



EIXO TEMÁTICO:

- | | | |
|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente e Sustentabilidade | <input type="checkbox"/> Crítica, Documentação e Reflexão | <input type="checkbox"/> Espaço Público e Cidadania |
| <input type="checkbox"/> Habitação e Direito à Cidade | <input type="checkbox"/> Infraestrutura e Mobilidade | <input type="checkbox"/> Novos processos e novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> Patrimônio, Cultura e Identidade | | |

Iluminação Natural em Edificações Residenciais: Determinação de Parâmetros para Dimensionamento de Aberturas Laterais no Contexto do Distrito Federal

Daylight in residential buildings: determination of parameters for sizing of lateral openings in the context of the Federal District in Brazil

Luz Natural en los edificios residenciales: determinación de parámetros para el dimensionamiento de las aberturas laterales en el contexto del Distrito Federal de Brasil

SOUSA, Juliana Andrade Borges (1);

AMORIM, Cláudia Naves David (2)

(1) Mestranda, Universidade de Brasília, UnB – PPG-FAU, Brasília, DF, Brasil; email: j.andrade@quali-a.com
(2) Professora Doutora, Universidade de Brasília, UnB – PPG-FAU, Brasília, DF, Brasil; email: clamorim@unb.br

Iluminação Natural em Edificações Residenciais: Determinação de Parâmetros para Dimensionamento de Aberturas Laterais no Contexto do Distrito Federal

Daylight in residential buildings: determination of parameters for sizing of lateral openings in the context of the Federal District in Brazil

Luz Natural en los edificios residenciales: determinación de parámetros para el dimensionamiento de las aberturas laterales en el contexto del Distrito Federal de Brasil

RESUMO

Este artigo, fruto da conclusão de dissertação de mestrado no âmbito do projeto de pesquisa “Estruturação e Desenvolvimento de Pesquisas da área de Luz Natural para colaboração com a Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações”, tem como objetivo investigar influência do dimensionamento de aberturas laterais no desempenho da luz natural em ambientes residenciais, por meio de simulação computacional baseada na Modelagem da Luz Natural Baseada no Clima (CBDMM), através da utilização do software Daysim, considerando o contexto do Distrito Federal e as indicações presentes no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais (RTQ-R). Os resultados alcançados permitiram concluir que a proporção mínima para aberturas laterais exigida pelo Código de Obras e Edificações (COE-DF) e pelo RTQ-R (1/8 da área de piso) atende aos critérios de desempenho propostos quando os ambientes se encontram em situação de pouca obstrução. Entretanto, para ambientes com varandas, prismas ou saliências e com obstrução causada por edifícios vizinhos a menos de 10 metros de distância, foi possível indicar que as aberturas laterais devem ser de ao menos 1/6 da área de piso, indicação válida tanto para revisões no COE-DF quanto para no RTQ-R.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação Natural, Código de Obras e Edificações, Distrito Federal, Modelagem da Luz Natural Baseada no Clima

ABSTRACT

This article, result of the master's dissertation under the research project "Development Research in Daylight for collaboration with the Labelling of Energy Efficiency in Buildings", supported by Eletrobrás, aims to investigate the influence of dimensioning of lateral openings on daylight performance in residential spaces, through computer simulation based on Climate Based Daylight Modelling (CBDMM), by software Daysim, in the context of the Distrito Federal, Brazil, considering the information present in the Technical Quality Regulations for Level of Energy Efficiency Residential Buildings (RTQ-R). The results indicate that the minimum proportion currently required by the Distrito Federal's Building Code and RTQ-R (1/8 of the floor area) meets the criteria proposed for performance when the rooms is in situation of little obstruction. However, it is indicated that the dimensioning of lateral openings should be at least 1/6 of floor area in situations where the rooms that have balconies, prisms or saliences and obstruction caused by neighboring buildings less than 10 feet away.

