



**A influência da fachada do entorno edificado no
desempenho da iluminação natural**
The influence of surrounding façade on daylighting performance
*La influencia de la fachada del entorno construido en el
rendimiento de la iluminación natural*

BARBOSA, Nádia Milena da Silva¹

CABÚS, Ricardo Carvalho²

¹, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió - AL, Brasil. nadia.barbosa@arapiraca.ufal.br
ORCID: 0000-0001-7476-7798

² Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió - AL, Brasil. r.cabus@ctec.ufal.br
ORCID: 0000-0002-4252-7615

Recebido em 30/10/2019 Aceito em 28/02/2020



Resumo

Entre os fatores que interferem no comportamento da luz natural estão os referentes ao entorno edificado como a verticalização, a geometria e a refletância das fachadas. Nesse contexto, o presente estudo aborda a influência de dois parâmetros: o ângulo formado entre as fachadas de uma sala de estudo e da obstrução e a refletância da superfície externa da obstrução no desempenho da iluminação natural em edifícios da cidade de Maceió. Utilizando a ferramenta de simulação computacional TropLux 7, são projetados cenários hipotéticos variando o ângulo entre a fachada da obstrução e a da sala de estudo em 0°, 22,5° e 45° e a refletância da superfície externa da obstrução em 0,5 e 0,8 para, num estudo quantitativo, analisar a influência desse entorno na iluminância média anual e na uniformidade dentro da sala. As iluminâncias processadas seguem os padrões exigidos pela NBR-CIE-8995. Os resultados obtidos a partir da análise paramétrica e estatística dos dados apontam que a variação do ângulo não proporciona um aumento representativo na iluminância e na uniformidade, o mesmo se observa com a variação da refletância da superfície externa da obstrução. Tais fatos podem ser explicados pelo fator de visão de céu que se manteve constante.

Palavras-Chave: Iluminância; Simulação computacional; Refletância; Ângulo da obstrução

Abstract

Among the factors that interfere on daylight behaviour are those related to the built environment such as verticalization, geometry and reflectance of the façades. In this context, this work studies the influence of two parameters: (i) horizontal angle between the façades of the study room and the obstruction and (ii) obstruction reflectance on daylighting performance in Maceió. Using TropLux 7, in order to analyse the influence of this environment on the mean annual luminance and uniformity within the room scenarios are designed for three horizontal angles: 0°, 22.5°, 45° and two obstruction reflectances: 0.5 and 0.8. Calculations follow the standards required by NBR-CIE-8995. Results from the parametric and statistical analysis of the data indicate that angle variation does not provide a representative increase in the illuminance and the uniformity, the same is observed with the variation of the reflectance of the external surface of the obstruction. Such facts can be explained by the sky-vision factor that has remained constant.

Keywords: *Illuminance; Computer simulation; Reflectance; Obstruction angle*

Resumen

Entre los factores que interfieren con el comportamiento de la luz natural se encuentran los relacionados con el entorno construido, como la verticalización, la geometría y la reflectancia de las fachadas. En este contexto, el presente estudio aborda la influencia de dos parámetros: el ángulo formado entre las fachadas de una sala de estudio y la obstrucción y la reflectancia de la superficie externa de la obstrucción en el desempeño de la iluminación natural en edificios en la ciudad de Maceió. Usando la herramienta de simulación por computadora TropLux 7, se proyectan escenarios hipotéticos que varían el ángulo entre la fachada de la obstrucción y la de la sala de estudio a 0°, 22.5° y 45° y la reflectancia de la superficie externa de la obstrucción a 0.5 y 0.8 para, en un estudio cuantitativo, analizar la influencia de este entorno en la iluminancia y uniformidad promedio anual dentro de la habitación. Las iluminancias procesadas siguen los estándares requeridos por NBR-CIE-8995. Los resultados obtenidos del análisis paramétrico y estadístico de los datos indican que la variación en el ángulo no proporciona un aumento representativo de la iluminancia y la uniformidad, lo mismo se observa con la variación en la reflectancia de la superficie externa de la obstrucción. Tales hechos pueden explicarse por el factor de visión del cielo que se ha mantenido constante.

