

# INVESTIGAÇÃO CLIMÁTICA EM ÁREAS DE FUNDO DE VALE, NA CIDADE DE SÃO CARLOS/SP

Maria Solange G. de Castro Fontes. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental  
Arthur Mattos. Prof. Dr. em Hidrologia  
Depto de Hidráulica e Saneamento - EESC-USP  
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - São Carlos/SP - CEP 13560-250

## RESUMO

Este trabalho procura fornecer mais uma contribuição aos estudos físicos das cidades brasileiras, através de uma investigação climática em áreas de fundo de vale, na cidade de São Carlos/SP, com o objetivo de identificar e avaliar as diferenças microclimáticas entre essas áreas e o centro urbano. A análise dos resultados mostra que as áreas de fundo de vale possuem um efeito de amenização no clima urbano e podem contribuir para atenuar graves problemas causados pela urbanização.

## ABSTRACT

This work intends to be a contribution to physical studies of Brazilian cities, through a climatic investigation of river bed areas in the city of São Carlos-SP, in order to identify and evaluate the microclimatical differences between these areas and the urban center. The analysis of the results shows that river bed areas have an effect of amenization in the urban climate and can contribute to attenuate serious problems caused by urbanization.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de diversos problemas ambientais nas regiões de fundo de vale das cidades brasileiras (erosão de margens, inundação, poluição dos rios, entre outros) é atualmente um problema frequente e foco de constantes preocupações governamentais. Apesar da existência de leis de regulamentação e preservação dessas áreas, a falta de controle efetivo é evidente.

Em São Carlos, cidade de porte médio do estado de São Paulo, a rápida expansão urbana em torno de vias marginais tem gerado alguns destes problemas, que podem agravar-se com o tempo, caso não haja uma intervenção, pois essas regiões são sensíveis à ocupação urbana.

Um planejamento adequado para essas áreas, requer inicialmente pesquisas climatológicas, que além de constituírem importantes fontes de informações para o planejador urbano, evitam fracassos funcionais, estruturais e contribuem para a racionalização de energia.

De acordo com STÜNAGEL, HOBERT & SUKOPP (1990), os problemas urbanos somente serão resolvidos se considerações ecológicas e sociais forem levadas em conta no exercício de planejamento.

BITAN (1992) reforça essa teoria ao afirmar que a concentração de pessoas e atividades em áreas urbanas conduzirá a uma variedade de problemas climatológicos, a menos que os planejadores desenvolvam métodos de planejamento e desenho de edifícios, que permitam a continuação do crescimento de áreas urbanas e suas atividades, e por outro lado, possibilitem que a população viva em boas condições climáticas e ambientais.

Tendo em vistas essas considerações, este trabalho objetiva identificar e avaliar as variações higrótérmicas entre áreas de fundo de vale e centro urbano, da cidade de São Carlos/SP, com fins a obter informações para o planejamento urbano. Para isso, é feita uma pesquisa de campo, em dias típicos de inverno, utilizando o método de medição móveis.

## CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A cidade de São Carlos está localizada praticamente no centro geográfico do Estado de São Paulo, entre os paralelos 21°30' e 22°30' e entre as longitudes de 47°30' e 48°30', a uma altitude de 850m. É uma cidade de porte médio, com uma população fixa estimada de 156.000-180.000 habitantes (IBGE-1991), que se encontra em pleno crescimento e é hoje um pólo de atração, promovida pelas universidades e parque industrial.

Em relação a malha viária, a necessidade de expansão urbana reforçou a necessidade de criação de um anel viário, através de marginais ao Rio do Monjolinho e aos Córregos do Tijuco Preto e do Gregório, para aliviar o tráfego pesado das áreas centrais. Com a criação dessa via começou o desenvolvimento das áreas adjacentes e conseqüentemente, o surgimento de diversos problemas urbanos.

## O CLIMA DE SÃO CARLOS

De acordo com os estudos realizados por TOLENTINO (1967) e dados extraídos das Normais climatológicas (1961-1990) fornecidos pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (1992), o clima de São Carlos apresenta 2 estações bem definidas: um verão quente e úmido e um inverno frio e seco. Segundo a classificação climática de Koeppen, apresentada por TOLENTINO, o clima de São Carlos é do tipo Cwa, ou seja, úmido macrotérmico subtropical.

As maiores temperaturas médias são registradas no período de dezembro a março, já as menores são obtidas nos meses de maio, junho e julho. O mês de janeiro possui a temperatura média mais elevada (23,1°C) e o de junho, a mais baixa (18,1°C). As maiores amplitudes térmicas são observadas no período de inverno.