KEY-WORDS: Daylight, Building Code, Federal District, Climate Based Daylight Modelling

RESUMEN

En este artículo, resultado de la finalización de tesis de master producida dentro del proyecto de investigación "Diseño y Desarrollo de Investigación en el área de la luz natural para la colaboración con el etiquetado de la eficiencia energética de los edificios", tiene como objetivo investigar la influencia del dimensionamiento de las aberturas laterales no desempeño de la luz natural en entornos residenciales, a través de la simulación por ordenador basadas en el Modelo de la Luz Natural Basado em el Clima (CBDMM), mediante el software Daysim, considerando el ámbito del Distrito Federal y de la información presente en el Reglamento Técnico de Calidad para Nivel de la Eficiencia Energética en Edificios

Residenciales (RTQ-R). Los resultados obtenidos mostraron que la proporción mínima de las aberturas laterales requeridos por el Código de Obras y Construcciones (COE-DF) y RTQ-R ($1/8$ de la superficie) atiende los criterios propuesto para las hipótesis de ambientes que están en situación de poca obstrucción. Sin embargo, para los ambientes con balcones, prismas o salientes y obstrucción causada por los edificios vecinos a menos de 10 metros de distancia, fue posible demostrar que las aberturas laterales deben ser de al menos $1/6$ de la superficie construida, indicación válida para ambos las revisiones de COE-DF y del RTQ-R.

PALABRAS-CLAVE: Iluminación Natural, Código y Construcción, Distrito Federal, Modelo de la Luz Natural Basado em el Clima

1 INTRODUÇÃO

O acesso à iluminação natural nos ambientes residenciais deve possibilitar a realização visual das tarefas, proporcionando conforto e saúde, assim como deve contribuir para a racionalização de energia, reduzindo ou substituindo o uso da iluminação artificial nas horas diurnas.

No Brasil, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edifícios Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012) aborda aspectos relacionados ao aproveitamento da iluminação natural nos ambientes para determinação do nível de eficiência energética dos edifícios, o que reforça a importância de se considerar a luz natural nas edificações quando se visa a eficiência energética.

No contexto dos edifícios residenciais, a luz natural é fornecida aos ambientes internos - na maior parte dos casos - por aberturas laterais (janelas). Estas devem ser bem dimensionadas para que os ambientes sejam adequadamente iluminados.

Os Códigos de Obras e Edificações, ao propor o dimensionamento das aberturas laterais e demais variáveis arquitetônicas, deveriam auxiliar os projetistas na obtenção de ambientes com o mínimo de conforto luminoso. O que se constata, ao contrário, é que as exigências presentes em tais Códigos de Obra nem sempre são garantia de conforto luminoso no interior das edificações, como bem demonstram pesquisas realizadas nesse sentido (BUSON, 1998; AMARAL E PEREIRA, 1999; BRACARENSE E AL, 2005; AMORIM E LAMOUNIER, 2012).

Como os Códigos de Obras e Edificações das cidades costumam sofrer alterações ao longo dos anos, seria apropriado que essas revisões abordassem a questão do dimensionamento das aberturas para iluminação pautando-se nos resultados gerados por pesquisas específicas na área, visando responder aos requisitos mínimos de conforto luminoso. Da mesma forma, outros documentos importantes - como o RTQ-R - podem sofrer melhorias no que diz respeito às indicações que influenciam o aproveitamento da luz natural a partir de estudos desse gênero.

No Distrito Federal, constatou nos últimos anos o aumento expressivo de edifícios residenciais multifamiliares, devido à criação de novos bairros e ao adensamento de cidades satélites existentes, como a exemplo de Águas Claras e Gama.

Essas novas construções muitas vezes apresentam características que geram dúvidas quanto ao aproveitamento mínimo da luz natural no interior de seus ambientes devido sua configuração espacial, à dimensão das aberturas, ao excesso de obstruções geradas pelo próprio edifício ou às obstruções causadas por edifícios vizinhos. No entanto, as características desses edifícios

obedecem às legislações locais (Código de Obras e Edificações e demais instrumentos urbanísticos).

Nos últimos anos, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas no sentido de conhecer mais profundamente o comportamento da luz natural e aprimorar sua aplicação nas edificações. Segundo Reinhart (2005), especialmente na última década, as ferramentas de simulação de iluminação natural tornaram-se incrivelmente sofisticadas e mais fáceis de serem utilizadas, permitindo prever, confiavelmente, o comportamento da luz natural em edifícios.

