



DISTRIBUIÇÃO NOTURNA DA TEMPERATURA EM
PORTO ALEGRE, RS UTILIZANDO O
MÉTODO DE MEDIDAS MÓVEIS

HEINRICH HASENACK
VÉRA LUISE BECKE
UFRGS Centro de Ecologia
Porto Alegre RS

Um método de medida móvel de temperaturas foi utilizado para verificar a distribuição da temperatura no ambiente urbano de Porto Alegre, RS. Os dados obtidos foram relacionados com diferentes variáveis do ambiente urbano. A cobertura do solo (distribuição da vegetação e densidade de edificações) mostrou a melhor relação com a intensidade da Ilha de Calor.

A mobile method of temperature measurement was used to verify the temperature distribution in Porto Alegre, RS. The acquired data were related to different variables of the urban environment. The soil cover (distribution of vegetation and built-up density) showed the best relation to the Heat Island intensity.

INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e crescimento das cidades no último meio século mudou a fisionomia da Terra mais do que, provavelmente, qualquer outro resultado da atividade humana em toda história (ODUM, 1985). A expansão vertical e horizontal das cidades ocorreu de acordo com as possibilidades técnicas da ação do Homem sobre o meio, fazendo com que o meio natural fosse modificado mais drasticamente do que naturalmente ocorreria (MARCUS & DETWYLER, 1972).

Embora mencionando apenas o ambiente atmosférico, KNEESE (1973) ressaltou algo que pode ser estendido aos demais componentes do meio físico ('natural'): A necessidade de se conhecer no geral e no particular os efeitos de "feedback" que as atividades humanas exercem sobre o seu meio ambiente. O rápido e desordenado crescimento das cidades, em especial no mundo não desenvolvido, tem tornado quase impossível a tarefa de prover a população em suas necessidades biológicas e culturais (MARCUS & DETWYLER, 1972). O acompanhamento deste crescimento permite constatar que, embora os problemas decorrentes sejam predominantemente de cunho político e sócio-econômico, a adoção de alguns cuidados climatológicos simples, por ocasião do planejamento da renovação e expansão urbana, poderia contribuir para melhorar a qualidade de vida nas cidades (CHANDLER, 1976).

CHANDLER (1970) indica como causas do clima urbano:

- a alteração das características térmicas da superfície pela substituição de áreas verdes por pavimentação e edificações;
- a alteração dos padrões de circulação do ar pela presença de edificações;
- a alteração das taxas de evaporação pela impermeabilização da superfície;
- o calor adicionado pela presença e pelas atividades do Homem.

O excesso de temperatura de uma cidade, em relação aos seus arredores, gerado pela combinação das causas anteriormente descritas é denominado "Ilha de Calor" (IC) (BÖHM, 1979).

Com o objetivo de aumentar os conhecimentos acerca do clima urbano de Porto Alegre, RS (30°S; 51°W Gr), iniciados por DANNI (1980) e testar, de forma pioneira no País, o método de medidas móveis de temperatura, já conhecido na Europa desde o fim da década de 20, faz-se, no presente trabalho, a descrição da metodologia utilizada por HASENACK, SCHMIDT & BECKE (1982) para a determinação da distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, relacionando-a com o relevo, a vegetação e a intensidade de urbanização.

ÁREA DE ESTUDO

Localizada próxima da costa oriental do continente sul-americano, Porto Alegre possui clima subtropical ("Cfa" conforme a classificação de Köppen). A alternância, ao longo do ano, da ação de massas das massas de ar polar marítima (out-inv) e tropical marítima (pri-ver) confere à área uma gama variada de tipos de tempo. A insolação é de 2303 h anuais (52% do máximo possível para 30°S). A temperatura média anual é de 19,3°C com amplitude anual de 10,8°C. As temperaturas máximas no verão atingem em média 29,8°C e as temperaturas mínimas médias no inverno 9,7°C. A precipitação total anual é de 1322 mm, uniformemente distribuída no ano, com pequeno aumento no inverno. Os ventos predominantes são de oeste no inverno e de sudeste e leste nas demais estações do ano (MACHADO, 1950).

Porto Alegre, uma das metrópoles regionais brasileiras, conta com uma população de 1.159.709 hab (1980) dos quais 99% vive na área urbana.

Desenvolvendo-se a partir dos promontórios rochosos da margem esquerda do Guaíba, a cidade estendeu-se, posteriormente, pelas planícies

aluviais e baixos terraços (AB'SABER, 1965). A expansão prosseguiu sobre os morros de nível intermediário (80-130m), de baixa declividade, sendo detida apenas ao sul, pela forte declividade (30-40%) dos morros altos (220-310m), que conduziu o crescimento da cidade, nesta direção apenas pela margem do Guaíba.