Palabras clave: *iluminancia, simulación por computadora, reflectancia, ángulo de obstrucción*



1 Introdução

O potencial de aproveitamento da luz natural nas edificações modifica-se em função da radiação solar direta, da luz proveniente da abóbada celeste e das reflexões nas obstruções externas e nas superfícies internas. Segundo Tsangrassoulis e Santamouris (1997), a disponibilidade da iluminação natural pode ser alterada mediante diferenças de gabarito das edificações e ainda configurações das vias.

A verticalização e o adensamento urbano vêm se apresentando como típicos dos grandes centros urbanos. Vistos como elementos mitigadores do aproveitamento da iluminação natural, de acordo com Cintra (2011), as peculiaridades do entorno intervêm, diretamente, no acesso à fonte de luz natural nos ambientes internos.

O entorno pode ser destacado como um elemento de interferência, diante da ação da luz refletida, sobretudo em locais com presença de sol em malha urbana obstruída. Com efeito, a componente refletida externa depende da geometria urbana e ainda das propriedades das superfícies quanto à sua refletância. As particularidades destas superfícies conduzem a constantes alterações no comportamento da luz natural nos espaços internos das edificações.

Entende-se, também, que para as atividades que envolvem a compreensão e manipulação da iluminação natural no ambiente construído é exigida a capacidade de abstrair os efeitos da luz no dia distribuídos no espaço tridimensional que está no projeto. Assim sendo, ferramentas e técnicas podem ser usadas para facilitar a compreensão dos fenômenos envolvidos, dentre as quais a simulação computacional.

Essa forma de tecnologia traz consigo uma série de recursos e possibilidades que permite a avaliação da luz natural quando há necessidade de análises que envolvam grande quantidade de dados de saída. De acordo com Reinhart (2010), para uma análise rigorosa de resultados de simulações computacionais de um determinado projeto faz-se necessário: estimar a quantidade física de luz e calor disponível no edifício, converter os resultados em medidas de desempenho e interpretar as medidas de desempenho para tomar uma decisão de projeto.

Entende-se que os efeitos do posicionamento de uma obstrução em espaços urbanos adensados ainda podem ser mais bem estudados, sobretudo no que se refere ao conforto luminoso.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência de dois parâmetros no desempenho da iluminação natural: o ângulo formado entre as fachadas de uma sala de estudo e da obstrução e a refletância da superfície externa dessa obstrução.

1.1 A influência da luz refletida na iluminação interna dos ambientes

A interferência da luz refletida pelas superfícies das fachadas como fonte de iluminação para ambientes internos tem motivado muitas pesquisas que avaliam a disponibilidade de luz natural que tal elemento pode causar. Isso pode ser encontrado em Araújo (2006), Santos (2007) e Jakubiec e Reinhart (2010) quando investigaram as interposições nas condições lumínicas internas alteradas de acordo com as características da malha urbana como a altura das edificações obstruídas, a largura das vias, os cânions urbanos ou até mesmo a geometria das fachadas.

Alguns autores elegem a reflexão do entorno no ambiente construído como uma importante fonte de luz natural, principalmente em regiões onde o sol está frequentemente desobstruído. Tregenza (1995) descreveu os procedimentos teóricos que caracterizam o cálculo da componente refletida no solo e na iluminação média no plano de trabalho, baseando-se na iluminância solar normal e na iluminância externa horizontal difusa.



Cabús (2002b) indicou que a contribuição da luz refletida no solo para a iluminação natural no ambiente interno varia de 10% a 40%, com os valores mais altos ocorrendo quando há luz solar direta no piso. Hopkinson e Petherbridge (1953) destacaram a influência do solo como uma importante fonte de luz natural.

