

Econômica, da União Geográfica Internacional, e à aplicação da lógica sistêmica, foram realizados os primeiros passos para se dispor de uma teoria geral. A lógica sistêmica salienta dois aspectos fundamentais positivos. De início, permite inserir concepções atualizadas pela teoria funcional da região em meio ordenado de idéias e de métodos. Em seguida, abre perspectivas para a análise dinâmica. Para esta última, a teoria geral dos sistemas fornece, sobretudo pela utilização de isomorfismos científicos, úteis contribuições e sobre as quais se torna necessário refletir profundamente, a fim de aplicá-las convenientemente na pesquisa regional.

SUMMARY

The systemic logic and regional theory

The regional geography has gradually shifted from the idiographic the nomotetic plan. This paved the way for the formulation of a general theory of the region, to which contributions of different doctrines converge.

A first period can be single out from the '30th to the '50th years, when valuable, but partial, contributions were arranged, which were formed by the central places theory, by the pole growth and by the cumulative causation of Myrdal.

Later on, thanks to the contributions of the Commission on Methods of Economic Regionalization of the International Geographical Union, and to the application of the systemic logic, substantial and helpful results were achieved to arrange a general theory.

The systemic logic shows two fundamental, positive aspects.

In the first place, it allows the insertion of conceptions acquired by the functional theory of the region, in an orderly descriptions of ideas and methods.

In the second place, it paves the way for dynamic analysis.

With reference to the latest point, the general system theory provides -chiefly by scientific isomorphisms- useful contributions, which require, however, deep reflections, in order to enable their profitable application to regional research.

ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA ÁREA URBANA E RURAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (SP) - BRASIL

JOSÉ ROBERTO TARIFA (*)

INTRODUÇÃO

Nosso interesse pela "Climatologia urbana" foi despertado por intermédio da disciplina "Problemas de Climatologia Urbana Aplicada ao Brasil", do Departamento de Geografia da USP, ministrado pelo Professor Doutor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em 1971. Ao lado desse fato, a oportunidade de realizar alguns trabalhos de Climatologia aplicados ao planejamento urbano (Monteiro, Tarifa e Mello, 1972; Tarifa, 1973; Monteiro e Tarifa, 1973), sob a influência metodológica do referido Professor, conduziu-nos ao aprendizado de como operar com essas realidades climáticas, fora do âmbito das médias e normais que têm caracterizado a maior parte dos trabalhos de Climatologia no Brasil. Torna-se necessário mostrar a importância da convivência científica com os pesquisadores da Seção de Climatologia Agrícola, do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, onde os mesmos, pela necessidade de trabalhar com variações reais dos elementos climáticos em suas inter-relações com os cultivos, se aproximam metodologicamente tanto na análise temporal como na grandeza escalar das análises aplicadas às áreas urbanas. Pudemos, portanto, aproveitar dessa experiência acumulada e das técnicas de trabalho de campo desenvolvidas e aplicadas à agricultura, tanto no nível topo como no microclimático.

A preocupação em estudar o comportamento dos elementos climáticos em superfícies urbanizadas é conhecida desde o século XIX, destacando-se o trabalho pioneiro de Howard (1833). Os trabalhos de Benson (1931), Schmidt e Brezina (1937), Kratzer (1937), Sundborg (1950), Landsberg (1956, 1968), Chandler (1962, 1965

* Professor Assistente Doutor do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

e 1967) podem ser considerados verdadeiros clássicos, com contribuições significativas ao estudo do clima urbano, especialmente no que concerne à "ilha de calor". Entre nós, não existe ainda uma tradição de trabalhos de campo em Climatologia, apenas algumas tentativas isoladas de medidas ambientais de elementos climáticos, mais especificamente temperatura e umidade (Monteiro *et alii*, 1972; Monteiro e Tarifa, 1973). No sentido de formalização de uma teoria, é pioneira no Brasil a obra *Teoria e Clima Urbano*, de Monteiro (1976), que se utiliza da análise sistêmica como forma de hierarquizar as relações entre o ambiente urbano e as transformações porque passam os componentes climáticos nesse ambiente.

Nosso principal objetivo é o de caracterizar a influência da natureza do espaço e do tipo de cobertura do solo nas variações de temperatura e umidade, bem como investigar as variações impostas a esses elementos pelas diferentes exposições de vertentes, numa região do trópico brasileiro.¹

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho de campo foi realizado na área rural e urbana de São José dos Campos (SP). Sua sede está praticamente localizada sob o trópico de Capricórnio, à latitude de 23°10' a 23°15' Sul e 45°50' a 45°55' longitude Oeste de Greenwich (Fig. 1/a). A região de São José dos Campos, situada na porção sudoeste da bacia de Taubaté, apresenta-se como pequeno platô arenítico — uma espécie de tabuleiro de compartimento de planalto embutido na grande depressão tectônica do Vale do Paraíba (Medeiros e Ab'Saber, 1969). Na realidade, conforme se pode observar na Fig. 1/b, podemos distinguir dentro da área de estudo quatro compartimentos topográficos distintos: o primeiro é constituído pelo "platô arenítico", onde está localizada a maior parte da área urbana da cidade (585 a 600 m); o segundo é representado pelos baixos terraços e várzeas do Paraíba (550-565 m), sendo o setor colinoso da margem esquerda do Paraíba; o terceiro compartimento (585 a 630 m), conhecido como "Colinas de São José", limita-se com o quarto compartimento pela Estrada de Ferro Central do Brasil, a oeste da qual dominam baixos terraços do vale do Jaguari (549 a 560 m).

METODOLOGIA

Os critérios para a realização de um trabalho de campo, visando estudar climaticamente espaços com diferentes coberturas, exige do pesquisador opções desde o momento da escolha da área de estudo.

1. Entenda-se por natureza do espaço os tipos "espaço urbanizado" e "espaço rural". Por "cobertura do solo" entenda-se o conjunto abrangendo os seguintes tipos: "área de mata", "área de eucalipto" e "área de pasto".

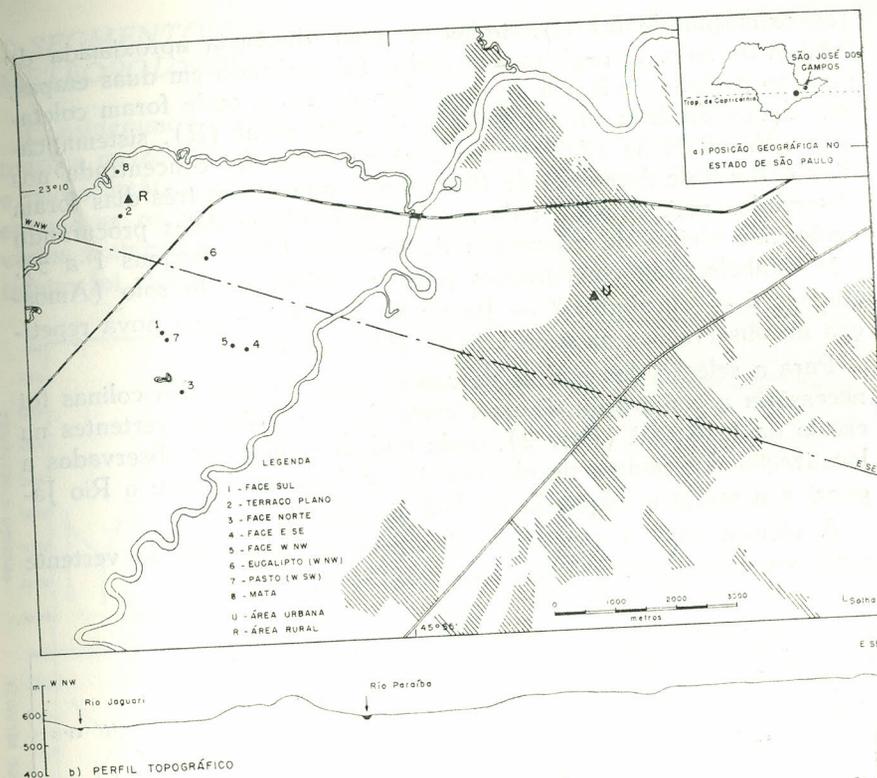


Figura 1. Localização geográfica do sítio de São José dos Campos e dos pontos de observações microclimáticas segundo a natureza da superfície.

