

REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE – revisão para um desenho inteligente e uma arquitetura adequada

Heitor da Costa Silva

Luciane Stürmer Kinsel



INTRODUÇÃO

O enunciado da idéia do arquiteto Charles Correa revela que a prática da arquitetura vernácula tradicional explicita os condicionantes locais, na sua mais ampla acepção; tipo de edificação e construção, resposta ao ambiente natural, cultura e materiais e, principalmente, promove com baixo recurso energético o nível de conforto dos ocupantes apropriado ao clima regional.

“To live in the Third World is to respond to climate¹.”

Em Gana a cultura *ashanti* produz construções arredondadas, que são edificadas em camadas de barro sucessivas e sobrepostas formando uma espessa parede que possui alta massa térmica e funciona como um retardador do calor intenso que é transmitido de fora para o interior dos espaços habitados.

Na região do Oriente Médio predomina uso de alta massa térmica para o retardamento da transmissão de calor para interior dos edifícios. As aberturas tendem a serem pequenas para reduzir o total de radiação por superfície exposta ao sol.

Os iglus curvos sem janelas são construções nativas feitas com a neve solidificada sob pressão e que promovem, no seu interior, um ambiente cuja função principal é a conservação do calor produzido no seu interior para abrigo contra um ambiente externo adverso à sobrevivência humana com temperaturas muito abaixo de 0°C.

Os três exemplos de construção vernácula, contrastantes e com diferentes tipos e formas edificadas servem a mesma função básica: prover o conforto humano no ambiente climático dominante.

USO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES

Um aspecto global lamentável do desenvolvimento contemporâneo das cidades é a aceitação do condicionamento mecânico dos ambientes construídos para as diversas atividades humanas. Existe um amplo acolhimento da idéia de modificação das condições ambientais pelo uso de equipamentos de refrigeração ou aquecimento para o conforto higrotérmico, iniciando por habitáculos, automóveis por exemplo, até grandes áreas de centros comerciais onde os equipamentos de condicionamento adquirem porte significativo no que se refere a custos de instalação, uso e manutenção.



4

Instalações de condicionamento versus arquitetura.

5

Vidro, concreto e ar condicionado para o conforto das arquiteturas.



Os edifícios tornaram-se *energívoros*. Consomem energia e, de certa forma, consomem a arquitetura num constante embate entre a forma idealizada com materiais inadequados ao clima local.

As técnicas atuais de construção empregando concreto, vidro e aço equilibram as condições de conforto, tanto no calor quanto no frio, com o raciocínio da caixa lacrada, cujo ambiente interno é manipulado pelo o uso do ar condicionado.

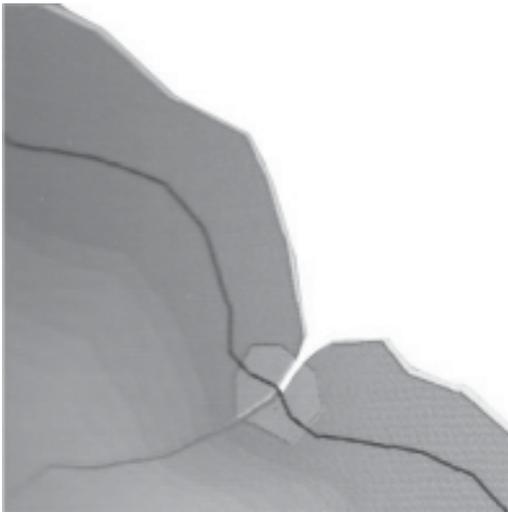
Como em muitos países, o Brasil tem buscado o desenvolvimento numa manifestação óbvia do processo de reconstrução das cidades existentes criando uma série de blocos de concreto e vidro para abrigar escritórios, residências centros de comércio e aeroportos, todos negligenciando o contexto do clima, cultura e variações climáticas ambientais. Dessa forma, a prática de edificar traz inúmeros efeitos contrários, inclusive uma crescente aceitação da noção de que a forma mais apropriada e confortável de abrigo é baseada nas construções em concreto e em aço e uma crescente demanda nos custos de produção de energia para habilitar os sistemas de condicionamento do ar para o conforto.

As fontes de energia fóssil não são abundantes na maior parte dos países em desenvolvimento no mundo, inclusive no Brasil. Assim, é difícil aceitar ou justificar a contínua dependência das práticas construtivas atuais baseadas em fontes de energia economicamente inviáveis, mesmo a eletricidade gerada em hidroelétricas, no caso brasileiro, para condicionar os ambientes com vistas ao conforto dos usuários nos espaços planejados e construídos.

