

A INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA DOS RECINTOS URBANOS NA ILUMINAÇÃO NATURAL

Lucia Elvira Alicia Raffo de Mascaró, Arq., Pós Dra. em Arquitetura Bioclimática e Meio Ambiente
Gladimir das Neves Araújo Dutra, Acad. de Arquitetura
Faculdade de Arquitetura - UFRGS
Rua Sarmiento Leite, 320, Centro. CEP 90050-170 - Porto Alegre/RS
Fone: +55 51 316 3105 - Fax: +55 51 316 3485 - E-mail: mascaro@vortex.ufrgs.br

RESUMO

O trabalho resume a influência da morfologia de recintos de Porto Alegre na ambiência urbana e no desempenho ambiental-energético de seus edifícios, enfatizando a insolação e iluminação natural.

Analisa fatores relevantes no desempenho luminoso dos recintos: perfis, gabaritos, caixas e orientações de ruas; a influência dos cruzamentos das vias públicas e a formação de nesgas entre edifícios; uso de praças e seu desempenho ambiental com diferentes composições: secas, arborizadas e medianamente arborizadas; diferentes microclimas, resultantes da configuração espacial dos recintos; a influência da vegetação sobre microclimas e sua colaboração para o controle das questões ambientais.

ABSTRACT

This paper is a summary of the morphological influence of Porto Alegre's precincts over the urban environment and the environmental-energetic performance of its buildings, empathizing the sunlight and daylighting.

It analyses important factor in the precinct luminous performance: profiles, patterns, boxes and orientations of streets; the influence of street crossings and the building up of spaces between buildings; the use of the squares and its environmental performance with several arrangements: dry, planted and half-planted with trees; different micro-climates, resultant from the precinct spatial conformation; the influence of greenery over micro-climates and its help to the management of environmental issues.

A CIDADE

Porto Alegre é hoje, uma cidade basicamente edificada em altura, cujas características variam segundo os critérios impostos nos seus diversos e distintos Planos Diretores - vigentes cada qual em seu tempo (fig. 1 e 2).



Figura 1 - Fachadas contínuas (1959)



Figura 2 - Edifícios isolados (1979)

O espaço entre os edifícios tem, na maioria das vezes, proporções exíguas, sendo uma área pavimentada e seca; em alguns bairros nobres, ajardinada, úmida e fresca, cujas fachadas recebem o desejado sol de inverno e dispõem de ventilação. Uma parte da área urbana tem como único sol incidente, na estação fria, o que chega aos telhados e parte superior das fachadas orientadas ao norte, leste e oeste, sendo que o vento disponível sopra por cima dela. Porto Alegre é, na verdade, um desenvolvimento patológico em altura da cidade original, com recintos microclimáticos dos quais têm sido - praticamente - excluídos não somente o vento, mas também a radiação solar de inverno e a dispersão térmica por radiação e convecção. A parte mais recente da cidade responde aos princípios modernistas preconizados pela Carta de Atenas de 1933, mas materializada sobre uma estrutura fundiária que inviabiliza suas principais características: "...elevar as construções ...implantá-las a grande distância umas das outras...levando em consideração o clima, dispondo da mais favorável insolação...". (MARTINEZ

CARO & RIVAS, 1990)¹ Na prática, a cidade modernista é uma cidade exposta aos ventos e ao sol, enfrentando todos os elementos climáticos existentes, apenas distorcidos. Espaço este que, do ponto de vista ecotérmico, resulta num cenário urbano inóspito! No inverno, predominam as sombras projetadas pela edificação sobre os próprios prédios e sobre o recinto urbano, resultado da pouca altura do sol, fazendo com que os espaços livres, ao nível do solo e à sombra dos edifícios altos, sejam mais frios e úmidos. Nos longos meses do período quente (e sempre úmido), quando o sol está alto, a necessidade do sombreamento urbano se faz sentir. O sol, no inverno subtropical, está baixo e no verão, alto. Esse comportamento, tão oportuno em relação à insolação das fachadas, resulta totalmente inadequado quando se trata do recinto urbano: máximo no verão e mínimo no inverno (fig. 3). A insolação sobre as superfícies que definem um recinto urbano na região subtropical não pode ser mais díspar e variável. A sombra, sempre presente, é outra característica principal.

