

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE URBANISMO
CURSO DE MESTRADO EM PLANEJAMENTO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CIDADE APROPRIADA AO CLIMA - A FORMA URBANA COMO
INSTRUMENTO DE CONTROLE DO CLIMA URBANO

Paulo Marcos Paiva de Oliveira *

Orientador: PROFESSOR MÁRCIO VILLAS BOAS

Membros da Banca Examinadora:

PROFESSOR MÁRIO JÚLIO TEIXEIRA KRUGER

ARQUITETA SUELI CORRÊA DE FARIA

"Ora, o real não é um dado sensível nem um dado intelectual, mas é um processo, um movimento temporal de constituição dos seres e de suas significações, e esse processo depende fundamentalmente do modo como os homens se relacionam entre si e com a natureza."

Marilena Chauí

PARA

IZABEL, companheira

ANTÔNIA, minha mãe

AGRADECIMENTOS

Aos companheiros da ADUnB,
com os quais construímos o *clima* favorável.

As diletas pessoas que compõem
o ambiente cultural e afetivo do IA,
permitindo que saíssemos por aí, procurando...

EM ESPECIAL

Márcio Villas Boas
Sueli Corrêa de Faria
Ricardo L. Farret
Mário J. T. Kruger

RESUMO

A abordagem do clima urbano, com base nas mudanças nele produzidas pelas cidades, registradas pela literatura analisada, permitiu a identificação de características da forma urbana que são condicionantes climáticas (rugosidade e porosidade, densidade de construção, tamanho, ocupação do solo, orientação, permeabilidade do solo e propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes). Permitiu ainda, a identificação de um conjunto de relações inerentes a essas características (concentração/dispersão, centralização/descentralização, espaçamento, alturas relativas e trocas de calor). Deste modo, concluiu-se que a forma urbana é um fator condicionante do clima urbano.

Com base na literatura que trata da bioclimatologia humana, foram selecionados indicadores de controle climático (maximizar ventilação e /ou minimizar temperatura, maximizar temperatura e minimizar ventilação). Estes indicadores, cruzados com cada uma das características condicionantes da forma urbana, permitiram deduzir relações e tratamento apropriados à maximização do sítio urbano, através do controle climático natural, para a obtenção de condições de conforto e salubridade nas cidades. Concluiu-se que:

I) para condições de tensão térmica positiva, com tendência para calor em clima, ou período climático quente-úmido

a forma urbana deve ser: porosa; de densidade de construção minimizada; orientada para os ventos dominantes; com alturas relativas diferenciadas; com sombreamento maximizado nos elementos da massa edificada e nos espaços exteriores; com ocupação do solo que maximize as áreas verdes, minimize a concentração e/ou a centralização de determinados elementos morfológicos que abriguem atividades ~~antropogênicas~~ intensas, ou que se constituam de materiais com altos coeficientes de absorção e emissão;

II) para condições de tensão térmica positiva, com tendência para calor, em clima ou período climático quente-seco.

a forma urbana deve minimizar os espaçamentos e alturas relativas dos elementos morfológicos da massa edificada, evitando a direção dos ventos dominantes - quando as temperaturas do ar são mais quentes que a da pele humana (em média 33°C);

a ocupação do solo deve: minimizar a centralização e/ou concentração de elementos morfológicos que abriguem atividades antropogênicas intensas e/ou que sejam constituídos de materiais com altos coeficientes de absorção e emissão; e maximizar a ocupação do solo com o uso de áreas verdes;

III) para condições de tensão térmica positiva, com tendência para frio, e sob clima ou período de tempo frio-seco ou frio-úmido,

a forma urbana deve ser relativamente compacta - com espaçamentos e alturas relativas minimizadas - para reduzir as perdas de energia radiante e com isso, conservá-la;

a sua massa edificada e seus espaços exteriores devem estar orientados aos caminhos aparentes do sol e formar barreiras a barlavento da direção dos ventos frios, para minimizar as perdas de radiação, contudo, garantindo-se pequenas descontinuidades entre os arranjos morfológicos para retirada pelo vento de poluentes aéreos.

As conclusões acima demonstram que: (1) para determinadas condições de clima ¹ quente-seco (com altas temperaturas) e frio, a forma urbana apropriada a estes climas, do ponto de vista do conforto térmico, pode não atender as exigências de salubridade das cidades; (2) para climas ou períodos climáticos quente-úmido, a forma urbana apropriada ao conforto térmico será também apropriada do ponto de vista da salubridade das cidades.

R E S U M É

La question du climat dans l'environnement urbain et qui a pour base le changement qui s'y produit par les villes, est enregistrée par la littérature spécialisée. Elle rend possible l'identification de caractéristiques de la morphologie urbaine (qui sont des facteurs climatiques (irregularité du relief urbain, porosité, densité de construction, dimension, étendue, occupation du sol, orientation, perméabilité du sol et propriétés thermodynamiques des matériaux constitutants).

La question analysée a permis aussi l'identification de relations inhérentes à ces caractéristiques (concentration/dispersion, centralisation/décentralisation, espacement, hauteurs relatives et échange d'énergie thermique). De ce fait, on a conclu que la forme urbaine est l'un des facteurs importants dans la configuration du climat urbain.

Ayant pour base la littérature qui s'occupe de la bioclimatologie humaine, des indicateurs de contrôle climatique (augmenter la ventilation et/ou réduire la température, augmenter la température et réduire la ventilation). Ces indicateurs, croisés à chacun des caractéristiques qui conditionnent la morphologie urbaine, ont permis de déduire les relations et les traitements appropriés à l'exploration des potentialités climatiques du site urbain par l'intermédiaire du contrôle climatique naturel. Tout cela a pour but l'obtention de conditions de confort thermique et de salubrité dans les villes. Ou

v

est arrivé aux conclusions suivantes:

I) Pour les conditions de tension thermique positive vers la chaleur en climat ou période climatique, la forme urbaine doit être: poreuse; de densité de construction minimisée; orientée vers les vents dominants; avec hauteurs relatives différenciées; avec des ombres maximaux dans les éléments de masse édifiée et dans les espaces extérieures; avec l'occupation du sol qui profite au maximum les aires vertes et réduise la concentration et/ou centralisation de certains éléments morphologiques, qui abritent d'intenses activités humaines ou qui se composent de matériaux ayant de grands coefficients d'absorption et émission;

II) Pour les conditions de tensions thermique positive, tendant vers la chaleur, en climat ou période climatique chaude-sèche

la forme urbaine doit réduire les espacements et les hauteurs relatives des éléments morphologiques de la masse édifiée, évitant la direction des vents dominants - lorsque la température de l'air est plus chaude que celle de la peau humaine (33° centigrade en moyenne);

l'occupation du sol doit: minimiser la centralisation et/ou la concentration d'éléments morphologiques qui abritent d'intenses activités humaines et/ou d'éléments composés de matériaux ayant de grands coefficients d'absorption et émission et élargir l'occupation du sol par l'usage d'aires vertes;

III) Pour des conditions de tensions thermique positive, tendant au froid et sous climat ou période de temps froid-sec ou froid-humide

la forme urbaine doit être relativement compacte avec les espacements et les hauteurs relatives minimisées - pour réduire les pertes d'énergie rayonnante et, avec cela, la conserver;

sa masse édiflée et ses espaces extérieures doivent être orientées vers les chemins apparents du soleil et former des barrières à contrevent de la direction des vents froids, pour minimiser les pertes de rayonnement, en assurant, cependant, de petites discontinuités em sa morphologie pour le retirement, par le vent, des polluants de l'air.

Les conclusions ci-dessus démontrent que:

1) Pour certaines conditions de climat chaud-sec (à hautes températures) et froid, la forme urbaine appropriée à ces climats, du point-de-vue du confort thermique, peut, éventuellement, ne pas remplir les exigences de salubrité des villes; 2) Pour des climats ou périodes climatiques chaudes-humides, la forme urbaine appropriée au confort thermique sera aussi appropriée du point-de-vue de la salubrité des villes.

S U M Á R I O

1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 - OS CLIMAS, EM GERAL	6
2.1 - ELEMENTOS E FATORES DO CLIMA	6
3.0 - CLIMA URBANO	15
3.1 - PRINCIPAIS ELEMENTOS DO CLIMA URBANO	15
3.1.1 - Temperatura	15
3.1.2 - Umidade Relativa	21
3.1.3 - Massas de Ar	21
3.1.4 - Precipitações	22
3.1.5 - Duração da Exposição ao Sol	24
3.2 - DESEMPENHO CONJUNTO DE ELEMENTOS DO CLIMA URBANO - INTERINFLUÊNCIAS	25
3.3 - FATORES CONDICIONANTES DO CLIMA URBANO	30
3.3.1 - A Radiação	32
3.3.2 - Características da Forma Urbana que são Condicionantes Climáticas	35
(1) - Características morfológicas do Sítio Urbano	35
(2) - Características da Forma Urbana	38
a) Rugosidade e Porosidade	39
b) Densidade	47
c) Tamanho	48
d) Ocupação do Solo	49
e) Orientação	51
f) Permeabilidade do Solo	54

g) Propriedades Termodinâmicas dos Materiais Constituintes	57
3.3.3 - Áreas Verdes	59
(1) Aspectos gerais	59
(2) A Dinâmica processual da vegetação urbana	66
(3) Áreas verdes (m ² /habitante em algumas cidades brasileiras	68
4.0 - CLIMA URBANO - CANAIS DE PERCEPÇÃO	75
4.1 - CONFORTO TÉRMICO	77
4.1.1 - Aclimação, Limites Térmicos Suportáveis Fisiologicamente, Calor e Salubridade	79
4.1.2 - Discussão sobre Condições e Parâmetros do Conforto Térmico	81
4.2 - QUALIDADE DO AR	90
5.0 - METODOLOGIA DO CONTROLE CLIMÁTICO APROPRIADO	94
5.1 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE CONTROLE CLIMÁTICO	95
5.2 - QUANTO AO CONTROLE ESPECÍFICO DOS VENTOS	101
5.3 - DOIS MÉTODOS DE PESQUISA DE CORRELAÇÕES ENTRE ASPECTOS CLIMÁTICOS E CONFIGURAÇÃO URBANA	104
6.0 - A FORMA URBANA COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE DO CLIMA URBANO	109
6.1 - MORFOLOGIAS URBANAS	109
6.2 - FATORES CONDICIONANTES DO CLIMA URBANO	110
6.2.1 - Conjunto de Relações entre os Elementos e Arranjos da Morfologia Urbana	111

7.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	116
7.1 - CONCLUSÃO SOBRE METODOLOGIA DO CONTROLE CLIMÁTICO URBANO	116
7.2 - RECOMENDAÇÕES	117
7.2.1 - Recomendações para o Planejamento Urbano e para o Desenho Urbano	119
8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

1.0 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é o de fornecer recomendações gerais para o desenho da forma urbana apropriada à maximização das vantagens climáticas do sítio urbano, de modo a que este venha a oferecer as melhores condições de conforto térmico e salubridade para o homem.

A abordagem deste tema envolve várias áreas de conhecimento: Bioclimatologia Humana, Tecnologia e Arquitetura. A Bioclimatologia, por sua vez, envolve Biologia (estudo das percepções e reações humanas) e Climatologia (estudo do meio com o que o homem interage)¹.

Olgyay (1952, 1963, 1968) e Givoni (1969), além de outros autores, têm mostrado a inter-relação dessas três áreas nos seus estudos, limitando-se, no entanto, às edificações isoladas ou grupos de edifícios, quando tratam da arquitetura.

Nesta dissertação procuramos associar estas três áreas para o estudo das estruturas urbanas², estendendo, pois, o conceito de arquitetura e ampliando o seu significado.

Conforme a estrutura desta dissertação (ver diagrama 1, página 2) começamos fazendo uma sucinta abordagem dos climas em geral (item 2.0) objetivando reconhecer o clima como um processo: com ritmo e sucessão no tempo; e como produto, reconhecível através de seus elementos.

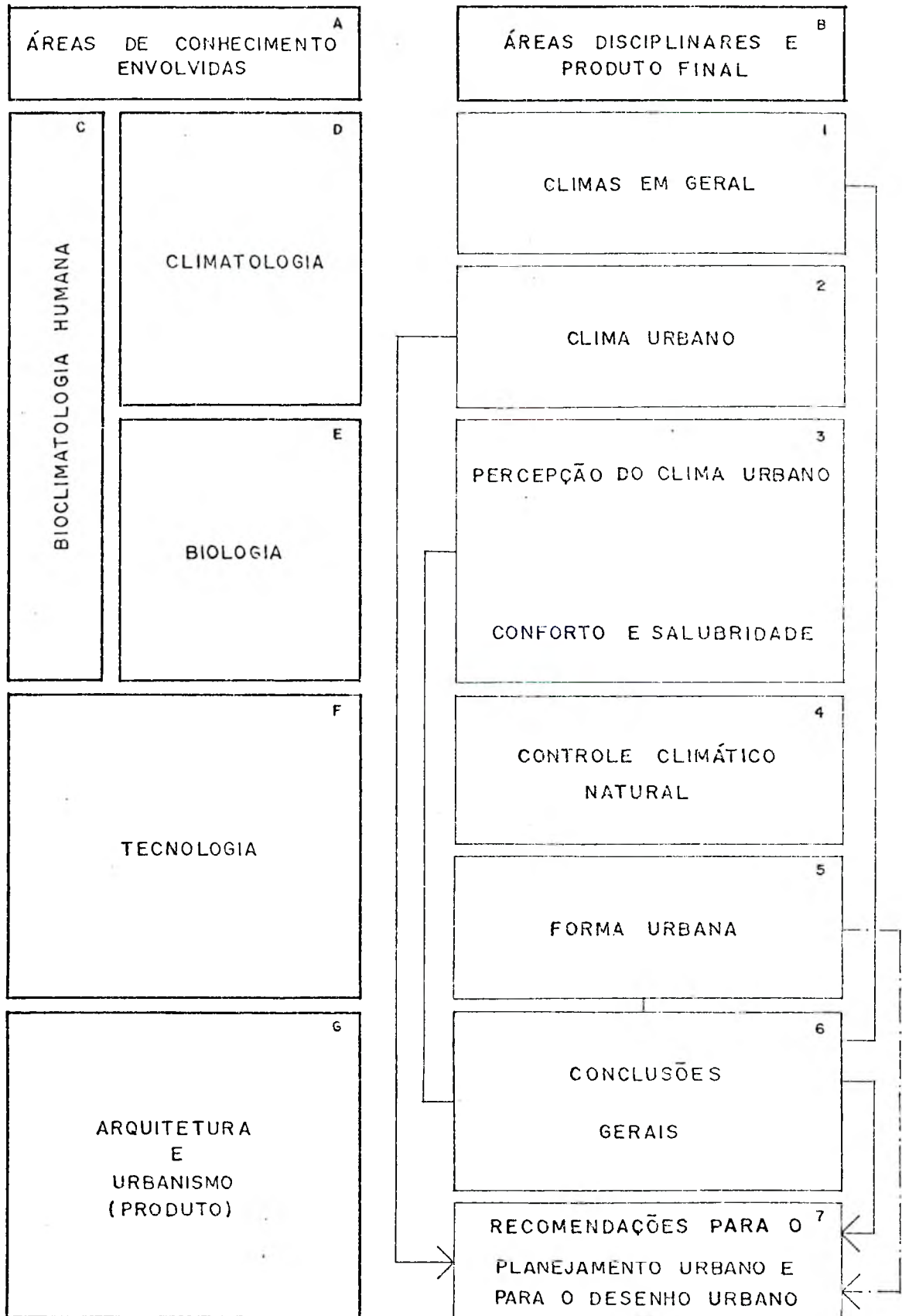


DIAGRAMA 01-ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Em seguida, abordamos especificamente o clima urbano (item 3.0), a partir das comparações entre os elementos do clima das áreas rurais do entorno urbano e os elementos climáticos dentro das estruturas urbanas, buscando identificar as modificações climáticas nestas produzidas em função de características da sua forma e de sua ocupação (rugosidade e porosidade, ocupação do solo, densidade de construção, orientação, tamanho, permeabilidade do solo e propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes). A forma urbana será tratada como um fator condicionante do clima urbano (a exemplo do relevo no clima em geral) e, junto com ela, a radiação e as áreas verdes (item 3.3).

Dentro deste enfoque foram identificadas as solicitações climáticas do homem, necessárias ao estabelecimento de condições de conforto e salubridade no território urbano (item 4.0), bem como verificados e discutidos os critérios para determinação dos níveis de conforto térmico e salubridade naquele território (4.3).

O item 5.0 trata dos aspectos metodológicos e técnicos da arquitetura apropriada ao clima - portanto, situado na área da tecnologia (bloco F do diagrama 1, pág. 2). Nele foram identificados os métodos de controle climático natural desenvolvidos por diversos autores, dentre eles Olgyay (1952, 1963 e 1968), a partir do que foi possível situar onde se encontra o nível das nossas preocupações relacionadas com a adequação da forma urbana ao clima: maximização das vantagens climáticas apresentadas pelo sítio urbano.

Os métodos de controle climático - como se verá no item 5.0 - são, de modo geral, parciais para a resolução global das estruturas urbanas apropriadas, seja pelas suas limitações quanto ao trato do ambiente urbano a partir de edifícios isolados ou no máximo em parcelas urbanas (Olgyay, 1963, 1963, 1968; Givoni, 1969), seja pela análise parcial do desempenho da estrutura urbana a partir de apenas um dos elementos do clima, a ventilação (Wise et alii, 1965; Evans, 1972; Newberg e Eaton, 1976; Villas Boas, 1979 e 1983). A complexidade que o manuseio desses métodos pode atingir - pelo número de técnicas e padrões de desempenho, objetivos a serem atingidos e necessidades/solicitações a serem supridas dentro do processo urbano, exige a adoção de um procedimento mais abrangente e concatenador, que é a utilização do próprio desenho urbano como instrumento do controle para a concepção/construção da forma urbana.

O item 6.0 trata, pois, da forma urbana como resultado das relações estabelecidas pelo homem entre a morfologia da massa edificada e a morfologia dos espaços exteriores e entre essas e o solo/paisagem. Neste item identificamos, ainda, um conjunto de relações entre os agrupamentos e/ou elementos das morfologias urbanas (concentração/dispersão, centralização/descentralização, espaçamento, alturas relativas, trocas de calor e continuidade descontinuidade).

O item 7.0 mostra as limitações ministradas/na literatura quanto a uma metodologia que aborde as características da forma urbana, junto com o conjunto das relações entre seus agrupamentos e/ou elementos morfológicos.

Com base naquelas características da forma urbana que são condicionantes climáticas, e com base nas solicitações bioclimáticas para condições de tensão térmica positiva (com tendência para calor) * e para condições de tensão térmica negativa (com tendência para frio), ** são definidas relações e tratamento para a forma urbana apropriada, conduzindo a recomendações para o planejamento e desenho urbanos.

(*) em clima ou período climático quente-úmido e em clima ou período climático quente-seco;

(**) em clima ou período climático frio;

Notas e referências:

- 1 - Márcio Villas Boas, "Significado da Arquitetura nos Trópicos - Um Enfoque Bioclimático." in: Boletim do Instituto de Arquitetura e Urbanismo - nº 40 - Universidade de Brasília, dezembro/1984.
- 2 - Esse termo, estrutura urbana, foi o que preferimos para ser utilizado nesta dissertação, sempre que nos referirmos a um conjunto urbano em toda a sua complexidade, pois o termo cidade nos parece limitado, uma vez que muitas vezes uma estrutura urbana pode abranger várias cidades - caso da metrópole - ou pode chegar a constituir-se legalmente uma cidade, mas, ser um simples aglomerado urbano.

2.0 - OS CLIMAS, EM GERAL

As definições clássicas dão importância exagerada à noção de temperatura média. Propusemos substituí-la por uma fórmula mais diretamente utilizável pelos biólogos: o clima, num determinado local, é a série dos estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. E o tempo que faz nada mais é que cada um desses estados considerado isoladamente. Essa definição conserva o caráter sintético da noção de clima, enfatiza seu aspecto local e, ao mesmo tempo, evidencia o caráter dinâmico do clima, introduzindo as idéias de variação³ e de diferenças incluídas nas de sucessão.

Esta noção de tempo e clima leva à compreensão de que o homem e o meio ambiente estão expostos a uma sucessão de estados atmosféricos e não expostos a meras médias destes fenômenos climáticos⁴. Não nos interessa, aqui, uma discussão pormenorizada do clima em geral, sendo tratados, pois, aqueles aspectos que interessam à apreciação do clima de cidades⁵.

Para melhor compreensão do clima precisamos conhecer seus principais elementos e fatores, que o identificam e determinam, respectivamente.

2.1 - ELEMENTOS E FATORES DO CLIMA

Os principais elementos do clima são a

temperatura, a umidade do ar, os ventos, as precipitações (chuvas, neve, granizo) e a duração de exposição ao sol. Os fatores do clima determinam a maneira como se apresentam e se interinfluenciam em cada clima esses elementos, tais como, dentre os mais significativos, a altitude, a latitude, a radiação solar (intensidade e ação), o regime dos ventos (direção e frequência), o regime das precipitações, a distância de massas de água significativas, a vegetação, o relevo⁶.

Daqueles fatores, os que mais diretamente têm contribuído para a formação de climas diferenciados sobre a face da terra são: a distribuição diferenciada das radiações solares sobre a terra segundo as diferentes latitudes (ver figs. 1, 2 e 3), e altitudes (ver fig. 4); a distribuição heterogênia das massas de água e terra sobre a superfície do planeta; as grandes cadeias de montanhas⁷; e as grandes correntes de ventilação formadas na atmosfera por forças térmicas, ocasionadas das diferenças de pressão, e por forças mecânicas - resultantes do movimento de rotação da terra (ver fig. 5)⁸.

Em função da combinação de diversos fatores que, no seu conjunto, dão uma conotação regional aos climas, estes têm sido classificados, de modo geral, segundo as grandes regiões da terra como, por exemplo, em tropical, subtropical, temperado e polar.

Como se verá no item seguinte esta classificação, como outras, não são precisas, e sendo, utilizadas apenas para determinados propósitos.

O - sol às 12h-21 de Junho
 sv - solstício de verão
 E - equinócios (outono e primavera)
 si - solstício de inverno
 caminhos aparentes
 do sol
 AB < CD < EF < GH < IJ

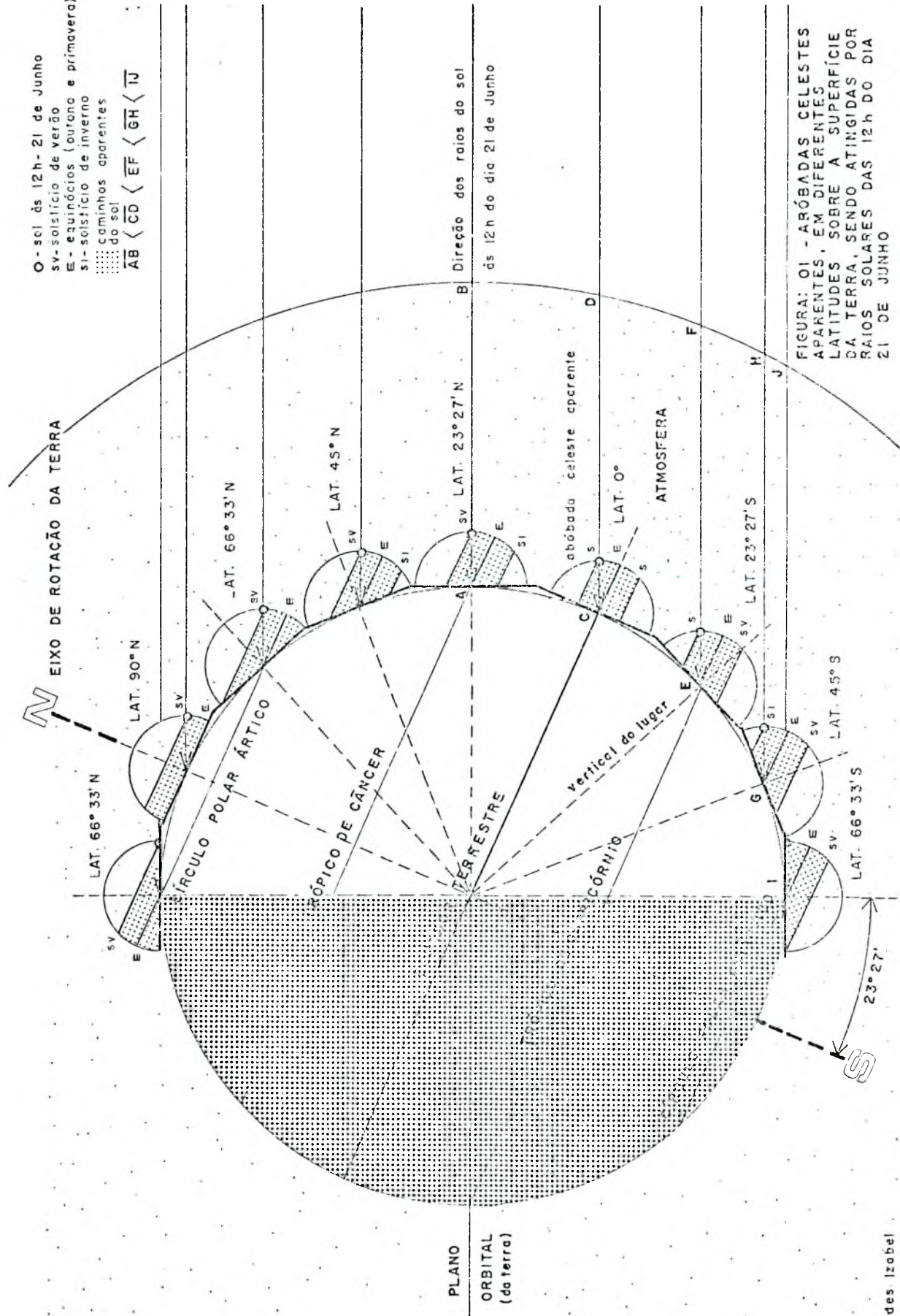
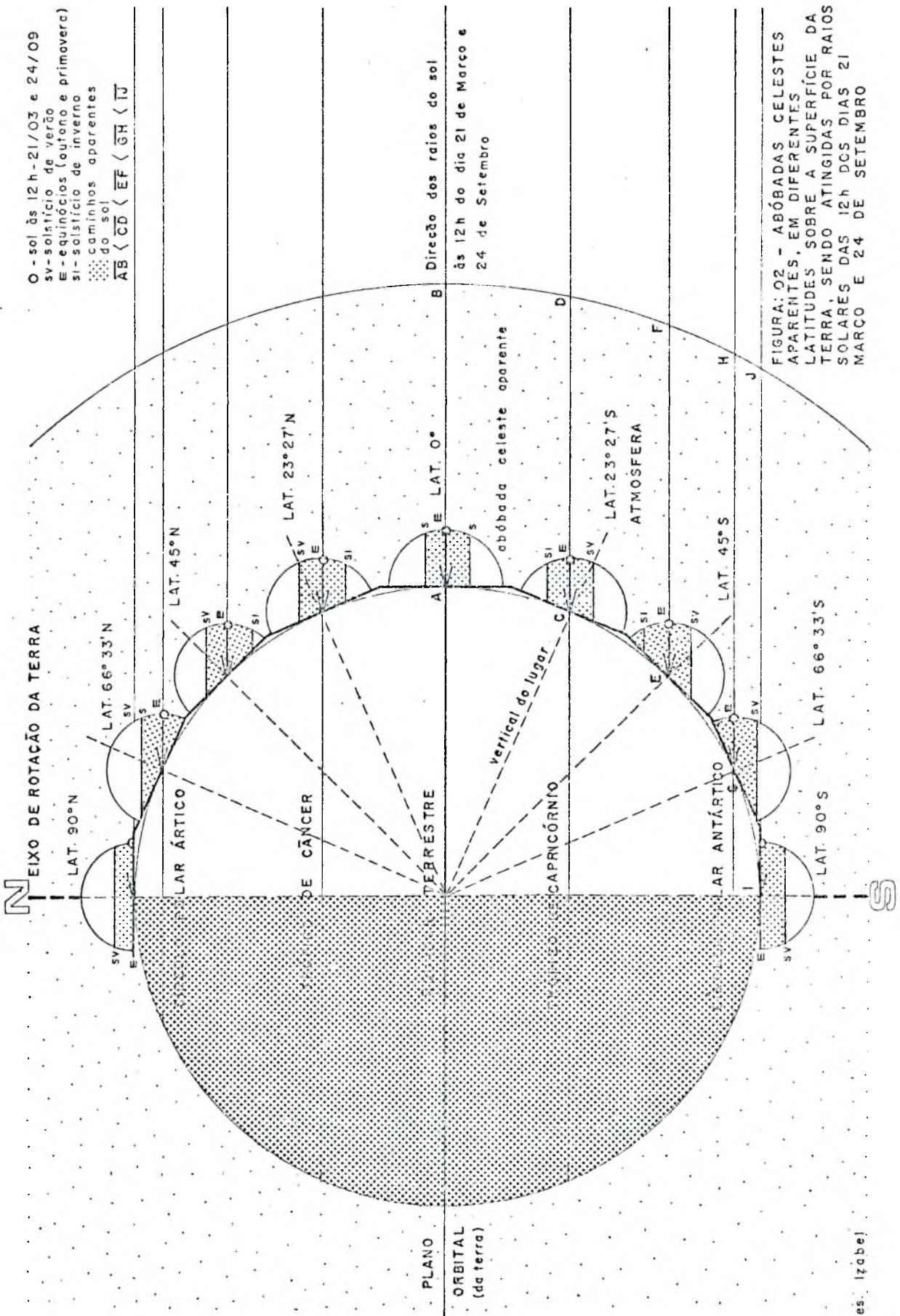


FIGURA: OI - ARÓBADAS CELESTES APARENTES, EM DIFERENTES LATITUDES, SOBRE A SUPERFÍCIE DA TERRA, SENDO ATINGIDAS POR RAIOS SOLARES DAS 12h DO DIA 21 DE JUNHO

des Izabel



O - sol às 12h-21/03 e 24/09
 sv - solstício de verão
 E - equinócios (outono e primavera)
 si - solstício de inverno
 caminhos aparentes do sol
 AB < CD < EF < GH < IJ