Por outro lado, é irreal qualquer discurso que frustre a expectativa das populações em desenvolver. Da mesma forma, parece frustrante o discurso arquitetônico que reduza as possibilidades formais representadas por edifícios contemporâneos. Assim sendo, é importante que novas maneiras de pensar o ambiente e inovações na arquitetura e prática construtiva sejam exploradas para prover mais e melhores ambientes, principalmente nos países em desenvolvimento e combinando as aspirações de desenvolvimento da população, e com a redução ou supressão da necessidade de equipamentos mecânicos para o conforto.

**6**

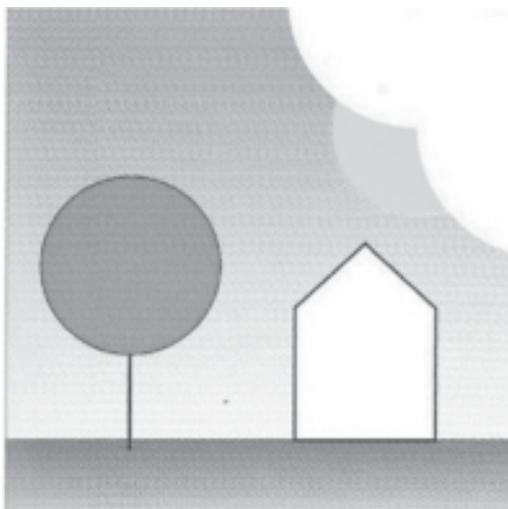
Escritórios, residências, centros de compras e aeroportos – concreto, aço e vidro e energia para o conforto dos usuários.



Macro-clima



Meso-clima



Micro-clima

7

Escalas de abrangência dos elementos climáticos.

SITUANDO O PROBLEMA

Dois objetivos fundamentais de um edifício de arquitetura são:

Deve ser capaz de abrigar a função para a qual foi desenhado e deve prover conforto adequado aos seus ocupantes.

Assim a necessidade de energia pode ser classificada em três grandes categorias, requeridas:

- pela construção;
- para manter o conforto interno do ambiente; e
- para promover os serviços que auxiliam uma vida confortável.

Todos os três requerimentos energéticos podem ser mantidos num mínimo, para isso o projeto e o planejamento da construção dos edifícios devem explorar os potenciais do clima local.

O objetivo desse artigo é o estabelecimento de princípios de discussão desses para a avaliação do clima da região de Porto Alegre, com o fim da produção de construções que demandem menores recursos energéticos para o condicionamento ambiental para o conforto higrotérmico dos seus usuários.

ENTENDENDO O CLIMA

O clima de um local pode ser entendido segundo a divisão clássica dos climas proposta por Köppen em 1918. A classificação leva em consideração questões geográficas como o recobrimento da crosta terrestre relativamente ao tipo de vegetação, além dos elementos climáticos; a temperatura e as precipitações, nos diversos locais da superfície terrestre. O Dr. Wladimir Köppen divide os climas em cinco grandes grupos: (1) clima tropical chuvoso, (2) clima seco, (3) clima úmido (temperado), (4) clima de floresta (tropical) e (5) clima polar. Os subgrupos derivados dessa primeira divisão levam em consideração as frentes e as massas. Esses subgrupos são descritos e classificados em função da latitude:

- climas de latitude baixa - clima equatorial úmido, clima de monções, litoral ventoso e tropical úmido;
- clima de latitude média - clima subtropical seco, clima subtropical úmido, clima mediterrâneo, clima marinho da costa oeste, clima seco de latitude média, clima continental úmido;
- climas de latitude alta - clima de floresta norte, clima de tundra, clima de gelo.

Os treze tipos de climas combinam os fatores e elementos climáticos com o tipo de recobrimento vegetal. Os elementos de clima, temperatura, umidade, radiação solar e os ventos, todos afetam o conforto humano. É preciso considerar que o clima atua em diferentes escalas indissociáveis, porém com intensidades específicas.

