

ESTUDO DE PROTEÇÃO SOLAR E ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIO EMPRESARIAL DE MACEIÓ – AL¹

LINS, Dandara Luiza de Mendonça Sarmento (1); BATISTA, Juliana Oliveira (2)

(1) UFAL, e-mail: dm.lins@gmail.com; (2) UFAL, e-mail: juliana.batista@fau.ufal.br

RESUMO

O clima quente e úmido de Maceió demanda o uso de elementos sombreadores nas aberturas, prevenindo-as dos ganhos térmicos excessivos, porém sem fazer destes obstáculos aos ventos e iluminação natural. O presente trabalho avalia a influência de brises no desempenho da iluminação natural de uma sala em um edifício empresarial em Maceió-AL, estimando-se sua influência no consumo energético com luz artificial. A edificação escolhida é desprovida de dispositivos de sombreamento, tendo sido elaborada uma proposta de retrofit das fachadas com a inserção de brises a fim de assegurar o sombreamento das aberturas das 8h às 16h. Ambas as configurações foram submetidas a simulações computacionais de iluminação natural no programa TropLux v. 7.3.3. Com base nos resultados foram elaborados estudos luminotécnicos, nos quais a iluminação artificial foi usada complementarmente à iluminação natural. As simulações demonstraram que as proteções reduziram os valores de iluminância em todo o ambiente, diminuindo a probabilidade de ofuscamento próximo às janelas, porém aumentando o consumo energético com iluminação artificial. Conclui-se que apesar do pós-retrofit não apresentar resultados plenamente satisfatórios foi possível constatar que os brises reduziram a entrada da insolação, beneficiando o conforto luminoso e possibilitando o aproveitamento da luz natural, reduzindo também a carga térmica.

Palavras-chave: Iluminação natural. Iluminação artificial. Dispositivos de sombreamento. Simulação computacional.

ABSTRACT

Maceio's climate demands the use of shading devices on windows, which prevents them from excessive heat gain. At the same time, they must not become obstacles to wind or daylight. This paper aims to evaluate the effect of solar shading performance on the amount of daylight through windows of a commercial office space in Maceio-AL, estimating the influence of shading device on energy consumption with the use of artificial lighting. The building is devoid of shading devices; thus, there is a proposal of retrofit for its façades with the insertion of louvers to ensure shading from 8h to 16h. Both configurations (real and retrofit) were subjected to computer simulations using TropLux v. 7.3.3 software. Based on the results, it was designed lighting projects in which artificial lighting was used in conjunction with natural lighting for both situations. The simulations showed that the protection reduced illuminance values throughout the room reducing the glare risk, but increasing energy consumption with artificial lighting. It was concluded that, although the post-retrofit did not provide fully satisfactory results, the louvers reduced the penetration of sunlight, which benefited the luminous comfort and enabled the use of natural light and also reduced the thermal load.

Keywords: Daylighting. Artificial lighting. Shading devices. Computational simulations.

¹ LINS, Dandara; BATISTA, Juliana. Estudo de proteção solar e iluminação natural em edifício empresarial de Maceió – AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Conforto ambiental pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico e sua obtenção depende da adaptação do projeto aos condicionantes ambientais da região de sua implantação (GONÇALVEZ et al, 2011). Esta premissa levou ao estudo e criação de diversos elementos arquitetônicos, como por exemplo: brises, prateleira de luz, peitoril ventilado, entre outros, que quando projetados e utilizados corretamente, são capazes de otimizar a ventilação natural, controlar a incidência solar e favorecer a iluminação natural nas edificações.

Maceió, por ser uma cidade de clima quente e úmido, caracteriza-se pela necessidade de proteger as aberturas da radiação solar direta, objetivando atingir melhor conforto térmico através da prevenção de ganhos excessivos de calor, porém sem fazer destas proteções obstáculos aos ventos e iluminação natural (FROTA e SCHIFFER, 2003). Nesta região há grande quantidade de radiação solar graças ao tipo de céu recorrente, parcialmente nublado (LIMA e CABÚS, 2014). Portanto, justifica-se o aproveitamento da luz natural, uma fonte de luz renovável e abundante em Maceió, como alternativa para promover a utilização consciente dos recursos energéticos diante da necessidade de conservação de energia na construção civil.

