



AUTONOMIA DA LUZ NATURAL EM UM RECORTE URBANO EM JOÃO PESSOA – PB.

Lilianne de Queiroz Leal (1); Guilherme Nóbrega de Castro (2); Solange Maria Leder (3)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
liliannequeiroz@hotmail.com

(2) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
gnobrega16@hotmail.com

(3) Dr^a, Professora do Departamento de Arquitetura, solangeleder@yahoo.com.br
Universidade Federal de Paraíba, Departamento de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental,
Campus Universitário I, João Pessoa-PB, 58051-900, Tel.: (83) 3216 7119

RESUMO

A iluminação é essencial para percepção do ambiente. A fonte natural tem vantagens em relação à artificial, como economia de energia, dinamicidade, senso de espacialidade e melhor Índice de Reprodução das Cores (IRC). Além da luz direta do Sol e difusa da abóbada celeste, o entorno edificado ou natural é considerado uma fonte de luz natural, devido a reflexão proporcionada pelos edifícios e seus componentes e pela vegetação. Com a finalidade de estudar a influência do entorno edificado na disponibilidade de luz natural em um ambiente interno, este trabalho utilizou a ferramenta computacional *Daysim* para verificar o comportamento da luz natural em um recorte urbano na cidade de João Pessoa – PB. Foram simuladas 14 condições para um ambiente, com diferentes parâmetros: três cenários de ocupação (sem entorno, entorno atual e entorno de ocupação máxima), três valores de refletividade das fachadas do entorno (30%, 60% e 90%) e dois valores de refletividade do piso (0% e 30%). Foram percebidas diferenças na disponibilidade da luz natural devido a cada um dos parâmetros analisados, com diferentes níveis de influência, além de resultados iguais em condições opostas.

Palavras-chave: iluminação natural, simulação computacional.

ABSTRACT

Light is essential to perceive the environment. The natural source has advantages over artificial one, like energy saving, dynamism, sense of spaciousness and better Color Rendering Index (CRI). Beside direct sunlight and diffuse skylight, there is also the sunlight reflected by man-made and natural surfaces as a source of daylight. To verify the influence of the man-made surfaces on the daylight's availability, the software *Daysim* was used to simulate the natural light on an internal room on an urban neighborhood of João Pessoa – Paraíba – Brazil. There were realized 14 simulations for this internal room by parametric approach: three urban densities (without surroundings scenario, real scenario, and maximum surrounding scenario), three man-made surfaces reflectivity (30%, 60 and 90%) and two internal floor reflectivity (0% and 30%). There were noticed differences in the availability of natural light due to each of the measured parameters, with varying degrees of influence, in addition to same results in opposite conditions.

Keywords: daylighting, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

A fonte de luz natural penetra efetivamente no ambiente interno através das fenestрации. O seu aproveitamento varia de acordo com a radiação solar direta, a luz proveniente da abóbada celeste, das reflexões de obstruções externas e superfícies internas. Diante de inúmeras variáveis – seja a forma dos edifícios, o tamanho das aberturas, as superfícies externas e internas – a luz natural nos interiores apresenta comportamentos distintos. Responsáveis pela distribuição da luz, tais parâmetros geram desde zonas pouco iluminadas, que necessitam de fontes artificiais para complementação, a zonas excessivamente iluminadas, a ponto de gerar sobrecarga térmica e comprometer o conforto visual.

A componente refletida é considerada uma importante variável, evidenciando a grande influência do entorno edificado nos cálculos de iluminação natural. Muitas investigações comprovam a eficiência da luz refletida pelo entorno. Tregenza (1995) avalia, por meio de cálculo, a influência da reflexão do solo na iluminação média em planos de trabalho, comprovando assim sua validação como fonte auxiliar para iluminação dos ambientes internos. Cabús *et al* (2005) aponta que estudos desta natureza contribuem com ganhos de 10% a 40%, sendo os valores mais altos sob condição de luz solar direta que incide diretamente no piso.

Sob esta ótica, Araújo (2006) relaciona a influência do ângulo de obstrução vertical e da iluminância do ambiente, resultantes em valores diretamente proporcionais, especificamente para regiões localizadas no trópico úmido. Do mesmo modo, Brandão & Alucci (2005) relatam que a obstrução do entorno exerce influência significativa no consumo de energia com fontes artificiais, alcançando uma redução em 31% do consumo total. Estudo similar foi desenvolvido por Laranja (2010), cuja abordagem relacionou os gabaritos dos edifícios em ambiente urbano com a perda da disponibilidade de luz natural. O parâmetro avalia o quanto a interferência dos edifícios, visto como elemento de obstrução, altera o desempenho lumínico dos ambientes internos. Para a cidade de Vitória, recorte espacial da análise, verificaram-se alterações anuais de iluminância útil à medida que se alteravam de alturas das edificações do entorno, acarretando em reduções expressivas para obstruções superiores a 20m. Por outro lado, é possível averiguar a contribuição das obstruções para iluminação de ambientes internos, quando inseridos em cenário com alto coeficiente de reflexão, presumindo assim atingir níveis de iluminação satisfatórios.