Leder (2007), por sua vez, obteve, utilizando medições *in loco* em ambientes urbanos, um coeficiente de reflexão médio para o recorte urbano de 44%, indicando que os valores de 20% inicialmente propostos em modelos simplificados podem subestimar a contribuição do entorno.

1.2 A simulação computacional da luz natural no projeto arquitetônico

Segundo Mendes et al (2001), o uso de modelos computadorizados para predição tem se tornado essencial na área de projeto de edifícios em suas diversas fases, onde são empregados para auxiliar as decisões relativas ao projeto, a execução e a manutenção do edifício.

O projeto de arquitetura é beneficiado com a técnica de simulação da iluminação natural, com a qual é possível gerar imagens de espaços que ainda não foram construídos. Podem-se avaliar, previamente, as condições de conforto visual computando os diversos níveis de iluminação em diferentes pontos do ambiente.

Sabe-se que durante a elaboração do projeto arquitetônico, uma das considerações importantes a ser levada em consideração diz respeito aos efeitos da luz natural no ambiente. Predições dos níveis de luz natural no interior do espaço arquitetônico são sujeitas ao compromisso entre a precisão e a complexidade dos números (TSANGRASSOULIS e SANTAMOURIS, 1997).

Entende-se que integrar uma ferramenta de simulação computacional ao processo de projeto arquitetônico nem sempre é uma tarefa simples, pois o arquiteto precisa obter respostas imediatas que atendam ao processo de espacialização das ideias adotadas ainda durante a elaboração do estudo preliminar.

A simulação da luz natural tem como principais dados de entrada:

- a geometria do modelo, as informações sobre o observador e a câmera sintética;
- as fontes luminosas;
- as propriedades ópticas dos materiais;
- as informações sobre obstruções do entorno.

O processo da simulação deve estar inserido nas etapas iniciais do projeto que, no caso da simulação da luz natural, é a definição de onde se obtém os dados geométricos, as informações de materiais dos componentes da obra, os dados geográficos para construir o modelo 3D e o processamento da simulação para analisar se as soluções adotadas estão de acordo com os parâmetros estabelecidos no programa de necessidades.

Ajustes podem ser adotados com novas entradas de dados e, então, processados novamente até que a solução satisfaça os objetivos pretendidos. Caso necessário, volta-se ao processo de elaboração do projeto já em fase do anteprojeto e, portanto, elaborado com um grau de certeza maior para, assim, seguir para uma fase seguinte do projeto.

1.3 A ferramenta de simulação computacional TropLux

Segundo Cabús (2005), os programas disponíveis nem sempre realizavam a simulação de forma adequada aos trópicos, quer pela limitação nos padrões de distribuição de luminâncias do céu, ou pela dificuldade em simular geometrias complexas, característica da arquitetura tropical na tentativa de se proteger da radiação solar.



O TropLux é baseado em três conceitos fundamentais: o método Monte Carlo, o método do raio traçado e o conceito de coeficientes de luz natural. O método Monte Carlo (TREGENZA, 1983) trata da abordagem estatística para solucionar integrais múltiplas. Este método obtém soluções aproximadas ao utilizar números randômicos para converter um problema determinístico em um estocástico, 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 (CABÚS, 2005).

A técnica do raio traçado (WARD; RUBINSTEIN, 1988) segue o caminho de um raio entre superfícies, sua principal vantagem consiste na possibilidade em dar soluções teóricas simples para geometrias complexas.

Os coeficientes de luz natural (TREGENZA; WATERS, 1983) relacionam a iluminância em uma determinada superfície, a partir de uma dada subdivisão do céu, e a iluminância normal em um plano desobstruído, a partir desta mesma subdivisão.

Para este cálculo, o TropLux adota dois tipos de subdivisões do céu: para o cálculo da componente refletida, é usada a subdivisão proposta pela CIE (COMMISSION..., 2002), em 145 partes; para o cálculo da componente direta, usa uma subdivisão com 5221 partes, a fim de melhorar a precisão dos resultados em função do tamanho angular do sol.

