



CORRELAÇÕES ENTRE ATRIBUTOS DA MORFOLOGIA URBANA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM UMA FRAÇÃO URBANA DA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB

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

(1) Professor do CEFET-CE, Doutorando do PROURB/FAU/UFRJ, 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 contém os resultados da aplicação da metodologia objeto da tese de doutorado intitulada “*Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude*”, em desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. Os resultados demonstraram como as relações entre as diversas variáveis climáticas estudadas se modificam ao longo do tempo, reafirmando o caráter complexo do sistema clima urbano, em acordo com a Teoria do Sistema Clima Urbano (SCU), MONTEIRO (1975).

ABSTRACT

This essay contains results from the application of the methodology, which is the main object for the PhD thesis entitled “*Methodology for the analysis for interactions between the urban structure and it's climate: application to a Brazilian city with a coastal climate and low latitude*”, which is being developed at the Post-Graduation Program of Urbanism at the UFRJ's Architecture and Urbanism Department. The results show us how the relations between the diverse climatic varieties studied may suffer modifications through the time, reasserting the urban climate's complex character, according to the Urban Climate System Theory (SCU), MONTEIRO (1975).

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).

Estudos realizados até este momento revelaram que o processo de urbanização altera os escoamentos do vento, elevando a camada limite atmosférica e reduzindo a velocidade próxima da superfície (CHANDLER, 1976), sendo tal efeito potencializado na medida em que se aumenta a rugosidade da superfície. Outros estudos, como os de ASSIS (2000) e de SAKAMOTO (1994), suspeitam da possibilidade de o comportamento térmico de algumas porções urbanas estar sendo influenciado pela ventilação, ao passo que ROMERO (1988) afirma 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.

* Pesquisador do CNPq

SERRA (1984) e ASSIS (2000) acreditam que 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 aliseos. Entretanto, estudos realizados em algumas cidades litorâneas como Salvador (SAMPAIO, 1981), João Pessoa (GONÇALVES DA SILVA, 1999) e Rio de Janeiro (CORBELLA & YANNAS, 2003; SOUZA E SILVA, 2003), indicam que há aí uma relação mais complexa, em que a forma urbana (orientação, dimensões e organização das edificações no espaço) condiciona a ventilação, que, por conseguinte, influencia de maneira diferenciada o comportamento térmico de uma determinada parcela urbana. Isso explica, em parte, porque SAMPAIO (1981) não identificou correlações significativas entre a forma urbana e a temperatura do ar em Salvador, e porque CORBELLA e YANNAS (2003) e SOUZA E SILVA (2003) as encontraram no Rio de Janeiro.

Grande parte dos trabalhos sobre clima urbano não mediu a velocidade e a direção do vento no local onde foram realizados, considerando apenas a temperatura e a umidade relativa do ar. Quando o fizeram, consideraram apenas as medições em campo, o que não foi suficiente para assegurar tais afirmações, 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.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Aplicou-se a metodologia em uma porção da cidade de João Pessoa – PB limitada a leste pelo Oceano Atlântico, a oeste pelo Rio Juagaribe, a norte pela Av. Sen. Rui Carneiro e R. Helena Maria Lima e a sul pela Av. José Américo de Almeida (Figura.1), 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 Prioritária¹ (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 para o Município de João Pessoa (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 sizígia² 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 um comércio local e de serviços, especialmente, hotéis, pousadas, bares e restaurantes.

3. METODOLOGIA

A aplicação da metodologia desenvolvida deu-se a partir 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 por quadra e índice de aproveitamento 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, 1980). Os ensaios foram feitos considerando o

¹ “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, e nos termos desta lei” (Lei Complementar nº. 3, de dezembro de 1992, atualizada até a Lei Complementar nº 4, de abril de 1993 – Plano Diretor da Cidade de João Pessoa).

² O movimento de translação da Lua, também conhecido como dia lunar, tem a duração aproximada de 24h e 50 min., dividindo-se este tempo em 4 períodos, teremos quatro turnos de aproximadamente 6h e 12 minutos, que é a duração de cada maré e suas variações, de preamar a baixa-mar. Nos períodos de Luas grandes (Cheias e Novas), onde a Terra, o Sol e a Lua estão em oposição ou conjunção, ocorre uma somatória de forças desses astros, e o movimento das marés atinge seu ponto extremo (tanto nas preamares quanto nas baixa-mares), fazendo assim que ocorram as marés de sizígia ou de águas-vivas (marés de grande amplitude).

padrão dos escoamentos locais definidos por GONÇALVES DA 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:

- 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 (Figura 1), cujas características foram anotadas em uma ficha-padrão elaborada para este fim e para facilitar sua análise posterior.