Assim, as escalas: macro, meso e micro-climáticas produzem dados que descrevem, inicialmente, o caráter geral de uma região, onde os fatores geográficos dos locais - latitude, altitude, distância aos oceanos e movimentos de rotação e translação da Terra, são tratados em termos

gerais. No âmbito do meso-clima compreendem a proximidade com o litoral, o campo, as florestas, os vales, as regiões montanhosas e as cidades, onde os elementos de clima são influenciados pelas condições locais como topografia e vegetação. Por fim, o micro-clima está relacionado à edificação, ou conjunto de edificações, numa região, e o seu entorno imediato, é nessa escala que ocorre a atuação do arquiteto. Na condição da escala micro-climática é que particularidades do clima induzem as soluções arquitetônicas mais adequadas para o conforto.

Na escala do macro-clima é que se define o equilíbrio do aquecimento e resfriamento da superfície territorial, determinando a temperatura do ar em consequência dos movimentos atmosféricos. Na escala do meso-clima a temperatura do ar é influenciada pela topografia, vegetação e pelo tipo de recobrimento do solo. As edificações atuam e são influenciadas pelo clima, criando assim um micro-clima cuja área de abrangência é a edificação e seus arredores.

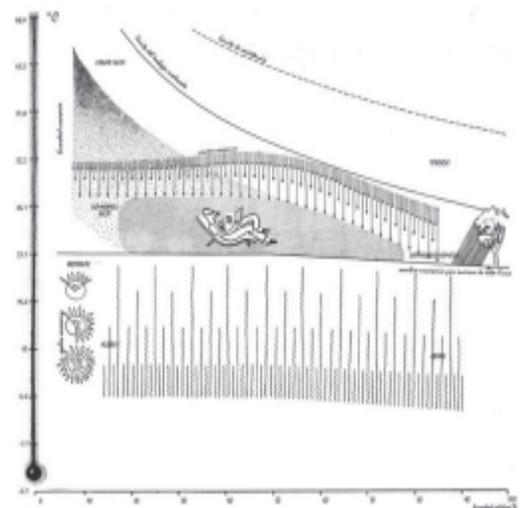
A umidade, na escala macro-climática, é influenciada pela presença das massas de água, lagos, rios e mares. Paralelamente às massas de água as massas verdes também influenciam, nessa escala, a hietografia, quantidade e freqüência das chuvas locais, portanto da umidade. Com relação a escala meso-climática, a umidade é influenciada pela proximidade dessas massas associadas aos movimentos de ar locais, enquanto que no nível micro-climático a influência da umidade, na edificação, é influenciada quase que isoladamente pelo movimento do ar associado ao teor de umidade do ar de renovação dos ambientes.

AS CONEXÕES NECESSÁRIAS: ARQUITETURA, CLIMA E CONFORTO.

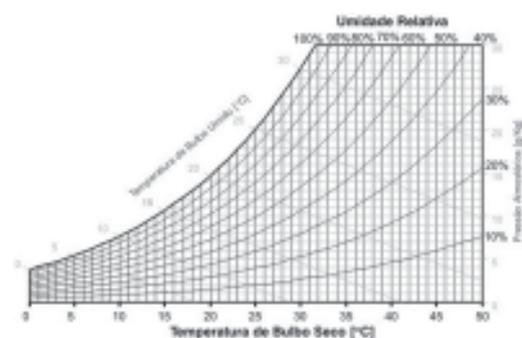
Os irmãos Olgyay, na década de 50, propõem um diagrama que apresenta as condições de temperatura e umidade para o conforto do homem em um determinado clima. A proposição é de que são aceitáveis para o conforto humano variações de temperatura associada à umidade. Entretanto, temperatura e umidade ambientais, devem estar em sintonia com a atividade, bem como as indumentárias dos indivíduos. Para que ocorra a condição de conforto fora desses limites aceitáveis e combinados com os parâmetros entre si, algumas medidas devem ser adotadas. As medidas de correção são aumento ou diminuição da movimentação do ar, sombreamento e aumento ou diminuição de radiação sobre os ocupantes dos espaços.

A carta psicrométrica relaciona temperatura e umidade. As variações de temperatura e umidade no gráfico podem ser inter-relacionadas com a temperatura de bulbo úmido e seco, com a pressão atmosférica e o conteúdo de umidade do ar. Dessa forma, ao identificarmos um ponto nesse gráfico podemos considerar diversos detalhes quantitativos e qualitativos da combinação.

O projeto de arquitetura consistente pressupõe a análise das singularidades do clima, nos níveis macro e meso. O micro-clima de uma edificação e arredores deve ser dotado de estratégias de projeto



Carta bioclimática, segundo Olgyay.