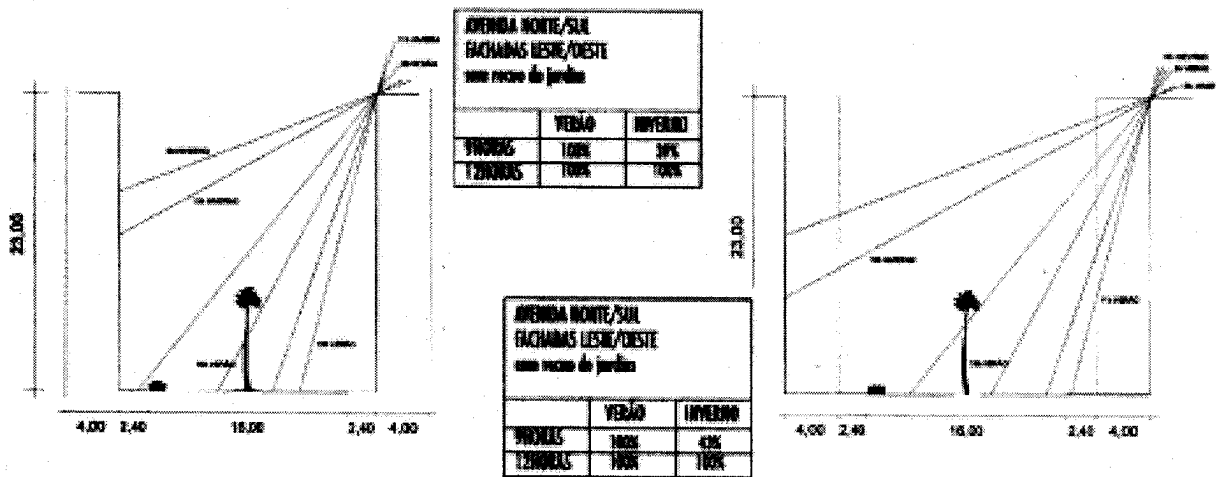


Figura 3 - Exemplos de insolação de ruas típicas de Porto Alegre.

O sombreamento “opaco” produzido pelos edifícios é o fator principal de redução da iluminância natural nos recintos urbanos, chegando a reduzi-la 90%. A vegetação apresenta valores de sombreamento variáveis como consequência da modificação da forma da copa e da densidade folhar através do ano, variando de 96% (no verão) a 60% (no inverno), segundo as espécies e a forma de agrupamento das árvores.

A vegetação, tão adequada sob o ponto de vista térmico para a ambiência urbana subtropical, transmite, no inverno, entre 20% e 40% da iluminância natural e no verão, entre 4% e 15%, dependendo do tipo. Tais valores também influenciam a iluminação artificial pública da cidade, reduzindo sua eficiência; por outro lado, a rede elétrica pública cria problemas de deterioração à vegetação.

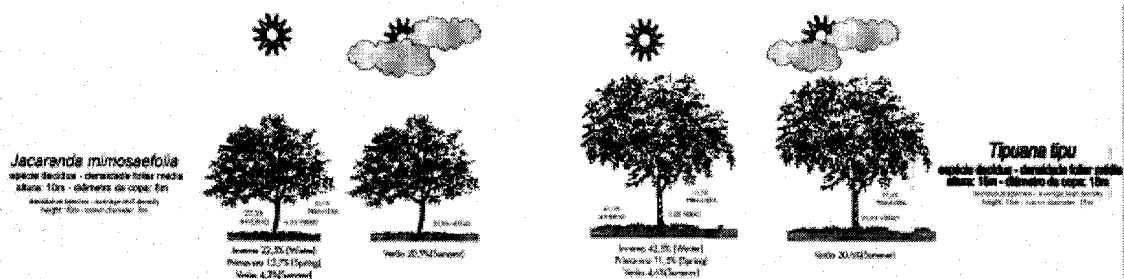


Figura 4 - Exemplo de transmitância de luz natural de dois espécimes, medido em Porto Alegre, RS (Weintgartner, 1994)