Segundo Mardaljevic (2013), atualmente é amplamente aceito que a Modelagem da Iluminação Natural Baseada no Clima (Climate-Based Daylight Modelling – CBDM) oferece os meios para os maiores avanços na análise da luz natural em edificações. Entretanto, o uso desses métodos ainda é restrito a pesquisadores ou especialistas da área. A CBDM fundamenta-se em dados de radiação solar anual para um local específico, oriundos de um arquivo climático, e são geradas por meio de simulação computacional. Os resultados são apresentados em uma série de dados de iluminâncias e luminâncias dentro da edificação (CINTRA, 2011).

Dessa maneira, seria possível inserir nos Códigos de Obras e Edificações locais indicações mais precisas referentes à projeção das aberturas laterais, desconstruindo regras muitas vezes inadequadas ou demasiadamente generalistas, levando em consideração não somente a dimensão da janela em função da área de piso do ambiente, mas também em relação à sua orientação solar, localidade geográfica e possíveis obstruções externas.

Assim, este artigo coloca a seguinte questão para desenvolvimento: No contexto do Distrito Federal, qual seria o dimensionamento adequado das aberturas laterais dos ambientes de edifícios residenciais em função de sua área de piso e de sua orientação para que se garanta um desempenho mínimo da iluminação natural para essa localidade? Como variariam essas dimensões considerando diversos tipos de obstruções (beirais, varandas, edifícios vizinhos)?

2 METODOLOGIA

Para que fosse possível investigar o impacto de variáveis arquitetônicas no desempenho da luz natural em ambientes residenciais, o procedimento metodológico incluiu a realização de uma série de simulações computacionais, por meio de software específico (Daysim) de Modelagem de Luz Natural Baseada no Clima (CBDM).

Para tanto, foi necessário, em primeiro lugar, o levantamento das variáveis arquitetônicas que determinaram os modelos-base para análise, que buscaram representar ambientes típicos contidos nos COE-DF, contemplando obstruções à luz natural (saliência nos cômodos, varandas, prismas e edifícios vizinhos).

Foram utilizados os valores mínimos exigidos para áreas de piso dos ambientes, dimensões mínimas dos mesmos e áreas de aberturas equivalente a 1/8 da área de piso, conforme exigência do COE-DF. Esta proporção para dimensionamento das aberturas coincide com a exigência presente no RTQ-R para ambientes nível “A” e “B” de eficiência energética.

A tabela 1 caracteriza a geometria e as respectivas aberturas dos ambientes que serão avaliados:

Tabela 01: Dimensões dos ambientes e das aberturas que serão analisadas.

Ambiente	Área	Dimensões (largura mínima x profundidade)	Área da abertura lateral (1/8 da área de piso do ambiente)	Dimensões da abertura lateral (largura x altura)
Sala	12m ²	2,85m x 4,25m	1,5m ²	1,5m x 1m
Quarto	10m ²	2,4m x 4,2m	1,25m ²	1,25m x 1m
Cozinha	5m ²	1,8m x 2,8m	0,625m ²	0,625m x 1m
Área de serviço	4m ²	1,5m x 2,67m	0,4m ²	0,5m x 0,8m
Cozinha + área	9m ²	1,8m x 5m	1,125 m ²	1,125m x 1m
Cozinha + área (com divisória)	9m ²	1,8m x 5m	1,125 m ²	1,125m x 1m

O ambiente “cozinha conjugada com área de serviço e divisória entre eles” está representado na figura 1.

Figura 01: modelo da cozinha com área de serviço e divisória.



Foi considerado que todos ambientes apresentarão as mesmas cores de superfícies, com suas respectivas refletâncias, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 02: Cores e respectivas refletâncias das superfícies dos ambientes.

Superfície	Cor	Refletância
Teto	Tinta cor branco neve	84%
Paredes	Tinta cor branco gelo	60%
Piso	Cerâmica bege ou madeira	20%

A determinação das obstruções foi baseada na observação da ocorrência de obstruções em edifícios residenciais no Gama e em Águas Claras. Duas situações foram consideradas: as obstruções causadas pelo próprio edifício (prismas, varandas e saliências) e a obstruções causadas por edifícios vizinhos.