MATERIAL & MÉTODOS

Utilizado pela primeira vez na Europa (SCHMIDT (1927), na Áustria e PEPLER(1929), na Alemanha) o método de medidas móveis de temperatura logo se difundiu para outros países em razão de sua simples aplicação e baixo custo operacional (SUNDBORG(1950), na Suécia; CHANDLER (1960), na Inglaterra; SEKIGUTII(1951), no Japão; DUCKWORTH & SANDBERG(1954), nos EUA; OKE & HANNEL(1970) e OKE & EAST(1971), no Canadá; GOLDREICH(1970), na África do Sul). No Brasil o primeiro trabalho a aplicar esta metodologia é HASENACK, SCHMIDT & BECKE(1982) (MONTEIRO, 1986).

Dos percursos a pé e de bicicleta, utilizando termômetros sem aspiração, passou-se ao uso de veículos automotores com termômetros aspirados e termistores, com registro mecânico ou digital.

Para o estudo da distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, utilizou-se dois veículos automotores que percorreram quatro rotas (duas por veículo) abrangendo uma área de 80 km², compreendida entre os paralelos 30°00'S e 30°06'S e meridianos 51°09'W Gr e 51°15'W Gr. Em função das observações feitas por NÜBLER (1979) em Freiburg i.Br., optou-se por incluir o centro da cidade e o maior número de bairros circunvizinhos que pudessem ser visitados pelos veículos disponíveis, no menor intervalo de tempo possível. Ao longo destas rotas foram distribuídos pontos de observação tendo-se obediência aos seguintes critérios:

- Manter uma densidade de pontos por km² de acordo com o número mais frequente na literatura (2 pontos por km²);
- Apresentar uma distribuição tanto quanto possível uniforme, que pudesse permitir uma estratificação posterior;
- Estar situados em locais fisicamente representativos das características circunvizinhas;
- Estar localizados em altitudes inferiores a 120m para minimizar o efeito da altitude.

O intervalo de tempo envolvido para a leitura das temperaturas foi em torno de quatro horas com início à 00h.

As temperaturas foram tomadas, em cada ponto, a dois metros do solo, com o observador mantendo-se afastado do veículo. Os sensores utilizados foram termistores modelo TECHNTERM 1500.

Os percursos foram realizados em noites calmas (velocidade do vento <3m.s⁻¹), sem nebulosidade, situação sinóptica esta em que, teoricamente, as diferenças de temperatura entre os diversos pontos tendem a ser mais acentuadas.

Os valores de temperatura obtidos em diferentes momentos foram interpolados para um horário comum utilizando-se para isso o registro de um termo-higrógrafo localizado em ponto com características geográficas intermediárias da área estudada, no caso, a Estação Principal do Oitavo Distrito de Meteorologia (8º DISME).

Como a interpolação só pode ser efetuada corretamente quando as variações da temperatura durante o período de medições apresentaram comportamento linear, restaram apenas quatro noites das oito observadas. A imposição da linearidade para a correção horária justificou ainda, a escolha de um trabalho noturno, efetuado em intervalo de tempo mais prolongado (aproximadamente 4 horas) do que o normalmente encontrado na literatura.

ridade para a correção horária justificou ainda, a escolha de um trabalho noturno, efetuado em intervalo de tempo mais prolongado (aproximadamente 4 horas) do que o normalmente encontrado na literatura.

A interpolação dos pontos resultou numa diferença de temperatura para cada ponto em relação à estação-base (8º DISME). A série de diferenças obtidas foi representada em cartas de isoanômalas e correspondem às noites de 13, 21 e 28 de maio e 2 de junho de 1982 (fig. 1,2, 3 e 4, respectivamente).

Para uma melhor interpretação dos resultados e laborou-se, a partir da base cartográfica da METROPLAN (Fundação Metropolitana de Planejamento) em escala 1:25.000, um mapa topográfico simplificado da área de estudo a partir do qual, com utilização dos métodos propostos por DE BIASI(1970 e 1977) organizou-se cartas de declividade e orientação de vertentes, respectivamente.

Utilizou-se também as cartas de percentagem de cobertura vegetal e intensidade de urbanização elaboradas por RUSCZYK(1986a e b), além da carta de cobertura do solo elaborada por HASENACK (1988a e b) (fig. 5).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

As figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram a distribuição noturna da temperatura obtidas para Porto Alegre no outono de 1982.

A situação sinóptica para as noites estudadas foi de tempo anticiclônico, sem nebulosidade e ventos fracos.