Para a realização da simulação da distribuição da luz natural em um ambiente, são necessários dados de entrada como: geometria da sala, planos, janelas e características dos materiais, além da localização geográfica. O programa ainda permite o processamento de superfícies difusas, especulares e mistas, bem como opacas, transparentes e translúcidas.

2 Método

O conjunto de métodos para a obtenção dos resultados foi composto pelas seguintes etapas: modelagem computacional de cenários urbanos com as obstruções posicionadas de acordo com os ângulos definidos para este estudo; simulação computacional da iluminância e uniformidade da sala de estudo e análise dos resultados.

O procedimento metodológico foi dividido em quatro etapas:

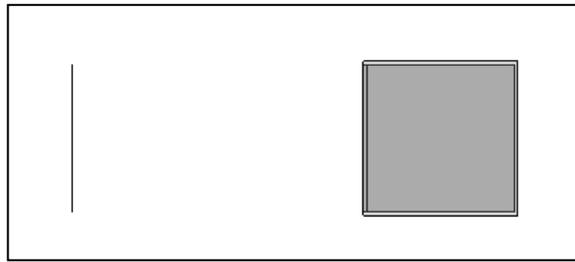
2.1 Recorte Urbano

O recorte urbano escolhido para este estudo foi a cidade de Maceió, localizada a 9°40' de latitude Sul, longitude 35°44' O e altitude de 65m (INMET, 2010). Caracterizada por elevada temperatura média do ar e alta umidade relativa, seu clima quente e úmido oferece radiação solar intensa durante todo o ano. O céu parcialmente nublado é o mais comum em Maceió, com um total de ocorrências observadas de 61,8%. O céu encoberto e o céu claro vêm em seguida com 25,8% e 12,4% respectivamente (CABÚS, 2002a).

2.2 Caracterização dos Cenários

Foi projetado um cenário urbano hipotético, seguindo o limite imposto pelo Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió (MACEIÓ, 2007), recorrente na parte baixa da cidade. Seguiu-se a relação entre a largura da via de 12m e edifícios com altura de 24m, que permitem oito pavimentos. Uma visão de topo do projeto pode ser vista na Figura 1. Nesse caso, a obstrução encontra-se paralela à sala de estudo, ou seja, o ângulo entre essas estruturas é 0°.

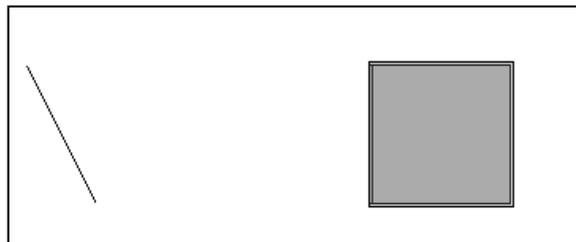
Figura 1: Visão de topo do modelo do cenário hipotético com obstrução 0°



Fonte: Autores

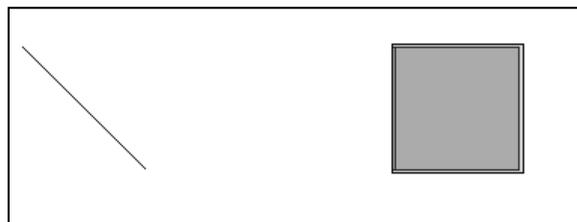
Na Figura 2 e na Figura 3 podem ser vistos os cenários com aumento dos ângulos da obstrução em relação à sala de estudo, sendo de 22,5° e 45°, respectivamente.

Figura 2: Visão de topo do modelo do cenário hipotético com obstrução 22,5°



Fonte: Autores

Figura 3: Visão de topo do modelo do cenário hipotético com obstrução 45°



Fonte: Autores

2.3 Simulação Computacional

Para a realização das simulações computacionais, utilizou-se o programa TropLux 7 (CABÚS, 2005). Esse *software* 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. É importante salientar que o *software* TropLux já foi anteriormente validado por Cabús (2002a), e sua eficácia atestada nos diversos trabalhos acadêmicos em que foi utilizado, visto que as novas funções não o modificam, mas complementam um caso particular.