Direção dos raios do sol
 às 12h do dia 21 de Março e
 24 de Setembro

FIGURA: 02 - ABÓBADAS CELESTES APARENTES, EM DIFERENTES LATITUDES SOBRE A SUPERFÍCIE DA TERRA, SENDO ATINGIDAS POR RAIOS SOLARES DAS 12h DAS DIAS 21 MARÇO E 24 DE SETEMBRO

des. Izabele

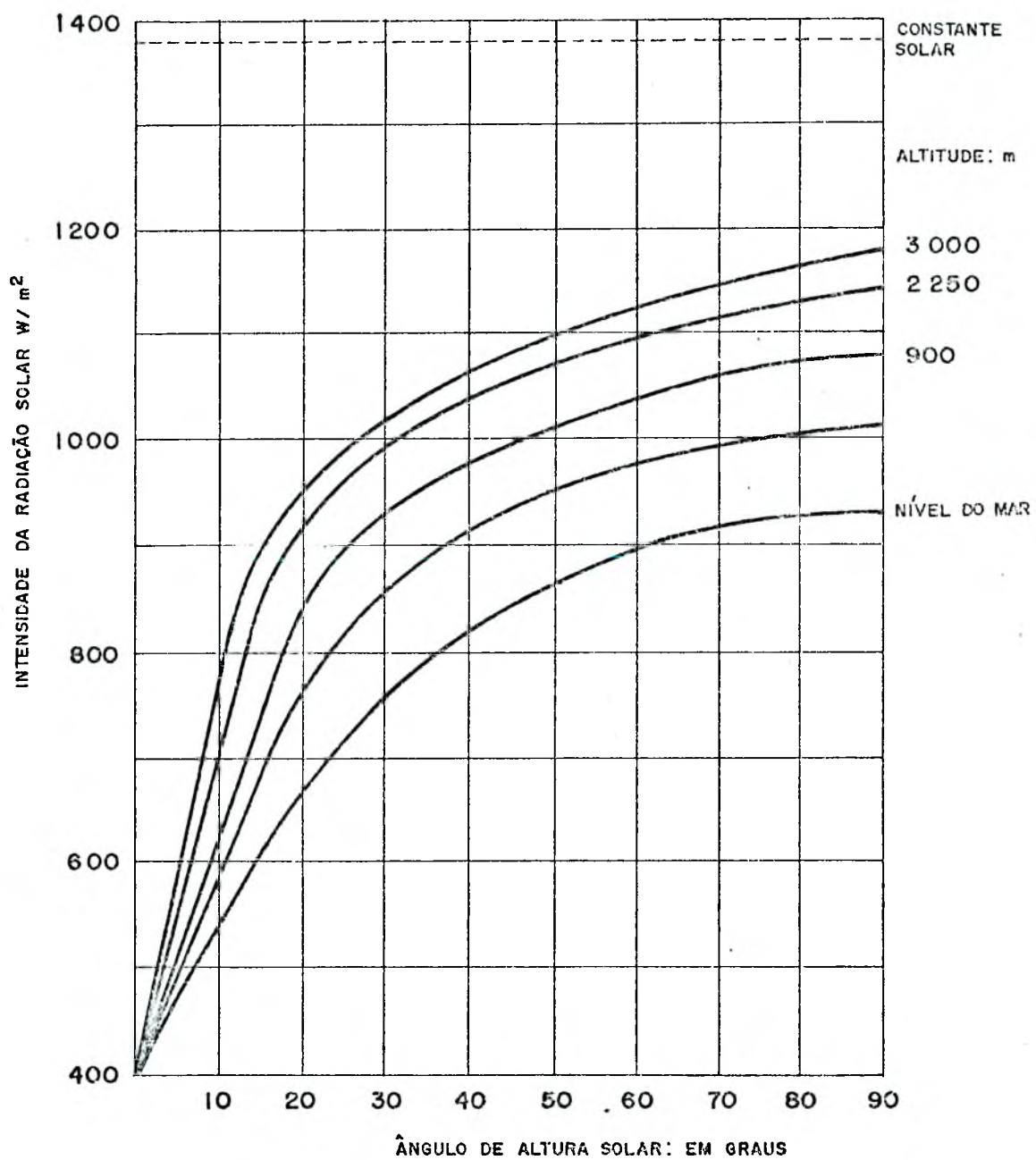
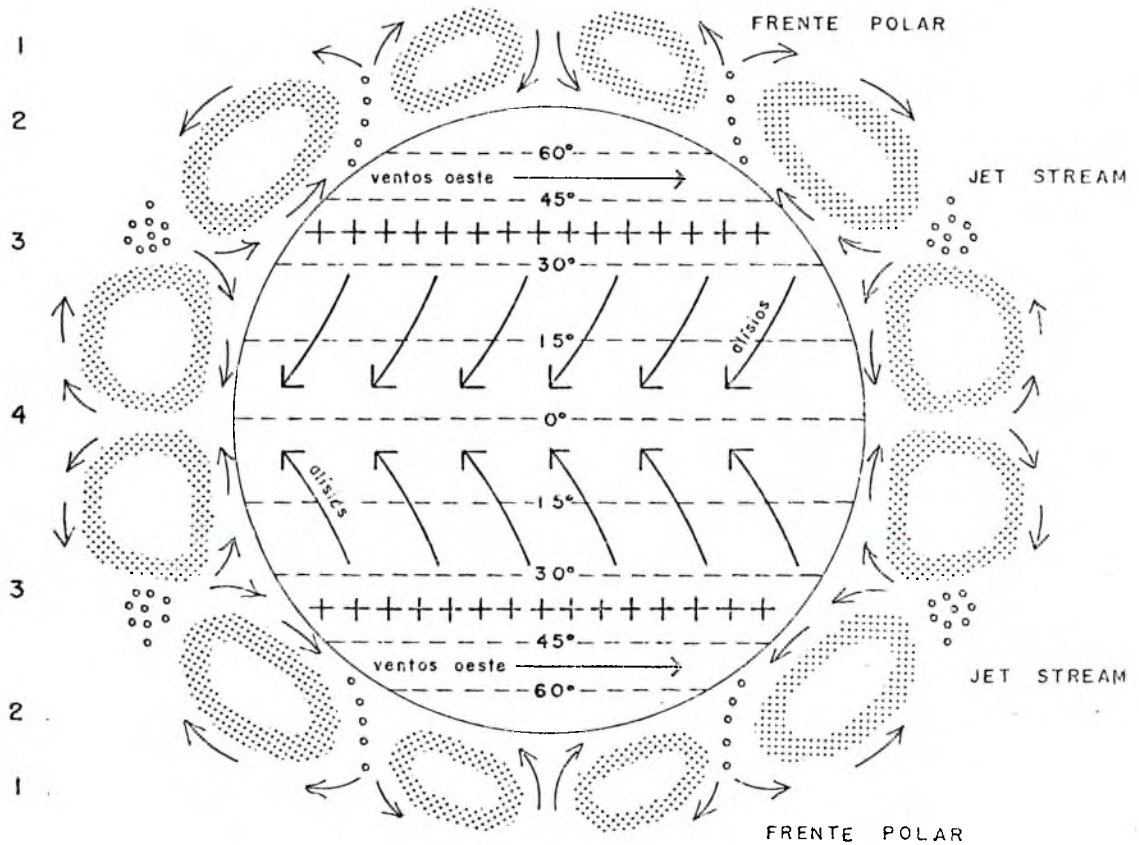


FIGURA: 04 - VARIAÇÃO COM A ALTURA, DA INTENSIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

FONTE: KOENIGSBERGER ET ALII (1977. p.23)



- 1- ALTAS PRESSÕES DA CALOTA POLAR
- 2- BAIXAS PRESSÕES SUBPOLARES
- 3- ALTAS PRESSÕES SUBTROPICAIS
- 4- BAIXAS PRESSÕES EQUATORIAIS

FIGURA: 05 - CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DAS MASSAS DE AR
 FONTE: ENC. DELTA LAROUSSE, 1982

Com classificação ou não, o clima urbano se situa em um contexto climático maior, com o qual interage, variando quanto às dimensões do espaço geográfico/atmosférico e quanto ao dinamismo das atividades desenvolvidas pelo homem nas cidades. Interessa-nos conhecer, neste caso, as variações do tempo e clima nas cidades e assim, o estudo de seus elementos e fatores se fará em relação ao território urbano.

Notas e referências:

- 3 - Max Sorre, "L'adaptation au milieu climatique et bio-social." In: Piéron, Henri, org. *Traité de Psychologie Appliquée*. Paris, PUF, 1954.
- 4 - Estabelecendo uma ponte entre a conceituação de clima colocada neste item e o projeto urbano, podemos antecipar uma conclusão: a cidade e os seus edifícios, como abrigo que são para o homem, não deverão ser projetados então para responder ao clima caracterizado simplesmente pelas médias. Mas, para esta peculiar e evolutiva sucessão de combinações e interações dos fenômenos atmosféricos, próprios de cada "endereço" localizado na superfície do planeta.
- 5 - Discussão mais ampliada sobre clima pode ser encontrada em Miller, 1950; Sorre, 1954; Pédelaborde, 1970; Monteiro, 1976.
- 6 - Cf. Philomena C. Ferreira, *Alguns Dados sobre o Clima para a Região de Brasília*. Brasília, UnB, Mestrado em Arquitetura, 1965. 103 pp ilustr. cópia reprográfica. p. 8.
- 7 - "Relevo - É um fator importante do macroclima; particularmente, as grandes cadeias de montanhas que são quase sempre divisórias de zonas climáticas e influem sobre as grandes correntes da atmosfera". Puppo y Puppo, *Acondicionamento Natural y Arquitectura - (O grifo é nosso)*.

- 8 - Essa abordagem sobre os elementos e fatores do clima é colocada neste item, de forma sucinta, porque se pretende estudar os elementos e fatores do clima urbano, nos itens, 3.1 e 3.2 próximos.

3.0 - CLIMA URBANO

O clima urbano será tratado neste capítulo, tomando-se por base a literatura referente às mudanças climáticas produzidas pelas cidades, associada a informações sobre o clima em geral que sejam preponderantes.

Os elementos e fatores do clima urbano são, na sua maioria, os mesmos elementos e fatores do clima em geral que, no seu conjunto, sofreram modificações em função da transformação do meio ambiente. Algumas destas modificações estão expressas na Tabela 1 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS PRODUZIDAS PELAS CIDADES.

3.1 - PRINCIPAIS ELEMENTOS DO CLIMA URBANO

Estes elementos são a temperatura, a umidade relativa, ventos (e massas de ar), precipitações e a duração da exposição ao sol, os quais serão tratados em função de suas modificações devido ao crescimento das cidades e à própria influência da forma urbana sobre eles.

3.1.1 - Temperatura do ar

A temperatura do ar nas cidades é maior do que na área rural circundante, tanto que na literatura

Tabela 1 - MUDANÇAS CLIMÁTICAS PRODUZIDAS PELAS CIDADES¹⁰

ELEMENTO	COMPARAÇÃO COM O ENTORNO
	R U R A L
Temperatura	
Média anual	0.5 a 0.8 C mais alta
Mínima de inverno	1.0 a 1.7 C mais alta
Dias de maior calor	10% menos (*)
Umidade relativa	
Média anual	6% mais baixa
Inverno	2% mais baixa
Verão	8% mais baixa
Poluentes	
Partículas em suspensão e núcleos de condensação	10 vezes mais
Misturas gasosas	5 a 25 vezes mais(*)
Atmosfera	
Nuvens	5 a 10% mais
Nevoeiro, inverno	100% mais
Nevoeiro, verão	5% mais
Radiação	
Total sobre superfície horizontal	15 a 20% menos
Ultravioleta, inverno	30% menos
Ultravioleta, verão	5% menos
Duração do brilho do sol	5 a 10% menos(*)
Velocidade do vento	
Média anual	20 a 30% menor
Rajadas de vento máximas	10 a 20% menores
Calmaria	5% mais
Precipitações	
Totais	5 a 10% mais
Dias com menos de 5mm	10% mais
Queda de neve	5% menos

(*) dados incluídos em 1970, os demais são de 1962.

Fonte: Landsberg 1962 e 1970.

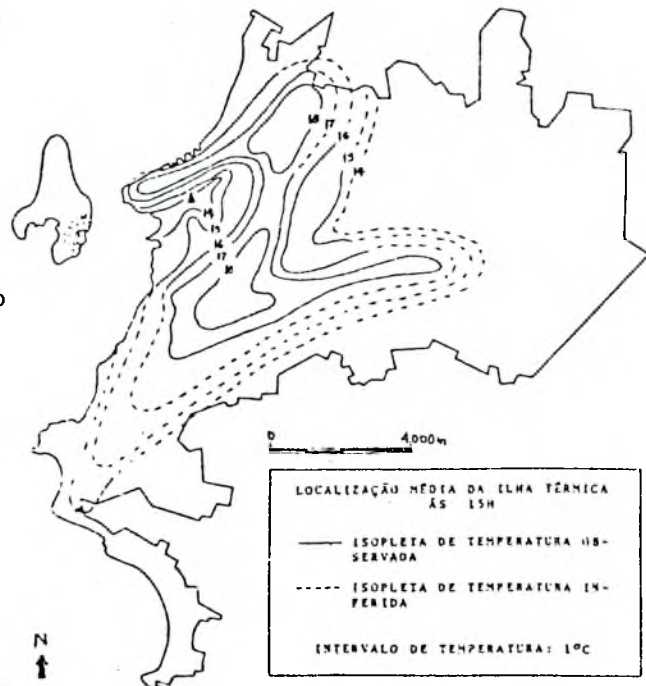
específica a cidade é tratada como uma ilha - ou um arquipélago - de calor.⁹ Vários estudos e pesquisas têm constatado essa diferença. Chandler (1965) encontrou em Londres temperaturas mínimas num dia de primavera que apresentaram diferenças de 6.7°C entre o centro da cidade e o entorno rural (ver fig. 6, à pág. 18); Danni (1980) encontrou 6°C de diferença, na cidade de Porto Alegre, às 15 horas de um dia de outono (ver fig. 7, à pág. 18); Fonzar (1980) encontrou 3°C de diferença, às 15 horas de dias de verão em Presidente Prudente, SP (cidade no interior paulistano que tem cerca de 127.000 habitantes) (ver a fig. 8, à pág. 19); Lombardo (1985) afirma ter constatado diferenças de mais de 10°C em São Paulo, em situações de atmosfera estável, sendo que no verão, em média, as diferenças são em torno de 4°C entre o entorno e o centro urbano. No dia 13.08.82 ela encontra diferença de 7°C , às 15 horas (fig. 9, pág.19).

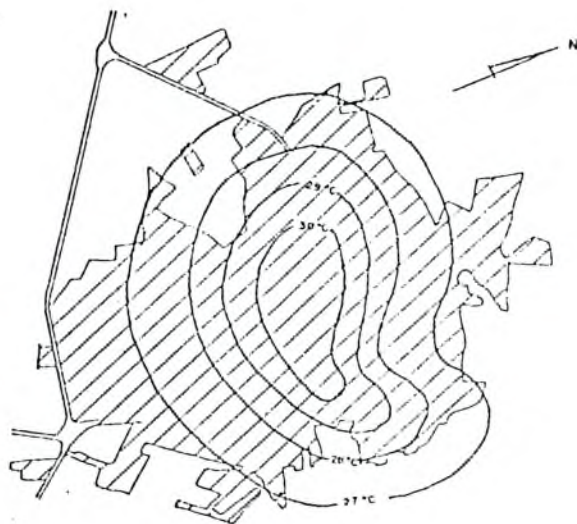
Entretanto, as diferenças médias anuais de temperaturas entre a cidade e o campo são de aproximadamente, $0,9^{\circ}\text{C}$, em cidades de clima temperado ou frio, segundo Peterson (1969), como indica a Tabela 2, pág. 15.



Figura 06 - Distribuição de temperaturas mínimas em Londres, 14 de maio de 1959, em $^{\circ}\text{C}$ com $^{\circ}\text{F}$ em parênteses (Chandler, 1965).
Fonte: Peterson, 1969, p. 8.

Figura 07 - Localização da Ilha Térmica em Porto Alegre, às 15 hs de um dia de outono.
Fonte: Danni, 1980, p. 44.





20 - 1 - 80

Figura 08 - Ilha de calor em Presidente Prudente - SP.
Fonte: Fonzar, 1980.

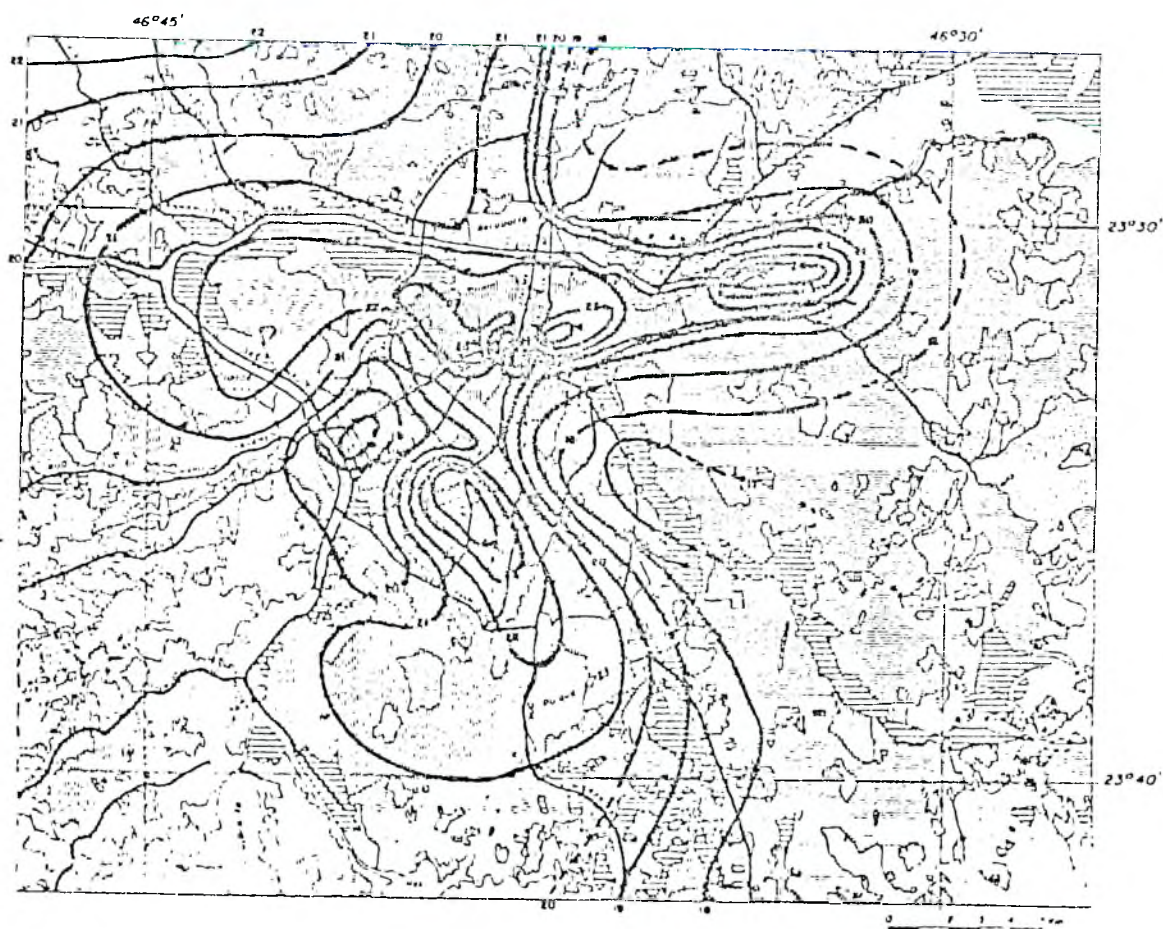


Figura 09 - A ilha de calor da Metrôpole Paulistana, no dia 13/08/82, às 15:00 horas.
Fonte: Lombardo, 1985.

TABELA 2 - Diferenças médias anuais de temperaturas entre a área rural e a área urbana de algumas cidades (em °C).

Chicago	0.6	Moscou	0.7
Washington	cerca de 1°C (**)	Filadélfia	0.8
Los Angeles	0.7	Berlim	1.0
Londres (*)	1.3	Nova York	1.1
Paris	0.7		

(*) Chandler (1963 e 1966)

(**) Woollum e Canfield (1968)

Obs.: os demais dados desta tabela - sem asterisco - são extraídos de Landsberg (1960).

Fonte: Peterson, 1969, p. 11.

Quanto ao tempo, nos desenvolvimentos das ilhas de calor (sua dimensão processual), podemos resumir que:

a) elas atingem maiores diferenças de temperatura entre a cidade e a área rural do entorno durante o inverno; Landsberg (1962) mostra que a mínima de inverno é de 1.0 a 1.7°C mais alta na cidade, enquanto que em dias de maior calor essa diferença é 10% menor;

b) à noite, as ilhas de calor continuam existindo enquanto perdura a dissipação do calor armazenado durante o dia pela estrutura e atmosfera urbanas;¹¹

c) os gradientes de temperatura aumentam com o aumento da estrutura urbana ao longo do tempo, pois, pelos dados verificados, o tamanho da estrutura está relacionado com a intensidade dessas diferenças.

3.1.2 - Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa sempre é menor na cidade, se comparada com o campo. Segundo Landsberg (1962), é 8% mais baixa durante o verão na cidade; no inverno é mais baixa apenas 2%, sendo sua média anual de 6% mais baixa na cidade do que no campo. Essa diferença é explicada pelo incremento da temperatura urbana onde, com o aumento correspondente da pressão do vapor saturado, a porcentagem relativa da umidade decresce. A quantidade de vapor presente na atmosfera urbana, no entanto, é ligeiramente maior do que na área circundante, em função das atividades avatropogênicas (ver item 3.3.1).

3.1.3 - Massas de ar

As massas de ar da atmosfera urbana portam 5 a 10% mais nuvens do que aquelas sobre o campo; 100% mais nevoeiros no inverno e 5% menos no verão (Landsberg, 1962). Esta diferença é explicada pela modificação da estabilidade atmosférica resultante da ilha de calor devido ao incremento das correntes ascendentes, até determinada altura.

A velocidade do deslocamento das massas de ar - ventos - sobre a cidade é, em média anual, 20% a 30% menor do que sobre a área da superfície rural; há 10% a 20% menos rajadas de vento máximas do que na área rural e há ainda sobre a cidade, 5% mais calmarias (Landsberg,

1962), em função do incremento da rugosidade do solo e dos obstáculos à passagem do vento, elevando a sua camada limite (ver fig. 18, pág.29).

Em situações de calmaria do clima regional, as diferenças de pressão entre as massas de ar sobre a cidade (formando correntes ascendentes) e sobre a área rural do seu entorno, podem criar brisas que se deslocam da periferia para o centro urbano mais denso (ver fig. 10, à pág.23), aumentando assim, a possibilidade de concentração de poluentes atmosféricos (Lombardo, 1985, p. 26), uma vez que, nas condições descritas, a velocidade do vento é muito baixa (ver fig. 18, à pág. 29).

Os ventos em geral se deslocam em movimentos turbilhonares sobre a cidade, tomando sentidos e direções diferentes daqueles do clima regional (ver fig. 11; à pág.23).

Quanto à qualidade das massas de ar sobre a área urbana constata-se que elas contêm:

- partículas de poeira - 10 vezes mais que sobre a área rural;
- misturas de gases - 5 a 25 vezes mais que sobre a área rural. (Landsberg, 1962 e 1970).

3.1.4 - Precipitações

Chove mais na cidade do que na área rural

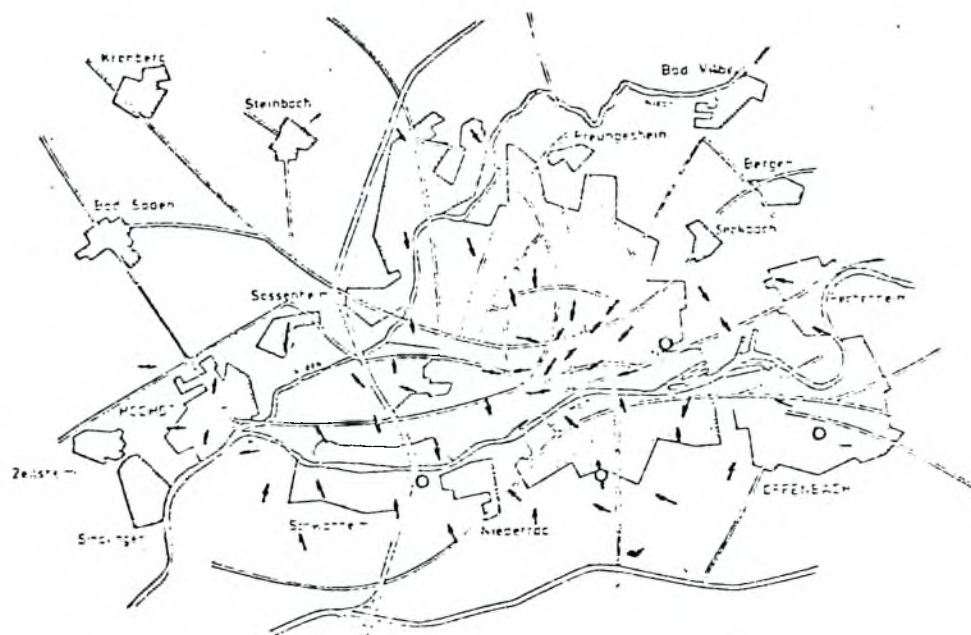


Figura 10 - Microbrisa noturna numa noite clara e sem vento, na cidade de Frankfurt (segundo Georgii, 1974).

Fonte: Ramón, 1980.

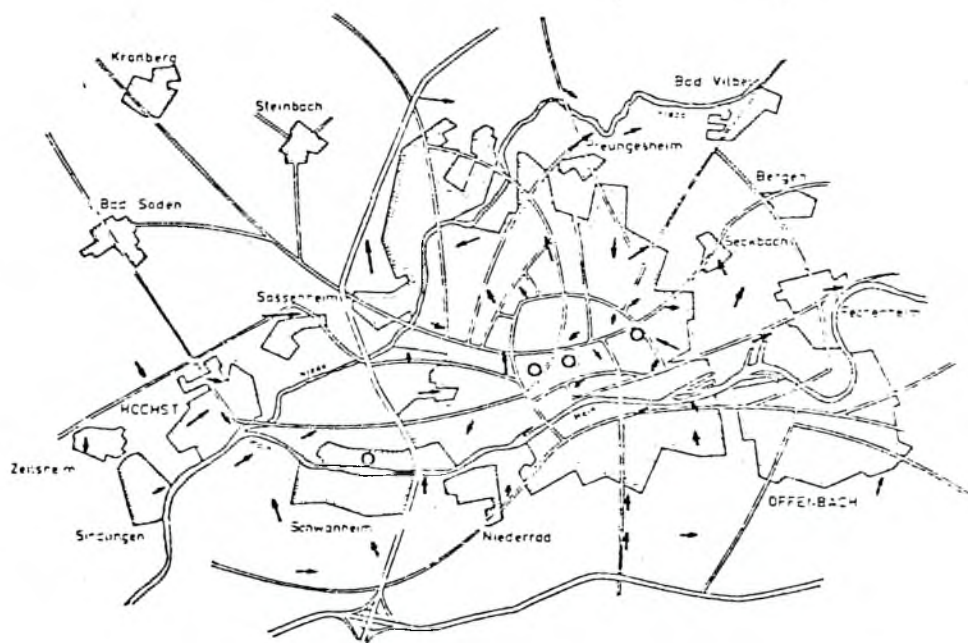


Figura 11 - Turbulência do vento em sua passagem por uma cidade. Direções do vento em Frankfurt, para um vento dominante de oeste (Georgii, 1974).

Fonte: Ramón, 1980.

circunvizinha. Landsberg (1962) constatou como sendo de 5% a 10% maior o total das precipitações na cidade que no campo, também em função das correntes ascendentes urbanas (ilha de calor). Enquanto que há 10% mais dias com 5mm de precipitações sobre a cidade; quanto às precipitações de neve, há 5% menos na cidade (maior temperatura).

3.1.5 - Duração da Exposição ao Sol

A duração da exposição ao sol de uma estrutura urbana depende da sua latitude, a qual determina a sua posição em relação aos movimentos aparentes (e reais) do sol - como acontece com qualquer localidade não urbana sobre o planeta (ver figs. 1, 2 e 3, às pp. respectivamente). Depende também do horizonte do sítio urbano - isto é, se a morfologia do sítio urbano molda seu horizonte com montanhas, serras, grandes formações rochosas, etc. (ver fig. 12, pág. 25).

A nível dos espaços microclimáticos urbanos, os componentes da massa edificada (ver item 5.0, à pág. 92), que trata da forma urbana), também atuam como horizontes "fabricados" que modificam a duração da exposição ao sol desses espaços microclimáticos, pela justaposição dos edifícios, os quais mascaram o sol em determinados períodos do dia ou do ano, provocando sombreamento no solo, sobre si mesmo, ou em outros edifícios (ver fig. 13 onde vemos sobre a carta Solar de Estrasburgo - Latitude de $48^{\circ},5$ N, a "máscara de sombras" provocadas pelos edifícios que circundam o ponto A, visto

em planta na fig. 14).

Embora tenhamos mostrado até aqui como se comportam os elementos do clima urbano de modo individualizado, na realidade eles atuam conjuntamente, se interinfluindo. É o que veremos no próximo tópico.

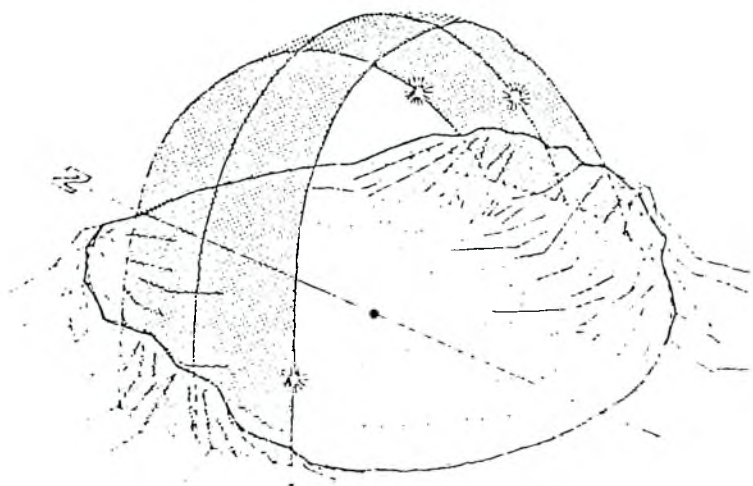


Figura 12 - Geomorfologia interferindo na duração da exposição ao sol de um sítio urbano hipotético (no hemisfério sul).

