação solar. A umidade relativa do ar e a nebulosidade se correlacionaram inversamente com a temperatura ($r = -0,38$ e $-0,36$, respectivamente).

Com $R^2 = 44,1\%$, o modelo explicativo das variações da temperatura com o vento sudeste foi formado pelas variáveis umidade relativa do ar ($r^2=22,2\%$), distância em relação ao mar ($r^2=9,0\%$), nebulosidade ($r^2=4,8\%$), tipo de pavimento ($r^2=4,6\%$) e fator de visão do céu ($r^2=2,5\%$), estas duas últimas integrando o modelo mesmo com correlações insignificantes.

Com ventos leste e nordeste, uma maior quantidade de variáveis se correlacionou significativamente com a temperatura do ar (Fig. 3), sendo a correlação com a umidade relativa do ar a mais forte ($r = -0,639$), seguida das correlações com a radiação solar ($r = 0,527$) e com a velocidade do vento ($r = -0,453$). As correlações entre a temperatura do ar e demais variáveis foram fracas, no entanto, os valores de significância indicam que essas variáveis devam ser consideradas co-responsáveis pela alteração do comportamento da temperatura.

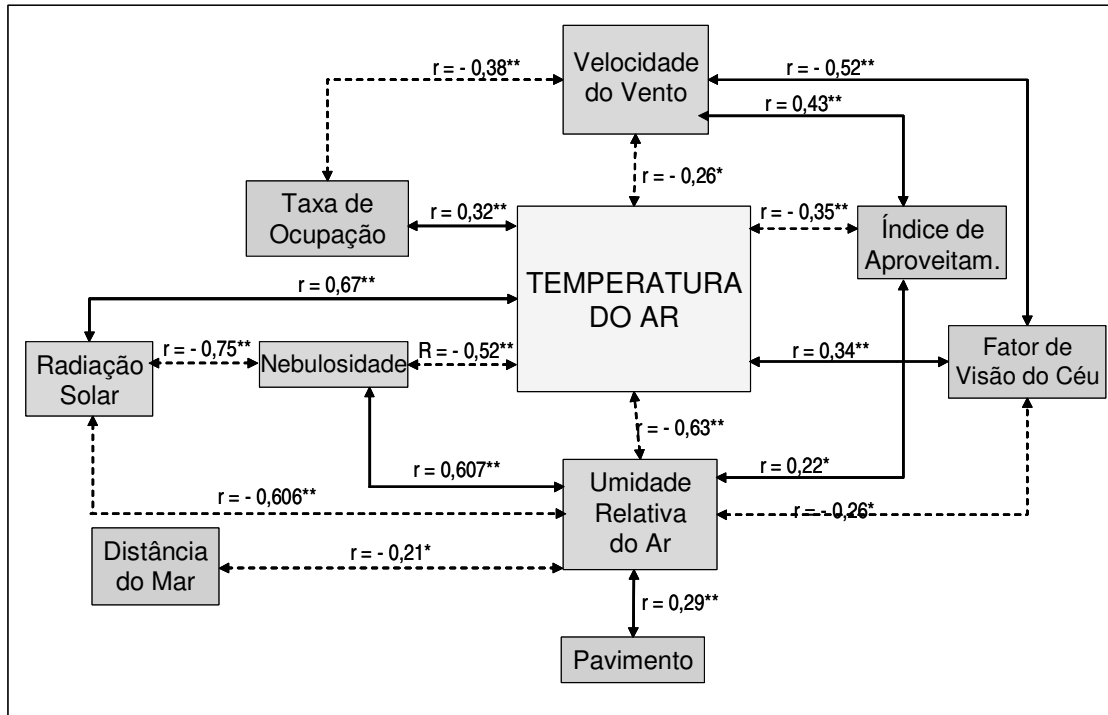


Figura 3. Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da manhã com ventos leste e nordeste. Legenda: *Idem* Figura 2.

Na análise de regressão *stepwise* verificou-se que houve o efeito de colinearidade provocado pela relação entre a radiação solar e a condição do céu, e de multicolinearidade provocado pela taxa de ocupação, pelo índice de aproveitamento e pelo fator de visão do céu. Assim, fazendo-se um ajustamento, obtém-se a umidade relativa do ar ($r^2=40,8\%$), a velocidade do vento ($r^2=10,6\%$), a radiação solar ($r^2=6,5\%$), a taxa de ocupação ($r^2=8,1\%$) e o fator de visão do céu ($r^2=4,4\%$). Juntas, essas variáveis explicaram 70,4% das variações da temperatura do ar.