Como instrumento para análise da iluminação natural, vem-se utilizando a simulação de modelos computacionais, de modo a gerar grande quantidade de dados em um curto período de tempo. Neste sentido, a definição de um modelo confiável é primordial, uma vez que representa fielmente situação real. Aliado à ferramenta computacional, a utilização de métodos eficazes de avaliação de desempenho da luz natural é cada vez mais procurada, validando resultados mais consistentes. Com efeito, pesquisas tem objetivado desenvolver métricas dinâmicas para avaliação da iluminação natural. Este termo é utilizado por se tratarem de parâmetros para análise da iluminação natural em períodos relativamente grandes, como semanas, meses ou ano. Dentre as métricas em questão, destaca-se Autonomia da Luz Natural (ALN) (*Daylight Autonomy* – DA) (REINHART & WALKENHORST, 2001). Tal medida é conceituada como percentual em horas (do ambiente ocupado) em que o nível de iluminância mínimo exigido é atingido no período de um ano. No Brasil, a NBR 5413 (ABNT, 1992) atribui valores mínimos, médios e máximos de iluminância de acordo com o tipo de ambiente e a atividade a ser desenvolvida. Utiliza-se a referência do plano de trabalho como “superfície” que deve apresentar o nível de iluminação natural suficiente em um espaço, de modo a atender as necessidades visuais do usuário.

Sendo assim, com a finalidade de estudar a relação entre as edificações obstruidoras associadas ao ganho lumínico, o presente artigo aborda a influência do entorno construído com diferentes coeficientes de reflexão na iluminação natural em ambientes internos, a partir de um estudo de caso em recorte urbano localizado na cidade de João Pessoa – PB.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar a influência de cenários e dos coeficientes de reflexão das fachadas externas e dos pisos internos no comportamento e na disponibilidade da iluminação natural em ambientes inseridos pavimentos intermediários localizados em cenário urbano no bairro de Manaíra, João Pessoa – PB.

3. MÉTODO

Para atingir o objetivo do trabalho, a verificação da influência de variáveis externas e internas na iluminação de ambientes internos foi realizada através da ferramenta computacional de simulação dinâmica da iluminação natural *Daysim* (versão 3.1b (beta)), que se baseia na combinação do método de cálculo

Raytracing do programa *Radiance* com um coeficiente de luz natural e o modelo de céu de Perez *et al.* (1993). Desenvolvido pelo *National Research Council Canada* (NRCC) e o *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* da Alemanha, o programa possibilita analisar o comportamento dinâmico da luz natural em modelos tridimensionais para o período de um ano. O procedimento foi dividido em três etapas principais:

1. Definição dos cenários a partir da caracterização do bairro de Manaíra;
2. Definição do edifício e ambiente de análise;
3. Simulação dos modelos;
4. Análise da Autonomia da Luz Natural (ALN) através da comparação dos resultados das simulações.

3.1. Caracterização dos cenários

O universo da pesquisa é delimitado por recorte urbano situado no bairro de Manaíra, área litorânea da cidade de João Pessoa, cujas coordenadas correspondem a 7° 6' de Latitude Sul e 34° 50' de Longitude Oeste. A escolha do bairro se deu em função de seu caráter adensado, marcado como uma das áreas mais verticalizadas do município. O bairro apresenta o traçado com ruas paralelas e perpendiculares a orla marítima com uma rotação de -45° em relação ao eixo Norte-Sul (Figura 1).



Figura 1 – Bairro de Manaíra. Em destaque, recorte base para os modelos virtuais (GOOGLE MAPS, 2013).

A tipologia de entorno foi construída de acordo com a identificação de frequências de valores de variáveis construtivas presentes no bairro a partir das considerações feitas por Martins (2013). Dessa forma, foi selecionado um recorte que representa o bairro para servir de base para os modelos virtuais (Figura 12).