3.2 - DESEMPENHO CONJUNTO DE ELEMENTOS DO CLIMA URBANO - INTERINFLUÊNCIAS

Tendo verificado como se comporta em separado cada um dos elementos do clima urbano, vejamos como eles atuam de forma integrada e interdependente, influenciando-se mutuamente.

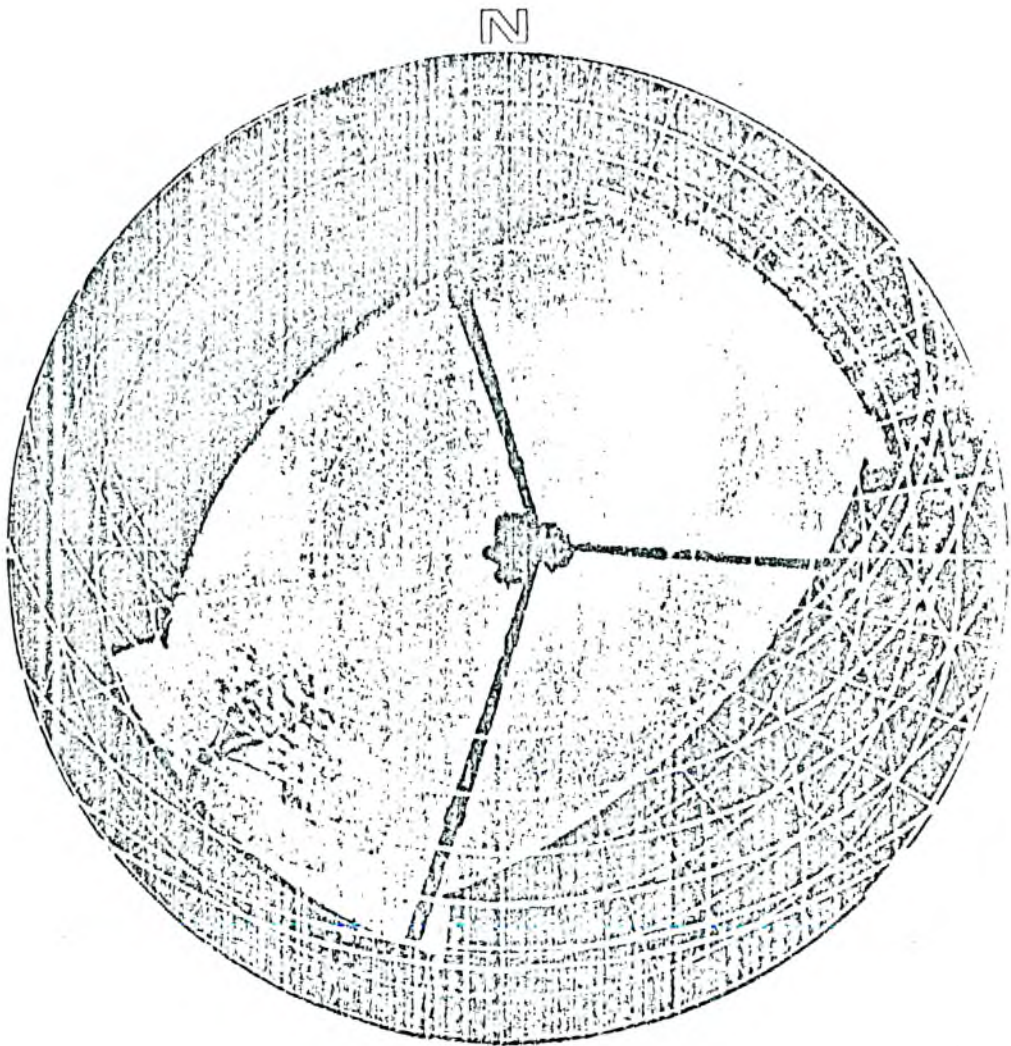


Figura 13 - Foto horizontoscópica do ponto A -
Meinau - Grupo A sobreposta à carta
solar desse lugar.
Fonte: Miller-Chagas e Paul (1980)

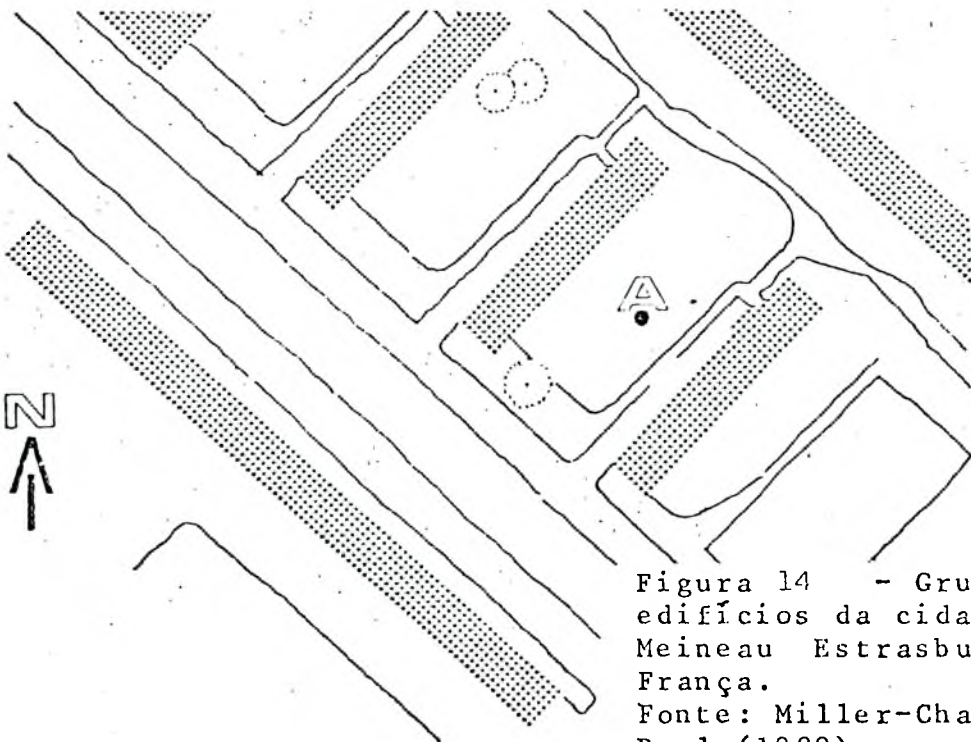


Figura 14 - Grupo A de
edifícios da cidade de
Meineau Estrasburgo -
França.
Fonte: Miller-Chagas e
Paul (1980)

As diferenças de temperatura na cidade ocasionam diferenças de pressão entre as zonas urbanas - em que ocorrem as maiores temperaturas - e a área rural do entorno, onde ocorrem as menores temperaturas. Essas diferenças de pressão formam correntes de ar ascendentes sobre as zonas mais aquecidas da cidade e correntes de ar que se deslocam da periferia urbana para aquelas zonas mais quentes - conduzindo poluentes aéreos gerados nessa periferia para o centro urbano, que normalmente já contém poluentes - térmicos e atmosféricos - em quantidades elevadas. É formado então um domo de pó¹² sobre a estrutura urbana (ver a fig. 15, à pág.28). Apesar da maior evaporação na área urbana, devido a temperaturas mais elevadas ocorrem aí, as menores porcentagens de umidade relativa, (ver a fig. 17, à pág.29). A intensificação de poluentes - pó e poeira - na atmosfera urbana lhe dá maior densidade, por consequência, maior acúmulo de energia térmica nessa atmosfera (efeito estufa). A mesma coisa que ocorre com o acúmulo crescente de partículas em suspensão na atmosfera, acontece com os gases tóxicos lançados na cidade, ou seja, vão se acumulando na área central mais aquecida. A corrente de ar quente ascendente, junto ao aumento de poluentes, pode provocar um aumento de precipitações (Lombardo, 1985). Essas precipitações, em contato com os poluentes aéreos, poderão gerar chuvas ácidas sobre a cidade, corroendo os materiais constitutivos da massa edificada, fazendo mal à vida ali existente, poluindo os cursos d'água ao serem canalizados.

Com a ocorrência de ventos regionais, esse domo climático (Brysson e Ross, 1972) pode mudar e sua conformação,¹³ podendo mesmo se alongar, em forma de pluma

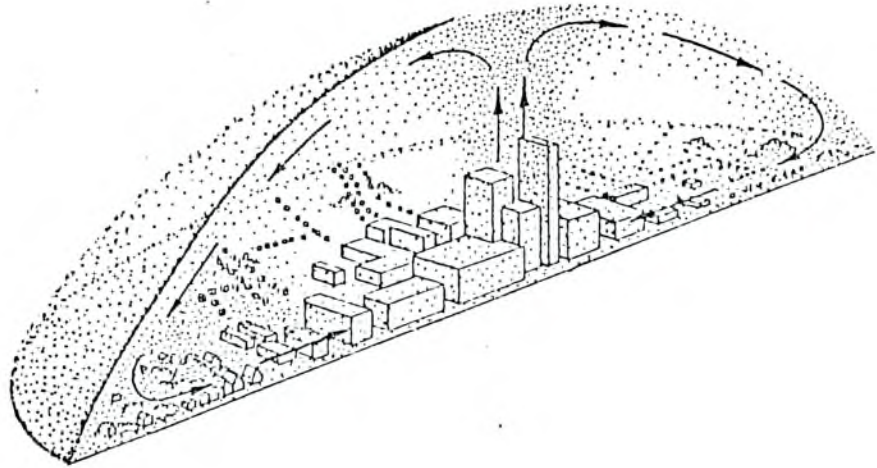


Figura 15 - Domo de fuligem e poeira urbanas (desenho em perspectiva).
 Fonte: Brysson e Ross (1972).

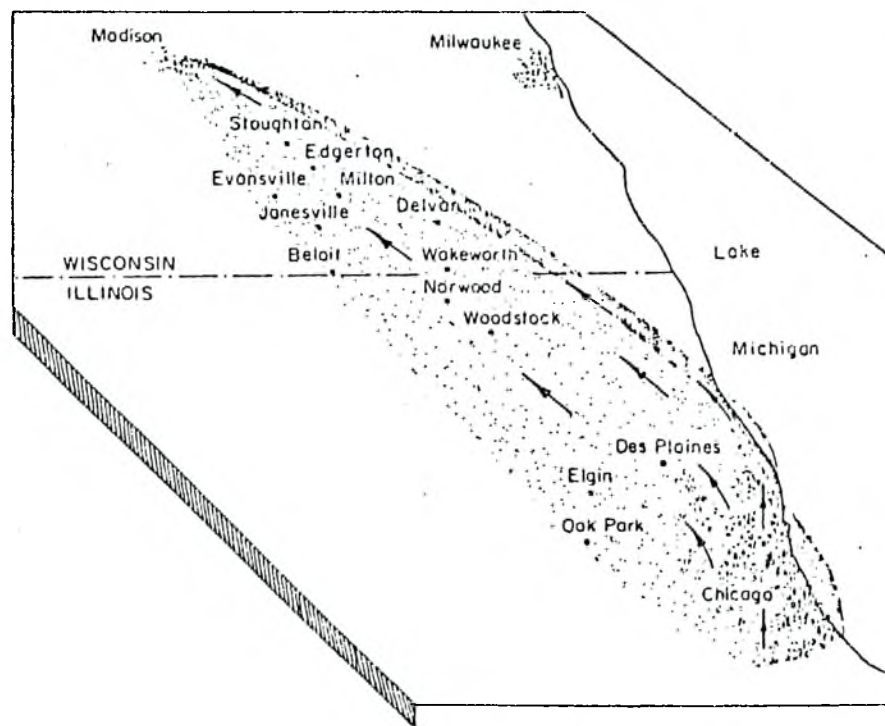
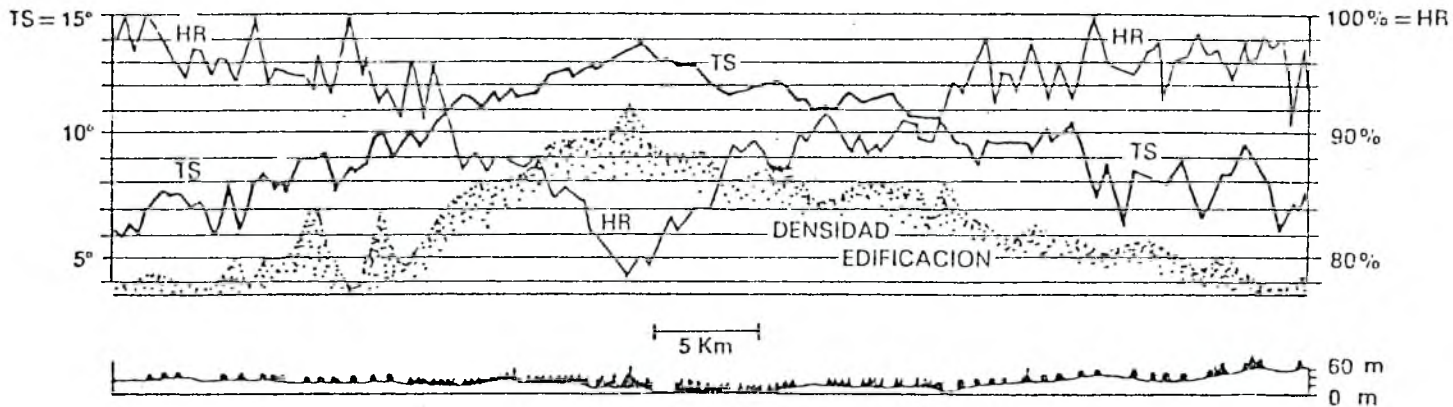


Figura 16 - Pluma de calor e poluentes sendo estendida para fora da cidade pelos ventos regionais.
 Fonte: Brysson e Ross (1972).



Perfil da cidade de Londres.

Figura 17. TS (temperatura do termômetro seco) e HR (umidade relativa) através de Londres (às 23:30 de 11.10.1961) (segundo Chandler, 1965). Uma UR de 78%, no centro da cidade, para uma temperatura de 14°C não supõe um conteúdo sensivelmente maior de água no ar que uma UR de 100% na periferia da cidade, para uma temperatura de 9°C . Ainda que a capacidade de evaporação do ar aumente com a temperatura, esse ar não parece encontrar-se com água em sua passagem pela cidade. Londres é também uma "cidade seca".

Fonte: Ramón, 1980

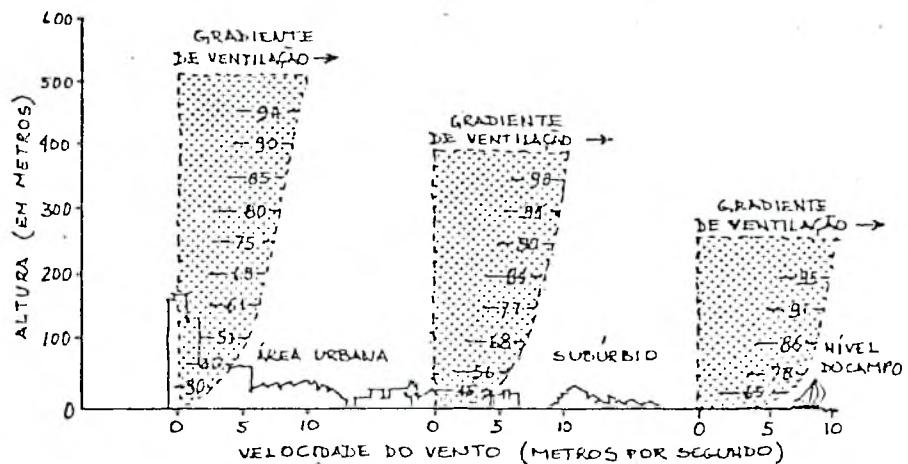


Figura 18. Efeito da rugosidade do terreno sobre o perfil da velocidade dos ventos. Com o decréscimo da rugosidade, a altura, da camada de ar afetada diminui e o perfil torna-se acentuado.

Fonte: (Singer e Smith, 1970).

(ver fig. 16, à pag.28) atingindo a região a sotavento da estrutura urbana.

A dissipação da ilha de calor junto ao domo climático formado sobre a estrutura urbana só acontece quando os ventos regionais atingem determinada velocidade. Ver a tabela 3, pág. 31.), que mostra a velocidade com que esses ventos conseguiram romper as ilhas de calor de algumas cidades pesquisadas.

O desempenho de elementos do clima urbano, isolado e/ou em conjunto, ocorre sob o condicionamento de determinados fatores climáticos que propiciam condições físicas para tal. É desses fatores que trataremos no próximo tópico, com ênfase nos aspectos da forma urbana que a fazem um dos condicionantes do clima urbano.

3.3 - FATORES CONDICIONANTES DO CLIMA URBANO

O desempenho dos elementos do clima urbano, de maneira isolada ou no seu conjunto - abordado anteriormente no item 3.2 - é condicionado por diversos fatores, de modo análogo ao que acontece com os elementos do clima em geral.

Daqueles principais fatores do clima em geral (latitude, altitude, radiação solar, regime dos ventos, regime das precipitações, distância de massas de água significativas, a vegetação, o relevo),¹⁴ o clima urbano, definida a localização da estrutura urbana, é

Tabela 3 - VELOCIDADES CRÍTICAS DO VENTO PARA
ELIMINAÇÃO DO EFEITO DA ILHA DE CALOR EM
VÁRIAS CIDADES.

CIDADE	A U T O R	ANO DO ESTUDO	POPULAÇÃO	VELOCIDADE CRÍTICA DO VENTO m.s ⁻¹
Londres, (Inglaterra)	Chandler (1962 ^a)	1959-61	8.500.000	12
Montreal, (Canadá)	Oke, et alli ^a	1967-68	2.000.000	11
Bremen, (Alemanha)	Mey	1933	400.000	8
Hamilton, (Canadá)	Oke et alli ^a	1965-66	300.000	6 - 8
Reading, (Inglaterra)	Parry (1956)	1951-52	120.000	4 - 7
Kumagaya, (Japão)	Kawamura	1956-57	50.000	5
Palo Alto, (Califórnia)	Duckworth, et alli	1951-52	33.000	3 - 5

(a) Não publicado

Fonte: Peterson, 1969, p. 15.

afetado por eles em seu conjunto. No entanto, a radiação assume papel preponderante nesse clima. Por esta razão será tratado com destaque neste capítulo, no sub-tem 3.3.1.

Também será tratada a forma urbana com suas características e dos seus elementos morfológicos, como fator modificante do clima urbano, no sub-tem 3.3.2.

As áreas verdes, embora sejam consideradas parte de forma urbana, pela importância da sua influência no clima urbano serão tratadas em separado, no sub-tem 3.3.3.

3.3.1 - A Radiação

A presença da radiação térmica¹⁵ e ¹⁶ no clima urbano tem duas principais origens: uma, diz respeito àquela quantidade de radiação solar ganha, armazenada e difundida (por emissão, reflexão, condução e convecção¹⁷); outra origem, diz respeito à radiação proveniente da ação antropogênica - as atividades industriais, o trânsito, o próprio calor metabólico do homem, os sistemas de condicionamento mecânico, a queima de combustíveis, etc.

a) A quantidade de radiação solar total sobre a cidade é menor (15% a 20% menos) do que nas áreas circundantes, sendo que as radiações ultravioleta têm uma redução de 30% no inverno e 5% no verão (Landsberg, 1962, 1970). Isto é explicado pela estrutura da atmosfera urbana que, como se viu, possibilita maior quantidade de

nuvens e de nevoeiro sobre as cidades (Tab. 1, pág. 16). Deve-se notar, no entanto, que a quantidade de radiação gerada pelas atividades antropogênicas (ver letra b seguinte). O percentual de redução da quantidade de radiação solar vai depender também da própria latitude do lugar e das estações do ano. Nas latitudes maiores os raios solares estarão mais inclinados e mais sujeitos a absorção pela estrutura urbana (mais gasosa), sendo que isto se intensifica mais no inverno que no verão (ver figs. 1, 2, e 3, pág. 8, 9 e 10 , respectivamente, e item 3.1.3 - massas de ar). Nas latitudes mais próximas do equador tende a haver maior incidência de radiação nas superfícies horizontais e maior quantidade de radiação ultravioleta . A presença de acidentes geográficos notáveis, como montanhas, serras, etc, poderão também afetar a quantidade de radiação que chega até os solo, devido ao mascaramento que provocam no sol (ver fig. 12, pág. 25). A quantidade de radiação solar absorvida pela cidade é que vai determinar o seu efeito sobre o clima urbano. Esta, depende: da capacidade de absorção e retenção aos materiais das edificações e dos tipos de revestimento do solo (como se verá no item 3.3.2, (1), letra (f) e da duração da exposição ao sol (visto no item 3.1.5).

b) A radiação térmica produzida por atividades antropogênicas nas grandes cidades (atividades industriais, comerciais, serviços e metabolismo humano) ultrapassa o balanço médio de radiação (Lombardo, 1985, p. 25). Um estudo realizado na ilha de Manhattan, segundo Brysson e Ross (1972, p. 56), durante o mês de janeiro, inverno portanto, constatou que a soma de calor produzido pela combustão foi duas vezes e meia mais do que o calor

proveniente da energia solar que alcançou o solo - durante o verão esse fator cai para 1 1/6. Essa radiação térmica tem origem principal tanto no aquecimento dos edifícios - que terminam por propagar para os espaços urbanos exteriores¹⁸ todo calor dentro produzido - quanto nas atividades industriais. Nas cidades de clima quente, os sistemas de ar condicionado retiram o calor do ar interno aos edifícios, mas terminam por lançá-lo nos espaços urbanos exteriores.

Brysson e Ross (1972) ainda colocam que a combustão que se dá "...em muitos motores de automóveis, produz aproximadamente a mesma quantidade de calor que uma lareira caseira típica no inverno...".

A radiação térmica produzida pelo homem - através do metabolismo basal e atividade muscular - tem também uma contribuição considerável dentro do total da energia térmica proveniente da ação antropogênica dentro das grandes estruturas urbanas. Façamos uma especulação teórica comparativa entre a quantidade de radiação solar e a radiação produzida pelos homens: se considerarmos que a radiação solar global que atinge a superfície da terra a uma latitude de 20°S seja de 19,7 MJ/m² dia (média anual prevista para a longitude de 40°L)¹⁹ e se considerarmos nesse lugar uma população de 2 milhões de pessoas, dispersando em média 150 W²⁰, durante um dia essa população dispersaria 7.200 MJ, que equivaleria à radiação solar global que atinge 365,5m² durante um dia no mesmo lugar.

Essa radiação, proveniente da ação antrópica, tem um desempenho no tempo que a torna mais

intensa durante o dia, permanecendo no início da noite, quando a ilha de calor ainda mostra-se expressiva (em São Paulo, às 21h, segundo Lombardo, 1985), mas, diminuindo na madrugada. Também nos fins de semana - com a diminuição das atividades urbanas, diminui essa radiação; por conseguinte, diminuem também os efeitos da ilha de calor, a poluição e precipitações. Ashworth (1929) encontrou em Rochkale (cidade industrial) 13% menos precipitações aos domingos do que em dias úteis num período pesquisado de 7 anos;²¹ Mitchell (1961) percebeu que em New Haven, durante quatro invernos, aos domingos a temperatura aumentava $0,3^{\circ}\text{C}$.²² "Quanto à poluição, essas observações são também evidentes, onde se verifica um declínio da poluição tanto no tempo, como na distribuição espacial, aos domingos (Lombardo, 1985, p. 211)".

3.3.2 - Características da Forma Urbana que são Condicionantes Climáticas

Neste tópico pretendemos abordar, a partir das características morfológicas do sítio urbano, aquelas características da forma urbana condicionantes do clima urbano, resultantes das relações estabelecidas entre a morfologia da massa edificada e a morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação e entre os elementos morfológicos da forma urbana e a atmosfera urbana.²³ Além das características termodinâmicas dos materiais constituintes dessas morfologias.

(1) Características morfológicas do sítio urbano

As características morfológicas do solo/paisagem são um importante atributo de definição da forma urbana e já predis põem o sítio urbano a um determinado desempenho climático.²⁴ As áreas convexas possuem um clima moderado e as áreas côncavas possuem um clima de extremos - com maior duração - tanto de temperatura quanto de umidade (A. Woeikof).²⁵ O sítio urbano de Brasília foi escolhido dentro dessa perspectiva, optando-se entre as duas melhores alternativas, por aquela do domo de forma triangular e área convexa - o chamado Sítio Castanho²⁶ (ver fig. 21, pág. 37). Esse sítio, "é aberto a todas as influências dos ventos predominantes e, durante os períodos de calmaria, ele tem uma forma topográfica ideal para promover a drenagem do ar através do sítio da cidade (Belcher et alii, 1955)." Quanto ao sítio verde, a outra melhor alternativa, de forma convexa, possui numerosas fontes, áreas pantanosas e áreas de exsudação, existindo dentro desse vale todos os ingredientes para umidade e temperatura elevadas (Belcher et alii, 1984, p. 243). Observação que foi confirmada pelos relatórios de campo desse grupo, do escritório Belcher, que constataram "... que, de quando em quando, foram observadas nuvens pairando sobre o vale após as áreas adjacentes já se encontrarem limpas"²⁷.

São vários os exemplos de cidades localizadas em vales que, produzindo grande volume de poluição atmosférica e possuindo uma forma urbana não apropriada, têm o seu clima urbano muito deteriorado e insalubre. São os casos de Cubatão (SP) - num vale formado pela Serra do Mar - de Stuttgart (Alemanha Ocidental), Monlevade (MG) e muitas outras cidades industriais.

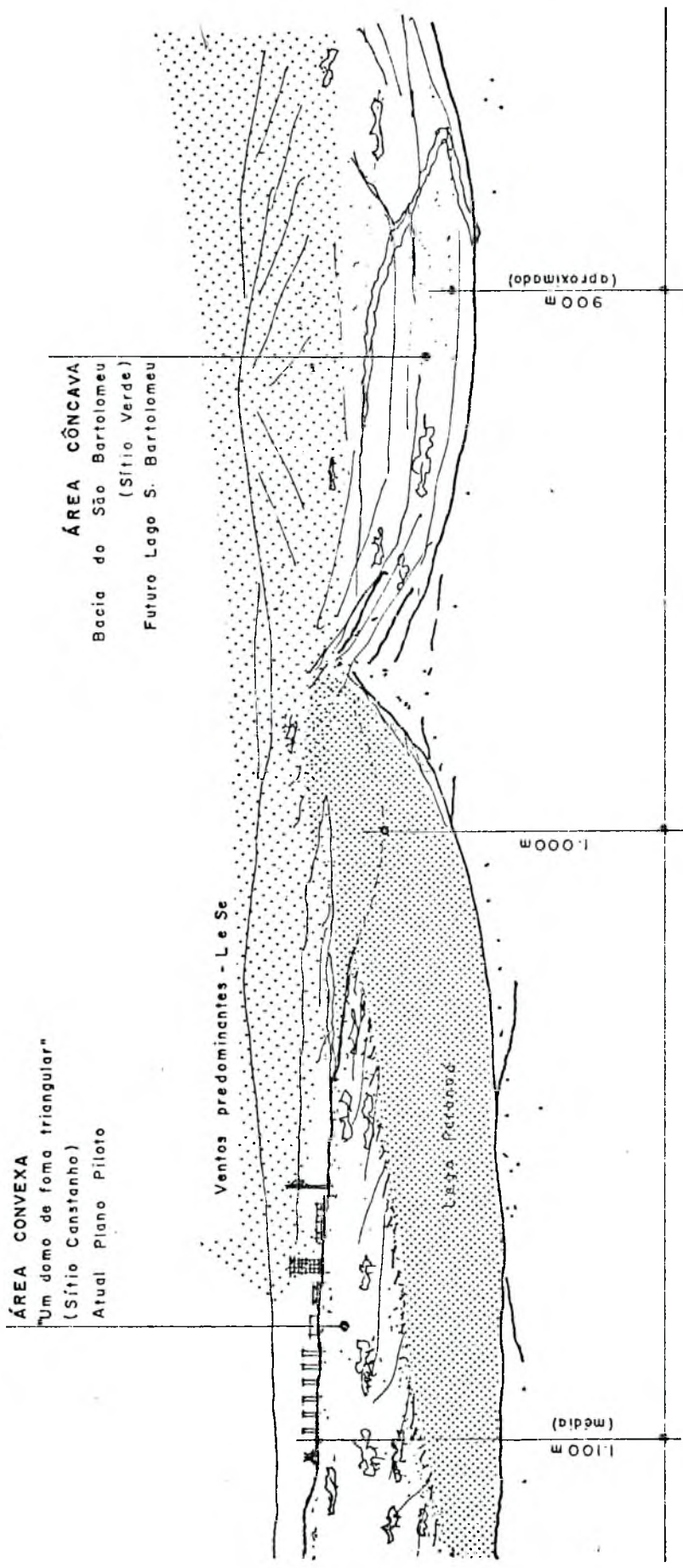


FIGURA: 19 - PERFIL ESQUEMÁTICO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO SOLO/PAISAGEM NO "SÍTIO CASTANHO"- PLANO PILOTO BRASÍLIA - JUSTAPOSTO AO "SÍTIO VERDE"- BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU.

Não que seja impossível um razoável clima urbano numa cidade dentro de um vale. A própria cidade de Stuttgart planejou intervenções na sua estrutura e encostas adjacentes do vale onde se situa, de modo a diminuir as suas temperaturas e a poluição, a níveis condizentes com as necessidades de conforto e salubridade da sua população.²⁸

Ressaltemos, entretanto, que os vales são mais apropriados para a agricultura, pelas condições propícias de água e fertilidade do solo que geralmente apresentam. Colocar a cidade no vale é expô-la a perigos de enchentes e dificultar a diluição dos resíduos líquidos - os esgotos - e dos poluentes aéreos, uma vez que a sua estrutura atmosférica apresenta baixa capacidade de regeneração, podendo aprisionar os poluentes e gerar graves problemas de poluição.

Uma vez implantada a estrutura urbana no solo/paisagem, a forma urbana, com suas características, passa a atuar, fraca ou intensamente, como fator condicionante do clima urbano. A seguir, vejamos quais são essas características da forma urbana e como interferem sobre um ou mais elementos climáticos.

(2) Características da Forma Urbana

Além dos condicionantes morfológicos e

ambientais do sítio urbano, a forma urbana, com suas características pode atuar, fraca ou intensamente, na configuração do clima urbano, através da sua maior ou menor influência no desempenho de um ou mais elementos climáticos.