4.2.1.2 Tarde

À tarde, com vento sudeste, a variável velocidade do vento passou a manter uma correlação mais forte com a temperatura do ar, com $r = -0,494$ e $p = 0,00$, indicando que a temperatura tende a diminuir à medida que a velocidade do vento aumenta (Fig. 4). Entretanto, o tipo de pavimento foi a variável que mais fortemente se correlacionou com a temperatura ($r=0,634$), indicando que a temperatura tendeu a permanecer mais elevada nos pontos situados nas vias pavimentadas com asfalto.

Com ventos de leste e nordeste, o fator de visão do céu ($r=0,529$) e a velocidade do vento ($r= -0,517$), seguidos do índice de aproveitamento ($r= -0,415$), foram as variáveis que mais fortemente se correlacionaram com a temperatura do ar (Fig. 5). As demais mantiveram uma correlação fraca, no entanto, os níveis de significância indicam que estas contribuem, em alguma medida, para as variações de comportamento da temperatura.

O modelo explicativo das variações foi formado por sete das nove variáveis consideradas, excluindo-se apenas a radiação solar e a umidade relativa do ar, que provocaram o efeito de multicolinearidade junto com a nebulosidade. O tipo de pavimento explicou 40,2%, a condição do céu 16,7%, a velocidade do vento 8,7%, o índice de aproveitamento 2,9%, a taxa de ocupação 1,8%, a distância em relação ao mar 1,6% e o fator de visão do céu 0,9%, totalizando 72,8%.

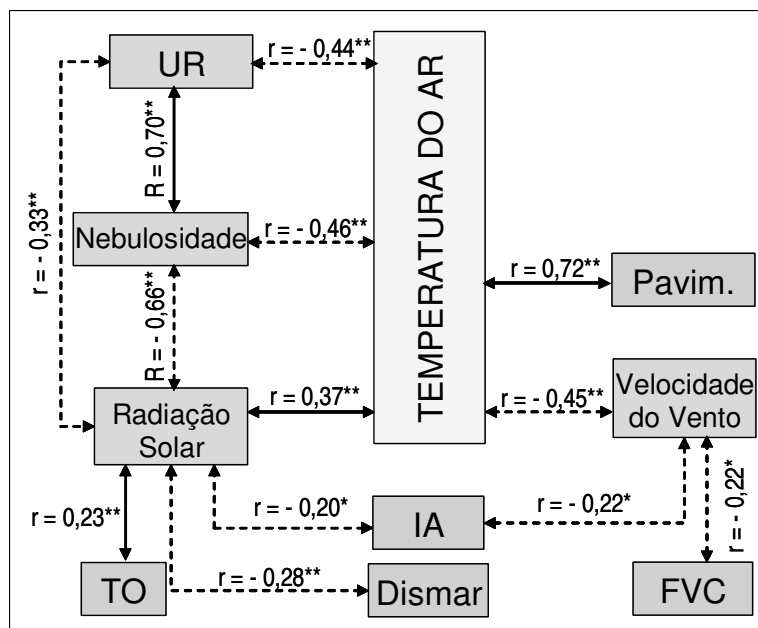


Figura 4. Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da tarde com vento sudeste. Legenda: *Idem* Figura 2.

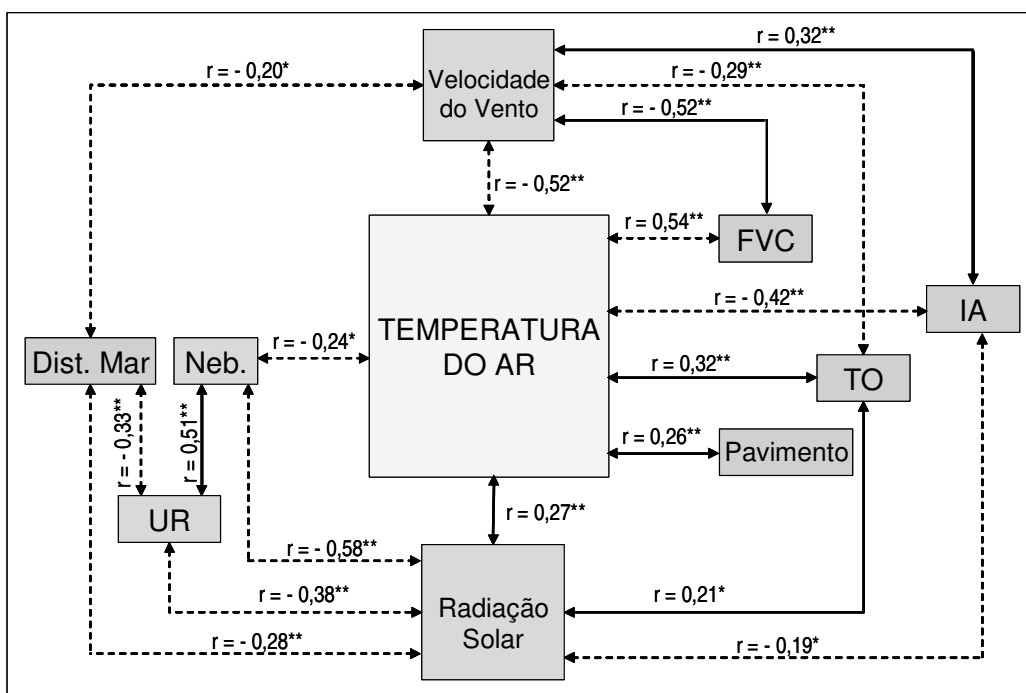


Figura 5. Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da tarde com ventos leste e nordeste. Legenda: *Idem* Figura 2.