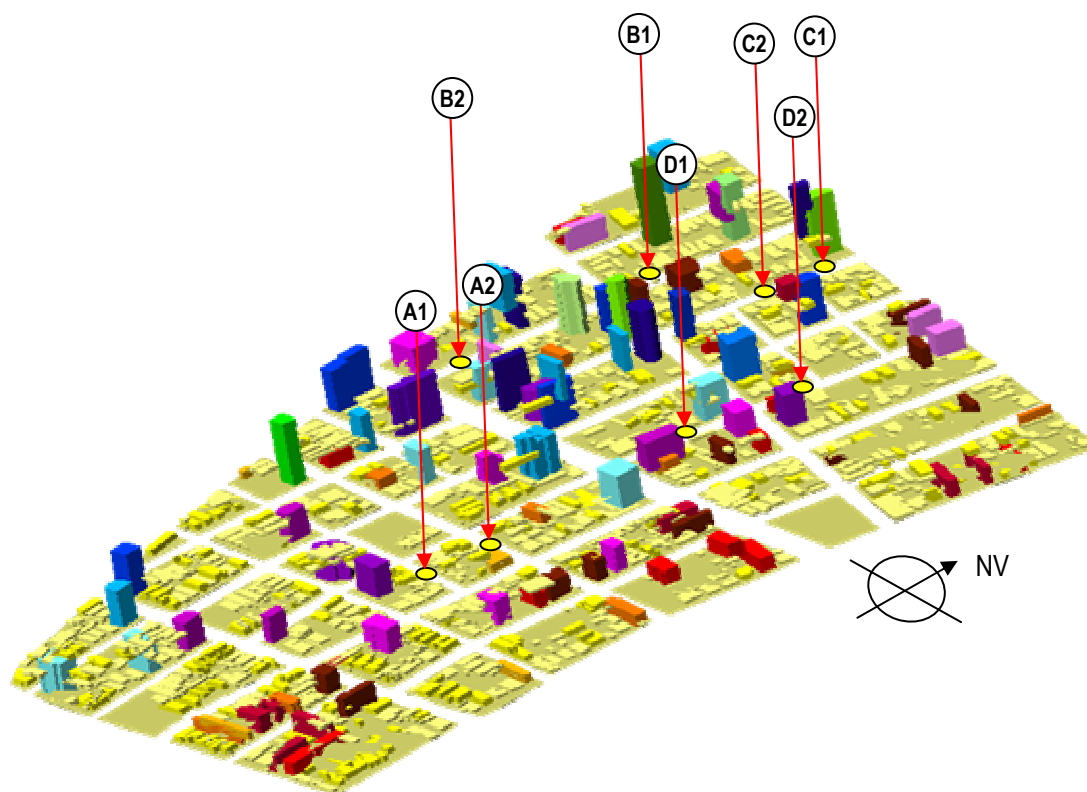


Figura 1: Vista aérea da área com a indicação dos pontos de medição.

A escolha do período de medição se deu a partir dos resultados dos trabalhos de GONÇALVES DA SILVA (1999) e CARVALHO (2001). Assim, optou-se por fazer as medições durante o mês de novembro, por ser o período de verão com baixo índice pluviométrico, pela maior frequência das velocidades mais altas dos ventos de sudeste (predominantes) e pela menor frequência de calma (ventos com menos de 1,2 m/s).

Devido às limitações de recursos, as medições foram feitas durante 28 dias ininterruptos, das 8h às 9h, das 14h às 15h e das 20h e 21h. Como só havia um par de instrumentos, as medições foram feitas em transecto móvel, utilizando-se 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 média e a direção predominante do vento em 10 minutos, a temperatura, a umidade relativa do ar e a insolação 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 utilizou-se 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 solarímetro para a medição da insolação e dois rádios de comunicação portáteis. Todos os instrumentos foram aferidos antes das medições.

Como os registradores não eram adequados para medições em ambiente externo, exposto à radiação solar direta, se fez necessário confeccionar um abrigo para protegê-los. Foram utilizadas caixas plásticas de sorvete na cor branca, nas quais foram abertas algumas aletas para favorecer a ventilação no seu interior.