9
Carta psicrométrica.

para atenuar as adversidades e o aproveitamento das condições favoráveis ao conforto. Usando a carta psicrométrica para avaliação do clima de um local, pode-se plotar temperaturas e umidades médias mensais na carta psicrométrica. É possível, para projeto em arquitetura, uma classificação dos climas em quatro grandes grupos, demonstradas as suas abrangências de variações de temperatura e umidade em áreas, na carta psicrométrica (figura 10): frio, temperado, quente seco e quente úmido.

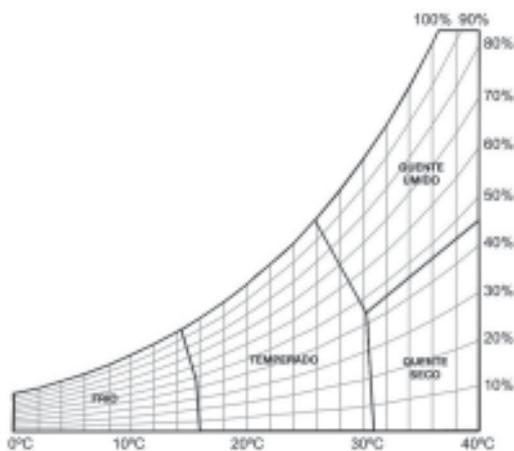
O clima frio corresponde às temperaturas abaixo da faixa de 14 a 16°C com umidade relativa variável. Nesse conjunto de condições atmosféricas a atenção do arquiteto deve ser minimizar as perdas de calor por convecção. O clima temperado é aquele em que a temperatura varia entre 16°C a 31°C, também com umidade variável. O clima quente úmido é aquele em que as temperaturas estão acima dos 30°C associadas a umidades relativas acima de 50%. O clima quente e seco corresponde a uma associação de temperaturas acima de 31°C e com umidades relativas inferiores a 50%.

O trabalho do arquiteto consiste precisamente na análise de alternativas projeto diante das diversas demandas, entre elas, as estratégias físicas para a solução de adversidades climáticas.

Usando a carta psicrométrica é possível classificar, por meio das áreas delimitadas (figura 11), as estratégias de projeto associadas à temperatura e à umidade.

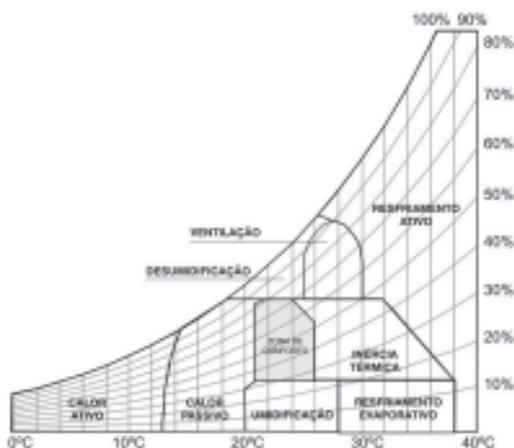
As estratégias de projeto nas áreas da carta são:

- calor ativo – corresponde a temperaturas baixas e umidade variável,
- calor passivo – em condições de temperaturas na faixa entre 13 e 20°C e umidade variável,
- umidificação – área onde, na carta, a temperatura varia de 20 a 28°C e umidade relativa do ar é abaixo de 30%,
- resfriamento evaporativo – essa estratégia é identificada na zona do gráfico determinada pela temperatura variável 30 e 38°C e a umidade relativa é abaixo de 20%,
- inércia térmica – corresponde a temperaturas variáveis entre 28 e 32 a 38°C com umidade relativa na faixa de 20 a 50%,
- desumidificação – na carta, a área corresponde à zona delimitada por temperaturas variáveis entre 18 e 26°C e umidade relativas acima de 70%,
- ventilação – é aquela zona com temperaturas entre 25 e 30°C e umidade relativa entre 50 e 90%,
- resfriamento ativo – nessa zona do gráfico a delimitação é com as temperaturas acima da faixa entre 28 e 40°C em função da umidade relativa do ar variável de 0 a 100%.



10

Carta psicrométrica com as zonas climáticas para projeto de arquitetura.



11

Carta psicrométrica com as zonas de estratégias para projeto bioclimático.

ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA CONFORTO NA REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE

Existem duas condições climáticas que determinam atenção de projeto para que a edificação atue como mediadora das adversidades climáticas; no inverno quando as temperaturas são baixas e no verão quando as temperaturas são elevadas. O problema do tratamento das adversidades climáticas em Porto Alegre é a proximidade da cidade ao lago Guaíba, que promove significativo teor de umidade no ar, além disso, uma considerável amplitude térmica. Mais ainda, no verão e no inverno ocorrem ondas de frio e calor. Isso significa que em Porto Alegre, nem sempre é muito frio ou muito quente, no inverno e no verão, respectivamente.

Todas as considerações de projeto de construção de edifícios para o conforto e o menor uso de energia, na região climática de Porto Alegre, devem prover sombreamento das aberturas no verão, devido a amplitude térmica e evitando a exposição de grandes áreas envidraçadas para a orientação Oeste. No inverno a atenção deve voltar-se, também por causa da amplitude térmica, para a provisão da vedação das aberturas dos ambientes, evitando que o calor se escoe do interior das edificações para o exterior, durante a noite e nas primeiras horas da manhã.

Elementos Climáticos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura média (°C)	24,7	24,6	23,1	19,9	17	14,7	14,3	15,2	16,8	19,1	21,2	23,4
Umidade média (%)	71	74	76	77	81	82	81	79	78	75	71	69

13

Médias mensais de temperatura e umidade relativa.

O clima de Porto Alegre é afetado basicamente pela amplitude térmica diária e pela condição da umidade associada às temperaturas elevadas. É possível uma visão ampla do clima, por meio das temperaturas e umidades médias mensais, como forma de simplificação da classificação climática e das conseqüentes estratégias de adaptação das edificações ao clima.

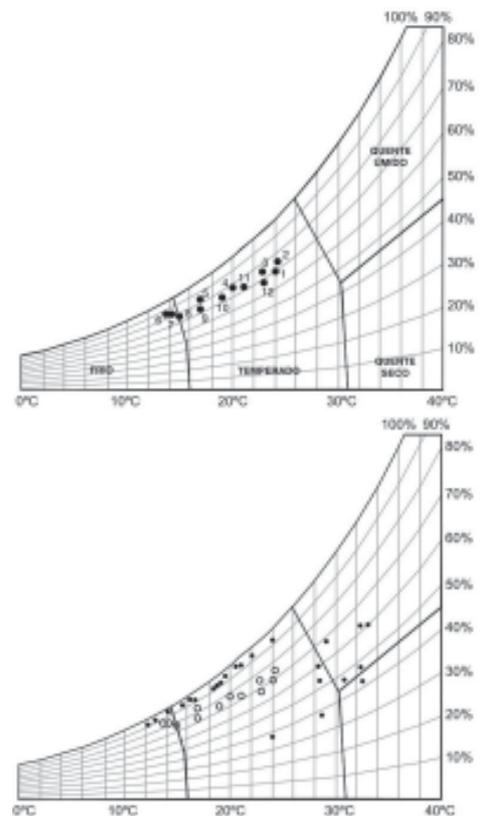
A figura 14 mostra os valores médios mensais de temperatura e umidade relativa plotados na carta psicrométrica. A plotagem caracteriza o clima de Porto Alegre como temperado, onde alguns dos pontos plotados 6, 7 e 8, correspondentes a Junho, Julho e Agosto, respectivamente, recaem sobre a área de clima frio. A carta psicrométrica à direita mostra a plotagem de médias mensais do clima de Porto Alegre, 36 pontos, correspondentes a média das máximas, das mínimas e médias, temperatura e umidade. Pela plotagem é possível ver a expansão do clima para as zonas quente e úmido e quente e seco, refletindo a questão da amplitude térmica do clima revelado pelas médias das máximas.