Os tecidos urbanos mais abertos obviamente permitem uma melhor iluminação dos espaços exteriores e dos ambientes internos. Porém, a densidade tem diferentes formatos e isso não pode ser ignorado quando se considera sua evolução. Densidades altas em espaços abertos, considerados modernistas, (cujo tecido é mais do que aberto) reduzem de maneira pouco significativa a iluminância natural, criando problemas (excessiva exposição à radiação solar) para as aberturas dos edifícios, reduzindo (de outra maneira) a iluminação de seus ambientes. Na cidade tradicional, os tecidos fechados criam problemas de difícil solução, pois não é considerada a questão ambiental nas normas e regulamentos técnicos que controlam seu crescimento, principalmente em altura.

O espaço exterior se define com somente dois planos: solo e parede (importantes para a iluminação natural). É a arquitetura sem teto, diferente do espaço interior totalmente fechado (RAMON, 1980)². Esta é a principal diferença do ponto de vista da iluminação natural. Utiliza materiais naturais e artificiais que se adequam (ou deveriam) ao clima local. Seu projeto também deve ocorrer ao mesmo tempo que o do espaço interior, para que sejam compatíveis e complementares, reversíveis e não somente subprodutos.

Um dos critérios propostos na revisão do atual Plano Diretor é o de adotar perfil contínuo e uniforme para as ruas organizadoras da cidade. Entretanto, verificamos nas medições "in situ" que os perfis homogêneos não favorecem um bom aproveitamento da luz natural disponível, principalmente quando a distância entre as fachadas dos edifícios que delimitam a rua é menor que a sua altura, apresentando valores aproximadamente 50% menores que os obtidos em seqüências de perfil heterogêneo, favorecidos pelo maior número de situações de desobstrução da abóbada celeste, resultantes da diferença de altura ou da distância lateral entre as edificações. As nesgas entre os edifícios têm melhor desempenho no inverno devido ao ângulo de incidência do sol, o que lhe permite chegar às fachadas por mais tempo e aproveitar melhor sua refletância. Já os cruzamentos de ruas atuam de forma inversa, sem aproveitamento da insolação nas fachadas. É importante salientar que o efeito luminoso dos espaços entre os edifícios é menos duradouro que o dos cruzamentos.

Os efeitos que as fachadas dos edifícios produzem são similares àqueles que elas produzem no espaço arquitetônico: refletância, emitância, absortância. A largura da rua, a altura e as características dos planos laterais, assim como a presença de vegetação influenciam no desempenho da iluminação dos edifícios que a formam. Assim, deve-se levar em consideração estas informações, não só no desenho urbano, como também no projeto arquitetônico e luminotécnico.

Considerando a grande variação das possíveis orientações, relações de largura e altura, materiais de construção usados e radiação solar disponível, não é possível definir uma rua verdadeiramente ideal. Apresentaremos, a seguir, os resultados dos estudos de iluminação natural realizados para dois tipos de ruas de Porto Alegre.

RUA ESTREITA E SECA COM EDIFÍCIOS ALTOS, SEM VEGETAÇÃO - ORIENTAÇÃO L-O

A Rua da Praia é uma das mais antigas da cidade, hoje destinada exclusivamente a pedestres, com intensa atividade comercial e bancária. Está delimitada por edifícios altos, de até 30 pavimentos, sendo a altura dominante entre 10 e 20 pavimentos, construídos no início da década de 70 (fig. 5). Como todas as ruas com eixo leste-oeste na região subtropical, somente a parte norte da rua, seus passeios e fachadas recebem sol, criando um recinto urbano ambientalmente assimétrico, com zonas diferenciadas. Este fatores poderiam ser favoráveis se, no projeto dos edifícios, os negativos fossem considerados, o que normalmente não acontece.