Ainda em Cabús (2005) está exposto que o TropLux atende aos requisitos exigidos na normativa nacional para simulação da iluminação nacional, mais precisamente a NBR 15215 (ABNT, 2004) na parte 3, que trata de métodos de cálculo de forma mais sintética. O *software* processa materiais difusos, especulares e mistos, tanto opacos quanto transparentes.



O TropLux faz simulação dinâmica utilizando arquivos climáticos para definir estatisticamente a modelagem de céus a partir de escolhas entre os céus padrão CIE.

Foi adotada uma margem de erro estatístico de 5%, que é calculado para a componente refletida integralizada para toda a abóbada celeste. Assim, a subdivisão do céu detalhada é processada, tornando o cálculo da iluminância mais preciso.

2.4 Parâmetros da Simulação Computacional

Para os cenários hipotéticos projetados, os parâmetros da sala do estudo foram configurados com dimensões de 6m x 6m x 3m, área de 36m² e pé-direito de 3m. As refletâncias internas foram: no piso: 0,3, nas paredes: 0,6 e no teto: 0,7. As refletâncias externas da sala foram de 0,5 para planos verticais e de 0,2 para planos horizontais. A janela da sala de estudo tem dimensões de 6m x 1m, centralizada na parede. Foi utilizado o plano de trabalho a 0,75m de altura para o cálculo de iluminâncias (CABÚS, 2004).

Foram realizadas simulações de seis cenários possíveis combinando os parâmetros estabelecidos: fachada da obstrução com ângulo 0°, 22,5° e 45° em relação à da sala de estudo e refletância da superfície externa da obstrução de 0,5 e, posteriormente, os mesmos ângulos entre as fachadas, porém com refletância 0,8.

A malha de pontos da simulação computacional foi representada de acordo com a NBR ISO/CIE 8995. A distribuição e o número de pontos de medição foram realizados conforme determinação da NBR 15575 (ABNT, 2013). As simulações foram realizadas para todos os dias do ano das 8h às 16h, horário solar, e nas orientações norte, sul, leste e oeste.

A avaliação quantitativa da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno foi realizada através dos parâmetros de referência da Iluminância Útil de Luz Natural (IULN, propostas por Nabil e Mardaljevic (2005), com o menor valor do intervalo baseado na norma NBR 15575 (2013). Dessa forma, a iluminância adotada como parâmetro teve o valor dentro do intervalo $500 \text{ lx} \leq \text{IULN} < 3.000 \text{ lx}$.

