



## **III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

**Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995**

### **BASES PARA A DETERMINAÇÃO DOS RECUOS E VOLUMETRIA DOS EDIFÍCIOS, CONSIDERANDO A INSOLAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAL, NA REVISÃO DA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE BELO HORIZONTE, MG**

Eleonora Sad de ASSIS, Arq., M.Sc.

Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo - Escola de Arquitetura da UFMG  
Rua Paraíba, 697 - 30.130-140 - Belo Horizonte - MG - Tel.: (031) 261-1755 ramal 16; Fax: (031) 261-7286

Victor Mourthé VALADARES; Roberta Vieira Gonçalves de SOUZA, Arqs., mestrandos  
Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil - CTC da UFSC - Campus de Trindade  
C. Postal 476 - 88.049 - Florianópolis - SC - Tel.: (048) 231-9370; Fax: (048) 231-9770

#### **RESUMO**

Apresenta-se os critérios e o método de um trabalho desenvolvido para a Secretaria Municipal de Atividades Urbanas (SMAU) da Prefeitura de Belo Horizonte, que objetivou elaborar um modelo matemático e viabilizar sua aplicação prática na determinação dos recuos e volumetria dos edifícios da cidade, tendo em vista preservar as condições de insolação e iluminação natural dos ambientes. Um conjunto de ângulos de altura solar foi gerado em função dos critérios adotados, definindo os parâmetros de recuo e altura dos edifícios. Na aplicação do modelo à Lei, foram considerados dois casos: entorno ocupado com edificação vizinha térrea e quando o lote é de esquina ou se deseja definir o recuo frontal. A condução integrada do trabalho junto aos corpos técnico e político da SMAU mostrou que a operacionalização do modelo implica numa série de decisões que afetam inclusive sua própria eficácia.

#### **ABSTRACT**

This paper presents the criteria and method for a work developed to Prefecture of Belo Horizonte, MG, that had as objective to create a model and make possible its practical use to determine the buildings limits of height and distance. A collection of solar angles was found to attend the exigences of indoor insolation and daylighting. The model was applied to the city law of land use, that was been revised, considering two cases: first, the neighbourhood with ground-level buildings and the second, when the building lot is in the corner or it has to find the front distance of building. The integrated work with both technical and political staffs of Prefecture shows that decisions about the model operation can affect its own efficacy.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Insolação; iluminação natural; modelos; legislação

#### **INTRODUÇÃO**

A preservação de condições mínimas de insolação e iluminação natural nos edifícios tem sido uma preocupação crescente nos grandes aglomerados urbanos, cuja tendência ao adensamento e à verticalização acaba por prejudicar o acesso das habitações ao sol e à luz, muitas vezes com sérias consequências aos aspectos sanitários e de habitabilidade dos ambientes internos.

Uma forma de alcançar esse objetivo é introduzir na legislação construtiva e de uso e ocupação do solo urbano certos dispositivos que garantam a insolação e iluminação natural das fachadas dos edifícios, segundo alguns critérios determinados.

No caso de Belo Horizonte, têm sido detectados já há algum tempo casos críticos de edifícios residenciais, muitos deles de alto padrão, que não cumprem com requisitos mínimos de acesso ao sol e à luz natural. Isso ocorre em

função de deficiências na legislação de uso e ocupação do solo em vigor, comprometendo a qualidade dos produtos arquitetônicos. Na revisão dessa legislação, o corpo técnico da Secretaria Municipal de Atividades Urbanas, preocupado com o agravamento dessa questão, resolveu propor a introdução de dispositivos legais para a garantia das condições de insolação e iluminação, contactando-nos para o desenvolvimento de um modelo para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios.

Os critérios adotados para a insolação e iluminação natural dos edifícios na área urbana foram os recomendados por ALUCCI (1986), utilizados também por MORETTI (1993) em seu estudo para a cidade de São Paulo e apresentados a seguir:

- insolação de, pelo menos, uma hora no solstício de inverno para o quadrante norte (orientações de leste a oeste, sentido anti-horário);
- iluminação natural mínima de 150 lux de oito às dezesseis horas, em 80% do ano.