A observação das figuras permite verificar a presença de múltiplas ilhas térmicas (quentes e frias), algumas com configuração bastante nítida em todas as noites observadas.

No centro da cidade observa-se sempre a presença de uma Ilha de Calor (IC) 'principal' embora com flutuações em intensidade e forma, mesmo sob condições de tempo similares. A diferença média desta IC com relação ao 8º DISME é de aproximadamente 2°C. Na área estudada, a diferença máxima de temperatura entre os dois locais atingiu 5°C com o centro apresentando temperaturas mais altas. De maneira inversa ao centro, os bairros Jardim Botânico (proximidades do 8º DISME), o bairro Três Figueiras (proximidades do Country Club) e o bairro Passo da Areia (proximidades do Aeroporto Salgado Filho) apresentaram a tendência de temperaturas mais baixas.

Observa-se ainda que nas proximidades do Parque Farroupilha as temperaturas são mais baixas quando comparadas com a IC principal, localizada a uma distância pouco superior a 1,5km.

As aparentes IC secundárias que ocorreram nas proximidades dos bairros Santa Teresa e Alto Teresópolis são resultado de inversões térmicas de superfície, aparentemente comuns diante dos tipos de tempo ocorridos. Possivelmente, nestas noites a base da inversão encontrava-se em altitude inferior a dos morros Santa Teresa e Teresópolis.

A presença da IC principal coincide ainda, com áreas mais pobres em vegetação e/ou maior intensidade de urbanização (fig. 5). Esta estreita relação entre áreas densamente construídas, ausência de vegetação e IC principal, apesar de verificada em outras latitudes (DUCKWORTH & SANDBERG, 1954) ainda não havia sido verificada em Porto Alegre (DANNI, 1980), provavelmente devido ao horário das observações (9h,15h e 21h), e ao limitado número de pontos de obser-

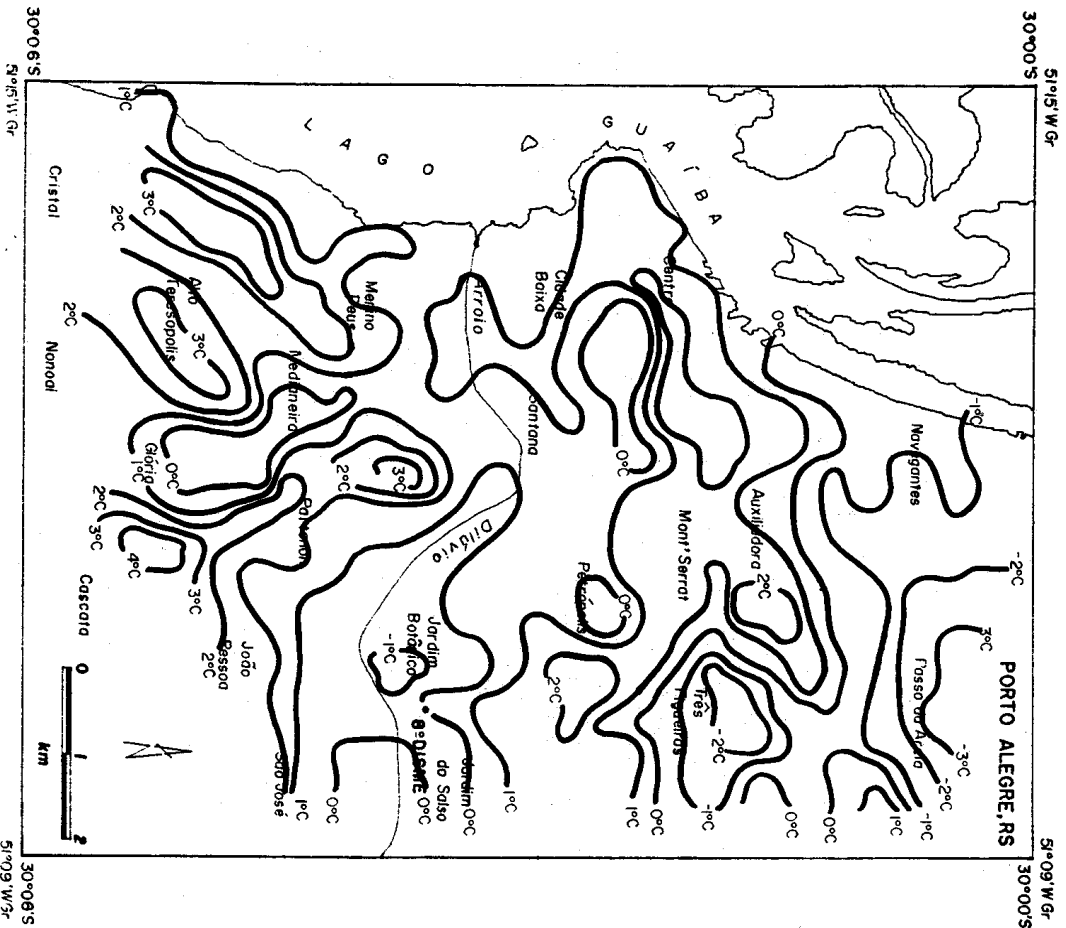


Fig. 1: Isoanômalas de temperatura para Porto Alegre, RS em 13 de maio de 1982.