São diversas as razões que justificam o aproveitamento da iluminação natural em ambientes, associada à devida proteção solar. A luz natural é qualitativamente superior à luz artificial, pois sua variabilidade permite ao homem a percepção espaço-temporal do lugar onde se encontra. O jogo das intensidades diferenciadas da luz, sombra e de reprodução das cores são informações espaço-temporais que a luz natural fornece, fundamentais ao funcionamento do seu relógio biológico (GONÇALVES et al, 2011).

No entanto, em Maceió, o aproveitamento da luz natural deve ser feito de forma equilibrada, com a adequada proteção das aberturas frente a insolação direta, pois ao se prevenir um ambiente de ganhos excessivos de calor através das aberturas obtém-se uma menor carga térmica, diminuindo assim o consumo energético relacionado à climatização artificial. Observa-se que a necessidade de proteger as edificações da radiação solar direta através de elementos arquitetônicos sombreadores interfere na quantidade de luz que penetra nos ambientes. Considerando-se a inter-relação entre o aproveitamento da iluminação natural e a necessidade de redução da carga térmica face ao clima quente, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência dos brises no desempenho da iluminação natural em uma sala de um edifício empresarial localizado em Maceió-AL, estimando-se a sua influência no consumo energético relacionado à iluminação artificial.

2 OBJETIVO

Avaliar a influência dos brises no desempenho da iluminação natural em um ambiente de trabalho localizado em Maceió, estimando a sua influência no

consumo energético relacionado à iluminação artificial.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Objeto de estudo

O edifício selecionado localiza-se no bairro do Centro de Maceió, em um lote à beira-mar (Figuras 01 e 02). A edificação conta com 22 pavimentos, que comportam cinco salas cada. Para o estudo foi selecionado um ambiente localizado no 9º andar. O entorno do edifício não apresenta empecilhos para a captação de luz solar pelas aberturas, conferindo a todos os pavimentos a mesma parcela de visível de céu. A sala possui formato retangular ($5,40\text{ m} \times 11,48 \times 2,45\text{ m}$), com teto e paredes claras, iluminada unilateralmente por uma janela orientada para sul ($5,40\text{ m} \times 1,20\text{ m} \times 1,10\text{ m}$) (Figura 03).

3.2 Estudo de insolação e proposta de retrofit

Foi desenvolvido um projeto de retrofit para a fachada do edifício, a fim de visualizar de que forma os elementos de proteção solar influenciariam na sua composição estética. Para a proposta optou-se por dimensionar os dispositivos de maneira que assegurassem o sombreamento das aberturas durante o intervalo das 8h às 16h (Figura 04 a). Considerou-se que fora deste período a radiação solar caracteriza-se por produzir níveis de iluminância baixos, possibilitando pouca contribuição para a realização de tarefas visuais. Optou-se pela inserção de brises horizontais em alumínio, material leve e de fácil instalação, de tal forma que ainda permitisse visibilidade do exterior e proteção solar eficiente. Para garantir a abertura das janelas, que são do tipo maxim-ar (Figura 04 b), foi previsto um espaçamento mínimo 60 cm entre os brises e a fachada frontal. A Figura 05 ilustra o edifício após a implantação dos brises. Com a finalização da proposta de retrofit, deu-se início ao estudo do comportamento da iluminação natural na sala 03 com base em simulações computacionais (Figura 05).

