Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Relações entre Temperatura do Ar e Obstrução do Horizonte Local em
Porto Alegre, RS, sob Tempo Anticiclônico**

Heinrich Hasenack, Feliciano Edi Vieira Flores

Pesquisas em Geociências, 21 (1): 12-16, maio/ago., 1994.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21246>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 1994.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Relações entre Temperatura do Ar e Obstrução do Horizonte Local em Porto Alegre, RS, sob Tempo Anticiclônico

HEINRICH HASENACK E FELICIANO EDI VIEIRA FLORES

Centro de Ecologia UFRGS Caixa Postal, 15007, CEP 91501-970 Porto Alegre RS, Brasil

(Recebido em 21/07/93. Aceito para publicação em 09/06/94.)

Abstract – The temperature behaviour in six different sites of the urban area of Porto Alegre, RS, (30°S; 51°W), and its relationship to the sky view factor was examined. One seasonal sample of 48 h anticyclonic weather condition over Porto Alegre, RS was selected. The minimum and maximum temperatures as well as the time they were observed, its amplitude and the time of highest cooling rate were analysed. The obstruction by buildings showed strong influence over the observed temperatures and seems to be also responsible for the later and slower cooling rate of the more obstructed sites. The seasonally distinct behaviour of the temperature, which may be associated to the air masses acting in the region along the year, was also observed; suggested therefore future studies to be conducted for fall-winter and spring-summer seasons.

Resumo – Examina-se o comportamento das temperaturas ao longo do dia em seis locais distintos da área urbana de Porto Alegre, RS (30°S; 51°W) e sua relação com o ângulo de obstrução do horizonte local. Foi selecionada uma amostra sazonal de 48 h de tempo anticiclônico sobre Porto Alegre, RS. Analisou-se as temperaturas máximas e mínimas bem como o horário de sua ocorrência, amplitude térmica e horário de maior resfriamento. A obstrução do horizonte local por edificações exerce grande influência sobre a temperatura e parece ter sido responsável também pelo resfriamento mais lento e mais tardio nos locais mais obstruídos. Observou-se também, diferenças sazonais no comportamento das temperaturas, as quais parecem estar associadas às massas de ar atuantes na região ao longo do ano, sugerindo que em futuros estudos duas estações no ano sejam consideradas: outono-inverno e primavera-verão.

INTRODUÇÃO

Chandler (1970) diz ser o clima urbano consequência de profundas alterações das propriedades termo-hidro-dinâmicas do ar imediatamente acima das cidades.

Dentre as causas hipotéticas da Ilha de Calor ao nível da Camada dos Tetos Urbanos (*Urban Canopy Layer*) Oke (1978) menciona:

- a diminuição da perda líquida de radiação de onda longa nos *canyons* urbanos, devido à redução do horizonte local (*sky view factor*) pelos edifícios;
- a maior absorção de radiação de onda curta pelo efeito de geometria do *canyon* sobre o albedo;
- o maior armazenamento de calor diurno devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e sua liberação noturna.

Sendo o clima urbano um fenômeno característico de *bom tempo*, que mostra seu desenvolvimento sob ar calmo e céu sem nebulosidade (Linke, 1940) procura-se, através da seleção de dias com tal tipo de tempo nas diferentes estações do ano, examinar o comportamento das temperaturas ao longo do dia em locais distintos da área urbana de Porto Alegre, RS (30°S, 51°W) e sua relação com o ângulo de obstrução do horizonte local. Hasenack & Flores (1994) examinaram a relação entre o ângulo de obstrução e as médias das temperaturas mínimas e máximas anuais, sem considerar tipos de tempo específico.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados Meteorológicos

Foram utilizados dados de temperatura de seis estações meteorológicas na área urbana de Porto Alegre, RS, coletadas entre abril de 1985 e março de 1986 (Hasenack & Flores,

1994) (Tab. 1).

Os valores horários de temperatura, bem como a máxima e a mínima do dia foram transferidos para tabelas com aproximação de 0,5°C.