Identificamos como sendo essas características da forma urbana condicionante climática: a rugosidade, a densidade de construção, o tamanho da estrutura urbana (em altura e extensão horizontal), a ocupação do solo, a orientação; a permeabilidade superficial do solo urbano e as propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes da estrutura urbana.

a) Rugosidade e Porosidade

O movimento das massas de ar é governado por três princípios básicos; quais sejam: a inércia, a diferença de pressão e a fricção.²⁹

Quanto à inércia: "Como qualquer outro corpo em movimento, o ar tem inércia e, uma vez em movimento, tem a tendência de continuar na mesma direção, até que desviado por alguma força ou corpo externo (Villas Boas, 1983, p. 12)."

Quanto à diferença de pressão: o maior aquecimento e, conseqüentemente maior dilatação da massa de ar de uma determinada região, baixa a sua densidade e cria uma corrente ascendente - essa zona é chamada de baixa pressão; o menor aquecimento, junto a uma maior pressão de

vapor, conseqüentemente maior densidade do ar noutra região, cria uma chamada zona de baixa pressão; a diferença de pressão entre ambas regiões dá origem ao deslocamento da massa de ar da zona de alta pressão para a de baixa pressão. A velocidade impressa a esse deslocamento é proporcional à diferença de temperatura entre as duas regiões (força térmica - já referida no item 2.1, pág. 6).

A fricção, no movimento das massas de ar, ao se atritarem com a superfície do solo, tanto reduz a velocidade desse movimento, quanto altera a forma de deslocamento - deixando de ser lamelar (em lâminas) para se tornar turbilhonar. Quanto mais rugosa for a superfície, maior o atrito; conseqüentemente, maior a turbulência e menor a velocidade do ar. A superfície urbana na sua totalidade é mais rugosa do que o campo em sua volta; dentro da própria estrutura urbana o grau de rugosidade é variável (ver fig. 15, pág. 28)³¹ e ³².

Analisando estes princípios, podemos dizer que:

- Quanto mais reduzida a velocidade dos ventos, dentro da estrutura urbana, mais tempo é necessário para deslocar os poluentes da atmosfera urbana (Brysson e Bross);

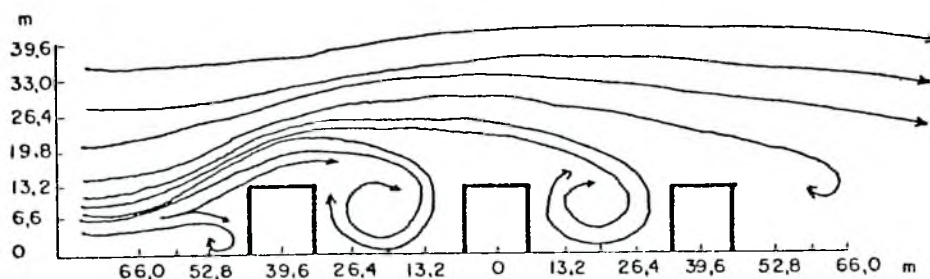
- A turbulência gerada dificulta o projeto das unidades de massa edificada, dentro do processo de desenvolvimento da estrutura urbana, uma vez que não se pode adotar os dados regionais ou locais, indicadores da direção dos ventos, já que são muito alterados pela rugosidade da superfície urbana (como já mostrado na fig. 11, pág. 23).

- A turbulência gerada com a maior rugosidade aumenta as trocas térmicas por convecção, das superfícies da massa edificada com a atmosfera urbana (Chichierchio, 1983, p. 38) - logo, de toda estrutura urbana com sua atmosfera.

Os exemplos da figura 20, ilustram em (a), que a direção dos ventos nos edifícios a sotavento do primeiro à esquerda, não é aquela inicial. Há formação de vértices, entre os edifícios, onde a velocidade inicial é reduzida a até cerca de 5%; com a introdução de um edifício alto - ver o exemplo (b) - há uma modificação significativa na velocidade do vento nos espaços anteriores ao edifício alto, mas, criando uma maior "sombra de vento" a sotavento do edifício alto.³⁴

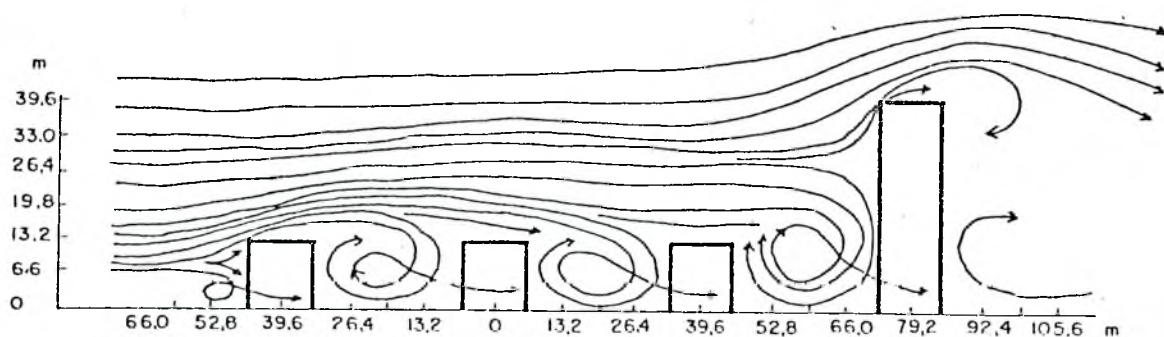
Os efeitos do vento provocados pela morfologia dos edifícios dentro da estrutura urbana, são resumidos por Gandemer (1981) aos quais chamou de acidentes aerodinâmicos³⁵ e se acham reproduzidos à pág.43

A porosidade dos edifícios, pode mudar substancialmente os padrões de desempenho do vento nas estruturas urbanas, como veremos a seguir, embora não seja ainda uma característica que predomine nas estruturas urbanas e sim, uma solução alternativa ao problema da turbulência gerada pela rugosidade.



Movimento do ar sobre três edifícios baixos.

(a)



Movimento do ar sobre três edifícios baixos e um alto

(b)

FIGURA: 20 - MOVIMENTO DO AR SOBRE EDIFÍCIOS
 FONTE: WISE ET ALLI, 1965 (VILLAS BOAS, 1983)

A porosidade que pode possuir uma estrutura urbana assemelha-se à característica de permeabilidade - esta última, como veremos à página 54, refere-se a superfície do solo urbano. Enquanto que a porosidade é entendida aqui, quanto a uma maior ou menor permeabilidade aos ventos que uma estrutura urbana possa apresentar.

Os estudos sobre porosidade verificados por Villas Boas (1979) no interior de um túnel de vento sobre "... as condições de conforto térmico e diluição de poluentes nas proximidades e dentro de um

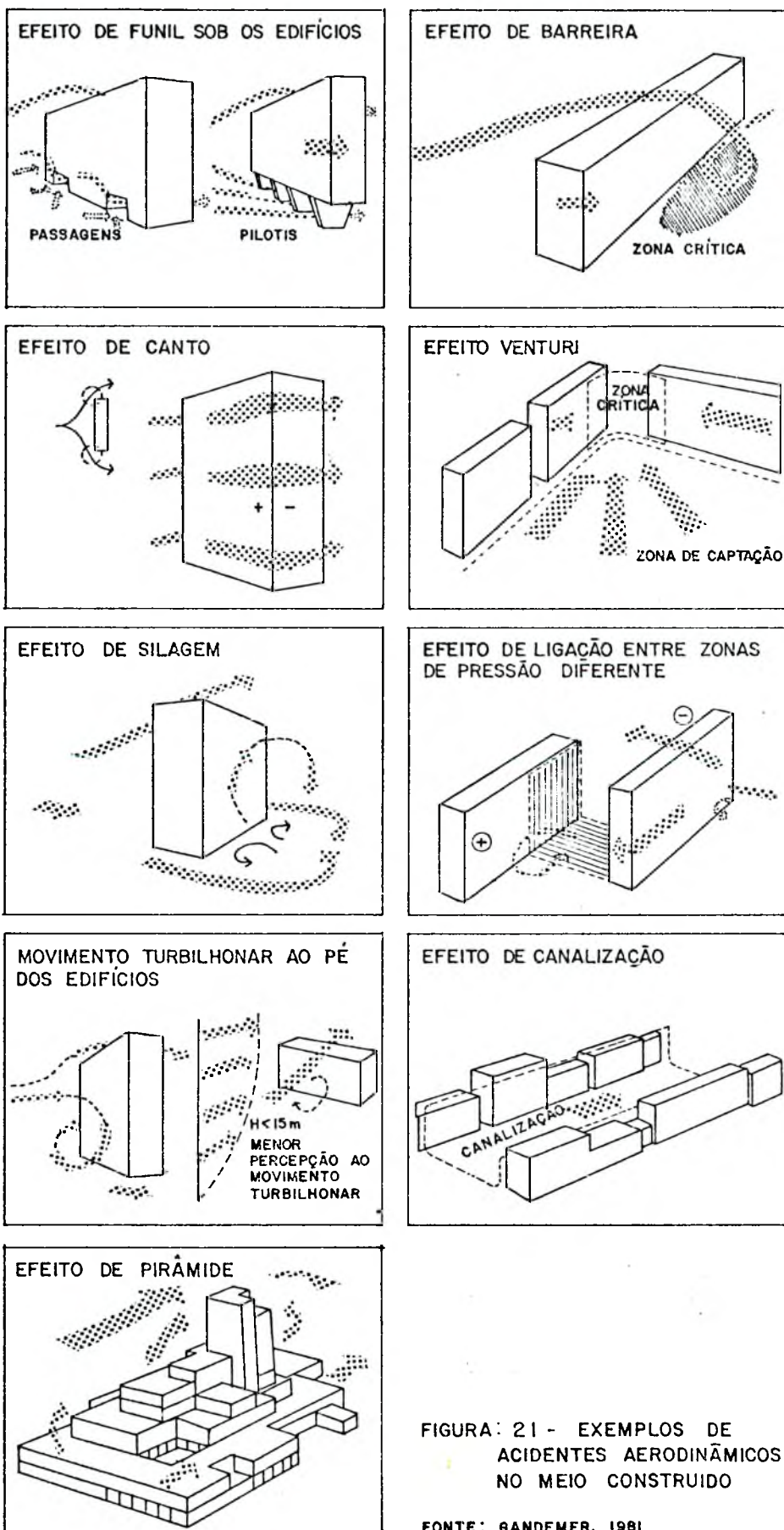


FIGURA: 21 - EXEMPLOS DE ACIDENTES AERODINÂMICOS NO MEIO CONSTRUÍDO

FONTE: GANDEMER, 1981

conjunto de modelos" (confirmando, segundo o autor, os resultados de Robins et alii) demonstraram que:

(1) os espaços limitados por estruturas porosas estão sujeitos a melhores condições de conforto térmico (para regiões quentes) e qualidade do ar do que quando estão limitadas por estruturas opacas (não porosas), se as fontes de poluição, a nível baixo, estão localizadas dentro dos espaços, sendo que o inverso é verdadeiro quando os poluentes são liberados fora dos espaços;

(2) as estruturas porosas são muito mais efetivas do que as estruturas opacas no sentido de favorecer a ventilação cruzada nas estruturas a sotavento, quando elas têm a mesma altura, e estão distantes umas das outras em até 6 vezes suas alturas e

(3) um aumento na altura das estruturas que formam um espaço fechado pode aumentar a acumulação de poluentes ao nível do solo quando as fontes se situam dentro do espaço e os tetos têm a mesma altura, ao passo que a presença de volumes mais altos a sotavento pode desviar o fluxo de vento para baixo e melhorar as condições de conforto térmico e qualidade do ar³⁶.

Para melhorar as condições ao mesmo tempo de conforto térmico e da qualidade do ar (ver item 4.0, que trata da percepção e salubridade do clima urbano) dentro das estruturas urbanas, baseado nos seus estudos, Villas Boas (1979) sugere princípios de desenho:

(a) a ventilação cruzada em edifícios situados a sotavento de outros pode ser maximizada se os primeiros estão localizados a uma distância igual ou maior que 6 (vezes a altura daqueles a barlavento, distância essa que pode ser reduzida em um grupo de edifícios, criando assim um conjunto de

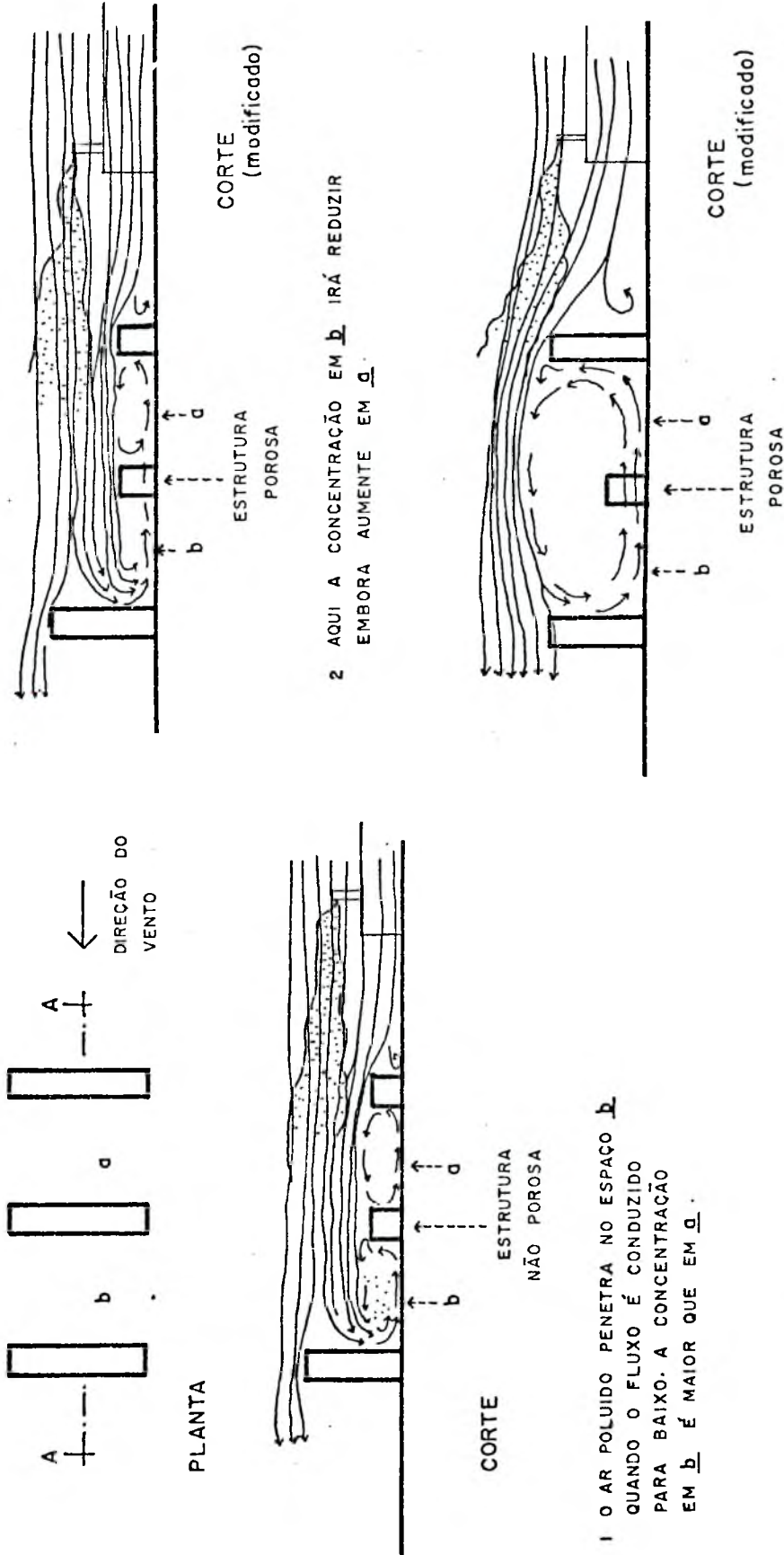
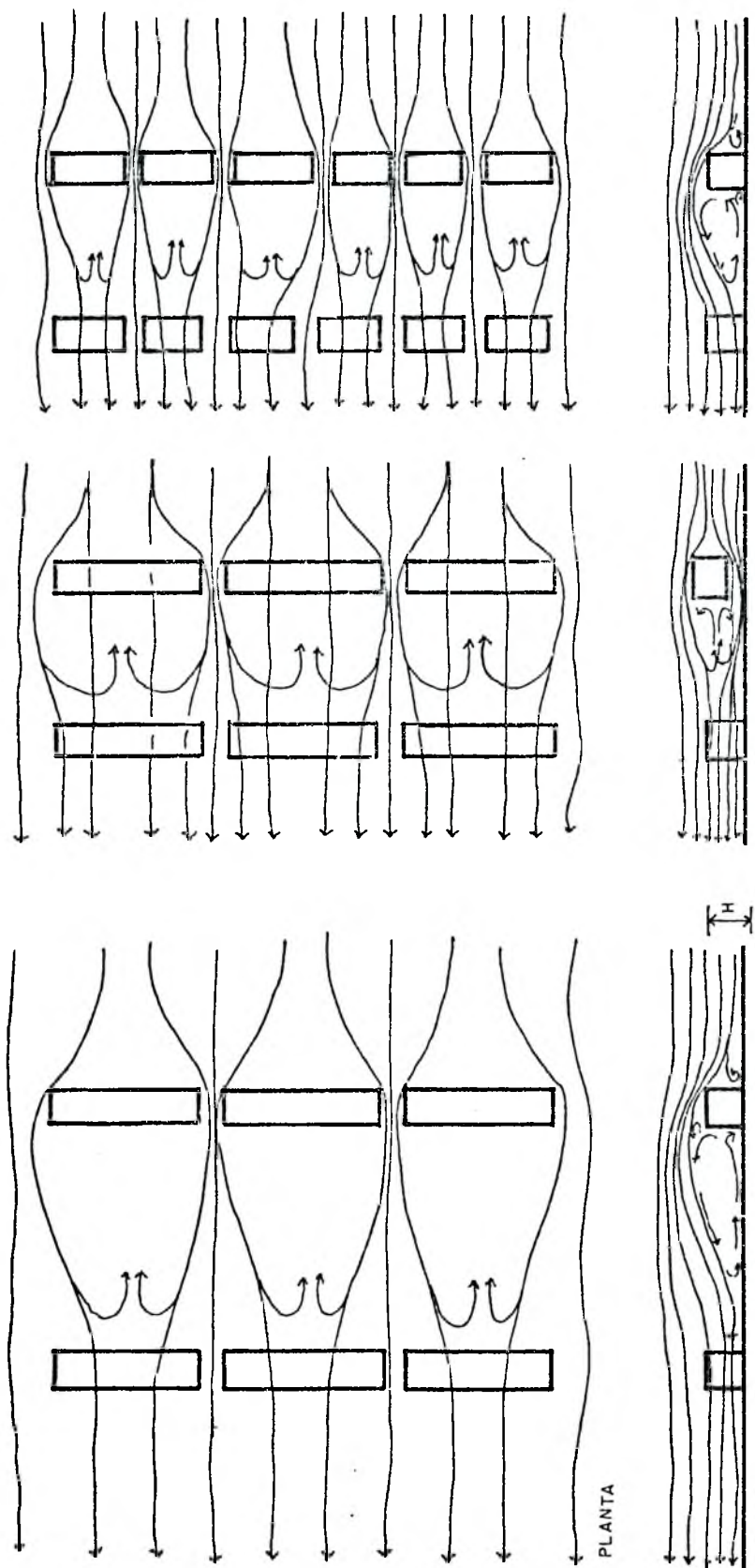


FIGURA: 22 - CONDIÇÕES DESEJÁVEIS, PARA A OBTENÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO E DA QUALIDADE AMBIENTAL.

FONTE: VILLAS BOAS, 1979 / 1983.



A VENTILAÇÃO CRUZADA NOS EDIFÍCIOS A SOTAVENTO PODE SER MAXIMIZADA SE ELAS ESTÃO SITUADOS A UMA DISTÂNCIA IGUAL OU MAIOR QUE 6H DOS EDIFÍCIOS A BARLAVENTO.

ESTA DISTÂNCIA PODE SER REDUZIDA COM O USO DE PILOTIS.

ESTA DISTÂNCIA PODE TAMBÉM SER REDUZIDA EM UM GRUPO DE EDIFÍCIOS SE SÃO DEIXADOS VÁRIOS ESPAÇOS ENTRE OS EDIFÍCIOS SITUADOS A BARLAVENTO, CRIANDO ASSIM UM CONJUNTO DE OBSTÁCULO COM ALTA POROSIDADE.

FIGURA: 23 - CONDIÇÕES DESEJÁVEIS À OBTENÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO E DA QUALIDADE DO AR. FONTE: VILLAS BOAS, 1979

estruturas com grande porosidade. No entanto o atrito e os desvios dos fluxos pelos obstáculos irão reduzir a velocidade do ar nas regiões mais afastadas a sotavento, de forma que as condições de conforto e de ventilação cruzada irão se deteriorando (ver fig. 23, pág. 46).

b) a localização apropriada de edifícios altos entre edifícios baixos irá ventilar os espaços urbanos mais eficientemente do que quando têm a mesma altura, resultando em melhores condições de conforto térmico e qualidade do ar (ver a fig. 23, pág.46)³⁷.

Há que se levar em consideração, contudo, que esses estudos foram realizados em modelos reduzidos, sendo a realidade muito mais complexa, como observa o próprio autor (Villas Boas, 1983, pp 27-28) embora se tenha demonstrado que "... os resultados encontrados em modelação em túneis de vento tiveram grande similaridade com os dados de campo que descreviam... (Villas Boas, 1983, p. 28)."

b) Densidade

No seu trabalho sobre a ilha de calor na Grande São Paulo e suas correlações com a estrutura urbana, Lombardo (1985, p. 16) deduz que "... os altos valores de temperatura estão relacionados às mais altas densidades de população, onde se encontram mais de trezentos habitantes por hectare. "Esta é a referência mais positiva de correlação entre a densidade populacional e condições de conforto dentro da estrutura urbana, encontrada na literatura concernente; os demais autores, contidos nas revisões bibliográficas de Peterson (1969), Brysson e Ross (1972) e Lombardo (1985) identificam apenas, que as maiores

temperaturas da ilha de calor, coincidem com áreas mais densamente construídas e mais populosas, ou com determinadas ocupações do solo (ver ocupação do solo, letra f, deste mesmo item).

De qualquer modo, os maiores gradientes de temperatura, encontrados por Lombardo (1985, p. 218) na cidade de São Paulo, localizam-se em áreas com alto coeficiente de ocupação dos lotes - que é a área central da cidade, são as áreas industriais e os bairros operários.

c) Tamanho³⁸

Quanto maior a estrutura urbana, maior a quantidade de fontes produtoras de calor e de poluentes, maior a entropia - perda de energia - resultante do sistema urbano.³⁹

Entretanto, no que se refere às temperaturas urbanas, a relação entre o tamanho da cidade e a diferença de temperatura rural-urbana não é linear, pois, também têm sido encontradas diferenças significativas em cidades relativamente pequenas. Numa cidade de 33.000 habitantes - Palo Alto, Duckworth e Sandberg (1954) acharam diferenças máximas entre campo-cidade de 4 a 6^oF; em Oregon - com população de 21.000 habitantes - Huttcheon et alii (1967) encontraram diferenças de 13 e 10^oF (temperaturas máximas). Contudo, em Dentron, no Texas, Ludwig e Kealohoa (1968) não encontraram diferenças apreciáveis nas temperaturas máximas do centro urbano em relação à área rural.⁴⁰

Segundo Chandler (1964, 1966, 1967) "... a

magnitude da ilha de calor num dado local muitas vezes depende fortemente das condições microclimáticas locais.⁴¹ "Esse autor, Chandler (1968) encontrou correlações maiores do que 0.9 entre ilha de calor e densidade das edificações, observando os dados de diversas cidades inglesas.⁴²

Segundo Lombardo (1985, p. 209) a intensidade da ilha de calor da Grande São Paulo parece refletir também a grande dimensão espacial da mancha urbanizada; essa autora encontrou coeficientes de correlação, entre a variação de temperatura e índices de área construída, maiores de 0.80 (p. 219).

A quantidade de calor numa estrutura urbana está correlacionada com a média do crescimento da cidade (Brysson e Ross, 1972, pp 60 e 61).

As áreas com crescimento vertical intenso também estão associadas às altas temperaturas urbanas (Lombardo, 1985, p. 214).

d) Ocupação do Solo

Há uma estreita correlação entre uso do solo e a distribuição das temperaturas dentro das estruturas urbanas, configurando a ilha de calor. A intensidade da ilha de calor na Grande São Paulo, também parece refletir a distribuição dos diferentes tipos de uso do solo. (Lombardo, 1985, p. 209).

A diminuição da intensidade dos fenômenos ligados à ilha de calor e à presença de poluentes

atmosféricos nos fins de semana paralelamente à diminuição das atividades antropogênicas no centro urbano (como já vimos à pág. 35) nas áreas industriais e nas áreas de alta densidade populacional, deixam patentes, indiretamente, a influência do uso do solo na configuração espacial e temporal do clima urbano.

"Em parques ou reservatórios, as temperaturas são menores,⁴³ enquanto áreas industriais, conjuntos residenciais com alto índice de concentração de concreto, áreas comerciais ou áreas centrais expressam valores de temperatura mais elevada (Lombardo, 1985, p. 213)."

Pelo exposto - quanto aos efeitos climáticos produzidos - três elementos são muito importantes no uso do solo urbano: a concentração/dispersão de atividades, a centralização/descentralização e a proporção de áreas verdes.

Concentrar numa só área ou zona urbana, como a industrial, a comercial e de prestação de serviços e como as áreas em geral com alto índice de concreto, é concentrar também nessas áreas os subprodutos dessas atividades: a radiação - solar e produzida pelas atividades antropogênicas (ver pág.33) - e os poluentes atmosféricos - partículas e gases, para citar só o que interfere diretamente no clima urbano).

A centralização de atividades em excesso - normalmente no centro geométrico da estrutura urbana - traz uma somatória dos efeitos negativos produzidos pelas atividades, massa construída e população que congrega:

comércio, prestação de serviços, alto índice de concreto e asfalto, altas densidades, etc.

Quanto às áreas verdes, estas ocupam um papel tão importante na qualidade do espaço climático urbano, que preferimos abordá-la à parte, como fator condicionante, à página

e) A Orientação

Por orientação entendemos o posicionamento apropriado da forma urbana frente aos caminhos aparentes do sol, aos ventos e a elementos naturais ou não, contudo significativos - o mar, uma encosta de montanha, um grande rochedo, um lago artificial, etc. - seja para expor-se ou para abrigar-se, periódica ou permanentemente, aos e dos efeitos produzidos por esses elementos.

Historicamente, adotou-se a clássica orientação das principais ruas ou avenidas com os pontos cardiais: norte-sul, leste-oeste; mais por motivos subjetivos e religiosos ou de ordem cósmica (Munford, 1961) do que por necessidades humanas. As cidades da história antiga e a cidade romana assim se orientavam.

Nas cidades gregas e nas cidades medievais, a orientação não era fator preponderante, mas sim, a proteção contra os invasores, daí, as estruturas orgânicas, com ruas estreitas e tortuosas, seguindo a topografia. No caso da cidade medieval, a tortuosidade das ruas evitava a canalização dos ventos frios de inverno; quando situada mais ao sul da Europa, "... a rua estreita com amplos beirais

protegia o pedestre contra a chuva e os raios diretos do sol." (Munford, 1961)

A cidade renascentista e a cidade barroca, trazem novamente o traçado geométrico (Munford, 1961) por consequência, a orientação pelos pontos cardeais; embora como fossem feitas sobre as cidades medievais, retificando ruas tortuosas, tinham as limitações das condições do sítio construído pré-existente.

A cidade colonial, nos países de colonização espanhola, seguiam à risca o traçado em xadrez, e a orientação pelos pontos cardeais, ditados pelas leis das Cartas Filipinas mesmo quando a topografia não era favorável. Uma norma básica e eficiente, era a indicação de não se localizar uma cidade à margem leste de um rio ou mar, para se evitar que funcionasse como espelho, refletindo o sol da tarde para a cidade. Já os países de colonização portuguesa, mesmo sob o domínio de Espanha, não obedeceram sistematicamente às Cartas Filipinas. Muitas foram as cidades no Brasil, que surgiram tortuosas, ao sabor da topografia ou de adaptações sucessivas.

A cidade mercantilista - a partir do século XVII - regida pelo valor de compra e venda, não tem regras nem "... respeito pelos usos históricos, pelas condições topográficas ou pelas necessidades sociais (Munford, 1961, pág. 456)." Como a unidade fundamental é o lote - e não a vizinhança ou a praça e a rua - "... cujo valor pode ser medido em termos de frente em metros: isso favorece um retângulo com uma frente estreita e grande profundidade, que proporciona um mínimo de luz e ar aos edifícios,

particularmente às moradias, que se acomodam a ele. (Munford, 1961, pp 456 e 457)

"Sendo concebida como uma aglomeração puramente física de edifícios alugáveis, a cidade planejada dentro daquelas linhas podia propagar-se em qualquer direção, limitada apenas por grandes obstáculos físicos e pela necessidade de rápidos transportes públicos." (Munford, 1961, pág. 457). Onde surge a planta em grade, como aparente organização, despreza a topografia, direção dos ventos, do sol, sendo a cidade um instrumento de fabricação de lotes para facilitar a sua comercialização (Cf. Munford, pág. 458). Uma exceção foi Amsterdã que, segundo Munford, é "...um dos maiores exemplos da arte do urbanista."

A cidade industrial, para o urbanista, trazia como principal lição, segundo Munford, tudo que se deveria evitar. Os reformadores do século XIX, idealizaram uma cidade onde a higiene fosse imperante. Os progressistas projetavam uma cidade que acatasse com ordem e planejamento a nova ordem social da cidade industrial. "Dar de novo à cidade ar puro, água fresca, espaços abertos de verdura e sol, passou a ser o primeiro objetivo do bom urbanismo... (Munford, 1961, pág. 514), mesmo sem contestar a exploração do homem pelo homem e dando respostas urbanísticas "higiênicas", mas, segregadoras e controladas pela opressão dos patrões - as vilas operárias."

Os autores da literatura especializada, contudo, colocam a orientação das estruturas urbanas como resultante da orientação de seus edifícios. É o que vemos em Olgyay (1964 e 1968). Sendo assim, a orientação deve

variar conforme dispostos os principais fatores condicionantes do clima em geral (o sol e os ventos) e conforme as modificações neles introduzidas localmente. (pela morfologia do solo/paisagem e por barreiras edificadas), podendo ser elaborados procedimentos gerais apropriados a cada tipo de clima ou microclima urbano, quanto a um grupo de edifícios) como é tratado no item 7.0.

f) Permeabilidade do Solo Urbano

A superfície do solo urbano é mais impermeável do que a do solo das áreas rurais e demais, não urbanizadas (Cf. Peterson, 1969; Detwyler, 1972; Lombardo, 1985, entre outros).