Figura 01: Planta de situação do Centro Empresarial



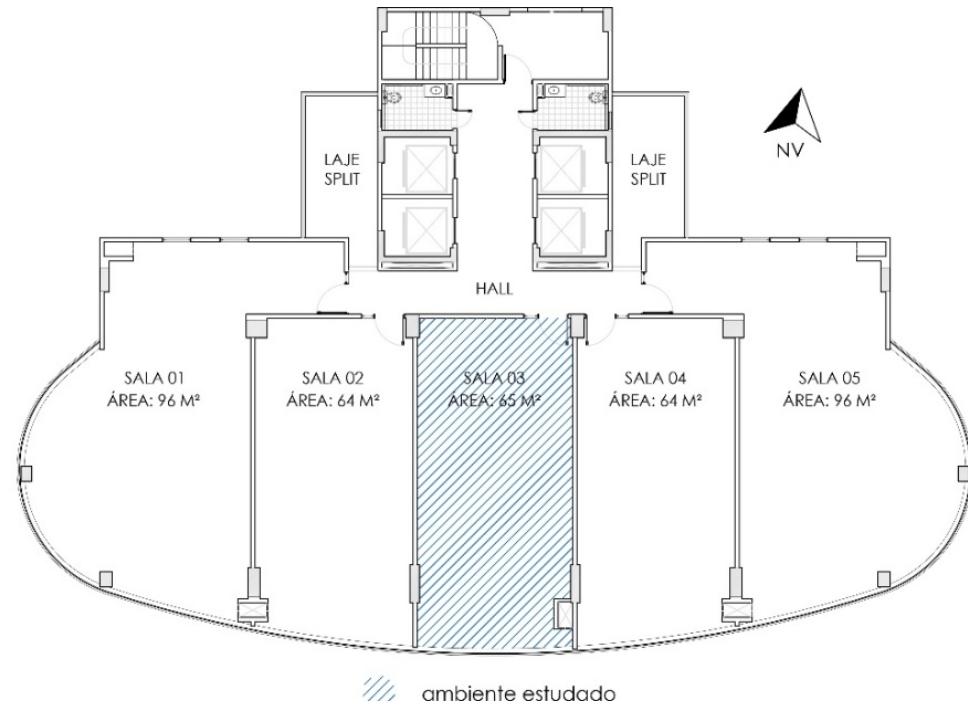
Fonte: adaptado de BCPMM, 2010

Figura 02: Fachada principal do centro empresarial



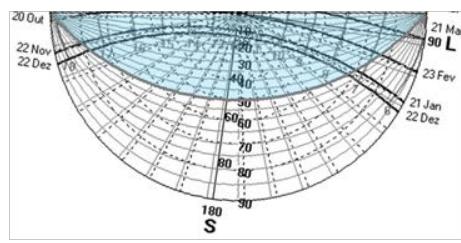
Fonte: As autoras

Figura 03: Planta Baixa do pavimento com destaque para o ambiente estudado

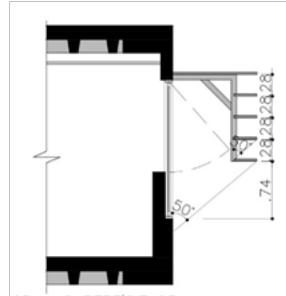


Fonte: adaptado de Marroquim engenharia, 2010.

Figura 04: a) Máscara de sombra; b) Corte transversal do dispositivo de sombreamento proposto.



a)



b)

Fonte: As autoras

Figura 05: Fachada do edifício após retrofit



Fonte: As autoras

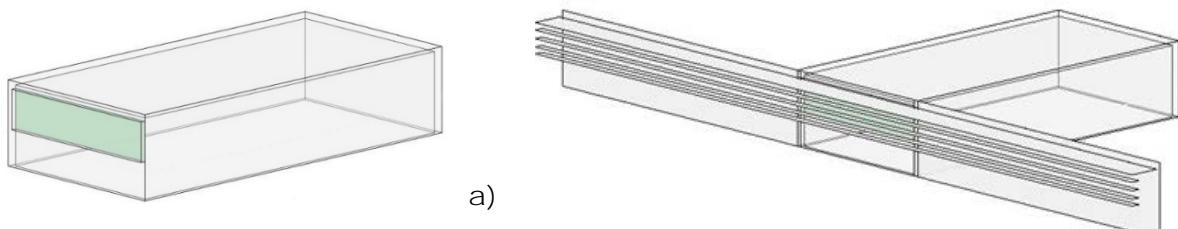
3.3 Estudo da iluminação natural e integração com o sistema artificial