Crítérios baseados em valores do número de horas de sol por dia foram extensamente criticados por PEREIRA & MINCACHE (1991). Entretanto, a relativa simplicidade de gerar modelos a partir desse tipo de critérios e inserí-los no texto legal justificou sua adoção num momento onde se procurava, inclusive, criar bases técnicas para sua assimilação por todas as categorias profissionais envolvidas com a prática do projeto de arquitetura, facilitando o processo de discussão e aprovação da nova lei.

## O MODELO

O modelo matemático para a determinação do recuo e volumetria do edifício considerando a insolação e iluminação natural é uma relação trigonométrica simples, a partir do ângulo de altura solar que satisfaz aos dois critérios. A Figura 1 mostra essa relação:

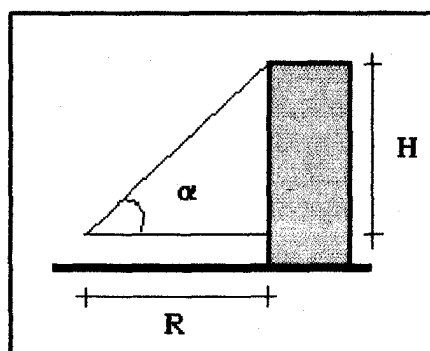


Figura 1 - Relação entre o ângulo de altura solar, o recuo e a altura máxima do edifício

A relação entre recuo (R) e altura (H) do edifício é, assim, dada por:

$$\text{Tg } \alpha = H/R \quad (01)$$

Na aplicação do modelo, considerou-se preliminarmente dois casos principais:

- a) caso 1: quando o entorno já está ocupado, considerando situação crítica de edificação vizinha térrea com recuo mínimo lateral de 1,5 m (figura 2).

Nesse caso, temos que:  $H_T = H + h$ , sendo  $h = x + 1,2$  (02)

e:  $\text{Tg } \alpha = H_T/R$  (03)

- b) caso 2: quando o lote é de esquina ou se deseja definir o recuo de frente, ou seja, quando o ângulo de altura solar pode ser tomado em relação à via pública (figura 3).

Sendo  $L_T$  a largura total da via pública e  $H_T$  a diferença entre a cota do topo da edificação e a cota do passeio, na seção considerada, para o mesmo ângulo de altura solar, temos que:

$$\text{Tg } \alpha = H_T/(L_T + R) \quad (04)$$

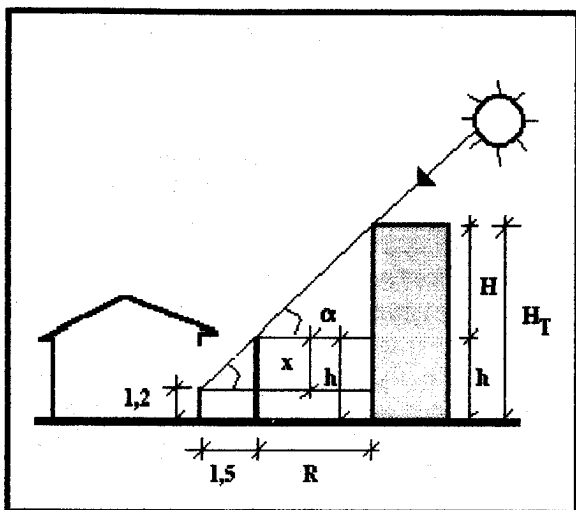


Figura 2 - Caso 1

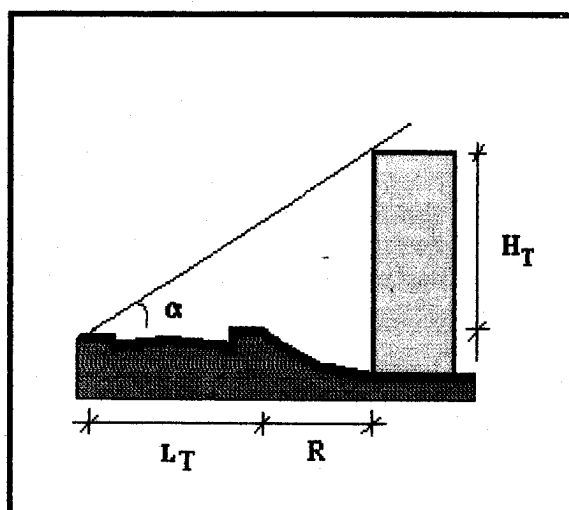


Figura 3 - Caso 2

## MÉTODO DE ANÁLISE DAS CONDIÇÕES ATUAIS E DE GERAÇÃO DO CONJUNTO DE ÂNGULOS DE ALTURA SOLAR

**Insolação.** O método utilizado para a análise das condições de insolação do assentamento urbano de Belo Horizonte foi o de classificação estatística das orientações mais frequentes em função do zoneamento urbano.

