

EFEITO DE ENTORNO URBANO ESPECULAR NA ILUMINAÇÃO NATURAL DE AMBIENTES

L. de O. Martins; R. C. Cabús

RESUMO

A utilização de panos de vidro nas fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos provoca alterações na disponibilidade de luz natural no entorno urbano. O presente estudo tem como objetivo analisar a influência da especularidade das superfícies do entorno imediato na iluminância no interior do edifício. O programa utilizado para as simulações é o TropLux 7, apropriado na avaliação de superfícies especulares por utilizar o método do raio traçado. Para criação do modelo são considerados parâmetros urbanos de acordo com o Código de Edificações e Urbanismo da cidade de Maceió. As iluminâncias processadas seguem os padrões exigidos pela NBR-CIE-8995, nas orientações norte, sul, leste e oeste, os céus parcialmente nublado e claro dentro de um ambiente de 25m². Os resultados obtidos demonstram que o entorno specular e sua geometria além de aumentar a disponibilidade de luz dentro dos ambientes, pode causar desconforto por ofuscamento ao usuário.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Entorno Urbano

O entorno comporta-se como uma fonte de luz. A luz refletida das superfícies exteriores que rodeiam o edifício, como fachadas, pisos ou cobertas, é um dado importante para o projeto de iluminação natural. Portanto, faz-se necessário conhecer as características destes materiais.

Como as outras fontes de luz, é preciso que tanto a iluminância quanto a luminância sejam controladas. De acordo com Mascaró (1983), a luz refletida pelo entorno em regiões ensolaradas, representa no mínimo, de 10% a 15% do total da luz diurna recebida pelas janelas. Estes valores são superados quando o entorno é claro. Para os locais cujas superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno pode chegar a mais da metade da luz recebida pelas janelas contidas por superfícies sombreadas.

O ingresso da luz pelas aberturas de edifícios localizados em uma cidade está condicionado pelo seu entorno. De acordo com Mascaró (1983), a razão entre a distância da edificação e a altura da obstrução vizinha deveria ser igual a dois. Tratam-se de valores ideais dificilmente atingidos dentro de áreas superpovoadas da malha urbana em cidades brasileiras.

1.2 Contextualização

A cidade de Maceió apresenta um momento de expansão e conseqüente demanda de investimentos imobiliários para a construção de edifícios residenciais, comerciais e de uso misto em bairros diversificados. Nos projetos recentes pode ser observada a utilização de fachadas envidraçadas com percentual significativo em todas as orientações (Fig. 1). Conforme Cavalcante (2014), tal tendência tem sido observada a partir dos anos 2000, especialmente pela inserção de peles de vidro, vidro colorido e com película refletiva.



Residencial Francesco Granacci. Fonte: Lares Construções, 2014.



Cielo, Edifício Empresarial Granmonti. Fonte: Contrato



Hotel Brisa Tower Maceió. Fonte: Pronto Hotel, 2014.



Empresarial José Lages. Fonte: Contemporânea Construções, 2014.

Fig. 1 - Exemplos de fachadas envidraçadas na cidade de Maceió

A aplicação de pele de vidro em edificações surgiu em lugares de clima temperado, onde é bem vinda a entrada da radiação solar sendo mantida para evitar perda de calor. Um dos arquitetos pioneiros do Movimento Moderno que difundiu a pele de vidro foi Mies Van de Rohe, com estilo minimalista próprio, tirava partido da tecnologia de novos materiais, sem adorno algum, fosse esse um simples beiral.

Assim, propaga-se por todo o mundo o “Estilo Internacional”, que recorre a fachadas caracterizadas como “peles de vidro” ou “cortinas de vidro”, em sua maioria, sem vínculo com o contexto climático e apoiado na tecnologia do condicionamento de ar (LARANJA, 2010). Essa abordagem confirma uma linguagem arquitetônica inapropriada para países como os de clima quente, em função de excessivo ganho de luz e calor. O conseqüente edifício “estufa” foi então exportado como símbolo de poder, assim como sistemas sofisticados de ar condicionado e megaestruturas de aço e concreto, sem readaptações às características culturais e climáticas do local de destino.