O processo de urbanização provoca a impermeabilização do solo urbano em graus dependentes:

- da quantidade de superfície do solo urbano recoberto de edifícios e construções;
- da quantidade de superfície do solo urbano pavimentada (passeios, ruas, avenidas); e
- da quantidade de superfície do solo urbano nu, compactado (que acontece nas áreas ainda desocupadas dentro da estrutura urbana, provisoriamente tendo utilização intensa como a promovida pelo estacionamento de veículos, ou que acontece provocado pela circulação constante de pedestres).

Em São Paulo, na área central, são constatados coeficientes de até 95% de área impermeabilizada - como é o caso mostrado na figura 24 pág. 55 da amostra



	% TOTAL ÁREA	EMISSIVIDADE
EDIFÍCIOS	74,85	0,92
VEGETAÇÃO	3,10	0,94
GRAMA	1,80	0,93
ESTACIONAMENTO	5,40	0,98
RUAS PAVIMENTADAS	0,80	0,99
AVENIDAS	13,95	0,99
		MÉDIA - 0,96

FONTE: TERRAFOTO S.A. - 1981 ESCALA: 0 80 160 m
 ORG. MAGDA ADELAIDE LOMBARDO DES. KEITH B. CUNHA

Figura 24. Amostra 7 (Grande São Paulo) Padrões de uso do solo urbano utilizados para estimativa de emissividade na amostra 7. Área central de São Paulo, onde predomina a concentração de prédios (84,85%) contrapondo com apenas 3,10% de vegetação concentrada principalmente na Praça da República.

Índice de concreto: 3
 Fonte: Lombardo, 1985

nº 7 (padrões de uso do solo) se somarmos: 74,85% de área ocupada por edifícios, mais 5,4% de área ocupada por estacionamentos, mais 0,80% de área de ruas pavimentadas, mais 13,95% de áreas das avenidas (Lombardo, 1985, pág. 87).

Já em Brasília, numa superquadra residencial do Plano Piloto, podemos encontrar apenas 38,21%, de área edificada e pavimentada (SQS 107 - Fonte: CODEPLAN, 1977, pág. 240).

Os efeitos provocados pela impermeabilização de superfície do solo urbano, junto aos efeitos provocados pela rede de drenagem e escoamento das águas pluviais (não só os esgotos mas, também os telhados, as ruas, etc.) são:

- redução da umidade do ar e da evaporação na área urbana, decorrente da pouca absorção das águas pluviais pela superfície do solo (ver 3.1.2, pág.21) e da pouca vegetação (ver 3.3.3, pág 59 a 69);

- a radiação térmica acumulada na estrutura urbana (ver 3.3.1, págs. 32 a 35) que não é perdida por evaporação, fica aquecendo seus espaços, massa edificada e pessoas (Cf. Myrup, 1969, citado por Lombardo, 1985, p. 33; Shaake Jr, in: Detwyler, 1972; entre outros);

- as altas temperaturas que ocorrem nas áreas mais impermeabilizadas, provocam baixa pressão atmosférica, gerando a concentração de massas úmidas (provenientes da região atmosférica do entorno urbano) e carreando precipitações sobre estas áreas (como visto em 3.2);

- ocorrência de inundações nas áreas mais impermeabilizadas, pela presença ocasional de chuvas

intensas (ver 3.1.4, pág. 22) e de desabamentos, com os conseqüentes custos sociais (Lombardo, 1985).

Atentemos, ainda, para a tendência à circularidade na ocorrência da maioria desses efeitos.

g) Propriedades Termodinâmicas dos
Materiais Constituintes

As maiores temperaturas no centro urbano ocorrem onde é maior a incidência de concreto, cimento e pavimentação asfáltica, compondo densas áreas construídas (Cf. Fukui, 1964; Shitara, 1957; in: Lombardo, 1985, págs. 30 e 31)

As propriedades físicas dos materiais constituintes da massa edificada, da vegetação e das superfícies, pavimentadas ou não, dentro da estrutura urbana - que vão influir na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a sua atmosfera, contribuindo para aumentar as temperaturas urbanas - são expressas principalmente pelo albedo, absorção e emissividade.

O albedo é aquela energia radiante proveniente da radiação refletida e depende do tipo de superfície refletora (Cf. Ramón, 1980, pág. 48). no quadro 1, à pág. 58, temos os valores, em %, do albedo de várias superfícies urbanas.

Quadro 1, Albedo de várias superfícies terrestres, em (%).

Terra negra seca	14
Terra negra úmida	8
Terra removida úmida	14
Areia fina e brilhante	37
Neve seca e limpa	86-95
Gelo no mar, ligeiramente poroso e de cor azul leitoso	36
Campos cultivados com árvores, cobertos de neve	26
Bosque sem folhas	17
Mata de carvalhos	18
Monte baixo, desértico	20-29
Zona pantanosa	10-14
Pradaria	12-13
Trigais no inverno	16-23
Romeral	10

(Segundo J. G. Lockwood, 1974)

Albedo médio numa amostra bastante ampla de cidades norteamericanas	15
---	----

(Segundo a World Meteorological Organization, 1974)

Fonte: Ramón, 1980, pág 48.

Os coeficientes de emissão - ou coeficientes de absorção, pois seus valores são quase sempre os mesmos (Ramón, 1980, pág. 50) - dos materiais da massa edificada, superfícies pavimentadas/asfaltadas e áreas verdes (vegetação e grama) encontrados por Lombardo (1985) na cidade de São Paulo, estão listados no quadro 2, da pág.59

Quadro 2 - Emissividades na estrutura urbana da Grande
São Paulo

ELEMENTOS E ÁREAS	EMISSIVIDADE (%)
Área agrícola	93
Quadras esportivas	93
Edifícios	92
Vegetação	94
Gramma	93
Espaços desocupados	93
Estacionamento	98
Avenidas e ruas pavimentadas	99
Área construída em geral	97
Indústria	97
Água e córregos	100

Fonte: dados coletados de Lombardo (1985).

3.3.3 - Áreas Verdes

(1) Aspectos Gerais

As áreas verdes - como são chamadas as áreas com cobertura vegetal dentro das estruturas urbanas - têm se atuado como moderadoras das temperaturas urbanas. Lombardo (1985, pág. 214) comprovou em pesquisa na cidade de São Paulo, o que outros autores anteriormente identificaram: "... nas regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação e nas proximidades ou junto aos reservatórios d'água as temperaturas sofrem declínios

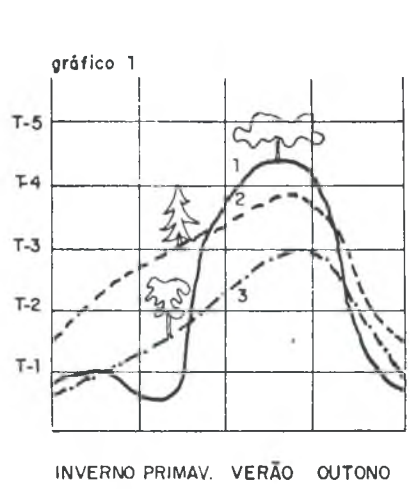
acentuados." Essas regiões foram identificadas pela autora como sendo - naquela cidade - os parques, como o Parque do Estado e bairros residenciais "... onde a presença das áreas verdes atinge mais de 10% da área total ocupada." Chandler (1965) já havia constatado que em Londres, junto ao rio Tâmisa (ver fig. 6, pág 18) as temperaturas eram mais baixas, conseqüentemente a umidade mais alta, que nas áreas construídas à sua margem.

Na fig. 25, gráfico 1, podemos observar a influência da vegetação nas temperaturas sob bosques formados por três tipos de árvores com copas mais ou menos fechadas, conforme a espécie vegetal, e compará-las com a influência do solo asfaltado na temperatura do ar ao redor de uma rua (ver na mesma fig. 14, o gráfico 2).

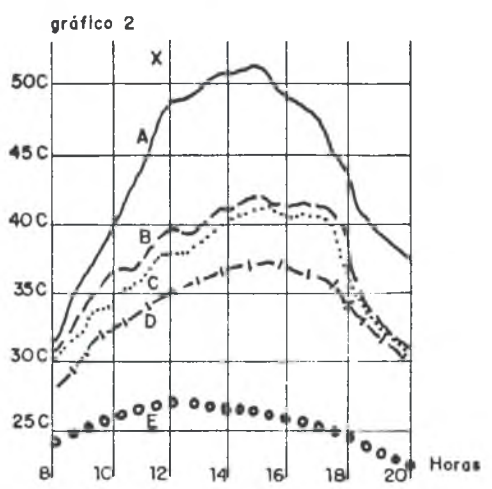
Na figura 27, da pág. 62 , podemos observar o poder moderador das áreas verdes mais expressivas nas temperaturas da ilha de calor na cidade de São Paulo (a figura já identifica também outros usos do solo que serão comentados posteriormente). Como a própria autora observou, há muita carência de áreas verdes nessa cidade para a amenização do seu clima.

Na análise e pesquisa desenvolvida em espaços urbanos exteriores, em conjuntos de edifícios na cidade de Estrasburgo (lat. 48^o.5 N - França) Miller - Chagas e Paul (1980, p. 161) observaram, quanto à presença de vegetação, que:

- As árvores além do papel exercido na umidificação do ar e na distribuição do brilho energético,



VEGETAÇÃO:
 1 = encina
 2 = abeto
 3 = pinus
 T = temperatura do ar em campo aberto
 T-3 = na primavera a temperatura debaixo de um bosque de abeto baixa 3° C



NATUREZA DO SOLO
 E = Temperatura do ar e do entorno de uma rua asfaltada no curso do dia.
 X = radiação solar máxima
 A = superfície da rua
 B = a 30 cm.
 C = a 120 cm.
 D = ao lado da rua
 (R. Geiger, the climate near the ground)

FIGURA: 25 - Exemplos de influência da vegetação e da natureza do solo sobre a temperatura do ar

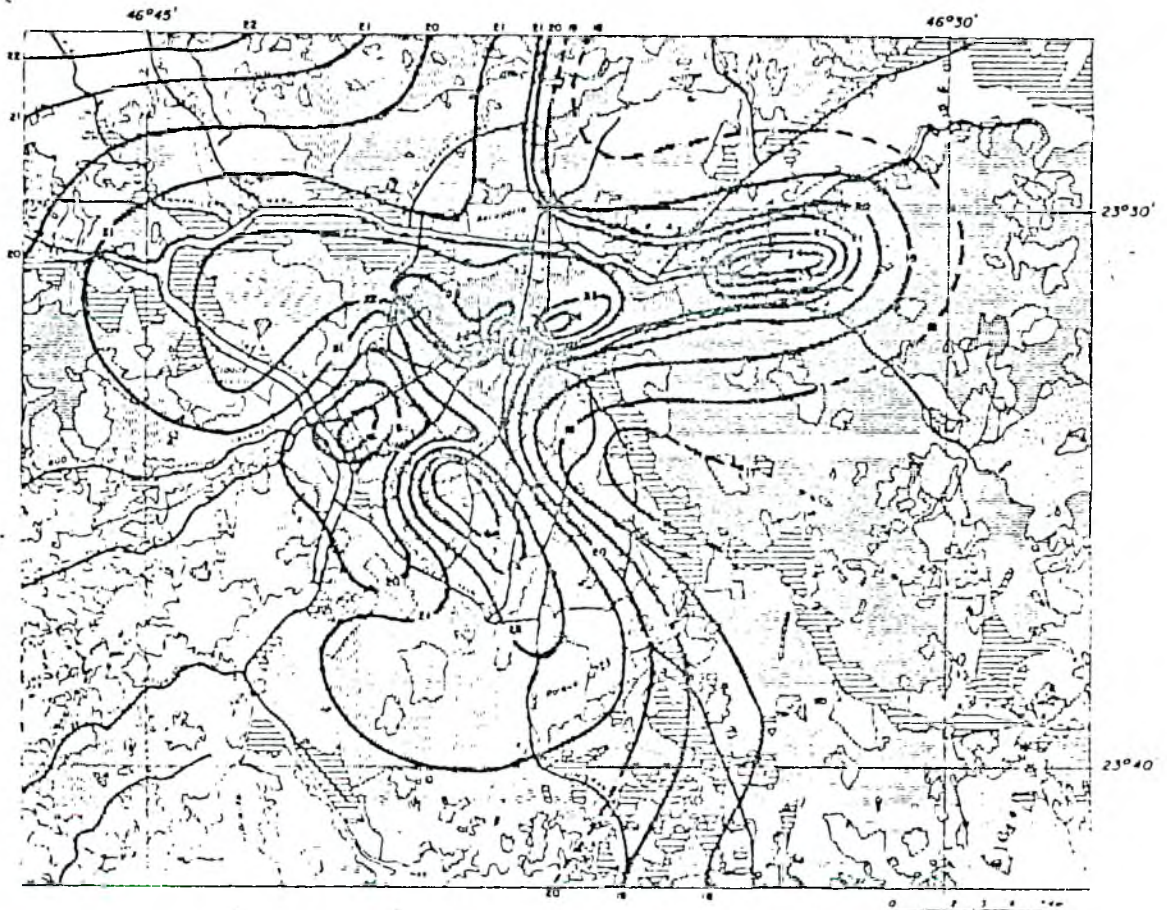
FONTE: PUPPO e PUPPO, _____ p 15



FIGURA: 26 - Paisagem verde na área dos Jardins, onde ocorrem temperaturas mais amenas em contraste com a massa densamente edificada (em segundo plano)-São Paulo.

FONTE: VEJA nº 902/1985.

FOSEA GALDIANO



1. Ocupação vertical

■ 1.1. Área densamente ocupada por edifícios (altura média de 30 metros), com cobertura vegetal quase ausente, menos de 3% da área, ocupando algumas praças e vias de circulação.

/// 1.2. Idem 1.1., com cobertura vegetal escassa, entre 3 a 10% da área.

2. Ocupação horizontal com ocupação vertical intercalada

▨ 2.1. Área densamente construída (altura média de 8 metros, com ausência quase total de cobertura vegetal — menos de 3% da área).

☞ 2.2. Idem 2.1., com cobertura vegetal escassa (praças, jardins e vias de circulação), de 3 a 10% da área.

* 2.3. Idem 2.1. e 2.2., com cobertura vegetal esparsa (praças, jardins e vias de circulação), de 10 a 20% da área.

3. Ocupação horizontal

≡ 3.1. Área densamente construída (altura média de 6 metros), com ausência quase total de cobertura vegetal (menos de 3% da área).

☞ 3.2. Idem 3.1., com cobertura vegetal escassa, de 3 a 10% da área.

☞ 3.3. Idem 3.1. e 3.2., com cobertura vegetal esparsa (praças, jardins e vias de circulação), de 10 a 20% da área.

▨ 3.4. Área esparsamente construída, com cobertura vegetal nos vazios intersticiais (até 50% da área).

4. Áreas desocupadas e parques

☞ 4.1. Com 50 a 70% de cobertura vegetal.

≡ 4.2. Com 70 a 100% de cobertura vegetal.

5. Áreas industriais

≡ Grandes concentrações industriais.

Figura 27 . Estrutura urbana da Grande São Paulo - Uso do solo urbano e ilha de calor.

Fonte: Lombardo (1985, pp. 100 e 101)

podem contribuir para a criação de zonas abrigadas, mais quentes no período frio, mais frescas no verão (espaços de pequena dimensão, circundados de árvores como num caso de Meinau).

- Os espaços exteriores, tipo gramados para jogos, circundados por dois edifícios afastados de 20m um do outro, com o céu coberto no inverno, tendem a possuir as mesmas temperaturas que locais próximos, desimpedidos. Para céu claro no inverno e no verão, as variações da distribuição das temperaturas nesses espaços estão diretamente associadas às sombras ali efetuadas. As diferenças de temperatura registradas entre pontos à sombra e pontos ao sol eram em média de $1,2^{\circ}\text{C}$ no inverno e $2,4^{\circ}\text{C}$ no verão.

- Entretanto, quando espaços gramados como os citados anteriormente eram circundados, ao menos parcialmente, por outro edifício, sobre um terceiro lado, constataram-se diferenças favoráveis de temperatura em relação a pontos localizados no centro dos grupos de edifícios.

A vegetação, de um modo geral, possui características que podem ser exploradas, conforme a solicitação climática, junto às solicitações de ordem recreacionais da estrutura urbana.⁴⁵ Vejamos algumas dessas características.

Quanto às folhas - as árvores caducifólias perdem suas folhas em determinado período do ano (normalmente no inverno) ficando transparentes às radiações solares; no outro período do ano proporcionam sombreamento.

Quanto ao porte da vegetação - podemos identificar na vegetação pelo menos três níveis: o da vegetação rasteira (gramados e forragens em geral), o da vegetação arbustiva e o da vegetação arbórea (de pequeno, médio e grande porte).

Quanto aos tipos de vegetação urbana temos: cinturões verdes (quanto há uma dimensão predominante e uma intensão de separar ou isolar áreas urbanas); jardins (de caráter mais ornamental e de pequeno porte); reservas florestais e parques (áreas verdes, pré-existentes que foram englobadas pela estrutura urbana, ou áreas planejadas) de dimensões mais expressivas; e a vegetação residual, localizada nos interstícios da estrutura urbana (aquela árvore no meio da rua, do passeio público, etc. - pouco expressiva).⁴⁵

Quanto à porosidade/fechamento: pode formar barreiras contra os elementos climáticos; pode formar filtros que tanto diminuem a velocidade dos ventos (ver fig. 28, pág. 65) quanto armazenam certa parte da poluição atmosférica, quanto isolam acusticamente (mais pela dimensão do espaço que ocupam que pelas propriedades acústicas em si) (ver fig. 29, pág. 65).

Quanto aos coeficientes de emissão para radiação térmica da vegetação temos: para os gramados, 0,93; e para a vegetação em geral, 0,94 (dados encontrados por Lombardo, 1985, em São Paulo).

Quanto à plasticidade/flexibilidade relativa das massas de vegetação: permitem sua moldagem (contudo sem perder suas características naturais) em formas adequadas ao controle de elementos climáticos (os ventos, a temperatura, a umidade), a exemplo do que, em parte, pode ser feito com a massa edificada.

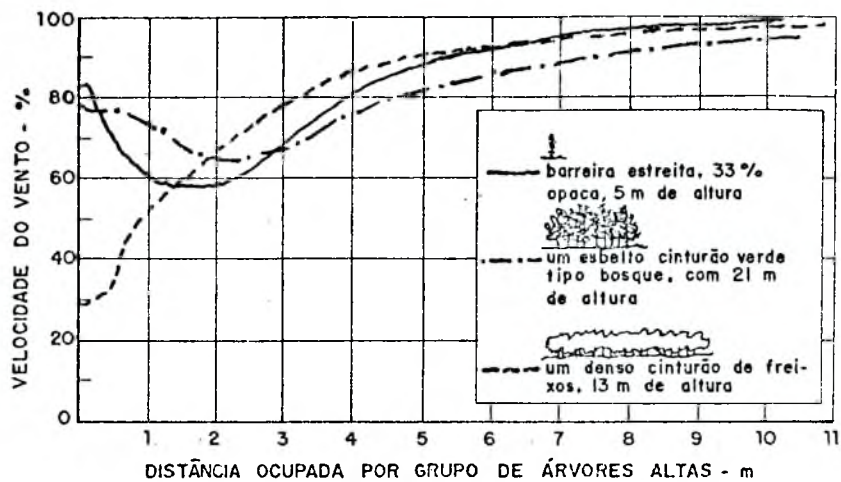


FIGURA: 28 - Velocidade do vento em três tipos de barreiras de ventos.

FONTE: OLGAY, 1963, p 99.

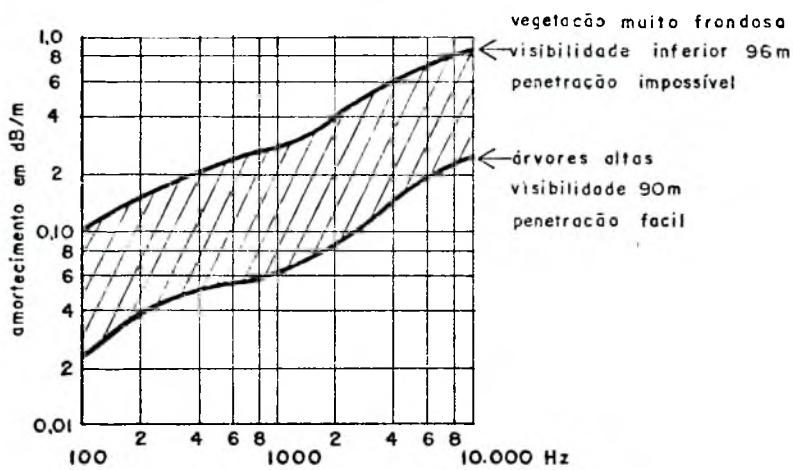


FIGURA: 29 - Amortecimento devido à vegetação em zona tropical

FONTE: Josse, 1975

(2) A Dinâmica Processual da Vegetação
Urbana

Usualmente a vegetação pré-existente no sítio urbano é destruída e, posteriormente, em parte substituída. No processo de expansão urbana, normalmente as terras que vão sendo incorporadas à cidade passam antes pela prática agrícola, que já destrói a vegetação nativa - seja para consumo, seja para exploração da matéria-prima vegetal, seja para aumentar a área das terras agrícolas a serviço da população urbana crescente.

Muitos vegetais exóticos são introduzidos pelo homem nas áreas verdes urbanas, na tentativa de reflorestar a cidade. As árvores - principal elemento vegetal das áreas verdes - por acaso remanescentes da antiga flora do lugar, têm parte substancial do seu ambiente destruído (o meio edáfico e mineral) dificultando ou até mesmo impedindo a sua sobrevivência dentro da estrutura urbana. A nova vegetação exige tratamentos - adubos, fertilizantes, água - que podem ser agentes de poluição para a vegetação remanescente.

A cidade possui um meio ambiente agressivo à vegetação. A impermeabilização do solo dificulta em muito a captação das águas pelas plantas (ver item 3.3.2, pág. 35); a poluição atmosférica afeta a troca de gases das plantas com o meio; a compactação do solo - inclusive pelo trânsito de pessoas - impede a aeração do solo urbano; os pesticidas acabam com os bichinhos que naturalmente criariam poros no solo e facilitariam a respiração das

que lindo!

raízes das plantas. ... ai ai

A introdução de plantas exóticas na estrutura urbana pode trazer conseqüências danosas a própria vegetação e/ou à vida urbana.

Durante a década de 60, em algumas cidades do sertão pernambucano, cidades inteiras cobertas quase que exclusivamente por uma única espécie arbórea - chamada vulgarmente *Ficus benjamim* - tiveram que ser literalmente desmatadas, em virtude da ocorrência de uma praga de lacerdinhas - pequeninos insetos que caíam sobre os transeuntes, atingindo os seus olhos com substância ácida insuportável. Até que novas árvores fossem introduzidas pelo moroso poder público naquelas cidades - quando forma - houve um prejuízo substancial na qualidade do meio urbano sob clima quente-seco de sol escaldante, além do prejuízo meramente econômico de serem cultivadas novas espécies arbóreas até que se tornassem adultas

O ecossistema urbano tem se mostrado bastante hostil à vida vegetal e exige um estudo de averiguação das espécies que possuam características mais adequadas a adversidade do ambiente urbano e que também possam possuir correspondências com a vegetação nativa - pois possuem uma resistência natural a fatores locais que ainda persistam na estrutura urbana ou que possam ser recuperados.

A American Society of Planning Officials (1968)⁴⁹ divulgou uma tabela que discrimina espécies arbóreas com características especiais para o plantio e

cultivo nas estruturas urbanas. Como características arbóreas favoráveis a esse cultivo, foram identificadas: resistência às condições urbanas extremas; resistência às condições urbanas em geral; crescimento rápido; proteção e privacidade; resistência à poluição do ar; resistência às doenças bióticas mais comuns e aos insetos; resistência aos males provocáveis pelo gelo; florescer e se mostrar colorida; doces aromas; dar frutos comestíveis que atraíam pássaros. Como características indesejáveis foram identificadas: possuir lenho frágil (quebra nas tempestades); "chorar" sobre os carros: ser capaz de atingir e danificar sistemas de drenagens e tubulações de esgotos.⁴⁸

(3) Áreas verdes (m²/habitante) em algumas cidades brasileiras.

Existe uma disparidade muito acentuada na distribuição das áreas verdes nas cidades brasileiras (ver tabela 4 e a figura 30, na pág. 69), onde podemos ver o índice de área verde de algumas principais cidades brasileiras). Até mesmo em Brasília que apontada como uma das cidades de maior índice de área verde por habitante, essa disparidade de distribuição do verde também está presente, variando entre 11,11m² por habitante no Guará I, nas quadras internas, e 5.086m² por habitante no Setor de Mansões Park Way.

A Organização Mundial de Saúde recomenda que haja um mínimo de 12m² de área verde por habitante nas cidades. Entretanto, é preciso atentar para a distribuição

Tabela 4

ÁREA VERDE POR HABITANTE EM ÁREAS RESIDENCIAIS DE BRASÍLIA

Áreas Residenciais	Área verde/Habitante m ² /Hab.
Superquadra Sul 107	23,14
Setor de Habitação Isolada	278,88
Mansões Park/Way	5.086,00
Guará I - (Quadra interna)	11,11
Guará II - (Quadra externa)	15,32
Ceilândia	23,47
Planaltina (Setor Novo)	25,14
Sobradinho (Quadra 4)	87,85
Taguatinga (SER. DN)	18,44

Fonte: CODEPLAN, 1977.

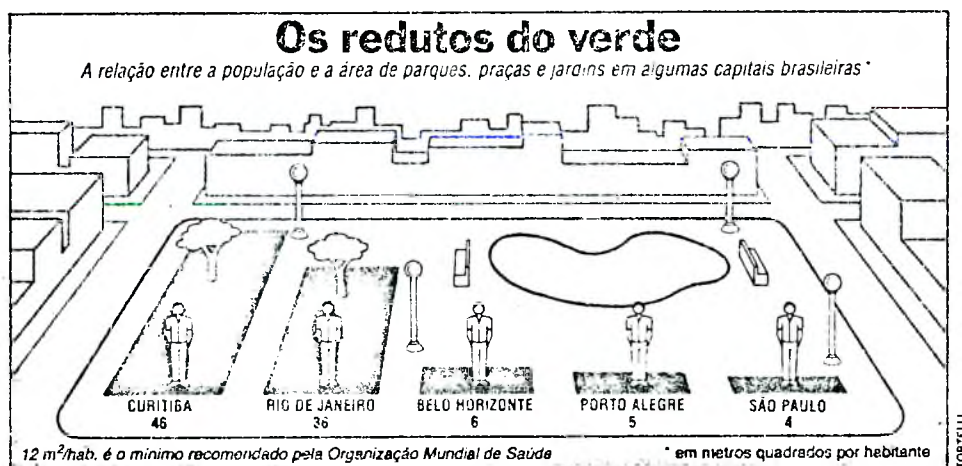


Figura 30 . . Área verde (m²/Hab.) em cidades brasileiras. Fonte: Veja, nº 902, 1985.

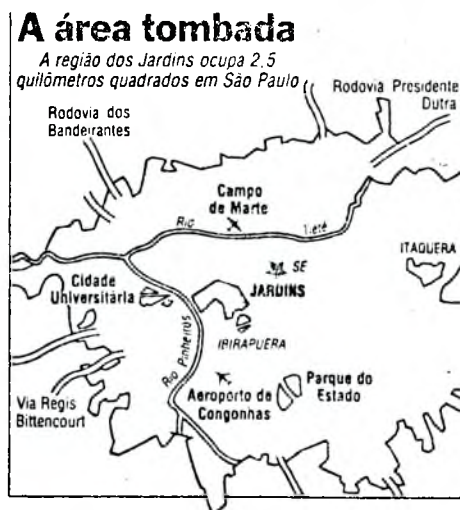


Figura 31 . Área da paisagem verde dos Jardins tombada pelo CONDEPHAAT de São Paulo. Fonte: Veja, nº 902, 1985.

das áreas verdes dentro da estrutura urbana, pois a média pode ser um indicador enganoso. Na própria região da Grande São Paulo, Lombardo (1985) encontrou grande correlação entre áreas periféricas densamente povoadas e ausência de verde nessas áreas; demonstrando a inacessibilidade das camadas mais pobres da população às áreas verdes dessa metrópole e aos benefícios que lhe são inerentes: oportunidade de lazer e temperaturas mais amenas. Os índices do verde na cidade de Brasília, constata algo aproximado: há mais área verde por habitante, geralmente, onde a renda Per capita é maior

Uma decisão inédita em São Paulo - o tombamento do verde no bairro dos Jardins (não incluindo o tombamento dos edifícios, mas limitando a área edificada à atual). Foi tomada pelo CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico, Arquitetônico, Arqueológico e Turístico do Estado de São Paulo. "É a primeira vez que se protege a natureza construída pelo homem." (Modesto Carvalhosa, presidente do CONDEPHAAT, in: Veja, nº 902/1985) (ver fig. 31, pág. 69 e fig. 26, pág. 61)

Notas e referências:

- 9 - Magda A. Lombardo (1985), Capítulo 1 - Qualidade Ambiental nas Metrópoles, pp. 15 - 42 faz uma recente revisão bibliográfica dos estudos de climatologia urbana, partindo da indicação dos primeiros trabalhos sobre o assunto, feitos sobre Londres (Evelyn, 1661 e Howard, 1833); dos clássicos trabalhos de Landsberg (1956), Chandler (1965); e os destacados trabalhos de Oke (1972, 1978, 1982); além de outros trabalhos.

Especificamente sobre ilha de calor, Magda A. Lombardo (1985, *ibidem*) aborda os trabalhos feitos para cidades como St. Louis (Clarke e Peterson, 1973; St. Louis, Baltimore e Washington (Matson et alii, 1978); Hiroshima (Shitara, 1957); Nova York (Borstein, 1968); Houston (Cechet alii, 1976); Hanôver (Eriksen, 1978); etc. Do Brasil, cita os trabalhos sobre São José dos Campos (Tarifa, 1977); Porto Alegre (Danni, 1980); Salvador (Sampaio, 1981).

