

## **A influência dos afastamentos laterais das edificações na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**

### **Andrea Coelho Laranja**



Doutora em Arquitetura, Professor Adjunto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória [ES], Brasil. <andreacoelholaranja@gmail.com>.

### **Cristina Engel de Alvarez**



Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Professor Associado do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo / Laboratório de Planejamento e Projetos. Vitória [ES], Brasil. <cristina.engel@ufes.br>.

### **Nayara de Paula Campos**



Bolsista de iniciação científica, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória [ES], Brasil. <naypcampos@hotmail.com>.

### **Resumo**

Este estudo aborda os aspectos relacionados à iluminação natural no ambiente interno, sendo o objetivo principal da pesquisa analisar a influência dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, considerando a altura e a largura de via, na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Na metodologia adotada foram realizadas comparações dos percentuais de valores de iluminância do ambiente interno com os intervalos das UDI (Useful Daylight Illuminance) em um ponto selecionado no interior do ambiente com abertura orientada para Norte. Os percentuais de valores de iluminância foram gerados através de simulação na ferramenta computacional TropLux, em um ambiente de geometria retangular inserido em um cenário urbano na cidade de Vitória (LAT 20°19' S). As simulações foram realizadas para três tipos de céus padrões da CIE (Commission Internationale L'aclairage). Como principal resultado constatou-se nas localidades de céu 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), que há maiores variações nas médias anuais de iluminância interna quando há modificações nos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, não estando estas obstruções exatamente defronte à edificação analisada. Constatou-se também que localidades de céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), as alterações nos afastamentos laterais entre as três edificações obstruidoras, são de pouca interferência nas variações percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500 \text{lx}$  e  $500 \leq UDI \leq 2000 \text{lx}$ .

### **Palavras-chave**

iluminação natural, afastamentos laterais, conforto ambiental.

## **The influence of the lateral distances between buildings on the availability of indoor daylighting**

### **Abstract**

This study addresses aspects related to daylighting in the indoor environment, more specifically the influence of lateral distances between obstructing buildings on the availability of indoor daylighting, taking the height of the buildings and width of the roads into account. In accordance with the adopted methodology, comparisons were made of the percentage of illuminance values of the internal environment by using UDI (Useful Daylight Illuminance) ranges on a selected point within an interior environment with an opening oriented to the North. The percentages of illuminance values were generated by simulation using the TropLux program in a rectangular geometry environment inserted in an urban setting in the city of Vitória, Espírito Santo (Latitude 20°19'S). The simulations were carried out for three types of sky patterns recognized by the CIE (Commission Internationale L'aclairage). One of the main results of this study was that, in locations with sky types 3 (overcast), 7 (partly cloudy), and 12 (clear), there were greater variations in the average annual internal illuminance when there were changes in the lateral distances between the obstructing buildings that were not directly in front of the building that was being analyzed. It was also found that in area with sky types 3 (overcast), 7 (partly cloudy), and 12 (clear), changes in the lateral distances between the three obstructing buildings had little effect on percentage changes in the  $100 \leq UDI \leq 500 \text{ lux}$  range and  $500 \leq UDI \leq 2000 \text{ lux}$  range.

### **Keywords**

daylighting, lateral distances, environmental comfort.

## 1. Introdução

Muitas são as pesquisas que comprovam a dependência da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno na geometria urbana. Littlefair (1988) e Capeluto et al. (2003) citam que dentre os aspectos que comprometem a disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno está a edificação obstruidora, enquanto fundamental elemento integrante da geometria urbana. O nível de interferência dessas edificações, por sua vez, pode variar de acordo com seus afastamentos laterais, conforme já relatado por Hopkinson et al. (1975) e endossado por Li et al. (2006), que também apontam ser este um parâmetro influenciador da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Ng (2005) complementa que, ainda que reduzidos, ainda é melhor a aplicação de afastamentos entre as edificações do que sua inexistência, no que diz respeito à iluminação dos ambientes internos.

Considerando então como hipótese confirmada que a disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno – observadas as características específicas do tipo de céu –, depende, dentre outros fatores, dos afastamentos entre as edificações obstruidoras, o objetivo desta pesquisa foi analisar a influência dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, considerando a altura e a largura de via, na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Os resultados possibilitam que as escolhas inerentes aos procedimentos projetuais sejam estabelecidos, entre outros fatores, a partir da observação dos afastamentos entre as edificações obstruidoras de forma a possibilitar o melhor aproveitamento da iluminação natural e, conseqüentemente, menor dispêndio de energia elétrica com iluminação artificial.

## 2. Método de trabalho

Adotou-se como principal instrumento de análise as simulações computacionais a partir do programa TropLux 6.07 (CABÚS, 2006), sendo o recorte territorial a cidade de Vitória/ES – Brasil (LAT 20°19' S).