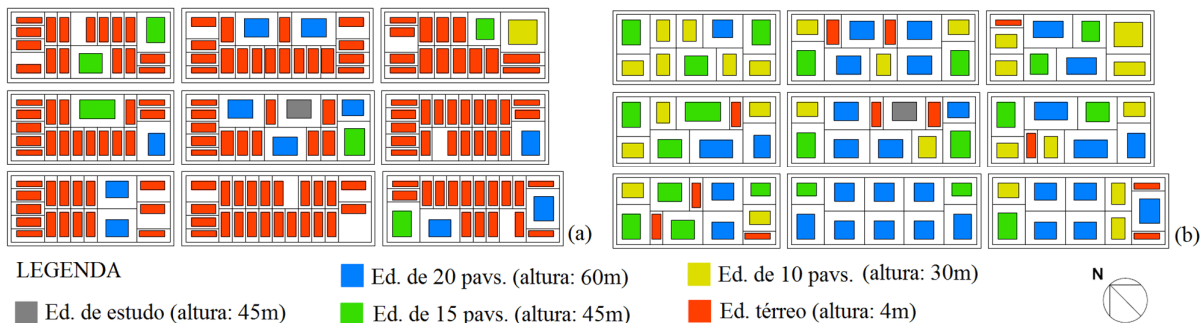


Figura 2 – Plantas baixas dos cenários de simulação. Cenário de ocupação atual (a) e cenário de ocupação máxima (b).

No cenário sem entorno, foram modelados apenas a edificação e o ambiente em estudo. Já o cenário atual seguiu a mesma configuração dos edifícios existentes, acompanhado da mesma localização da tipologia de edifício de análise presente na quadra central. Com base no cenário atual, foi modelado o cenário de ocupação máxima, substituindo-se a maior quantidade possível de edificações térreas por edifícios multipavimentos (Figuras 2, 3 e 4). Estas edificações foram desenvolvidas segundo o limite de aproveitamento do solo permitido e do índice de ocupação em sua totalidade, em conformidade com a legislação. Todos os modelos foram construídos no programa Sketchup v8.0, seguindo as características anteriormente descritas.

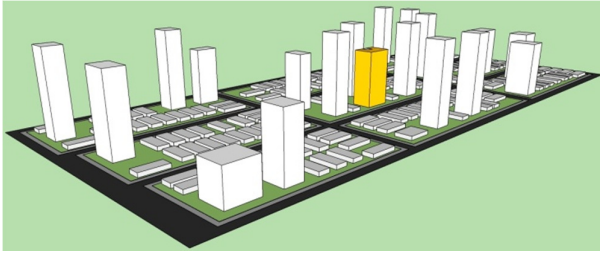


Figura 3 – Vista nordeste do modelo virtual do cenário de ocupação atual. Em destaque, o edifício de estudo.

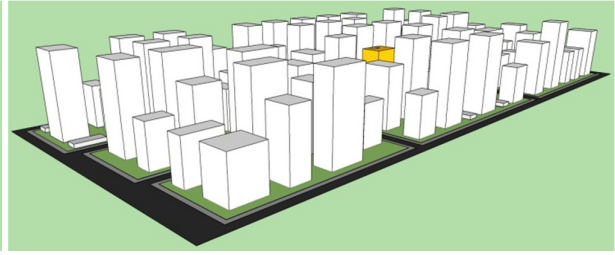


Figura 4 – Vista nordeste do modelo virtual do cenário de ocupação máxima. Em destaque, o edifício de estudo.

Além do tipo de cenário, também foi adotado como parâmetro a variação da refletividade das superfícies verticais das edificações do entorno, atribuindo coeficientes de 30%, 60% e 90%, correspondentes a valores de refletância de fachadas de cores escuras, médias e claras, respectivamente.

3.2. Definição do edifício e ambiente de análise

A tipologia de análise foi definida por um edifício, cuja representação serviu de parâmetro fixo para todas as simulações. Para investigação, foi considerado apenas um ambiente situado no pavimento intermediário (8º) em um edifício com 15 andares, cuja abertura apresenta orientação Sudeste, por ser mais favorável na região decorrente da predominância dos ventos.

O edifício apresenta a forma retangular com 22 m de largura e 15 m de profundidade. No centro do edifício, está inserido o ambiente com a geometria retangular: 6,50 m de largura, 5,50 m de profundidade, área de 35,75 m² e 2,80 m de altura. Há uma abertura frontal de 5,50 m de largura e 1,20 m de altura e área de 6,6 m². A relação entre área de abertura e a área de piso é de aproximadamente 18,5%. Neste espaço, foi distribuída uma malha de sensores para medição dos valores de iluminância, elaborada de acordo com a NBR 15215-4 (ABNT, 2005), com 30 pontos de medição da iluminância à altura do plano de trabalho, 0,75m (Figura 5).