Tais opções são, na maioria das vezes, fundamentais para a viabilidade e desenvolvimento do projeto. A realidade em análise foi escolhida em função de uma série de fatores que facilitavam a execução do trabalho de campo. A existência de boa documentação cartográfica (imprescindível para uma boa preparação do trabalho de campo), como a própria importância que assume o eixo São Paulo-Rio em termos de urbanização, do qual São José dos Campos se destaca como um dos mais importantes centros regionais.

A preparação do trabalho de campo exigiu algumas providências no sentido de bem selecionar os pontos de amostragem, onde seriam medidos os dados. A primeira delas foi a de caracterizar os compartimentos topográficos, o que pode ser feito através de uma visita à área de estudo, bem como a construção do croqui esquemático dos usos e do perfil topográfico (Fig. 1), com base na carta de São José dos Campos (1:50,000), do Instituto Geográfico e Geológico, de 1973. Na Fig. 1 podem ser observados os pontos de amostragem, onde foram instalados os Psicrômetros Asmann-Fuess

(aproximação de $0,1^{\circ}\text{C}$), todos a uma distância aproximada de 0,80 m do solo. O registro dos dados foi realizado em duas etapas, uma no período de 2 a 6 de dezembro de 1974, onde foram coletados dados da área urbana (U) e da área rural (R), sistematicamente das 9,00 às 17,00 horas; a outra etapa foi concentrada nos dias 7, 8 e 9 de dezembro de 1974, sendo que nesses três dias foram observados mais 8 pontos de amostragem. Cinco deles procurando evidenciar efeitos de orientação de vertente (Amostragens 1 a 5), três estabelecendo comparações para a cobertura do solo (Amostragens 6 — eucalipto; 7 — Pasto; 8 — mata) e uma nova repetição de observações na área urbana (U), no dia 8.

Para a seleção dos pontos de amostragem na área das colinas foi necessária a construção de uma carta de exposição de vertentes na escala de 1:10.000 (Fig. 2), onde podem melhor ser observados a localização dos pontos de observação na área rural entre o Rio Jaguari e a margem esquerda do Rio Paraíba.

A técnica para a construção da carta de exposição de vertente pode ser encontrada em Gol'Tsberg (1969).

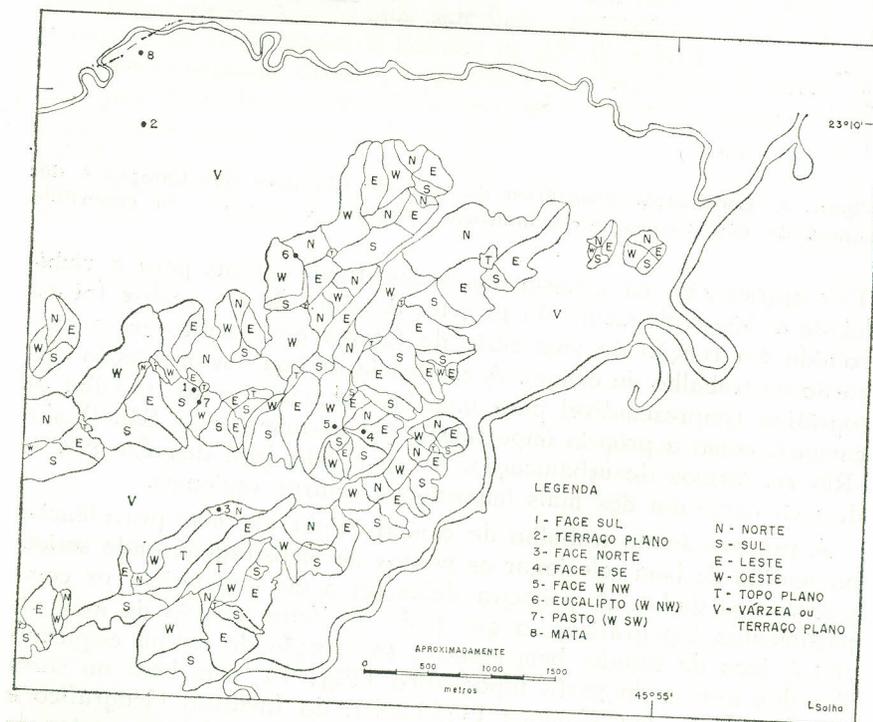


Figura 2. Localização dos pontos de observações microclimáticas segundo as exposições de vertentes na área rural de São José dos Campos — SP.

O SEGMENTO TEMPORAL E O SEU ENQUADRAMENTO METEOROLÓGICO

Consideramos de fundamental importância a verificação das situações meteorológicas nas quais foram obtidas as informações topo e microclimáticas, pois somente através da análise rítmica podemos enquadrar as variações térmicas e hídricas constatadas entre os vários ambientes, nas seqüências habituais do tempo. Com esse intuito foi elaborada a Fig. 3, onde se percebe o seguinte:

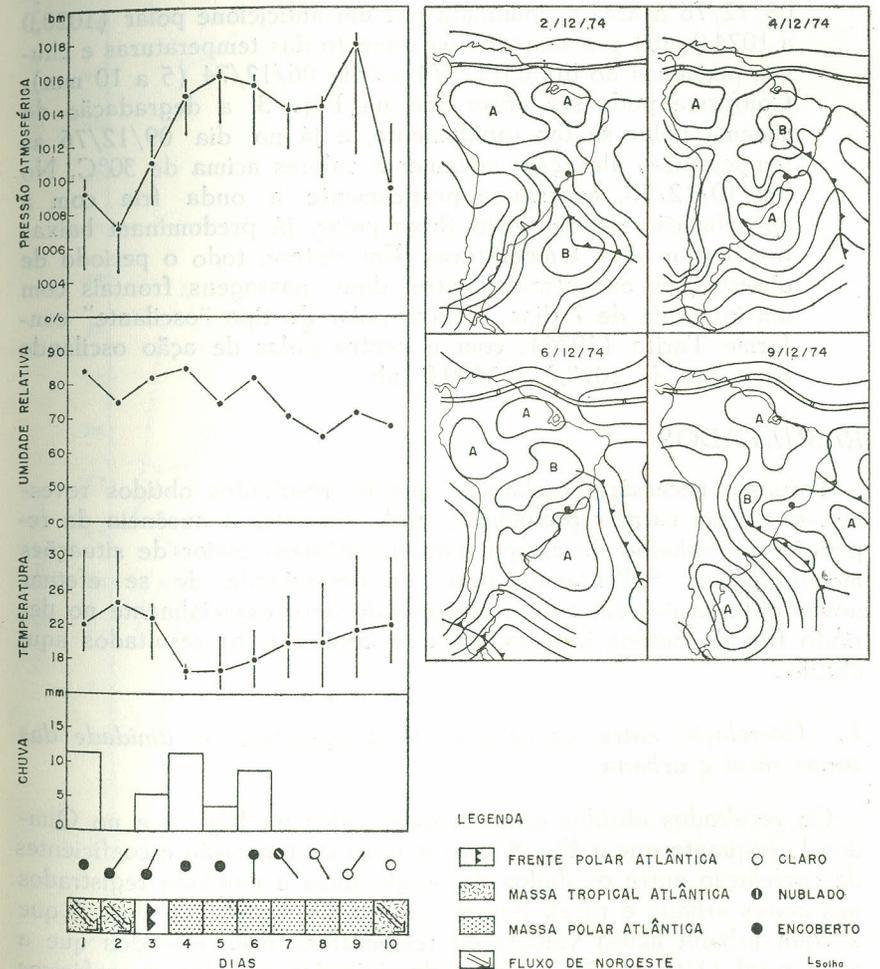


Figura 3. Variação diária dos elementos climáticos associada a atuação dos sistemas atmosféricos para São José dos Campos — SP, no período de 1 a 10 de dezembro de 1974.