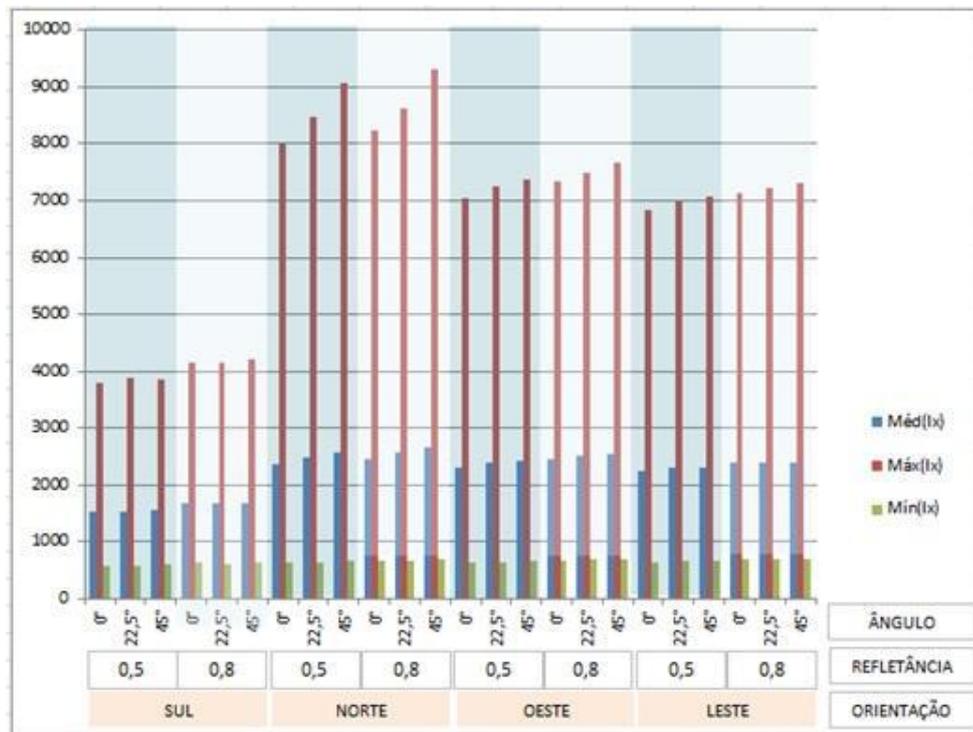
3 Análise dos Resultados

Foi realizada a análise quantitativa dos parâmetros estabelecidos para apreciação neste estudo e da avaliação estatística dos dados através de matriz de correlação.

3.1 Análise dos Parâmetros

Os resultados de iluminância são apresentados na Figura 4. No gráfico são mostradas iluminância média anual, máximos e mínimos para os casos estudados nas quatro orientações: norte, sul, leste, oeste, para os ângulos 0°, 22,5° e 45° entre a fachada da obstrução e a da sala de estudo e para as duas refletâncias da superfície externa da obstrução: 0,5 e 0,8. Verificou-se que a iluminância média anual manteve-se entre 1.500 lx e 2.650 lx, com máxima em torno de 9.100 lx e mínima aproximadamente em 550 lx.

Figura 4: Gráfico da iluminância média anual, máximo e mínimo para os casos estudados nas quatro orientações.



Fonte: Autores

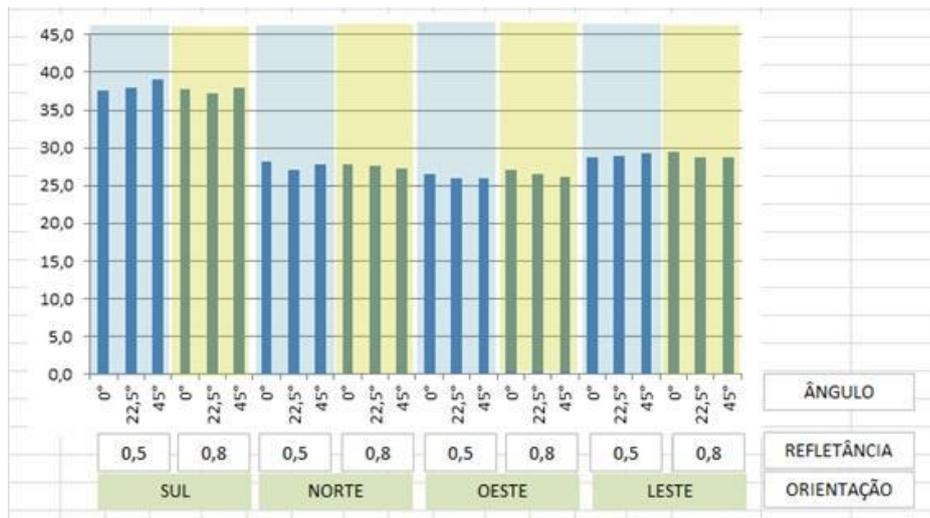
Vale ressaltar que os valores encontrados para iluminância foram para um ambiente sem a utilização de qualquer forma de protetor solar, já que não faz parte do escopo desta pesquisa.