Foram definidas 3 dimensões diferentes de “prismas”: 1,5m X 3m (Prisma 1); 5m X 10m (Prisma 2) e 2,5m X 5m (Prisma 3). A figura 2 exemplifica um modelo tridimensional de ambiente com prisma 1, e a figura 3 ilustra o mesmo modelo em planta.

Figura 02: Exemplo de modelo tridimensional de ambiente com prisma 1.

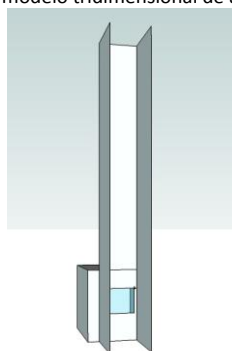
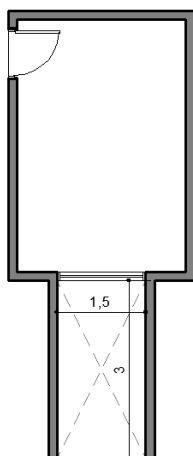
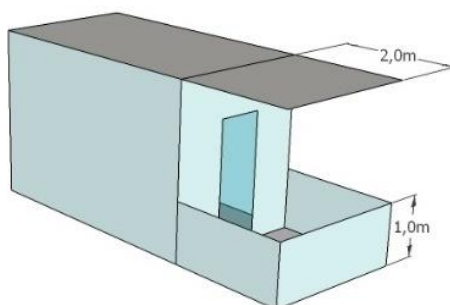


Figura 03: Modelo do prisma 1 em planta.



Foi considerada a ocorrência de apenas um tipo de varanda nas fachadas, com 2m de profundidade e guarda-corpo com 1m de altura. Os ambientes simulados com essa obstrução foram SALA e QUARTO, por se tratarem dos ambientes nos quais normalmente se verifica a ocorrência de varandas. A figura 4 ilustra um modelo tridimensional com a obstrução “varanda”.

Figura 04: Modelo tridimensional com varanda.



Também foi considerado um tipo de saliência (1,5m de largura por 3m de comprimento). Somente os ambientes SALA e QUARTO foram simulados contemplando essa obstrução, por se tratarem dos ambientes nos quais normalmente se verifica a ocorrência de saliência. A figura 5 ilustra esta variável arquitetônica em modelo tridimensional e a figura 6 ilustra a mesma em planta.

Figura 05: Modelo tridimensional com saliência

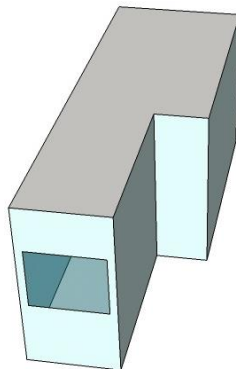
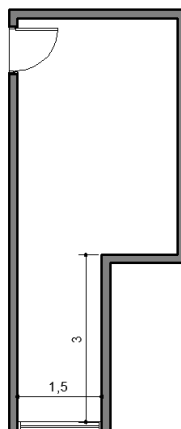


Figura 06: Modelo com saliência em planta



Foram determinados 3 tipos de obstruções causadas por edifícios vizinhos:

- 1) 30m de altura e afastamento de 10m para o edifício avaliado (EDIFÍCIO 1);
- 2) 60m de altura e afastamento de 10m para o edifício avaliado (EDIFÍCIO 2);
- 3) 30m de altura e afastamento de 5m para o edifício avaliado (EDIFÍCIO 3).

Cada um dos três tipos de prisma foi combinado aos três tipos de obstruções causadas por edifícios vizinhos. Estas combinações foram analisadas para todos os ambientes (sala, quarto, cozinha, área de serviço e cozinha com área de serviço).

Da mesma forma, as obstruções “saliência” e “varanda” foram combinadas às obstruções causadas por edifícios vizinhos. Estas combinações somente foram analisadas para os ambientes sala e quarto.

Também foram consideradas as combinações das obstruções “varanda” a “edifícios vizinhos” e a “prismas”, simultaneamente.

Após estabelecer as combinações de variáveis arquitetônicas possíveis, chegou-se a 132 combinações para sala, 132 para quarto e 80 simulações para cada um dos ambientes restantes, gerando um total de 584 simulações na primeira etapa.

