



CARACTERIZAÇÃO DE CLIMAS COMPOSTOS E PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA O PROJETO BIOCLIMÁTICO: O CASO DE CAMPINAS

Chvatal, Karin M. S.⁽¹⁾ ; Labaki, Lucila C.⁽²⁾ ; Kowaltowski, Doris C. C. K.⁽³⁾

1. Doutoranda em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP
2. Departamento de Construção Civil, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP

C. Postal 6021 - CEP 13083-970, Campinas, SP Tel.: (19) 788-2384, FAX (19) 788-2411

E-mail: karin@bestway.com.br; lucila@fec.unicamp.br; doris@fec.unicamp.br

RESUMO

O presente trabalho refere-se a um estudo que procurou caracterizar o clima de Campinas, SP, com o objetivo de fornecer subsídios para a elaboração de diretrizes para o projeto bioclimático nesta cidade. Para efetuar o estudo do clima foram aplicados métodos simples de análise. Os resultados destes métodos foram cruzados a fim de se diagnosticar o clima de forma detalhada, observando o comportamento de cada um de seus elementos (temperatura, vento, umidade relativa) ao longo do ano e a sua inter-relação. Em algumas situações, não foi possível enquadrar o clima da cidade conforme padrões previamente estabelecidos, pois esta situa-se numa região de transição, entre os climas úmidos e secos. Em seguida, procurou-se estabelecer algumas recomendações para o projeto bioclimático. A elaboração das mesmas tornou-se particularmente difícil devido à característica do clima composto da cidade.

ABSTRACT

The aim of this work is the characterization of the climate of Campinas, SP, so that specifications can be provided to bioclimatic design. Simple methods of analysis were applied to effectuate this characterization. The results obtained by these methods were crossed out so that detailed climate diagnosis could be carried out, through the observations of each climate element (temperature, wind, relative humidity) along the year and their relationship. In some situations, it was not possible to situate the climate of the city according to previously established standards, since the city is situated in a transition region, between hot and humid climates. Based on these results, recommendations for bioclimatic design in this city were established, but its elaboration was particularly difficult due to the characteristic of composed climate.

1 Introdução

Para assegurar condições térmicas internas satisfatórias, o projetista deve considerar o clima do local, fazendo com que o ambiente construído amenize as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivos calor, frio ou ventos, como também propicie espaços que sejam, no mínimo, tão confortáveis quanto os ao ar livre, em climas amenos (Frota e Schiffer, 1995). A edificação, através de seus elementos (paredes, piso, cobertura, superfícies envidraçadas e aberturas), "molda" as características externas de modo a garantir condições de conforto adequadas para o ambiente interno.

Portanto, quando se trata de arquitetura e clima, verifica-se a necessidade de conhecimento detalhado do mesmo. O estudo dos elementos climáticos possibilita a identificação das principais exigências, guiando dessa forma as decisões tomadas no momento inicial de elaboração do projeto. O presente trabalho surgiu justamente com o objetivo de aplicar métodos simples de tratamento de dados climáticos a fim de diagnosticar o clima de Campinas e dessa forma chegar a diretrizes que pudessem fornecer alguns subsídios para a fase de concepção.

2 Estudo do clima

2.1 Métodos utilizados

Os métodos simples de análise podem constituir uma importante ferramenta para o projetista, devido à sua rapidez e facilidade de aplicação. Estes métodos, geralmente através de um estudo básico de elementos como temperatura e umidade relativa do ar, fornecem recomendações de projeto visando o conforto térmico. Neste trabalho, procurou-se aplicar uma série destes métodos a fim de efetuar um diagnóstico do clima da cidade de Campinas. Os resultados foram cruzados a fim de se caracterizar o clima de forma detalhada, observando o comportamento de cada um de seus elementos (temperatura, vento, umidade relativa) ao longo do ano e a sua inter-relação. Procurou-se então estabelecer algumas diretrizes para o projeto bioclimático na cidade, as quais, de acordo com as limitações dos métodos adotados, referem-se a edificações simples, habitacionais ou similares, nas quais sejam desenvolvidas atividades sedentárias.

Os métodos utilizados foram: expedito e estatístico para a determinação dos períodos de verão e inverno (Akutsu, Vittorino e Kanaciro, 1993), os métodos propostos por Rivero (1986), Aroztegui (1995), Evans e Schiller (1991 e 1997), e as tabelas de Mahoney (Naciones Unidas, 1973 e Koenigsberger et al., 1977). Utilizou-se os dados do posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), correspondente ao período de 1978 a 1997. Como esses dados não se encontravam disponíveis para todos os anos do período, optou-se por utilizar sempre o maior período possível, ajustado de acordo com a disponibilidade de registros dos dados que cada método exigia.