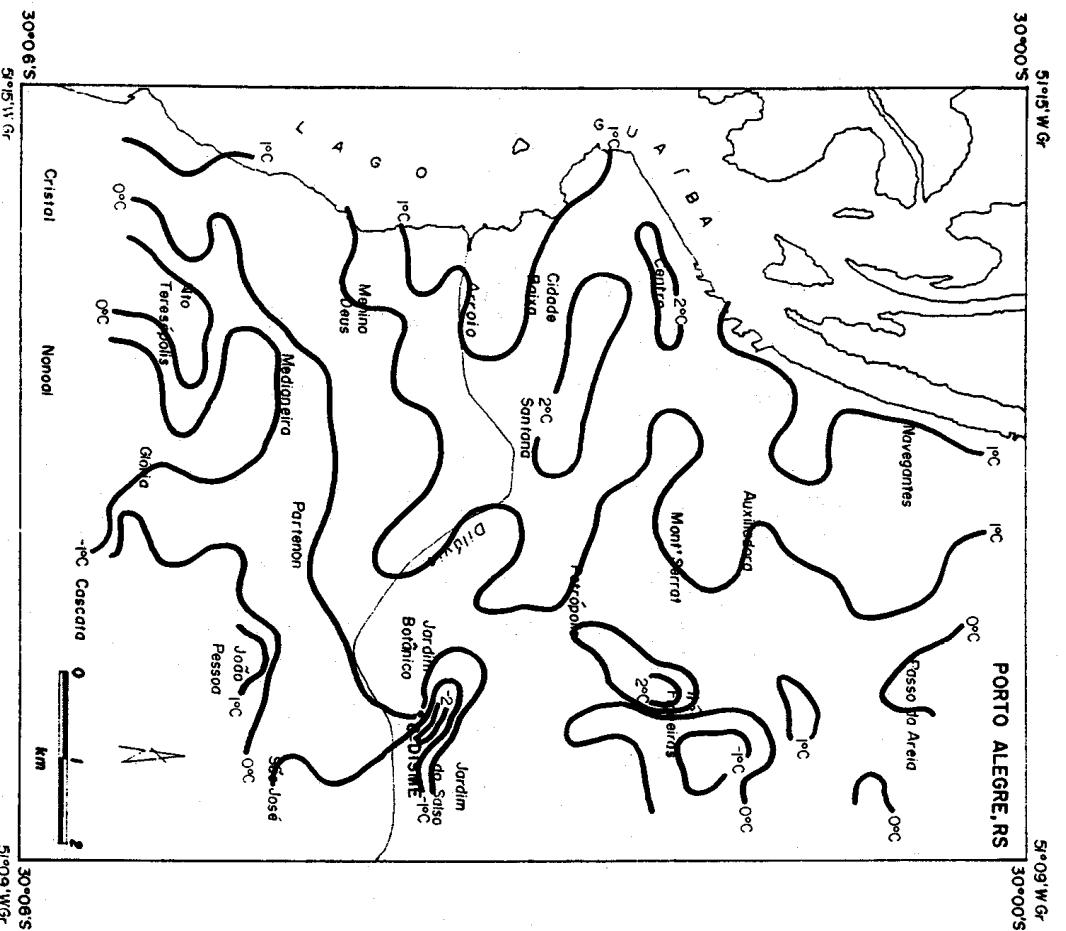


Fig. 2: Isoanômalas de temperatura para Porto Alegre, RS em 21 de maio de 1982.