Para Laranja (2010), o Estilo Internacional incorporou as inovações tecnológicas, tornando a arquitetura independente do clima ao ignorar a posição geográfica, o entorno, a orientação de fachadas, a iluminação natural, trazendo assim prejuízos para a arquitetura. A fachada da edificação perde a importância no controle de luz e calor, sendo transferida tal função para os sistemas mecânicos de aquecimento, refrigeração e iluminação artificial (CASTRILLÓN, 2009). Com a utilização da iluminação artificial dentro dos espaços arquitetônicos, a iluminação natural passa a não ser tão valorizada em todas as suas potencialidades.

As preocupações com essas atitudes tem sido objeto de pesquisas acadêmicas, e recentemente algumas metodologias de projeto são adotadas, embora também reproduzidas

de outros climas como simulações de iluminação natural, dentre outras, que devem ser utilizadas com cautela por serem baseadas em normas de outras realidades climáticas.

1.3 Principais trabalhos relacionados

É importante destacar as publicações nacionais e internacionais que fazem relação cruzada com o tema e foram levadas em consideração para emprego nos conceitos e nas metodologias trabalhadas.

O encandeamento é considerado como a expressão dos efeitos visuais indesejáveis que resultam da presença de fontes de brilho excessivo no campo visual (HOPKINSON *et al*, 1975) e depende dos seguintes parâmetros:

- i. Luminância do Céu vista da janela;
- ii. Ângulo sólido entre o olho do observador e a fonte;
- iii. Posição da fonte em relação ao ângulo de visão;
- iv. Luminância média da sala, sem considerar o céu visível.

O ofuscamento é um caso particular quando a luz é refletida por uma superfície e causa incômodo na tarefa de uma pessoa em um dado ângulo. Os fatores que determinam a natureza e a intensidade do encandeamento são a especularidade da superfície sendo vista e a relação geométrica entre o observador, a superfície e a fonte de alta luminância.

O vidro é um material com características de transmissão, absorção e reflexão que variam de acordo com o tipo de tratamento da superfície, espessura, cor e acabamento. Em modelos lisos e refletivos, possui propriedades especulares capazes de refletir a luz direta, que dependendo do ângulo de incidência do sol ou pela reflexão do céu, provocam desconforto por ofuscamento.

Ao refletir sobre os efeitos luminosos das superfícies em meios urbanos, é importante destacar a tese de Laranja (2010) que comprova a influência de parâmetros urbanísticos como intervalos de larguras de vias e altura de edificações obstruidoras que geram maiores taxas de variação na iluminação do ambiente interno. Verificou também uma relação proporcional entre a largura de via e altura das edificações adequada para garantia de iluminação natural através da luz refletida difusa. Os resultados com variação de refletância aumentaram de 3% a 19%, dependendo do tipo de céu.

Wienold e Christoffersen (2006) em pesquisa de ofuscamento, por causa da baixa capacidade de predição dos métodos existentes, criaram o método DGP (*Daylight Glare Probability*) que é função da iluminância vertical no plano do olho tanto quanto a luminância da fonte de ofuscamento, o ângulo sólido e o índice de posicionamento. O DGP mostrou um índice de correlação estatística muito forte (0,94) em comparação com pesquisa de percepção dos usuários.

Jakubiec e Reinhart (2012) encontraram em pesquisa que o DGP é o índice de ofuscamento mais robusto, por responder previsivelmente à maioria das situações de iluminação natural, em vários ângulos sólidos, fontes difusas e especulares, por esse motivo é um índice importante a ser avaliado.

Dubois (2003) realizou uma tese sobre o impacto de dispositivos de sombreamento na qualidade da luz natural em escritórios. Através de uma revisão de indicadores de

performance, fez um apanhado criterioso dos índices interessantes para seu contexto de estudo de simulações. Apresenta valores de referência de luminância a partir do ergograma e panorama proposto por Meyer, Francioli & Kerkhoven (1996), dentro do campo de visão num cone de 120° ou de 60°, e para o resto do campo de visão, atendidos os requisitos de NUTEK (1994).