Neste caso, o modelo explicativo das variações da temperatura foi composto pelo fator de visão do céu ($r^2=28,0\%$), pela velocidade do vento ($r^2=8,1\%$), pelo tipo de pavimento ($r^2=6,2\%$) e pela condição do céu ($r^2=3,7\%$).

4.2.1.3 Noite

À noite não foram verificadas correlações significativas com a temperatura do ar quando o vento soprou de sudeste, possivelmente pela pequena diferença nos valores de temperatura entre os pontos medidos, verificada ao longo de todo o período de medição.

Com ventos leste e nordeste as correlações verificadas foram fracas, porém significativas (Fig. 6). A nebulosidade ($r=0,494$ e $p=0,000$), a velocidade do vento ($r= -0,464$ e $p=0,000$) e o fator de visão do céu ($r=0,443$ e $p=0,000$) foram as variáveis que mais fortemente se correlacionaram com a temperatura do ar.

Como ocorreu o efeito de colinearidade provocado pela velocidade do vento e o fator de visão do céu, apenas a nebulosidade ($r^2=24,4\%$) e a velocidade do vento ($r^2=24,9\%$) compuseram o modelo explicativo das variações da temperatura do ar, com $R^2=49,3\%$.

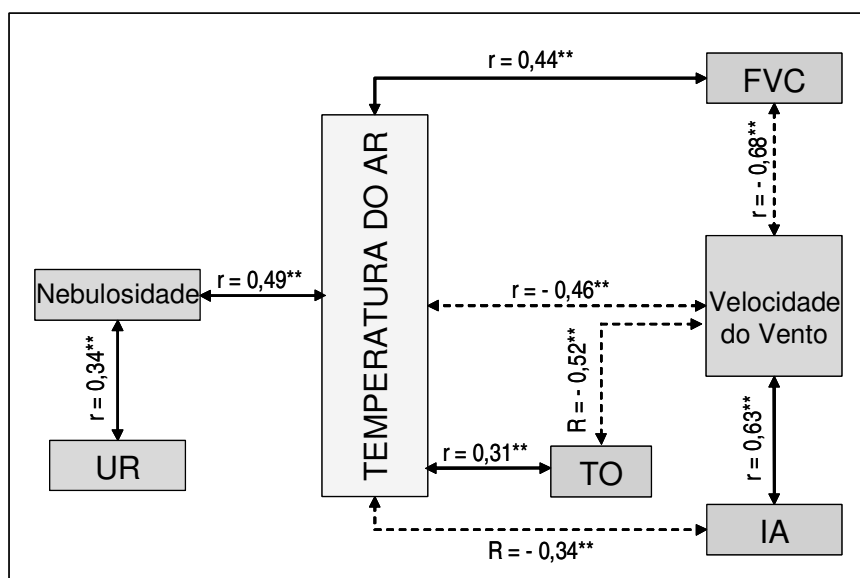


Figura 6. Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da noite com ventos leste e nordeste. Legenda: *Idem* Figura 2.

5. CONCLUSÕES

As correlações foram mais nítidas com os ventos mais lentos de leste e nordeste. A moderada correlação entre a temperatura do ar e a forma urbana, através das variáveis taxa de ocupação, índice de aproveitamento e fator de visão do céu, indica um alto grau de homogeneidade na ocupação da área estudada, notando-se um leve adensamento da porção oeste com edifícios mais altos e maior espaçamento entre eles, e uma ocupação mais horizontal na porção leste, com a predominância de edificações com até dois pavimentos.

Também se deve ao grande número de variáveis envolvidas, muitas delas se relacionando fortemente e causando efeitos de colinearidade e multicolinearidade. Entretanto, pelos níveis de significância e coeficientes de determinação (r^2) encontrados, os índices de correlação parecem ser satisfatórios para o campo da climatologia urbana.