Em seguida, foram simulados novamente somente aqueles ambientes onde não se verificou o alcance do nível de iluminância pré-determinado (2ª etapa de simulações) **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Ao todo, foram feitas 61 simulações nesta segunda etapa.

DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ANÁLISE

O nível mínimo de iluminância para todos os ambientes analisados foi estabelecido conforme as indicações de Reinhart (2005) para esses ambientes: mínimo de 100 lux provido por iluminação natural.

Foram considerados dois critérios para a análise da autonomia de luz natural (DA) nas simulações:

Critério 1: DA de 100 lux em 70% das horas de análise (08h00 às 18h00 hora local) em 50% do espaço ou mais, critério em consonância às indicações presentes na parte de bonificações do RTQ-R para ambientes de permanência prolongada, incluindo cozinhas e área de serviço que possuam algum tipo de proteção solar.

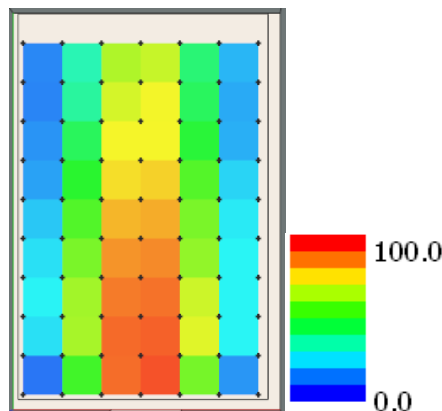
Critério 2: DA de 100 lux em 70% das horas de análise (08h00 às 18h00 hora local) em 70% do espaço ou mais, critério em consonância às indicações presentes na parte de bonificações do RTQ-R para ambientes de permanência prolongada, incluindo cozinhas e área de serviço que não possuam proteção solar.

PROCEDIMENTOS RELATIVOS ÀS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Para a simulação computacional, primeiramente cada um dos modelos-base foram modelados no software SketchUp 8, incluindo a caracterização das superfícies (vidros e materiais opacos).

Um plug-in do software Daysim, chamado su2ds, foi instalado no SketchUp para favorecer a interação entre os dois programas. Esse plug-in, desenvolvido com o suporte da National Research Council's (NRC) do Canadá, permite que se especifique todas as informações necessárias no modelo para se realizar a simulação no Daysim, desde a especificação da malha de pontos (neste caso, com 75 cm de altura do piso, com distância de 50 cm entre pontos) até a inserção do arquivo climático. Após a finalização da simulação, o software gera um relatório com valores referentes ao percentual de horas atendidas para a iluminância pré-determinada para cada um dos pontos da malha que foi previamente determinada. Depois de gerado o relatório, retorna-se ao software SketchUp para importar os resultados gerados pelo Daysim para o modelo tridimensional e com isso obter o resultado gráfico de distribuição em planta de autonomia de luz natural (DA) para cada ambiente, conforme ilustra a figura 7.

Figura 07: Exemplo de resultado gráfico de Autonomia de Luz Natural (DA) para sala com varanda e prisma 3 voltado para sul.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os modelos simulados para o ambiente “sala” contemplando o impacto de todas variáveis estabelecidas e área de abertura equivalente a $\frac{1}{8}$ da área de piso, somente 20% dos modelos, ou seja, 26 (vinte e seis) variações não alcançaram o critério de desempenho 1. Estes foram simulados novamente com área de abertura equivalente a $\frac{1}{6}$ da área de piso. Para esta nova medida de abertura, 17 (dezessete) variações de modelos de ambientes continuaram a não atender à exigência mínima (critério de desempenho 1). Novamente, os modelos que não atenderam a esse critério foram simulados com abertura equivalente a $\frac{1}{5}$ da área de piso. Nesta situação, 9 (nove) variações de modelos ainda não alcançaram o critério de desempenho 1. Quando estes modelos foram simulados com abertura equivalente a $\frac{1}{4}$ da área de piso, todos passaram a atender o critério de desempenho 1.

Embora somente 20% dos modelos simulados para sala não tenham atendido ao critério de desempenho 1, foi constatado que se a mesma avaliação for feita levando em conta o critério de desempenho 2 (100 lux em 70% do espaço e 70% do tempo), 39 modelos passariam a não atender esse critério, ao invés de 26. Isso quer dizer que haveria um não atendimento de 30%, ao invés de 20%.