Nabil e Mardaljevic (2005), criaram UDI (*Useful Daylight Illuminances*) que representa a ocorrência anual de iluminâncias no plano de trabalho compreendidas numa escala de valores dentro do intervalo de 100-2000lx, no qual valores menores que 100 lx são considerados insuficientes, valores entre 100 e 500 lx caracterizam-se como suficientes, com necessidade de iluminação complementar, valores entre 500 e 2000 lx configuram o intervalo suficiente e valores maiores que 2000 lx são caracterizados como excessivos.

Lynes (2007) faz uma projeção gráfica de um plano demarcado anualizado na carta solar espelhado a partir da linha radial imaginária que representa o plano da fachada especular.

Littlefair (1987) é o primeiro trabalho e o mais referenciado no campo da geometria da insolação, especificamente nas superfícies de fachadas especulares para estudo de ofuscamento e geometrização do processo.

Wong (2016) é um artigo muito recente que traz um estudo com espacialização 3D do método de raio traçado para o edifício Dragon Tail localizado no ICC – *International Commercial Centre* em Hong Kong para acessar o impacto do ofuscamento nas áreas, a intensidade dos raios refletidos e taxas de colisões nas fachadas vizinhas.

Assis (1998) é um importante estudo brasileiro que insere no campo da arquitetura a caracterização ótica de materiais transparentes em relação ao conforto em edificações.

Michelato (2007) faz uma dissertação com avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos no ambiente interno.

Nissola (2005) dissertação que estudou a influência da luz natural na probabilidade de ofuscamento em ambientes com terminais de vídeo em Florianópolis, importante fonte de pesquisa em ofuscamento.

2 MÉTODO

2.1 Localidade em estudo

A cidade de Maceió, localizada no litoral do nordeste brasileiro, possui latitude 9°40'S, longitude 35°44'O e altitude de 65m de acordo com medições do período de 1961-1990 de dados meteorológicos (INMET, 2010). O município possui uma área de 511km², com área urbana de 200km² e população de 936.314 habitantes (IBGE, 2009).

O clima da cidade é caracterizado como quente e úmido, com grande incidência de radiação solar, apresentando pequenas variações térmicas diárias, sazonais e anuais de temperatura Romero (2001). Possui constância de nível térmico, com temperatura média anual de 24,8°C e variação anual de 2,8°C entre os valores médios mensais de temperaturas médias (26,3°C em fevereiro e 23,5°C em agosto, maior e menor média, respectivamente) conforme dados do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. A

umidade relativa média anual da região é de 84% (Goulart *et al*, 1997) com pluviosidade média anual de 181mm (INMET, 2010).

De acordo com Cabús (2002) o céu parcialmente nublado, é o mais comum em Maceió, com aproximadamente 61,8% do total das ocorrências observadas. O céu encoberto vem em seguida com 25,8%, enquanto que o céu claro compreende os 12,4% restantes.

2.2 O Programa de Simulação

Para realizar as simulações computacionais foi utilizado o programa TropLux 7 (CABUS, 2015). O programa foi validado e considerado seguro através da pesquisa de Cabús (2005), por possuir um método de cálculo com algoritmos apropriados ao estudo da iluminação natural em qualquer ponto do planeta. A construção de modelos pode ser rápida, sendo uma ferramenta prática e precisa no processamento de valores de iluminância em um ponto ou plano espacial.

Após a modelagem, no processamento, o Troplux calcula a iluminância usando o método do raio traçado (*ray-tracing*) em conjunto com o método Monte Carlo. A partir dos Coeficientes de Luz Natural (CLN), são processadas as componentes diretas e refletidas. Esses recursos são utilizados para avaliar as parcelas de contribuição da iluminação natural em ambientes.

O programa traz configurados os dados da latitude, da longitude e do meridiano padrão para a situação da cidade de Maceió, entre outras, tais valores respectivamente $9^{\circ}40'$, $35^{\circ}44'$ e -45° . Também se diferencia por permitir a configuração da reflexão das superfícies em difusa ou especular, fundamental para a análise do trabalho visto que a maioria dos cálculos de iluminação se detém apenas ao estudo de superfícies lambertianas, ou seja, perfeitamente difusas.

Como sugere Cabús (2005), foi adotada uma margem de erro estatístico de 5%. Este erro é calculado para a componente refletida integralizada para toda a abóbada celeste. Assim, a subdivisão do céu detalhada é processada, deixando a iluminância mais precisa.