Em relação a umidade relativa do ar, o período de dezembro a março apresenta os maiores registros. Os menores valores desta variável são obtidos no intervalo de junho a outubro.

A precipitação anual é de 1520,6 mm; a do mês mais seco é de 255,7 mm e a do mês mais úmido é de 221,6 mm.

Os ventos predominantes sopram do quadrante Nordeste (até 3,5 m/s), contudo os ventos do sudeste são mais frequentes no início e final da estação quente (4 m/s).

## METODOLOGIA

A pesquisa de campo tem por objetivo coletar dados climatológicos (temperatura e umidade) em alguns pontos localizados em áreas de fundo de vale, ao longo do rio do Monjolinho e dos córregos do Tijuco Preto e do Gregório e na área central da cidade (avenida São Carlos).

Para a coleta de dados foi empregado o método de medições móveis, utilizando sensores de temperatura e umidade acoplados a um veículo, a uma altura aproximada de 1,5 m do solo.

A figura 1 mostra a área de abrangência da pesquisa de campo, que segue uma rota de 8 Km, percorrendo as vias marginais e a avenida São Carlos. Apresenta também os 14 pontos de medições, escolhidos com base em amostras diversificadas de uso do solo, procurando refletir situações típicas do ambiente urbano.

As medições são efetuadas em três dias típicos de inverno (18,19 e 20/07/96), com céu claro (sem nebulosidade) e ar calmo (vento menor que 3m/s), às 9, 15, 19, 20 e 21 horas. Nestas condições de tempo, as diferenças de temperatura entre vários pontos tendem a ser mais acentuadas.

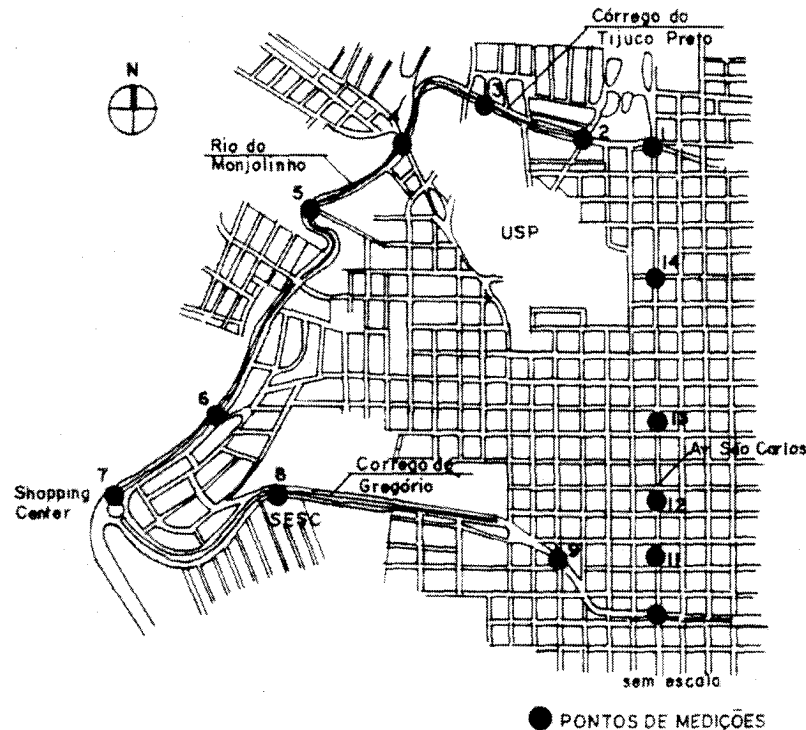


Figura 1. Área da pesquisa de campo e localização dos pontos de observações móveis