— no dia 02/12/74, quando se deu início ao trabalho de campo, a área de estudo encontrava-se submetida ao Sistema Tropical Atlântico, e com um movimento geral da circulação de N-NW proveniente da própria zona de convergência produzida pela aproximação da Frente Polar Atlântica; conseqüentemente o tipo de tempo dominante no Vale do Paraíba era de baixas pressões, altas temperaturas (30,6°C a máxima absoluta em São José dos Campos) e instabilidades produzidas pelo intenso aquecimento pré-frontal; a passagem do sistema frontal ocorre no dia 03/12/74, sendo que do dia 04/12/76 ao dia 08/12/76 a área é dominada por um anticiclone polar (1020,0 a 1024,0 mb) provocando abaixamento das temperaturas e chuvas pequenas do dia 03/12/74 ao dia 06/12/74 (5 a 10 mm). Conforme pode ser observado na Fig. 3, a degradação do sistema polar se faz rapidamente, e já no dia 09/12/76 as temperaturas alcançam novamente valores acima de 30°C. No dia 10/12/76, encerra-se praticamente a onda fria com a aproximação de um novo fluxo polar, já predominam baixas pressões e altas temperaturas. Em síntese, todo o período de observações encontra-se entre duas passagens frontais com um intervalo de 7 dias, e fluxo polar do tipo "oscilante" conforme Tarifa (1975), com o centro polar de ação oscilando em torno de 1018,0 a 1020,0 mb.

RESULTADOS

Torna-se necessário esclarecer que os resultados obtidos revestem-se de um caráter preliminar, tendo em vista a ausência da repetição do trabalho de campo para um número maior de situações meteorológicas. Salientamos, pois, da necessidade de se efetuar novas observações em outras estações do ano, especialmente no período frio de outono-inverno, para se confirmar os resultados aqui obtidos.

1. Correlação entre os valores de temperatura e umidade das zonas rural e urbana

Os resultados obtidos estão representados na Fig. 4 e no Quadro 1, enquanto que a Fig. 5 mostra retas de regressão e coeficientes de correlação entre os dados de temperatura e umidade registrados nas zonas urbana e rural. Percebemos pelo Quadro 1 e Fig. 4 que a zona urbana acusa valores de temperatura mais elevados que a zona rural (1°C a 3,4°C), sob o domínio dos sistemas atmosféricos extratropicais (Frente Polar Atlântica e Massa Polar Atlântica); no entanto, os valores de temperatura registrados no dia 02/12/74, quando os dois sítios de observação estavam sob o domínio da

Massa Tropical Atlântica e sob os efeitos de aquecimento pré-frontal, pela aproximação da área de convergência frontal, ocorre uma inversão, a área urbana apresenta-se mais fria 1,5°C na média diária (das 9,00 às 17,00 horas) e 3,2°C de diferença instantânea constatada às 13,00 horas. Tal inversão pode ser explicada pela

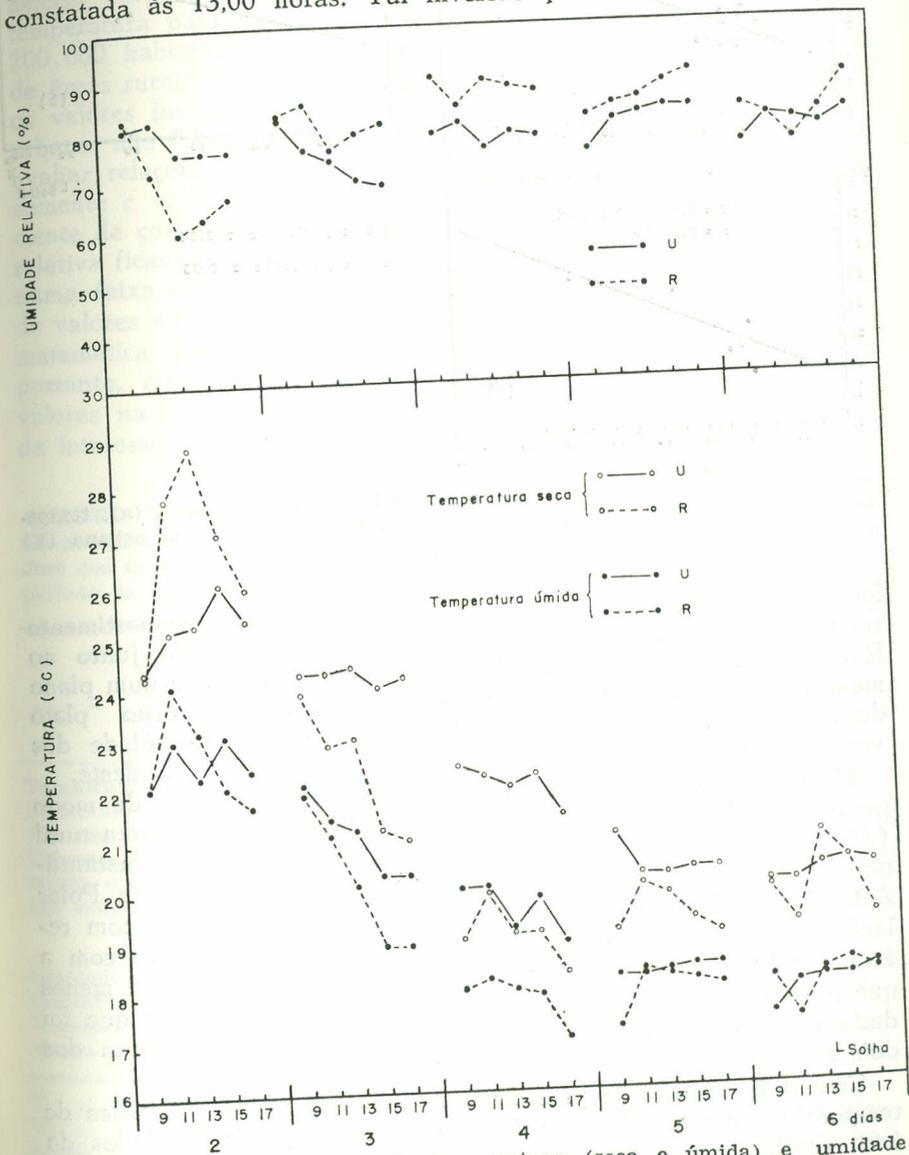


Figura 4. Variação horária da temperatura (seca e úmida) e umidade relativa (%) na área urbana (U) e rural (R) de São José dos Campos para o período de 2 a 6 de dezembro de 1974.

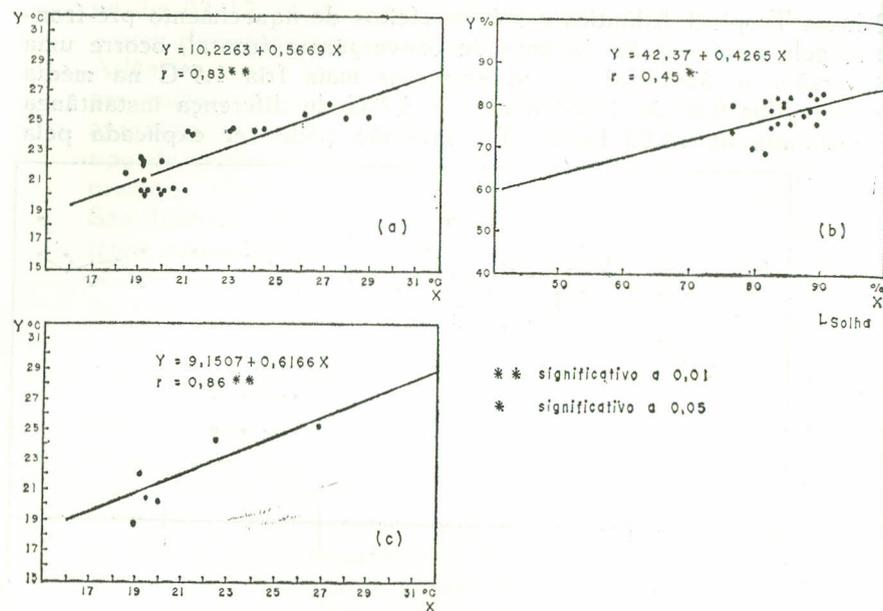


Figura 5. Retas de regressão linear entre temperatura horária (a), temperatura média horária (b) e umidade horária (c) entre a zona urbana (Y) e rural (X) de São José dos Campos.

localização do sítio de observação da área rural num compartimento rebaixado (560 metros aproximadamente) e deprimido junto ao Rio Jaguari, enquanto o sítio da área urbana encontra-se num plano mais elevado (600 metros aproximadamente), estando no "platô de São José", recebendo conseqüentemente maior intensidade dos ventos, que sopravam predominantemente de Norte e Nordeste.

