

ESTUDO DO CLIMA DE CAMPINAS: A DIFICULDADE DE CARACTERIZAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA CLIMAS COMPOSTOS

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

(1) Doutoranda em Engenharia Civil, Faculdade de Eng. Civil, UNICAMP

(2) Departamento de Construção Civil, Faculdade de Eng. Civil, UNICAMP

Caixa 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

Muitas vezes, no estudo do clima de um determinado local, 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 climáticos, fornecem recomendações de projeto visando o conforto térmico. Neste trabalho apresenta-se os resultados da adoção de uma série destes métodos para a cidade de Campinas, SP, a fim de caracterizar o clima e propor diretrizes para o projeto nesta cidade. Procede-se uma avaliação desses resultados, originando uma descrição das principais características climáticas da cidade. No entanto, como não foi possível o seu enquadramento nas categorias quente e úmido ou quente e seco, apresenta-se as dificuldades encontradas na elaboração das recomendações. A maior parte da literatura trata desses climas extremos e pouco encontra-se sobre como dosar as exigências em situações intermediárias e variáveis ao longo do ano.

ABSTRACT

Simple methods of climate diagnosis are an important design tool due to their fastness and easiness. Most of times these methods are based on the study of climatological data and give building design recommendations for natural thermal comfort. In this work we present the results of several methods and their application for the city of Campinas. An evaluation of these results presents an description of the main climatic characteristics of the city, but it was not possible to classify the climate as hot humid or hot dry. We introduce some difficulties to building design recommendations for this kind of climate. Most of works deal with extreme climates and there are few available results for intermediate and variable conditions along of the year.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do clima é exigência básica para que o arquiteto projete uma edificação confortável do ponto de vista térmico. As paredes, o piso, a cobertura, as aberturas e as superfícies envidraçadas devem ser concebidas de acordo com as características específicas do clima, as quais são expressas através de elementos como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, entre outros. O estudo desses elementos climáticos possibilita a identificação das principais exigências, guiando dessa forma as decisões tomadas no momento inicial de elaboração do projeto.

Este 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 METODOLOGIA

Para efetuar o diagnóstico climático foram selecionados alguns métodos simples de análise. Estes métodos podem constituir numa importante ferramenta para o projetista, devido à sua rapidez e facilidade de aplicação. A maioria deles, através de um tratamento básico de elementos climáticos, fornece recomendações de projeto visando o conforto térmico.

Utilizou-se os dados do posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), correspondentes ao período de 1978 a 1997 (20 anos). Foram coletados os registros médios mensais de temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e total pluviométrico. Alguns registros (temperatura média, umidade relativa, direção e velocidade do vento) não se encontravam disponíveis para todos os anos do período. Optou-se por utilizar sempre períodos de 15 anos, os mais recentes possíveis, ajustados de acordo com a disponibilidade de registros dos dados que cada método exigia. Na sequência são descritos os métodos utilizados.

Métodos expedito e estatístico para a determinação dos períodos de verão e inverno (AKUTSU, VITTORINO E KANACIRO, 1993)

Ambos utilizam os registros médios mensais das temperaturas máximas e mínimas. A diferença consiste no fato de que o primeiro é de fácil e rápida aplicação enquanto que o segundo é mais trabalhoso. Os resultados que eles apresentam são os meses que compõem o verão e o inverno.

Método proposto por RIVERO (1986)

Com a entrada dos valores médios mensais de temperatura média do ar e amplitude de temperatura num gráfico, são fornecidas recomendações para a estrutura térmica da edificação.

Método proposto por AROZTEGUI (1995)

Caracteriza o clima e fornece subsídios para a fase de concepção, com a entrada num gráfico da temperatura e da amplitude térmica. A caracterização pode ser global (entrada dos valores médios anuais), sazonal (entrada dos valores médios correspondentes aos meses mais frio e mais quente), e do rigor das estações (entrada das médias dos valores máximos e mínimos correspondentes aos meses mais quente e mais frio, respectivamente).