O comportamento climático do ambiente observado ao longo do dia se explica através da compreensão dos processos físicos de trocas térmicas, condicionados pela interação clima-estrutura urbana. Dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- não é possível estabelecer como regra que o aumento da densidade construída (e assim, a verticalização das construções) provoque a elevação da temperatura. Os resultados apresentados aqui indicaram exatamente o contrário, o que remete à hipótese de que até um certo limite a verticalização das edificações contribui para a redução da temperatura, pois aumenta o sombreamento das ruas e, em alguns casos, provoca a aceleração dos ventos;
- deve-se, no caso dos climas tropicais úmidos, buscar uma forma urbana que proporcione ambientes com uma menor quantidade de horas de exposição ao sol (apenas o suficiente para a higienização) e ventilação abundante, com velocidades dentro dos limites de conforto e segurança aos pedestres; o comportamento verificado nos pontos D1 e D2, à tarde, com temperatura do ar variando, em média, de $-0,18^{\circ}\text{C}$ a $+0,48^{\circ}\text{C}$ em relação ao aeroporto, reforça a essa afirmativa;

- os resultados apresentados mostraram o quanto a velocidade do vento, a umidade relativa do ar, a nebulosidade e a radiação solar interferem na temperatura, estando essas variáveis também condicionadas pela forma urbana, cuja função no sistema é, em parte, controlar os escoamentos e a incidência da radiação solar no ambiente;
- é equivocado atribuir à maior incidência de ventos mais fortes e constantes nas cidades litorâneas, a fraca correlação entre a forma urbana e a temperatura do ar, como afirmam ASSIS (2000) e SERRA (1984). Em primeiro lugar há que ser considerada a temperatura do escoamento (de vento). Em segundo lugar, se a forma urbana não for permeável à ventilação predominante no local, essa (mesmo com temperatura inferior à estrutura urbana) não será capaz de retirar o calor armazenado no interior da cidade. Em João Pessoa, as maiores correlações entre a temperatura do ar e a forma urbana ocorreram exatamente quando estas também foram boas com a velocidade do vento, principalmente quando os ventos sopraram de leste e de nordeste à tarde. Daí a importância dos experimentos em túnel aerodinâmico para o conhecimento mais aprofundado do comportamento desta variável;
- a correlação inversa entre a temperatura do ar e a condição do céu (nebulosidade) também não é absoluta. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que essas correlações tendem a ser inversas, pela manhã e à tarde, e diretas à noite. A nebulosidade forma uma barreira à passagem da radiação, da atmosfera para a cidade durante o dia, e da cidade para a atmosfera durante a noite;
- as correlações verificadas indicam que a velocidade do vento tende a diminuir à medida que se adentra ao continente, resultado coerente com os perfis de velocidade do vento medidos por PEREGRINO (2005) no túnel aerodinâmico para esta mesma área. Já se faz perceber o efeito negativo do escalonamento do gabarito em altura dos edifícios desta área, conforme induz a legislação urbana local;
- a ilha de calor diurna verificada no local apresenta uma magnitude de 2,3°C em média e máxima de 3,7°C com ventos leste e nordeste no período observado, valores preocupantes, já que a área estudada ainda é pouco adensada e se encontra no primeiro plano em relação à incidência dos ventos dominantes, o que leva a crer que as porções mais centrais da cidade podem estar ainda mais aquecidas;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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).
- CARVALHO, Homero Jorge Matos de. *Parâmetros climatológicos para o estudo do balanço termo-energético de edificações da cidade de João Pessoa – PB*. Natal: UFRN, 2001. (Dissertação, Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).
- _____. *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/UFRJ, 2006. (Tese, Doutorado em Urbanismo).
- CHANDLER, T. J. *Urban climatology and its relevance to urban design*. WMO – Nº 438, Geneva: 1976.
- Constituição Estadual da Paraíba**. *Capítulo IV – Da proteção do meio ambiente e do solo*, Art. 229. Promulgada em 1989.
- CORBELLA, Oscar D.; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- JANEIRO BORGES, A. R. e SARAIVA, J. A. G., *Erosion technique for assessing ground level winds*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1981.
- 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).

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 – PB*. João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana).

PLANO DIRETOR DE JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa, 1992.

ROMERO, Marta Adriane Bustos. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Projeto, 1988.

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).

SAMPAIO, A. H. L. *Correlações entre uso do solo ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo: FFLCH/USP, 1981. (Dissertação, Mestrado em Geografia).

SERRA, Geraldo Gomes. *O espaço natural e a forma urbana*. São Paulo: Nobel, 1984.

SILVA, Francisco A.. *O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao Nordeste do Brasil*. São Paulo: FAUUSP, 1999. (Tese, Doutorado em Arquitetura).

SOUZA E SILVA, C. A. de. *Critérios para aquisição e análise de dados bioclimáticos urbanos em espaços abertos visando o conforto ambiental*. Rio de Janeiro: PROURB/ FAU/UF RJ, 2003. (Dissertação, Mestrado em Urbanismo).