Os dados referentes à insolação, à direção do vento e à condição do céu foram anotados numa caderneta elaborada para este fim. Os de temperatura e de umidade relativa do ar foram armazenados nos *dataloggers* e transferidos para um computador ao final de cada dia de medição, a partir do que 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

Com base nas médias aritméticas de cada variável, calculadas para cada ponto do transecto, e nas análises de correlação e de regressão considerando os dados medidos em todos os pontos do transecto, fez-se a análise comparativa entre os pontos observados, identificando as variáveis que contribuíram para provocar possíveis diferenças entre os pontos observados. Nas análises de correlação e de regressão, para cada horário de medição, foram considerados os dados medidos em todos os pontos de medição. As Figuras 2, 3 e 4 demonstram a complexidade das relações entre as variáveis climáticas e as variáveis da forma urbana.

a) Manhã

Durante a manhã, a variável que obteve a correlação mais forte com a temperatura foi a umidade relativa do ar, com $r = -0,53$ e nível de significância $p = 0,00$. O valor negativo (correlação inversa) indica que neste período a temperatura tendeu a diminuir à medida que a UR se elevou (Figura 2).

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 índices de aproveitamento 1,0 e 1,1, taxas de ocupação de 46,9% e de 46,3% e fator de visão do céu alto (70,02% e 69,36%).

Os pontos D1 e D2 estão situados a 350m do mar, também numa via asfaltada, porém com trânsito de veículos intenso. O uso é misto, com a presença de restaurante, salão de beleza, pousada e academia de ginástica, além das habitações. A taxa de ocupação é de 42,7% e 43,8%, índice de aproveitamento de 1,5 e 1,7 e coeficiente de visão do céu de 60,2% e 61,1%.

Embora as correlações sejam fracas, os valores de significância indicam que essas variáveis devam ser consideradas co-responsáveis pela alteração do comportamento da temperatura. Na análise de regressão *stepwise* verificou-se que houve o efeito de colinearidade provocado pela relação entre a insolação e a condição do céu. Assim, fazendo-se um ajustamento, tem-se que a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, juntas, explicam 40,1% das variações da temperatura, sendo 32% atribuídos à UR e 8,1% à velocidade do vento.

Observando as médias das temperaturas registradas no período de medição no turno da manhã, verifica-se que os pontos que permaneceram mais aquecidos foram C1 e B2, seguidos de C2, B1 e A2. A1, enquanto que D1 e D2 permaneceram menos aquecidos (Gráfico 1). Essa diferença pode ser atribuída, em parte, ao horário de medição, visto que as medições sempre se iniciaram nos pontos D1 e

D2, das 8h às 8h10min, e concluídas nos pontos B1 e B2 às 9h, tempo suficiente para haver um aumento significativo da radiação solar, e, conseqüentemente, do aquecimento do ambiente.

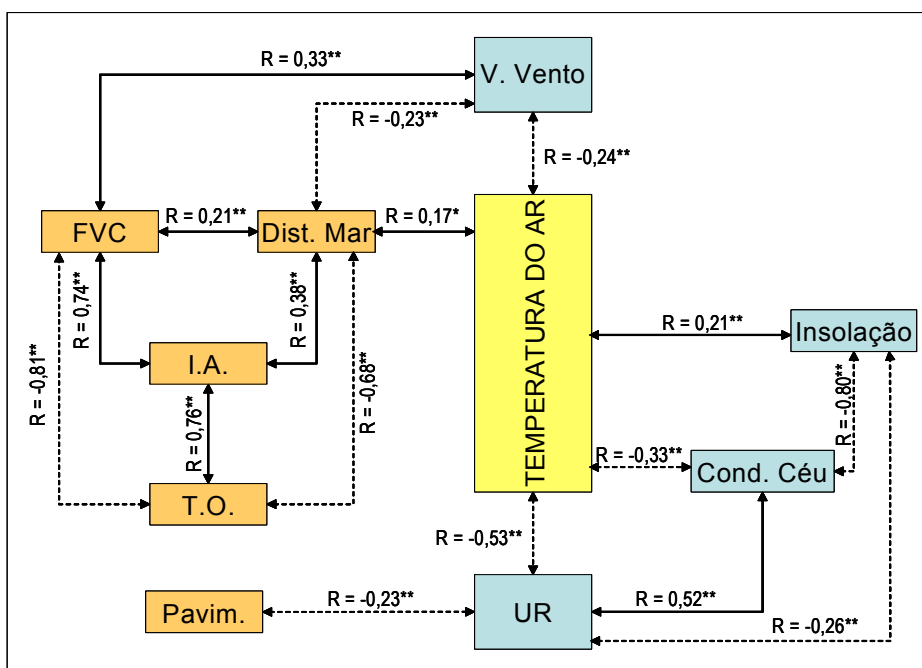


Figura 2: Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da manhã

LEGENDA:

r – Correlação de Pearson

* Correlação significativa ao nível de 0,05; ** Correlação significativa ao nível de 0,01

UR – Umidade relativa do ar; V. Vento – Velocidade do vento; Cond. Céu – Condição do céu; 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.