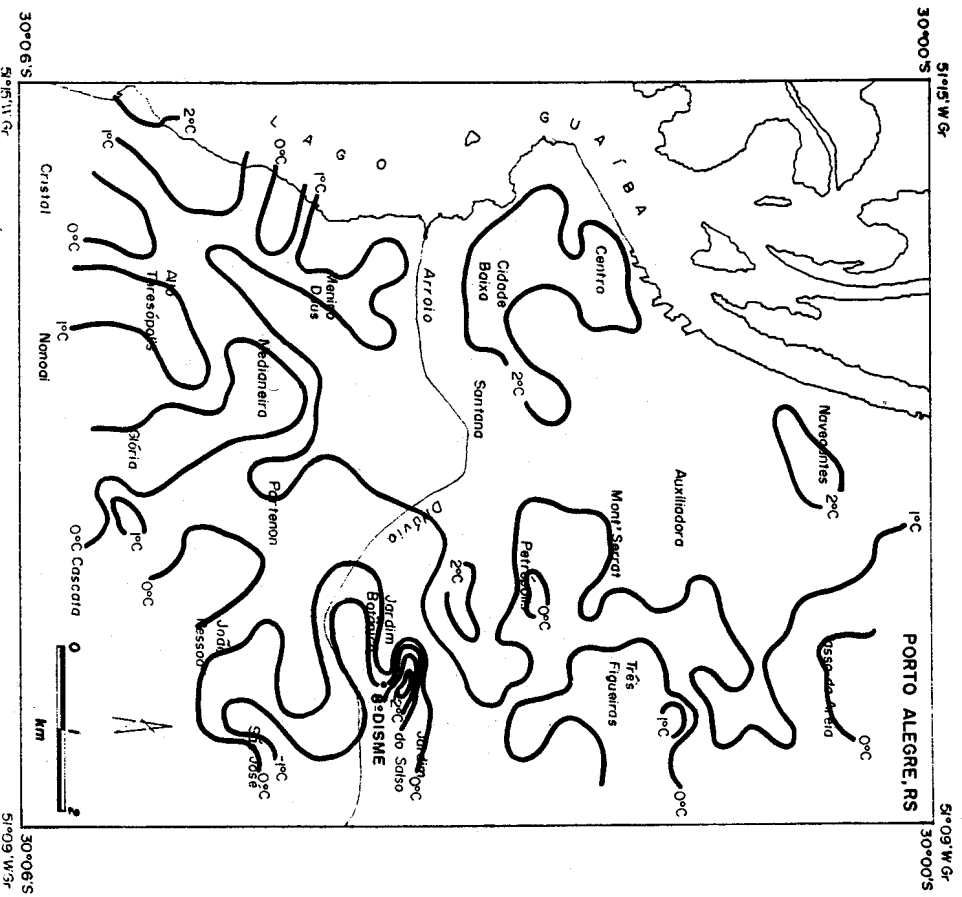


Fig. 3: Isoanômalas de temperatura para Porto Alegre, RS em 28 de maio de 1982.