Foram levantadas e tabeladas as orientações mais frequentes das testadas dos lotes que ocorrem nas 236 micro-regiões homogêneas da cidade. Em seguida, relacionou-se a estas orientações os usos do solo mais frequentes. Num quadro final, os dados foram reorganizados, relacionando ao zoneamento urbano e seus respectivos modelos de assentamento, as orientações mais frequentes. Esse quadro deu origem a um outro quadro de amostragem para a geração do conjunto de ângulos de altura solar, considerando as macro-regiões mais densas (5, 6, 7, 8 e 10). As classes de Uso e Ocupação do Solo utilizadas foram *residencial unifamiliar*, *residencial multifamiliar vertical*, *comércio local* e *comércio e serviços*. As orientações mais frequentes encontradas de testada dos lotes foram 15°, 40°, 75° e 90°, considerando-se apenas o quadrante norte.

Nessas condições, os conjuntos de ângulos de altura solar foram determinados para o período de 11 às 13 horas do solstício de inverno, utilizando-se a Carta Solar para latitude 20° Sul, conforme o critério proposto por ALUCCI (1986). Depois, cada um destes conjuntos gerou seu respectivo conjunto de ângulos de altura solar corrigidos em função da orientação, segundo método de FROTA & SCHIFFER (1988), pois nem sempre podem ser os ângulos de altura solar transferidos em verdadeira grandeza para o plano vertical de projeção em desenho técnico de arquitetura (elevações e cortes), uma vez que o plano que contém o ângulo de altura solar numa determinada hora e mês nem sempre será paralelo a esse plano vertical. Desse modo, não haverá um único ângulo de altura solar, mas um conjunto de ângulos que satisfazem ao conjunto de orientações mais frequentes dos lotes urbanos. No nosso caso, o conjunto de ângulos de altura solar corrigidos para as orientações mais frequentes é:

$$G' = \{ \alpha : 0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 85^\circ \}$$

Como se pode observar, existe uma variação muito grande neste conjunto de ângulos, o que não recomenda a adoção de um ângulo médio, por exemplo, que resultaria numa distorção significativa, tanto para as orientações mais desfavoráveis quanto para as mais favoráveis, principalmente de for ponderada a área urbana onde estas orientações ocorrem.

**Iluminação Natural.** Utilizou-se o método proposto por ALUCCI (1986), o mesmo adotado por MORETTI (1993), que consiste em estabelecer uma distância mínima entre edificações (R) em função da altura da edificação a ser implantada (H) e de um ângulo de gabarito ( $\alpha$ ) posicionado no peitoril da janela do primeiro pavimento da edificação vizinha, a partir da equação (01). Este ângulo é obtido de um ábaco, cujos dados de entrada são a eficiência luminosa da abóbada celeste local e a relação entre a área de janela e a área do piso (J/A) dos ambientes

da edificação. Assim, foi necessário levantar dados referentes à normalização técnica, às características da abóbada celeste de Belo Horizonte e às considerações de seu Código de Obras para se alcançar um resultado preliminar.

Os dados de iluminação externo médio em plano horizontal referentes a Belo Horizonte são muito variáveis. ALUCCI (1986) registra valores entre 16.700 lux e 19.000 lux, enquanto MASCARÓ (1985) calcula um valor de 26.400 lux, considerando a nebulosidade média da região de Belo Horizonte e céu encoberto. Por outro lado, o iluminação interno de 150 lux correspondente ao valor mínimo de iluminância geral, recomendado pela NBR-5413/82 para atividades que se realizam em residências, não deve ser tomado como referência para zonas de uso misto, onde atividades de comércio e prestação de serviços (escritórios) requerem um mínimo de 300 lux.

Assim, em vez de se obter um único ângulo de gabarito, tendo em vista as diferenças de valores apontadas anteriormente, procurou-se gerar um conjunto de ângulos à partir dos vários índices de iluminação externo obtidos, para uma avaliação posterior de qual deles adotar. Foram considerados os dados de 16.700, 19.000 e 26.400 lux para representar os níveis de iluminação externo no plano horizontal.