A partir de cartas sinóticas e imagens de satélite GOES do período, foram selecionados todos os dias com característica de tempo anticiclônico, isto é, tempo estável, sem nebulosidade, com centro de alta pressão sobre Porto Alegre ou proximidades. Destes dados tomou-se, para cada estação do ano, períodos de dois dias contínuos com esta condição de tempo, dentre os quais foi escolhido o grupo com menor variação sinótica no período. Embora se tenha procurado empregar a metodologia de Nübler (1979), que utilizou quatro dias em cada estação do ano, no presente trabalho foram considerados apenas dois dias consecutivos por estação do ano. Isto porque, para o período de verão, foram identificados apenas dois dias sequenciais de tempo anticiclônico característico.

Obstrução do horizonte local

O horizonte local foi medido utilizando os critérios de Hasenack e Flores (1994).

Além dos valores absolutos de obstrução calculou-se também seus valores relativos (Tab. 2).

RESULTADOS

Obstrução do horizonte local

Os valores de obstrução máxima mais elevados ocorreram em ARQ e SOC. Em um segundo nível, situaram-se as estações SEM, COL, SUP, enquanto a estação DIS apresentou menores valores (Fig. 1).

Em COL e SEM, e mesmo em SOC, a vegetação foi a

Estação meteorológica	Sigla	Localização geográfica (lat., long., alt.)
Arquivo Público	ARQ	30°01'53"S; 51°13'52"W; 16m
Colégio N. Sra. da Glória	COL	30°04'33S; 51°11'55"W; 58m
8º DISME	DIS	30°03'10"S; 51°10'29"W; 47m
Seminário Concórdia	SEM	30°01'46"S; 51°11'55"W; 73m
Sociedade Gondoleiros	SOC	30°00'40"S; 51°12'21"W; 3m
Supervisão de Produção Animal	SUP	30°03'19"S; 51°13'20"W; 7m

Tabela 1 – Localização geográfica das estações meteorológicas.

E. Met.	$\bar{\alpha}_{vg}(^{\circ})$	$\bar{\alpha}_{ed}(^{\circ})$	$\bar{\alpha}_{mx}(^{\circ})$	$A_{vg}(un^2)$	$A_{ed}(un^2)$	$A_{mx}(un^2)$	$A_{vg}(\%)$	$A_{ed}(\%)$	$A_{mx}(\%)$
ARQ	10,9	23,9	32,2	1,2	2,5	3,3	18,9	40,5	53,3
COL	16,7	7,5	19,2	1,8	0,8	2,1	28,7	13,1	32,9
DIS	4,1	2,9	5,9	0,4	0,3	0,6	6,3	5,1	10,3
SEM	14,3	11,2	20,4	1,6	1,2	2,2	24,7	19,4	34,9
SOC	17,4	16,8	27,7	1,9	1,8	2,9	29,9	28,9	46,5
SUP	11,4	8,8	15,2	1,2	1,0	1,6	19,8	15,3	26,2

Tabela 2 - Valores da obstrução do horizonte local em cada estação meteorológica (6,28 un² = 100%). $\bar{\alpha}_{vg}$ - ângulo de obstrução por vegetação - $\bar{\alpha}_{ed}$ - ângulo de obstrução por edificações - $\bar{\alpha}_{mx}$ - ângulo de obstrução máxima - A_{vg} - área obstruída por vegetação - A_{ed} - área obstruída por edificações A_{mx} - área máxima obstruída.

variável mais importante na composição da obstrução máxima, não acontecendo o mesmo em ARQ, onde as edificações constituíam o principal componente.