2.3 Modelo de Referência

A verificação da metodologia foi realizada em um cenário de vizinhança urbano hipotético. O estudo partiu da relação entre um tamanho de via de 12m, e um edifício com altura que permite 8 pavimentos, equivalente ao limite imposto pelo Código de Urbanismo (MACEIÓ, 2007) recorrente na área mais baixa de Maceió influenciada pelo Cone do Farol da Marinha. O cânion pode ser classificado em $H=2L$ (razão entre a altura e largura), ou seja, para a largura da via de 12m e um prédio de 24m de altura (8 pavimentos), como representado esquematicamente em planta e corte (Fig. 2).

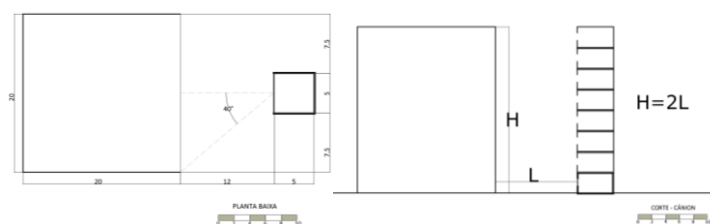


Fig. 2 - Esquema do cânion estudado.

Foram feitas as seguintes geometrias para comparar situações diferentes de reflexão da fachada do entorno paralela ao plano da janela (Fig. 3).

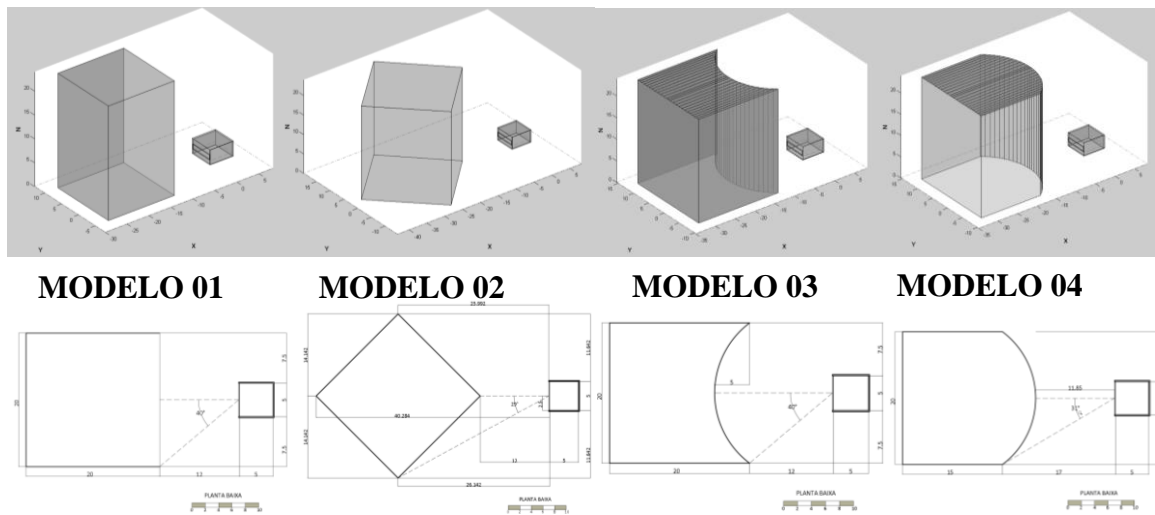


Fig. 3 - Modelos de entorno estudados.

2.4 Parâmetros das Simulações

De um modo geral, os parâmetros da Sala de estudo foram configurados com dimensões de 5m x 5m x 3m, Área de 25m², pé-esquerdo de 3m. As refletâncias foram no Piso – 0,3, na Parede – 0,6 e no Teto – 0,7. As refletâncias externas foram padrão 0,5 para planos verticais e 0,2 para planos horizontais. A diferença está nas características difusa e especular.

A malha de pontos de simulação está representada de acordo com a NBR ISO/CIE 8995 conforme figura abaixo (Fig. 4). A distribuição e o número de pontos de medição são realizados conforme determinação da ABNT ISO/CIE 8995 (2013). As simulações serão realizadas todos os dias do ano das 6h às 16h.