Em geral, levando em conta todos os modelos simulados para sala, a orientação que apresentou melhor desempenho foi a Leste. Em contrapartida, a orientação Norte foi a que apresentou os piores níveis de desempenho.

Para os modelos simulados do ambiente “quarto”, somente 13 (treze) variações não alcançaram o nível de iluminância para o critério de desempenho 1, ou, o equivalente a 10% dos modelos, considerando aberturas com dimensão equivalentes a $\frac{1}{8}$ da área de piso do ambiente.

Foi possível notar que somente os modelos de quartos com “saliência combinados à obstrução causada por edifício vizinho” e de “varandas combinadas a primas 3 e obstrução causada por edifício vizinho” apresentaram problemas no atendimento ao critério de desempenho 1 da iluminação natural.

Os 13 (treze) modelos que não alcançaram o critério de desempenho 1 foram simulados novamente considerando aberturas laterais equivalentes a $\frac{1}{6}$ da área de piso do ambiente. Destes, apenas 3 (três) continuaram a não atender este critério de desempenho. Simulados novamente com aberturas laterais equivalentes a $\frac{1}{5}$ da área de piso, esses ambientes passaram a atender o critério de desempenho 1.

Embora somente 10% dos modelos simulados para quarto não tenham atendido ao critério de desempenho 1, foi constatado que se a mesma avaliação for feita levando em conta o critério 2 (100 lux em 70% do espaço e 70% do tempo), 26 (vinte e seis) modelos passariam a não atender esse critério, ao invés de 13 (treze). Isso quer dizer que haveriam um não atendimento de 20%, ao invés de 10%.

Tanto para “sala” quanto para “quarto”, nos modelos simulados sem obstrução de nenhuma espécie, verificou-se que os níveis de iluminância ficaram acima de 100 lux em 70% do espaço e 70% do tempo para todas as orientações, atendendo, portanto, ao critério de desempenho 2 (mais rigoroso).

O mesmo ocorreu quando os três tipos de prismas, a saliência, a varanda ou os três tipos de edificações vizinhas foram avaliados um a um. Isoladamente, nenhuma dessas obstruções provocaram um desempenho desfavorável do ponto de vista do aproveitamento da luz natural, mantendo o nível de autonomia para atendimento do critério 2 para todas as orientações.

Quando os três tipos de prismas foram avaliados em conjunto com obstrução causada por edifício vizinho, em todos os casos, os níveis de autonomia também permitiram o atendimento do critério de desempenho 2 para todas as orientações, assim como no caso da combinação entre a variável “varanda com obstrução causada por edifício vizinho”.

Com relação às variáveis consideradas isoladamente, a que apresentou pior desempenho foi a variável “saliência”.

Pode-se afirmar que para os ambientes “sala” e “quarto” a variação de modelo que apresentou pior desempenho foi a combinação entre “varanda + prisma 3 + edifícios”.

Observou-se que quando não há obstrução causada por edifício vizinho a orientação Oeste é a que apresenta os maiores índices de autonomia, e a Leste a apresenta os piores índices de autonomia. Em contrapartida, quando existem obstruções causadas por edifícios vizinhos, a orientação Norte e Oeste passam a ser as que apresentam os piores índices de autonomia, e a orientação Leste, nestes casos, passa a ser a que apresenta o melhor desempenho.

Para os modelos simulados do ambiente “cozinha”, “área de serviço” e “cozinha conjugada com área de serviço”, foi verificado que todos os modelos alcançaram tanto o nível de iluminância para o critério de desempenho 1 quanto para o critério de desempenho 2, considerando dimensões de aberturas equivalentes a $1/8$ da área do piso.

Mesmo todos os modelos tendo alcançado os desempenhos estabelecidos, verificou-se que no caso da “cozinha” e da “área de serviço” o pior desempenho comparativo foi gerado pelo modelo que combinava “prisma 1 (1,5m x 3m) + edifício 3 (10 andares a 5m de distância)”. No caso da “cozinha conjugada com área de serviço” o pior desempenho em comparação aos outros foi o do modelo que combinou as variáveis “prisma 2 (5m x 10m) + edifício 1 (10 andares a 10 metros de distância)”.