Destaca ainda a Autora, quão poucos são os trabalhos sobre climatologia urbana elaborados em cidades localizadas nos trópicos, comparando-se com o grande número desses trabalhos elaborados para cidades de clima temperado. A tabela 2, citada por Lombardo (1985, pág. 42) e reproduzida a seguir, destaca essa observação importante, pois, é preciso confrontar os resultados das pesquisas nos dois climas, para que possamos ter segurança quanto aos conceitos delas deduzidos e sua aplicabilidade.

Tabela 2. Comparação entre estudos de clima urbano em áreas tropicais e em cidades de clima temperado (Oke, 1974, 1979, 1980).

PERÍODO	ESTUDOS DE CLIMA URBANO		
	LATITUDES MÉDIAS	LATITUDES BAIXAS	(%)
1968-1973	368	8	2,17
1974-1976	475	5	1,05
1977-1980	554	13	2,35

- 10 - H. Landsberg (1962 e 1970), citado por Peterson (1969) op. citat, p. 1 e por Reyd A. Brysson e Ross (1972) op. citat, p. 52.
- 11 - Magda A. Lombardo (1985, p. 210) constatou que em São Paulo "... a maior evidência da ilha de calor ocorre a partir das 15:00 horas e continua com grande expressão até às 21:00 horas."
- 12 - Cf. a descrição desse domo, feita por Brysson e Ross in: Detwyler et alii, *Urbanization and Environment - The Physical Geography of the City*. Duxbury Press. Belmont. 1972. pp. 59-68.
- 13 - Magda A. Lombardo (1985) também constatou que em São Paulo a ilha de calor modifica a sua configuração conforme a presença dos ventos regionais, ou até mesmo se dissipa no fim da tarde com a ocorrência de brisas marítimas (pp.).

- 14 - Estes são tratados exhaustivamente por Marta A. B. Romero em Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. UnB - IA - URB - Dissertação de Mestrado, Brasília, 1985, pp. 14 - 35.
- 15 - "Entende-se por radiação térmica a energia eletromagnética emitida pelos corpos em consequência da temperatura própria dos mesmos (Chichierchio, 1983, p. 9)."
- 16 - Luiz C. Chichierchio. Controle Térmico de Ambientes, in: Controle do Ambiente em Arquitetura - Módulo 08 - Curso de Especialização por Tutoria a Distância. Brasília, CAPES. 1983.
- 17 - Ver vocabulário de palavras chaves, em apêndice, à pag.
- 18 - Ver item 6.0, à pag. , que trata da forma urbana.
- 19 - Ashbel, 1961, em quadro citado por Ramón, 1980 op. cit., pag. 45.
- 20 - Ver quadro de avaliação da dispersão metabólica (M), em W, segundo diversos tipos de atividade, à pag.
- 21 - Fonte: Magda A. Lombardo (1985.p.210), que diz ter sido a primeira vez que essa observação foi realizada.
- 22 - Magda A. Lombardo (1985) op. cit.p.211
- 23 - Sobre os conceitos de morfologia da massa construída e morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação, ver o item 6.0, que trata da forma urbana.
- 24 - Sobre conceito do solo/paisagem e do meio ambiente, ver também item 6.0, que trata da forma urbana.
- 25 - A. Woeikof, citado por Donald J. Belcher and Associates, in: O Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República - Relatório Belcher. Rio, DASP, 1955, 1957, Brasília, CODEPLAN, 1984. 315 pp. ilustr. p. 242.
- 26 - Cf. Donald J. Belcher and Associates, op. cit. pp. 241 - 244
- 27 - Belcher and Associates op. cit. id., ainda colocam que: "Um estudo das típicas correntes de convecção em vales e o do próprio vale, indicou vigorosamente que as discrepâncias em temperatura seriam relativamente altas, porém que as correntes de convecção seriam lentas para se iniciar e perderiam a velocidade e a difusão benéficas para produzir arrefecimento. Estas circunstâncias anulam, de certa forma, a vantagem de uma

elevada altitude e colocaram o Sítio Verde em desvantagem, neste particular."

- 28 - Experiência relatada no filme: Planejamento Urbano e Clima, República Federal da Alemanha ARPA Munich, Films. 1976.
As intervenções planejadas nessa cidade de Stuttgart foram: proibição da ocupação das encostas, visando a restabelecer a vegetação para que, junto à criação de parques internos à cidade pudessem canalizar os ventos para dentro da estrutura urbana, arrefecendo-a; juntamente, medidas tais como: diminuição da capacidade de acumulação térmica da estrutura urbana através da utilização de bolocos vasados, entremeados de vegetação nos pisos das áreas de estacionamento, antes pavimentadas; utilização de tetos jardins ou lençóis d'água nas coberturas dos edifícios; e, medida fundamental, submetendo a estudo, em modelos reduzidos, toda nova intervenção física na cidade, para instrumentar a sua aprovação ou não por parte do poder público.
- 29 - Cf. Márcio Villas Boas, Ventilação em Arquitetura. UnB - Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, maio de 1983, mimeo, 65 pp ilustr., p. 12.
- 30 - "As brisas mar/terra - terra/mar, vale/montanha - montanha/vale.....são exemplos..... (Villas Boas, 1983, p. 14)."
- 31 - Cf. Reid A. Brysson e John E. Ross, in: Thomas R. Detwyler (1972), op. cit., pp 54-56
- 32 - Cf. Márcio Villas Boas (1983) op. cit., p. 13
- 33 - Há duas alternativas para se superar essa dificuldade: uma, é o levantamento sistemático dos dados de ventilação dentro da estrutura urbana, detectando e controlando as alterações surgidas; outra, é o estudo em modelo reduzido, em túnel de vento (ver método p/estudo de ventilação, pág.).
- 34 - Cf. M. Villas Boas, 1983, op. cit. p. 34.
- 35 - Cf. M. Gandemer, Le confort et les Vents dans les Espaces Extérieurs, in CSTB Magazine, nº 5, Paris, 1981, pp 2 - 8.
- 36 - M. Villas Boas, 1983, op. cit., pp 30 - 31.
- 37 - M. Villas Boas, op. cit., p. 31.
- 38 - Não nominamos esta característica de dimensão: 1º, já é utilizado pela literatura o termo tamanho (Lombardo, 1985,

p. 40); e 2º, porque este termo usualmente é utilizado ao se referir à dimensão social ou metafísica da cidade.

- 39 - Cf. Magda A. Lombardo, 195, op. cit. pp 39 e 40.
- 40 - Dados e autores deste parágrafo, citados por James T Peterson, 1969 op. cit. pp 11 e 12.
- 41 - James T Peterson, 1969, Op. Cit. P. 12 ..
- 42 - James T Peterson, idem.
- 43 - Márcio Vilas Boas, 1984, op. cit., p. 54, depois de referir-se ao planejamento de parques em Stuttgart e ao observado por James T Peterson (1969) coloca: "Estes parques, além de funcionar como lugares para aliviar a tensão térmica dos indivíduos que os freqüentam, podem criar um pequeno fluxo de ar fresco, que penetra no interior das áreas edificadas adjacentes, devido ao diferencial de pressão."
- 44 - O que vai responder a aspectos sociais de muita justeza, que é democratizar o acesso dessas áreas a todas as camadas da população. Magda A. Lombardo. (1985, p. 214) dá seu testemunho sobre a área que analisou: Na Grande São Paulo o acesso às áreas verdes é basicamente desfrutado pelas classes privilegiadas, enquanto para as outras parcelas da população, basicamente desfrutado pelas classes privilegiadas, enquanto parcelas da população, principalmente as mais carentes, o acesso aos ambientes de parques e jardins torna-se cada vez mais difícil.
- 45 - Cf. Thomas R. Detwyler, Vegetation of the City in: Thomas R Detwyler e Helving. Marcus (1972) op. cit. cap. 9.
- 46 - Tema desenvolvido a partir do tópico intitulado Dynamics of Urban Vegetation, in: Thomas R. Detwyler, 1972, vegetation of the City op. cit., pp. 238 - 257.
- 47 - Thomas R Detwyler (1972) Op. Cit. P. 256.
- 48 - Não transcreveremos quais são as super-árvores que possuem tais características pois, certamente serão exóticas ao nosso clima tropical. Parece-nos, no entanto, que a melhor opção não seria pesquisar para encontrar as nossas Super-Árvores mas diminuir a adversidade das estruturas urbanas que mais, ou tantos malefícios acarreta ao homem urbano e à vegetação.

4.0 - CLIMA URBANO - CANAIS DE PERCEPÇÃO

O Sistema Clima Urbano, conforme Monteiro (1976), compõe-se de três subsistemas: o Termodinâmico, o Físico-Químico e o Hidrodinâmico⁴⁹. A cada um desses subsistemas corresponde respectivamente um canal de percepção climática: o Conforto Térmico, a Qualidade do ar e o Impacto Meteorológico, conforme sintetiza o quadro 3, pág. 76.

A subdivisão do Clima Urbano em subsistemas é feita por Monteiro, de forma consciente, para fins de análise, embora ele atente para a impossibilidade de se "... dissociá-los completamente, tanto na essência atmosférica quanto na percepção do cidadão⁵⁰."

No item 4.1, veremos em separado, também para fins de análise, o canal de percepção do conforto térmico. Nele, veremos: os aspectos físicos e fisiológicos de percepção térmica e do balanço térmico para manter a sua condição de homeotermia; condições de aclimação; seus limites térmicos suportáveis fisiologicamente e os seus efeitos sobre a saúde humana. Em 4.1.2, discutiremos condições e parâmetros do conforto térmico, a partir da apresentação de cartas bioclimáticas.

No item 4.2, trataremos do canal de percepção qualidade do ar, discutindo também, condições de estabelecimento de salubridade do ar na atmosfera do espaço climático urbano.

QUADRO - 3 - SISTEMA CLIMA URBANO - Alterações dos subsistemas segundo os canais de percepção

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrodinâmico
	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto- motores Indústrias Obras-Limpeza	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e Meteorológica especial	Meteorológica Hidroológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e Infra estrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Polluição do ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

FONTE: Monteiro, 1976.

Deixaremos de abordar nesta dissertação, por fugir de seus objetivos, a percepção do impacto meteórico, que diz respeito aos impactos na estrutura urbana causados pelas precipitações, enchentes, decorrentes inundações, desabamentos, prejuízos nos sistemas de comunicação, circulação e abastecimento, etc. e à percepção de seus efeitos, diretos e indiretos, por parte dos urbanitas.

4.1 - CONFORTO TÉRMICO.

Na percepção térmica do homem intervêm fatores físicos, fisiológicos e psicológicos⁵¹. Situações de estresse orgânico⁵² (fatores físicos e fisiológicos) produzidas por estímulos adversos de frio ou calor - e situações de estresse psicológico - produzidas por outros tipos de estímulos - podem tanto ocasionar desconforto, pela tensão e/ou ansiedade que acarretam, momentânea ou permanentemente, quanto podem afetar a saúde do homem.

A condução, a convecção (forma particular de condução) a radiação e a evaporação são mecanismos físicos de trocas de calor entre o homem e o meio⁵³.

O corpo humano é uma fonte permanente de produção de calor (ver quadro 4, pág. 76). Este é produzido por mecanismos fisiológicos: metabolismo de base, ingestão alimentar e atividade muscular⁵⁴.

Quadro 4 - Avaliação da dispersão metabólica (M), em W, segundo os diversos tipos de atividade (para um homem de uns 70kg de peso, 1,82m² de superfície de pele e 1,73m de altura; atividade contínua) (Beldin e Hatch, 1955).

A T I V I D A D E	DISPERSÃO METABÓLICA (W)
Dormindo	75
Sentado tranqüilamente	120
Trabalho leve:	
Sentado, movimento moderado dos braços e tronco (por exemplo, trabalho de escritório, mecanografia)	130-160
Sentado, movimento moderado de braços, tronco e pernas (por exemplo, tocando órgão, conduzindo um coche com tráfego)	160-190
De pé, trabalho leve, frente a uma máquina ou banco de trabalho; com os braços, principalmente	160-190
Trabalho moderado:	
Sentado, movimento intenso de braços, tronco e pernas	190-230
De pé, trabalho leve, frente a uma máquina ou banco de trabalho, com algum deslocamento	190-220
De pé, trabalho moderado, frente a uma máquina ou banco de trabalho, algum deslocamento	220-290
Levantamento e transporte moderados de pesos	290-400
Trabalho intenso:	
Levantamento e transporte intermitente de grandes pesos	430-600
O trabalho mais duro e continuado	600-700

Fonte: Ramón, 1980, p. 12.

O homem é um animal homeotérmico, por isso tem que manter a sua temperatura interna entorno de 37°C (através de mecanismos de termorregulação) para que seus órgãos internos não sejam afetados⁵⁵. Logo, o balanço térmico entre os ganhos e perdas de calor do homem para com o meio, não deve resultar em saldo positivo ou negativo; ou seja, é preciso que seja satisfeita a igualdade, mostrada na soma algébrica:

$$M \pm P \pm C \pm R - (H_i + H_p) - E_r = 0$$

onde: M = Metabolismo energético
 P = Fluxo de calor por condução
 C = Fluxo de calor por convecção
 R = Fluxo de calor por radiação
 H_i = Transpiração insensível
 H_p = Evaporação pulmonar
 E_r = Evaporação conveniente⁵⁶;

Sendo esta a primeira condição básica para que o homem possa estar em conforto térmico (Vogt Miller-Chagas, 196).

Quando submetido, por períodos maiores de tempo, a um determinado clima que de início lhe é desconfortável, o homem pode habituar-se a este, dentro de sua relativa capacidade fisiológica de aclimatar-se⁵⁷, como veremos em seguida.

4.1.1 - Aclimação, Limites Térmicos

Suportáveis Fisiologicamente, calor e salubridade.

A aclimação ao calor do clima quente-úmido se processa no homem em duas etapas. Uma primeira

etapa se dá dentro de algumas semanas: a sudação se torna paulatinamente mais abundante (Guyton, 1976). Uma segunda etapa acontece a longo prazo, em alguns anos; o aparelho sudorífero dessas pessoas é modificado, aumentando as perdas de calor através da transpiração (Guyton, 1976).

A aclimação ao frio é favorecida pela intensificação da produção do calor interno - as reações químicas celulares se processam com maior velocidade. Entretanto, raramente o homem adulto se torna aclimatado a ambientes frios (Guyton, 1976, p. 849).

O limite térmico de calor suportável fisiologicamente varia em função do teor de umidade do ar:

- a partir de $34,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura do ar, com 100% de umidade do ar, para a pessoa em atividade moderada; em atividade acelerada, de trabalho pesado, esse limite de temperatura do ar cai para entre $29,4$ e $32,2^{\circ}\text{C}$;

- com o ar completamente seco, mas, sendo possível a liberação do calor corporal por convecção, pode-se suportar várias horas uma temperatura de $65,6^{\circ}\text{C}$ sem aparentes prejuízos (Guyton, 1976).

Se a temperatura corporal interna aumentar para $41,7$ a $43,3^{\circ}\text{C}$, poderá causar morte, a menos que tal elevação seja evitada artificialmente (Guyton, 1976, p. 851).

O limite térmico de frio, suportável fisiologicamente, depende do tempo de exposição ao frio e, conseqüentemente, do efeito do frio ambiente na temperatura

interna da pessoa. A partir do momento em que a temperatura interna descer abaixo de cerca de $34,5^{\circ}\text{C}$, a termorregulação fica prejudicada e, se baixar de $29,5^{\circ}\text{C}$, estará totalmente perdida (Guyton, 1976).

Calor e salubridade

A desidratação, que em excesso pode provocar um choque circulatório, pode ser uma consequência maléfica para as pessoas que trabalham em clima quente e úmido, tendo que suar muito; já uma pessoa exposta ao frio, em temperaturas muito baixas, pode realmente congelar; antes, porém, pode morrer por parada ou fibrilação cardíaca (Guyton, 1976).

4.1.2 - Discussão sobre Condições e Parâmetros do Conforto Térmico

Os limites do conforto térmico são mais estreitos do que os limites suportáveis fisiologicamente, vistos no sub-ítem anterior.

Vogt e Miller-Chagas (196) estabeleceram 7 (sete) condições básicas a serem cumpridas para que haja conforto térmico. São estas:

- a) Condição de homeotermia central: o homem deve, antes de tudo, manter sua temperatura central constante.

- b) Manutenção do metabolismo. Este não deve se modificar para conservar a homeotermia.
- c) Realização da condição de dessecação cutânea (pele seca).
- d) Sudação máxima limitada a 100 g/h;
- e) Temperatura cutânea média ótima de 33°C;
- f) As mucosas da boca e da garganta não devem secar;
- g) Às condições fisiológicas anteriores, junta-se uma condição física: a umidade relativa do ambiente não deve ultrapassar 75 a 80%, para se reduzir os riscos de condensação nos objetos mais frios⁵⁸.

A partir destas condições básicas a serem cumpridas para que haja conforto térmico, Vogt e Miller-Chagas montaram um diagrama de conforto, onde está assinalada a zona de conforto (ver fig. 32, pág. 83). Mas esta zona de conforto tem dois limites fixos que são:

- 1 - valor mínimo da tensão de vapor compatível com o conforto: 10 Torr - à direita desta linha é cumprido o estabelecido pela condição básica f), citada nesta página
- 2 - curva de umidade relativa de 80%. À direita deste limite, é evitada a condensação de vapor d'água sobre os objetos, respondendo à condição básica g), citada nesta página

E três limites que são variáveis e dependentes:

- 3 - do nível metabólico - ou seja, do calor produzido em função da atividade desenvolvida pela pessoa;
- 4 - da velocidade do ar no ambiente ;

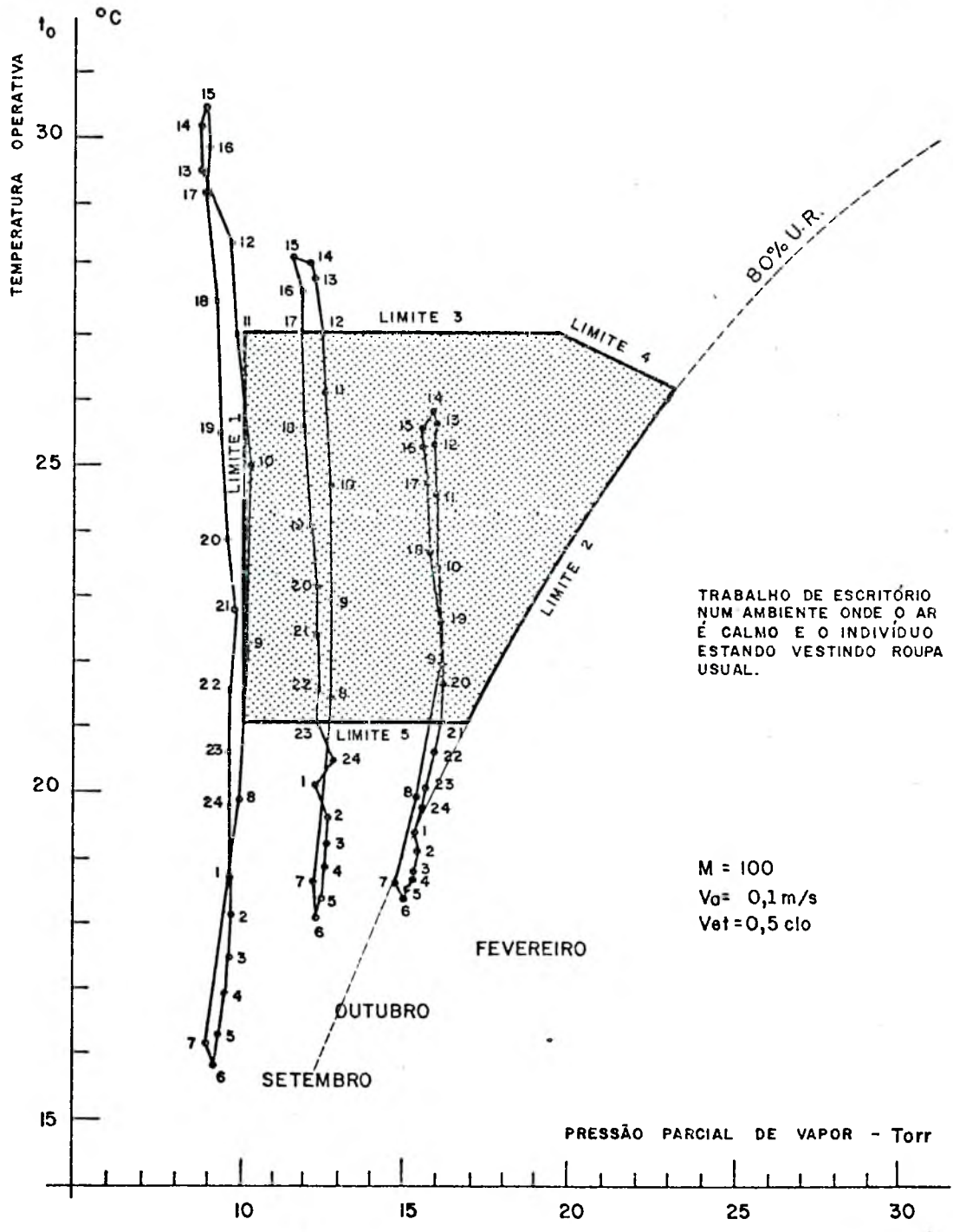


FIGURA: 32 - POLÍGONO DE CONFORTO DE VOGT E MILLER-CHAGAS, COM OS DADOS METEOROLÓGICOS DE BRASÍLIA SUPERPOSTOS PELOS AUTORES

5 - da roupa que está sendo utilizada pelo indivíduo⁵⁹.

Vários autores também conceberam cartas bioclimáticas ou diagramas de conforto. Alguns desses autores se utilizaram da carta psicrométrica⁶⁰, para a partir dela conceber suas cartas; é o caso de Givoni (1963) e dos próprios Vogt e Miller-Chagas (um diagrama psicrométrico invertido).

Destacamos as seguintes cartas:

- Carta Bioclimática desenvolvida por Olgyay, 1952 (ver fig. 33, pág. 85) onde são colocados os dados da temperatura do ar e da umidade relativa, colhidos de estudos climáticos anteriores, na região em análise. A zona de conforto assinalada, refere-se a pessoas à sombra, ao ar livre, em atividade moderada e com roupa leve. Caso os pontos definidos pelos dados climáticos caiam fora da zona de conforto, são indicadas algumas solicitações suplementares para a existência do conforto: ventilação (m/s); umidade (gramas de água por kg de ar seco) a ser acrescida ao ar; radiação (BTU, ou Kcal/h).

- Carta Bioclimática desenvolvida por Givoni. Na apresentação desta carta, em Givoni (1969), ele critica a carta bioclimática do Olgyay, por esta não avaliar as condições climáticas projetadas (dentro de um ambiente interno) e sim, condições ao ar livre, com dados climáticos colhidos em áreas desimpedidas. Deficiência que a sua carta - de Givoni - propõe suprir.

Contudo, tanto a carta do Olgyay, quanto a

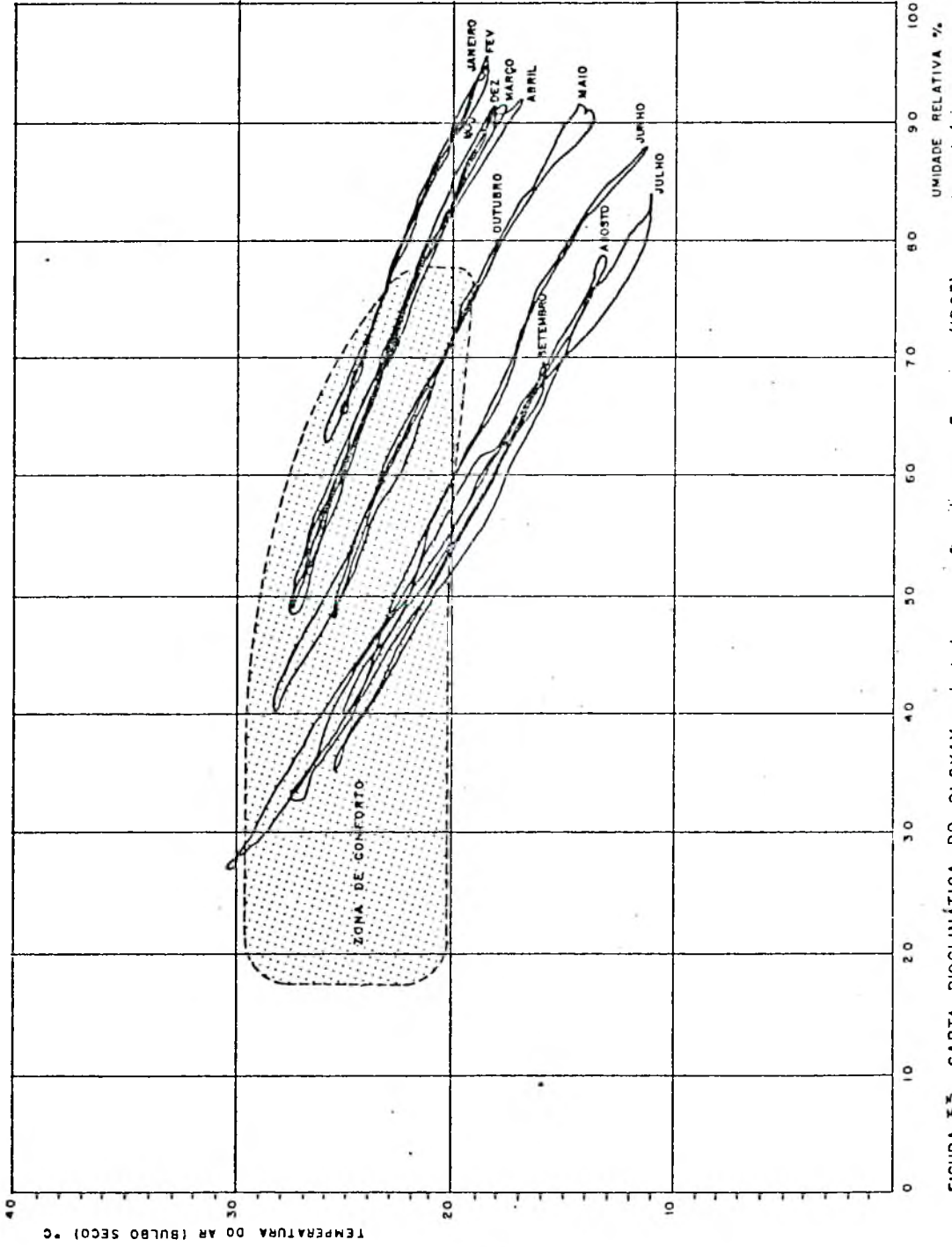


FIGURA 33 - CARTA BIOCLIMÁTICA DO OLGAY, adaptada para Brasília por Ferreira (1965), segundo critérios de Olgay. Estão nela superpostos os dados de temperaturas do ar e umidade relativa, correspondente às horas e meses do ano em Brasília.

carta de Givoni, falham por não levarem em consideração a radiação térmica do ambiente, pois só são utilizados os dados da temperatura seca (do termômetro do bulbo seco). Já na carta de Vogt e Miller-Chagas, é prevista a utilização da temperatura operativa, a qual leva em consideração a temperatura radiante do meio⁶¹.

Uma limitação geral dessas cartas, diz respeito à região ou regiões para as quais foram inicialmente desenvolvidas. Sua aplicação universal parece não ser recomendável, pois, não levam em consideração a aclimatação, os fatores culturais locais (Cf. Villas Boas, 1983 e 1984) e fatores psicológicos, que também podem interferir na percepção térmica. São os estados emocionais - de raiva, embaraçamento, medo, etc. - que modificam a irrigação sanguínea e conseqüentemente, alteram as trocas de calor com o meio⁶²; são os hábitos alimentares - com seus condimentos e bebidas - e o vestuário, com suas cores⁶³, estilos e matéria prima, que utilizados segundo padrões de caráter cultural ou religioso, introduzem modificações nas trocas físicas de calor, conseqüentemente, na percepção e conforto térmico.

Especificamente sobre os ventos, que são muito importantes para o conforto térmico, observamos:

- em relação aos efeitos danosos que os deslocamentos de massas de ar possam provocar, "... o nível de desconforto definido mais ou menos arbitrariamente, não representa nada em si, se não for associado a uma freqüência de permanência (freqüência de prejuízo ou desconforto)⁶⁴.

- o desconforto é trazido pelo vento (ar em movimento) quando o clima é frio, a qualquer velocidade, pois, acelera as perdas térmicas do homem por convecção (como visto em 4.1.1) e também quando causa incômodos ao homem, por efeito mecânico - a partir de 3.4m/s, conforme observações de dados do BRS (in: Villas Boas, 1983, p. 8);

- segundo Gandemer (1981), é permissível uma permanência de 50% do tempo dos efeitos negativos do ar, se a zona de atividade em questão não é acessível para o pedestre (por exemplo, em vias de circulação de automóveis). Contudo, para ambientes com a presença direta do homem esse autor apresenta o Quadro 5, reproduzido nesta página, no qual são estabelecidos limites superiores de prejuízos - ou danos - a um conveniente nível de conforto; e

Quadro 5 - Limite superior de prejuízos ao conforto adequado, segundo o tipo de atividade.

Atividade	Limite superior de prejuízos ao conforto adequado (em porcentagem do tempo anual)
Estação imóvel prolongada terraço de café, teatro ao ar livre, piscina	5
Estação imóvel curta Jardim público, quadras de jogos, rua comercial, galeria	10
Caminhada normal Passeios para pedestres, passagem de pedestre, entrada de imóveis, etc.	15
Caminhada rápida estacionamentos, calçadas de avenidas, belvederes, etc.	25

Fonte: Gandemer, 1981, p. 5

- enquanto que para Gandemer, os efeitos negativos do ar são produzidos pela própria presença da ventilação durante a estação de inverno, principalmente (esse autor está em país de clima temperado) quando o que se deseja, para que haja conforto térmico, é evitá-la (à ventilação) "para regiões quentes, especialmente as quentes e úmidas, ela é crítica, pois irá acelerar as trocas térmicas por convecção e a perda de calor por evaporação, prevenindo o desconforto da pele úmida. Para as regiões frias, é indesejável, devido ao seu efeito de resfriamento da pele" (Villas Boas, 1983, pág. 5).

Segundo Villas Boas (1984, pág. 50) "... a literatura não oferece modelos de conforto térmico para indivíduos aclimatados e desenvolvendo suas tarefas diárias nas diferentes regiões climáticas do Brasil."

Deste modo, as cartas bioclimáticas vistas anteriormente neste item, podem servir de referência a análises climáticas. Contudo, não devem ser utilizadas mecanicamente.