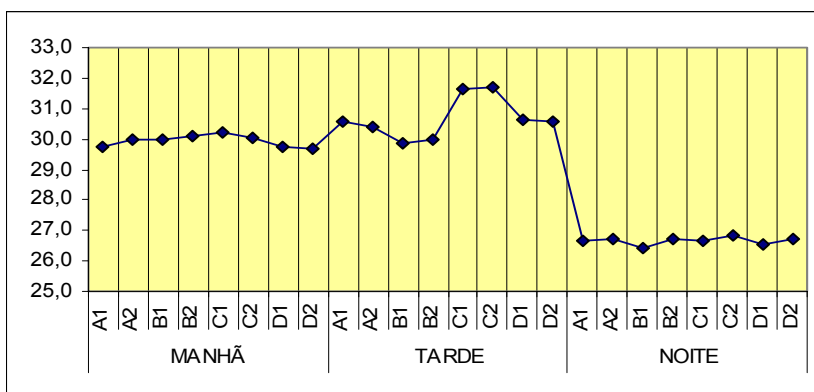


Gráfico 1: Média das temperaturas registradas em cada ponto para os três turnos de medição

As diferenças de temperatura entre os pontos variaram entre 0,4°C (em 3/11/05) e 2,5°C (em 4/11/05). Porém, através das análises de correlação e de regressão, observou-se que a umidade manteve uma maior correlação com a temperatura, indicando que os pontos menos úmidos permaneceram mais aquecidos na maior parte do tempo. Isso ocorreu exatamente nos pontos A2, C1, C2, B1 e B2 (Figura 2).

Os pontos C1, C2, B1 e B2 permaneceram menos úmidos (Gráfico 2), possivelmente por dois motivos: a insolação mais elevada devido ao horário de medição e à distância em relação ao mar, perceptível pela (ainda que reduzida) correlação entre as variáveis umidade relativa do ar e distância em relação ao mar ($r = -0,23$ e $p = 0,001$) (Figura 2).

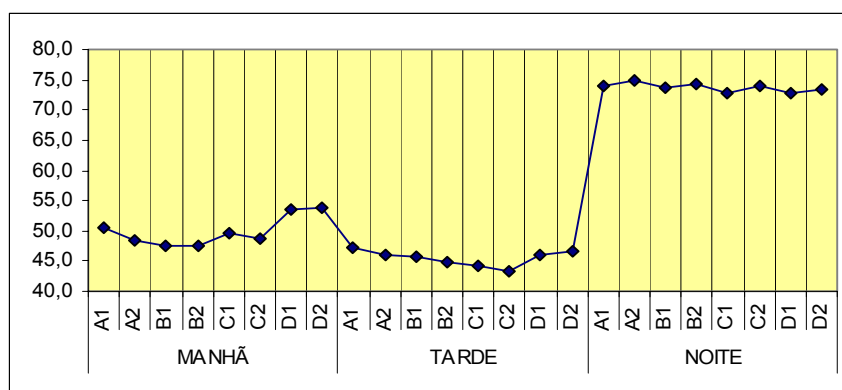


Gráfico 2: Média das umidades relativas do ar registradas em cada ponto para os três turnos de medição

A diferença entre os pontos C1 e C2 e B1 e B2 pode ser explicada, em parte, pela diferença do fator de visão do céu, que é maior em C1 e C2, o que proporciona a estes pontos uma maior exposição à radiação solar direta, contribuindo para a redução da umidade e o aumento da temperatura do ar. A velocidade do vento também contribuiu para o comportamento da temperatura nos pontos observados, como se percebe através das médias para o período de medição e através das análises de correlação e de regressão. Através das médias constatou-se que os pontos C1 e C2 (dois dos mais quentes) foram os menos ventilados, seguidos de A1, B1 e B2. Os pontos D1 e D2 (os menos aquecidos) foram dois dos pontos mais ventilados, um pouco menos do que A2 (Gráfico 3). As diferenças de velocidade do vento entre os pontos variaram entre 0,7m/s (em 19/11/05) e 2,6m/s (em 11/11/05).