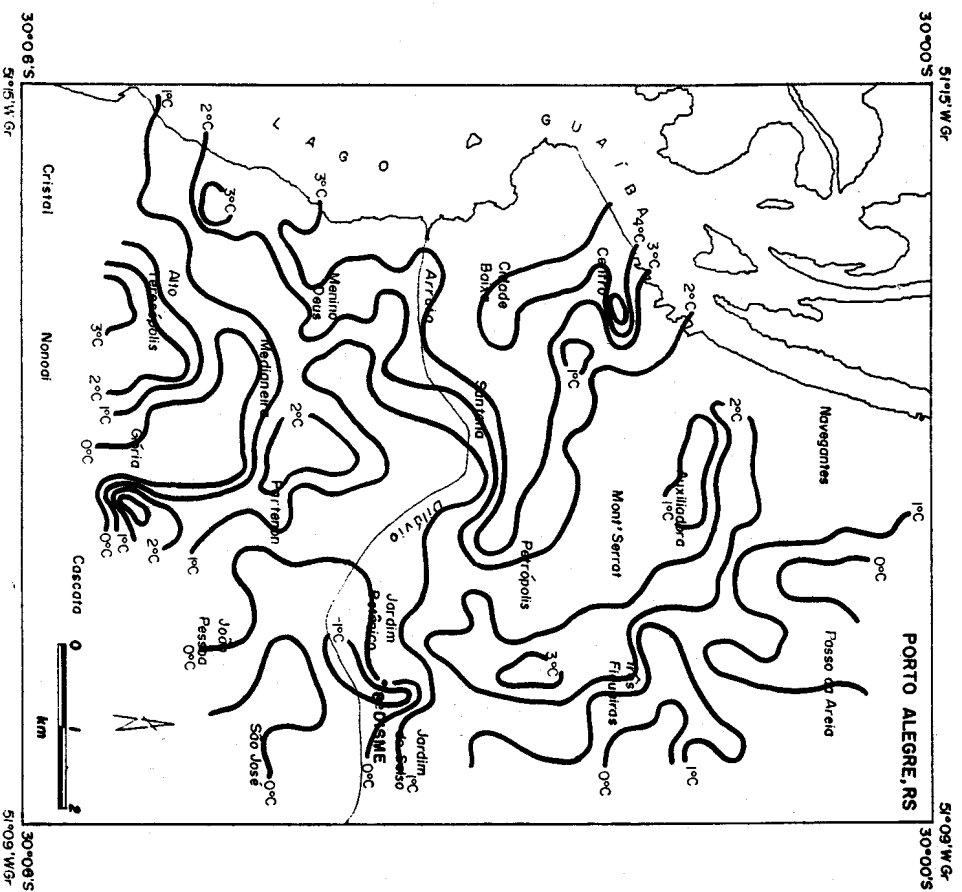


Fig. 4: Isoanômalas de temperatura para Porto Alegre, RS em 2 de junho de 1982.

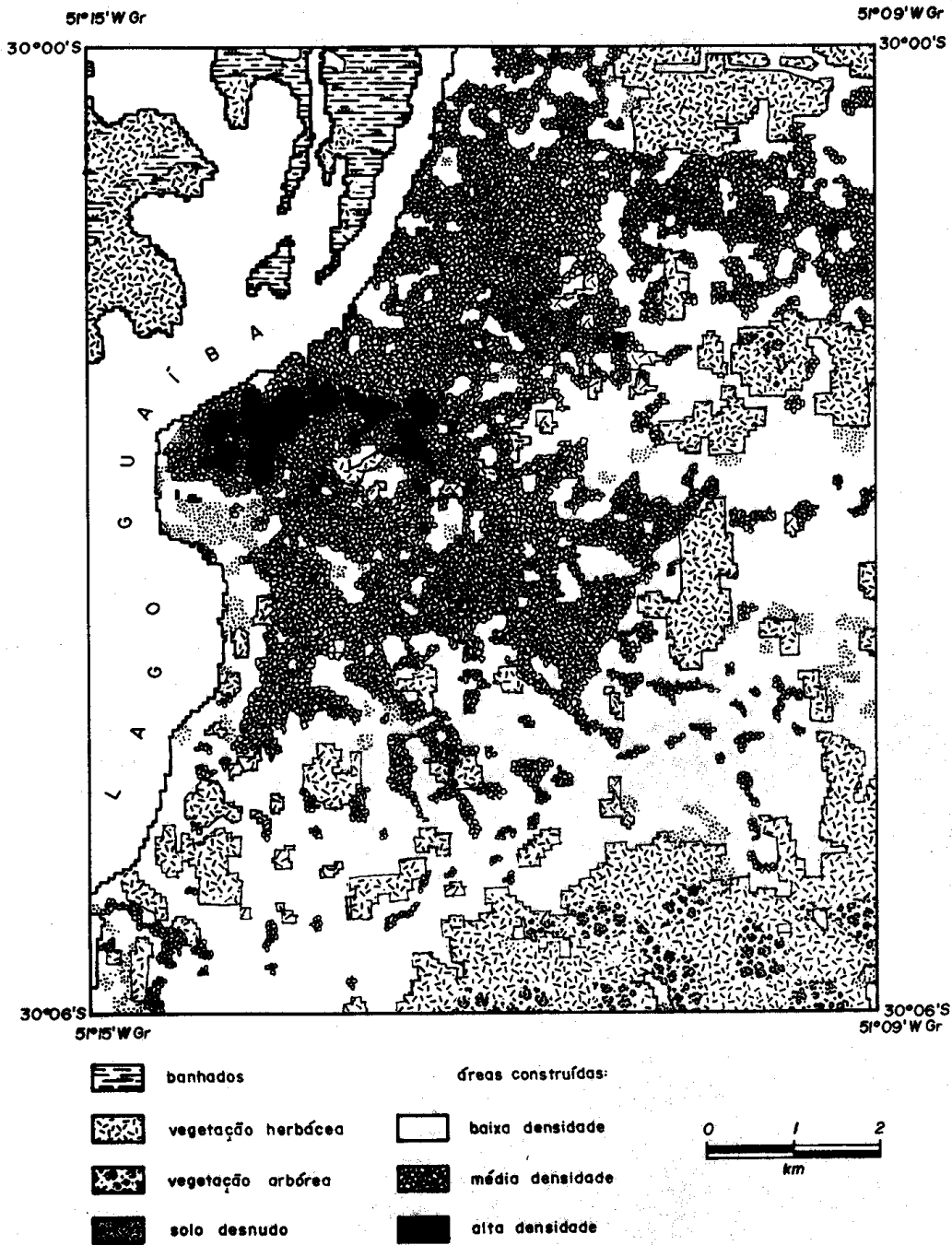


Fig. 5: Mapa de cobertura do solo de Porto Alegre, RS (HASENACK, 1988a)