Os baixos valores de obstrução em DIS apenas confirmaram a correta escolha do local, em termos de redução do horizonte, para instalação de uma estação meteorológica com fins de observação macroclimática.

a) Outono (03-04.05.85)

	Tx(°C)	Tn(°C)	$t_{\bar{x}}(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$h_{Tx}(h)$	$h_{Tn}(h)$	$h_{>resfr}(h)$
ARQ	20,5	9,25	14,3	11,25	14/15	7-8	18-19
COL	21,0	6,5	12,8	14,5	15/16	7	18-19
DIS	21,0	6,75	13,4	14,25	16	7	19-20
SEM	21,25	7,5	13,4	13,75	15	7-8	17-19
SOC	21,0	8,5	13,4	12,5	17	2/5/-7	17-18
SUP	19,5	6,0	11,6	13,5	16	7	18-19
Δt	1,75	3,25	2,7				

c) Primavera (11-12.09.85)

	Tx(°C)	Tn(°C)	$t_{\bar{x}}(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$h_{Tx}(h)$	$h_{Tn}(h)$	$h_{>resfr}(h)$
ARQ	27,5	13,75	19,4	13,75	14	6	16-17/18-20
COL	27,0	12,5	19,4	14,5	15	7	18-19
DIS	24,25	11,5	17,8	12,75	13	6	18-19
SEM	26,0	12,75	18,5	13,25	15	5-7	18-19
SOC	28,0	13,0	19,8	15,0	15	6	18-19
SUP	26,5	13,5	19,5	13,0	14	6	18-19
Δt	3,75	2,25	2,0				

Temperaturas

Outono (03-04.05.85)

A maior diferença entre as estações de observação nas temperaturas mínimas (Tn), 3,25°C, foi superior em 1,5°C a maior diferença entre as temperaturas máximas (Tx) de 1,75°C (Tab. 3a).

b) Inverno (06-07.09.85)

	Tx(°C)	Tn(°C)	$t_{\bar{x}}(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$h_{Tx}(h)$	$h_{Tn}(h)$	$h_{>resfr}(h)$
ARQ	26,25	13,5	19,3	12,75	15	8	16-18
COL	24,0	10,75	17,4	13,25	16	7	17-18
DIS	20,75	9,5	15,5	11,25	14	6	17-19
SEM	23,0	11,25	16,6	11,75	15	7	18-19
SOC	23,25	10,75	16,9	12,5	16	7	17-19
SUP	23,75	10,75	17,2	13,0	15-16	7	16-17
Δt	5,5	4,0	3,8				

d) Verão (06-07.01.86)

	Tx(°C)	Tn(°C)	$t_{\bar{x}}(^{\circ}C)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$h_{Tx}(h)$	$h_{Tn}(h)$	$h_{>resfr}(h)$
ARQ	33,5	18,75	25,7	14,75	17	8	21-22
COL	32,75	17,0	24,6	15,75	17	8	20-22
DIS	30,5	17,5	23,9	13,0	16	7	19-20
SEM	32,75	17,5	24,5	15,25	16	7	20-21
SOC	34,0	18,25	25,7	15,75	16	7	20-21
SUP	32,5	18,75	25,6	13,75	18	7	20-21
Δt	3,5	1,75	1,8				

Tabela 3 - Características da temperatura para dois dias com tempo anticiclônico, nas diferentes estações meteorológicas. Porto Alegre, RS (valores em °C). (Tx temp. máxima, Tn temp. mínima, $t_{\bar{x}}$ temp. média, ΔT amplitude térmica, h_{Tx} hora temp. máx., h_{Tn} hora temp. mín., $h_{>resfr}$ hora de maior resfriamento).

Figura 1 - Diagrama solar com obstrução do horizonte local por edificações e vegetação nas diferentes estações meteorológicas (Hasenack & Flores, 1994).

O local com temperatura média mais elevada (ARQ 14,3°C) foi o que apresentava maior obstrução do horizonte, constituída principalmente por edificações. Já o local com temperatura mais baixa, SUP possuía, em comparação com ARQ, características ambientais praticamente opostas. Além disto, a maior amplitude ocorreu em COL (mais periférico) (14,5°C) seguido de DIS (14,25°C) e SEM (13,75°C). Estes locais apresentavam menos obstrução do horizonte local, o que possibilitava maior período de insolação e, conseqüentemente, T_x mais elevada e maior irradiação noturna.

