

SUBSÍDIOS PARA NORMALIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO BRASIL

ALUCCI, Márcia P. ⁽¹⁾, Doutora em Arquitetura e Urbanismo; ASSIS, Eleonora S. ⁽²⁾, Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo e SCARAZZATO, Paulo S. ⁽¹⁾, Doutor em Arquitetura e Urbanismo

⁽¹⁾ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Rua do Lago, 876 05508-900 São Paulo SP Brasil

Tel.: +55(11)818-4571 Fax: +55(11)818-4539 E-mails: marcialu@usp.br; pasezato@usp.br

⁽²⁾ Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Rua Paraíba, 697 30130-140 Belo Horizonte MG Brasil

Tel.: +55(31)261-6841 Fax: +55(31)261-7286 E-mail: elsad@dedalus.lcc.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho reúne subsídios que se destinam a contribuir para a elaboração da Norma Brasileira de iluminação natural. Estão destacados os itens que se referem aos procedimentos para caracterização das condições de exposição das edificações (tipo de céu), os requisitos de iluminação que garantem as condições de conforto luminoso do usuário e os critérios de desempenho luminoso que poderiam ser indicados na Norma (em função do uso e localização geográfica da edificação). Destaca-se ainda a necessidade de contemplar os aspectos de economia de energia elétrica decorrentes da utilização da iluminação artificial enquanto recurso complementar à iluminação natural.

ABSTRACT

This paper discusses sonic basic aspects on daylighting as a contribution for the development of a Brazilian standard. The subjects concerning to procedures for determining the exposure conditions of buildings (kind of sky) are emphasized, as well as the illuminating requirements for human comfort and the performance criteria that could be recommended by the standard considering the building's functions and its geographical place. Furthermore it is also examined the need to observe those aspects of electric energy savings resulting from the use of artificial fighting as a supplementary source for the natural lighting.

INTRODUÇÃO

O desempenho luminoso de uma edificação pode ser considerado satisfatório se as exigências de conforto visual e as exigências de economia de energia elétrica para iluminação artificial dos ambientes da edificação forem atendidas. Com base nessas duas exigências é possível a formulação de requisitos e critérios de desempenho que devem ser atendidos pelas edificações para que as mesmas possam ser consideradas satisfatórias. Esta definição é válida tanto para a iluminação artificial como natural.

Atualmente, a única referência disponível no Brasil é a NBR 5413/82¹, que estabelece níveis de iluminância interior exigidos para diferentes tipos de atividade, mas destinados à iluminação artificial. Entretanto, o país tem condições de céu em geral favoráveis ao uso da iluminação natural, cujos valores estimados poderiam suprir em grande parte as necessidades de iluminação diurna do parque edificado nacional, representando uma economia significativa dos gastos de energia operante com iluminação artificial, principalmente nos setores de maior consumo, como comércio e serviços. Deste modo, este trabalho pretende contribuir à discussão para o desenvolvimento de normas brasileiras sobre o uso da luz natural nas edificações, dentro de uma perspectiva de melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis para a sustentabilidade do ambiente construído.

Quanto à normalização internacional específica para a iluminação natural, destacam-se as normas DIN 5034/85 alemã e BSI DD 73/82 inglesa. A norma alemã estabelece que os valores para iluminação natural devem corresponder a 60% dos níveis fixados para iluminação artificial, utiliza o conceito de Fator de Luz Diurna (FLD)² para determinação dos níveis de iluminância interior, considera aspectos psico-físicos da iluminação e limita não apenas as superfícies ofuscantes, mas também suas respectivas reflectâncias.

A norma inglesa, por sua vez, é apresentada como um guia para o desenvolvimento do projeto arquitetônico de iluminação, incorporando já a preocupação com a economia de energia elétrica, e considera apenas a abóbada celeste como fonte de luz, sendo a radiação solar como fonte de luz tratada em outro documento³. Os valores de iluminância são recomendados diferenciando ambientes iluminados exclusivamente com luz natural daqueles cuja iluminação natural será suplementada com luz artificial. Além de estabelecer os níveis de iluminância requeridos para cada tipo de atividade/tarefa visual, propõe limites para a razão de uniformidade e para a razão entre a área da abertura iluminante e a área da parede que a contém, em função da profundidade do ambiente, como forma de garantir o contato visual com o ambiente exterior.