vação. Constatou-se ainda que locais com mais vegetação (fig. 5) apresentam temperaturas inferiores às das áreas construídas (fig. 1, 2, 3 e 4). Ressalte-se a dimensão das áreas verdes e o porte da vegetação e sua influência sobre áreas adjacentes. Praças e parques implantados mais recentemente (Parque Marinha do Brasil, Maurício Sirotsky Sobrinho e Moínhos de Vento), talvez pelo volume ainda reduzido de vegetação arbórea, não mostraram influência sobre as temperaturas em pontos de observação localizados em suas proximidades com a mesma intensidade com o que se observa em pontos próximos ao Parque Farroupilha e Country Club para as noites observadas. HASENACK & BECKE (1986) também constataram diferenças de até 2,5°C entre o Parque Farroupilha e o Centro da cidade.

Aventando-se a hipótese de possível influência do relevo sobre as temperaturas obtidas, localizou-se os pontos de observação nas diferentes faixas de declividade e orientação de vertentes. Aplicando-se a prova de Kruskal-Wallis para um nível de significância de $\alpha = 0,05$ para cada noite, constatou-se não haver diferença significativa entre as temperaturas obtidas e as diferentes faixas de declividade em 13 de maio, 28 de maio e 02 de junho de 1982 e orientação de vertentes para as noites de 21 e 28 de maio de 1982. No entanto, constatou-se diferenças significativas de temperatura em pontos localizados em diferentes declividades em 21 de maio de 1982 e orientação de vertentes em 13 de maio e 2 de junho de 1982. Estes resultados parecem demonstrar que a declividade e a orientação de vertentes parecem ser suplantadas pelo efeito da geometria das edificações aumentando a rugosidade, mascarando assim, em nível local, a declividade e orientação de vertentes.

Ao longo do vale do arroio Dilúvio, na porção leste-sudeste da área de estudo, observou-se em todas as noites uma inflexão das isolinhas na direção do centro da cidade, o que poderia sugerir a existência, sob tempo anticiclônico, de brisa rural. Contribui para isso não só o relevo mas também a não existência de edificações muito altas que pudessem servir de anteparo à essa brisa.

CONCLUSÕES

A utilização do método de medidas móveis para observação da temperatura permitiu a identificação do fenômeno "Ilha de Calor" em Porto Alegre, sob condições de tempo anticiclônico, no outono. A IC mais característica formou-se sobre a área central da cidade, em todas as noites observadas, variando em forma e intensidade, mesmo sob condições de tempo semelhantes. As maiores diferenças de temperatura desta IC com relação ao 8º DISME oscilaram entre 2°C e 5°C, com maior frequência em torno de 2°C. IC de menor intensidade e extensão ocorreram também em outros locais da área urbana, geralmente associadas com a topografia, visto ser característica deste tipo de tempo a ocorrência de inversões térmicas de superfície, à noite.

Em áreas com maior concentração de vegetação arbórea no interior da área urbana (Parque Farroupilha, Country Club, Jardim Botânico e arredores do Aeroporto Salgado Filho, entre outros), observou-se a formação de "Ilhas de Frio", também chamados, na literatura de língua inglesa, de "oásis", pois apresentam temperaturas inferiores às dos arredores edificados. As diferenças de temperatura da cidade com relação ao 8º DISME apresenta, portanto u

ma relação inversa com a percentagem de vegetação estabelecida por RUSCZYK (1986a). Já a intensidade de urbanização (RUSCZYK, 1986b) ou densidade de área construída (HASENACK, 1988a, fig. 5) apresentou relação positiva com a intensidade da IC, também demonstrada por HASENACK (1989).

Não houve correlação significativa entre a intensidade da IC e a declividade e orientação de vertentes.

O traçado das isolinhas ao longo do vale do arroio Dilúvio no setor leste-sudeste da área de estudo (fig. 1, 2, 3 e 4) parece sugerir que por aquele vale ocorre, sob tempo anticiclônico, a penetração de brisa rural para o interior da área urbana.