Foram utilizados na análise os valores das iluminâncias, bem como os percentuais de valores da iluminância de um ponto previamente definido no ambiente interno, sendo estes percentuais comparados aos intervalos de valores das UDI (Useful Daylight Illuminance). Foram utilizados nas simulações três tipos de céus padrões da CIE (Commission Internationale L'clairage, 2003): tipo 3 (encoberto), tipo 7 (parcialmente nublado) e tipo 12 (claro), escolhidos a partir de Laranja (2010), cujos estudos realizados para valores da média anual de iluminância interna, define esses tipos de céus como os que correspondem respectivamente aos valores mínimo, intermediário e máximo de iluminância.

Os instrumentos e métodos seguem detalhados sendo enfatizadas as características do programa de simulação TropLux; os procedimentos para a avaliação da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno; o recorte para os dias e horários selecionados para as simulações; as características do modelo de ambiente interno adotado; a definição dos pontos de avaliação no ambiente interno; as características das edificações obstruidoras; e os procedimentos para a análise de resultados.

### 2.1. Programa de simulação TropLux

O programa de simulação adotado – TropLux – permite a simulação das características da iluminação natural em ambiente interno, sendo possível configurar o céu da localidade em que se insere o ambiente por meio da proposta da CIE (CABÚS, 2006). O TropLux se baseia em três conceitos: o método Monte Carlo, o Método do Raio Traçado, e o conceito de coeficientes de luz natural (ARAÚJO; CABÚS, 2007). Cabús (2005, p. 241) explica que o Método Monte Carlo é baseado na premissa de que “[...] se a probabilidade de ocorrência de cada evento separado é conhecida, então é possível determinar a probabilidade com que a sequência completa de eventos irá ocorrer”. No que diz respeito ao Método do Raio Traçado, Cabús (2005) esclarece que ele possibilita trabalhar com geometrias

complexas, o qual consiste na técnica em que os raios de luz (retas) incidirão sobre as superfícies (interceptando os planos) e, por sua vez, serão refletidos em direções que podem ser calculadas. Quanto ao coeficiente de luz natural, de acordo com Cabús (2005), os coeficientes de luz propostos por Tregenza e Waters (1983) fazem a relação da iluminância de uma dada superfície em função de uma determinada subdivisão do céu e, embora seja uma referência elaborada há quase 30 anos passados, ainda é considerada válida no meio científico. Os referidos autores também utilizam a iluminância normal num plano desobstruído em função dessa mesma subdivisão. No caso do TropLux, são utilizados dois tipos de subdivisão: a proposta pela CIE para o cálculo da componente refletida – que divide o céu em 145 partes –, e, para o cálculo da componente direta, uma subdivisão com 5.221 partes, que traz melhorias na precisão dos resultados em função do tamanho angular do sol (CABÚS, 2005).

## **2.2. Avaliação da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**

Nesta pesquisa, a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno é caracterizada pelas intensidades de iluminância no ambiente interno visando a realização das atividades dentro dos compartimentos. De acordo com a NBR 5413/92, os níveis de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial para uma residência estão entre 75 lx e 750 lx. Para um dormitório ou sala os valores encontram-se entre 100 lx e 750 lx (ABNT, 1992).

Considerando apenas a iluminação natural, adotou-se no processo de avaliação o paradigma proposto por Nabil e Mardaljevic (2006), cuja proposta, além de apresentar simplicidade na avaliação da iluminação natural, ao dividir os níveis de iluminância em intervalo de valores, baseia-se em relatórios de preferência e comportamentos dos ocupantes dos ambientes (NABIL e MARDALJEVIC, 2006).

Assim, Nabil e Mardaljevic (2006) propõem que valores menores que 100 lx são considerados insuficientes; valores no intervalo entre 100 lx e 500 lx caracterizam-se como suficientes, mas com necessidade de iluminação complementar; valores no intervalo suficiente estão entre 500 lx e 2000 lx; e valores caracterizados como excessivos são maiores que 2000 lx. Neste trabalho, os resultados das simulações foram analisados utilizando como referência dois intervalos de valores das UDIs, de acordo com a faixa de intervalo suficiente, ou seja:

- $100 \leq UDI < 500$  lx na faixa de intervalo suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar; e
- $500 \leq UDI < 2000$  lx na faixa de intervalo suficiente.

## **2.3. Dias e horários das simulações**

Considerando a exequibilidade de realização abrangente de análises, as simulações foram executadas para todos os dias do ano em 11 horários do dia, nos períodos da manhã e da tarde, a cada hora entre 07h00min e 17h00min.