Além destas, pode-se citar ainda a norma argentina IRAM AADL J 20-02/69, que também trata especificamente da iluminação natural e faz referência ao uso da iluminação artificial suplementar. Nesse documento, os níveis de iluminância interior são estabelecidos através do FLD para quatro tipos de tarefa visual, classificados segundo seu grau de dificuldade, sendo que valores mínimos de FLD são fixados para edificações habitacionais, industriais, comerciais e hospitalares. Estes valores mínimos, entretanto, não consideram o efeito da radiação solar direta. A norma também indica um método de cálculo para FLD e para o dimensionamento de janelas.

Praticamente toda documentação técnica ou normativa produzida na área da iluminação natural leva em conta a orientação formulada pela Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), a partir de sua publicação CIE 16(E-3.2) de 1970, que analisa os métodos de cálculo adotados por 14 países e comenta suas limitações e/ou vantagens. Em 1984, a Illuminating Engineering Society (IES) americana realizou outra revisão e consolidação dos métodos existentes para o cálculo dos níveis de iluminância exterior sob três diferentes condições de céu⁴, tendo reafirmado seu modelo em 1991.

A consulta a essa extensa documentação traz, com certeza, dados e métodos de cálculo que podem ser adotados. No entanto, na medida em que não existem séries estatísticas de medições de luminância dos céus brasileiros, qualquer alternativa adotada para a avaliação do desempenho luminoso natural de edificações em território nacional deverá ser vista com restrições, ou no máximo, como uma aproximação aceitável, até que possam ser desenvolvidos estudos e medições que gerem subsídios para uma formulação mais precisa.

Assim sendo, neste trabalho optou-se por:

- tomar como referência a norma NBR 5413/82, já incorporada pelos projetistas na determinação dos níveis de iluminância adequados à cada atividade em ambientes interiores;
- adotar o procedimento de cálculo recomendado pela IES e utilizado por SCARAZZATO (1995) para a determinação da iluminância sobre plano horizontal desobstruído (caracterização da abóboda celeste como fonte de luz), considerando o tipo de céu encoberto⁵;
- identificar a frequência de ocorrência dos vários níveis de iluminância sobre plano horizontal durante um *ano luminoso típico*⁶ de modo que o projetista possa optar pela eficiência de "céu de projeto" que desejar (ver Figura 1);
- associar, em cada cidade, os valores mínimos de FLD a serem adotados à eficiência desejada, em função dos níveis de iluminância interior indicados pela norma NBR 5413/82 para a atividade a ser desenvolvida no ambiente (ver Figura 2).

Observa-se, no exposto acima, que o *único critério* para a avaliação do desempenho luminoso de uma edificação proposto neste trabalho é o FLD, que garante um nível mínimo de iluminância sobre o plano de trabalho, a partir dos níveis propostos pela NBR 5413/82. No entanto, qualquer regulamentação brasileira que pretenda tratar da questão, como a norma brasileira em iluminação natural a ser proposta, deveria abordar os seguintes requisitos:

- *Requisito nº 1* - A iluminação dos ambientes deve ser realizada preferencialmente com luz natural, de modo que:

- a. o tempo de utilização do sistema de iluminação artificial seja o mínimo possível (durante o dia e durante o ano);
- b. a iluminação natural não implique em ganho excessivo de carga térmica.

- *Requisito nº 2* - A quantidade de luz disponível no ambiente deve ser suficiente para a realização da atividade à qual se destina o mesmo, e adequadamente distribuída.

- *Requisito nº 3* - A visão do céu através das aberturas iluminantes não deve ser motivo de desconforto visual para os usuários.