Método dos triângulos (EVANS E SCHILLER, 1991 e 1997)

Os valores mensais de temperatura média e amplitude são plotados num gráfico. De acordo com a região na qual cada ponto se encontra, há uma recomendação de estratégia de projeto.

Tabelas de Mahoney (NACIONES UNIDAS, 1973 e KOENIGSBERGER ET AL., 1977)

Fornece o diagnóstico do clima e propõe algumas recomendações. Aplicável a climas compostos, considera o rigor e a duração de diversos elementos climáticos, ponderando exigências contraditórias. São utilizados os dados médios mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa máxima e mínima¹, direção do vento dominante e precipitação.

Os resultados com a aplicação dos métodos foram cruzados a fim de se caracterizar o clima de forma detalhada, observando o comportamento de cada um de seus elementos (temperatura, vento e umidade relativa) ao longo do ano e a sua 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.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Resultados obtidos com a aplicação dos métodos

Métodos expedito e estatístico para a determinação dos períodos de verão e inverno (AKUTSU, VITTORINO E KANACIRO, 1993)

De acordo com a aplicação destes métodos, o inverno corresponde aos meses de junho, julho e agosto e o verão, aos meses de novembro a março.

Método proposto por RIVERO (1986)

Foram obtidas, para cada mês do ano, recomendações relativas aos fechamentos transparentes, ao tratamento em relação à radiação solar, à ventilação higiênica, à ventilação de verão, à orientação e às propriedades térmicas para os fechamentos verticais, horizontais e divisórias internas.

Método proposto por AROZTEGUI (1995)

Em todas as caracterizações (global, sazonal e do rigor das estações), não foi possível identificar o clima da cidade, o qual situa-se na zona de transição (amplitude térmica entre 10 e 14 °C, transição entre os climas úmidos e secos).

Método dos triângulos (EVANS E SCHILLER, 1991 e 1997)

Obteve-se a estratégia de inércia térmica para todos os meses do ano, exceto junho e julho, para os quais foi recomendada ventilação seletiva.

Tabelas de Mahoney (NACIONES UNIDAS, 1973 e KOENIGSBERGER ET AL., 1977).

Foram obtidas recomendações relativas à disposição das edificações, espaçamento entre as mesmas, aberturas, movimento de ar, paredes, telhado, pisos e características externas.

¹ Como só se dispunha de dados médios de umidade relativa, foi utilizado o procedimento descrito por LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA (1997) para a estimativa dos valores máximo e mínimo.

3.2 Cruzamento dos resultados e obtenção das diretrizes

Verifica-se que o verão (novembro a março) possui maior duração que o inverno (junho a agosto), indicando a predominância do calor sobre o frio na cidade durante o ano.

A amplitude de temperatura (Tab.1), é maior nos meses de inverno, atingindo seu valor máximo em agosto (13 °C). Nos resultados do método de Aroztegui, no inverno a amplitude diária média de temperatura é maior que a de três outras cidades apresentadas pelo autor: Rio, Recife e Porto Alegre.

Sabe-se que quanto maior a amplitude de temperatura, menor é a umidade relativa. Portanto, a umidade relativa também apresenta valores menores no inverno, com mínimo em agosto (64,3 %) (Tab.1). Como o verão é mais úmido, os registros de precipitação total apontam valores maiores nessa época. Os meses de dezembro e janeiro, para o método de Mahoney, possuem classificação H3 (precipitação total maior que 200 mm), o que leva à recomendação da necessidade de proteção das aberturas contra chuva.

Tabela 1- Dados climáticos de Campinas

	VERÃO						INVERNO						VERÃO
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
T_{max} *	29.5	29.7	28.9	27.8	25.3	24.1	24.6	26.3	26.6	28.5	29.0	29.1	
T_{min} *	19.6	19.5	18.7	17.4	14.8	12.5	12.4	13.3	15.0	16.8	18.3	18.9	
A *	9.9	10.2	10.2	10.4	10.5	11.6	12.2	13.0	11.6	11.7	10.7	10.2	
UR **	77.7	77.7	77.3	75.6	75.9	73.8	68.2	64.3	64.7	69.1	70.4	76.0	
T_{max} : média das temperaturas máximas diárias (°C) T_{min} : média das temperaturas mínimas diárias (°C) A : amplitude de temperatura (°C) UR : umidade relativa média (%)													

* Dados referentes ao período de 1983 a 1997.