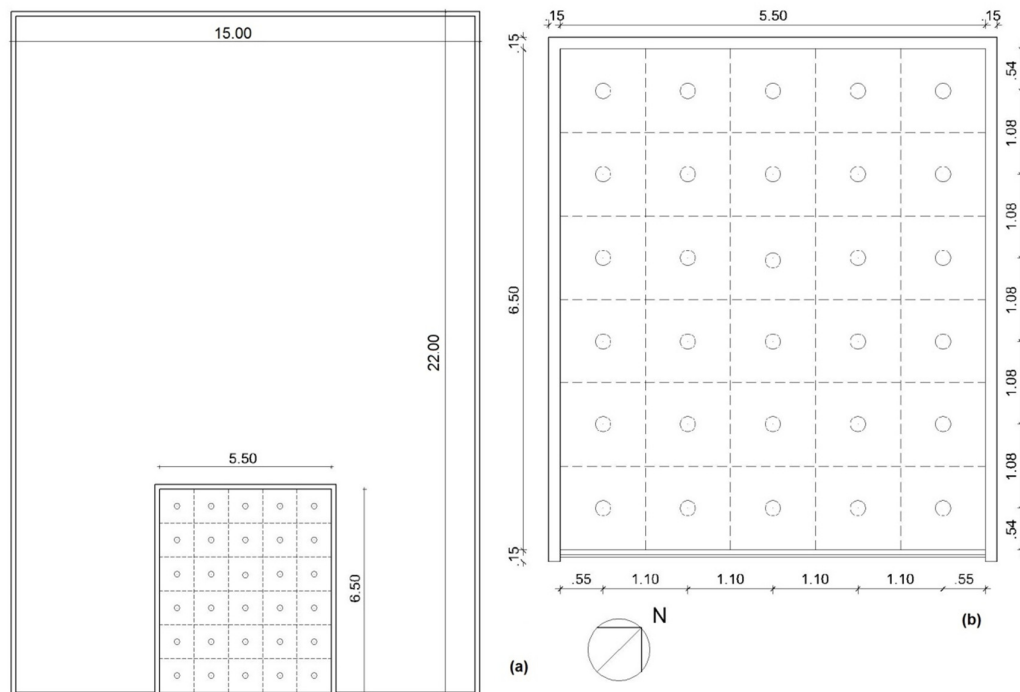


Figura 5 – Planta baixa do edifício (a) e planta baixa do ambiente estudado (b).

3.3. Simulação computacional

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado como ferramenta de simulação, o *software Daysim*, implementado a partir de algoritmos do *Radiance*. Validado pelo *National Research Council Canada*

(NRCC) para análise da iluminação natural, o *software* proporciona a simulação dinâmica da luz natural para o período de um ano, considerando condições reais de disponibilidade de luz natural.

Para o processamento das simulações, é necessário alguns dados/arquivos de entrada: o arquivo climático anual de 8.760 horas (TRY – *Test Reference Year* – em formato *.epw* ou *.wea*), modelo virtual do ambiente (formato *.3ds*), malha de sensores de iluminância (formato *.pts*) e o perfil de ocupação (formato *.occ*).

Foi utilizado o TRY da cidade de João Pessoa, disponível no *site* do LabEEE da UFSC <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Os modelos virtuais foram definidos a partir da combinação de quatro parâmetros: o cenário urbano, a refletância das paredes do entorno e a refletância do piso interno de um ambiente localizado no pavimento intermediário (8º) inserido numa edificação vertical com 15 andares. A quantidade de modelos para o cenário sem entorno foi definida a partir dos valores de refletância de 0% e 30% do piso interior, já para os cenários de ocupação atual e ocupação máxima, há a combinação dos valores de 30%, 60% e 90% de refletância das paredes exteriores com os valores de 0% e 30% de refletância do piso interior, resultado em um total de 14 modelos. A Figura 6 esquematiza os parâmetros de análise e a nomenclatura utilizada para cada situação a partir do cruzamento das variáveis.



Figura 6 – Esquema de parâmetros de análise.

O perfil de ocupação, que apresenta o período de ocupação para todo o ano, foi configurado para o horário entre 6h e 17h, no qual há disponibilidade da luz natural na cidade de João Pessoa. As características de reflexão das superfícies dos modelos foram configuradas seguindo as características recomendadas por Lam (1986) e por Reinhart (2010), que estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das superfícies utilizadas na simulação computacional.