As estações com maior redução do horizonte local, se por um lado possuíam menor período de insolação efetiva, armazenavam mais calor, em função da geometria e das características do material utilizado nas construções. Em conseqüência, os menores valores de T_x e os maiores valores de T_n ocorreram nas estações onde a redução do horizonte era significativa. Isto também explicaria a menor amplitude térmica das T_x (1,75°C) em relação às T_n (3,25°C).

A hora da máxima em SOC foi mais tardia devido, provavelmente, ao sombreamento provocado por uma palmeira justamente ao norte do abrigo, projetando sombra, ao meio-dia local (hora de maior densidade de fluxo de radiação), diretamente sobre o abrigo.

As T_n mais elevadas ocorreram em ARQ (9,25°C) e SOC (8,5°C). ARQ e SEM foram os locais onde a T_n ocorreu às 7 h. O período de maior queda de temperatura ocorreu, em média, entre 18 e 19 h.

Inverno (06-07.09.85)

Nesta estação do ano as diferenças térmicas entre os locais foram ainda maiores do que no outono, tanto nas T_n (4,0°C) quanto nas T_x (5,5°C) (Tab. 3b).

Assim como no outono, locais com mais vegetação em torno e menor ângulo de obstrução do horizonte apresentaram amplitudes térmicas maiores (COL 13,25°C, SUP 13,0°C).

A T_x mais antecipada (14 h) em DIS pode ter sido devida à menor redução do horizonte local, produzindo, mesmo nesta época de menor altura do Sol, pouca sombra sobre o abrigo o que não ocorreu nos demais locais. A T_x relativamente baixa em SOC pode ter sido decorrente da sombra, ao meio-dia local da palmeira já referida, associada à menor altura solar nesta estação do ano.

As temperaturas baixas em SUP poderiam estar relacionadas à maior ventilação existente no local.

A T_n observada mais cedo ocorreu em DIS (6h). Em ARQ, além de ter sido a mais elevada (13,5°C), apareceu mais tardiamente (8 h).

Em relação ao outono, o maior resfriamento ocorreu mais cedo (17-18 h).

Primavera (11-12.10.85)

As diferenças verificadas entre as estações tiveram variação menos nas T_n (2,25°C) do que nas T_x (3,75°C) (Tab. 3c). Nesta época, a altura solar mais elevada acrescenta, proporcionalmente, mais horas de insolação efetiva nos locais com mais edificações, já que a projeção das sombras das edificações começa a diminuir cobrindo, portanto, menor superfície de terreno. Alturas solares crescentes proporcionam fluxos de radiação maiores.

Outra razão que pode ser influenciado sobre a menor variação das T_n é a circulação atmosférica nesta época do ano, quando as massas tropicais marítimas oriundas do Anticiclone do Atlântico Sul já começam a exercer influência.

As amplitudes térmicas, entretanto, continuaram sendo maiores nos locais com mais vegetação periférica (COL 14,5°C). A amplitude térmica elevada em SOC (15,0°C) foi acompanhada pela T_x também mais elevada (28,0°C). Provavelmente, a existência de uma parede branca, ao sul (cerca de 3m do abrigo meteorológico) pode ter, por reflexão, influído sobre as T_x .

As T_n mais elevadas ocorreram em ARQ (13,75°C), SUP (13,5°C) e SOC (13,0°C).

A T_x ocorreu em DIS (13h) antes do que nos outros locais. Já a T_n teve lugar em todas as estações no mesmo horário.

De forma similar ao outono, na primavera o momento de maior resfriamento foi entre 18 e 19 h.

Verão (06-07.01.86)

As diferenças entre os locais repetiram o observado para a primavera. A diferença entre as T_n foi de 1,75°C e entre as T_x 3,5°C (Tab. 3d).

A T_x ocorreu em SUP, às 18h, enquanto nas demais estações ocorreu entre 16-17h.