2.2 Diagnóstico climático e proposição de diretrizes

Campinas está situada no estado de São Paulo, a 23^o de latitude sul e 47^o de longitude oeste, com altitude média de 694 metros (Campinas, 1995). O período de verão,

determinado pelos métodos expedito e estatístico, compreende os meses de novembro a março e o período de inverno, mais curto, os meses de junho a agosto.

Verifica-se que o verão possui maior duração que o inverno, indicando a predominância do calor sobre o frio na cidade durante o ano. O mês mais quente é fevereiro, com maior média das máximas (29,9^o C). E o mês mais frio, junho, com menor média das mínimas, (12,2^oC), sendo que julho apresenta um valor muito próximo (12,3^o C).

A determinação dos meses de verão e inverno baseou-se somente em dados de temperatura. A umidade relativa do ar é outro fator que também interfere na sensação de frio e calor. Para uma dada temperatura, a sensação de calor é maior quando a umidade relativa é alta, pois a perda de calor por evaporação é dificultada. A umidade relativa média em Campinas, varia de 64,3% (agosto) a 77,7% (janeiro e fevereiro) (Tab. 1)

Tabela 1- Umidade relativa média em Campinas

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
umidade relativa média (%) *	77,7	77,7	77,3	75,6	75,9	73,8	68,2	64,3	64,7	69,1	70,4	76,0
Grupo de umidade **	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4

* Valores referentes ao período de 1981 a 1997 (exceto 1991 e 1992).

** Grupos de umidade, de acordo com as Tabelas de Mahoney: 1 (UR < 30%), 2 (UR entre 30-50%),

3 (UR entre 50-70%), 4(UR > 70%).

Percebe-se que a umidade é maior no verão que no inverno e que todos os meses de verão obtiveram a classificação "4" de acordo com as tabelas de Mahoney (Tab.1). Na época do verão também chove mais, principalmente em dezembro e janeiro, de acordo com os dados de precipitação total. Para o método de Mahoney, estes meses possuem classificação H3 (precipitação total maior que 200 mm), o que leva à recomendação da necessidade de proteção das aberturas contra chuva.

O verão apresenta também temperaturas altas. Isso pode ser verificado pelo Mahoney, no qual os dias são classificados como quentes (Q) de novembro a abril, e pelo método de Aroztegui (caracterização do rigor das estações), onde a média das temperaturas máximas diárias em fevereiro é alta (29,9^oC).

Essa combinação de temperatura e umidade altas indicou a estratégia bioclimática de ventilação (maior velocidade do ar), pois assim a perda de calor do corpo é facilitada. O método de Rivero recomenda ventilação abundante e permanente para os meses de janeiro e fevereiro, continuando a prevê-la de outubro a dezembro e em março, só que com possibilidade de controle (fechamento das aberturas). Mahoney classifica os meses de novembro a abril como quentes e úmidos (H1), nos quais o movimento de ar é essencial, havendo necessidade de ventilação cruzada e entrada permanente de ar.

O aproveitamento do vento torna-se então imprescindível, sendo necessário para isso obter informações sobre o comportamento do mesmo em Campinas. Pedroso (1988) recomenda encontrar a variação da direção do vento ao longo do ano, as velocidades associadas a essas direções e as suas freqüências de ocorrência. Com os dados

climáticos disponíveis não foi possível obter todas essas informações. Foram encontradas somente a direção na qual o vento sopra com maior frequência (sudeste), denominada direção predominante e a sua velocidade média anual, de 2,5 m/s.

No inverno não há mais necessidade de ventilação abundante como no verão, pois a umidade relativa e a temperatura assumem valores mais baixos. Isso pode ser verificado por Rivero, que recomenda, de abril a setembro, um decréscimo gradual da ventilação. Uma forma de atender a exigências tão variadas é através da previsão de aberturas reguláveis, que permitem o controle do fluxo de ventilação pelo usuário. Aberturas que propiciem ventilação permanente, portanto, não são adequadas. No que se refere à ventilação higiênica, não há necessidade de aberturas diferenciadas para provê-la, segundo o recomendado por Rivero.

Ainda com relação à ventilação de inverno, Mahoney levanta a necessidade de proteção contra o vento frio. De acordo com os dados de vento encontrados até então, este possui a mesma direção predominante sudeste do vento de verão. Neste caso, percebe-se duas exigências contraditórias. No verão, as aberturas devem ser orientadas de modo a captar esse vento, e no inverno, estar protegidas do mesmo. Portanto, apesar do método de Rivero não considerar importante evitar as infiltrações pelas janelas e portas, optou-se por sugerir um maior cuidado com elas, principalmente com as submetidas ao vento sudeste, em áreas pouco adensadas.