Superfícies – materiais de acabamento	Características
Rua – asfalto	18% de refletância
Calçadas e pisos exteriores – cimento	27% de refletância
Paredes exteriores – pintura sem brilho	30% – 60% – 90% de refletância
Piso interior – cerâmica sem brilho	0% – 30% de refletância
Paredes interiores – pintura sem brilho	58% de refletância
Teto interior – pintura sem brilho	84% de refletância
Vidro 3 mm simples transparente	90% de transmissão luminosa

A análise dos resultados foi efetuada em duas etapas: a primeira destinada à apreciação dos modelos quanto ao desempenho da iluminação natural, representado pelos dados de Autonomia da Luz Natural (ALN) e a segunda com o diagnóstico do percentual de área iluminada e influência do tipo de cenário e das refletâncias do entorno e do piso do ambiente em cada modelo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa por meio de gráficos comparativos entre os modelos e curvas isolinhas da distribuição de percentual de Autonomia da Luz Natural (ALN) no período de um ano. Nas primeiras apreciações dos resultados, constatou-se que todos os ambientes registraram área iluminada superior a 50% da área total do ambiente, com ALN acima a 50%, sendo considerados espaços bem iluminados naturalmente, segundo recomendações de Reinhart (2006) e Reinhart (2011).

Quanto aos valores de ALN (0 – 100%), observaram-se similaridades entre os percentuais dos grupos de pontos dispostos em linhas paralelas a janela. Diante disto, a análise ficou restrita a média dos percentuais de ALN presentes em cada linha, reduzindo os dados presentes nos 30 (trinta) pontos de cada modelo para apenas 6 (seis).

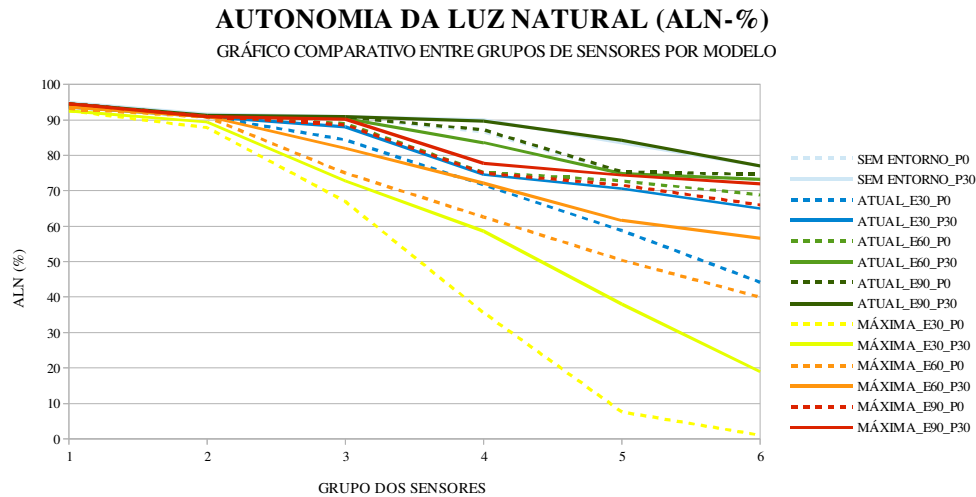


Figura 7 – Gráfico comparativo da Autonomia da Luz Natural (ALN%) entre grupos de sensores por modelo.

Inicialmente, apresenta-se o panorama dos resultados obtidos com as simulações em forma de gráfico de linhas, no qual se verifica o comportamento da Autonomia da Luz Natural (ALN) em cada grupo de sensores por modelo (Figura 7). Pode-se perceber que no grupo de pontos localizados próximos a janela, são registrados valores da ALN entre 93 e 95% e, a partir do segundo grupo, a autonomia começa a diferenciar, principalmente nos cenários de ocupação máxima com baixa refletividade nas fachadas (MÁXIMA_E30_P0 e MÁXIMA_E30_P30). Para estes modelos, à medida que os sensores se distanciam da abertura, os valores de autonomia reduzem consideravelmente para percentuais abaixo de 20%. Destacados como os modelos com maior redução na métrica em questão, fica evidenciada a influência decorrente do grau de obstruções presente neste cenário aliada a pouca reflexão da componente externa (CRE) (Figura 8 – a).