Tanto para “cozinha” quanto para “área de serviço” e “cozinha conjugada com área de serviço”, nas situações onde não havia obstruções causadas por edifícios vizinhos, ou seja, nos modelos sem obstrução, com prisma 1, prisma 2 e prisma 3, a orientação Sul foi a mais prejudicada do ponto de vista do desempenho da luz natural, e a orientação Oeste foi a que apresentou melhor desempenho. Já quando as obstruções causadas por edifícios vizinhos foram consideradas, na grande maioria dos casos, a orientação Oeste passou a ter o pior desempenho, enquanto a orientação Sul passou a apresentar o melhor desempenho.

Para os modelos simulados para o ambiente “cozinha conjugada com área de serviço com divisória”, somente 2 (duas) variações, ou 3% dos modelos, não alcançaram o critério de desempenho 1 (100 lux em 50% do espaço e 70% das horas diurnas anuais) considerando aberturas com dimensão equivalentes a $1/8$ da área de piso do ambiente: modelos com “prisma 1 + obstrução causada por edifício vizinho 3 (orientações Sul e Leste)”. Esses dois modelos foram simulados novamente, com dimensões de aberturas equivalentes a $1/6$ da área de piso do ambiente, passando então a atender à exigência mínima.

Entretanto, quando considerado o critério de desempenho 2 (100 lux em 70% do tempo e 70% do espaço), 48 (quarenta e oito) variações de um total de 64 (sessenta e quatro) não atenderiam à esse critério, ou seja, 75% do total dos modelos.

Neste caso, a variação de modelo que apresentou o pior desempenho em comparação aos outros foi o que combinou as variáveis “prisma 1 (1,5m x 3m) + edifício 3 (10 andares a 5m de distância)”. Também para esse ambiente, a orientação Norte foi a que apresentou o melhor desempenho, tanto quando eram consideradas obstruções causadas por edifícios vizinhos ou não. Da mesma forma, a orientação Sul foi a que apresentou os piores desempenhos, independentemente da situação de obstrução.

4 CONCLUSÕES

Observa-se que os ambientes “sala” e “quarto” apresentaram resultados muito semelhantes, assim como os resultados para “cozinha” foram bastante semelhantes aos da “área de serviço”, em função das dimensões similares: a sala possui dimensões 2,85m x 4,25m e quarto

dimensões 2,4m x 4,2m; a cozinha possui dimensões 1,8m x 2,8m enquanto a área de serviço possui 1,5m x 2,67.

Tanto para sala quanto para quarto, quando se avaliou as obstruções consideradas isoladamente (sem combinação entre elas), em todos os casos houve atendimento ao critério de desempenho 2 (mais rigoroso). Além disto, quando se combinaram os prismas (1, 2 ou 3) com Edifícios (1, 2 ou 3) e varanda com Edifícios (1, 2 ou 3) o critério de desempenho 2 também foi atendido.

As combinações para sala e quarto que resultaram nos piores desempenhos foram “saliência + edifícios” e “varanda + prisma 3 + edifícios”.

Foi possível concluir que as condições mais desfavoráveis para o desempenho da luz natural incluíram obstruções causadas pelo entorno construído, ou seja, por edifícios vizinhos. Nesse sentido, destaca-se a importância de se considerar esse tipo de variável em todas as situações onde se esteja avaliando o desempenho da luz natural no interior dos ambientes.

Para o caso da cozinha e da área de serviço, todos os modelos atenderam ao critério de desempenho 2 (mais rigoroso) sem dificuldade, pois para esses ambientes não foram consideradas as obstruções varanda e saliência.

No caso do ambiente “cozinha conjugada com área de serviço com divisória” a divisória bloqueia parte da passagem da luz natural provida pela janela da área de serviço para a área destinada à cozinha. Essa conformação de ambiente é bastante representativa em edifícios residenciais multifamiliares, e merece atenção. Neste caso, embora somente o modelo com “prisma 1 + edifício 3” tenha prejudicado o cumprimento do critério de desempenho 1, praticamente em todos os casos os modelos não alcançaram o critério de desempenho 2. Isto quer dizer que obstruções internas aos ambientes, como o caso de divisórias e saliências, também devem ser consideradas ao se tentar estimar o desempenho da iluminação natural em ambientes residenciais.