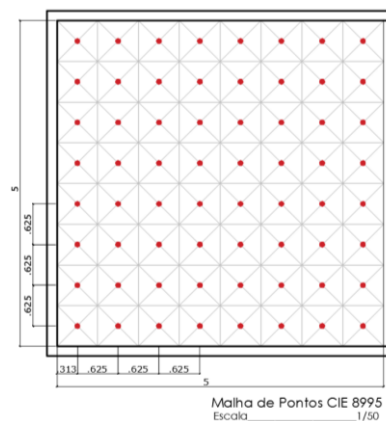


Fig. 4 – Malha de Pontos ISO/CIE 8995.

Foram simuladas todas as orientações: Norte, Sul, Leste, Oeste, para a janela padrão do programa, com 36% de abertura. Os demais planos internos do edifício do entorno foram considerados com refletância zero, para reduzir o tempo de processamento gasto com simulação desnecessária do raio que passa pela fachada de vidro do vizinho.

2.5 Índices

A avaliação quantitativa da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno é realizada através dos parâmetros de referência das UDI (Useful Daylight Illuminances) propostas por Nabil e Mardaljevic (2006), com o menor valor do intervalo baseado na norma ABNT ISSO/CIE 8995 (2013). Assim a iluminância adotada como parâmetro deve ter o valor dentro do intervalo $500 \leq \text{UDI} < 2000 \text{lx}$.

Os valores absolutos das iluminâncias são calculados através dos métodos Ray-tracing e Monte Carlo conforme o programa Troplux (CABÚS, 2014). O plano utilizado para o cálculo de iluminâncias foi o plano de trabalho a 0,75m de altura.

Tabela 1 Indicadores de Performance

Indicadores	Método	Referência
1 Iluminância no Plano de Trabalho		
$500 \leq \text{UDI} < 2000 \text{lx}$	Simulação Troplux	(Cabús, 2014) – Ray-tracing e Monte Carlo; (Nabil e Mardaljevic, 2006) – Usefull Daylight Iluminance – UDI; (ABNT ISSO/CIE 8995, 2013) – Níveis de iluminâncias.
3 Uniformidade da Iluminância no Plano de Trabalho		
$E_{\min}/E_{\max} > 0,5$	Aceitável	(Dubois, 2003)
$E_{\min}/E_{\max} > 0,7$	Preferível	(ABNT ISSO/CIE 8995, 2013)

3 RESULTADOS

3.1 Desempenho dos modelos

Busca-se analisar a relação entre o conforto luminoso de um modelo de edifício e as interferências que seu entorno especular pode trazer. Assim, é possível quantificar ou qualificar o potencial de melhoria desse conforto. Serão expressas as consequências da luz reirradiada pelo entorno especular na quantidade da iluminação natural, valores em iluminâncias com unidade de medida em lux (lx).

São feitas análises comparativas estatísticas dos dados obtidos nas simulações verificando os melhores resultados de iluminação natural para as iluminâncias. As luminâncias e índices de distribuição e quantidade de luz, bem como do ofuscamento serão resultados de vários estudos consecutivos e interdependentes.

3.2 Resultados das Simulações

3.2.1 Variando a orientação

Realizou-se análises de iluminâncias e suas variações em relação à orientação, nos azimutes 0° , 90° , 180° e 270° , que correspondem à janela voltada a sul, oeste, norte e leste respectivamente. Visivelmente a orientação norte e a oeste possuem as maiores iluminâncias nos 4 modelos (Fig. 3) durante o ano, ultrapassando o limite de 2000lx indicados das UDI para o plano de trabalho (Fig. 05). Nas orientações sul e leste, os valores ficam dentro do intervalo ideal das iluminâncias. A diferença entre as iluminâncias máximas e mínimas é menor que 0,5 não sendo aceitável.

A diferença entre os resultados dos valores dos quatro modelos pode ser além de geométrica, uma vez que a fachada assume forma prismática, curva ou convexa, a superfície de reflexão aumenta. Como, por exemplo, no Modelo 02 tem duas faces oblíquas contra uma face paralela do Modelo 01. No Modelo 03 a geometria côncava está refletida nos resultados e no Modelo 04 a face convexa espalha os raios para fora do campo de visão.