Figura 5 - Vista da Rua da Praia



Figura 6 - Fator de céu visível

Simulada a insolação e medidas a temperatura e umidade relativa do ar, resultado da combinação do Plano Diretor atual e dos anteriores, verificamos que o pequeno fator de céu visível (32% - fig. 6) explica o sombreamento de 95% das superfícies horizontais e 45% das verticais orientadas para o norte no inverno, resultando em uma menor temperatura e maior umidade do ar e na redução da iluminância natural em 95%, acentuada pela pavimentação de asfalto e o quartzo escuro que domina o revestimento das fachadas dos edifícios, bem como pela predominância de superfícies de vidro em relação às superfícies opacas. Estas características das fachadas fizeram com que entre a iluminância calculada e a iluminância medida existissem diferenças da ordem de 20% a 30%, significativas para o projeto e dimensionamento da iluminação natural dos ambientes que se abrem para a rua. No inverno, a iluminância registrada ao nível dos pedestres foi de 3.337 lux, muito baixa para que o recinto urbano ilumine corretamente os ambientes que dele dependem, obrigando o uso de iluminação artificial permanente, no caso desta rua. No verão, o sombreamento tão desejado inexistente sobre as fachadas norte, a partir das 10hs quando a altura dos edifícios é de 8 pavimentos, expondo a edificação à radiação solar direta. Esta situação aumenta a temperatura interior dos edifícios, quando as aberturas não levam fatores de sombra, e ocorre o armazenamento de calor nas partes opacas das fachadas, segundo sua cor e propriedades radioativas.



Foi observado o efeito de restituição térmica nas proximidades das fachadas de cores claras e materiais de alta capacidade calorífica, registrando-se aumento de temperatura entre 2°C e 3°C nas suas proximidades. Acentua-se o efeito de ilha térmica, sem amenização da intensa insolação de verão. O Código de Obras deverá legislar sobre as características termoluminosas da fachada insolada em condição de verão. Haverá maior consumo de energia devido à iluminação artificial necessária para realizar as tarefas visuais de cada ambiente no inverno.

RUA ESTREITA (QUASE) SECA - ORIENTADA N-S

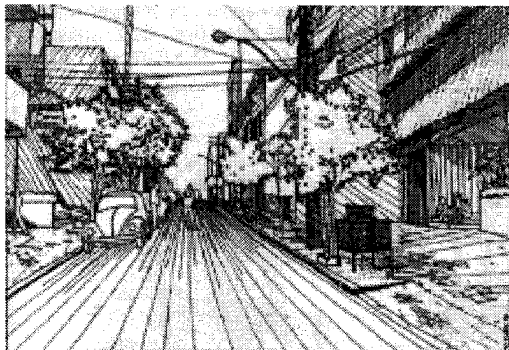


Figura 7 - Rua Bento Martins

Situada na encosta sul da península, a Rua Bento Martins tem perfil parte homogêneo e parte heterogêneo, consequência de um lento processo de renovação urbana e atividade dominante residencial (fig. 7). Seu fator de céu visível varia de acordo com seu perfil, entre $y @ 44^\circ$ e $y @ 84^\circ$, oferecendo diferentes possibilidades de ambiência urbana, em geral, e de iluminação natural, em particular (fig. 8). Suas fachadas têm orientação leste-oeste, orientação esta que produz menos obstrução da iluminância natural. Nas zonas de sombras projetadas pelos edifícios, registrou-se uma redução da iluminância de até 84% no inverno, devido a alta densidade do tecido urbano. Nas fachadas ensolaradas a iluminância aumentou em, aproximadamente, 20% nas proximidades das superfícies opacas claras. No verão, a redução da iluminância foi somente de cerca de 5% no centro da rua ao sol e, na sombra, de 91%, devido, em parte, ao perfil heterogêneo da rua.. Seu desempenho ambiental é melhor que o das ruas com fachadas orientadas N-S, em qualquer série de medições.



Figura 8 - Diagrama de Pleijel

PRAÇAS

A praça, delimitada pelas fachadas das edificações que a circundam, é um espaço pleno de significados e com ambiência própria. Responde espacialmente ao conceito de volume oco entre edifícios que servem para defini-lo como um lugar particular. No sentido estrito, praça é um local fechado - ou um interior aberto - ao qual se aplica a noção de lugar, possuindo alto conteúdo simbólico. Seus efeitos ambientais, geralmente amenizadores dos microclimas próximos, influenciam o consumo energético dos conjuntos arquitetônicos vizinhos. No caso de Porto Alegre, as mais agradáveis seriam as parcialmente pavimentadas que, com árvores de folhas caducas, pudessem (com sua copa) amenizar o calor úmido e desagradável do verão e, no inverno, com a desfolhagem, deixar o sol aquecer o piso e o entorno.