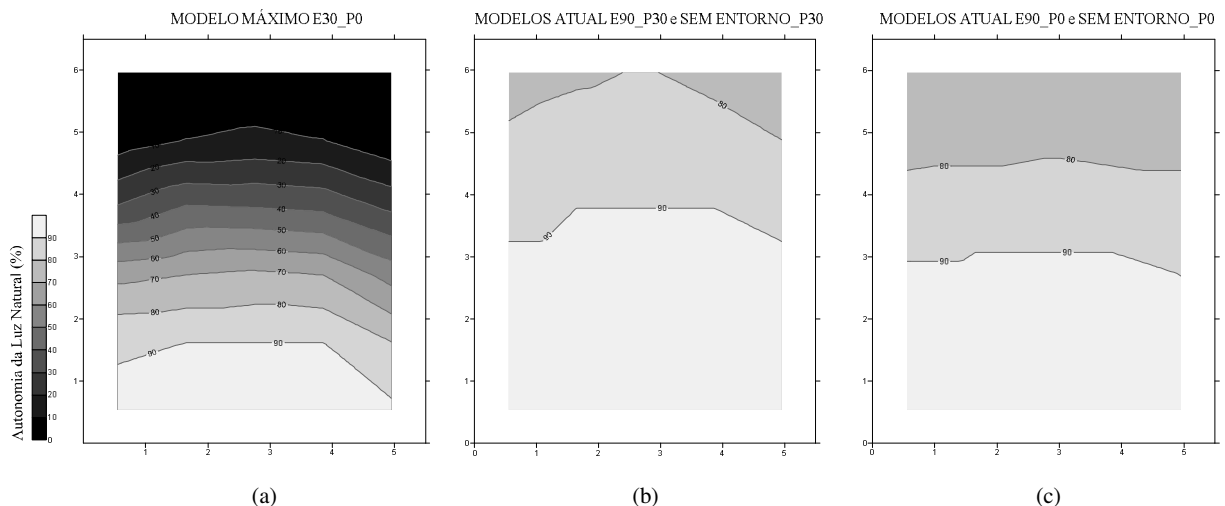


Figura 8 – Distribuição de Autonomia da Luz Natural: Modelo com menor percentual de ALN (a) e modelos com comportamentos semelhantes (b) (c).

Diferente da situação anterior, no caso do modelo atual, o coeficiente de reflexão máximo das fachadas é o fator mais representativo, sendo, neste caso, primordial a influência da componente externa. Isto pode ser percebido, comparando-se os resultados de maiores valores da ALN, visto que alguns modelos apresentaram similaridades, a exemplo do cenário atual com entorno de refletância alta (ATUAL_E90_P30) e o cenário sem interferência do entorno (SEM ENTORNO_P30).

Do mesmo modo, sucede nos modelos ATUAL_E90_P0 e SEM ENTORNO_P0. O que distingue os resultados nos modelos de mesmo cenário (ATUAL E SEM ENTORNO) é a reflexão do piso (P0 e P30), comprovando assim a influência da componente interna, principalmente nos sensores mais afastados da abertura. Nos gráficos de curvas isolinhas com amplitude de 10% (Figura 8), estão representados os modelos com maior e menor percentual de área iluminada.

No cenário sem entorno, percebe-se pouca interferência da reflexão do piso nos percentuais da ALN. Nos primeiros sensores o comportamento é similar, diferindo apenas do quarto grupo em diante, com uma diferença de 10%. Em todo o ambiente, ambos registram autonomia entre 75 e 95%, valores considerados expressivos (Figura 9). Já no cenário atual, as diferenças da ALN começam a surgir no grupo de sensor da 4ª linha com margem entre 70 e 90% do ano com iluminâncias acima de 300 lux. Nos pontos localizados ao final do ambiente, os valores tendem a redução, passando a valores entre 45% e 75%. Dentre os modelos com comportamento similar, destacam os modelos ATUAL_E90_P0 e ATUAL_E60_P30 (Figura 10).

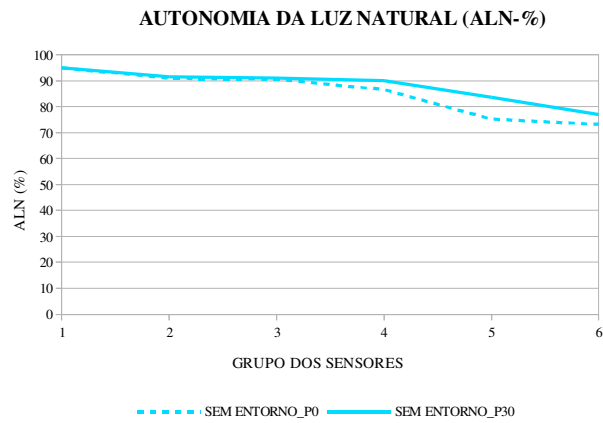


Figura 9 – ALN em modelos sem entorno.

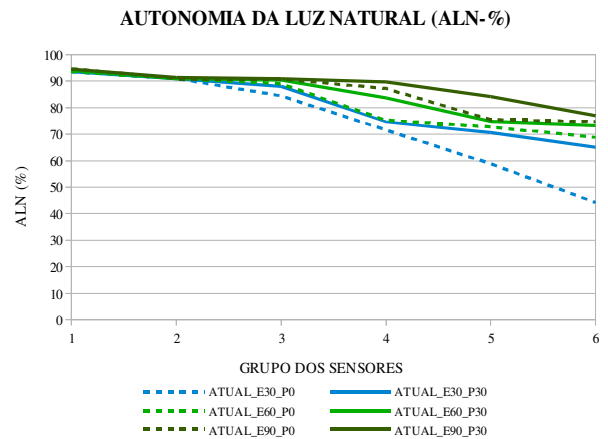


Figura 10 – ALN em modelos com cenário atual.