Considerando as variáveis climáticas, temperatura e umidade, e plotando os valores combinados, médias mensais, na carta psicrométrica, figura 15, é possível determinar estratégias de projeto que devem ser levadas em consideração no projeto de arquitetura para uma edificação em Porto Alegre. É importante observar que a área sombreada representa a zona



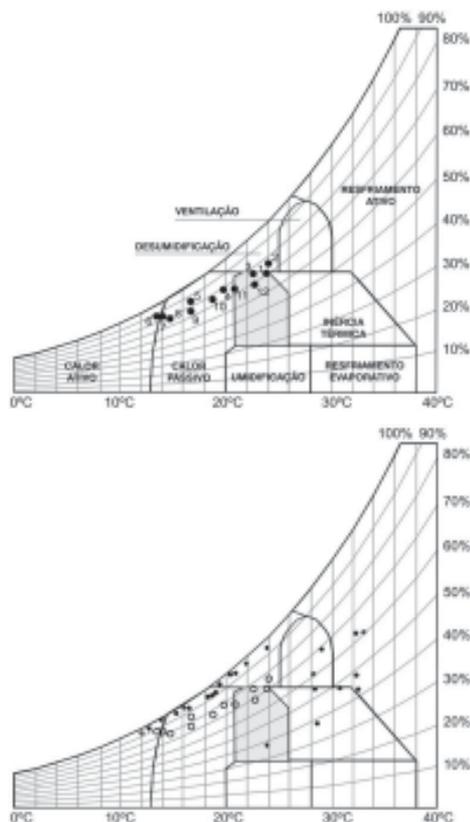
12

Zona climática de Porto Alegre.

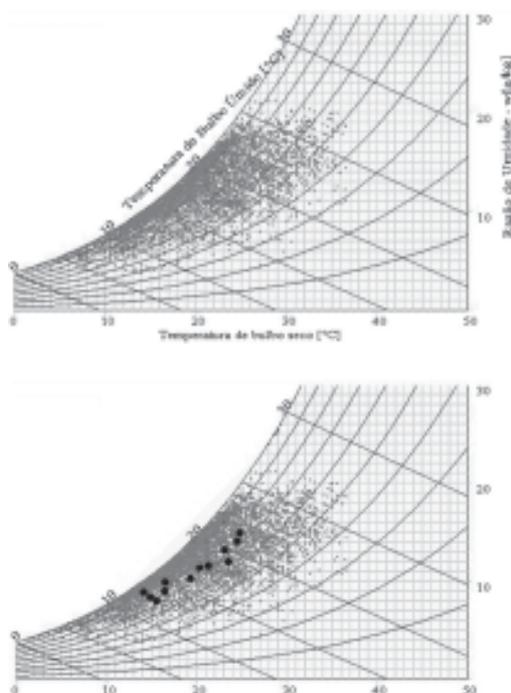


14

Carta psicrométrica, temperatura e umidade médias mensais para definição da classificação climática para projeto de arquitetura em Porto Alegre.

**15**

Carta psicrométrica, temperatura e umidade médias mensais para auxílio nas tomadas de decisão de projeto na região climática de Porto Alegre.

**16**

Carta psicrométrica com 8760 horas de combinação de temperatura e umidade para Porto Alegre.

de conforto para a combinação de temperatura e umidade. Na condição de conforto as aberturas estão sombreadas, evitando-se assim a radiação solar direta nos ambientes para qualquer orientação e tamanho de abertura.

A figura 16, a seguir, mostra temperatura e umidade horárias médias ao longo do ano, na carta psicrométrica, 8760 horas, ou pontos que representam a combinação dos elementos climáticos. Dessa plotagem é possível uma análise detalhada das estratégias de projeto para o conforto e a redução dos custos energéticos para o condicionamento dos ambientes construídos.

O clima de Porto Alegre se caracteriza por um período de conforto, dentre às 8760 horas de combinação da temperatura e umidade, equivalentes a 22,5% do ano, enquanto que o desconforto causado pelo frio ou calor é de 77,5% daquelas horas. Das 77,5% horas de desconforto o frio representa 51,5% e o calor 25,9% das horas.

FRIO

O frio é representado por condições ambientais desconfortáveis, horas com temperaturas abaixo dos limites de conforto, a partir da plotagem da temperatura e da umidade horárias plotados na carta psicrométrica. Para o projeto de arquitetura essas horas de desconforto são o peso das estratégias para conforto, como segue:

- Aquecimento artificial – 6,2%, esse percentual refere-se ao número de horas em que a temperatura está abaixo do limite de conforto e que a edificação, por si, não pode promover conforto aos usuários tornando-se necessário o uso de um sistema de calor artificial para o aquecimento dos espaços habitáveis. Essas horas ocorrem, eminentemente à noite ou nas primeiras horas da manhã.