Apresentamos a seguir, uma análise das condições ambientais de três praças resultantes de diferentes composições: mista (Praça da Matriz), seca (Largo Glênio Peres) e arborizada (Praça da Alfândega).

Centro cívico da cidade, situada no ponto mais alto da península, onde se localizam os Palácios que abrigam os poderes estaduais, além da Catedral Metropolitana e o Teatro São Pedro, a Praça da Matriz (fig. 9) é o espaço urbano mais significativo do centro da cidade. A diversidade estilística é característica das arquiteturas que compõem o espaço de praça e comparecem para completar a montagem compositiva de seu espaço urbano figurativo. Seu fator de céu visível, $y=70\%$ (fig. 10), é grande e irregular, com ângulos de obstrução máximo de 60° e mínimo de 2° . Parte de sua obstrução deve-se à vegetação distribuída de maneira não uniforme na praça, que atua parcialmente como filtro e barreira, porém sem amortecer sensivelmente o ciclo térmico diário.

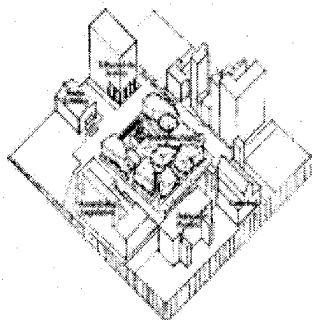


Figura 9 - Praça da Matriz

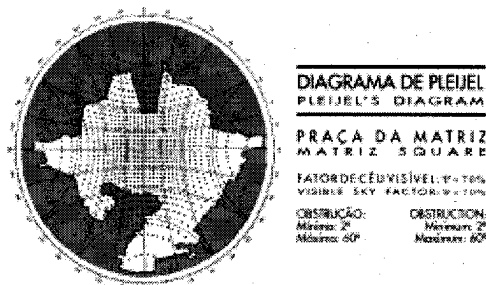


Figura 10 - Praça da Matriz - Diagrama de Pleijel

A arborização mais densa se concentra em dois renques ao longo do eixo do platô, além de algumas árvores dispersas, adultas, mas que não apresentam grande densidade folhar. O solo, predominantemente seco, retarda não só o crescimento como a foliação. A porosidade do recinto se manifesta numa série de efeitos eólicos propiciados pela posição topográfica do local, forma dos edifícios e pela densidade e tipo dos agrupamentos vegetais. Associados à direção e intensidade dos ventos, são inúmeros e de grande variabilidade.

Espaço político-cultural, próximo ao Rio Guaíba, seco, o Largo Glênio Peres (fig. 11) está limitado pelo prédio várias vezes centenário do Mercado Público ao norte pela Praça XV de Novembro, arborizada, que não projeta grandes sombras sobre o Largo pois se encontra ao sol. O atual terminal de ônibus urbanos cria no leste um lado devassado da Praça, permitindo a entrada do vento fresco no verão. Já a Praça Montevideo, ao oeste, pela sua massa edificada na direção dominante do vento de inverno, comporta-se como uma barreira, protegendo o Largo da ação do vento, frio e úmido, típico da estação.