Com relação à variação da umidade relativa, notamos de modo geral que a área urbana acusou valores mais baixos que a área rural (2% a 12% na média diária e de 7% a 16% nos valores instantâneos), ocorrendo essas diferenças sob o domínio da Frente Polar Atlântica e Massa Polar Atlântica. Da mesma forma que com relação à temperatura no dia 02/12/76, houve uma inversão com a área rural apresentando na média diária 9% de umidade a menos que a área urbana; a explicação para esse fato é a mesma que foi dada para a inversão constatada nos valores de temperatura dos dois sítios.

Com a finalidade de permitir uma avaliação das variações de temperatura e umidade para áreas urbanas, a partir de dados da área rural, foram estabelecidas retas de regressão com os valores diários e horários de temperatura e os valores horários de umidade relativa.

A regressão linear estabelecida com os valores diários de temperatura para as duas áreas mostrou um coeficiente de determinação mais elevado ($r^2 = 0,77$) que o coeficiente obtido com os valores instantâneos ($r^2 = 0,70$). De qualquer forma, podemos estabelecer um grau de explicação da ordem de 70% para dados de temperatura para áreas urbanas de cidades médias (150.000 a 200.000 habitantes), estimados a partir de dados de temperatura de áreas rurais. Os resultados obtidos na análise de regressão entre os valores instantâneos de umidade relativa, entre a zona rural e urbana, não foram satisfatórios e não permitem sua utilização para avaliar relações entre os dois sítios. O grau de correlação foi de somente $r = 0,45$, sendo que a explicação para esse baixo coeficiente de correlação se deve ao fato de que os valores de umidade relativa ficaram durante todo o período de observação concentrados numa faixa entre 70 e 85% aproximadamente. Essa concentração de valores nessa faixa não permitiu conhecer a tendência da função matemática para valores abaixo do limite apontado. Precisamos, portanto, repetir o experimento, para avaliarmos a relação entre valores na faixa dos 40 a 70% de umidade para ambas as zonas de interesse.

QUADRO 1. Síntese dos contrastes encontrados entre as observações de temperatura e umidade, realizadas na área urbana (U) e rural (R) de São José dos Campos, sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos para o período de 2 a 6 de dezembro de 1974.

	$(T_U - T_R) \text{ } ^\circ\text{C}$				
	M.T.A. 2-12-74	F.P.A. 3-12-74	M.P.A. 4-12-74	M.P.A. 5-12-74	M.P.A. 6-12-74
Temperatura instantânea (Δt máximo)	-3,5	3,2	3,4	1,9	1,0
Temperatura média diária (Δt médio)	-1,5	1,8	2,9	1,0	0,3
	$(U_U - U_R) \text{ } \%$				
Umidade relativa instantânea (Δu máximo)	-16	12	13	7	7
Umidade de média diária (Δu médio)	-9	7	9	5	3

T_U = temperatura da zona urbana; T_R = temperatura da zona rural;
 U_U = umidade relativa na zona urbana; U_R = umidade relativa na zona rural; F.P.A. = Frente Polar Atlântica; M.P.A. = Massa Polar Atlântica;
M.T.A. = Massa Tropical Atlântica.

2. Variação da temperatura e umidade segundo a exposição de vertentes

As Fig. 6 e 7, onde estão representados os valores de temperatura e umidade para os dias 7 e 8/12/74, bem como a síntese das

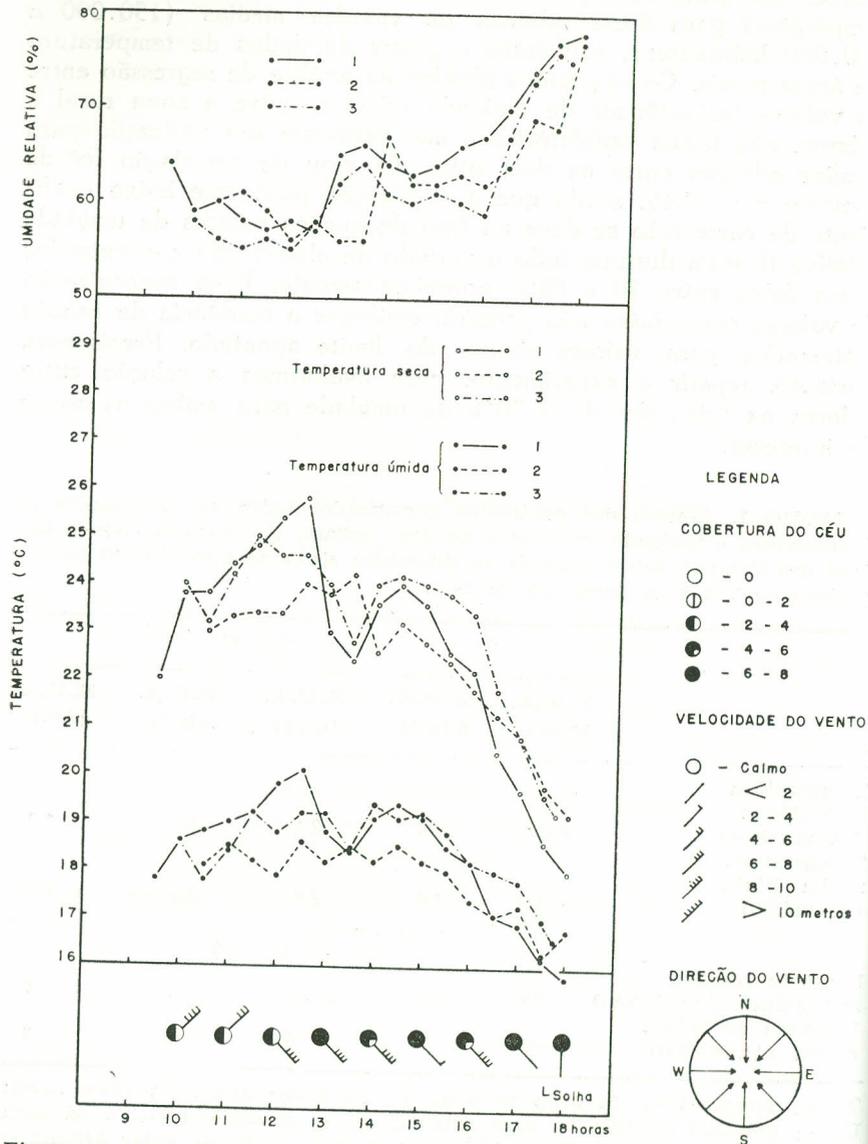


Figura 6. Variação horária da temperatura (seca e úmida), da umidade relativa (%), vento e cobertura do céu, para os pontos 1 (Face sul — Torre), 2 (Terraço plano), 3 (Face norte — Lagoa), no dia 7/12/74.