Analisando o parâmetro ângulo de fachada da obstrução pode-se constatar que não há influência significativa no desempenho luminoso do ambiente estudado. Mesmo na orientação mais sensível, a norte, a variação é menor que 10%. Na orientação sul não há variação. Isso ocorre devido à geometria solar na cidade estudada que recebe insolação na fachada norte em ângulos solares mais baixos. É possível que estudos colocando a obstrução mais próxima ou com maior altura essa influência seja mais destacada.

Ao estudar a influência da refletância da obstrução observou-se que não foi muito significativa e que teve maior diferença, em torno de 10%, para a orientação sul. Semelhante à análise para o parâmetro anterior, é admissível que uma ampliação nas faixas estudadas possa ressaltar essa interferência.

Os resultados para uniformidade da iluminância são apresentados na Figura 5. Verifica-se uma variação não significativa de valores com relação à diferença de refletância da obstrução de 0,5 para 0,8. Não se observou diferença expressiva na uniformidade em nenhum dos cenários simulados para o ângulo de obstrução. No entanto pode-se perceber a influência da orientação nos dados estudados. A orientação sul apresentou melhor uniformidade de iluminâncias que as demais orientações.

Figura 5: Gráfico da uniformidade



Fonte: Autores

3.2 Análise Estatística

A matriz de correlações foi utilizada para realizar a análise estatística dos dados históricos dos diversos aspectos estudados, identificando visualmente as variáveis envolvidas no estudo que se relacionam entre si, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz de correlação para o conjunto de dados

	Ângulo(°)	Orientação(°)	E Média	E Máxima	E Mínima	Refletância	Uniformidade
Ângulo(°)	1,00						
Orientação(°)	0,00	1,00					
E Média	0,10	0,69	1,00				
E Máxima	0,10	0,69	0,98	1,00			
E Mínima	0,24	0,66	0,84	0,74	1,00		
Refletância	0,00	0,00	0,16	0,08	0,50	1,00	
Uniformidade	-0,01	-0,63	-0,96	-0,92	-0,75	-0,01	1,00

Fonte: Autores

Algumas conclusões puderam ser tomadas a partir da análise da correlação entre variáveis para o conjunto de dados completos. Observou-se que as correlações obtidas entre o ângulo, que poderia ser 0°, 22,5° e 45°, e as demais variáveis analisadas foram positivas, indicando que com o aumento do ângulo também houve aumento na iluminância. A única exceção foi para a uniformidade, indicando um comportamento inversamente proporcional, entretanto, o valor foi de -0,01, considerado pouco expressivo.

As correlações obtidas para o aspecto orientação chegaram ao máximo de 0,69 entre a iluminância média anual e a iluminância máxima, indicando um discreto aumento na iluminância média anual nas orientações norte, oeste e leste, e um aumento mais acentuado da iluminância máxima nessas mesmas direções.

Já a correlação entre orientação e uniformidade foi negativa, indicando que nas orientações norte, oeste e leste a uniformidade diminuiu, sendo maior a sul. Essas últimas análises reafirmaram o que já havia sido observado nos gráficos de iluminância média anual, máximos e mínimos e de uniformidade.

4 Conclusão

O estudo apresentado investigou a influência que os parâmetros variação do ângulo entre a fachada da obstrução e a de uma sala de estudo e a refletância da superfície externa da obstrução têm na iluminância média anual e na uniformidade num cenário hipotético na cidade de Maceió. Os resultados foram obtidos a partir da simulação computacional realizada no *software* TropLux 7.

A análise paramétrica e estatística dos dados revelou que não houve diferença significativa nos valores de iluminância para os cenários propostos para os parâmetros estudados, isto é, a variação dos valores foi pouco representativa quando há a formação dos ângulos de 0°, 22,5° e 45° entre a fachada da obstrução e a da sala de estudo e quando a refletância da superfície externa da obstrução varia de 0,5 para 0,8, para as quatro orientações: norte, sul, leste e oeste.