## **2.4. Características do ambiente interno adotado**

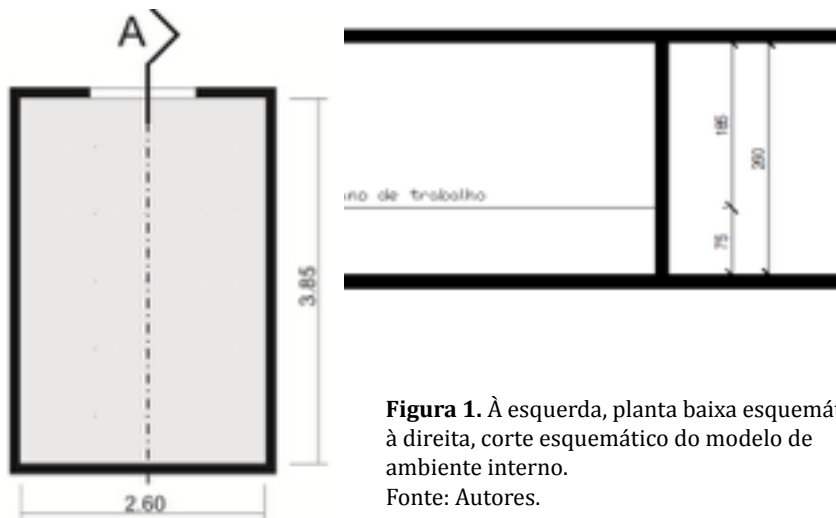
As simulações foram realizadas para um modelo de ambiente interno, caracterizado por ser de uso prolongado em uma edificação residencial multipavimento, podendo ser quarto ou sala, destacando-se que a adoção das características do modelo foram estabelecidas em função das especificações constantes no Código de Obras de Vitória (VITÓRIA, 1998). Assim, o modelo de ambiente se caracteriza por possuir pé-direito de 2,60 m, largura de 2,60 m e comprimento de 3,85 m. As refletâncias internas adotadas foram: piso = 0,2; paredes = 0,5; e teto = 0,85. O modelo analisado possui abertura na fachada voltada para o exterior e centralizada na parede, composta por vidro liso transparente, com área de abertura de 1,25 m<sup>2</sup>, largura de 1,14 m e altura de 1,10 m, correspondente a uma proporção de 1/8 da área do piso do compartimento (VITÓRIA, 1998).

A orientação das aberturas foi simulada no cenário urbano, considerando a fachada com a abertura perpendicular ao traçado urbano, com a via orientada para Leste-Oeste. Desta forma foi adotada a orientação da abertura para Norte.

## 2.5. Pontos de avaliação no ambiente interno

Observando-se a tipologia padrão das edificações residenciais multipavimentos em um cenário urbano na cidade de Vitória, utilizou-se como padrão o estudo do primeiro pavimento tipo, que frequentemente localiza-se no quarto andar; considerando o uso dos pavimentos inferiores normalmente serem destinados para lazer e garagem.

Considerando que a simulação deve ser realizada a partir de um ponto específico localizado no interior do ambiente selecionado, este ponto foi localizado no meio do ambiente. Como altura do ponto adotou-se o recomendado na norma da ABNT, NBR 15215-4 (BRASIL, 2005), ou seja, a uma altura de 75 cm do piso, conforme demonstrado na Figura 1.



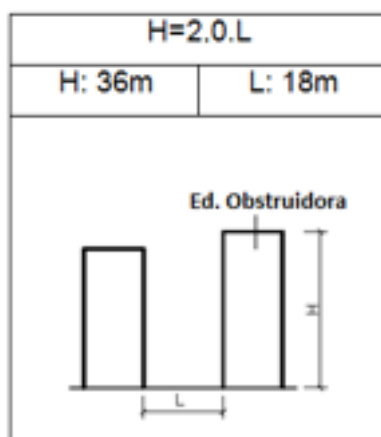
**Figura 1.** À esquerda, planta baixa esquemática e, à direita, corte esquemático do modelo de ambiente interno.

Fonte: Autores.

## 2.6. Características das edificações obstruidoras

Adotou-se a altura de 36m para as edificações obstruidoras do entorno, a qual corresponde a uma edificação de cerca de 12 andares, gabarito frequentemente encontrado no cenário urbano estudado. 2.6.

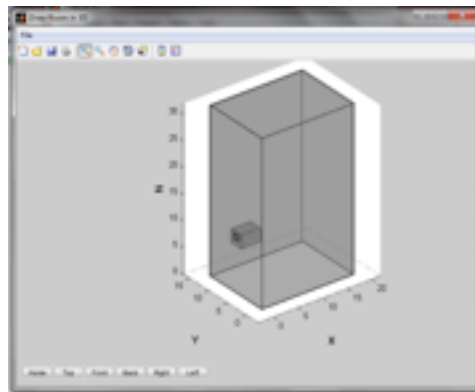
No que se refere à via perpendicular à abertura considerada, foi adotado o valor de 18 m (rua + passeio) para o dimensionamento da largura, de acordo com o preconizado pelo Plano Diretor Urbano de Vitória (VITÓRIA, 2006), para a tipologia típica de uma via classificada como “Local Principal”. Desta forma a relação entre altura de edificação obstruidora (H) e largura de via (L) é de  $H=2.0L$  (Figura 2).



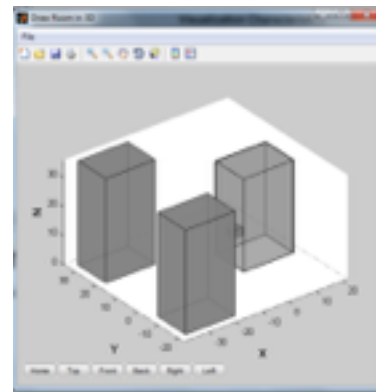
**Figura 2.** Esquema demonstrativo da proporção entre a largura da via (L) e da edificação obstruidora (H) em relação à edificação analisada.

Fonte: Autores.