AGRADECIMENTOS

Aos alunos do curso de graduação em Geografia e Ciências Biológicas e do curso de pós-graduação em Ecologia da UFRGS, pelo auxílio na observação das temperaturas. A L.W. Ferraro e J.O. Meneguetti pela leitura crítica e sugestões. Ao Centro de Ecologia da UFRGS pelo patrocínio do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. 1965. O sítio urbano de Porto Alegre: estudo geográfico. Boletim Paulista de Geografia. 42:3-30. (AGB-São Paulo)
- BÖHM, R. 1979. Meteorologie und Stadtplanung in Wien - ein Überblick. Wetter und Leben 31(2):1-11. (Zeitschrift für angewandte Meteorologie)
- CHANDLER, T.J. 1960. Wind as a factor of urban temperatures - a survey in North-East London. Weather. 15:204-213.
- _____. 1970. Urban climatology - inventory and prospect. In: WMO. 1970. Urban Climates. Geneva, WMO. p. 1-14. (Tech. Note 108)
- _____. 1976. Urban Climatology and its Relevance to Urban Design. Geneva, WMO. 61p. (Tech. Note 149)
- DANNI, I.M. 1980. A ilha térmica de Porto Alegre. Boletim Gaúcho de Geografia. 8:33-48.
- DE BIASI, M. 1970. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. Geomorfologia. 21:8-13.
- DE BIASI, M. 1977. Cartas de orientação de vertentes: confecção e utilização. Cartografia. 4:1-11.
- DUCKWORTH, F.S. & SANDBERG, J.S. 1954. The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. Bull. Am. Meteorol. Soc. 35(5):198-207.
- GOLDREICH, Y. 1970. Computation of the magnitude of Johannesburg's heat island. Notos 19:95-106.
- HASENACK, H. 1988a. Geographical Information System Applications to Urban Environmental Studies: A Case Study of Porto Alegre, Brazil. Geneva, UNEP-GRID. 37p. (Final Report UNEP/UNITAR Training Programme in GIS Technology Applications in the Field of Environment)
- _____. 1988b. O uso de Sistemas de Informação Geográfica em análise ambiental urbana. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, RN, 1988. Anais... Natal, INPE/SELPER. v.1, p.35-40.

- _____. 1989. A GIS-oriented Database for the Urban Environment of Porto Alegre, Brazil. Poster presentation at the International Symposium on the State-of-the-Art of Remote Sensing Technologies for Biosphere Studies. UNESCO/UNEP, Moscow, USSR. 18-22.09. 1989.
- HASENACK, H., SCHMIDT, J. & BECKE, V.L. 1982. Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS. 5., Porto Alegre, 1982. Anais... Porto Alegre, Associação dos Geógrafos Brasileiros. v.1, p.438.
- HASENACK, H. & BECKE, V.L. 1986. Comparação entre dois métodos de medida móvel de temperatura em ambiente urbano. Geografia. 11 (22):137-141.
- KNEESE, A.V. 1973. Introduction. In: FRISKEN, W.R. 1973. The Atmospheric Environment. Baltimore, John Hopkins University Press. p.1-5.
- MACHADO, F.P. 1950. Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, IBGE. 91p.
- MARCUS, M.G. & DETWYLER, T.R. 1972. Urbanization and Environment in Perspective. In: DETWYLER, T.R. & MARCUS, M.G. 1972. Urbanization and Environment. Belmont, Duxbury p.2-25.
- MONTEIRO, C.A.F. 1986. Some Aspects of the Urban Climates of Tropical South America: The Brazilian Contribution. In: WMO. 1986. Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas. Geneva, WMO. p.166-198. (Tech. Note 652)
- NÜBLER, W. 1979. Konfiguration und Genese der Wärmeinsel der Stadt Freiburg i. Br. Freiburg i. Br., Geogr. Inst. I Univ. Freiburg 113p.
- ODUM, E. 1985. Ecologia. Rio de Janeiro, Interamericana. 434p.
- OKE, T.R. & EAST, C. 1971. The Urban Boundary Layer in Montreal. Boundary Layer Met. 1: 411-437.
- OKE, T.R. & HANNEL, F.G. 1970. The Form of the Urban Heat Island in Hamilton, Canada. In: WMO. 1970. Urban Climates. Geneva, WMO. p.113-126. (Tech. Note 108)
- PEPPLER, A. 1929. Das Auto als Hilfsmittel der meteorologischen Forschung. Z. f. angew. Met. 46:305-308.
- RUSCZYK, A. 1986a. Análise da cobertura vegetal da cidade de Porto Alegre, RS. Revta. Brasil. Bot. (9):225-229.
- _____. 1986b. Ecologia urbana de borboletas: I. O gradiente de urbanização e a fauna de Porto Alegre, RS. Rev. Bras. Biol. 46(4): 675-678.
- SCHMIDT, W. 1927. Die Verteilung der Minimumtemperaturen in der Frostnacht des 12.05. 1927 im Gemeindegebiet von Wien. Fortschr. d. Landwirtschaft. 21(2):681-686.
- SEKIGUTI, T. 1951. Studies in local climatology - temperature distribution and surface covers. Papers in meteorology and geophysics. 2:3-4.
- SUNDBORG, A. 1950. Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area. Tellus. 2:222-232.