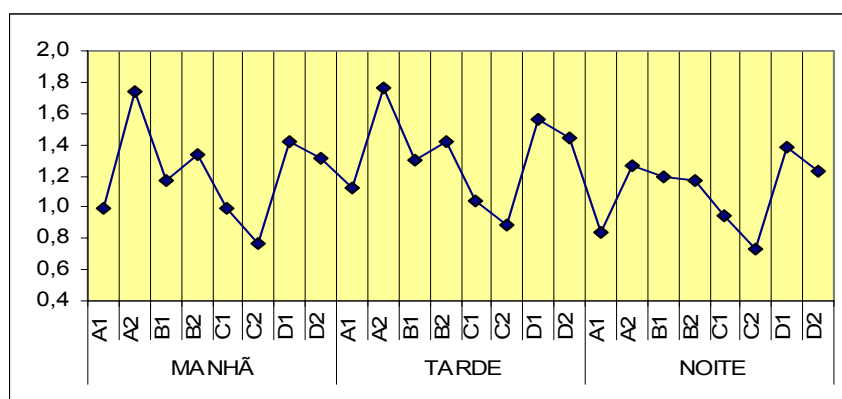


Gráfico 3: Média das velocidades do vento registradas em cada ponto para os três turnos de medição

As médias das temperaturas registradas à tarde não diferiram muito das verificadas pela manhã (Gráfico 1). Isso pode ser atribuído ao acúmulo de calor pelo ambiente durante o período noturno, fato constatado em uma medição realizada nos pontos D1 e A1 às 5h da manhã. Comparando os valores medidos neste horário com os medidos na noite anterior com os dados medidos no aeroporto local nos mesmos horários, constatou-se que enquanto a temperatura caiu nesses pontos aproximadamente 0,5°C entre 20h e 5h, no aeroporto essa queda chegou a 1,5°C. Dessa maneira, o ambiente rapidamente se aquece, atingindo as temperaturas próximas das máximas, logo cedo, o que normalmente, em campo aberto, ocorre no período da tarde.

b) Tarde

À tarde a variável velocidade do vento passou a manter uma correlação mais forte com a temperatura do ar, com $r = -0,52$ e $p = 0,00$, indicando que a temperatura tende a diminuir à medida que a velocidade do ar aumenta (Figura 3). As outras variáveis mantiveram correlação baixa com a temperatura, porém, a um nível de significância satisfatório, o que fez com que algumas delas fossem consideradas, pela análise de regressão, para explicar as variações da temperatura. Foram considerados o tipo de pavimento, a densidade construída e a condição do céu. A insolação, a taxa de ocupação, o

índice de aproveitamento e o fator de visão do céu foram descartados por terem obtido baixa correlação provocado o efeito de colinearidade. As variáveis velocidade do vento, tipo de pavimento, densidade construída e condição do céu, juntas, explicam 46,1% das variações da temperatura, sendo 27,2% atribuídos à velocidade do vento, 8,8% ao tipo de pavimento, 6,4% ao índice de aproveitamento e 3,7% à condição do céu.

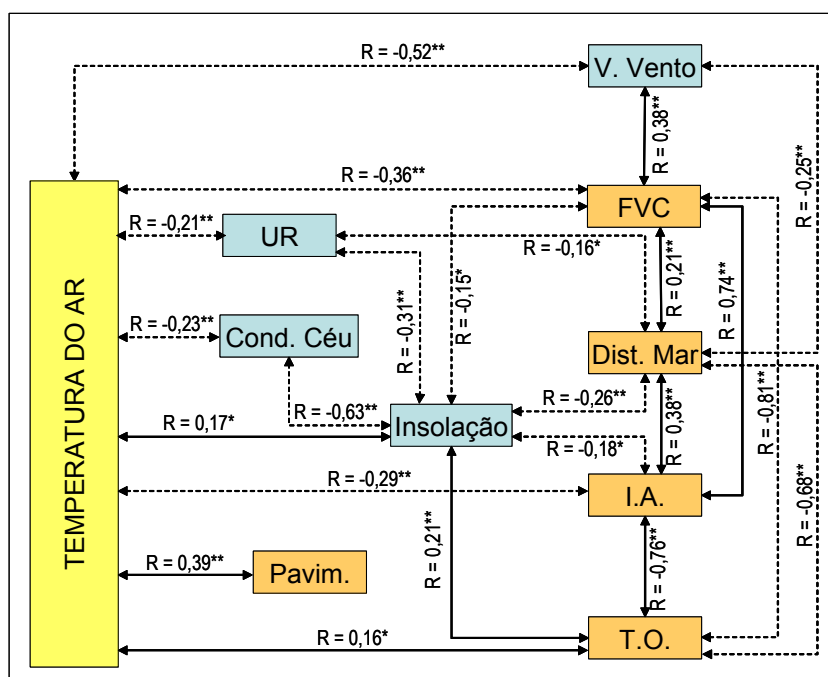


Figura 3: Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da tarde

LEGENDA: Idem Figura 2.