Para a configuração dos cenários de análise, foram simuladas situações recorrentes no cenário de Vitória, adotando-se como afastamentos laterais as seguintes variações: a) sem obstrução; b) obstruções na lateral (25,4m entre si); c) obstruções na lateral (16,4m entre si); d) obstruções na lateral (12,4m entre si); e) obstruções na lateral (8,4m entre si); f) uma obstrução de 13,4m; g) uma obstrução de 46,2m; h) três obstruções com afastamentos de 1,5m; i) três obstruções com afastamentos de 2m; j) três obstruções com afastamentos de 2,5m; k) três obstruções com afastamentos de 3m; l) três obstruções com afastamentos de 6m; m) três obstruções com afastamentos de 9m (Figuras 3 e 4).

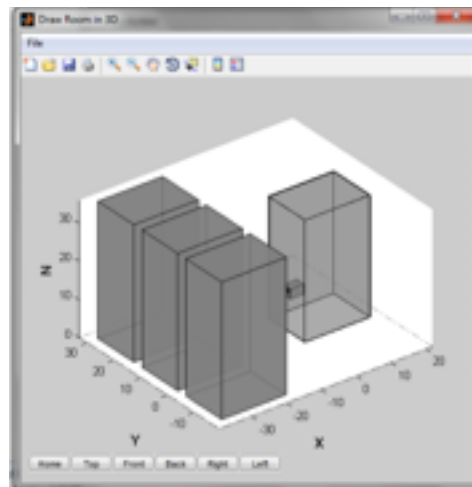
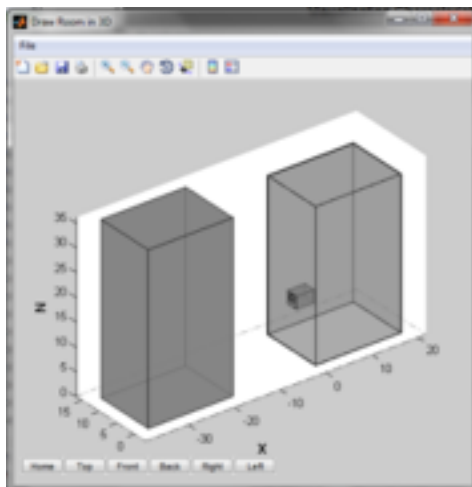


a) Sem obstrução



Obstruções na lateral

- b) (25,4 m entre si);
- c) (16,4 m entre si);
- d) (12,4 m entre si);
- e) (8,4 m entre si).



**Figuras 3 e 4.** Imagens em 3D e vista superior das edificações obstruidoras e ambiente interno analisado, geradas pelo Tropolux. Fonte: Autores.

No que se refere à característica relacionada à reflexão das superfícies adotou-se como referência o trabalho desenvolvido por Nikiforiadis e Pitts (2003) e Araújo e Cabús (2007), sendo adotados valores médios que caracterizam maior proximidade com a realidade em relação à capacidade de reflexão das superfícies externas verticais (edificações obstruidoras) e horizontais (vias). Desta forma para a realização das características de reflexão dos fechamentos verticais opacos do cenário urbano, foi utilizado como referência o trabalho desenvolvido por Ng (2005) o qual encontra como refletância média dos fechamentos opacos o valor de 40%. Para o solo, o valor adotado foi de 20% de refletância, considerando o tipo de pavimentação para o recorte territorial previamente definido, podendo-se considerar o asfalto, o concreto, bloco intertravado ou o paralelepípedo.

## 2.7. Análise de resultados

No que se refere à característica relacionada à reflexão das superfícies adotou-se como referência o trabalho desenvolvido por Nikiforiadis e Pitts (2003) e Araújo e Cabús (2007), sendo adotados valores médios que caracterizam maior



proximidade com a realidade em relação à capacidade de reflexão das superfícies externas verticais (edificações obstruidoras) e horizontais (vias). Desta forma para a realização das características de reflexão dos fechamentos verticais opacos do cenário urbano, foi utilizado como referência o trabalho desenvolvido por Ng (2005) o qual encontra como refletância média dos fechamentos opacos o valor de 40%. Para o solo, o valor adotado foi de 20% de refletância, considerando o tipo de pavimentação para o recorte territorial previamente definido, podendo-se considerar o asfalto, o concreto, bloco intertravado ou o paralelepípedo.

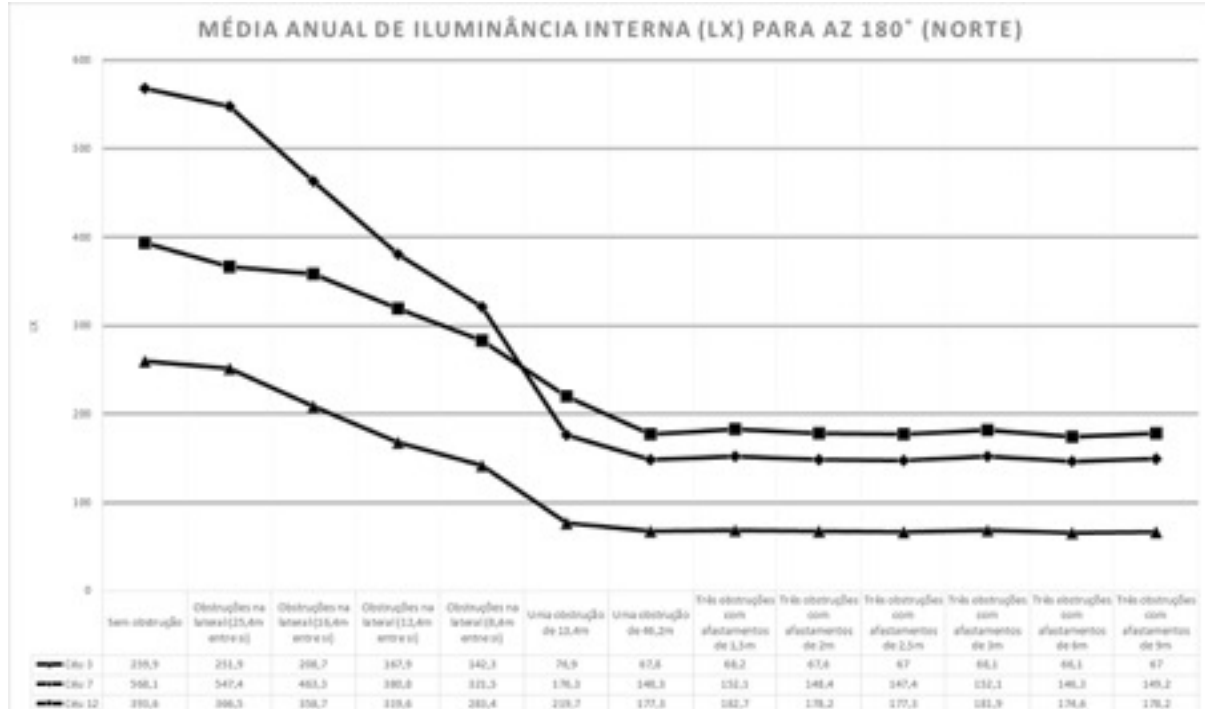
### 3. Resultados

Considerando a metodologia estabelecida, a partir da extração dos dados foram elaborados gráficos, considerando o Azimute 180º, ou seja, com a abertura orientada para Norte. Os Gráficos demonstram os resultados das simulações em relação à média anual de iluminância interna; ao percentual de horas diárias no intervalo entre  $100 \leq UDI \leq 500$  lx (com necessidade de complementação com iluminação artificial); e ao percentual de horas diárias no intervalo entre  $500 \leq UDI \leq 2000$  lx (suficiente).

#### 3.1. Análises da iluminância interna

O Gráfico 1 apresenta a média anual de iluminância no ambiente interno, onde se observa que para os tipos de céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), as melhores condições para o ambiente interno encontram-se no cenário “Sem obstrução” e nos cenários “Obstruções na lateral”. Desta forma os resultados demonstram que quanto maiores os afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras – não estando estas obstruções exatamente defrente à edificação analisada –, melhores serão as condições de entrada de luz natural no ambiente interno.

**Gráfico 1.** Média anual de iluminância no ambiente interno para os tipos de céus 3(encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) orientados para Norte.



O Gráfico 1 evidencia também que, para o céu 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), ocorrem grandes declividades na curva quando se modificam os afastamentos laterais nos cenários “Obstruções na lateral”, sendo que no céu 7 (parcialmente nublado) este decaimento é mais acentuado. Ainda para o céu 7 (parcialmente nublado) nota-se uma grande declividade na curva quando o cenário

se altera de “Obstruções na lateral – 8,4m entre si” para “Uma obstrução de 13,4m”. Desta forma pode-se inferir que, no céu 7 (parcialmente nublado) são produzidas as maiores alterações na iluminação do ambiente interno caso ocorram alterações entre os cenários supra citados.

Verifica-se também que para os tipos de céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), as alterações na média de iluminância podem ser consideradas insignificantes quando se altera do cenário “Uma obstrução de 46,2m” para o cenário “Três obstruções com afastamentos”, situação demonstrada pela constância dos valores de iluminância da reta. Assim, pode-se considerar o cenário “uma obstrução de 46,2m” como o cenário limite em que os valores de média anual de iluminância não sofrem alterações significativas em função dos aumentos dos afastamentos laterais, não apresentando vantagens se avaliado sob os aspectos inerentes à redução de energia com iluminação artificial. Conclui-se que a variação nas médias anuais de iluminância é mais sensível nos cenários onde ocorre alteração dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, não estando estas obstruções exatamente defronte à edificação analisada. Da mesma forma, a variação nas médias anuais de iluminância interna é menos sensível nos cenários onde ocorre alteração dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, estando a edificação defronte à edificação analisada.

O Gráfico 2 apresenta o percentual de horas na faixa das UDI, no intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$  (com necessidade de complementação com iluminação artificial). As modificações ocorridas nos afastamentos laterais nos cenários “Obstruções na lateral” demonstram que, para o céu 3 (encoberto), ocorre declividade na curva dos percentuais de horas do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$  das UDI, já para o céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro) ocorre ascensão nos percentuais. Para o céu 3 (encoberto) este fato já era esperado. Para o céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro) isto se explica porque os percentuais antes pertencentes ao intervalo  $500 \leq UDI \leq 2000lx$  (suficiente) deslocam-se para o intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$ , sendo este deslocamento mais expressivo para o céu 7.

Nota-se pelo gráfico que, para o céu 3 (encoberto), há valores percentuais superiores a 88% nos cenários “Sem obstrução” e “Obstruções na lateral”. Isto significa que em aproximadamente 88% das horas do ano é possível contar com contribuições da iluminação natural, sendo porém necessária a adoção de iluminação artificial como iluminação complementar. No demais cenários a situação se agrava, ou seja, verifica-se que na maioria das horas do dia ocorre uma pequena contribuição da iluminação natural, sendo amplamente necessária a adoção de iluminação artificial.

No céu 7 (parcialmente nublado) os menores percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$  (com necessidade de complementação com iluminação artificial), encontram-se no cenário “Sem obstrução” e nos cenários “Obstruções na lateral”. Esta situação pode ser justificada pelo fato de que o restante do percentual – considerando esses dois cenários –, encontra-se no intervalo  $500 \leq UDI \leq 2000lx$  (suficiente) suprindo o ambiente com iluminação natural.

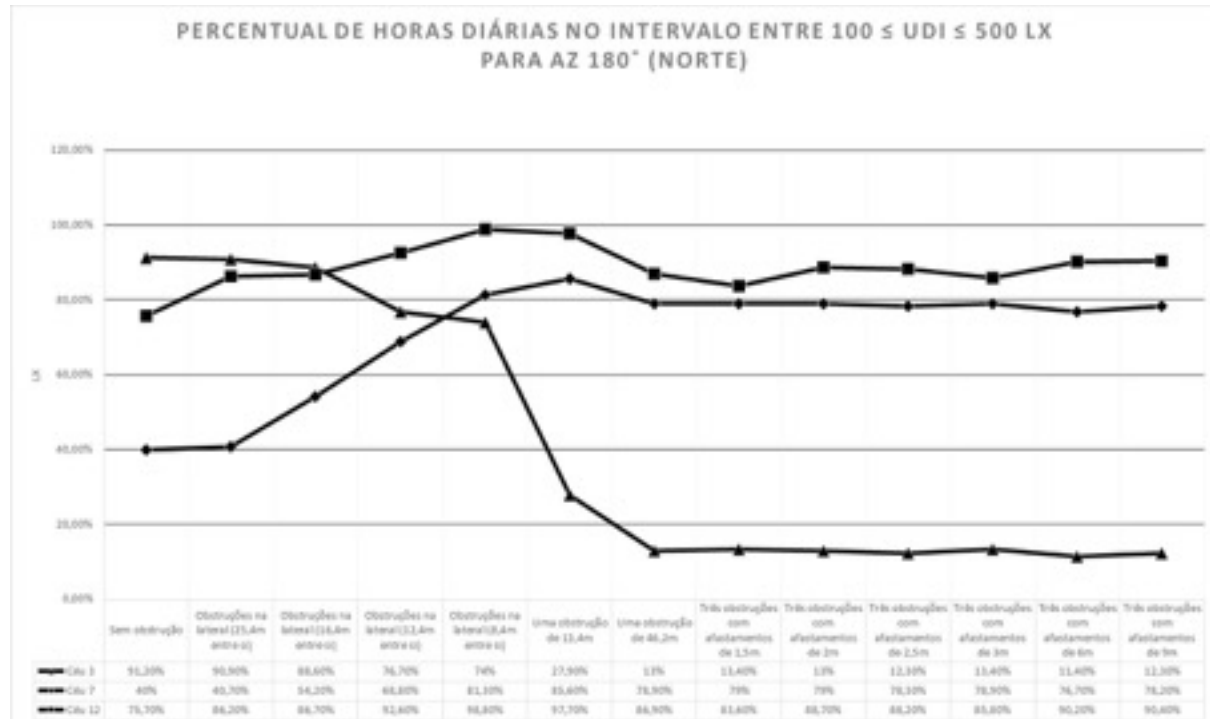
Para o céu 12 (claro) em todas os cenários, os valores percentuais dentro do intervalo de  $100 \leq UDI \leq 500lx$  são superiores a 75%. Desta forma verifica-se que na maioria das horas do dia ocorre a contribuição da iluminação natural, sendo necessária porém em todos estes horários a adoção de iluminação artificial como complementar.

O Gráfico 2 destaca que para o céu 3 (encoberto) há um ponto de deflexão na curva, mostrando uma grande declividade nesta curva quando se altera do cenário “Obstruções na lateral” para o cenário “Uma obstrução de 13,4m”. Desta forma pode-se inferir que as alterações ocorridas entre os cenários supra citados acarretarão grandes variações nos percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$  em localidades de céu 3 (encoberto).

Observa-se também que é possível, para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), considerar as alterações do cenário “Uma obstrução de 46,2m” para o cenário “Três obstruções na lateral”, bem como as alterações nos afastamentos laterais entre as três edificações obstruidoras, como alterações de pouca significância nas variações percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$ . Desta forma, para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro),

não haverá alterações significativas nos percentuais  $100 \leq UDI \leq 500lx$  em função dos aumentos dos afastamentos laterais.

**Gráfico 2.** Percentual de horas diárias no intervalo entre  $100 \leq UDI \leq 500lx$  no ambiente interno para os tipos de céu 3(encoberto), 7 e 12 (claro) orientados para Norte.



O Gráfico 3 refere-se ao percentual de horas na faixa de UDI, no intervalo  $500 \leq UDI \leq 2000lx$  (suficiente). No gráfico é possível observar que, para o céu 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), ocorrem declividades na curva dos percentuais de horas no intervalo  $500 \leq UDI \leq 2000lx$  das UDI, sendo que no céu 7 (parcialmente nublado) são produzidas as maiores alterações nos percentuais.

O gráfico revela que para o céu 3 (encoberto), para qualquer cenário testado, não existem valores de iluminância neste intervalo, sendo assim, inexistem horas do dia que possam suprir satisfatoriamente o ambiente com iluminação natural, sempre havendo a necessidade da iluminação artificial. Para o céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os maiores percentuais de horas do dia que podem ser supridos somente com a iluminação natural são encontrados nos cenários “sem obstrução” e “obstruções na lateral”. Para os demais cenários haverá sempre a necessidade, independente do horário, de complementação com iluminação artificial.

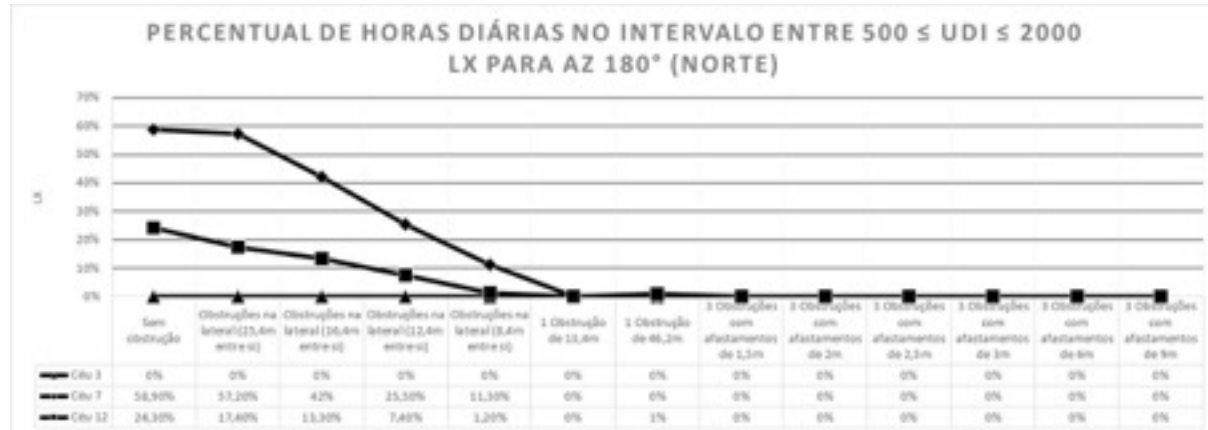
Nota-se também que nos tipos de céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), sendo mais evidente para o cenário 7 (parcialmente nublado), há uma maior declividade na curva nas alterações dos afastamentos que corresponde aos cenários com obstruções na lateral. Observa-se também que para o céu 12 (claro) a partir do momento que passa a existir uma edificação imediatamente defronte à edificação analisada, ocorre uma redução nos percentuais de valores do intervalo analisado, chegando a zero, permanecendo este valor constante para todos os afastamentos laterais simulados. No caso do céu 7 (parcialmente nublado) já no cenário “Obstruções na lateral - 8,4m entre si” ocorre uma redução nos percentuais de valores do intervalo analisado, chegando a zero, permanecendo este valor constante nos cenários “1 Obstrução” e “3 Obstruções”.

Assim, para os céu 12 (claro), pode-se considerar o cenário “uma obstrução de 13,4m” como cenário limite para que os percentuais neste intervalo de valores sejam nulos, onde quaisquer aumentos nos afastamentos laterais não apresentam vantagens quando avaliado sob os aspectos



inerentes à redução de energia com iluminação artificial. No caso do céu 7 (parcialmente nublado) o cenário limite é “Obstruções na lateral – 8,4m entre si”.

**Gráfico 3.** Percentual de horas diárias no intervalo entre  $500 \leq UDI \leq 2000lx$  no ambiente interno em para os tipos de céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) orientados para Norte.



#### 4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar a influência dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno.

No que se refere a variação nas médias anuais de iluminância interna, esta é mais sensível em situações de alteração dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, não estando estas obstruções exatamente defronte à edificação analisada, sendo isto mais evidente para localidades de céu 7 (parcialmente nublado). Da mesma forma, a variação nas médias anuais de iluminância interna é menos sensível em situações de alteração dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, estando a edificação defronte à edificação analisada, situação presente para as localidades de céu 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado), e 12 (claro). Alterações no cenário “Obstruções na lateral – 8,4m entre si” para “Uma obstrução de 13,4m”, ocasionam para localidades do céu 7, as maiores reduções na média anual de iluminância do ambiente interno.

No que se refere aos percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$ , as alterações nos cenários “Obstruções na lateral” para o cenário “Uma obstrução de 13,4m”, acarretarão maiores variações na iluminação natural do ambiente interno em localidades de céu 3 (encoberto). Em localidades de céus (encoberto), 7 (parcialmente nublado), e 12 (claro), as alterações nos afastamentos laterais entre as três edificações obstruidoras, estando a edificação defronte à edificação analisada, são de pouca significância para variações percentuais do intervalo  $100 \leq UDI \leq 500lx$ , não apresentando vantagens quando avaliado sob o aspecto da redução de energia com iluminação artificial.

No que se refere aos percentuais do intervalo  $500 \leq UDI \leq 2000lx$ , localidades de céu 3 (encoberto) não apresentam percentuais de horas neste intervalo das UDI, havendo sempre a necessidade da utilização da iluminação artificial para suprir satisfatoriamente o ambiente interno. Nas localidades de céu 7 (parcialmente nublado), e 12 (claro) há percentuais de horas do dia neste intervalo somente nos cenários “sem obstrução” e “obstruções na lateral”, sendo a iluminação natural capaz portanto, de suprir as necessidades do ambiente nestes cenários. Nota-se que nas localidades de céu 7 (parcialmente nublado), o decaimento destes percentuais é maior em situações de alteração dos afastamentos laterais entre as edificações obstruidoras, não estando estas obstruções exatamente defronte à edificação analisada, despertando a atenção para a necessidade de maior preocupação neste exemplo de cenário urbano. Conclui-se também que a partir do momento que passa a existir uma edificação imediatamente defronte à edificação analisada, ocorre uma redução nos percentuais de valores do intervalo analisado, permanecendo esta situação constante para todos os afastamentos laterais simulados.

Os resultados obtidos nas simulações confirmam a necessidade de se considerar os afastamentos laterais das edificações obstruidoras no estudo da disponibilidade de iluminação no ambiente interno, de forma a auxiliar na obtenção de níveis de iluminâncias adequadas no ambiente interno e, conseqüentemente, proporcionar redução no consumo de energia com iluminação artificial.

Como perspectiva de continuidade do estudo prevê-se o refinamento dos resultados através da definição de outros pontos de avaliação, o que permitirá análises mais detalhadas do comportamento da iluminância no ambiente interno. Também poderá ser considerada nos estudos futuros, a investigação em andares inferiores e superiores ao estudado, bem como a variação dos parâmetros urbanos adotados, objetivando verificar a relevância destas associações na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno.

Espera-se, ainda, que os resultados obtidos possam ser considerados parâmetros na definição dos instrumentos de planejamento e regulação urbana.

## 5. Referências

- ARAÚJO, I. A. L., CABÚS, R. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. In: IX ENCONTRO NACIONAL e V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4**: iluminação natural: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- CABÚS, R. C. **TropLux, versão 3**: Guia do Usuário, Maceió: Grilu, 2006.
- CABÚS, R. C. TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió, AL, 2005.
- CAPELUTO, I. G. The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel. **Building and Environment**. Volume 38, Issue 5, May 2003, Pages 745-752.
- CIE – COMMISSION INTERNATIONALE L'ACLIRAGE. Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky. **Publication CIE S 011/E**: 2003. Viena, Áustria, 2003.
- LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010, 285f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
- LI, D. H. W. Li, WONG, S. L., TSANG, C. L., CHEUNG, G. H. W. A study of the daylighting performance and energy use in heavily obstructed residential buildings via computer simulation techniques. **Energy and Buildings**, London: Elsevier, v. 38,p. 1343-1348, 2006.
- LITTLEFAIR, P. **Passive solar urban design** : ensuring the penetration of solar energy into the city. Building Research Establishment, Garston, Watford, WD2 7JR, U.K. 1988.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, London: Elsevier, v. 38, p. 905-913, 2006.
- NG, E. A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION CONFERENCE, 9., 2005, Montreal, **Proceedings...** Montreal: IBPSA, 2005, p 847-852.

NIKIFORIADIS, F.; PITTS, A. 3D digital geometric reconstruction of the urban environment for daylight simulations studies. In: INTERNATIONAL BUILDING SIMULATION CONFERENCE, 8., Eindhoven, Netherlands, 2003. **Proceedings...** Eindhoven: IBPSA, 2003.

O'CONNOR, J.; LEE, E.; RUBINSTEIN, F.; SELKOWITZ, S. **Tips for daylight with windows**. Lawrence Berkeley National Laboratory, 1997. LBNL report 39945

VITÓRIA (Município). **Código de obras**. Lei n.º 4821, de 30 de dezembro de 1998. Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências, Vitória, ES, p. 72. 1998.

VITÓRIA (Município). **Plano Diretor Urbano**. Lei n.º. 6.705, de 2006. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Vitória, institui o Plano Diretor Urbano e dá outras providências, Vitória, ES, p. 48. 2006.