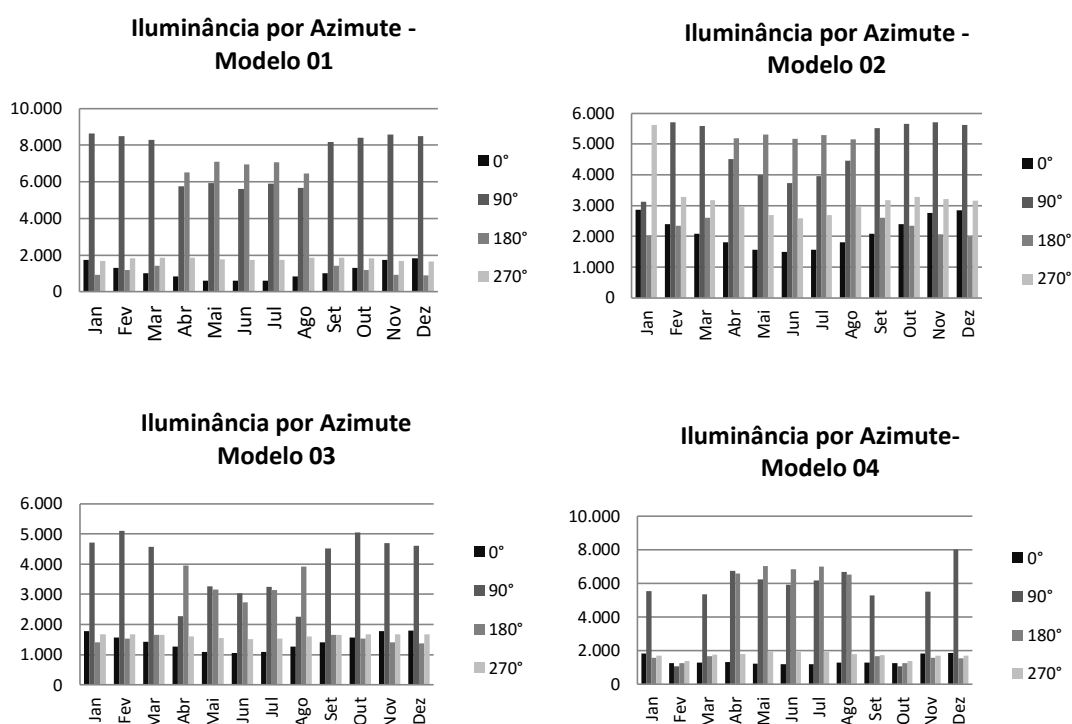


Fig. 5 – Iluminância por Azimute nos 4 modelos.

3.2.2 Variando o tipo de céu

É importante destacar que o céu 15 proporcionou os maiores valores de iluminância ao longo do ano, porém o céu 10 apresenta, nos quatro modelos, maior uniformidade de iluminação ao longo do ano. Entre abril e agosto os valores extrapolaram bastante o intervalo da UDI, com valores de iluminâncias no plano de trabalho acima de 7000lx (Fig. 6).