À tarde os pontos mais aquecidos foram C1 e C2 seguidos por D1 e D2. Os menos aquecidos foram B1 e B2 seguidos por A1 e A2. A explicação para este comportamento se deve, em primeiro lugar, à velocidade do vento incidente nos pontos, como bem revela a análise de correlação, a partir da qual verificou-se que esta variável manteve uma correlação de $r = -0,52$ e $p = 0,00$, e, em seguida, ao tipo de pavimento das vias.

Como a média da velocidade do vento em A2 foi maior do que em A1, a média da temperatura naquele ponto foi menor do que neste último (Gráfico 4). O mesmo não ocorreu com os outros pares de pontos, possivelmente porque a diferença das médias da velocidade não foi significativa (cerca de 0,1 m/s). Os pontos menos ventilados (C1 e C2) permaneceram mais aquecidos do que os demais.

Quanto ao tipo de pavimento, constatou-se que C1, C2, D1 e D2, exatamente situados em ruas asfaltadas, permaneceram mais aquecidos (Gráfico 1). Algo semelhante se observa ao comparar a média da temperatura do ar com o índice de aproveitamento. A temperatura do ar permaneceu mais alta nos pontos C1 e C2 que estão localizados numa porção com índice de aproveitamento menor do que os demais pontos. Os pontos B1 e B2 que têm índice de aproveitamento mais elevado permaneceram com temperaturas menores (Gráfico 5). Como os valores maiores de índice de aproveitamento estão relacionados à verticalização das edificações, a explicação para este comportamento está, em parte, atribuída ao sombreamento das ruas pelos edifícios.

As condições de céu interferem, evidentemente, nos resultados das medições sendo, portanto, difícil estabelecer uma correlação segura neste caso, pois houve pouca variação da nebulosidade durante as medições no período da tarde. A correlação entre a condição do céu e a temperatura foi de apenas $r = -0,23$ e $p = 0,00$.

A diferença das médias de cada ponto ainda pode ser explicada pela diferença de horário e pelo fator de visão do céu, que se revelou com uma pequena correlação com a temperatura ($r = -0,358$ e $p = 0,00$). As medições nos pontos B1 e B2 foram realizadas por último, das 14h50min às 15h

aproximadamente, quando o sol já se encontrava mais baixo do que no momento das outras medições. Isto associado ao fator de céu, menor nestes dois pontos, fez com que o período de incidência de radiação solar fosse menor, portanto, provocando um menor aquecimento daqueles ambientes.

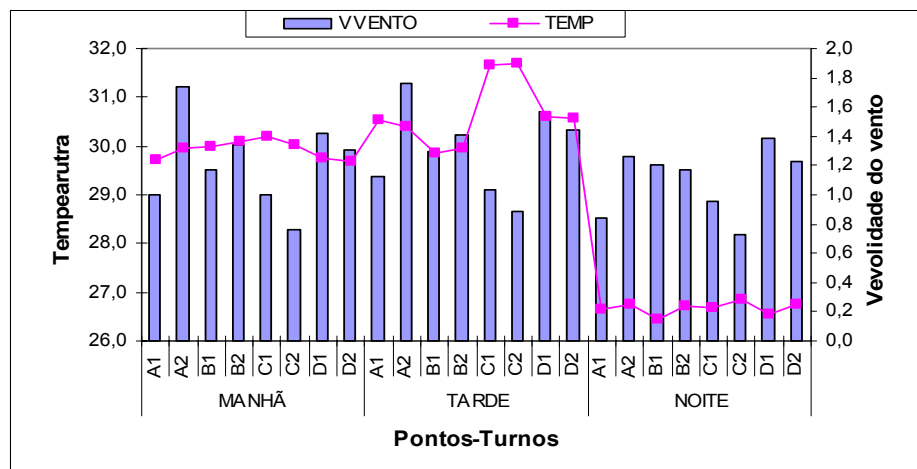


Gráfico 4: Relação entre as médias das temperaturas do ar e as médias das velocidades de vento