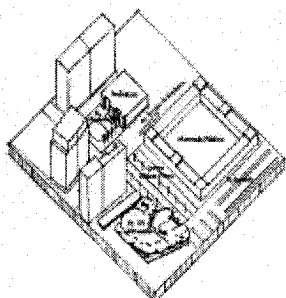


Figura 11 - Largo Glênio Peres

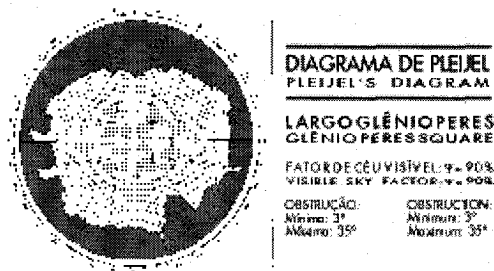


Figura 12 - Largo Glênio Peres - Diagrama de Pleijel

Seu grande fator de céu visível, $\gamma=90\%$ (fig. 12), com ângulos de obstrução máximo de 35° e mínimo de 3° , típico de praças secas de grande porte, permite que os agentes climáticos locais atuem, sem modificações expressivas, no recinto urbano. Permite, ainda, a chegada da radiação solar direta sobre o recinto através do ano, fazendo dela um local que aquece rapidamente através do dia, principalmente no verão, mas perde com facilidade sua temperatura, tanto do ar quanto superficial, nas noites de céu claro. O basalto lixado combinado com paralelepípedos de granito apresenta valores importantes de absorvância e emitância da radiação solar, de 0,65 a 0,70 e 85 a 95%, respectivamente. As grossas paredes do Mercado também acumulam calor durante os dias de verão, aumentando o caráter de recinto urbano quente.

As variações de temperatura e umidade dependem da ação do vento, sendo maiores quando esta for mínima ou nula, acentuando as características microclimáticas do recinto como, por exemplo, no caso de redução de $4,1^\circ\text{C}$ verificada durante o verão nas proximidades da massa vegetal da Praça XV, acompanhada da redução de umidade relativa do ar em, aproximadamente, 5% na parte central da praça.

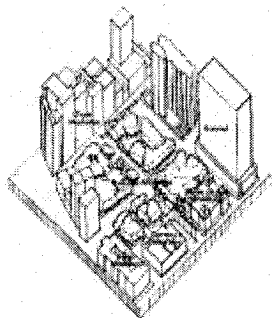


Figura 13 - Praça da Alfândega

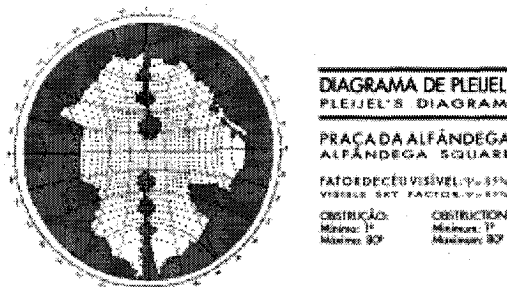


Figura 14 - Praça da Alfândega - Diagrama de Pleijel

Típica praça ajardinada, a Praça da Alfândega (fig. 13) apresenta árvores altas de copas espessas combinadas com árvores menores cujos ramos se entrelaçam, canteiros e passeios, bancos e luminárias dão ao local seu caráter de praça úmida, configurando um recinto urbano agradavelmente protegido dos ventos no inverno. Ainda que o fator de céu visível delimitado pelas edificações seja grande, $\gamma=85\%$ (fig. 14), a densa vegetação que cobre a praça consegue transformá-la numa área protegida da ação direta do clima local. As medições realizadas mostram a praça como um recinto com persistentes variações negativas de temperatura e conseqüentes variações positivas da umidade relativa. Sob a cobertura vegetal, as reduções de temperatura chegaram a 4°C , não demonstraram efeitos sobre o aumento da umidade local, da ordem de 10%. A incidência de sombras projetadas acarretou uma diminuição de apenas 1°C na temperatura e 1% na umidade relativa local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço urbano está condicionado por fatores climáticos locais. Essa é a grande diferença do espaço arquitetônico, para o qual esses fatores condicionam hoje a potência de suas instalações de climatização artificial. Na grande maioria dos casos, devido à ausência de dados científicos confiáveis ou ignorância, o espaço urbano - nas suas manifestações mais apreciadas - costuma ser o resultado da acumulação do conhecimento empírico compartilhado pela população do lugar através do tempo. Entretanto, suas manifestações mais degradadas geralmente são o resultado da adoção de dispositivos de controle de forma urbana não experimentados, às vezes importados, outras vezes inadequados, ou de repetição cega de dispositivos e organizações espaciais largamente comprovadas como eficientes. É o desenvolvimento desta última tendência o que tem colocado em questão a possibilidade da existência de um recinto urbano como um espaço para o qual é grato os edifícios se abrirem, com características ecotérmicas minimamente aceitáveis. Para obtê-lo, propomos modificar os fenômenos climáticos localmente, ao nível do solo, onde a vida acontece através da escolha do albedo das superfícies do recinto urbano mais adequado do ponto de vista termoluminoso, da redução da capacidade de acumulação térmica de seus edifícios e do aumento de sua resistência térmica (situação oposta à da cidade clássica e seca, que tanto admiramos).