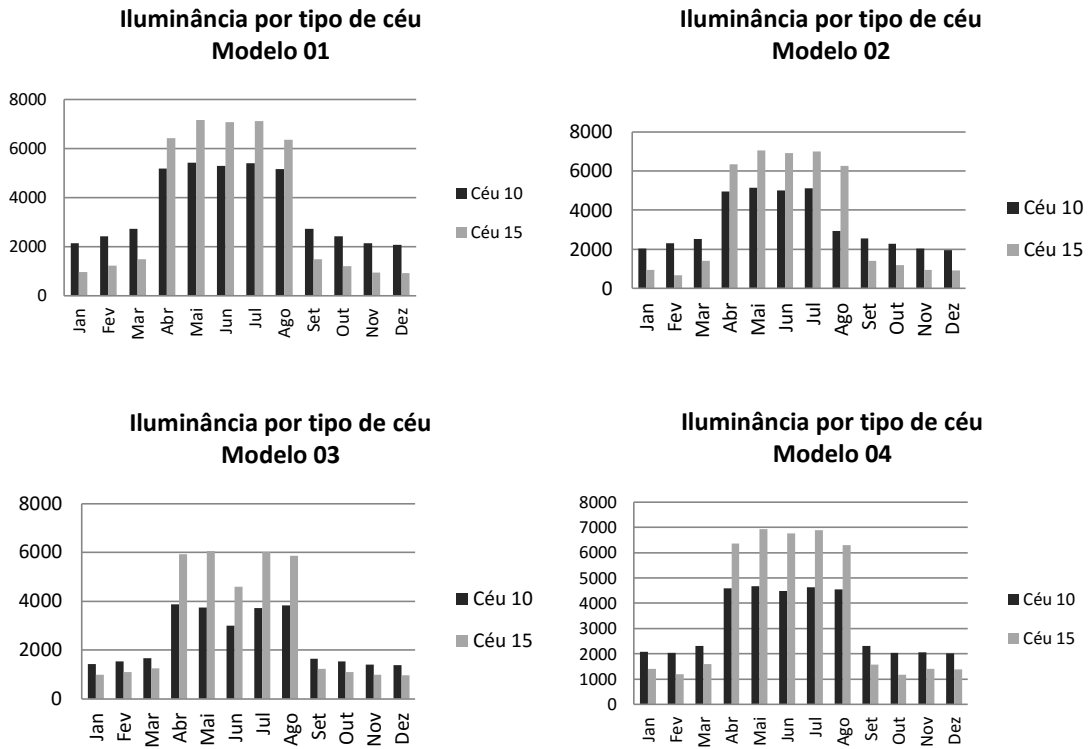


Fig. 6 – Iluminância por tipo de céu nos 4 modelos.

3.2.3 Nas Isocurvas

A distribuição das iluminâncias no plano de trabalho representada nas isocurvas abaixo demonstra claramente a presença de sol direto nas proximidades da janela (eixo Y), com valores muito altos acima do intervalo recomendado da UDI. Diferença entre a iluminância máxima e mínima muito menor que 0,5, sendo portanto inaceitável (Fig.06).

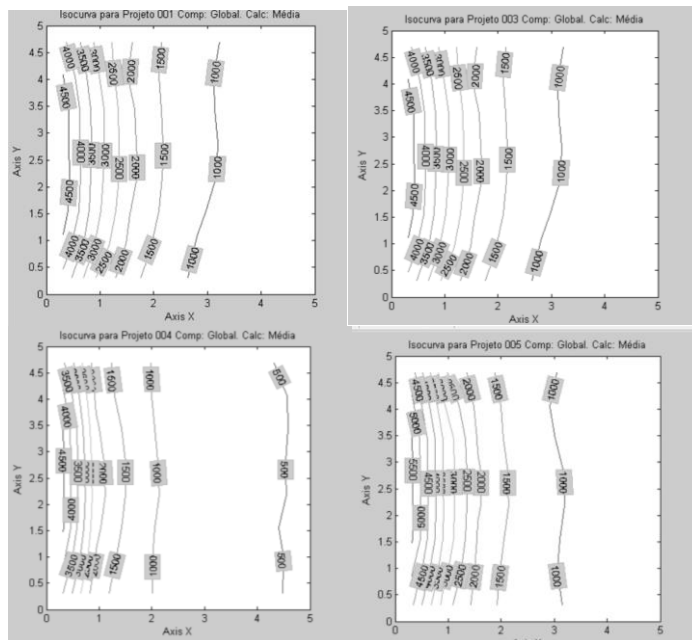


Fig. 6 – Isocurva Média das Iluminâncias no plano de trabalho dos 4 Modelos.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram a necessidade de estudos quantitativos e qualitativos a respeito do entorno urbano, principalmente ao se tratar de vista direta de superfícies especulares. Além de aumentarem a disponibilidade de luz dentro dos ambientes, causam ofuscamento ao usuário. Pode ser verificado que os altos índices de iluminância provavelmente provocam efeitos de ofuscamento.

O presente estudo encontra-se em desenvolvimento e pretende ampliar as avaliações, por tipos construtivos, distância, malha urbana entre outras variáveis pertinentes à escala local na cidade.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003) **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações**. ABNT: Rio de Janeiro.

_____. **NBR 15575. Edificações habitacionais**. (2013) ABNT: Rio de Janeiro - Desempenho.

_____. **NBR ISO 8995-1: Iluminação de ambientes internos de trabalho**. (2010) ABNT.

ASHRAE/ ANSI/IESNA. (2007) **ASHRAE Standard 90.1**. Energy Standard for Buildings.

Assis, Rosana M. Caram. (1998) **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**. Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas.

Barbosa, G. B. (2009) **Arquitetura Contemporânea em Maceió (1980-2008): uma reflexão crítica**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado). UFAL: Maceió, 169p.

Brotas, L. e pandya, S. J. (2014) **Tall Buildings and the Urban Microclimate in the City of London**. 30 th International PLEA Conference, CEPT University, Ahmedabad.

Cavalcante, M. M. P. D. (2014) **O Projeto: Diálogos da forma na orla de Maceió. Edifícios Verticais 1980-2012**. (Tese de Doutorado). Mackenzie: São Paulo, 2014.

Cabús, Ricardo. C. (2002) **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**. (PhD Thesis). Architecture, University of Sheffield: Sheffield, 288p.

_____. (2014) TropLux Versão 7.0 - **Manual do Usuário**. Maceió: Grilu.

_____. (2005) **Validação do programa Troplux**. Brasil - Maceio, AL. 2005. p. 250-259. Encontro Nacional sobre Conforto do Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió, AL; Encontro Latino-Americano sobre Conforto do Ambiente Construído, 4., Maceió, AL.

Castrillón, R. D. (2009) **Integration of active and passive systems in Glass Façades**. International Conference on Sustainable Energy Technologies: Aachen, Germany.

DOE, U.S. (2015) Department of Energy's Building Technologies Office. **EnergyPlus**. Lawrence Berkeley National Laboratory, Califórnia.

Dubois, MC. (2003) **Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators**. Lighting Research and Technology, 35(1).

Hopkinson, J. , Peterbridge, P., Longmore, J. (1975) **Daylighting**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa – Portugal.

IESNA – Illuminating Engineering Society of North America. (2000) **IES Lighting Handbook**, 9th Edition, IESNA, New York.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. (2010) **Dados climáticos das normais climatológicas para Maceió - 1961-1990**. <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 24 de maio de 2010.

Jakubiec J.A.; Reinhart C.F. (2012) **The 'adaptive zone' – A concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces**. Lighting Research and Technology 44(2), pp. 149-170.

Laranja, Andréa Coelho. (2010) **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Littlefair, P.J. (1987) **Prediction of reflected solar dazzle from sloping facades**. Building and Environment; 22:285–291.

Lynes, J. A. (2007) **Equatorial sunpath diagrams for sunlight reflected from specular surfaces**. Lighting Research and Technology, 39(1).

Maceió, Prefeitura Municipal de Maceió. (2007) **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió**.

_____, Prefeitura Municipal de Maceió. (2005) **Plano Diretor**: Maceió-Alagoas.

Mascaró, Lúcia R. de. (1985) **Energia na Edificação: Estratégia para Minimizar seu Consumo**. São Paulo: Ed. Projeto, 136p.

_____, Lúcia. R. D. (1983) **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983. 189p.

Michelato, Rubia. (2007) **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: Estudo de caso em células-teste**. Dissertação: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

Nabil, A.; Mardaljevic, J. (2005) **Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings**. Lighting Research and Technology, 37(1).

Nissola, L. J. (2005) **A influência da luz natural na probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes com terminais de vídeo**. Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Reinhart, C. F.; Doyle, S.; Jakubiec, J.A.; Mogri, R. (2016) **Glare Analysis of Daylit Spaces: Recommendations for Practice**.
http://web.mit.edu/tito_/www/Projects/Glare/GlareRecommendationsForPractice.html.
Acessado em março de 2016.

Romero, Marta. (2001) **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Ed. Pro Livros, 119p.

Torres, S.; Verso, V.R.M.L. (2015) **Comparative analysis of simplified daylight glare methods and proposal of a new method based on the cylindrical illuminance**. Energy Procedia 78, 699-704.

Wienold, J.; Christoffersen, J. (2006) **Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras**. Energy and Buildings, 38(7):743-757.

Wong, J. S. (2016) **A comprehensive ray tracing study on the impact of solar reflections from glass curtain walls**. Environ Monit Assess 188: 16, Suíça, 2016.