Outro dado climático que deve ser observado é a amplitude de temperatura (Tab. 2). O verão em Campinas, mais úmido que o inverno, apresenta amplitudes menores, em torno de 10,4 °C (média entre os meses de verão). Já o inverno, mais seco, possui amplitudes maiores, chegando a 12,9 °C em agosto, e apresentando uma média para esses meses de 12,3 °C. Percebe-se que a cidade, mesmo no verão, apresenta amplitudes razoáveis. Pela aplicação do método de Aroztegui vê-se isto claramente, possibilitando inclusive a comparação com a caracterização de outras cidades (Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro) apresentadas pelo autor. Apesar da média das máximas no verão, em Campinas, ser muito próxima às de Recife e Rio, sua temperatura média para este mesmo período é bem menor, devido à amplitude térmica, que é superior às das outras cidades. Pelo método de Aroztegui, em todas as caracterizações, a cidade permaneceu na zona de transição (amplitudes médias entre 10° C e 14° C). Isto corresponde a uma região difusa, onde o clima não pode ser definido nem como úmido, nem como seco, o que significa que as soluções devem ser cautelosas, sem ir a extremos.

Tabela 2- Amplitude diária média de temperatura em Campinas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
amplitude diária média de temperatura* (°C)	10,1	10,5	10,4	10,5	10,8	11,7	12,3	12,9	11,9	11,9	11,2	10,0

* Dados referentes ao período de 1978 a 1994 (exceto 1991 e 1992).

Devido a essa amplitude térmica, tem-se que, nos meses de maio a outubro, de acordo com Mahoney, as noites são frias (F), mas os dias, confortáveis (C). Ainda segundo Aroztegui, no inverno a amplitude diária média de temperatura é maior que a das três cidades apresentadas, Rio, Recife e Porto Alegre. Essa grande variação térmica diária

proporciona em Campinas um inverno com temperaturas amenas durante o dia (máximas médias em torno de 24 °C).

Esta amplitude de temperatura também apresenta um outro indicativo, a necessidade de inércia térmica dos fechamentos. Pode-se portanto tirar partido do alto ganho de calor durante o dia para, através da inércia térmica, aquecer os ambientes internos à noite no período frio. De acordo com os métodos aplicados, tem-se que Mahoney recomenda paredes externas com grande atraso térmico. As recomendações mais severas de Rivero para fechamentos verticais referem-se ao mês de agosto (mais seco): um alto amortecimento. No entanto, não foi possível quantificar essas propriedades térmicas, devido à grande discrepância dos valores fornecidos pelos métodos.

No que se refere aos fechamentos horizontais (cobertura), foram encontradas recomendações conflitantes. No Rivero, a recomendação é de telhados com alta resistência térmica e excelente amortecimento. Já Mahoney recomenda telhados leves (baixa inércia térmica), mas com uma resistência térmica bem alta. Essas diferenças talvez devam-se ao clima composto da cidade. Considerou-se que por estar justamente na transição entre os climas úmidos e secos em todas as caracterizações de Aroztegui, a adoção de paredes e telhados com grande amortecimento provavelmente não seria a ideal, visto que no verão estes poderiam ocasionar temperaturas altas à noite. No entanto, há necessidade de um estudo mais detalhado, especialmente sobre telhados, para a cidade.

Com relação à insolação direta e sua proteção, as recomendações fornecidas pelos métodos são conflitantes no que se refere aos períodos nos quais a mesma deve ser evitada. De acordo com o método de Rivero, esta deve ser eliminada nos meses de setembro a abril. No período restante, de maio a agosto, não há necessidade de tanto controle. Pelo Mahoney, no entanto, deve-se evitar luz do sol direta durante todo o ano. Optou-se pela recomendação de Rivero, atentando-se que essa proteção se dê principalmente nos horários mais quentes do dia. Percebeu-se nesta etapa que seria interessante um estudo mais aprofundado da insolação para um melhor estabelecimento dos períodos nos quais a mesma deva ser evitada, contemplando-se as radiações difusa e refletida, as diversas orientações, e o uso dos ambientes. Ainda com relação à radiação refletida, Rivero inclusive recomenda o tratamento do solo circundante para reduzir as reflexões, recomendação que foi adotada na proposição das diretrizes.

Dessa forma, após esse diagnóstico climático e o levantamento de quais seriam as estratégias adequadas para atender às exigências do mesmo, elaborou-se a tabela abaixo (Tab.3), que visa fornecer alguns subsídios para a fase de concepção do projeto arquitetônico e refere-se a edificações habitacionais ou similares, nas quais as pessoas desenvolvam atividades sedentárias (limitação dos métodos utilizados).