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

A grande amplitude térmica no inverno faz com que este apresente temperaturas amenas durante o dia (média das máximas variando de 24.1 a 26.3 °C). Nos meses de maio a outubro, de acordo com Mahoney, as noites são classificadas como frias, mas os dias, confortáveis. Mesmo no verão a cidade apresenta amplitudes de temperatura razoáveis, embora menores. Pela aplicação do método de Aroztegui vê-se isto claramente, possibilitando inclusive a comparação com a caracterização das cidades de Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro. 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, pois sua amplitude térmica é superior.

Esta amplitude de temperatura indica a necessidade de uma alta inércia térmica dos fechamentos como estratégia bioclimática. Pode-se portanto tirar partido do alto ganho de calor durante o dia para, através da inércia térmica, aquecer os ambientes internos à noite.

Esta estratégia de inércia térmica foi verificada, em maior ou menor grau, nas recomendações fornecidas pelos métodos. Pelo método dos triângulos, a inércia térmica é recomendada durante a maior parte do ano. Mahoney e Rivero também apresentam esta estratégia ao indicar valores para as propriedades térmicas dos fechamentos horizontais e verticais.

Para os fechamentos verticais, Mahoney refere-se a paredes externas com grande atraso térmico (superior a 8 horas) e Rivero, nas suas recomendações mais severas (para o mês de agosto), a um coeficiente de amortecimento igual a 0,165 e resistência térmica² de $0,33 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$.

Para os fechamentos horizontais (cobertura), foram encontradas recomendações conflitantes. De acordo com Rivero, a recomendação é de telhados com alta resistência térmica ($0,33 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$) e excelente coeficiente de amortecimento (0,147). Já Mahoney recomenda telhados leves (baixa inércia térmica), mas com uma resistência térmica bem alta (transmitância não inferior a $0.8 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

As diferenças encontradas nas recomendações para telhados talvez devam-se à característica do clima evidenciada pelo método de Aroztegui, no qual a cidade situa-se na zona de transição. 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. Considerou-se então que 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. Optou-se também por não indicar valores de resistência térmica, atraso e coeficiente de amortecimento justamente por esse tipo de recomendação exigir um estudo mais detalhado. Verificou-se a necessidade de um estudo que detalhasse o comportamento in loco dos fechamentos, especialmente telhados, no clima da cidade.

Com relação ao verão, este apresenta temperaturas altas (segundo Mahoney, os dias são quentes de novembro a abril) e maior umidade relativa que o inverno. Mas ainda encontra-se no limite da fase de transição, segundo a caracterização de Aroztegui, não se classificando como um típico verão quente e úmido. Isto indica que a principal estratégia para obter conforto em climas quentes e úmidos, que é a ventilação, deve ser seguida, mas as recomendações não devem ser extremas. Este aspecto é confirmado pelo método de Rivero, que recomenda o seguinte para os meses de janeiro e fevereiro: *“similar a estas exigências, só que em grau menor: ventilação abundante, permanente, por todo o espaço interior, cujas divisões não deverão obstruir a ventilação cruzada. O projeto urbanístico e a orientação dos edifícios favorecerão o aproveitamento dos ventos dominantes”* (RIVERO, 1986).

Já 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. Mahoney indica que as edificações devem ser bem espaçadas para permitir a entrada do vento, o qual deve incidir diretamente sobre os ocupantes.

Embora não tenha sido possível definir com mais detalhes as necessidades de ventilação, é certo que o vento deve ser aproveitado, tornando-se necessário obter informações sobre o seu comportamento em Campinas. Com os dados climáticos disponíveis não foi possível obter informações detalhadas do regime de ventos, pois não se dispunha de registros horários. Foram encontradas somente a direção na qual o vento sopra com maior frequência (sudeste) e a sua velocidade média mensal.