Quanto à relação entre área de janela e área de piso ( $J/A$ ), adotou-se a maior relação proposta pelo Código de Obras de Belo Horizonte (Art. 60, Decreto-Lei nº 84 de 21/12/1940), ou seja,  $J/A = 1/6$ . Embora tal relação diga respeito aos dormitórios, não parece compatível adotar uma relação menor para lojas, escritórios e consultórios, por exemplo, uma vez que tais atividades requerem valores gerais mínimos iguais ou superiores àqueles preconizados pela NBR-5413 para residências.

O conjunto obtido de ângulos de gabarito  $G''$ , tendo em vista o aproveitamento da iluminação natural com impactos positivos para a conservação de energia, foi:

$$G'' = \{ \alpha : 0^\circ \leq \alpha \leq 52^\circ 30', 55^\circ, 62^\circ 30', \text{ para } 26.400 \text{ lux} \}$$

**Integração dos Conjuntos de Ângulos.** Para a integração simultânea das condições de insolação e iluminação natural, considerou-se a interseção dos dois conjuntos de ângulos  $G'$  e  $G''$ . Desse modo, o conjunto resultante  $G$  é:

$$G = \{ \alpha : 0^\circ \leq \alpha \leq 62^\circ 30' \}, \text{ mas, no caso limite, } G = \{ \alpha : 0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ \}$$

Considerando o ângulo-limite de  $45^\circ$  no caso 1, verifica-se que o valor de  $x$  passa a ser 1,5m e que a altura máxima do muro de divisa ( $h$ ) deve ser de 2,7m. Essa é a altura a partir da qual o ângulo-limite deve ser locado na divisa lateral do terreno. Onde locar o ângulo também é motivo de discussão: no ponto médio do terreno? No ponto onde a cota altimétrica for menor? Em relação ao caso 2, o modelo reduz-se a  $H_T = L_T + R$ .

## RESULTADOS

Na aplicação desse conjunto de ângulos a uma série de situações permitidas pela lei de uso e ocupação do solo em vigor, verificou-se que, em geral, as habitações térreas até o segundo pavimento e, às vezes, até o terceiro, ficam prejudicadas quanto à insolação e iluminação natural. Esse é um resultado importante, pois uma boa parte do zoneamento urbano atual permite modelos de assentamento que geram pequenos edifícios residenciais com até 4 (quatro) pavimentos, onde não é obrigatório o uso de pilotis.

Ficou também bastante claro que, devido à grande variabilidade de orientação solar dos assentamentos da cidade, a adoção de um único ângulo de altura solar (por exemplo, o ângulo-limite de  $45^\circ$ ) viria a penalizar as áreas com orientação mais favorável, correndo o risco de restringir seu adensamento.

Do ponto de vista da utilização de uma coleção pré-determinada de ângulos de altura solar, percebe-se que seria melhor que o dispositivo legal admitisse um conjunto de ângulos relacionados respectivamente a cada zona de uso e ocupação do solo. A variação significativa das orientações locais nas micro ou macro-regiões homogêneas do município, permite propor uma imagem urbana específica para cada área, repercutindo numa relação positiva entre o sítio urbano, a volumetria de edificações e usos predominantes em cada zona. Tal procedimento poderia conduzir à maior diversidade, legibilidade e imageabilidade urbanas, criando maior identidade, estrutura e significado para os cidadãos. Estes conceitos, entretanto, só podem ser validados pela intenção objetiva da Prefeitura e comunidades locais em preservar ou modificar certas áreas, por motivos naturais e/ou culturais, uma vez que a cidade é um ambiente em contínua transformação.