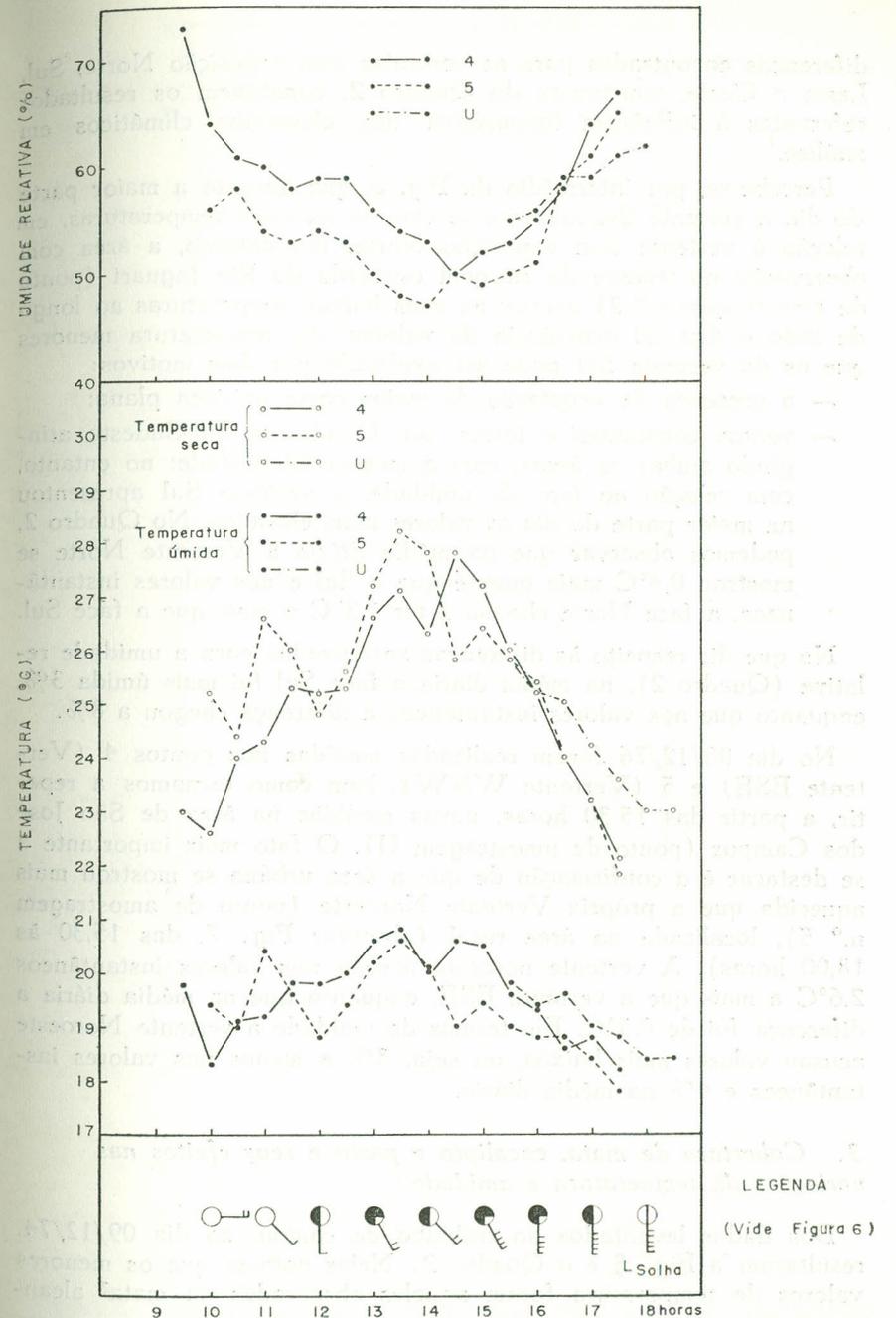


Figura 7. Variação horária da temperatura (seca e úmida), da umidade relativa (%), vento e cobertura do céu, para os pontos 4 (Vertente E SE), 5 (Face W NW — Morro), e São José dos Campos (U) no dia 8/12/74.

diferenças encontradas para as vertentes com exposição Norte, Sul, Leste e Oeste, constantes do Quadro 2, constituem os resultados referentes à influência topográfica nos elementos climáticos em análise.

Percebe-se, por intermédio da Fig. 6, que durante a maior parte do dia a vertente Sul manteve-se com as menores temperaturas, em relação à vertente com exposição Norte. No entanto, a área com observação no terraço da margem esquerda do Rio Jaguari (ponto de amostragem n.º 2) acusou as mais baixas temperaturas ao longo de todo o dia; tal ocorrência de valores de temperatura menores que os da vertente Sul pode ser explicado por dois motivos:

- a presença de vegetação de maior porte na área plana;
- ventos constantes e fortes do Quadrante Sul-Sudeste atingindo ambas as áreas, com a mesma intensidade; no entanto, com relação ao teor de umidade, a vertente Sul apresentou na maior parte do dia os valores mais elevados. No Quadro 2, podemos observar que na média diária a Vertente Norte se mostrou 0,4°C mais quente que a Sul e nos valores instantâneos, a face Norte chegou a ter 1,3°C a mais que a face Sul.

No que diz respeito às diferenças encontradas para a umidade relativa (Quadro 2), na média diária a face Sul foi mais úmida 3%, enquanto que nos valores instantâneos a diferença chegou a 8%.

No dia 08/12/76 foram realizadas medidas nos pontos 4 (Vertente ESE) e 5 (Vertente WNW), bem como tornamos a repetir, a partir das 15,30 horas, novas medidas na área de São José dos Campos (ponto de amostragem U). O fato mais importante a se destacar é a confirmação de que a área urbana se mostrou mais aquecida que a própria Vertente Noroeste (ponto de amostragem n.º 5), localizada na área rural (observar Fig. 7, das 15,30 às 18,00 horas). A vertente noroeste acusou nos valores instantâneos 2,6°C a mais que a vertente ESE, enquanto que na média diária a diferença foi de 0,5°C. Em termos de umidade a vertente Noroeste acusou valores mais baixos, ou seja, 8% a menos nos valores instantâneos e 4% na média diária.

3. Cobertura de mata, eucalipto e pasto e seus efeitos nas variações da temperatura e umidade

Dos dados levantados no trabalho de campo, no dia 09/12/74, resultaram a Fig. 8 e o Quadro 2. Neles nota-se que os menores valores de temperatura foram aqueles observados na mata² alcan-

2. Mata residual com suas características originais muito alteradas, sendo na realidade uma "capoeira".

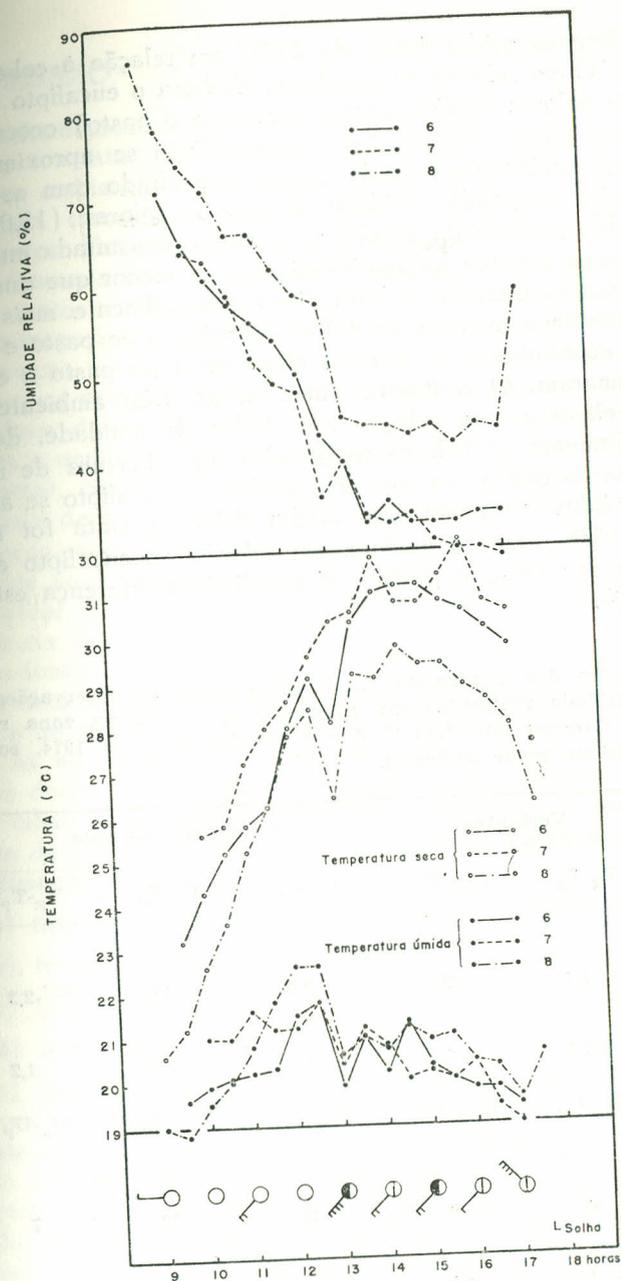


Figura 8. Variação horária da temperatura (seca e úmida), da umidade relativa (%), vento e cobertura do céu, para os pontos 6 (WNW — Eucalipto), 7 (WSW — Pasto) e 8 (Mata) no dia 9/12/74.