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

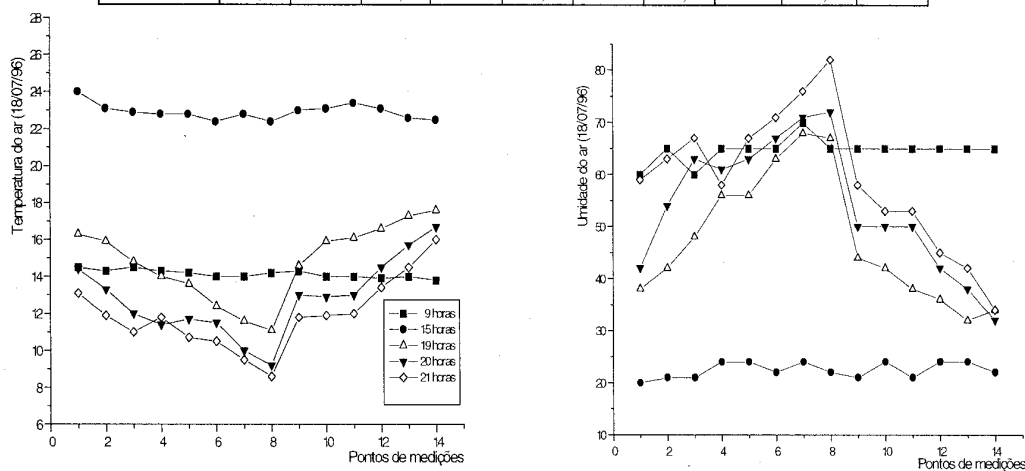
São mostrados na tabela 1 e figura 2 os resultados das investigações realizadas no dia 18/07/96, onde se pode constatar que às 9 e 15 horas praticamente não existem variações climáticas entre os diversos pontos de medições. As maiores variações de higrótérmicas são observadas a partir das 19 horas, durante o processo de resfriamento noturno. As menores temperaturas correspondem aos pontos 1 e 10, localizados em áreas de fundo de vale. A diferença máxima de temperatura e umidade entre os diversos pontos é de 7,5 °C e 48 %, respectivamente.

As medições realizadas no dia 19/07/96 são apresentadas na tabela 2 e na figura 3. Verifica-se uma diferença máxima de temperatura (6,8 °C) e umidade (37%) às 20 horas. Assim como no dia anterior, as diferenças higrótérmicas entre os pontos de medições, verificadas no período noturno são bastante significativas e demonstram o efeito ilha de frio das áreas de fundo de vale em relação ao centro urbano.

O terceiro dia de medições (20/07/96) também reflete as mesmas condições microclimáticas dos dias anteriores (tabela 3 e figura 4). A maior diferença higrótérmica entre pontos (35% e 6,9°C) ocorre às 21 horas. Outro fato interessante a observar é que às 21 horas existe uma diferença significativa entre as temperaturas dos pontos localizados na área de fundo de vale. As maiores temperaturas foram verificadas na área de maior urbanização, correspondente ao ponto 1 até o ponto 5, bem como entre o trecho dos pontos 9 e 10. As menores temperaturas são obtidas no ponto 7, que consistem em áreas de expansão urbana.

**Tabela 1. Resultados das observações de campo do dia 18/07/96**

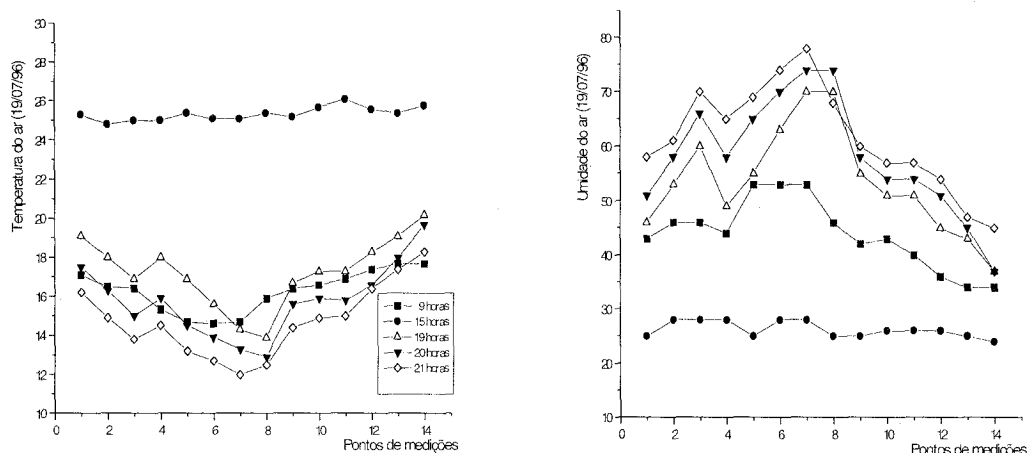
Pontos de Medição	9 Horas		15 Horas		19 Horas		20 Horas		21 Horas	
	T(°C)	U (%)	T(°C)	U (%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)
1	14,5	60	24	20	16,3	38	14,4	42	13,1	59
2	14,3	65	23,1	21	15,9	42	13,3	54	11,9	63
3	14,5	60	22,99	21	14,8	48	12	63	11,0	67
4	14,3	65	22,8	24	14,0	56	11,4	61	11,8	58
5	14,2	65	22,8	24	13,6	56	11,7	63	10,7	67
6	14,0	65	22,4	22	12,4	63	11,5	67	10,5	71
7	14,0	70	22,8	24	11,6	68	10,0	71	9,5	76
8	14,2	65	22,4	22	11,1	67	9,2	72	8,6	82
9	14,3	65	23,0	21	14,6	44	13	50	11,8	58
10	14	65	23,1	24	15,9	42	12,9	50	11,9	53
11	14	65	23,4	21	16,1	38	13,0	50	12,0	53
12	13,9	65	23,1	24	16,6	36	14,5	42	13,4	45
13	14	65	22,6	24	17,3	32	15,7	38	14,5	42
14	13,8	65	22,5	22	17,6	34	16,7	32	16,0	34