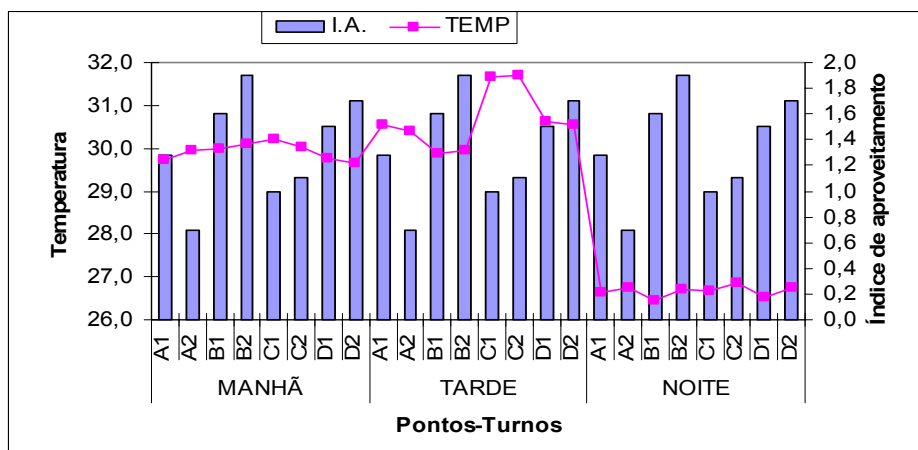


Gráfico 5: Relação entre as médias das temperaturas do ar e os índices de aproveitamento

No turno da tarde, as diferenças de temperatura do ar entre os pontos medidos variaram entre 1,3°C (em 24/11/05) e 3,0°C (em 21/11/05). As diferenças das velocidades do vento variaram entre 0,6m/s (em 03/11/05) e 2,0m/s (em 14/11/05).

c) Noite

À noite, com pequenas variações de temperatura ao longo do período de medição e com pequenas diferenças de temperatura entre os pontos observados, os índices de correlação foram muito baixos (Figura 4). A velocidade do vento foi a variável que se correlacionou mais fortemente com a temperatura, com $r = -0,24$ e $p = 0,00$. Com essa correlação e a esse nível de significância, a análise de regressão atribuiu à velocidade do vento a explicação de 6% das variações da temperatura.

Com a ausência da radiação solar é possível observar com mais clareza a capacidade de cada ambiente em dissipar a energia térmica acumulada durante o dia. Neste processo são importantes três aspectos: a ventilação, o fator de visão do céu e a inércia térmica dos materiais.

Analisando as médias das temperaturas registradas para o período de medição no turno noturno (Gráfico 1), verificou-se que os pontos B1 e D1 foram os que apresentaram a menor média de temperatura, justificável pela boa ventilação. O ponto D1 permaneceu mais ventilado à noite, seguido dos pontos A2, D2 e B2.

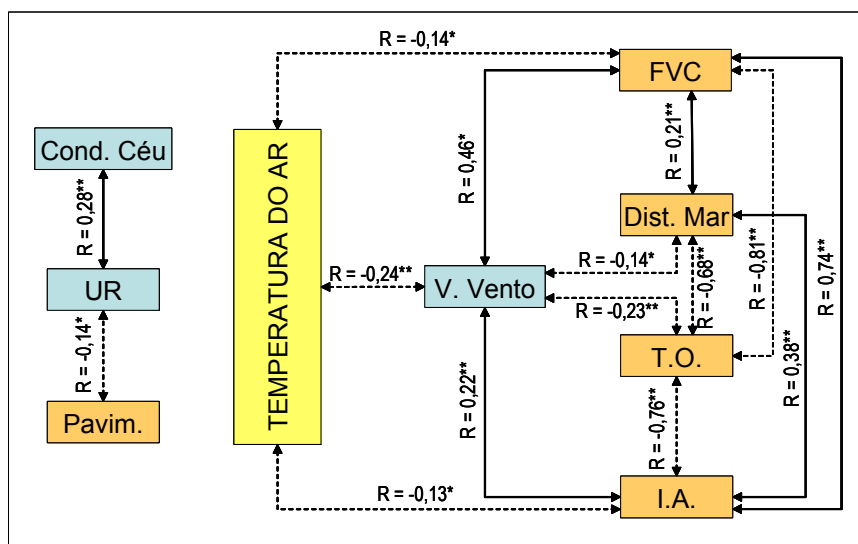


Figura 4: Sistema de correlações entre as variáveis climáticas e da forma urbana no turno da noite

LEGENDA: Idem Figura 2.

A diferença de temperatura média entre os pontos B1 e D1 pode ser explicada pela diferença do tipo de pavimento da rua onde se situavam – B1 estava situado numa rua pavimentada com paralelepípedos e D1 em outra pavimentada com asfalto. Durante o dia, o asfalto absorve mais radiação do que o paralelepípedo, e por ter maior efusividade, à medida que o ar se resfria à noite, o asfalto libera o calor armazenado mais rapidamente, reaquecendo o ar.

A diferença entre os pontos B1 e D1 também pode ser atribuída à diferença no horário de medição, já que as medições foram iniciadas em D1 e concluídas em B1, com diferença de aproximadamente 40 minutos, tempo suficiente para o ponto B1 ceder uma quantidade a mais de calor à atmosfera.