A T_n mais elevada ocorreu em ARQ e SUP, ambas com 18,75°C seguidas por SOC (18,25°C).

As T_x ocorreram entre 16 e 18h, e as T_n entre 7 e 8h.

O maior resfriamento ocorreu entre 20 e 21 h tendo sido mais precoce em DIS e mais tardio em ARQ.

DISCUSSÃO

Analisando a média das temperaturas de 4 dias consecutivos de tempo anticiclônico em cada estação do ano, em Freiburg (48°N), Alemanha, Nübler (1979) observou que o maior resfriamento ocorria por volta das 19 h no verão, e em torno das 17 h, no inverno. Verificou também que o resfriamento, no centro, foi mais lento do que na periferia. Neste sentido, ao analisarem a Ilha de Calor em Montreal (45°N), Canadá, Oke & East (1971) verificaram que o resfriamento teve início mais tardiamente no centro do que na periferia.

A situação em Porto Alegre apresentou semelhanças com aquela observada pelos autores citados. O período de resfriamento mais rápido ocorreu às 18 h no inverno, às 21 h no verão e às 19 h no outono e na primavera (Tab. 3a, b, c, e d). Constatou-se, no entanto, que o resfriamento em Porto Alegre foi mais tardio do que em Freiburg. Isto poderia estar relacionado à maior altura angular do Sol em Porto Alegre (36,5° no solstício de inverno; 81,5° no solstício de verão). Esta maior altura solar, além de permitir insolação mais intensa, produziria dias mais longos no inverno, retardando, portanto, o resfriamento.

Devido à maior obstrução do horizonte, ARQ apresentou T_n mais tardia e T_x mais precoce, especialmente no outono e no inverno (Tab. 3a e b). O momento de maior resfriamento foi aproximadamente simultâneo em todas as estações meteorológicas. Em ARQ, no entanto, a insolação direta sobre o abrigo cessou antes que nos demais locais (Fig. 1). Disto se

concluiria que a inércia do resfriamento seria maior nos locais mais centrais, mais obstruídos, com maior superfície edificada e menos vegetação.

A obstrução do horizonte local parece explicar não só as diferenças de temperatura entre os locais, como também o retardamento das T_n e o adiantamento das T_x , assim como os momentos de maior resfriamento. Parece assim, tratar-se de uma variável mais representativa do que a cobertura vegetal e a área edificada (Hasenack & Flores, 1994).

A amplitude térmica diária nos locais foi maior na periferia da cidade do que no centro. Nübler (1979) também constatou esta diferença em Freiburg. A maior obstrução do horizonte e o armazenamento de maior volume de energia pela massa construída reduziriam a velocidade de irradiação, o que se refletiria especialmente no período noturno, determinando temperaturas mínimas mais elevadas.

Unwin (1980) ao associar diferenças urbano-rurais de temperatura com tipos de tempo em Birmingham (52°C), Inglaterra, verificou que o maior desenvolvimento da Ilha de Calor ocorria sob tempo anticiclônico. Como estes dias são mais típicos, em Porto Alegre, durante as estações outono-inverno, a menor amplitude nos locais mais obstruídos (ARQ e SOC) também foi mais característica nesta época do ano.

As diferenças de temperatura entre os locais, observadas sob tempo anticiclônico, foram maiores do que as diferenças entre as médias das temperaturas anuais observadas por Hasenack & Flores (1994), confirmando a observação de Unwin (1980). Isto demonstra o acerto na escolha de dias com tal característica para estudo mais detalhado.

As diferenças de temperatura entre os locais, por ocasião da temperatura máxima, foram superiores às diferenças observadas entre as mínimas na primavera e verão. No outono e no inverno, a situação se inverteu e as diferenças observadas foram maiores por ocasião das temperaturas mínimas. Esta inversão de diferenças nas temperaturas máximas e nas temperaturas mínimas entre as estações mais frias e mais quentes pode ter decorrido de influências distintas da massa tropical marítima, na primavera-verão, e da massa polar marítima, no outono-inverno, sobre o clima urbano de Porto Alegre. Por estar mais aquecida, a massa tropical marítima possui também maior capacidade higrométrica, o que pode ter influenciado nas diferenças sazonais do comportamento da temperatura.