quando uma diferença média diária de 2,9°C em relação à cobertura de pasto e 1,7°C em relação ao eucalipto. Embora o eucalipto tenha se situado com valores médios (entre a mata e o pasto) ocorreram certas inversões, com a temperatura no eucalipto se aproximando dos valores registrados na área de pasto, coincidindo com os momentos de maior perpendicularidade dos raios solares (13,00 às 15,00 horas). No período da manhã a diferença constatada entre a mata, o eucalipto e o pasto foi significativamente menor que durante o período da tarde, quando a mata ficou sensivelmente mais fria (diferença instantânea máxima de 4,0°C em relação ao pasto e 2°C em relação ao eucalipto) e os valores observados no pasto e eucalipto se aproximaram. O contraste entre esses três ambientes se acentua razoavelmente com relação aos dados de umidade, destacando-se isoladamente os valores registrados na cobertura de mata (Fig. 8), enquanto que os valores observados no eucalipto se aproximam dos medidos no pasto. Na média diária a mata foi mais úmida 11% e 15%, respectivamente, em relação ao eucalipto e ao pasto, enquanto que entre o pasto e o eucalipto a diferença esteve em torno de 4%.

QUADRO 2. Síntese dos contrastes encontrados entre as observações de temperatura e umidade realizadas em diferentes ambientes na zona rural de São José dos Campos nos dias 7, 8 e 9 de dezembro de 1974, sob a atuação do anticiclone polar atlântico.

	Vertentes		Cobertura do solo		
	$T_N - T_S$	$T_{NW} - T_{SE}$	$T_M - T_E$	$T_M - T_P$	$T_E - T_P$
Temperaturas instantâneas (Δt máximo)	+1,3	+2,6	-2,0	-4,0	-2,3
Temperatura média diária (Δt médio)	+0,4	+0,5	-1,7	-2,9	-1,2
	$U_N - U_S$	$U_{NW} - U_{SE}$	$U_M - U_E$	$U_U - U_P$	$U_E - U_P$
Umidade relativa instantânea (Δu máximo)	-8	-8	15	22	7
Umidade relativa média diária (Δu médio)	-3	-4	11	15	4

T = temperatura; U = umidade; N = exposição norte; S = exposição sul; SE = exposição sudeste; NW = exposição noroeste; M = cobertura de mata; P = cobertura de pasto; E = cobertura de eucalipto.

DISCUSSÃO

Os fundamentos teóricos, que permitem a explicação das diferenças constatadas nas variações da temperatura e umidade nos sítios e ambientes investigados, devem ser procurados no modo de recepção, transmissão, propagação e dissipação da energia nesses ambientes. Estando, pois, localizados junto à interface solo-atmosfera (camada limite), qualquer alteração na natureza dessa superfície, tanto espacial como vertical, altera significativamente o modo de propagação da energia, alterando conseqüentemente os resultados das trocas verticais de radiação solar e interferindo nos processos advectivos pelas mudanças que introduz no comportamento do vento. Resultam dessas interferências, alterações nas variações da temperatura e umidade, que nada mais são do que elementos ou variáveis respostas, conseqüentemente funções do balanço de energia por unidade de tempo, dentro de um espaço tridimensional.

Torna-se evidente que o grau de explicação para os fatos constatados não alcançam o nível desejado, o qual deveria certamente se basear em medidas de campo do balanço de energia, mas a inexistência de aparelhagem até o momento tem impedido tal tipo de procedimento. No entanto, na falta desses elementos que permitiriam uma análise explicativa global, os resultados aqui apresentados têm o mérito de serem pioneiros no Brasil, principalmente com relação às alterações provocadas pela área urbana, servindo portanto esses dados, embora pontuais e registrados durante o período diurno, como as primeiras informações quantitativas sobre o fenômeno "ilha de calor". O espaço urbano altera o balanço de energia principalmente em função de:

- tipo do material de cobertura de sua superfície;
- forma das estruturas urbanas;
- fontes de calor;
- fontes de umidade;
- qualidade do ar; logicamente o grau de influência maior ou menor, é função da resultante de todos esses fatores. E essa resultante está associada ao crescimento, à função e ao próprio uso do solo urbano. Dentro dessa ordem de idéias Chandler (1962) não acredita na existência de uma função linear entre a intensidade da "ilha de calor" e a área ou população da cidade. No entanto, Arakawa (1937) demonstrou um aumento de 2,6°C para Osaka e 1,5°C para Tokio, na temperatura mínima absoluta; da mesma forma, a relação linear encontrada por Mitchell (1962), entre a taxa de crescimento da cidade e a taxa de aquecimento relativo em 100 anos, demonstra a existência da relação. Nesse sentido é muito importante o modelo determinado por Oke (1972) para cidades do Canadá e

da Europa, entre o tamanho da cidade e a intensidade máxima da "ilha de calor", em dias de calmaria, ou seja:

— Cidades do Canadá:

$$\Delta t_{u-r} = 2,96 \text{ Log } P - 6,41 \quad r^2 = 0,96;$$

— Cidades da Europa:

$$\Delta t_{u-r} = 2,01 \text{ Log } P - 4,06 \quad r^2 = 0,74$$

onde P = população;

Δt_{u-r} = diferença máxima entre a área urbana e rural sob condições de calmaria.

Utilizando essas duas fórmulas estimamos qual seria o diferencial máximo para uma cidade entre 150.000 a 200.000 habitantes; com a equação determinada para as cidades do Canadá obtivemos entre 7 a 9°C e com a da Europa 5 a 6,5°C. Esses resultados superestimam a diferença real máxima obtida que foi de 3,4°C, torna-se necessário esclarecer que foi sob condições de aproximadamente 3 a 4 metros por segundo de intensidade do vento, o que atenua sensivelmente a "ilha de calor". Essa diferença máxima foi constatada durante o período diurno; é provável que se houvésemos feito observações ao anoitecer, durante a noite alcançássemos um diferencial mais acentuado pela maior emissão de radiação de ondas longas pelo organismo urbano, armazenada durante o dia. Portanto, não estão totalmente fora dos valores obtidos pelos modelos de Oke (*op. cit.*).

Um dos mais completos estudos sob a variação espacial e temporal dos elementos meteorológicos em área urbana foi o de Sundborg (1950), realizado em Upsala, Suécia. Ele desenvolveu fórmula empírica para a variação do diferencial térmico urbano através dos elementos meteorológicos, encontrando uma forte correlação negativa deste, com a intensidade da nebulosidade e do vento. Sua equação para o período diurno é:

$$\Delta t = 1,4^\circ\text{C} - 0,01n - 0,09V - 0,01T + 0,04e; \text{ onde}$$

Δt = diferencial térmico

n = nebulosidade em décimos; V = intensidade do vento em metros por segundo;

T = temperatura em °C;

e = umidade absoluta em g/m³; o peso maior dentro dessa proposição é para a intensidade do vento, sendo que durante o período noturno são mais importantes o vento e a nebulosidade. No caso dessa relação Landsberg (1956) propõe uma simplificação do tipo:

$$\Delta t = \frac{4,6 - 0,28 n}{V}; \text{ que resolvida para o dia}$$

de maior diferença encontrada para São José dos Campos (SP) fornece apenas 0,5°C, o que demonstra a não validade dos coeficientes determinados para Upsala, uma vez que a diferença aqui encontrada foi de 3,4°C.