Independentemente de padrões de conforto térmico aplicáveis a diversas regiões brasileiras, em função da aclimação das pessoas, pode-se dizer que o ambiente natural ou construído pode oferecer condições de tensão térmica positiva quando há a tendência para a sensação de calor e de tensão térmica negativa quando há a tendência para o frio, seja durante o ano, período do ano ou horas do dia.

Com base na revisão da literatura, feita neste item, podemos concluir, em síntese que:

a) em condições de tensão térmica positiva podem ser encontradas situações de umidade elevada (quente-úmido) e situações de baixa umidade (quente-seco). Para situação de clima ou período climático quente-úmido, deve ser maximizada a ventilação (para aumentar as perdas de calor por convexão) e minimizada a temperatura (reduzindo-se os ganhos térmicos por radiação).

Para situação de clima ou período climático quente-seco, deve ser minimizada a temperatura (reduzindo-se os ganhos térmicos por radiação); a ventilação poderá ser importante para o restabelecimento do conforto térmico, quando a temperatura do ar se situa abaixo de 33°C (temperatura média da pele do homem); quando a temperatura do ar superar 33°C (clima desértico), a ventilação passa a ser inconveniente porque o indivíduo não pode mais perder calor para o ar por convexão e sim, ganhar calor (o que conduziria a um balanço térmico com saldo positivo, conseqüentemente, com aumento de sua temperatura interna).

b) Em condições de Tensão térmica negativa, não é relevante se a umidade relativa do ar é elevada ou baixa, pois o indivíduo sempre vai perder calor para o ar. Assim, a ventilação deve ser minimizada, do ponto de vista do conforto térmico (contudo, quanto à temperatura, deve ser maximizada (incrementando-se os ganhos térmicos por radiação)).

4.2 -- QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar no Sistema Clima Urbano é tratada por Monteiro (1976) em termos dos componentes físico-químicos, presentes na atmosfera e que, dependendo de sua concentração, podem causar danos à saúde das pessoas e danos materiais significativos nas cidades (deterioração de materiais de revestimento dos edifícios, danificação das áreas verdes, etc).

A partir de estudos e pesquisas sobre os efeitos de diversos componentes sólidos, líquidos e gasosos da atmosfera sobre o homem e o meio em geral, foram definidos padrões reguladores da qualidade do ar⁶⁵. de modo a se evitar a sua poluição. Entende-se, porém, que esta só ocorrerá "... quando a presença de uma substância estranha ou uma variação importante de seus constituintes é suscetível de provocar um efeito perturbador ou de criar um incômodo." (SEMA/MINTER, 1978, p. 27)

Portanto, para uma determinada quantidade de poluentes lançados na atmosfera urbana poderá ocorrer ou não poluição, dependendo do grau de concentração desses poluentes e da capacidade autodepuradora da atmosfera.

O clima urbano tem a sua estrutura atmosférica definida por uma circulação horizontal (ventos) e por uma circulação vertical das massas de ar (correntes ascendentes de convecção) que são responsáveis pela mistura das substâncias sólidas, líquidas e gasosas lançadas no ar pelas atividades urbanas e pela diluição

dessas substâncias.

As modificações dos elementos climáticos pelas estruturas urbanas poderá dificultar a diluição dos poluentes, especialmente devido à redução dos ventos e à intensificação da estrutura térmica-espacial (ilha de calor), como visto no item 3.1.1 e 3.2, criando assim, condições para o aprisionamento de poluentes aéreos.

A estrutura vertical da atmosfera urbana relaciona-se de um lado, com a estrutura da atmosfera da região onde está inserida, podendo apresentar condições de estabilidade (pequena corrente de convecção ascendente pouco favorável à dispersão de poluentes); pode também apresentar instabilidade (grandes correntes de convecção) e de inversão (inexistência de correntes verticais até uma certa altura e aprisionamento de poluentes). De outro lado, a estrutura horizontal da atmosfera sofre a interferência e os efeitos da ilha de calor, como vimos em 3.2.

No que se refere ao contexto regional da estrutura vertical da atmosfera urbana, nada se pode fazer, em termos de planejamento da estrutura urbana para modificá-la, a não ser quanto ao seu fator de localização (escolha do sítio urbano). Deve-se procurar, no caso, localizar as cidades em micro-ambientes que ofereçam melhores condições de instabilidade, evitando-se fundos de vale e outras conformações geomorfológicas que favoreçam a estabilidade e a inversão térmica.

No que se refere à ilha de calor, o controle de sua intensidade, procurando-se obter menores

diferenças entre as temperaturas do campo e das cidades, irá fornecer a dispersão de poluentes aéreos.

Em síntese: podemos dizer que a redução da intensidade da "ilha de calor urbana" e a criação de condições favoráveis à ventilação da estrutura urbana são as exigências, do ponto de vista da qualidade do ar, que devem ser consideradas no planejamento urbano e no desenho urbano para a maior salubridade do espaço climático urbano.

Notas e referências:

- 49 - Carlos A. F. Monteiro, Teoria e Clima Urbano. São Paulo, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, Série Teses e Monografias, nº 25, 1976. 181 pp.
- 50 - Monteiro, op. cit. p. 125
- 51 - Cf. J.J. Vogt et Philomena Miller-Chagas Ferreira, Confort Thermique - Definition physiologique et détermination pratique de zones de confort thermique. C.E.B. du CNRS, Strasbourg, 196.
- 52 - "... o stress orgânico é uma situação na qual os tecidos de um organismo reagem a determinados tipos de estímulo nocivo ou são por eles danificados (Heimstra e Mcfarling, 1974, p. 121)". Cf. Norman W. Hemstra e Leslie H. Macfarling, Environmental Psychology. Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, 1974.
- 53 - Cf. J.J. Vogt et Philomena Miller-Chagas, op. cit.
- 54 - Cf. Arthur C. Guyton, Ed. Interamericana, 1ª ed. em Português, Rio de Janeiro, 1977, trad. de Textbook of Medical Physiology, 5ª ed. WB Saunders Company, 1976.
- 55 - Cf. Arthur C. Guyton, 1976, op. cit.

- 56 - J.J. Vogt et Philomena Miller-Chagas, op. cit., p. 11.
- 57 - "A literatura mostra que o ser humano é capaz de se adaptar às tensões climáticas por aclimação (Landsberg, 1972). De fato, nativos em climas quentes são bem aclimatados ao meio natural especialmente quando desenvolvem trabalhos pesados no ambiente quente (Sargent e Tromp, 1964) ou quando estão permanentemente expostos às flutuações térmicas do meio em todas as suas atividades (Villas Boas, 1984, op. cit., p. 50)."
- 58 - Cf. J.J. Vogt e Philomena Miller-Chagas, Cf. Jean-Louis Izard e Alain Guyot, *Arquitetura Bioclimática*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1980 191 p. ilustr.
- 59 - Cf. Vogt e Miller-Chagas, op. cit. e Cf. Izard e Guyot, op. cit.
- 60 - A utilização desta carta psicrométrica simplifica a determinação das propriedades do ar - temperatura, umidade relativa e ponto de condensação (ou ponto de orvalho) eliminando a necessidade de serem feitos inúmeros cálculos. Há diversas formas dessas cartas, que mudam somente a disposição das informações) (Cf. Torreira, 1976). São utilizadas principalmente para controle de ar condicionado.
- 61 - Cf. Vogt e Miller-Chagas, op. cit..
- 62 - Cf. Edward T. Hall, *The Hidden Dimension*. Santa Fé, Nuevo México, _____.
- 63 - Cf. Maurice Dèribère, *El Color en las Actividades Humanas*. Editorial Tecnos, Madrid, 1964; e Simão Goldman, *Psicodinâmica das Cores*. Ed. La Salle, Caxias, RGS, 1964, 4 ed. 2 vol. ilustr..
- 64 - M. Gandemer, 1981. *Le confort et le vens dans les espaces extérieurs*, in: *CSTB Magasine*, nº 5, Paris, 1981, pp. 2-8.
- 65 - "São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassados, podem afetar a saúde, segurança e bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais, e ao meio ambiente em geral (SEMA/MINTER, 1978, pp 27-28)."

5.0 - METODOLOGIA DO CONTROLE CLIMÁTICO APROPRIADO

A determinação das solicitações bioclimáticas do homem, cujos aspectos mais importantes foram vistos no capítulo anterior, conduz ao estudo de instrumentação tecnológica, para fornecer soluções aplicáveis ao produto final arquitetônico.

Dentro da seqüência estabelecida desde o capítulo 1.0, e sintetizada no diagrama 1, página 3, passamos a tratar, aqui, dos métodos de controle climático, que congregam várias técnicas.

Analisaremos em 5.1, os métodos de Olgyay (1952), Givoni (1969) e procedimentos, a partir de exemplos de arquiteturas apropriadas - segundo vários autores. Estes métodos e procedimentos tratam do controle climático com maior abrangência.

Em 5.2, analisaremos um método de Gandemer (1981) que trata do controle específico dos ventos no espaço urbano.

No sub-item 5.3, faremos referência aos métodos empregados em duas pesquisas realizadas uma por Miller-Chagas e Paul (1980) e outra, por Lombardo (1985), que tratam respectivamente: das correlações entre a configuração urbana e os ganhos energéticos em três conjuntos urbanos situados em Estrasburgo; e da ilha de calor e suas correlações com a estrutura urbana da região metropolitana de São Paulo. Foram escolhidas entre tantas

porque a primeira, utiliza-se de metodologia detalhada e específica dos espaços urbanos microclimáticos; e a segunda, pelas técnicas de análise de grande abrangência no trato das questões do espaço climático urbano.

5.1 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE CONTROLE CLIMÁTICO

"O procedimento ideal seria trabalhar com e não contra as forças da natureza e fazer uso do seu potencial para criar melhores condições de habitação (Olgyay, 1968, p. 21)."

Alguns autores têm proposto métodos que sugerem uma arquitetura adaptada ao clima e as necessidades de conforto e bem-estar do homem. Olgyay (1963 e 1968)⁶⁶ foi o primeiro autor a sistematizar o assunto⁶⁷. Propôs ele, um método que objetiva a criação de "... uma habitação de grande comodidade a um custo menor reduzindo o número de aparatos de acondicionamento mecânico, (...) "⁶⁸.

A fundamentação principal do método de Olgyay está na identificação de que os procedimentos para o estabelecimento de condições climáticas estáveis inclui várias disciplinas: a climatologia - tida como ponto de partida, a biologia, a tecnologia e a arquitetura - ponto de chegada.

Juntamente com o seu método de controle do clima em arquitetura, Olgyay (1963) apresenta um diagrama -

reinterpretado detalhadamente por Fitch, 1966 (reproduzido na figura 34, pág. 95) - que sintetiza a idéia de controle ambiental possível de ser exercido, com eficiência e economia, por um edifício. Esse diagrama representa "quatro estágios de otimização térmica "adequada" entre o edifício e seu ambiente", ao longo de um período anual - quando as condições térmicas mais altas são atingidas no verão (com amplitude máxima no dia 21 de julho ao meio dia) e, mais baixas no inverno (com a menor amplitude sendo atingida no dia 21 de janeiro, a meia noite).⁶⁹

Esse diagrama, aplicado originalmente ao edifício, pode ser estendido ao projeto urbano buscando-se: (1) a seleção do sítio pelas vantagens microclimáticas (evitar fundos de vales; escolher conformações geomorfológicas menos susceptíveis a inversões térmicas periódicas; escolher áreas com boa ventilação e adequada orientação ao sol); (2) a configuração da massa edificada de acordo com o que se quer controlar; (3) a escolha adequada dos materiais e superfícies de revestimento do solo, tirando partido da paisagem e das áreas verdes em ambientes quentes; e (4) resultando, assim, num ambiente o mais próximo possível das condições de conforto e salubridade requeridas pelo homem.

Quanto ao seu método de controle climático, especificamente, Olgyay sugere os seguintes passos:

(1) análise dos dados climáticos da região dada;

(2) avaliação biológica baseada nas sensações humanas - com base na carta bioclimática;

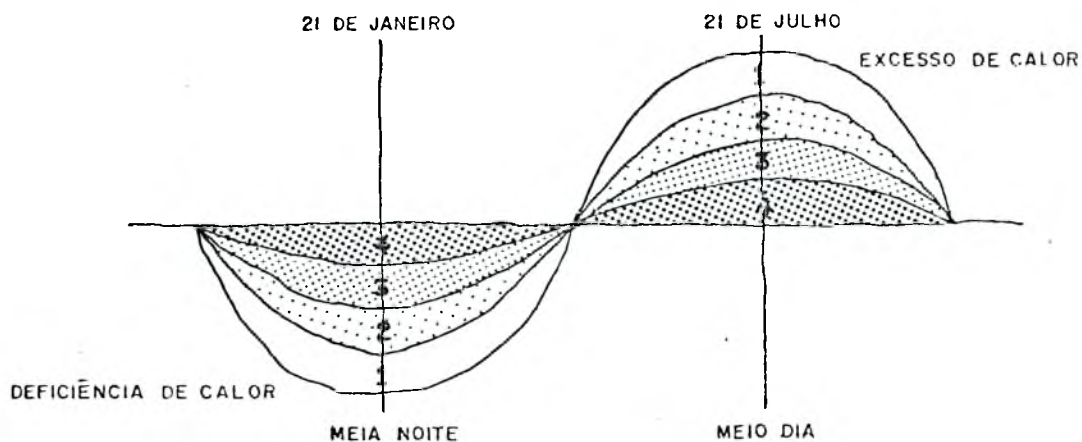


Figura 34. Quatro estágios de otimização térmica "adequada" entre o edifício e seu ambiente (fonte: Victor Olgyay). Em vez do emprego de membranas transparentes que dependem de um complexo sistema mecânico para compensar as altas médias de transferência energética através das suas interfaces, o processo de projeto começaria com outra finalidade, dentro de um processo de projeto opcional. (1) O sítio seria selecionado pelas vantagens microclimáticas e projetado para maximizá-las. (2) A massa do edifício seria configurada e orientada para a maximização desejada, minimizando as exposições negativas. (3) As membranas externas (que dão o fechamento) seriam selecionadas pela transparência ou opacidade em relação a forças ambientais específicas. (4) Somente assim os sistemas mecânicos podem operar economicamente; enquanto fornecem as melhores condições de conforto.

Fonte: Fitch (1966)

Esse gráfico diz respeito ao hemisfério norte, No nosso hemisfério sul, a data de verão citada seria 21 de janeiro e a data de maior amplitude térmica no inverno, 21 de julho. Observe-se também que os autores se referem ao controle mecânico nos ambientes internos ao edifício porque estão se baseando fundamentalmente nas solicitações do clima temperado de seu país, onde as estações são muito rigorosas.

(3) soluções tecnológicas para se restabelecer condições climáticas de conforto humano; e

(4) aplicação à arquitetura dos conhecimentos obtidos nos passos anteriores.

Quanto ao passo (3) soluções tecnológicas, Olgyay (1968, p. 22) propõe uma análise metódica dos seguintes pontos: (a) a seleção do sítio; (b) a orientação; (c) os cálculos de sombra; (d) as formas da habitação; (e) os movimentos do ar; (f) o equilíbrio da temperatura interna.

No diagrama 2, reproduzido às págs. 97 e 98 Olgyay dá exemplo de seu método aplicado a uma região (método de interpretação climática em habitações). Na observação desse diagrama ficam nítidos os quatro passos metodológicos estabelecidos por ele.

Givoni (1969) também propõe um método para a adaptação da arquitetura ao clima. Seu método contém os seguintes passos, de forma resumida: análise do clima; escolha de uma entre duas abordagens quando se tratar de climas quentes⁷⁰; avaliação das solicitações biológicas do homem - através da carta bioclimática do edifício⁷¹, princípios de desenho; e escolha dos materiais.

Complementarmente encontram-se propostas de procedimentos para a adaptação da arquitetura ao clima, que consistem em se extrair da arquitetura - vernacular, primitiva, erudita ou contemporânea - princípios de soluções para as necessidades bioclimáticas do homem. Com o auxílio de tecnologias atuais, novas conquistas sociais e econômicas podem ser incorporadas à experiência e saber

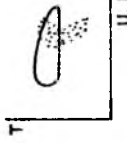
MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO CLIMÁTICA EM HABITAÇÕES
EXEMPLIFICADO NUMA REGIÃO

1 DADOS DO CLIMA :

CLIMATOLOGISTA - TRABALHO USUAL

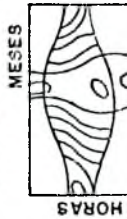
A - DADOS DO CLIMA REGIONAL
TEMPERATURA
UMIDADE RELATIVA
VENTOS

A - MARCAÇÃO DOS DADOS
NA CARTA BIOCLIMÁTICA



B - CLIMA AO NÍVEL DA SUPERFÍCIE
TERRESTRE (DA BIOSFERA)
TEMPERATURA
UMIDADE RELATIVA
VENTOS: MODIFICADOS

B - NECESSIDADES ANUAIS DE:
SOMBRA, RADIAÇÃO, UMIDADE
RELATIVA E VENTOS



C - MICROCLIMA
TEMPERATURA
UMIDADE RELATIVA } MODIFICADOS
VENTOS

C - IMPORTANCIA RELATIVA DOS
DIVERSOS ELEMENTOS



MOSTRADO EM VÁRIAS REGIÕES:

FRIO, TEMPERADO, QUENTE - SECO, Q.-ÚMIDO

3 - MÉTODOS DE CÁLCULO:

ENGENHEIROS - ARQUITETOS

A - SOMBRA



A/ MOSTRAR NO GRÁFICO
O PERÍODO A SER SOM-
BREADO



B/ "MÁSCARA"
DE SOMBRA



C/ SOBREPONDO
"B" em "A"



D/ CÁLCULO
DE ENERGIA

B - RADIAÇÃO



SELEÇÃO DO SÍTIO COMPARANDO PROPORÇÕES DE RADIAÇÕES
DESEJÁVEIS SOBRE DECLIVES TOPOGRÁFICOS
ORIENTAÇÃO:
SOBRE UMA ESTRUTURA UNILATERAL : OPTIMUM
SOBRE UMA ESTRUTURA BILATERAL: COMPROMISSO BALANCEADO

C - VENTOS

VENTOS DISPONÍVEIS E NECESSIDADES DO SÍTIO: DEFINIRÃO UMA
PROPORÇÃO DESEJADA DE PENETRAÇÃO DE VENTOS

D - MATERIAIS

CRITÉRIOS:

MÍNIMO DE PERDA DE ENERGIA NO INVERNO
IGUAL + & - ENERGIA EM DIAS CONFORTÁVEIS,
MÍNIMO DE GANHOS DE ENERGIA NOS PERÍODOS QUENTES.

E - DIVERSOS

OUTROS FATORES: COMO PRECIPITAÇÃO, EVAPORAÇÃO, UMIDADE, etc.

MUDANÇAS QUANTIFICADAS

CARACTERÍSTICAS DIFERENTES, IMPORTÂNCIAS

DIAGRAMA 2 cont.

acumulados em muitas dessas arquiteturas (Villas Boas, 1982), a partir de uma avaliação cautelosa de sua eficiência no controle climático⁷².

Esses métodos e procedimentos apresentam, no entanto, algumas limitações, especialmente no que se refere ao projeto urbano. Olgyay e Giovoni mostram uma preocupação marcante com os espaços microclimáticos internos à edificação. Em Givoni isto fica mais acentuado. Os procedimentos de controle a partir de uma avaliação da arquitetura adaptada ao clima referem-se, principalmente, a edifícios isolados ou a pequenos grupos de edifícios, dificultando a aplicação de seus princípios a estruturas urbanas mais complexas.

Além desses métodos e procedimentos que tratam do controle climático global, encontramos estudos que tratam do vento como parâmetro isolado para a concepção da forma urbana.

O vento é, de fato, um parâmetro muito importante para o estabelecimento de condições de conforto térmico e salubridade no espaço climático urbano (como visto nos itens 4.1 e 4.2, que tratam do conforto térmico e da qualidade do ar). Por isso veremos, no próximo tópico, um método de integração do parâmetro vento na concepção do ambiente, com o auxílio de simulação dos ventos junto a planos de massa em escala reduzida, e dentro do túnel de vento (Gandemer, 1981).

5.2 - QUANTO AO CONTROLE ESPECÍFICO DOS VENTOS

A ventilação é um dos mais importantes elementos da atmosfera e que pode ser controlada, até certo ponto, por meio do projeto urbano e projeto de edifícios (Villas Boas, 1983, p. 1).

Os modelos de circulação do vento apontados pela literatura são muito simplificados, pois, na realidade o vento não flui numa única direção nem com velocidade constante (Villas Boas, 1983). Portanto, os estudos de simulação dos ventos junto a modelos em escala reduzida têm sido aplicados em muitos casos como a maneira mais eficiente de se planejar o controle dos ventos nos espaços urbanos⁷³. Para tanto, Gandemer (1981) propõe um método de integração do parâmetro vento na concepção do ambiente, com o auxílio de simulação em túnel de vento.⁷⁴ Podemos identificar neste método os seguintes passos metodológicos:

1 - levantar histórico dos ventos (ventos dominantes, fortes, fracos; em função da sua frequência e direção) a partir de dados meteorológicos da região;

2 - verificar a posição da estação meteorológica que coletou os dados disponíveis, em relação ao sítio em estudo, para saber se não há topografia acentuada, mudança de rugosidade na superfície do solo, ou alguma construção parasita, enfim, interferindo nos captadores meteorológicos; caso necessário, coletar dados complementares de velocidade e direção dos ventos em um ou mais pontos dentro do sítio em estudo, de maneira sincronizada com a estação meteorológica próxima;

3 - caso as informações anteriores ainda não

sejam necessárias para o histórico, efetuar estudo sobre modelo topográfico - escala de 1/1.000 ou 1/500 - a fim de conhecer a organização do vento (zonas de concentração, estagnação, canalização, etc) com auxílio de simulação do túnel de vento;

4 - análise do plano de massa. Jogando-se com a massa dos edifícios, verifica-se o campo de velocidade e de turbulência do vento ao nível do solo para as principais orientações do vento e realiza-se medição dos parâmetros de prejuízos; atua-se levando-se em consideração os dados meteorológicos em cada ponto do plano de massa. O parâmetro de prejuízos é analisado segundo a permanência de transtornos ou de conforto, no ponto considerado (ver quadro 6, pág. 102);

5 - a partir de um plano de massa fixado (contemplando, além dos aspectos aerodinâmicos, outras e múltiplas variáveis) afirma-se os ambientes climáticos, fazendo intervir o mobiliário urbano, a vegetação, os elementos de quebra-vento (telas, pérgulas, pátios, etc...)⁷⁵.

Quadro 6 - Limite superior de prejuízos ao conforto adequado, segundo o tipo de atividade

Atividade	Limite superior de prejuízos ao conforto adequado (em porcentagem do tempo anual)
Estação imóvel prolongada terraço de café, teatro ao ar livre, piscina	5
Estação imóvel curta Jardim público, quadras de jogos, rua comercial, galeria	10
Caminhada normal Passeios para pedestres, passagem de pedestre, entrada de imóveis, etc.	15
Caminhada rápida estacionamentos, calçadas de avenidas, belvederes, etc.	25

Fonte: Gandemer, 1981, p. 5.

5.3 - DOIS MÉTODOS DE PESQUISA DE CORRELAÇÕES ENTRE ASPECTOS CLIMÁTICOS E CONFIGURAÇÃO URBANA

Mencionamos aqui, dois métodos de pesquisas de correlações entre aspectos climáticos e configuração urbana. Um, que utiliza-se de metodologia apropriada e específica para definição dos espaços urbanos microclimáticos - o de Miller-Chagas e Paul, 1980; outro, pelas técnicas de análise que permitiram estudar uma área de grande abrangência (região da Grande São Paulo).

Miller -Chagas e Paul (1980) realizaram

estudos nos espaços exteriores de três conjuntos urbanos localizados em Estrasburgo - de Latitude de $48^{\circ},5$ N, França - correlacionando a sua configuração urbana com os ganhos energéticos e microclimáticos dos mesmos. Para tal, seguiram os seguintes passos metodológicos, por nós identificados e resumidos a seguir:

- (1) Caracterização do clima urbano de Estrasburgo, segundo metodologia apropriada;
- (2) Estudo tipológico dos espaços exteriores de conjuntos de edifícios de habitação em Estrasburgo;
- (3) Seleção das amostras tipológicas para realização da pesquisa (Meinau, Zup de Hautepierre e Rotterdam)
- (4) Identificação dos pontos a serem pesquisados dentro das amostras e dentro do tempo de duração da coleta de dados;
- (5) Coleta dos dados climáticos nos espaços exteriores das amostras, em sincronia com os dados coletados em duas estações meteorológicas - uma localizada no centro urbano e a outra no entorno rural;
- (6) Análise dos dados, segundo metodologia específica;
- (7) Conclusões, extrapoladas para o projeto de Arquitetura de espaços exteriores⁷⁶.

Lombardo (1985), realizou estudos sobre a ilha de calor na região metropolitana de São Paulo - de latitude de $23^{\circ},5$ S - encontrando correlações entre a sua configuração e os aspectos climáticos identificados na pesquisa. Seguiu os seguintes passos metodológicos:

- (1) análise da dinâmica da ilha de calor de São Paulo, através de dados empíricos;

- (2) teste de algoritmos⁷⁷ e utilização de imagens de satélites, na faixa do infravermelho, para o estudo da ilha de calor;
- (3) avaliação da dinâmica da ilha de calor e sua interação com as condições sinóticas;
- (4) relação do gradiente térmico com os diferentes usos do solo urbano;
- (5) trabalho de campo para testar os resultados obtidos através das imagens de satélites meteorológicos;
- (6) análise da ilha de calor no contexto de degradação ambiental do espaço metropolitano de São Paulo;
- (7) estudo da relação entre ilha de calor, concentração de poluentes e alteração no campo de precipitação⁷⁷ e 78.

Neste item fizemos: (1) uma revisão da literatura sobre métodos e procedimentos de controle climático para que a forma urbana resultante possa vir a ser mais adequada às exigências de conforto e salubridade do homem; e (2) mencionamos os passos metodológicos seguidos para a realização de duas pesquisas; uma, referente aos espaços microclimáticos em conjuntos de edifícios para habitação; outra, referente ao espaço climático urbano de uma região metropolitana.

Contudo, para o desenho da forma urbana - devido à complexidade deste objeto e do ato de projetá-lo, como já colocado - sentimos a necessidade de organizar os diversos aspectos daqueles métodos, procedimentos e soluções técnicas, de modo mais globalizante e procurando suprir as lacunas encontradas, para que a forma urbana venha a ser adaptada ao clima e adequada às exigências de conforto

térmico e salubridade do homem. Trata-se da própria conceituação da forma urbana como instrumento de controle do clima urbano, que trataremos no próximo capítulo.

Notas e referências:

- 66 - Victor Olgyay. Design With Climate - bioclimatic approach to architectural regionalism. Princenton University Press, Princenton, New Jersey, 1963. 190 p.p. ilustr.
- _____. Clima y Arquitectura en Colombia. Trad. Irisarri, Eduardo de. Universidad del Valle, Facultad de Arquitectura, 1968. 240 pp. ilustr.
- 67 - "Olgyay (1963) foi o primeiro a propor um procedimento sistemático para adaptação do projeto do edifício às necessidades humanas e às condições climáticas (Givone, 1969, p. 280)."
- 68 - Victor Olgyay, 1968, op. cit., p. 22.
- 69 - Datas referentes ao Hemisfério Norte.
- 70 - B. Givoni (1969) op. cit. p. 283, propõe que através de exame inicial das condições internas de conforto opte-se ou pela ventilação efetiva ou pela redução das temperaturas internas abaixo do nível externo.
- 71 - Esta Carta Bioclimática, elaborada por Givoni, foi referida no item 4.2, que trata da Percepção Térmica e Salubridade, pp. 84-85.
- 72 - "Como diz FITCH (1976), "... o parâmetro experiencial permanece o mesmo; apenas foram enormemente expandidos os métodos de analisá-los e os problemas técnicos para resolvê-los", os quais podem ser quadros de referência válidos para a decisão estética (inclusive com o uso de técnicas de computação), a partir da descrição das variáveis de um determinado problema, do desenvolvimento de alternativas aceitáveis e da atribuição de uma hierarquia de valores objetivos. Segundo ainda FITCH (1976), "... este quadro de

referência, longe de restringir a liberdade e a independência do arquiteto, lhe proporciona um campo de escolha grandemente aumentado, por meio do qual suas capacidades criativas podem se exercer, seguro de que os riscos de soluções frívolas e idiossincráticas forem eliminados!" (Villas Boas, 1982, pp. 81-82)

73 - Cf. Villas Boas, 1983, op. cit. p. 28.

74 - M. Gandemer, 1981, op. cit. pág. 5.

75 - Segundo Gandemer, tal processo alcança toda a sua eficácia, se os arquitetos, urbanistas, paisagistas e aerodinamicistas trabalham em profunda colaboração.

76 - P. Miller-Chagas e P. Paul, 1980, op. cit.

77 - A autora se refere ao teste de algoritmos para análise de imagens de satélites termais.

78 - Lombardo, 1985, op. cit. pp. 27-28

6.0 - A FORMA URBANA COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE DO CLIMA URBANO

Neste item, trataremos da forma urbana como um dos instrumentos de controle climático para obtenção das condições de conforto e salubridade do espaço urbano.

6.1 - MORFOLOGIAS URBANAS

A forma urbana é produto das relações estabelecidas pelo homem: entre a morfologia da massa edificada e a morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação; e entre essas e a morfologia do solo/paisagem⁷⁹.

A morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação compõe-se dos espaços do estar urbano (pavimentados ou com cobertura vegetal) e da rede viária para circulação de veículos e pedestres⁸⁰.

A morfologia do solo/paisagem é definida pela topografia e pelas características do solo quanto à sua aptidão para ocupação agrícola, florestal, pastoril, edificatória, etc., quanto ao parcelamento da propriedade agrícola e florestal, quanto ao loteamento para construção, quanto aos elementos construídos pré-existentes: muros, taludes, barragens, etc., quanto à estrutura viária pré-existente e quanto aos elementos paisagísticos de peso: vale, crista, lago, etc.).⁸¹

Quanto à morfologia da massa edificada, sua caracterização "... passa pela definição tipológica dos edifícios, das formas de agregação dos edifícios e do modo como se estabelece o acesso quer dos edifícios ao espaço exterior, quer entre espaços exteriores situados entre conjuntos edificados⁸²."

De qualquer modo, para os itens posteriores, adotaremos como componentes da massa edificada: os elementos de massa edificada, ou seja, os edifícios, os monumentos, as barreiras construídas, etc.