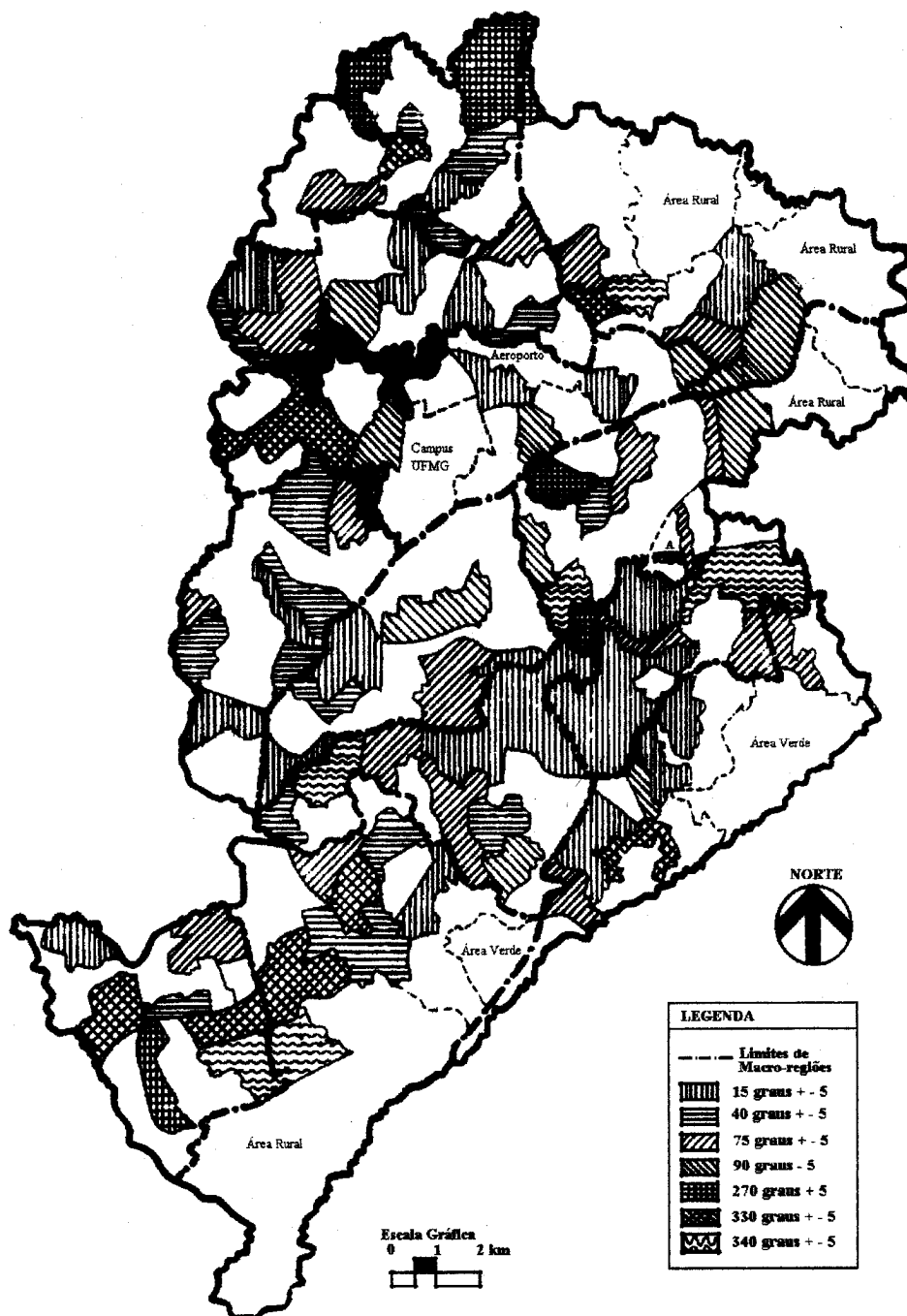


Figura 4 - Mapa das Orientações mais frequentes das testadas dos lotes, quadrante norte. Base cartográfica: Mapa do Município de Belo Horizonte, PRODABEL, 1986. Micro-regiões homogêneas segundo SUDECAP, 1986.

Uma segunda perspectiva seria a incorporação de uma rotina para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios, baseada nesses critérios, no Sistema de Informações Geográficas (SIG) da Prefeitura, de tal modo que, ao solicitar as informações básicas sobre o terreno, o projetista já receberia a listagem dos ângulos de altura solar para cada divisa do terreno, calculados especificamente para a orientação de seu lote. Nesse caso, o dispositivo legal seria bastante simplificado, ao mesmo tempo que estaria abarcada toda a complexidade do assentamento urbano da cidade, o que não pode ser feito com a derivação estatística de um conjunto de ângulos.