Pode-se inferir que a pouca influência se deveu à não variação do fator de visão de céu, sendo o valor do fator de céu ponderado de cerca de 1,4% para todos os cenários simulados.

A análise da uniformidade da iluminância manteve-se coerente com o já exposto, sendo as variações nos parâmetros estudados em torno de 2%. No entanto, quando se observa separadamente a influência da orientação, pode-se afirmar que orientação sul apresentou melhor uniformidade de iluminâncias que as demais orientações nos ambientes pesquisados.

Apesar dos resultados com poucas variações quantitativas, o estudo mostrou-se válido como metodologia capaz de avaliar a iluminância em ambientes internos, simulando cenários factíveis e avaliando o conforto luminoso que deve ser preservado diante das possibilidades de intervenção do entorno construído.

5 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Alagoas – FAPEAL.

6 Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3**: Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR ISO 8995-1**: Iluminação de ambientes internos de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ARAÚJO, I. A. L. de. **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido**. 2006. Dissertação (Mestrado em arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Maceió, 2006.

CABÚS, Ricardo C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**. 2002. 288p. Tese (Doutorado em arquitetura) – University of Sheffield, Sheffield, 2002a.

_____. The influence of ground-reflected light in tropical daylighting. In: PLEA, 2002, Toulouse. **Proceedings [...]**. Toulouse: PLEA, 2002b.

_____. **Validação do programa TropLux**. In: Encontro Nacional sobre Conforto do Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió; Encontro Latino-Americano sobre Conforto do Ambiente Construído, 4., 2005, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 250-259.

CINTRA, M. S. **Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais**. 2011. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília, 2011.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **CIE DS 011.2/E:2002**: spatial distribution of daylight: CIE standard general sky. Vienna, 2002.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P. The natural lighting of buildings in sunny climates by sunlight reflected from the ground and from opposing facades. In: Conference on Tropical Architecture. London, 1953. **Proceedings [...]**. London: Organizing Committee, 1953. p. 63.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. (2010) **Dados climáticos das normais climatológicas para Maceió - 1961-1990**. <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 28 de julho de 2017.

JAKUBIEC, A.; REINHART, C. The use of glare metrics in the design of daylit spaces: recommendations for practice. In: 9th International Radiance Workshop, 2010, Freiburg. **Proceedings [...]**. Cambridge: Harvard Design School, 2010.

MENDES, Nathan; LAMBERTS, Roberto; CUNHA NETO, José A. B. Building simulation in Brazil. In: International IBPSA Conference, 7., 2001, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Florianópolis: Organizing Committee of Building Simulation '01, 2001. v. 1. p. 3-14.

LEDER, S. M. **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural**. 2007. 241p. Tese (Doutorado em engenharia civil) – UFSC, Florianópolis, 2007.

MACEIÓ. Prefeitura Municipal. **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió**. Maceió: Prefeitura Municipal, 2007.

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

REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim simulations for sustainable Design**. Cambridge: Harvard University Graduate School of Design, 2010.

SANTOS, C. M. L. **O projeto de iluminação para edifícios de escritórios: Influência das Variáveis Arquitetônicas no Comportamento da Luz natural e Conforto Visual**. 2007. Dissertação (Mestrado em arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

TREGENZA, P. The Monte Carlo method in lighting calculations. **Lighting, Research and Technology**, v. 15, p. 163-170, 1983.

_____. Mean daylight illuminance in rooms facing sunlit streets. **Building and Environment**, v. 30, p. 83-89, 1995.

TREGENZA, P.; WATERS, I. Daylight coefficients. **Lighting, Research and Technology**, v. 15, p. 62-71, 1983.

TSANGRASSOULIS, Aris.; SANTAMOURIS, Mat. **Daylight Modelling with Passport-Light**. BPSA 1997.

WARD, G. J.; RUBINSTEIN, F. M. A new technique for computer simulation of illuminated spaces. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 17, p. 80-91, 1988.