Por arranjo morfológico, entendemos um conjunto concatenado de elementos morfológicos (da massa edificada, da morfologia dos espaços exteriores e da morfologia do solo/paisagem), com um certo grau de descontinuidade da sua massa edificada em relação a outros arranjos morfológicos.

6.2 - FATORES CONDICIONANTES DO CLIMA URBANO

A forma urbana possui características que são condicionantes do Clima urbano - vistas no item 3.3.2. São estas características, principalmente:

- a - rugosidade e porosidade;
- b - densidade de construção;
- c - tamanho (dimensão horizontal e dimensão vertical);
- d - ocupação do solo;

- e - orientação;
- f - permeabilidade do solo; e
- g - propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes.

Enunciar as características da forma urbana como condicionantes do clima urbano é definir esta mesma forma urbana como condicionante climático; a forma urbana modifica o clima, uma vez que suas características condicionantes introduzem modificações no desempenho do clima como um todo (visto em 3.2).

6.2.1 - Conjunto de Relações entre os elementos e arranjos da morfologia urbana

As relações detectadas entre os próprios elementos da morfologia urbana ou entre arranjos morfológicos e inerentes às características da forma urbana (colocadas em 6.2) são:

- 1 - concentração/dispersão: da massa edificada;
- 2 - centralização/descentralização: de determinados elementos morfológicos;
- 3 - espaçamento: entre elementos morfológicos da massa edificada e entre arranjos morfológicos;
- 4 - alturas relativas: entre os elementos e/ou arranjos morfológicos da massa edificada; e
- 5 - trocas de calor: entre os elementos da morfologia urbana (da massa edificada

dos espaços exteriores e do solo/ paisagem) entre arranjos morfológicos e entre estes e áreas verdes ou áreas desocupadas do seu entorno.

1 - Concentração/dispersão - relação
concernente a:

- ocupação do solo - quanto maior a concentração de elementos da massa edificada contendo atividades industrial, comercial e de prestação de serviços, maior a produção de calor e de poluentes atmosféricos; conseqüentemente, maiores as chances de alterações climáticas inadequadas ao conforto e salubridade (ver subitem 3.3.2, letra "d").

2 - Centralização/descentralização -
relação concernente a:

- ocupação do solo - quanto maior o grau de centralização de determinados elementos morfológicos (por exemplo, edifícios altos, avenidas, estacionamentos, etc), maior a produção de calor e de poluentes atmosféricos e maior a quantidade de radiação solar armazenada (ver 3.3.2, letras "c" e "d").

3 - Espaçamento - relação concernente à:

- rugosidade - quanto mais próximos os elementos da massa edificada, maiores os obstáculos à penetração dos ventos (ventilação para o conforto térmico e dispersão de poluentes aéreos do espaço urbano - ver 3.3.2, letra "a");

- permeabilidade do solo - quanto mais

próximos os elementos da morfologia da massa edificada e certos elementos morfológicos dos espaços exteriores, maior a impermeabilização do solo - o que concorre para menor umidade do ar, menores perdas de calor por evaporação, maior acúmulo de energia radiante e maior temperatura do ar.

4 - Alturas Relativas - relação concernente à:

- rugosidade - quanto maiores os contrastes entre as alturas dos elementos da massa edificada, maior o turbilhonamento dos ventos; melhor ventilação se combinada com a porosidade; maior a velocidade dos ventos em parte da massa edificada próximas dos volumes mais altos; e maiores as trocas térmicas com o ambiente atmosférico, ocasionando menores ganhos térmicos, conseqüentemente, menores temperaturas do ar.

5 - Trocas de Calor - relação concernente:

- às propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes - quanto maior o índice de concreto, asfalto e pavimentação (materiais com maiores coeficientes de absorção e emissão de energia térmica) e menor a cobertura vegetal maiores os ganhos de calor da massa edificada e maior emissividade desta para o espaço urbano, contribuindo para temperaturas mais elevadas, incremento de ilha de calor e, conseqüentemente, temperaturas menos elevadas no espaço urbano;

- ao uso do solo - quanto maiores os índices de área verde na estrutura urbana, maiores as trocas térmicas entre essas áreas e as morfologias urbanas

adjacentes; conseqüentemente, temperaturas menos elevadas no espaço urbano:

- à orientação - quanto mais exposta ao sol estiverem as massas edificadas e as superfícies do solo pavimentado maiores os ganhos de radiação solar e maiores as trocas térmicas com os espaços exteriores de permanência e circulação, conseqüentemente, temperaturas, mais elevadas no espaço urbano:

à densidade de construção - quanto mais densa a morfologia da massa edificada maior produção de radiação pelas atividades antropogênicas; conseqüentemente, maiores trocas de calor com os espaços.

Em resumo:

(1) a intensidade das modificações introduzidas pela forma urbana no clima, com conseqüentes efeitos sobre o homem, está subordinada às características da forma urbana que são condicionantes do clima urbano, ao conjunto de suas relações e ao clima pré-existente ou potencialmente semelhante ao da área rural do entorno urbano;

(2) trabalhar apropriadamente as características e o conjunto de relações da forma urbana, permite a esta ser um dos instrumentos de controle do clima urbano, de modo a que este possa vir a oferecer condições de conforto e salubridade para o homem. É o que proporemos no próximo capítulo.

referências:

79 - Cf. Luz V. Pereira, Definição da Forma urbana no

Referências:

- 79 - Cf. Luz V. Pereira, Definição da Forma Urbana no Planeamento físico. L. L.N.E.C., Memória nº 570, Lisboa, 1982, 27 págs.
- 80 - Cf. Luz V. Pereira, 1982, op. cit.
- 81 - Cf. Luz V. Pereira, 1982, op. cit.
- 82 - Cf. Luz V. Pereira, 1982, op. cit.

7.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, trataremos em 7.1 da conclusão que chegamos quanto a uma metodologia do controle climático urbano.

Em 7.2, estão ressalvas iniciais à apresentação de recomendações para desenho climático e para o desenho urbano,

Com base no quadro 07, apresentado e explicado em 7.2.1, são colocadas então as recomendações possíveis, dentro das limitações que a abordagem deste item nos permitiu para o planejamento urbano e o desenho urbano.

7.1 - CONCLUSÃO SOBRE METODOLOGIA DO CONTROLE CLIMÁTICO URBANO

Não há na literatura consultada uma metodologia que ofereça uma abordagem de todas as características da forma urbana que são condicionantes climáticas (rugosidade e porosidade, densidade de construção, tamanho, ocupação do solo, orientação, permeabilidade do solo e propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes) e do conjunto das relações inerentes a estas mesmas características (concentração/dispersão, centralização/descentralização, espaçamento, alturas relativas e trocas de calor).

Nesta dissertação procuramos suprir esta lacuna, apesar das limitações próprias deste tipo de abordagem. Com base neste levantamento (todo o corpo da dissertação, anterior a este capítulo) elaboramos algumas recomendações que, acreditamos, vão contribuir para o desenvolvimento do tema.

Para isto, elaboramos o Quadro 07, cuja apresentação e análise será feita no item 7.2.1 - que trata das recomendações para o planejamento urbano e o desenho urbano.

7.2 - RECOMENDAÇÕES

Para o estudo da adequação do clima urbano às exigências de conforto e salubridade do homem há a necessidade de caracterizações do clima de cada sítio urbano e não simplesmente do clima de sua região (ver capítulo 2.0).

Neste sentido é importante a identificação de períodos climáticos típicos dentro do período de um ano, verificando-se as tensões ambientes a que por ventura estejam submetidos os homens, com base em análises bioclimáticas (ver capítulo 4.0, que trata da percepção do clima urbano). A figura 35, pág. 118, apresenta um resumo deste processo de análise, para gerar recomendações para o desenho urbano apropriado ao clima.

A análise mês a mês, ou período a período,

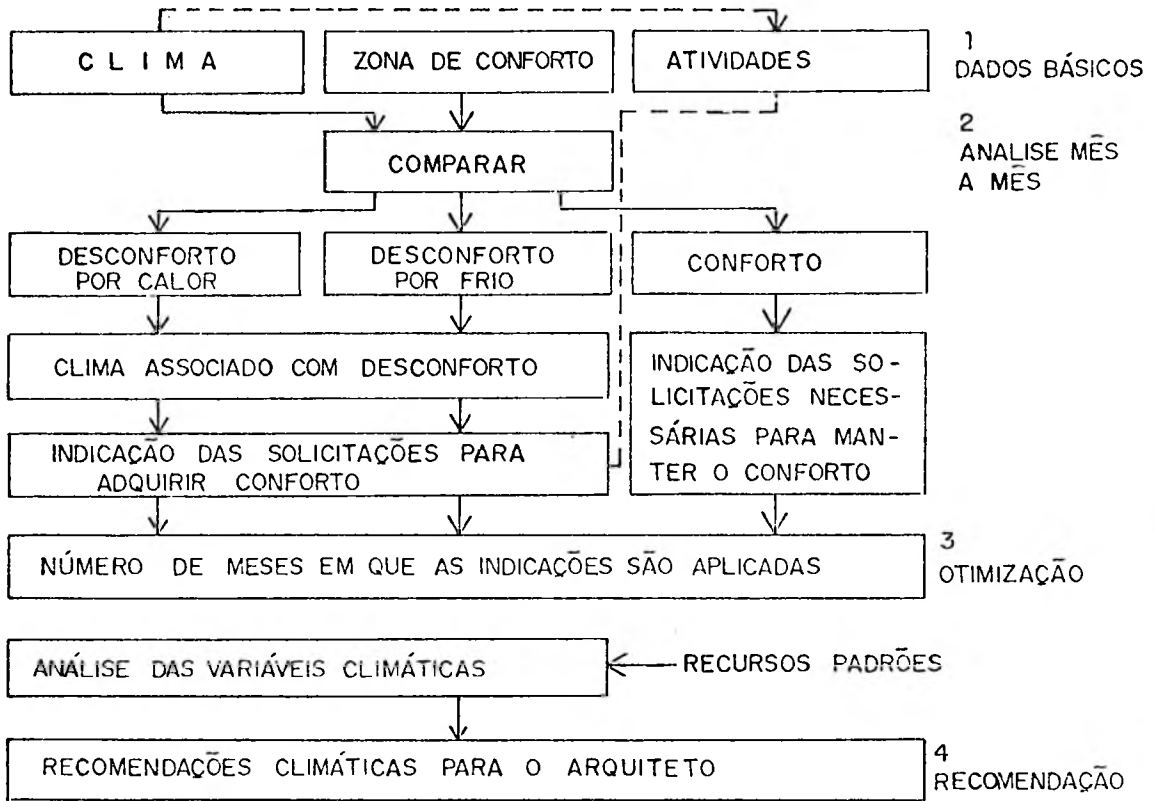


FIGURA: 35

O processo de análise para gerar recomendações para o desenho climático

FONTE: VILLAS BOAS, 1979 p.84.

levará a uma visão geral e proporcional das tensões geradas por calor ou por frio. O que tornará possível a indicação das solicitações necessárias para manter condições de conforto térmico e de salubridade. A maximização das vantagens climáticas que o sítio apresenta, se dará através da otimização das soluções apropriadas àquelas solicitações, cobrindo o maior número de meses ou períodos possível (ver bloco 3, da figura citada).

Em 7.2.1 encontram-se recomendações para o Planejamento e o Desenho Urbano - recomendações iniciais - geradas a partir de consideração de dois tipos de tensões térmicas que podem gerar situações de desconforto e insalubridade, por tenderem ao calor (tensão positiva) ou por tenderem ao frio (tensão negativa) conforme visto no item 4.0, mais respectivamente em 4.1. São balisadas pelas características da forma urbana e pelo conjunto de relações inerentes a estas mesmas características (como vistos em 6.2).

7.2.1 - Recomendações para o Planejamento Urbano e para o Desenho Urbano

O quadro 07 , à pág.120 sintetiza todas as informações e recomendações essenciais aos propósitos deste item. Foi montado tendo como pontos de partida:

A - As características da forma urbana que são condicionantes climáticas. No quadro, são os blocos identificados por: a - Rugosidade e Porosidade; b - Densidade

de construção. c - Tamanho (dimensão vertical e dimensão horizontal); d - Ocupação do solo; e - Orientação (ao sol e aos ventos); f - Permeabilidade do solo; e g - Propriedades Termodinâmicas dos materiais constituintes; e

B - As condições climáticas para as quais são elaboradas as recomendações deste item, extraídas das conclusões do item 4.1.2 (que discutiu as condições e parâmetros do conforto térmico) e referem-se, de um modo geral, às condições climáticas encontradas no Brasil. Estão apresentados no quadro 3 em dois blocos:

Bloco B₁ - Para tensão térmica positiva (com tendência para calor), que conduz a dois outros blocos e referem-se respectivamente:

I) Condições de clima ou período climático quente-úmido (de elevada umidade relativa do ar); e

II) Condições de clima ou período climático quente-seco (de baixa umidade relativa do ar).

Para as condições sintetizadas no bloco I, temos duas alternativas (não excludentes) a serem seguidas para que se obtenha o conforto e a salubridade (foram baseadas no método de Givoni (1969) e a eles já nos referimos em 5.0, página 96).

1ª alternativa - Maximizar a ventilação (ver bloco (1), no quadro 07).

2ª alternativa - Minimizar a temperatura (ver bloco (2), no quadro 07).

A terminologia empregada (maximizar,

minimizar, maximização, minimização, etc) tanto nestes blocos (1) e (2), quanto nos demais (a serem comentados posteriormente) são indicações que visam dirigir o controle do clima urbano pretendido para a maximização das vantagens climáticas do sítio urbano (dentro do que foi colocado por Olgyay (1953, 1963 e 1969) e sintetizado na faixa 1 do figura 34, reproduzido à pág. 97).

Para as condições de clima quente-seco colocado no bloco II, só temos uma alternativa de controle natural: minimizar a temperatura; por decorrência, diminui-se a evaporação do meio e é aumentada a umidade relativa do ar.

O Bloco B2 (ver no quadro 07) - para condições de tensão térmica negativa (com tendência para frio) conduz ao bloco III, e sintetiza a informação de que para condições de climas ou períodos climáticos de frio-úmido ou frio-seco, as alternativas de controle climático são as mesmas para ambos (ver bloco (4), no mesmo quadro 7): maximizar a temperatura (maximizando os ganhos de radiação) e minimizar a ventilação (para minimizar as perdas de calor por convecção, uma vez que os ventos são frios).

Para cada uma das características analisadas, há um coluna para as recomendações de controle apropriadas ao CONFORTO e outra coluna para as recomendações de controle climático visando a SALUBRIDADE (como podemos ver no quadro 07 pág. 120).

Com base principalmente nas informações recolhidas nos itens: 3.0 (Clima Urbano), 3.3.2 (características da forma urbana que são condicionantes

climáticas) e com base em 6.0 (que trata de Forma Urbana) foram preenchidos os demais blocos do quadro 7, estando a resposta (quando foi possível fornecê-la, no cruzamento de uma característica - que se quer condicionante - com um controle pretendido.

As respostas que foram dadas, estão calcadas fundamentalmente naquelas relações (concentração/dispersão, centralização/descentralização, espaçamento, alturas relativas e trocas de calor) vistas em 6 2.1 e que são inerentes às características de forma urbana que são condicionantes climáticas.

Em síntese, serão colocadas - nos próximos parágrafos, as recomendações para o Planejamento Urbano e para o Desenho Urbano apresentadas segundo as condições, objetivo e controle inicialmente discriminadas para cada uma das condições climáticas (referentes ao bloco I, ao bloco II e ao bloco III do quadro 7, pág. 120.

- I - FORMA URBANA APROPRIADA A CONDIÇÕES CLIMÁTICAS QUE APRESENTEM TENSÃO TÉRMICA POSITIVA (com tendência para calor) e ALTA UMIDADE RELATIVA DO AR - PARA CLIMA OU PERÍODO CLIMÁTICO QUENTE-ÚMIDO. OBJETIVO: Conforto e Salubridade para o homem no espaço climático urbano. CONTROLE: Maximizar ventilação e minimizar temperaturas (com ênfase na

maximização da ventilação).

A forma urbana deve ser porosa, devendo ser minimizada a sua densidade de construção - conseqüentemente, sendo maximizados os espaçamentos entre os elementos da sua massa edificada. É apropriado maximizar o sombreamento e orientação solar dos elementos morfológicos da massa edificada e dos espaços exteriores, para minimizar os ganhos solares. Alturas relativas diferenciadas.

A sua dimensão horizontal (referente ao seu tamanho) deve ser minimizada, principalmente na direção perpendicular aos ventos dominantes (para reduzir o atrito e conseqüente diminuição na velocidade dos ventos - referentes à rugosidade - nos elementos morfológicos a sotavento).

Na ocupação do solo deve-se: minimizar a concentração de elementos morfológicos que contenham atividades industriais, comerciais e de serviços; minimizar a centralização de determinados elementos morfológicos, tais como, edifícios altos, avenidas e estacionamentos, onde predominem materiais (como o concreto e o asfalto) com altos coeficientes de absorção e emissão de radiação e intensas atividades antropogênicas; e maximizar a ocupação e revestimento do solo com áreas verdes, que aumentam as trocas térmicas - por diferença de pressão - com arranjos morfológicos à sua volta.

- II - FORMA URBANA APROPRIADA A CONDIÇÕES CLIMÁTICAS QUE APRESENTEM TENSÃO TÉRMICA POSITIVA (com tendência para calor) e BAIXA UMIDADE RELATIVA DO AR - PARA CLIMA OU PERÍODO CLIMÁTICO QUENTE-SECO.
 OBJETIVO: Conforto e Salubridade para o homem no espaço climático urbano.
 CONTROLE: Minimizar temperaturas.

Na forma urbana apropriada a condições climáticas que apresentem tensão térmica positiva - com tendência para calor - e baixa umidade relativa do ar, devem ser minimizadas as diferenças de altura e os espaçamentos entre os elementos morfológicos da massa edificada (a ventilação, nestas condições, só é importante para o conforto térmico quando a temperatura do ar se situa abaixo de 33°C (ver item 4.1.2 condição básica e Vogt e Miller-Chagas).

A direção das ruas (elementos morfológicos dos espaços exteriores) devem ser contrárias à direção dos ventos quentes.

Quanto à ocupação do solo deve-se: minimizar a concentração de atividades industriais, comerciais e de serviços (são atividades antropogênicas intensas); minimizar a centralização de determinados elementos morfológicos como edifícios altos, avenidas e áreas de estacionamento (com grandes massas de concreto e asfalto - e altos coeficientes de emissão); maximizar a ocupação do solo por áreas verdes.

III - FORMA URBANA APROPRIADA A CONDIÇÕES CLIMÁTICAS QUE APRESENTAM TENSÃO TÉRMICA NEGATIVA (com tendência para frio) - PARA CLIMA OU PERÍODO CLIMÁTICO FRIO (SECO OU ÚMIDO).

OBJETIVO: Conforto e Salubridade para o homem no espaço climático urbano.

CONTROLE: Maximizar temperaturas e minimizar ventilação.

A forma urbana apropriada a condições de tensão térmica negativa (com tendência para frio), deve possuir espaçamento e alturas relativas minimizadas entre os elementos de massa edificada para reduzir as perdas de calor para os espaços urbanos exteriores, maximizando as trocas térmicas entre os próprios elementos da

massa edificada.

Enquanto que para responder às solicitações de conforto para o homem, seria conveniente maximizar a concentração e centralização de elementos morfológicos que contenham atividades antropogênicas intensas e/ou altos coeficientes de emissão, para a salubridade tais soluções geralmente acarretam a formação de expressivas ilhas de calor, concentração de poluentes aéreos e inversão térmica.

A orientação da forma urbana deve: maximizar os ganhos de radiação solar através da exposição da morfologia da massa edificada e dos espaços exteriores aos caminhos aparentes do sol e através da sua relativa compacidade, propiciar a conservação da energia radiante captada; a morfologia dos espaços exteriores deve opor-se à direção dos ventos frios, com a formação de barreiras pela própria massa edificada a barlavento, contudo garantindo-se a ventilação para retirada de poluentes aéreos, através de pequenas descontinuidades na morfologia da massa edificada.

As conclusões acima (contidas em I, II e III) demonstram que:

(1) para determinadas condições de clima, ou período climático quente-seco (com temperaturas elevadas) e de clima ou período climático frio, a forma urbana apropriada ao controle climático - adequada ao homem, do ponto de vista do conforto térmico - pode eventualmente não atender as exigências de salubridade (qualidade do ar) das estruturas urbanas; através do controle natural (sem condicionamento mecânico);

(2) para climas ou períodos climáticos quente-umido, a forma urbana apropriada ao controle climático - quanto ao conforto térmico - será também apropriada do ponto de vista da salubridade das cidades pois,

o aproveitamento maximizado da ventilação, além de favorecer o conforto retira os poluentes aéreos nelas gerados.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉS, Maurício. A Conservação de Energia nos Assentamentos Humanos. Belo Horizonte, Fund. I.P./CETEC, mar/abr 1981 (adaptação de Andrés, M., "La Conservation de Energia en los Assentamentos Humanos" - CEPAL, 1981)

BACH, Wilfrid. Urban Climate, Air Pollution, and Planning. in: Detwyler, T. R e Marcus, M.G. Urbanization and Environment. Belmont, Califórnia, Duxbury Press, 1970. 287 pp ilustr.

BORNSTEIN, Robert D. Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. New York University, Department of Meteorology and Oceanography, Geophysical Sciences La Bonstony. Presented at the 47th Annual Meeting of the American Meteorological Society in New York City. Publ. in: J of Appl Met, Vol. 7, p.p. 575-582, 1968.

BRYSSON, Reid A. e Ross, John E. The Climate of the City. in: Detwyler, T. R. e Marcus, M.G. Urbanization and Environment. Belmont, Califórnia, Duxbury Press, 1970. 287 pp. ilustr.

CHANDLER, T. J. Temperature and Humidity Traverses Across. In: Weather. London, University College. Vol. 17, pp. 235 - 242, 1962..

CHAUÍ, Marilena. O que é Ideologia. 11ª Ed. São Paulo, Editora Brasiliense, 1983. 125 p.p. ilustr.

CHICHIERCHIO, Luiz C. Controle Térmico de Ambientes.

In: Controle do Ambiente em Arquitetura - Curso de Especialização por Tutoria à Distância. CAPES, Brasília, 1983.

DANNI, Inês Moresco. A Ilha Térmica de Porto Alegre

"Contribuição ao Estudo do Clima." In: Boletim Gaúcho de Geografia. Porto Alegre, Série Geo. nº 8, p.p. 33 - 48, maio/1980.

DÉRIBÉRE, Maurice. El color en las actividades humanas.

Madrid, Editorial Tecnos S.A., 1964. 359 pp. ilustr.

DETWYLER, Thomas R. & Marcus, Melvin G. Urbanization and

Environment. Belmont, Califórnia, Duxbury Press, 1970. 287 p.p. ilustr.

DONALD, J. Belcher and Associates, in: O Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República - Relatório Belcher. Rio, DASP, 1955, 1957, Brasília, CODEPLAN, 1984. 315 pp. ilustr.

ECO, Umberto. Como se faz uma tese di laurea. Casa Editrice Valentino Bompiani & C.S. p. A., 1977. (trad. SOUZA, Gilson Cesar C. de e Martins Filho, Plínio. Como se faz uma tese. São Paulo, Editora Perspectiva, 1983. 183 p.p.).

FERREIRA, Philomena Chagas. Alguns dados sobre o clima

para a Edificação em Brasília. Brasília, UnB Mestrado em Arquitetura, 1965. 103 p.p. ilustr. cópia reprográfica.

- GANDEMER, M. Le confort et le vens dans les Espaces Extérieurs, In: CSTB Magasine, nº 5 Paris, 1981, pp. 2-8.
- GIVONI, B. Man, Climate and Architecture, Amsterdam, London e New York, Elsevier Publishing Company Limited, 1969. pp. 364 ilust.
- GOLDMAN, Simão. Psicodinâmica das Cores. 4ª Ed. Caxias, Ed. La Salle, 1964.
- GOLDEMBERG, José. Energia no Brasil. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1979, 171 pp. ilust.
- GUYTON, Arthur C. Text book of Medical Physiology. W.B. Saundess Company, 5ª ed. 1976 (Trad. da Ed. Interamericana: Tratado de Fisiologia Médica. 1ª edição, Rio de Janeiro, 1977).
- HALL, Edward T. The Hidden Dimension - Santa Fé, Nuevo México. Trad. Orozco, J.H. La Dimension Oculta - Enfoque Antropológico del uso del Espacio. Madrid, Instituto de Estudios de Administracion Local, 1973. 311 p.p. ilust.
- HEIMSTRA, Norman W. & Macfarling, Leslie H. Environmental Psychology. Monterey, Brooks/Cole Publishing Company, 1974. Trad. Shimdt, M. A. Psicologia ambiental .São Paulo, EDUSP, Ed. da Universidade de São Paulo, 1978. 218 p.p. ilust.

HOLANDA, Armando de. Roteiro para Construir no Nordeste;
Recife, Universidade Federal de Pernambuco; Mestrado de
Desenvolvimento Urbano, 1976. 48 p.p. ilustr.

IZARD, Jean-Louis & Guyot, A. Arquiteturas Bioclimáticas.
Barcelona, Ed. G. Gili S.A., 1980. 191 p.p. ilustr.

LACOSTE, A & e Salanon, R. Elements de
Biogéographie. Paris, Fernand Nathan, 1973. Trad.
Camarasa, J. M. Biogeografia. Barcelona, Oikos-Tau,
S.A - Ediciones, 1973, 272 págs.).

LOMBARDO, Magda A. Ilha de Calor nas Metrôpoles -
O Exemplo de São Paulo. São Paulo, Editora Hucitec,
1985. 244 p.p. ilustr.

LOWRY, William P. The Climate of the City. In: Weather
And Life An Introduction To Biometeorology.
Acad. Press, 1967.

MACIEL, J. Elementos de Teoria Geral dos Sistemas.
Petrópolis, Editora Vozes, 1973.

MAX Sorre. L'Adaptation au Milieu Climatique et Bio-Social.
In: Piéron, Henri, Org. Traité de Psychologie Appliquée.
Paris, PUF, 1954. Trad. Megale J.F. et alii, A Adaptação
ao Meio Climático e bio-social - Geografia Psicológica.
In: Megale, J. F. e Fernandes, J., Max Sorre - Geografia.
Editora Ática, São Paulo, 1984. 192 pp.

MILLER, Chagas P. & Paul, P. Configurations Urbaines:
Apports Energetiques et Microclimats, Étude des

Espaces Exterieurs de trois Ensembles a Strasbourg.
Strasbourg, ARIAS (Association de Recherche près de
L'Institut d'Architecture et d'Urbanisme de Strasbourg),
1980 - 92 p.p. ilustr. cópia reprográfica.

MONTEIRO, C. A. de Figueredo. Teoria e Clima Urbano. São
Paulo, Instituto de Geografia da USP. Série Teses e
Monografias nº 25, 1976. 181 p.p.

MUNFORD, Lewis. The City in HISTORY - Its Origins, Its
Transformations and Its Prospects. Copyright by Lewis
Munford, 1961. Trad. Silva da, Neil R., A Cidade na
História suas Origens, Desenvolvimento e Perspectiva -
Martins Fontes/Editora Universidade de Brasília, 2ª
Edição Brasileira, 1982, 741 pp., ilustr.

MOTA, Suetônio. Planejamento Urbano e Preservação Ambiental.
Fortaleza, Edições UFC, 1981. 242 p.p. ilustr.

OLGYAY, Victor. Design With Climate - Bioclimatic Approach
to Architectural Regionalism. PRINCETON University Press,
Princeton, New Jersey, 1963. 190 p.p. ilustr.

_____. Clima y Arquitectura en Colombia. Trad.
Irisarri, Eduardo de. Universidad. Del Valle, Facultad
de Arquitectura, 1968. 240 pp. ilustr.

OKE, T. R. & Maxwell G. B. Urban Heat Island Dynamics in
Montreal AND Vancouver. In: Atmospherie Environment.
Canadá, Great Britain, Vol. 9 pp. 191 - 200 ilustr.
1975.

O'SULLIVAN, P. Heat Islands in Cities. In: Architectural Research And Teachings. Vol. 1 nº 1 may 1970.

PÉDELABORDE, Pierre. Introduction A L'Étude Scientifique Du Climat. Paris, SEDES - Société D'Édition D'Enseignement Supérieur, 1970. 245 pp. ilustr.

PEREIRA, Luz V. Definição da Forma Urbana no Planeamento Físico. L.N.E.C., Memória nº 570, Lisboa, 1982. 27 p.p.

PETERSON, James T. The Climate of Cities: A Survey of Recent Literature. Durham, North Carolina. U.S. Department of Health, Education, and Welfare - Division of Meteorology, 1969. 39 p.p. ilustr.

Puppo Y Puppo, Acondicionamento Natural y Arquitectura.

RAMÓN, Fernando. Ropa Sudor y Arquitecturas. Madrid, H. Blume Ediciones, 1980. 124 pp. ilustr.

RAPOPORT, Amos. House, Form and PRINCE Hall, N. J., 1969. Trad. Merstersheim, A. M., Pour une Antropologie de la Maison. Dunod, Paris, 1972, 207 pp., ilustr.

ROMERO, Marta A. B. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. UnB - Ia - URB - Dissertação de Mestrado, Brasília, 1985. 149 pp. ilustr.

RUNNELS, R. C., Randerson, D. Griffiths. An Observational Study of Winter Temperatures in the Urban Area of Houston, Texas Int. J. Bio - Meteor. Houston, Vol. 16, Number 2, p.p. 119 - 129 ilustr., 1972.

SEMA MINTER - Secretaria Especial do Meio Ambiente, Meio Ambiente - Algumas Respostas Básicas. Brasília, 1978, 32 pp.

Verde Perpétuo. In: Revista Veja, nº 902 pp. 82, 1985

VILLAS BOAS, Marcio. An Assessment of Thermal Confort and Pollution Dispersion Potentials Revealed By Phisical Modeling in a Wind Buildings and Within Urban Areas. RICE University - Thesis Doctor of Architecture, Houston, Texas, May 1979. 122 p.p. ilustr.

..... Adaptação da Arquitetura ao Clima
MIMEO do Departamento de Arquitetura - IA - UnB, 1982.

..... Ventilação em Arquitetura.
MIMEO do Arq. - Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 1983, 66 pp. ilustr.

..... Significado da Arquitetura nos Trópicos
- Um Enfoque Bioclimático. In: Boletim do Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, Universidade de Brasília. nº 40 pp. 33 - 61, dezembro/1984.