**Figura 2- Gráficos de temperatura e umidade dia 18/07/96**

**Tabela 2. Resultados das observações de campo do dia 19/07/96**

Horas	9 Horas		15 Horas		19 Horas		20 Horas		21 Horas	
	T(°C)	U (%)	T(°C)	U (%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)
1	17,1	43	25,3	25	19,1	46	17,5	51	16,2	58
2	16,5	46	24,8	28	18,0	53	16,3	58	14,9	61
3	16,4	46	25,0	28	16,9	60	15	66	13,8	70
4	15,3	44	25,0	28	18,0	49	15,9	58	14,5	65
5	14,7	53	25,4	25	16,9	55	14,5	65	13,2	69
6	14,6	53	25,1	28	15,6	63	13,9	70	12,7	74
7	14,7	53	25,1	28	14,3	70	13,3	74	12,0	78
8	15,9	46	25,4	25	13,9	70	12,9	74	12,5	68
9	16,4	42	25,2	25	16,7	55	15,6	58	14,4	60
10	16,6	43	25,7	26	17,3	51	15,9	54	14,9	57
11	16,9	40	26,1	26	17,3	51	15,8	54	15,0	57
12	17,4	36	25,6	36	18,3	45	16,6	51	16,4	54
13	17,7	34	25,4	25	19,1	43	18	45	17,4	47
14	17,7	34	25,8	24	20,2	37	19,7	37	18,3	45



*Figura 3. Gráficos de temperatura e umidade o dia 19/07/96*

**Tabela 3. Resultados das observações de campo do dia 20/07/96**

Horas	9 Horas		15 Horas		19 Horas		20 Horas		21 Horas	
	T(°C)	U (%)	T(°C)	U (%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)	T(°C)	U(%)
1	21,2	36	27,5	26	20,9	42	19,6	48	18,2	49
2	21,2	36	27,1	26	20,0	48	18,6	50	17,4	55
3	20,9	39	26,9	28	19,9	48	18,0	53	16,6	60
4	19,3	24	26,8	28	19,7	48	17,2	60	16,6	60
5	19,1	50	27,0	26	18,4	53	17,9	60	15,8	60
6	18,8	50	26,9	28	18,4	53	16,9	60	15,8	63
7	18,8	50	27,0	28	18,1	57	16,2	63	14,6	71
8	19,8	44	27,5	28	18,2	53	15,8	63	14,2	70
9	20,4	40	27,6	27	20,6	42	18,1	53	17,1	55
10	20,2	40	27,6	27	21,0	42	18,4	53	17,0	55
11	20,2	40	27,6	27	20,9	42	18,7	50	17,2	55
12	20,5	37	27,3	26	21,3	39	19,7	44	19,2	46
13	21,0	36	27,0	28	22,1	37	21,2	39	20,6	39
14	20,8	39	27,2	26	22,5	34	21,7	37	21,1	36