Quanto ao desempenho da luz natural nos cenários de ocupação máxima, percebe-se claramente a influência não apenas da componente externa, mas também da interna, visto que o parâmetro obstrução é semelhante em todos os modelos. Percebe-se, para os sensores mais distantes da janela, que a refletância do exterior tem uma relação inversamente proporcional com a influência da refletância do piso, ou seja, quanto maior a refletância do exterior, menor a influência da refletância do piso e vice-versa. Os modelos MÁXIMA_E30_P0 e MÁXIMA_E90_P30 são os que apresentam resultados extremos (Figura 11).

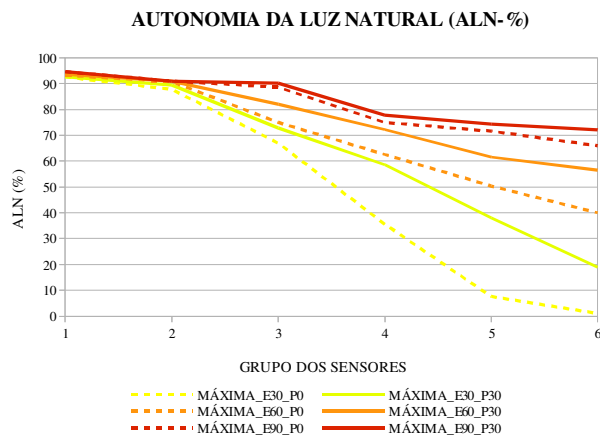


Figura 11 – ALN em modelos com cenário máximo.

Para o mesmo cenário, mantendo o parâmetro de reflexão de piso fixo (30%), também se confirma o potencial de aproveitamento da luz nas distribuições em curvas isolinhas (Figura 12). Mesmo inserido em cenário adensado e fortemente marcado pelas obstruções, o ambiente interno registra altos percentuais da ALN no entorno com coeficiente máximo com mais de 50% da sua área com ALN de 80% e, no cenário com baixa refletividade, há uma variação da ALN ao longo do espaço, atingindo desde percentuais elevados (em torno de 90%) nos primeiros sensores até valores baixos (em torno de 10%) nos últimos pontos de medição. Torna-se evidente que o ambiente externo pode contribuir na disponibilidade de iluminação, não apenas como fonte complementar, a ponto de reduzir os gastos em consumo de fontes artificiais, mas também proporcionando uma penetração mais profunda da iluminação natural.

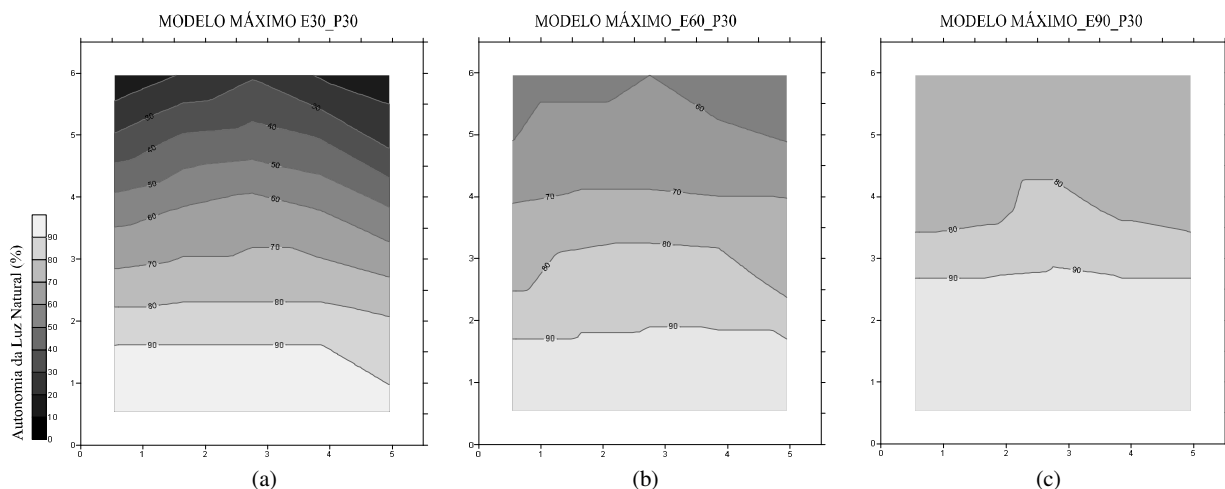


Figura 12 – Distribuição de ALN nos modelos cenário máximo com reflexão de entorno de 30% (a), 60% (b) e 90% (c).