Sugere-se assim, que estudos sobre o clima urbano de Porto Alegre, levem em consideração pelo menos duas épocas distintas do ano: primavera-verão e outono-inverno.

Como já foi observado por Hasenack & Flores (1994) o ângulo de obstrução do horizonte local parece ser um elemento abrangente de caracterização do ambiente urbano. O valor angular representa tanto a componente horizontal como a vertical da cobertura do solo urbano, explicando além das temperaturas, os momentos de maior resfriamento em cada local.

De outro lado, o fato de haver diferenças sazonais entre os locais, mostra que, embora a cobertura do solo seja um controle importante das temperaturas, sua influência é distinta sob distintas condições de tempo. Landsberg (1981) já afirmava, neste sentido, que cada localidade é governada pelos padrões meteorológicos de grande escala, sendo que cada ambiente modifica, em maior ou menor grau, as condições locais da fina camada de ar acima do solo.

É, portanto, fundamental que a noção de escala seja

considerada pois, como afirmou Landsberg (1981), a interação entre a escala sinótica e local oscila continuamente.

CONCLUSÃO

A obstrução do horizonte local por edificações parece ter grande influência sobre as temperaturas do ar observadas.

A obstrução do horizonte local, associada à altura angular do Sol, também parece ser responsável pelo resfriamento mais lento e mais tardio nos locais onde o horizonte era mais reduzido.

As diferenças no comportamento da temperaturas no outono-inverno e na primavera-verão podem estar associadas à alternância da ação das massas polar marítima e tropical marítima respectivamente, ao longo do ano. Sugere-se que em estudos futuros pelo menos estas duas estações do ano sejam consideradas separadamente.

Os estudos de climatologia urbana devem dar ênfase maior às relações dos elementos meteorológicos com o substrato, sem entretanto desconsiderar a influência da circulação atmosférica regional sobre o clima das cidades.

Agradecimentos – Ao 8º DISME pela gentil cessão dos dados meteorológicos. Ao Arquivo Público do Estado, Colégio N. Srª da Glória, Igreja Evangélica Luterana do Brasil, Sociedade Gondoleiros e Supervisão de Produção Animal pela cessão dos locais para instalação dos abrigos meteorológicos. A. E. R. Fazenda, L.W. Ferraro e M.O. F. Cunha pelo auxílio na montagem, calibração e observação do equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chandler T. J. 1970. Urban Climatology: Inventory and Prospect. In: WMO. 1970. *Urban Climates*. Geneva, p. 1-14 (Tech. Note 108)
- Hasenack, H. & Flores F.E. V. 1994. Relações entre a Temperatura do Ar e Variáveis Ambientais em Porto Alegre, RS. *Pesquisas* 21(1): 3-11.
- Landsberg, H. E. 1981. *Urban Climates*. Academic Press, New York, 275 p.
- Linke, F. 1940. Das Klima der Groszstadt. In.: Linke, F. & Derudder, B. (ed.) 1940. *Biologie der Groszstadt*. Theodor Steinkopff, Dresden, p. 75-90.
- Nübler, W. 1979. *Konfiguration und Genese der Wärmeinsel der Stadt Freiburg*. Geogr. Inst. I. Univ. Freiburg, Freiburg, 113p.
- Oke, T. R. 1978. *Boundary Layer Climates*. Methuen, London, 372p.
- & East, C. 1971. The Urban Boundary Layer in Montreal. *Boundary Layer Meteorol.*, 1:411-437.
- Unwin, D.J. 1980. The Synoptic Climatology of Birmingham's Urban Heat Island, 1964-1974. *Weather*, 35:43-50.