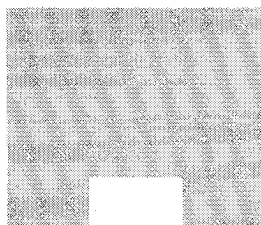
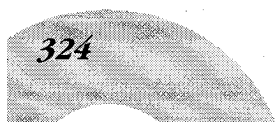
- *Requisito nº 4* - O contato visual do usuário com o meio exterior deve ser garantido a partir do maior número possível de posições na área destinada ao trabalho.

A seguir estão exemplificados, para 3 cidades brasileiras, os procedimentos comentados anteriormente.

APLICAÇÕES

ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

A caracterização da abóboda celeste enquanto fonte de luz foi determinada a partir do algoritmo proposto pela IES, usando o *software* DLN versão 2.06 desenvolvido por SCARAZZATO (1995), segundo sua concepção de *dia luminoso típico*, para condições de céu encoberto. Foram gerados dados mensais para três cidades brasileiras, de modo a abranger genericamente o território nacional, verificando a ocorrência ou não de variações expressivas sob esse tipo de céu. As cidades consideradas foram Recife (08°03' latitude sul; 34°55' longitude oeste), Belo Horizonte (19°56' latitude sul; 43°56' longitude oeste) e Porto Alegre (30°02'15" latitude sul; 51°13'13" longitude oeste).



Usando método proposto em ALUCCI (1993), o gráfico da Figura 1 mostra a distribuição da frequência de ocorrência dos níveis horários de iluminância durante o ano sobre plano horizontal desobstruído para estas três cidades, sob céu encoberto. Observa-se, neste caso, que há relativamente pouca variação das curvas ajustadas sobre os dados destas cidades, sendo que em 50% das horas de sol durante o ano, obtém-se um valor estimado de iluminância sobre plano horizontal desobstruído de 13.500 lux, 12.000 lux e 11.500 lux respectivamente para Recife, Belo Horizonte e Porto Alegre.

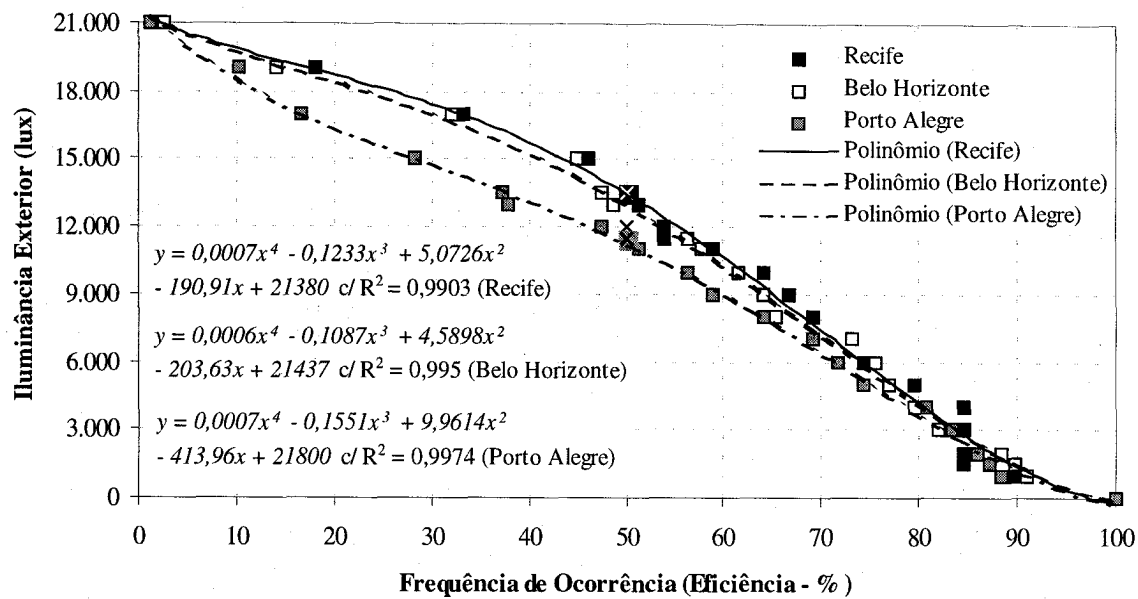


Figura 1. Distribuição percentual da frequência de ocorrência (eficiência) dos níveis de iluminância exterior sobre plano horizontal sob céu encoberto para três cidades brasileiras.