5. CONCLUSÕES

Quanto à distribuição da iluminação natural, percebe-se que os sensores próximos à abertura apresentam valores semelhantes em todos os modelos simulados, porém, à medida que aumenta a distância entre a abertura e o sensor, principalmente, a partir da 3ª linha de sensores (2,70 m), os modelos com a abertura mais obstruída e com menores refletâncias das paredes exteriores e do piso interno registram menores níveis de iluminância. A partir deste mesmo ponto (2,70 m da abertura), percebe-se a influência de cada um dos critérios analisados: cenários, refletância das paredes exteriores, refletância do piso interno.

No que diz respeito aos diferentes cenários, fica evidente que o grau de obstrução da abertura por outros edifícios do entorno exerce grande influência na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Desta forma, para a análise das interferências de decisões projetuais na iluminação natural, como elementos de proteção solar, materiais e acabamentos, dimensionamento e orientação das aberturas, deve-se considerar o entorno do edifício projetado para que se prevejam condições reais.

Além do grau de obstrução provocado pelo entorno edificado, a refletividade dos materiais presentes nos cenários apresentam papel fundamental no ganho lumínico de um ambiente interno. Um entorno bastante obstruído não significa exatamente uma barreira para a iluminação natural, pois, como foi observado nos modelos simulados, a Autonomia da Luz Natural apresentou-se de forma similar para modelos sem entorno e modelos de ocupação máxima com fachadas do entorno com refletância de 90%.

Outra constatação possibilitada por este estudo se refere à contribuição da refletividade do piso do ambiente interno para iluminação natural. É possível afirmar que, para ambientes que possuem aberturas bastante obstruídas e com pouca contribuição da Componente Refletida Externa, refletâncias maiores de piso, podem proporcionar melhor desempenho nos valores da Autonomia da Luz Natural. Os modelos simulados com refletância do piso de 30% apresentaram melhores ALN nos sensores mais distantes da abertura do que os modelos com refletância do piso igual a 0.

Em relação a esta métrica dinâmica, cabe ressaltar ainda certa limitação em sua análise, por não ser possível verificar se a fonte natural apresenta uniformidade ou níveis de iluminâncias excessivos. Mesmo estando de acordo com o valor mínimo permitido pela norma (300 lux), em outros pontos podem provocar desconforto térmico por superaquecimento, quando há excesso de radiação solar direta penetrando o ambiente interno, bem como a ocorrência de ofuscamento, devido aos grandes contrastes gerados pelos valores extremos de iluminâncias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 15215-4**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, I. A. L. **Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios no trópico úmido**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.
- BRANDÃO, R. S. & ALUCCI, M. P. Solar access in tropical cities: towards multicriteria solar envelope. In: **Anais da international conference on passive and low architecture**, 2005.
- CABÚS, C.; DAMASCENO, S.; MARTINS, L.; ALBUQUERQUE, V. **Influência da luz refletida no solo na iluminação natural em edifícios com vários pavimentos nos trópicos**. Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC-ELACAC, Maceió, Outubro de 2005.
- GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em 15 abr. 2013.
- LAM, W. M. C. **Sunlighting as formgiver for architecture**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. **Daylighting metrics for residential buildings**. 27th Session of the CIE, Sun City, South Africa, July 11-15, 2011.
- MARDALJEVIC, J.; NABIL, A. Useful Daylight Illuminance: a new paradigm to access daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, v.37, n.1, 2005.
- MARTINS, Lúcia Helena Aires. **A influência do sombreamento no desempenho termoenergético de edifícios residenciais multipavimentos na cidade de João Pessoa-Pb**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental – UFPB, 2013.
- PEREZ, R. *et al.* All-weather model for sky luminance distribution - preliminary configuration and validation. **Solar Energy**, v.50, n.3, 1993.
- REINHART, C. **Tutorial on the use of daysim simulations for sustainable design**. Tutorial. Cambridge, Harvard University, 2010.
- REINHART, C. **A simulation-based review of the ubiquitous window-head-height to daylight zone depth rule of thumb**. Proceedings of Buildings Simulation 2005, Montreal, Canada, 2005
- REINHART, C. & WALKENHORST, O. Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds. **Energy and Buildings**, v.33, n.7, 2001.
- REINHART, C, WIENOLD, J. **The daylighting dashboard ea simulation-based design analysis for daylight spaces**. Building and Environment, 2011.
- TREGENZA, P.R. Mean daylight illuminance in rooms facing streets. **Building and Environment**, v.30, n.1, 1995.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelos recursos financeiros aplicados nesta pesquisa.