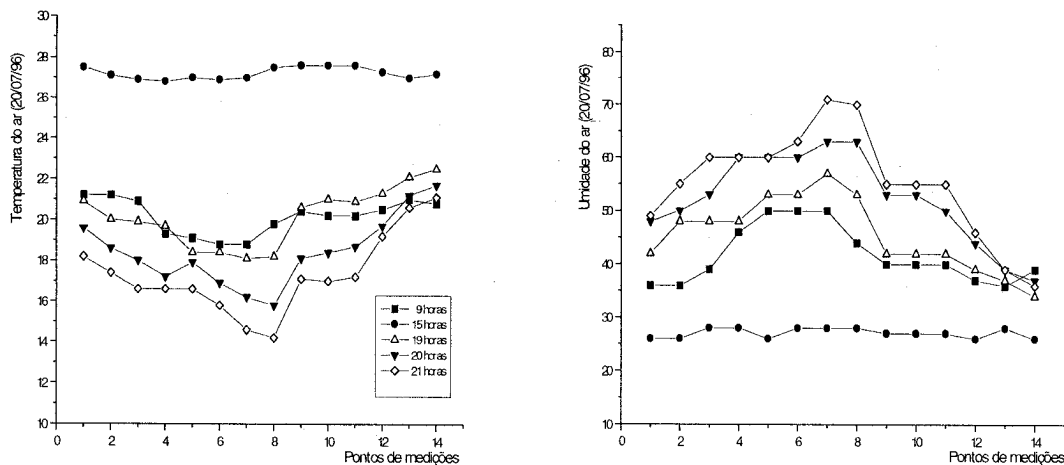


Figura 4. Gráficos de temperatura e umidade do dia 20/07/96

## CONCLUSÃO

Os dados obtidos na pesquisa de campo mostram uma tendência de amenização climática nas áreas de fundo de vale em relação ao centro urbano. Estes resultados estão de acordo com as observações da literatura, que mostram que os corpos d'água em áreas urbanas possuem um efeito positivo no microclima de áreas vizinhas, melhorando a qualidade climática dessas áreas (MURAKAWA, SEKINE & NARITA (1990), e outros).

Acredita-se que, com um trabalho realizado com critérios pré definidos e exame detalhado das características físicas da área de estudo, pode-se obter preciosas informações sobre o ambiente climático intra-urbano, que subsidiarão o planejamento urbano e a preservação do meio ambiente da áreas de fundo de vale de São Carlos (FONTES, 1997).

Com o crescimento desordenado das cidades brasileiras, torna-se urgente que princípios bioclimáticos de cada região e o conhecimento das peculiaridades de cada cidade sejam levadas em conta no exercício de planejamento urbano. A negligência destas considerações pode significar, para o caso das áreas de fundo de vale, a deterioração climática e, conseqüentemente, da qualidade de vida urbana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITAN, A. (1988). The methodology of applied climatology in planning and building. *Energy and Buildings* 11, pp. 1-10.
- \_\_\_\_\_ (1992). The high climatic quality city of the future. *Atmosphere Environmental*, vol 26B, n. 3, pp. 313-329
- DUFNER, K. L.; WOLF, D. E.; BAILEY, D. T. & ARYA, S. P. (1993) Determination of climate variation within metropolitan areas, phase I summary. *ASHRAE Transaction*, v.99, pt 1. Publ. by ASHRA, Atlanta, GA, USA, pp 430-449.
- FONTES, Maria Solange G. de. Efeito climático das áreas de fundo de vale no ambiente urbano: o caso de São Carlos/SP. São Carlos, SP. Tese (doutorado). Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, USP (em andamento).
- HASENACK, H. & BECKE, V. L. (1991). Distribuição Noturna da temperatura em Porto Alegre/RS, utilizando o método de medidas móveis. *Anais do 1º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, Gramado, Julho, pp 139-145.
- ISHII, A ; IWAMOTO, S; KATAYAMA, T; HAYASHI, T; SHIOTSUKI, Y.;KITAYAMA, H.; TSUTSUMI, J.-I. & NISHIDA, M. (1990/91). A comparison of field surveys on the thermal environment in urban areas surrounding a large pond: when filled and when drained. *Energy and buildings*, vol. 15/16, n. 3/4, nov, pp 965-971.
- KATAYAMA, T; HAYASHI, T; SHIOTSUKI, Y.; KITAYAMA, H.; ISHII, A.; NISHIDA, M.; TSUTSUMI, J. & OGURO, M.

- (1991). Cooling effects of a river and sea breeze on the thermal environment in a built - up area. *Energy and Buildings*, vol. 16, n. 3-4, pp 973-978.
- LOMBARDO , M.A. (1985) Ilha de calor nas metrópolis-o exemplo de São Paulo. São Paulo: Ed. Hucitec, 245 p.
- MENDONÇA, F. A.(1994). O clima e o Planejamento Urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. São Paulo. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia FFLCH, Universidade de São Paulo, 300 pp..
- MONTEIRO, C.A.F.(1975). Teoria e clima urbano. São Paulo. Tese (Livre Docência), Departamento Geografia, Universidade de São Paulo, 188 pp.
- MURAKAWA, S; SEKINE, T & NARITA, K. (1990/91).Study of the effects of a river on the thermal environment in an urban area. *Energy and Buildings*, vol. 15/16, n. 3/4, nov., pp 993-1001.
- OKE, T. R. (1987). *Boundary Layer climates*. 2nd ed. Londres, Methven & Co, 372 pp.
- STÜLPNAGEL, A. V; HORBERT, M & SUKOPP, H. (1990). The importance of vegetation for the urban climate. SPB Academic Publishing bv., pp175-193.
- TOLENTINO, M (1967). Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. São Carlos, s.ed. (concurso de Monografias)
- YOSHINO, M. (1990/91). Development of urban climatology and problems today. *Energy and Buildings*, 15-16, pp1-10