No inverno não há mais necessidade de tanta ventilação 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 essa variabilidade 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

² Este valor de resistência térmica refere-se ao componente construtivo, sem considerar as suas resistências superficiais.

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.

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: *“a eliminação da radiação solar é ainda importante, mas sua solução pode ser conseguida por uma correta forma e orientação; pela coloração apropriada das superfícies; pelo adequado tratamento do solo circundante para diminuir as reflexões e controlar as temperaturas superficiais; por elementos especializados como os dispositivos de proteção exteriores para os fechamentos envidraçados”* (RIVERO, 1986). Já no período de maio a agosto, ainda segundo Rivero, não se requer nenhuma proteção ou tratamento particular. 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, considerando as diversas orientações e o uso dos ambientes e contemplando não só a radiação direta, mas também as radiações difusa e refletida.

Finalmente, as recomendações foram sintetizadas numa tabela (Tab.2) (CHVATAL, 1998). Deve-se atentar para o fato de que elas resultaram de um estudo inicial, e fornecem subsídios para a fase de concepção do projeto arquitetônico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o objetivo do estudo foi atingido, pois o interesse era contribuir para o projeto bioclimático na cidade através da caracterização preliminar do clima de Campinas e da indicação de diretrizes para a fase de concepção.

Sentiu-se necessidade de uma melhor definição de certos aspectos, o que não foi possível com os métodos adotados. A maior parte da literatura trata de climas extremos (quentes e úmidos ou quentes e secos). O fato do clima da cidade estar situado numa zona de transição, não se caracterizando exatamente como úmido, nem como seco, e ainda apresentar variações ao longo do ano, possuindo uma estação mais seca e outra mais úmida, dificultou o estabelecimento de recomendações mais definidas. Sabe-se que neste caso as soluções devem ser ponderadas, não indo a extremos, e ainda há necessidade de balancear as exigências contraditórias ao longo do ano. Isto foi especialmente observado nas recomendações para as propriedades térmicas dos materiais, insolação, e na dosagem das recomendações de ventilação de verão.

**Tabela 2- 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 mais úmido.
fechamentos	<ul style="list-style-type: none"> • inércia térmica 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).

* Referem-se a edificações habitacionais ou similares, nas quais as pessoas desenvolvam atividades sedentárias (limitação dos métodos utilizados).

Os métodos não forneciam mecanismos confiáveis que garantissem a ponderação das soluções. O método de Mahoney, que é aplicável a climas compostos, fornece como resultado as recomendações ponderadas; os demais apresentam indicações das estratégias para cada mês ou para os períodos frio e quente separadamente.

Melhores resultados para esse tipo de clima, composto e na fase de transição, podem advir de estudos específicos, que considerem a atuação de cada aspecto (ventilação,

insolação e materiais dos fechamentos) e a sua variação nos períodos de verão e inverno.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKUTSU, M., VITTORINO, F., KANACIRO, C. 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, 1993. p. 185-191.
2. AROZTEGUI, J. M. **El Proyecto para la eficiencia térmica de los edificios**. III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Gramado/RS, 1995. (apostila de curso)
3. CHVATAL, K. M. S., LABAKI, L. C. e KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Caracterização de climas compostos e diretrizes para o projeto bioclimático: o caso de Campinas. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza: ANTAC, 1999. (aceito para publicação).
4. CHVATAL, K. M. S. **A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima**. (dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1998.
5. EVANS, M., SCHILLER, S. **Confort térmico en el proyecto arquitectónico**. - IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997 (apostila de curso).
6. EVANS, J. M, SCHILLER, S. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1991.
7. KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977.
8. NACIONES UNIDAS. Departamento de Assuntos Económicos y Sociales. **El clima y el diseño de casas**. Nueva York: Naciones Unidas, 1973. (Diseño de Viviendas Económicas y Servicios de la Comunidad, 1).
9. RIVERO, R. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: DC Luzzato/UFRGS, 1986.