Conhecidas as características do “céu de projeto” local, é possível identificar o número de horas durante o ano nas quais o nível de iluminância (exigido pela NBR 5413/82) sobre o plano de trabalho num determinado ponto do ambiente será atendido sem a necessidade de fontes de luz artificial. Para essa verificação faz-se necessária a determinação da curva de distribuição de FLD para o tipo de céu local considerado.

O gráfico da Figura 2 apresenta este tipo de distribuição para a cidade de Belo Horizonte. Observa-se, por exemplo, que para um ambiente que requeira um nível de iluminância de 300 lux sobre o plano de trabalho, um FLD mínimo de 2,3% será necessário no ponto considerado para garantir luz natural durante 50%⁷ das horas de sol do ano. Esta informação permite a determinação do período durante o qual será necessária a suplementação da iluminação natural através da iluminação artificial e, portanto, permite estimar o consumo de energia elétrica para iluminação de interiores.

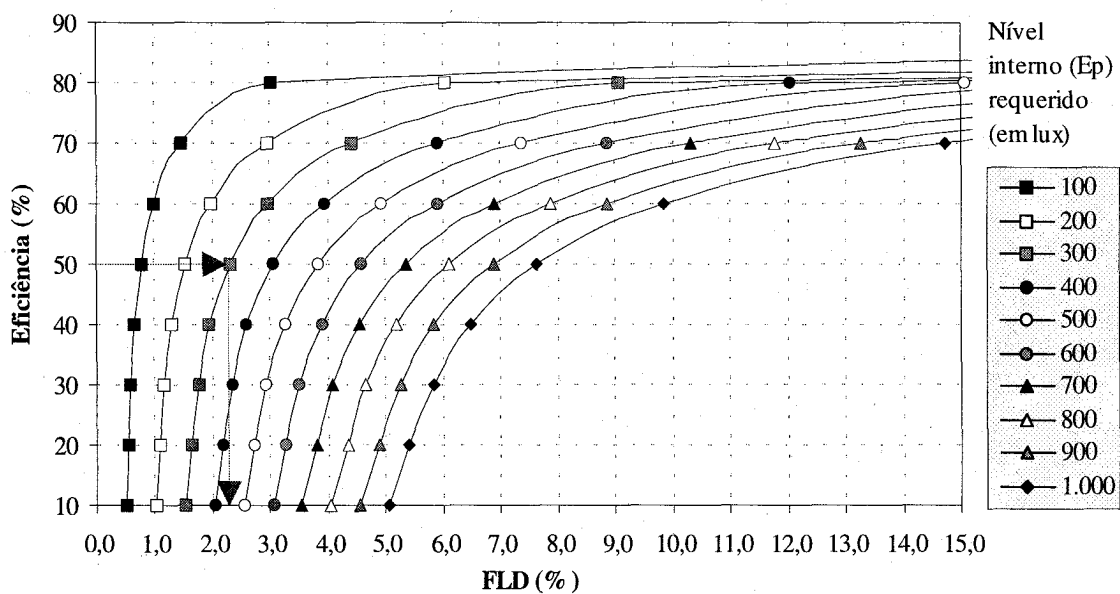


Figura 2. Determinação do Fator de Luz Diurna mínimo como função da Eficiência requerida da iluminação natural ao longo do ano e do Nível interno de iluminância necessário para a tarefa visual a ser desenvolvida no ambiente, para a cidade de Belo Horizonte sob céu encoberto.

Sugere-se, ainda, que a norma brasileira de iluminação natural inclua recomendações gerais para orientar o projetista quanto aos recursos que podem ser utilizados para atingir estes valores de FLD. Tais recursos incluiriam:

- alterar as dimensões da abertura e/ou
- modificar a posição relativa da abertura na parede que a contém e/ou
- modificar a cor dos revestimentos internos e/ou
- aumentar o número de aberturas e/ou
- mudar a abertura para fachada com menores ângulos de obstrução, sem obstrução ou para fachada que não necessite de proteção solar e/ou
- alterar o tipo de vidro utilizado, que apresente valores maiores de transmissão luminosa .

Estimativa do consumo de energia elétrica para iluminação artificial suplementar

Utilizando o resultado da eficiência luminosa adotada pelo projetista será possível estimar o consumo de energia elétrica (C_{EE}) para iluminação artificial dos ambientes, *no período de um mês*. Para isso, sugere-se a seguinte equação:

$$C_{EE} = \{P \times t \times [A_1 + (1-E_p) \times A_2]\} / 1.000 \quad [\text{kWh/mês}] \quad (1)$$

onde C_{EE} é o consumo estimado da energia elétrica, em kWh/mês;

A_1 é a área do piso onde a iluminação artificial é necessária todo o tempo (ver Figura 3);

A_2 é a área do piso onde a iluminação natural apresenta eficiência igual a E_p (em m^2);

E_p é a eficiência luminosa determinada na Figura 2 (em décimos);

P é a potência do sistema de iluminação escolhido pelo projetista (em W/m^2);

t é o tempo de ocupação durante o mês (n° de horas/mês).

Um exemplo de aplicação desse procedimento está descrito a seguir.

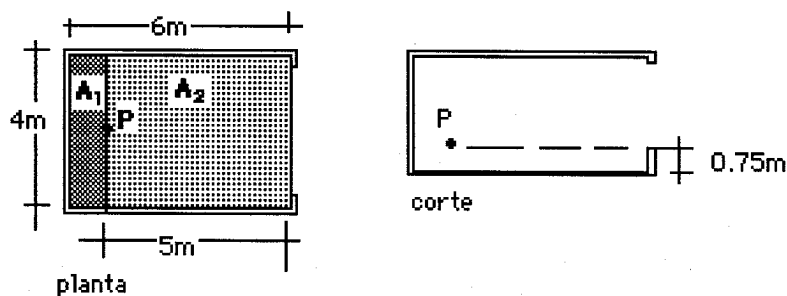


Figura 3. Identificação das áreas onde a iluminação artificial é indispensável (A_1) e onde a iluminação natural é suficiente (A_2).

Num ambiente cujo FLD no ponto P é de 2,3%, portanto 50% de eficiência luminosa (E_p), o consumo de energia elétrica mensal para iluminá-lo, será, aplicando a equação (1), de 112 kWh/mês⁸, para $P = 40\text{W}/\text{m}^2$; $t = 10\text{h} \times 20$ dias; $A_1 = 4\text{m}^2$; $A_2 = 20\text{m}^2$ e $E_p = 0.5$ (50%).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto acima e considerando-se que a falta de dados (luminâncias) registrados para as condições de céu brasileiro (e sua variabilidade de região para região) torna a elaboração da Norma uma tarefa bastante "delicada", sugere-se que os esforços concentrem-se, no futuro imediato, na busca de respostas para questões do tipo:

- Deve a Norma a ser proposta adotar (para a iluminação natural) os mesmos níveis de iluminância indicados pela NBR 5413?
- Qual a abordagem mais adequada para o controle de luminâncias nas superfícies internas dos ambientes (controle de ofuscamento)?
- Qual a abordagem mais adequada para incluir na Norma a relação ótima entre tamanho da abertura para iluminação e controle de carga térmica?
- Qual a versão da Norma que permitiria inserir procedimentos nos códigos de obra, onde cada cidade poderia adotar uma eficiência mínima do céu de projeto de acordo com sua política de economia de energia no parque edificado local?

Todas essas questões estão em aberto. E outras mais. O momento, sem dúvida, aguarda as respostas. O esforço deve ser nacional!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M. P. *Conforto Térmico, Conforto Luminoso e Conservação de Energia Elétrica: procedimentos para desenvolvimento e avaliação de projeto de edificações*. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, São Paulo, 1993.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 5413/82 - Iluminação de Interiores*. Rio de Janeiro, 1982.
- BRITISH Standards Institution (BSI). *DD 73/82 - Basic Data for The Design of Buildings: Daylight*. London, 1982.
- COMMISSION Internationale de L'Éclairage (CIE). *CIE 16(E-3.2), 1970 - Luz Natural*. Tradução COBEI. São Paulo, 1988.
- DEUTSCHES Institut für Normung (DIN). *DIN 5034 - Daylight in Interiors, Part 1, Part 2*. Berlin, 1979.
- ILLUMINATING Engineering Society (IES). *RP 21/84 - Recommended Practice for the Calculation of Daylight Availability*, New York, 1984 (reaffirmed 1991).
- INSTITUTO Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM). *IRAM AADLJ 20-02*, Buenos Aires, 1969.
- SCARAZZATO, P. S. *O Conceito de Dia Luminoso Típico de Projeto Aplicado à Iluminação Natural: dados referenciais para localidades brasileiras*. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, São Paulo, 1995.
- SCARAZZATO, P. S.; ASSIS, E. S.; SOUZA, R. V. G. & ROMERO, M. A. The dynamic of daylight in tropical humid climates and its influence on indoor environment, *The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate: Proceedings...*, Nagoya: IAIAS Organizing Committee, 1996, 925-930.

¹A NBR 5413/82 baseou-se no IES Lighting Handbook, reproduzindo exatamente os níveis aí propostos. Ressalte-se que a normalização americana estabelece níveis três vezes superiores àqueles estabelecidos pelas normas européias. Existe, hoje, consenso no próprio Comitê Brasileiro de Iluminação Natural (COBEI/ABNT) de que a NBR 5413/82 deve ser revista.

²⁰FLD (Fator de Luz Diurna), expressa a razão entre a iluminância sobre o plano horizontal de trabalho (E_p) e a iluminância sobre o plano horizontal exterior (E_e) desobstruído.

³Veja a respeito a norma BSI DD 63/80 - Basic Data for Design of Buildings: Sunlight.

⁴Os tipos de céu considerados foram definidos genericamente em função da nebulosidade local, adotando-se a mesma definição da CIE que, por sua vez, é compatível com a da World Meteorological Organization (WMO). Desse modo, os três tipos definidos de céu são: céu claro, com $N \leq 2,0$; céu parcialmente encoberto, com $2,1 \leq N \leq 7,0$ e céu encoberto, com $7,1 \leq N \leq 10,0$; sendo N a nebulosidade em décimos da abóbada celeste local.

⁵Não existe ainda no meio técnico consenso quanto à classificação do tipo de céu. Percebe-se, contudo, que a classificação adotada tanto pela CIE quanto pela IES, baseia-se em limites de nebulosidade amplos o suficiente para abranger condições de céu bastante diferentes em distintas regiões, que, entretanto, se enquadrariam numa mesma classe ou tipo de céu. Neste trabalho, adotou-se o tipo de céu encoberto em função de o conceito de FLD ter sido desenvolvido para este tipo de céu, ou seja, a razão entre iluminância interior num determinado ponto e a exterior só permanece constante, segundo o conceito, quando não há luz solar direta.

⁶Essa expressão deriva da concepção de dia luminoso típico desenvolvida por SCARAZZATO (1995) e aplicada ao cálculo da iluminância horária de um determinado período. O dia luminoso típico é definido como um dia real cujos valores horários estimados de iluminância mais se aproximam dos valores médios horários do período considerado. O ano luminoso típico foi gerado a partir dos dados calculados dos dias luminosos típicos mensais, ou seja, foram considerados 12 períodos correspondentes a cada mês do ano.

⁷Para um edifício comercial, 50% das horas corresponderia, aproximadamente a 1.320 horas por ano.

⁸Se somente a iluminação artificial fosse utilizada, o consumo seria de 192 kWh/mês ou 8 kWh/m².mês, pois $C_{EE} = [40 \times (10 \times 20) \times 24] / 1.000 = 192$ kWh/mês.