5. CONCLUSÕES

Procurando estabelecer alguma correlação entre o comportamento da ventilação e o da temperatura nos pontos observados, verificou-se que à tarde o ponto A1 (menos ventilado) permaneceu, em média, mais aquecido do que o ponto A2 (mais ventilado). À noite essa diferença pôde ser verificada nos pares C1-C2 e D1-D2. Nos outros pares e horários essa condição não se confirmou, seja pela pequena diferença da velocidade do vento entre os pontos que compõem os pares, seja porque as outras variáveis climáticas exerceram maior influência do que a velocidade do vento no comportamento da temperatura do ar.

As figuras de erosão auxiliam na observação das velocidades e das direções do vento, fato importante na análise das trocas térmicas horizontais no ambiente urbano, fenômeno que até então vinha sendo feito por outros pesquisadores baseados apenas em suposições ou em medições em campo, o que demanda uma grande quantidade de estações e de tempo.

Considerando as possíveis correlações entre as variáveis climáticas medidas em campo, verificou-se que durante o período da manhã a umidade relativa do ar é a variável que mais se relaciona com a temperatura do ar. À tarde, com o aumento da radiação (solar e refletida das superfícies aquecidas), da velocidade média do vento e da conseqüente redução da umidade relativa, o vento passa a ter a maior relação com a temperatura do ar na maioria dos pontos medidos. À noite, quando se verifica uma maior estabilidade do microclima, as correlações são fracas ou inexistentes. Das variáveis climáticas, apenas a velocidade do vento teve alguma correlação com a temperatura do ar.

Das relações entre os atributos da forma urbana e as variáveis climáticas verificaram-se que, durante a manhã, as únicas correlações significativas detectadas foram entre a distância em relação ao mar e a temperatura (r positivo) e a umidade relativa do ar (r negativo), entre o tipo de pavimento e a umidade (esta última tende a ser menor em ambientes com vias asfaltadas ou pavimentadas) e entre o fator de visão do céu e a velocidade do vento (r negativo).

À tarde, percebe-se a intensificação das relações entre o clima e a forma urbana. À exceção da distância em relação ao mar, os demais elementos da forma urbana tiveram correlação com a temperatura do ar: taxa de ocupação (r positivo), índice de aproveitamento (r negativo), tipo de pavimento (r positivo – mais aquecido em vias asfaltadas ou pavimentadas) e fator de visão do céu (r negativo). Ainda foram verificadas correlações negativas entre a distância em relação ao mar e as variáveis: umidade relativa do ar e velocidade do vento; e entre o fator de visão do céu e a velocidade do vento. Por fim, identificaram-se correlações entre a insolação e as variáveis: taxa de ocupação (r positivo), índice de aproveitamento (r negativo) e fator de visão do céu (r negativo), demonstrando o efeito da verticalização no sombreamento dos ambientes urbanos.

À noite identificaram-se correlações negativas fracas entre a temperatura do ar e as variáveis: índice de aproveitamento e fator de visão do céu. Também foram verificadas correlações entre a velocidade do vento e as variáveis: distância em relação ao mar (r negativo), taxa de ocupação (r negativo), índice de aproveitamento (r positivo) e fator de visão do céu (r positivo), indicando que o vento tende a ser mais veloz nas porções mais verticalizadas, onde os afastamentos entre os edifícios é maior.

Estes resultados apóiam o conceito de clima urbano (MONTEIRO, 1975), mostrando que as relações entre a temperatura do ar e os demais elementos climáticos se alteram ao longo do tempo, seguindo um determinado ritmo dependente da relação dessas variáveis com a superfície da terra, e no caso específico do clima urbano, com a forma da cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, E. S. 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, H. J. M. 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).
- CHANDLER, T. J., *Urban climatology and its relevance to urban design*. WMO – N° 438, Geneva: 1976.
- CORBELLA, O. D. e YANNAS, S., *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003.
- DUARTE, D. H. S., *Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental*. São Paulo: FAUUSP, 2000. (Tese, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).
- GONÇALVES DA SILVA, F. de A., *O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao Nordeste do Brasil*. São Paulo: FAUUSP, 1999. (Tese, Doutorado em Arquitetura).
- JANEIRO BORGES, A. R. e SARAIVA, J. A. G., *Erosion technique for assessing ground level winds*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1981.
- MONTEIRO, C. A. de F., *Teoria e clima urbano*. São Paulo: FFLCH-USP, 1975. (Tese, Livre-Docência em Geografia).
- ROMERO, M. A. B., *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Projeto, 1988.
- SAKAMOTO, L. 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, 1987.
- 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/UFRJ, 2003. (Dissertação, Mestrado em Urbanismo).