A tendência atual das análises climatológicas aplicadas às áreas urbanas é a da simulação do balanço de energia. Entre esses trabalhos destaca-se o de Terjung (1973), que procura simular a absorção urbana da radiação solar em termos dos ângulos de incidência nas diferentes estruturas geométricas. Leva em conta a latitude e as estações do ano e resolve seu modelo no que ele chama de uma cidade sintética de formato circular; outro trabalho nessa mesma linha é o de Miller, Jonston e Lowry (1972) referente a uma modificação do modelo de Myrup (1969) e Outcalt (1972), o qual consta de um balanço de energia para uma coluna de solo — ar contendo uma interface terra — atmosfera. Soluciona seu modelo para as latitudes de 20° e 45° para diferentes ambientes (urbano, desértico e vegetado), com variação para 24 horas das diferenças entre esses ambientes. Através desse modelo, para a latitude de 20°, teríamos no inverno diferenças entre 1,1°C a 1,6°C e no verão 1,4°C a 7,1°C. Não fica, entretanto, claro em seu trabalho as variações com relação a área e ao tamanho da cidade. Duckworth e Sandberg (1954) encontraram uma razão de incremento de 0,08 a 0,15°C por milha em direção ao centro da cidade de São José (101.000 habitantes), sendo que o diferencial térmico com a área rural oscilou entre 3,9° a 5°C, o que está de acordo com os resultados encontrados em São José dos Campos.

Dentre todos os elementos meteorológicos o mais estudado em relação ao clima das cidades é a temperatura. Em segunda ordem de importância vem o elemento umidade, embora o seu estudo esteja sobremaneira vinculado ao próprio aquecimento urbano; certamente, as modificações de evaporação e evapotranspiração, impostas pela impermeabilização do solo urbano, condicionam valores menores de umidade relativa em relação ao campo ou aos seus arredores. Dados sumariados por Peterson (1969) relatam uma diferença na média anual de 6% a menos de umidade para a cidade, ocorrendo o máximo no verão (8%) e o mínimo no inverno (6%). Dados medidos por Metzler (1935), relatados por Geiger (1950), acusam para Munique valores máximos no anoitecer de verão que chegam a 30%, principalmente no verão. No nosso caso as diferenças máximas oscilaram entre 12 a 13% e na média diária entre 5 a 10%.

Os resultados obtidos para as variações de temperatura e umidade, segundo o tipo de cobertura (pasto, eucalipto e mata), bem como as diferentes encontradas em diferentes vertentes, encontram-se sintetizadas no Quadro 2.

Da mesma maneira que se tem um ambiente tridimensional para o clima de uma cidade (*canopy*), nós o temos também para áreas cobertas com vegetação de diferentes tipos. Importa aqui saber o grau de penetração da radiação solar no interior da vegetação, bem como a distribuição dos fluxos de calor ao nível do solo. Dados publicados por Bourgin (1960), em Rizzini (1976), mostrando temperaturas de solo registradas para diferentes coberturas (ar livre, solo nu, vegetação herbácea e floresta), na Guiné, apontam diferenças de 4°C às 14,00 horas entre o interior da mata e a vegetação herbácea, enquanto que em relação ao ar livre a diferença, também às 14,00 horas, fica em torno de 9,6°C. A influência da floresta na redução do processo de aquecimento do solo é manifestado acusando metade do valor obtido para o solo nu (floresta, 26,4°C e solo nu, 53,5°C). Resultados obtidos por Rauner (1961), em Munn (1966), à tarde, a energia líquida no interior de uma floresta decídua é 19% menor que aquela registrada sobre a mesma. Em acordo com esse fato, os resultados divulgados por Gusinde e Lauscher (1941), para área de mata do Rio Ituri (Bacia do Congo), apontam valores de umidade relativa 15% mais elevados no interior da floresta e temperatura média do ar 1,5°C mais baixa do que as vizinhanças sem mata. Percebemos, pois, que os diferenciais por nós obtidos estão perfeitamente de acordo com os encontrados por outros autores, levando-se em conta de que não se tratava de uma mata com características originais. Gostaríamos de enfatizar aqui a importância do tipo de arquitetura foliar da vegetação no processo de transmissão de energia; é o que fica demonstrado nas diferenças significativas encontradas entre a mata e o eucalipto. Sendo o eucalipto um tipo de planta com uma arquitetura verticalizada, permitindo muito maior penetração da radiação solar, o que certamente eleva a temperatura do solo e, conseqüentemente, a temperatura do interior da comunidade vegetal.

Se as trocas ao nível da cobertura vegetal é um fenômeno essencialmente microclimático, os efeitos provocados pela exposição de vertentes é um fenômeno topoclimático, e como tal envolve questões ligadas à inclinação e orientação da superfície. Portanto, o total de calor que na vertente recebe é composto de duas partes, radiação solar direta e radiação difusa; enquanto a primeira é dependente da exposição e do ângulo de inclinação, a segunda é função somente da declividade, sendo a mesma para todas as exposições. Dados relatados por Pool (1914) apresentaram uma diferença de 29,7°C para a temperatura da superfície entre as exposições Norte e Sul, na região de Nebraska. Logicamente, as diferenças por nós obtidas não alcançaram esses valores, sobretudo porque os dados foram registrados em uma latitude mais baixa do que Nebraska e, conseqüentemente, os efeitos topoclimáticos são atenuados.

CONCLUSÕES

Numa análise crítica aos resultados obtidos, percebemos que sua validade fica restrita ao segmento temporal diurno de verão, enquanto que a ausência de um tratamento espacial e do próprio perfil vertical limita em muito as possibilidades de interpretação e as conclusões devem ser necessariamente limitadas.

Com base nos resultados dos trabalhos de campo e das análises comparativas realizadas na área urbana e rural de São José dos Campos, foram obtidas conclusões para os níveis:

a) *Local*. A área urbana de São José dos Campos acusa a existência de uma nítida influência na variação diurna da temperatura e umidade, em relação à área rural. Fica, portanto, constatado quantitativamente o fenômeno da "ilha de calor" para uma cidade média do Trópico Brasileiro.

b) *Topoclimático*. Ficou demonstrada a importância dos efeitos topoclimáticos no comportamento diurno da temperatura e umidade. Numa faixa de latitude mais baixa (23° latitude Sul), onde praticamente inexistem resultados de trabalho de campo, pois tradicionalmente a maior importância desses efeitos foram estudados nas latitudes médias e altas. Tais resultados, com novos trabalhos de campo mostrando os efeitos de exposição e declividade, poderão se constituir em subsídios importantes para o planejamento agrícola e urbano.

c) *Microclimático*. A importância das áreas florestadas ficou demonstrada através dos significativos desvios encontrados em relação ao pasto e eucalipto. Principalmente, se levarmos em conta que estamos num país eminentemente tropical e com excedente de calor no ambiente urbano, na maior parte dos meses do ano, e pelo que ficou investigado, a mata se traduz por valências negativas com relação ao balanço de calor, enquanto que as estruturas urbanas acentuam o já existente excedente de Calor ambiental.

A análise dessa realidade nos permite julgar necessário considerar prioritárias as seguintes linhas de pesquisa:

— experimentar modelos numéricos baseados no balanço de energia, tomando a cidade como um bloco. Esses resultados poderão eventualmente ser comparados com os modelos já estabelecidos para áreas temperadas;

— análises espaciais dos elementos climáticos ao nível urbano e arredores, incluindo também amostragens segundo a topografia;

— estabelecer relações entre crescimento areolar e populacional com a intensidade de alteração dos vários elementos climáticos. Isso pode ser feito tanto num corte horizontal com as localidades existentes e de diferentes tamanhos, ou num corte longitudinal ao longo do tem-

po, utilizando para análise um grande centro urbano com uma série razoável de dados (além de 30 anos);

— da necessidade de um esforço da geografia urbana em caracterizar as estruturas e os usos do solo urbano nas várias cidades, cujos resultados são fundamentais para o Climatólogo que pretende investigar Clima Urbano.

O desenvolvimento de um programa de trabalho desse tipo certamente irá contribuir para um melhor conhecimento da dispersão de poluentes, conforto ambiental, localização industrial etc., constituindo-se em subsídios importantíssimos para um racional e objetivo planejamento urbano.