Quanto à questão do dimensionamento de aberturas para o contexto do Distrito Federal, principal objetivo deste trabalho, foi possível concluir que a proporção mínima atualmente exigida pelo COE-DF, equivalente a $\frac{1}{8}$ da área de piso dos ambientes, atende aos critérios de desempenho propostos (tanto ao critério 1 ao 2) quando os ambientes se encontram em situações de pouca ou nenhuma obstrução. Aqui, entende-se por pouca obstrução as variáveis “prismas”, “saliência”, “varanda”, “edifícios” ou “prismas + edifícios”.

Entretanto, conforme a condição de obstrução se torna mais complexa, ou seja, nos casos de combinação entre “saliência + edifícios”, “varandas + edifícios” e “prismas + varandas + edifícios”, se verificou em alguns casos a proporção de $\frac{1}{8}$ da área de piso para aberturas passa a não permitir o atendimento ao critério de desempenho 1. Isto quer dizer que deve ser possível considerar novas proporções (principalmente $\frac{1}{6}$ área de piso) para aberturas laterais de ambientes em contextos de obstrução externa causada por edifícios vizinhos.

Seria desejável que o COE-DF incorporasse a consideração do entorno construído, exigindo, por exemplo, aberturas equivalentes a $\frac{1}{6}$ de área de piso para ambientes com obstruções à luz natural (como varandas, prismas ou saliências) quando submetidos a entorno obstruído por edifícios vizinhos a menos de 10 metros de distância.

Esta mesma previsão de ajuste de proporção de aberturas laterais para iluminação em condições de obstruções externas poderiam ser aproveitadas para o RTQ-R, no caso de se identificar situações como as descritas anteriormente.

Da mesma forma, foi possível concluir que as exigências presentes no RTQ-R para pontuação nas bonificações relativas à luz natural poderiam ser mais rígidas, já que os critérios exigidos por eles facilmente são alcançados.

Propõe-se que para o RTQ-R fosse adotado o critério de 100 lux em 70% do espaço e 70% das horas diurnas, tanto para ambientes sem proteção solar quantos para os com proteção solar, garantindo maior nível de iluminância durante maior parte das horas diurnas do ano.

REFERÊNCIAS

- AMARAL M.G.V. PEREIRA F.O.R. Iluminação natural: revisão da legislação construtiva de Florianópolis. In: *I Encontro Latino-Americano e V Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído*. Anais.. Fortaleza: ENCAC-ELACAC, 1999. CD-ROM.
- AMORIM, C.N.D. LAMOUNIER, G. *Iluminação natural em edifícios residenciais com aberturas laterais e poços de luz: análise de códigos de obras e avaliação por meio de simulação computacional*. Relatório Final de Pesquisa de Iniciação Científica. Universidade de Brasília, 2012.
- BRACARENSE, M.S.S. JOTA, P.R.S. ASSIS, E.S. Projeto experimental de iluminação em sistemas laterais em condições de entorno construído. In: *IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído*, Anais. Maceió: ENCAC-ELACAC, 2005. CD-ROM.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº18 de 16 de janeiro de 2012. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ--R)*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001627.pdf Acesso em: Agosto de 2013.
- BUSON, M.A. *Porque minha janela tem 1m? Análise e verificação dos índices técnicos do Código de Edificações do Distrito Federal relativos à iluminação natural*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 1998.
- CINTRA, M.S. *Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2011.
- DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Coordenação das Administrações Regionais do Distrito Federal. Lei nº 2,105/1998 e Decreto nº 19.915/1998, alterado pelo Decreto nº 25.856/2005. *Código de Edificações do Distrito Federal*. Brasília, 2005.
- MARDALJEVIC, J. CHRISTOFFERSEN, J. A Roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings. In: *28th Session of the CIE Sun City*. Anais.. Paris: CIE, 2013.
- REINHART, C. F. A simulation-based review of the ubiquitous window-head-height to daylit zone depth rule-of-thumb. In: *IX International Building Simulations Conference*. Anais.. Montreal: IBPSA, 2005.