No recinto urbano úmido, não é a inércia térmica o fator condicionante decisivo de seu desempenho em condição de verão, mas a ventilação. É ela que pode diminuir a temperatura interior e a umidade relativa do ar, a noite, até o valor com que o ar a ele chega. Não é de estranhar, assim, que numa cidade subtropical superúmida, busquem-se o incremento da capacidade evaporativa, da pele do usuário e da dispersão convectiva através do ar em movimento, com a conseqüente diminuição do esforço (stress) térmico por calor mantendo as janelas abertas durante o dia. Quanto mais permeável for a cidade e a edificação e menor for a inércia térmica dos edifícios, quando sopra a brisa, serão mais parecidas a temperatura interior, a do espaço imediato exterior e acima da edificação.

A estrutura urbana recomendada é aquela que apresenta recintos diferenciados ecotermicamente: acessíveis ao Sol uns, inacessíveis outros; acessíveis ao vento todos, contando com a valiosa contribuição de janelas que abrem (em oposição aos herméticos panos de vidro), que transformam em estruturas porosas os seus edifícios, permeáveis à passagem de ar, situação necessária e própria dos climas quentes e úmidos. Acreditamos não ser necessário (nem conveniente) propor espaços semelhantes aos da cidade modernista, nem aos da clássica e seca, mas sim os recintos que a arquitetura subtropical requer.

Todos os cidadãos porto-alegrenses respiram um ar compartilhado e, com as janelas abertas, respirariam o mesmo ar, em geral poluído, senão existisse a microbrisa gerada através da massa edificada, quando permeável.

Uma última observação: uma das formas propostas no novo Plano Diretor é a de voltar a ocupar o lote na divisa, retornando o uso de um dos mais tradicionais dispositivos: o pátio de ar e luz, o qual - paradoxalmente - constitui o espaço exterior mais escuro, úmido, mal ventilado e barulhento possível de imaginar.

No verão, a sua eficiência é limitada, como no espaço de ventilação dos locais que a eles se abrem. No inverno, eles funcionariam bem, quando as janelas estão abertas apenas para uma renovação rápida do ar e a edificação perde sua condição de massa permeável. Nessa situação, verificar-se-ia o funcionamento teoricamente previsto e o ar aquecido ascenderia pelos pátios para dispersar-se na atmosfera, sobre os telhados. Entretanto, com todas as janelas fechadas, nesses edifícios pequenos dos quais o sol tem sido excluído, produz-se no inverno, durante o dia, uma inversão térmica que impede a total renovação do ar: ele chega a ser úmido e fétido. O comum é não abrir as janelas para esse espaço. No inverno, o recinto urbano assim criado, feito de pequenos pátios (ou buracos) que não recebem insolação, funciona como degeneração do espaço arquitetônico, de uma arquitetura sem janelas, sem sistema de condicionamento que amenize seu defeito.

Se aprovado (e aplicado na prática) levará a uma necessária e urgente revisão do atual Código de Obras de Porto Alegre, para rever seu dimensionamento, agora sobre bases dimensionais mais precisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) MARTINEZ CARO, C. & RIVAS, J. L. Arquitectura urbana. Elementos de teoria y diseño. Bellisco, Madrid, 1990.
- 2) RAMON, F. Ropa, sudor y arquitectura. Blume, Madrid, 1980.

*Equipe de pesquisa: Prof. Juan Mascaró (consultor), Fabiano Augusto Finger de Andrade, Giane de Campos Grigoletti, Marcus Vinícius Machado Padilha, Tatiana Antoniazzi Brugalli.