Outras questões devem ainda ser incorporadas a uma solução final, como, por exemplo, a definição de afastamento entre edificações em função da permeabilidade aos ventos, bem como para possibilitar o investimento

sistemático no uso de fontes alternativas de energia, como a solar, cuja viabilidade para a cidade de Belo Horizonte já foi comprovada pelos técnicos da Cia. de Energia de Minas Gerais (CEMIG), o que representaria a médio e longo prazo uma economia significativa de energia operante para a cidade.

## CONCLUSÕES

Essa experiência mostrou que, para a operacionalização de um modelo relativamente simples, são necessárias uma série de decisões, tanto técnicas quanto políticas, que afetam a eficácia do próprio modelo.

Do ponto de vista técnico, o desenvolvimento de um modelo simples era de fundamental importância para dar início a uma mudança local da cultura do projeto na construção civil, permitindo sua assimilação pelas diversas categorias profissionais envolvidas. Por outro lado, na sua aplicação, observou-se que a complexidade do ambiente construído e das situações possíveis levaria necessariamente à consideração diferenciada de casos típicos, tanto em função do entorno já construído, quanto do uso previsto. Assim, a operação do modelo fica condicionada a certos requisitos locais específicos, ou seja, não se pode aplicá-lo de maneira indistinta na malha urbana da cidade.

As duas hipóteses para operacionalização do modelo (conjunto de ângulos por zona, tabelados pela lei e conjunto de ângulos por lote, calculados pelo SIG) certamente trazem consequências diversas sobre sua eficácia. Na primeira hipótese, a geração estatística dos conjuntos de ângulos não pode abarcar toda a complexidade do ambiente urbano; por outro lado, tem sido considerada uma opção mais facilmente aceita pela comunidade de construtores locais, facilitando a gestão política do processo para a aprovação do projeto de lei.

A segunda hipótese traz maior precisão à aplicação do modelo, contudo, tem esbarrado em dois problemas, um de ordem técnica, outro, político: este, refere-se à capacidade de coordenação interna para a cooperação entre órgãos distintos da Prefeitura, no sentido de criar (a tempo para a edição do dispositivo legal na revisão da lei de uso e ocupação do solo) a base de dados para as informações sobre os terrenos urbanos no SIG. O problema técnico refere-se à compatibilização das plantas cadastrais (legais), que são a base das informações sobre o terreno solicitadas para projeto, com a base aerofotogramétrica do SIG, onde a rotina seria inserida.

## REFERÊNCIAS

1. ALUCCI, Márcia P., org. *Implantação de Conjuntos Habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica*. São Paulo, IPT, 1986.
2. ASSIS, Eleonora S. & VALADARES, Victor M. *Modelo Matemático para Determinação dos Recuos e Volumetria dos Edifícios em Belo Horizonte, considerando a Insolação e Iluminação Natural*. [Relatório para a Secretaria Municipal de Atividades Urbanas, Prefeitura de Belo Horizonte], Belo Horizonte, 1994.
3. ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR-5413/82: Iluminância de Interiores: especificação*. Rio de Janeiro, 1982.
4. BELO HORIZONTE, Prefeitura. *Código de Obras: regulamento de construções da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte*. Decreto-Lei Nº 84, de 21/12/40.
5. BELO HORIZONTE, Prefeitura (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano). *Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, SMDU, 1985.
6. BELO HORIZONTE, Prefeitura (Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP). *Pesquisa de Adensamento, Ocupação e População*. Belo Horizonte, SUDECAP (Diretoria de Planejamento), 1986, inédito.
7. FROTA, Anésia B. & SCHIFFER, Sueli R. *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo, Nobel, 1988.
8. MASCARÓ, Lucía R. *Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo [Anexos]*. São Paulo, Projeto, 1985.
9. MASCARÓ, Lucía R.; MASCARÓ, Juan L & COMAS, Carlos E. *Subsidios para redação de código de obras (versão preliminar)*. Porto Alegre, PROPAC/CNDU, 1985.
10. MORETTI, Ricardo S. *Crêterios de Urbanização para Empreendimentos Habitacionais*. [Tese de Doutorado apresentada à Escola Politécnicada da USP], São Paulo, 1992.
11. PEREIRA, Fernando O. R. & MINCACHE, J. A. C. "Insolação no Ambiente Construído: critérios para sua regulação e normalização", I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído: Anais..., Porto Alegre, ANTAC, 1991, 101-107.