Tabela 3- Diretrizes para a concepção de projetos na cidade de Campinas,SP visando o condicionamento térmico natural

Aspecto	Recomendação
aberturas	<ul style="list-style-type: none"> • orientadas de modo que seja possível ventilação cruzada (aproveitamento do vento: sudeste). • protegidas contra o vento sudeste no inverno. Maior cuidado com as infiltrações em janelas e portas submetidas a esse vento em áreas pouco adensadas. • reguláveis, para que seja possível o controle do fluxo de ar, de modo a atender as exigências de ventilação variáveis ao longo do ano. Não devem ser previstas aberturas permanentes de ventilação. • posicionadas de forma que o vento incida diretamente sobre os ocupantes no verão (janelas na altura dos usuários). • com dispositivos exteriores para controlar a radiação solar no período de setembro a abril, principalmente nos horários mais quentes do dia, referentes ao período da tarde (análise através da carta solar). • protegidas contra chuva.
orientação / insolação	<ul style="list-style-type: none"> • a orientação dos edifícios deve favorecer o aproveitamento do vento predominante (sudeste). • controle da radiação solar através da coloração apropriada das superfícies. • tratamento do solo circundante para controlar as temperaturas superficiais. Uma boa alternativa é o uso da vegetação que também diminui a necessidade de drenagem da água da chuva.
espaçamento entre as edificações	<ul style="list-style-type: none"> • grande separação entre as edificações para entrada do vento sudeste no verão úmido.
fechamentos	<ul style="list-style-type: none"> • inércia térmica de média a alta, devido às grandes amplitudes de temperatura, principalmente no inverno.
superfícies envidraçadas	<ul style="list-style-type: none"> • com dispositivos exteriores para controlar a radiação solar no período de setembro a abril, principalmente nos horários mais quentes do dia, referentes ao período da tarde (análise através da carta solar).

3 Considerações finais

Considera-se que esta pesquisa consistiu num importante passo na caracterização climática de Campinas, visto que até então não havia sido desenvolvido nenhum trabalho mais completo nesse sentido. As diretrizes apresentadas visam apenas fornecer alguns subsídios para a fase de concepção do projeto arquitetônico, etapa particularmente importante quando se trata do conforto térmico.

A maior parte da literatura trata de climas extremos, ou seja, quentes e úmidos ou quentes e secos. A elaboração destas recomendações tornou-se particularmente difícil por se lidar com climas que não se enquadram exatamente nessa classificação. Neste caso, deve-se procurar dosar as exigências contraditórias e considerar o rigor dos elementos climáticos, optando-se por soluções ponderadas. A maior dificuldade

consistiu justamente em ter mecanismos confiáveis que garantissem a ponderação dessas soluções. Não foi possível, por exemplo, elaborar recomendações mais precisas para as propriedades térmicas dos materiais, o que indicou a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre o comportamento térmico de alguns tipos de paredes e coberturas. O mesmo ocorreu com os dados de vento, que eram insuficientes, ou com as recomendações relativas à insolação, que necessitavam de uma abordagem mais detalhada.

4 Referências bibliográficas

1. AKUTSU, M., VITTORINO, F., KANACIRO, C. (1993): Tratamento estatístico de dados climáticos para a definição dos períodos de verão e de inverno. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, 1993, Florianópolis. Anais.... Florianópolis: ANTAC, ABERGO, SOBRAC, p. 185-191.
2. AROZTEGUI, J. M. (1995): El Proyecto para la eficiencia térmica de los edificios. III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Gramado/RS. (apostila de curso)
3. CAMPINAS (1995): Prefeitura Municipal. Plano Diretor. Campinas.
4. EVANS, J. M, SCHILLER, S. (1994): Teaching architects low energy and climate concious design. Renewable Energy. v. 5, n. 5, p. 1147-1150, Aug.
5. EVANS, J. M, SCHILLER, S. (1991): Diseño bioambiental y arquitectura solar. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
6. FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. (1995): Manual de conforto térmico. 2. ed. São Paulo: Nobel.
7. KOENIGSBERGER, O. H. et al. (1977): Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid: Paraninfo.
8. NACIONES UNIDAS (1973): Departamento de Assuntos Económicos y Sociales. El clima y el diseño de casas. Nueva York: Naciones Unidas. (Diseño de Viviendas Económicas y Servicios de la Comunidad, 1).
9. PEDROSO, N. G. (1988): Clima, meio ambiente e edificação: orientações para obtenção de dados climáticos necessários ao planejamento e execução de projetos executivos. In: Tecnologia de Edificações. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI, IPT, p. 487-490.
10. RIVERO, R. (1986): Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. 2. ed. Porto Alegre: DC Luzzato/UFRGS.