- Aquecimento solar passivo – 11,7%, durante horas representadas por esse percentual, as temperaturas são baixas para o conforto humano. Embora baixas, as temperaturas podem ser atenuadas pelo efeito da radiação solar direta que eleva a temperatura. Essa estratégia, em geral é obtida pelo dimensionamento adequado das aberturas, principalmente aquelas voltadas para a orientação Norte.

- Massa térmica – 33,7%, essa estratégia representa a solução mais eficiente para o condicionamento dos espaços habitáveis durante o período frio. A construção de edifícios de altas massas térmicas faz com que, durante o dia, a estrutura da edificação se aqueça e durante a noite o calor acumulado seja re-irradiado para os espaços ocupados, ao mesmo tempo altas massas térmicas isolam o ambiente interno do externo.

CALOR

O calor representa as horas em que a temperatura está acima do aceitável para conforto. Essas horas ocorrem, principalmente durante o dia e as edificações devem ser protegidas contra a radiação solar direta, pelo sombreamento. Durante essas horas é necessário que estratégias

sejam estabelecidas em projeto para que as construções possam responder às adversidades climáticas como segue:

- Ventilação – 20%, a ventilação representa a estratégia de maior eficácia para o condicionamento das edificações durante o verão. Isso ocorre porque a temperatura e a umidade são dissipadas com a movimentação do ar. Essa requer atenção para o ar utilizado para ventilar seja de temperatura inferior ao contido nos ambientes. Em geral, esse processo é mais efetivo durante a noite.

- Ar condicionado – 1,4%, o resfriamento do ar com aparelhos mecânicos, no clima de Porto Alegre é muito mais eficiente por reduzir o teor de umidade do ar do que propriamente pelo rebaixamento da temperatura. Assim sendo, o percentual da estratégia é baixo porque temperatura e umidade associadas ocorre na razão inversa, ou seja, temperaturas altas estão normalmente associadas a umidades relativas baixas.

- Massa térmica – 4,5%, a massa térmica funciona com um repositório de calor, assim o calor do ar dos ambientes tende a se acumular na massa dos elementos construtivos.

CONCLUSÃO

O clima de Porto Alegre não é suficientemente extremo no verão ou inverno para que o desconforto nos edifícios não possa ser atenuado. A maior parte do ano o conforto pode ser obtido com um projeto inteligente que considere soluções de ventilação para o verão e massa térmica para ambos, verão e inverno. O dimensionamento das aberturas, em função da orientação e o sombreamento dessas no verão, é imprescindível.

Heitor da Costa Silva

Professor Adjunto, Departamento de Arquitetura, Pesquisador Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura - PROPAP, Coordenador Laboratório de Conforto Ambiental - LabCon, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Luciane Stürmer Kinsel

Arquiteta, aluna de mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura — PROPAP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.

NOTAS

1 Charles M. Correia arquiteto vencedor da “Gold Medal”, em 1984, do Royal Institute of British Architects - RIBA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÓZTEGUI, M. *PARÂMETROS DO CONFORTO TÉRMICO DE PORTO ALEGRE*. Núcleo Orientado para Industrialização da Edificação, Departamento de Engenharia Civil Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1977.
- BAKER, N. *PASSIVE AND LOW WNERGY BUILDING DESIGN FOR TROPICAL CLIMATES*. Commonwealth Science Council, The ECD Partnership, London, UK. 1987.
- DOCHERTY, M; Szokolay, S. V. *CLIMATE ANALYSIS*. Note 5 - Passive and Low Energy Architecture, Design Tools and Techniques. University of Queensland, Dept. Of Architecture. 1999.
- GOULART, S.; Lamberts, R. e Firmino, S. *DADOS CLIMÁTICOS PARA PROJETO E AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES PARA 14 CIDADES BRASILEIRAS*. 1997.
- MARQUARDT, H. E. *DETERMINANTES CLIMATOLÓGICAS PARA A ARQUITETURA EM PORTO ALEGRE E RIO GRANDE DO SUL*. Escola de Engenharia, Universidade federal do Rio Grande do Sul. 1969.
- SERRA, R. *ARQUITECTURA Y CLIMAS*. Editorial Gustavo Gili, S. A. 1999.
- SILVA, H. C. *WINDOW DESIGN FOR THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL BUILDING IN SOUTHRN BRAZIL*. Tese de doutorado, Architectural Association, School of Architecture, Environment and Energy Programme. Londres, UK. 1996.
- STRAHLER, A. e Strahler A. H. *MODERN PHYSICAL GEOGRAPHY*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 1992.