BIBLIOGRAFIA

- Arakawa, H. (1937). "Increasing air temperatures in large developing cities". *Gerl. Beitr. Geophys.* 50, 3-6.
- Benson, L. (1931). "L'alteration du climat d'une grande ville". In: *Annales d'Hygiène Publique, Industrielle et Sociale*, IX, nº 3, pp. 1-34. Paris.
- Bourgin, G. V. (1960). *Rapports du sol et de la végétation*. Masson & Cie. Paris, 183 p.
- Chandler, T. J. (1962). "London's urban climat". *Geogr. Jour.* 78: 279-302; (1965). *The climat of London*. 292 p. Huthinson & Co., Londres; (1967). "Night-time temperatures in relation to Leicester's urban form". *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 48, 394.
- Duckworth, F. S. and Sandberg, J. S. (1954). "The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients". *Bull. Am. Meteorological Soc.* 35, 198-207.
- Geiger, R. (1950). *The climate near the ground*. Massachusetts, USA Blue Hill Meteorological Observatory, Harvard University, 482 p.
- Glesinger, E. (1962). *Forest influences*. FAO Roma, 307 pp.
- Gol'tsberg, I. A. (editor) (1969). *Microclimate of the URSS* Translated from the Russian Israel Program for Scientific Translations. Jerusalém, 236 p.
- Gusinde, M. and Lauscher, F. (1941). "Meteorologische berachtungen in Kongo-Urwald". *Sitz. B. Wien Akad.* 150, 281-347.
- Howard, L. (1933). *The climate of London deduced from meteorological observations made in the Metropolis and at various places around it*. 3 vols. J. and Arch. Corwhilz Longran & Co., Londres.
- Kratzer, A. (1937). *Das stadtklima*. In: "Die Winenschaft". Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn.
- Kittredge, J. (1948). *Forest influences*. Nova York, Mac. Graw-Hill Book Co., 394 p.
- Kopec, R. J. (1970). "Further observations of the urban heat island in a small city". *Am. Meteorological Society*, Vol. 51 (7): 602-606.
- Landsberg, H. E. (1956). *The climate of towns*. In: "Man's role in changing the face of the Earth". pp. 585-601. Edited by William L. Thomas Jr. Published for the Wenner-Grem Foundation for Anthropological Research and the National Science Foundation. The University of Chicago Press.
- Landsberg, H. E. (1968). *Micrometeorological temperature on the differentiation through urbanization*. Paper presented at WMO Symposium on Urban Climate and Building Climatology. Bruxela, Bélgica.
- Lowry, W. (1969). *Weather and life*. Academic Press, NY, 305 pp.
- Medeiros, A. M. de Souza, & Ab'Saber, A. N. (1969). "Introdução à Geomorfologia de São José dos Campos (SP)", São Paulo, Inst. de Geografia, *S. Geomorfologia*, nº 12, pg. 2-4.
- Miller, E. L., Johnston, R. E. and Lowry, W. P. (1972). "The case of the muddled metromodel". pgs. 77-82. In: *Conference on Urban Environment and Second Conference on Biometeorology*. American Meteorological Society. Philadelphia, 1972.
- Mitchell, J. M. (1961). *The thermal climate of cities*. In: Symposium: air over cities. Tech. Rep. No. A62-5. pp. 131-145. U.S. Public Health Service, Cincinnati.
- Monteiro, C. A. de F. (1976). *Teoria e clima urbano*. São Paulo, Instituto de Geografia, série Teses e Monografias nº 25. 181 pp.
- Monteiro, C. A. de F.; Tarifa, J. R. e Mello, M. H. (1972). *Análise climatológica para fins de implantação do Parque Metropolitano Sul*. Relatório I para GEGRAN-MONTREAL S/A Engenharia.
- Monteiro, C. A. de F. e Tarifa, J. R. (1973). *Contribuição ao estudo do clima de Marabá*. (Uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento, urbano). Para Arquiteto Joaquim Guedes.
- Mota, F. S. (1975). *Meteorologia agrícola*. São Paulo, Nobel, 376 p.
- Munn, R. E. (1966). *Descriptive micrometeorology*. Nova York, Academic Press, 245 p.
- Myrup, L. O. (1969). "A numerical model of the urban heat island". *J. Appl. Meteor.*, 8, 908-918.
- Oke, T. R. (1972). "City size and the urban heat island". Pp. 144-146, in: *Conference on urban environment and second conference on Biometeorology*. American Meteorological Society. Philadelphia.
- Outcalt, S. (1972). "The development and application of a simple digital surface-climate simulator". *J. Appl. Meteorology*, 11, 629-636.
- Pool, R. J. (1914). A study of the vegetation of the sandhills of Nebraska. *Minnesota Botanical Studies*, 4: 185-312.
- Rauner, Yu. L. (1961). "On the heath budget of a deciduous forest in winter". *Bull. Academ. Science USSR Geogr.* 4, 83-90 (English translated from the Russian Meteorol. Branch, Toronto).
- Rizzini, C. T. (1976). *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. São Paulo, HUCITEC, Ed. da Universidade de São Paulo.
- Schmidt, W. und Brezina, E. (1937). *Das Kunstliche Klima in der Umgebung des Menschen*. 212 p. Friedrich Enk Stuttgart.
- Sundborg, A. (1950). "Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area". *Telles*, 2, 221-231.
- Tarifa, J. R. (1973). *O clima de Manaus (Am), uma análise geográfica para fins de planejamento*. Para SERETE S/A Engenharia.
- Terjung, W. H. and Louie, S. S. F. (1973). "Solar radiation and urban heat island". *Annals of American Geographers*, Vol. 63 (2): 181-207.

SUMMARY

Comparative analysis of the temperature and humidity in the urban and rural area of São José dos Campos (São Paulo, Brasil).

It has been studied through the comparative analysis of the contrasts of the temperature and humidity in the urban area and country of São José dos Campos (SP) Brasil. It was found significative effects of the faces of slope (North, South, East and West) and the cover vegetation of the ground (forest, eucalyptus and grass) for the day time in meteorological situation by the control of the polar anticyclone, even though in the summer solstice (december — 1974). The measurements were effected in the period between december 2nd and 9th with psychrometers Asmann-Fuess, 80 cm from the ground. We found linear regressions between the data of the temperature and humidity obtained in the country area and those of the urban area, resulting in the following equations:

$$Y_1 = 10,2263 + 0,5669 X_1 \quad r = 0,83;$$

$$Y_2 = 9,1507 + 0,6166 X_2 \quad r = 0,86;$$

$$Y_3 = 42,37 + 0,4265 X_3 \quad r = 0,45;$$

Where Y_1 and Y_2 = temperature of the urban area; X_1 and X_2 temperature of the rural area; Y_3 = humidity of the urban area and X_3 = humidity of the rural area.

The results of the regression which refer to the data of humidity was not satisfactory. We analyse the meteorological situations that controll the weather during the fieldwork. Our results were compared with those published in the specialized climatological literature. Because of this experiment in the field the author proposes a series of projects or priorities approaches to the future researches.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O NÍVEL DE BASE, RUPTURAS DE DECLIVE, CAPTURAS FLUVIAIS E MORFOGÊNESE DO PERFIL LONGITUDINAL

ANTONIO CRISTOFOLETTI (*)

Como os rios são considerados como os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas e dos continentes para o mar, a análise dos perfis longitudinais constituiu-se em aspecto chave para os estudos geomorfológicos, em virtude da importância pressuposta da atividade fluvial na esculturação do modelado terrestre. As diversas teorias geomorfológicas utilizam as características do perfil longitudinal, procurando enquadrá-las de modo significativo no conjunto das formas de relevo, embora oferecendo explicações diferentes para as funções que lhe são atribuídas.

A quantidade sempre crescente de contribuições relativas ao assunto demonstra a complexidade do problema e a diversidade dos conceitos envolvidos. Em trabalho anterior realizamos levantamento da literatura geomorfológica, procurando concatenar as contribuições que assinalaram o desenvolvimento dos conceitos a propósito dos estudos sobre os perfis longitudinais de cursos de água (Christofolletti, 1977). Ao longo do referido texto tornou-se claro que à medida que novas contribuições vão surgindo, propondo novas abordagens e teorias explicativas, há necessidade de se reformular enunciados relativos a diversas questões tradicionalmente consagradas na literatura específica. Muitas vezes, idéias superadas são costumeiramente admitidas, assim como as suas implicações dedutivas na explicação das formas de relevo, como ainda sendo as mais válidas.

Tomando como base as implicações delineadas nas várias teorias geomorfológicas (Christofolletti, 1973; 1974), procuraremos na pre-

* Departamento de Geografia e Planejamento Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro.