



## ANÁLISE DE INDICADORES DE OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO ATRAVÉS DO PARÂMETRO “JANELA DE CÉU PREFERÍVEL”

**Fernando Oscar Ruttkay Pereira(1); Letícia Niero Moraes (1);  
Cecília Corrêa Lenzi (1) ; Solange Maria Leder (2)**

(1) Laboratório de Conforto Ambiental, LabCon - Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro  
Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: feco@arq.ufsc.br

(2) Sociedade Educacional de Santa Catarina – Instituto Superior Tupy  
Curso de Arquitetura e Urbanismo

### RESUMO

A ausência de um planejamento urbano que considere aspectos bioclimáticos, via de regra, produz meios urbanos densificados com pouca possibilidade de aproveitamento dos recursos ambientais. A insolação e iluminação natural de um ambiente interno dependem das condições do entorno: áreas urbanas com altas taxas de ocupação e gabarito resultam em espaços de difícil acesso à radiação solar. Atualmente, ainda não existem critérios ou padrões mundialmente reconhecidos para o controle e garantia de disponibilidade de recursos ambientais, tais como: ventos, radiação solar, luz natural, etc. A presente proposta consiste do estudo do comportamento da iluminação num ambiente interno exposto a diferentes padrões de ocupação e configuração do solo urbano. Como indicador base do método empregado, propõe-se um parâmetro inovador de caracterização do potencial de iluminação da abóbada celeste no meio urbano denominado Janela de Céu Preferível (JCP). A porção de céu caracterizada como JCP foi dividida em 9 partes e cada uma foi avaliada isoladamente levantando-se os valores de iluminância alcançados no interior dos ambientes. Posteriormente, foram gerados cenários hipotéticos através da combinação de diferentes contextos de obstrução e ocupação urbana. Os valores de iluminância foram obtidos através de simulação computacional, com a utilização do programa Apolux, especialmente adaptado para este estudo. Os cenários hipotéticos mais favoráveis à admissão de luz natural no plano de trabalho de um ambiente interno são os que desobstruem a JCP através de faixas no sentido zênite – horizonte, ou seja, em termos de volume construído estão mais associados aos afastamentos entre edifícios do que as alturas destes. Neste particular, os resultados apontam para a possibilidade de verticalização das cidades através de um controle de afastamentos frontais e laterais, com variação de gabarito. Uma das principais contribuições deste estudo é o uso de indicadores de padrões de ocupação do solo urbano baseado em critérios objetivos de disponibilidade de luz natural.

Palavras-chave: disponibilidade de luz natural, obstrução urbana, legislação urbana.

### ABSTRACT

The lack of an urban planning which takes into account bioclimatic issues has produced dense urban areas with little possibility of using natural resources. Sunlighting and daylighting in the built environment depend on surrounding conditions: urban areas with high density and high building height usually result in spaces with low access to daylighting. However, there is no criteria or patterns accepted worldwide in order to control and ensure access to natural resources, such as natural ventilation, solar radiation, daylighting, etc. The present proposal consists of studying daylight behavior in an internal room exposed to different urban patterns of occupation and configuration. The proposed method presents an innovative parameter used to characterize the sky vault daylighting potential denominated Preferable Sky Window (PSW). The PSW area was divided in 9 parts and each one was evaluated according to the illuminances produced in an internal room. Afterwards, several

scenarios were generated through the combination of different urban occupation and obstruction contexts. The illuminance data was obtained through computer simulation with Apolux computer code, specially adapted for this study. The most favorable scenarios regarding daylight admission and distribution were those which the PSW visible through bands from the ZENITE to the horizon, that is, in terms of built mass they are associated to the gap space between buildings instead of their heights. Particularly, the results show a possible verticalization of the cities by controlling building density and lateral and frontal eases, with variation of the building heights. One of the major contributions of this study is the use of indicators of patterns of the urban area occupation, based on objective criteria of daylighting availability.

Keywords: daylight availability, urban obstruction, urban legislation.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o acesso à luz natural no meio urbano é presente na forma de legislação desde o antigo Direito Romano. Nos dias atuais, em muitos países, esta preocupação é traduzida por regras que limitam altura dos edifícios e largura das ruas. No Brasil, o controle de ocupação urbana é definido por leis de uso do solo, que limitam taxas de ocupação, gabaritos, recuos e afastamentos. Contudo, não se pode afirmar que o direito de acesso à luz natural esteja garantido desta forma.

Pesquisas têm sido desenvolvidas na busca de relacionar o fenômeno da luz natural no meio urbano com padrões mais específicos de ocupação do solo de forma eficiente e de fácil aplicação. Estudos como de Ng (2003, 2004, 2005) para a cidade de Hong Kong têm trazido alternativas, na tentativa de adequar meios urbanos extremamente verticalizados às condições de acesso à luz natural.

O presente trabalho tem como base a aplicação de um parâmetro inovador de caracterização do potencial de iluminação da abóbada celeste no meio urbano, denominado “Janela de Céu Preferível” (JCP), que tem como objetivo possibilitar condições de acesso à luz natural, no ambiente interno, que resultem em razoável aproveitamento da mesma como fonte de iluminação. Segundo Pereira et al (2007) e Leder (2007), o parâmetro se caracteriza a partir de três principais aspectos: i) a contribuição relativa de luz das diferentes parcelas da abóbada celeste, ii) o efeito redutor do cosseno do ângulo de incidência e iii) o percentual devisão da abóbada celeste pelo ambiente interno. A definição do parâmetro resultou na identificação de uma zona do céu limitada por ângulos de azimute e altitude, responsável por grande parte da iluminação no plano de trabalho de um ambiente interno. A avaliação foi realizada para a cidade de Florianópolis – 27°30' de latitude sul e 48°30' de longitude oeste – às 12 horas, na condição de Céu Encoberto, padrão CIE Commission Internationale de l'Eclairage (CIE,1996).

O desenvolvimento desta pesquisa parte desta base conceitual e busca sua utilização como ferramenta na análise de indicadores de ocupação do solo urbano.

## 2 OBJETIVO

Partindo do pressuposto de que o parâmetro JCP pode ser utilizado na definição de limites de obstrução do céu para a garantia de disponibilidade a luz natural em ambientes internos, o objetivo deste artigo consiste na análise de padrões de ocupação do solo de forma a possibilitar o acesso a níveis mínimos de iluminação natural em interiores inseridos no contexto de centros urbanos densos.

Para tal, foram cumpridas duas etapas: 1) divisão da Janela do Céu Preferível em 9 parcelas e identificação da luz proveniente de cada uma individualmente; esta etapa permitiu apontar as parcelas do céu que apresentam melhor contribuição. 2) geração de cenários hipotéticos através da combinação de diferentes contextos de obstrução e ocupação urbana e simulação da iluminação natural num ambiente interno exposto a estes cenários.



**Figura 1** – Modelos de obstrução do céu: Janela do Céu Preferível (a) e a divisão da JCP em 9 parcelas (b).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Estudo individual das parcelas

##### 3.1.1 Tipologias utilizadas para o ambiente interno

Três variáveis são consideradas no estudo dos ambientes – geometria, abertura e função desempenhada – por apresentarem grande influência tanto na quantidade de luz disponível no plano de trabalho, quanto no valor médio de iluminância necessário para exercer diferentes tarefas visuais. São definidos quatro diferentes ambientes; as funções escolhidas, dormitório e escritório, exigem, nas diferentes tarefas visuais, diferentes níveis de iluminação, variando assim a análise de seus resultados. A variação no tamanho das aberturas e na geometria possibilita a compreensão de como estes fatores influenciam os resultados. (Tabela 1)

Os ambientes não possuem mobiliário e os coeficientes de reflexão das superfícies internas atendem à recomendação da norma DIN 5034: 70% para o forro, 50% nas paredes, 20% no piso.

A altura dos ambientes internos (pé-direito) é de 3,0 metros. O plano horizontal de análise é uma superfície horizontal situada a 1m do piso de cada modelo, associado à altura do peitoril da janela, afastado 15cm das paredes.

**Tabela 1** - Sistematização das variações de tipologia.

Tipologia	Dorm_1/6	Dorm_50%	Escr_4x4	Escr_4x8
Geometria	4 x 4 m	4 x 4 m	4 x 4 m	4 x 8 m
$E_m$	100 lux		300 lux	
Abertura	1/6 da área do piso	50% da área da fachada		
Planta Baixa				

##### 3.1.2 Modelos de obstrução do céu

Este estudo tem como base a aplicação do parâmetro da Janela do Céu Preferível, que identifica a porção do céu com maior potencial de iluminação natural em um plano horizontal no ambiente interno. Esta zona está definida por limites horizontais (azimute) de 45° à direita e a esquerda em relação à normal da fachada, e limites verticais (altura solar ou ângulo de altura em relação à linha do horizonte) entre 15° e 60°, em relação ao centro da abertura, na altura do peitoril.

Os modelos de obstrução do céu consistem em: 1) céu totalmente desobstruído; 2) região da JCP desobstruída (Figura 1-a), e 3) cada uma das nove parcelas da JCP desobstruídas (Figura 1-b). O modelo “céu totalmente desobstruído” simula uma abertura exposta a toda luz proveniente do céu, já o modelo “região da JCP desobstruída” considera apenas a luz proveniente da zona angular do céu correspondente a JCP.

O terceiro modelo de obstrução do céu se desdobra em nove modelos, que resultam da subdivisão da JCP em 9 partes, limitadas horizontalmente a cada 30° e verticalmente a cada 15° (Figura 1-b).

### *3.1.3 Simulação Computacional dos modelos*

Os modelos foram elaborados no programa gráfico AutoCAD e transferidos para o programa Apolux (Claro, 1998), que serviu como ferramenta de simulação computacional da iluminação natural. Este software foi desenvolvido pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina e usa o algoritmo da radiosidade para determinação do comportamento da luz natural. São obtidos os valores de iluminâncias, luminâncias e Fator de Luz do Dia (FLD) para qualquer superfície nas diversas épocas do ano e horas do dia, em ambientes internos ou externos.

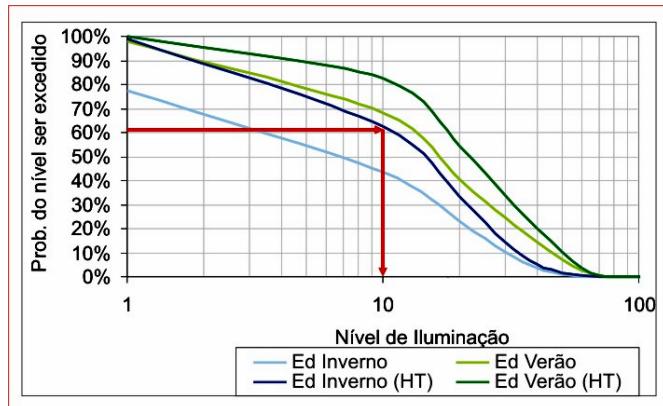
Através do programa Apolux foram simuladas as quatro tipologias de ambiente interno para cada uma das onze condições de obstrução do céu, obtendo-se as variáveis de análise. Estes valores são retirados de uma malha de pontos distribuídos uniformemente nos planos de análise horizontal. Como resultado o programa gera uma planilha no formato.txt, que é exportada para o programa Microsoft Excel, onde os dados podem ser tratados e visualizados.

O programa Apolux contém dois módulos: o Fractal e o Fóton. O primeiro destina-se à preparação dos modelos, permitindo a realização de operações para que um modelo importado no formato DXF do AutoCAD possa ser processado pelo módulo Fóton. Carregado o arquivo DXF o Fractal cria um Projeto (extensão PJT), que é inserido no Fóton para ser simulado.

As simulações foram realizadas adotando-se a cidade de Florianópolis – 27°30' de latitude sul e 48°30' de longitude oeste – no horário das 12 horas. Quanto à definição da data escolhida para as simulações, é utilizado o solstício de inverno, por se tratar da condição de céu menos favorável para iluminação. A orientação solar da abertura dos modelos não é relevante por estar sendo utilizada a condição de Céu Encoberto, padrão CIE Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, 1996).

A iluminância externa utilizada na simulação, para ajuste das iluminâncias e cálculo do FLD, foi definida segundo o Gráfico de freqüência de ocorrência de iluminâncias difusas (klux) desenvolvido por Souza (2004), Figura 2. De acordo com a autora, quando se analisa o desempenho de sistemas de iluminação natural, a luz direta do sol não é considerada, trabalhando-se apenas com a componente difusa, ou seja, a luz proveniente apenas do céu. O gráfico, apresentado na Figura 2, “permite avaliar qual a porcentagem do tempo que se pode contar com níveis de iluminação acima de determinado valor” (SOUZA, 2004). Refere-se a dados obtidos nos anos de 2002 e 2003, durante os meses de outubro a março (considerado verão) e abril a setembro (considerado inverno), do nascer ao por do sol quanto entre as 08h00minh e 17h00minh (horário de trabalho).

O valor de iluminância externa adotado corresponde a uma probabilidade de ocorrência de 60%, no período de inverno, durante o horário de trabalho. A escolha do período de inverno implica no estudo da condição menos favorável, por haver uma menor quantidade de luz natural disponível. O cruzamento destes dados indica que em 60% do período analisado é ultrapassado um valor de iluminância externa ( $E_e$ ) de 10.000 lux. Deve-se considerar que a situação de céu nublado apresenta variações ao longo do dia, sendo que muitas variáveis podem interferir na quantidade de luz natural disponível, como a presença de nuvens e a obstrução do entorno.



**Figura 2** - Gráfico de freqüência de ocorrência de iluminâncias difusas em Florianópolis (klux) (SOUZA, 2004)

### 3.1.4 Variáveis de análise

O desempenho da iluminação natural, resultante das três condições de obstrução do céu no ambiente interno, é analisada através de duas variáveis, obtidas com as simulações no programa Apolux: a) iluminância sobre o plano de análise horizontal e b) Fator de Luz Diurna (FLD) no plano de análise vertical (face externa da abertura).

## 3.2 Tratamento de dados

### 3.2.1 Níveis de iluminância requeridos para as diferentes tarefas visuais

No Brasil, a referência disponível que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas para iluminação de interiores é a NBR 5413 da ABNT. Esta norma apresenta os níveis de iluminância requeridos por cada classe de tarefa visual, da qual obtém-se os valores de iluminância média mínima ( $E_m$ ) recomendada para as funções de dormitório e escritório, de 100 lux e 300 lux, respectivamente. Estes valores definidos pela ABNT deram origem aos intervalos de iluminância utilizados na análise, como mostra a tabela 2. A definição destas regiões de intervalos de iluminâncias refere-se à recomendação de que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da relativa  $E_m$ . A partir destas definições foram estudadas algumas classificações de intervalos de Iluminâncias, como a feita por Cabus (1997) e Kremer (2002). O presente estudo utiliza a classificação definida abaixo (Tabela 2), que da mesma forma é baseada na ABNT e considera as anteriores.

Assim, a classificação adota o valor de 70%  $E_m$  como limite mínimo do intervalo classificado como *ruim inferior*; a região classificada como *aceitável* engloba intervalos de iluminância compreendidos entre 70%  $E_m$  e 130%  $E_m$  (zona suficiente) e deste último até 1000lux (zona de transição superior). De acordo com a NBR-5413 a maioria das atividades visuais realizadas nas edificações necessita de 500 a 700 lux. Portanto, valores superiores a esta faixa podem ser considerados excessivos, recebendo a classificação *ruim superior*, pois podem aumentar a probabilidade de ocorrência de ofuscamento e de outros aspectos adversos, tais como, excesso de ganho de calor e consequente aumento do consumo de energia.

**Tabela 2** – Classificação por intervalos de iluminâncias

Classificação	Intervalo de iluminâncias		Zonas
	Dormitório ( $E_m = 100\text{lux}$ )	Escritório ( $E_m = 300\text{lux}$ )	
<i>Ruim</i>	< 20 lux	< 160 lux	Insuficiente
	20 lux - 70 lux	160 lux - 210 lux	Transição inferior
<i>Aceitável</i>	70 lux - 130 lux	210 lux - 390 lux	Suficiente
	130 lux - 1000 lux	390 lux - 1000 lux	Transição superior
<i>Ruim</i>	> 1000 lux	> 1000 lux	Excessiva

Devido à importância dessa variável de análise para o estudo do desempenho luminoso, é realizado o mapeamento das regiões agrupadas nos três intervalos – ruim inferior, ruim superior e aceitável. Para tal foi utilizado o programa Surfer, que gera gráficos de curvas iso-iluminância (isolux) que permitem uma visualização da distribuição da luz no interior do ambiente. Para facilitar a quantificação da luz natural utiliza-se um macro do programa Excel, que classifica os resultados nos intervalos de análise. A partir desses dados foram gerados gráficos percentuais.

### 3.2.2 Hipóteses de cenários urbanos

Para esta etapa os estudos realizados por Ng (2003), sobre percentuais de iluminação e satisfação dos usuários, servem como referência. O autor conclui, a partir de pesquisa realizada com uma amostra de usuários, que a satisfação lumínica para 80% dos entrevistados era atingida quando o FLD médio do plano vertical da abertura alcançava 8%.

No estudo realizado verifica-se que as possibilidades de atingir um valor de 8% de FLD vertical correspondem à combinação de no mínimo quatro das nove parcelas, como mostrados na tabela 3. Com quatro parcelas é possível combinar cinco tipos diferentes de modelos de obstrução que remetem a situações possíveis de serem encontradas no meio urbano. São somadas as iluminâncias das parcelas que compõem cada uma das cinco hipóteses de cenários e assim obtém-se o mapeamento de iluminâncias no plano de trabalho relativo a cada hipótese.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para a análise dos resultados são confrontadas as referências utilizadas para a obtenção dos gráficos de iluminâncias e de FLD vertical.

### 4.1 Análise das parcelas

A Janela do Céu Preferível (JCP), neste momento, assume o papel de um “parâmetro de controle do acesso à luz natural no meio urbano que possa garantir ao ambiente interno um razoável aproveitamento da luz natural como fonte de iluminação” (PEREIRA et al, 2007). Corresponde a apenas 32% da área de céu visível e produz cerca de 98% da iluminância média obtida com o céu totalmente desobstruído. Porém, esta contribuição não se dá de forma uniforme, sendo que dentro da própria região da JCP há setores que contribuem mais que outros. São, portanto, simuladas as parcelas individualmente, obtendo-se assim seu potencial. Para análise, verificaram-se os valores de FLD no plano de análise vertical e a distribuição de iluminâncias no plano de trabalho horizontal.

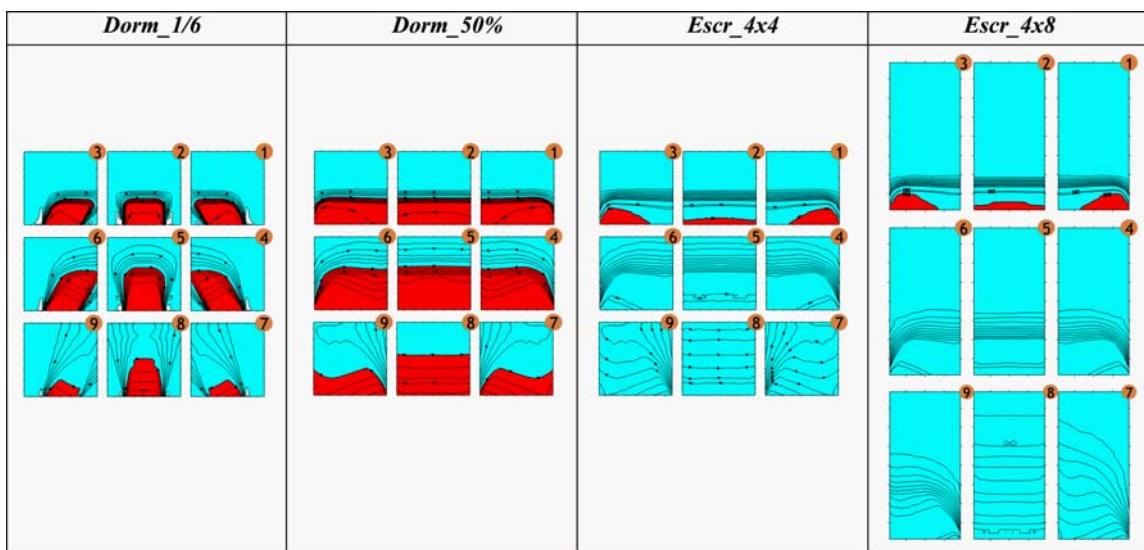
A tabela 3 mostra os resultados obtidos nas simulações e permite a comparação entre as médias de FLD de cada parcela obtidas nos planos de análise verticais de cada tipologia. Verifica-se que em todas as tipologias utilizadas para o ambiente interno, a parcela de número 5 apresenta uma média maior de FLD vertical, seguida da parcela de número 8.

**Tabelas 3** FLD (%) Médio no plano de análise vertical (face externa da abertura) obtidos para cada parcela em cada ambiente

parcelas \ tipologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Dorm_1/6</b>	2,05	2,07	2,05	2,32	<b>2,77</b>	2,32	2,05	<b>2,68</b>	2,05
<b>Dorm_50%</b>	2,03	2,01	2,03	2,31	<b>2,67</b>	2,31	2,05	<b>2,64</b>	2,05
<b>Escr_4x4</b>	2,03	2,01	2,03	2,31	<b>2,67</b>	2,31	2,05	<b>2,64</b>	2,05
<b>Escr_4x8</b>	2,03	2,02	2,03	2,32	<b>2,69</b>	2,32	2,06	<b>2,63</b>	2,06

Conforme valores apresentados na Tabela 4, verifica-se que as parcelas superiores (1,2,3) apresentam valores máximos de iluminância – aproximadamente 243 lux – maiores do que as outras parcelas, porém, quando realizado o mapeamento das curvas isolux, nota-se que a distribuição possui pouca homogeneidade. Ao mesmo tempo, as parcelas inferiores (7,8,9) apresentam valores mais baixos de iluminância – com a máxima em aproximadamente 94 lux – com relação às outras parcelas, porém melhor homogeneidade no plano de trabalho, o que se pode comprovar pela existência de quase 50% do plano de trabalho da parcela 8 compreendido por apenas uma zona definida como aceitável. O mapeamento das parcelas medianas (4,5,6) apresenta uma distribuição homogênea e maiores valores de iluminâncias compreendidos na zona aceitável. Observa-se, neste caso, que a homogeneidade na distribuição de iluminâncias no plano de trabalho é inversamente proporcional à obtenção de altos níveis de iluminância. Constata-se, a partir das observações anteriores, que um bom desempenho não pode ser alcançado com a desobstrução de apenas uma parcela da JCP e sim por determinadas combinações que incluem parcelas tanto inferiores quanto superiores desta.

**Tabelas 4 – Gráficos de distribuição de iluminâncias no plano de trabalho.** A cor vermelha indica as zonas de iluminação aceitável; a cor azul indica as zonas insuficientes.



Considera-se, portanto, que uma parcela apresenta bom desempenho de iluminação no plano de trabalho quando possui valores de iluminância dentro da zona aceitável e maior homogeneidade na sua distribuição. Os resultados encontrados mostram que há correlação entre o bom desempenho da parcela e os níveis de FLD no plano de análise vertical. A parcela 5 é exemplo disso pois apresenta a maior média de FLD vertical (Tabela 3) e o melhor desempenho sobre plano de trabalho (Tabela 4). A parcela 8 possui a segunda maior média de FLD vertical (Tabela 3) e apresenta melhor desempenho quando analisado sob o aspecto da homogeneidade da distribuição, com níveis de iluminância mais baixos e menores zonas de intervalo aceitável (Tabela 4). Portanto, o melhor desempenho da parcela central, de numero 5, aponta que um cenário urbano favorável deveria mantê-la desobstruída.

#### 4.2 Análise das hipóteses de cenários

O critério utilizado para a composição das hipóteses dos cenários – 8% de média de FLD vertical – corresponde à desobstrução de pelo menos quatro parcelas da JCP. Isto equivale à cerca de 40% da área da JCP. Contudo, não é este valor absoluto que determina o bom desempenho do cenário, e sim quais parcelas compõem estes 40% de desobstrução. Desta forma, nos resultados pode-se identificar a preferência de desobstrução no eixo vertical (altura solar), o que corresponde, num cenário real, a afastamentos entre edificações, em detrimento de desobstruções no eixo horizontal (azimute), que corresponde ao gabarito das edificações.

**Tabela 5** – Quadro comparativo das hipóteses de cenários *versus* as diferentes tipologias de ambientes. Na coluna *hipóteses de cenários* as parcelas em amarelo estão desobstruídas e as em cinza obstruídas. A coluna % *Aceitável* corresponde à porcentagem média da área que caracteriza a zona de iluminação aceitável (região vermelha) de cada hipótese de cenário.

Hipóteses de Cenários	Dorm_1/6	Dorm_50%	Escr_4x4	Escr_4x8	% Aceitável
<b>A</b>					45,21%
<b>B</b>					42,80%
<b>C</b>					48,25%
<b>D</b>					58,75%
<b>E</b>					50,31%

O cenário D (tabela 5) apresentou maior porcentagem da área de trabalho entre o intervalo de iluminação aceitável, com valor de 58,75%. A combinação que resulta nesta hipótese compõe-se das parcelas 2, 3, 5 e 8 que correspondem às três parcelas centrais no sentido vertical somadas a uma parcela superior lateral. Num cenário real, esta situação seria equivalente a afastamentos entre os edifícios, além da diferenciação de gabarito entre eles.

Já o cenário C (tabela 5) combina as parcelas 2, 3, 6 e 9. Da mesma forma que o cenário D, consiste de três parcelas verticais, porém estas três parcelas não são as centrais, e sim as laterais. Nesta hipótese, a média encontrada foi 48,25%, e equivale à mesma configuração de cenário real que a Hipótese D. Entretanto, neste caso, o afastamento entre os edifícios não estaria localizado em frente à abertura, e sim deslocado a uma das laterais.

O cenário E (Tabela 5) apresenta uma média de porcentagem aceitável de 50,32%, porém não é constituído por um agrupamento de parcelas que formam uma faixa vertical. É composto pela combinação das parcelas 2, 3, 5 e 6. Não corresponde a uma faixa de desobstrução vertical, porém inclui a parcela de maior contribuição, de número 5. Mostrou ser o de segundo melhor desempenho.

O cenário A (Tabela 5) possui o quarto maior índice de porcentagem aceitável, no valor de 45,21%. Compõe-se de uma faixa horizontal (parcelas 1, 2 e 3) somada a parcela de número 5. Já o cenário B –

composto pela combinação das parcelas 1, 2, 3 e 6 – apresenta o menor valor de porcentagem aceitável, 42,8%.

Nota-se, após estes resultados, que a desobstrução de cerca de 40% da JCP apresenta pequena diferença no desempenho lumínico da abertura quando diferentes combinações de parcelas são desobstruídas. Mantendo-se a mesma porcentagem de desobstrução da JCP, há uma diferença de 16% entre a combinação de melhor (hipótese D) e a de pior desempenho (hipótese B). Quando as desobstruções propostas são levadas para cenários reais, são encontrados dois padrões de ocupação do solo distintos: 1) afastamentos entre edifícios, como no caso dos cenários D e C, e 2) gabaritos bastante baixos, como nos casos dos cenários A e B.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada uma metodologia que emprega um parâmetro inovador para caracterização do potencial de iluminação da abóbada celeste no meio urbano denominado Janela de Céu Preferível (JCP). Procedimentos baseados em simulação computacional permitiram a identificação das zonas da JCP que mais contribuem para iluminar o interior dos ambientes. Simulações com cenários hipotéticos mostraram que a zona central (zona 5) da JCP apresenta o maior potencial para a iluminação no plano de trabalho

As análises de dois usos diferentes para ambientes internos, dormitório e escritório, permitiram verificar que o critério proposto por Ng (2003), relativo ao mínimo de 8% de FLD vertical, aplica-se satisfatoriamente ao dormitório, apenas. Esta diferença se dá pelas tarefas visuais que devem ser exercidas em cada ambiente; para a exigência de um dormitório, o critério de 8% de FLD vertical mostra-se razoável; já para o escritório, apresentou níveis de iluminação muito baixos, com porcentagens baixas do plano de trabalho dentro da zona de iluminação aceitável.

Esta situação torna-se mais extrema quando, com a finalidade de comparação, são verificadas as exigências para iluminação natural do LEED – Leadership in Energy and Environmental Design – para obtenção da certificação de “Green Building” (LEED, 2008). O tomo referente à ambientes internos de edificações comerciais exige que 75% da área de trabalho dos ambientes ocupados regularmente apresentem FLD horizontal mínimo de 2% ou, se medido no equinócio, 25 footcandles, o que corresponde a 269 lux. Os resultados aqui apresentados correspondem ao inverno, e não ao equinócio, porém, mesmo para o cenário de melhor desempenho, D, alcançam 37,28% da área de trabalho no intervalo aceitável entre 210 e 1000 lux. Portanto, o uso do critério de Ng (2003) de 8% de FLD vertical isoladamente não atende, de acordo com o estudado na presente pesquisa, no caso de edifícios comerciais, às exigências do LEED.

A análise dos cenários hipotéticos indica dois padrões de ocupação do solo distintos que caracterizam a desobstrução da Janela do Céu Preferível e, consequentemente, melhoram o desempenho da luz natural. A desobstrução da JCP através de um padrão vertical apresenta os melhores desempenhos, seguida da desobstrução através de um padrão horizontal. Em termos de volumetria estão respectivamente associados a: 1) afastamento entre edifícios e 2) gabaritos baixos. A diferença de desempenho entre estes dois padrões apresentou-se na ordem de 16% entre o melhor desempenho, que considera os afastamentos, e o segundo, que privilegia o gabarito baixo. Entretanto, o adensamento urbano, hoje cada vez maior, tende a verticalização ou liberação do gabarito.

Neste estudo em particular, considerando exigências de iluminação natural, os resultados apontam para a possibilidade de verticalização das cidades através de um controle de afastamentos frontais e laterais somado ao controle de variação da altura das edificações.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de Interiores.** Rio de Janeiro, 1991.

CABÚS, Ricardo. **Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenithal em função da distribuição de luminâncias.** Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

DIN 5034 - Part 1 (1983). **Daylight in Interiors; General requirements.** Deutsche Industrie Norm.

KREMER, Adriano. **A influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural em escolas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.

LEDER, Solange Maria. **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural.** Florianópolis, 2007. 240 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

LEED Leadership in Energy and Environmental Design - Green Building Rating System® Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: janeiro de 2008.

NG, E. **Studies on Daylight Design of High Density Residential Housing in Hong Kong.** International Journal of Lighting Research and Technology , CIBSE, United Kingdom, 35, 2, pp. 127-140, 2003.

NG, E. **Towards better building and urban design in Hong Kong.** In: International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, 2005, Santorini, Greece. **Proceedings...** Santorini: M. Santamouris, 2005, p.923-928.

NG, E.; WONG, N. H. **Better daylight and natural ventilation by design.** In: International Conference on Passive an Low Energy Architecture, 21., 2004, Eindhoven, Netherlands. **Proceedings...** Eindhoven: Plea, 2004, p.175-179.

NG, E. **A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation.** In: 228 International Building Performance Simulation Conference, 9.,2005, Montreal, Canadá. **Proceedings...** Montreal: IBPSA, 2005, p.847-852.

PEREIRA, F.O.R; LEDER, S.M.; CLARO, A. **Preferential Sky: A new parameter to correlate sky obstruction and indoor daylighting performance.** In: PLEA 2007 – Passive & Low Energy Architecture, 2007, Singapura. **Proceedings...** p. 404 – 410.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. **Desenvolvimento de modelos matemáticos empíricos para a descrição dos fenômenos de iluminação externa e interna.** Florianópolis, 2004. 292 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.