As análises do comportamento da iluminação natural foram desenvolvidas

com o auxílio do programa TropLux versão 7.3.3. Esta ferramenta permite que sejam modelados diferentes tipos de geometrias e conformações de abertura para o estudo do comportamento da luz natural, em qualquer ponto no interior do ambiente. As simulações são feitas de acordo com as configurações de localização, azimute, características dos materiais e modo de processamento preestabelecidos pelo usuário, tendo como resultado os níveis de iluminância, que podem ser visualizados em tabelas, gráficos e isocurvas.

O ambiente foi simulado considerando o fechamento da abertura feito com vidro simples (transmitância = 0,87), antes e após a inserção de elementos sombreadores propostos para a realização de uma análise comparativa (Figura 06).

Figura 06: Modelos computacionais simulados no TropLux: a) ambiente com vidro simples; b) ambiente pós-retrofit.



Fonte: As autoras

Tabela 02: Configurações de refletância das superfícies internas

Superfície	Refletância
Teto	0,9
Paredes	0,8
Piso	0,3
Vidro simples	0,1
Brieses	0,5

Fonte: As autoras

Definiu-se que apesar do horário comercial ser de 8h às 18h, as simulações seriam desenvolvidas considerando-se o intervalo de 8h às 16h, por ser o período em que o céu apresenta maior luminosidade. A Tabela 01 apresenta os dados utilizados para a configuração das simulações.

Tabela 01: Configurações de processamento das simulações

Cidade	Maceió - AL
Modo de processamento	Malha ISO/CIE 8995
Tipo de céu	16 – céu dinâmico
Azimute	8°
Dias	Todos os dias
Horas do dia	8h às 16h
Hora (modo)	Solar
Plano de trabalho	0,75 metros de altura

Fonte: As autoras

Os resultados das simulações foram analisados utilizando como referência os intervalos de valores de UDI – Useful Daylight Illuminances (NABIL; MARDALJEVIC, 2012), de acordo com os seguintes intervalos de iluminância:

- a. Intervalo a - Inferiores a 100 lux: consideradas insuficientes para serem usados como única fonte de iluminação ou para contribuir significativamente para a iluminação artificial;
- b. Intervalo b - 100 lux a 500 lux: considerados eficazes, quer como a única fonte de iluminação, ou em conjunto com iluminação artificial;
- c. Intervalo c - 500 lux a 2000 lux: considerados desejáveis ou aceitáveis;
- d. Intervalo d - Superiores a 2.000 lux: suscetíveis de causar desconforto térmico e/ou visual.

É importante ressaltar que outros autores, a exemplo de Fernández et al (2016), adotam limites superiores a 2000 lux como valor máximo admissível, aceitando que iluminâncias maiores não causam, necessariamente, ofuscamento. Neste trabalho, optou-se por considerar as faixas de UDI originalmente estabelecidas por Nabil e Mardaljevic (2012).

Foram obtidas as isocurvas de iluminância dos ambientes para o período anual, tendo sido calculadas as curvas médias anuais para os valores mínimos, médios e máximos alcançados em cada sala. Também foram obtidas as isocurvas com as porcentagens de enquadramento das iluminâncias nos intervalos de UDI acima mencionados. Cada planta foi subdividida em setores, delimitados em função das iluminâncias. Deste modo, a distribuição espacial da iluminação foi caracterizada em cada modelo, identificando-se em quais setores haveria excesso de iluminação e onde haveria necessidade de complementação.

Com base na distribuição espacial das iluminâncias ao longo do ano verificadas no ambiente simulado foram elaborados estudos luminotécnicos para ambas as situações. Admitiu-se o emprego da iluminação artificial de modo complementar à luz natural, com o intuito de estimar o consumo energético antes e após o retrofit. Para tal, o sistema de iluminação artificial deverá contar com sensores fotoelétricos para possibilitar seu acionamento quando o nível de iluminância alcançado pela luz natural não atingir o valor considerado adequado para o desenvolvimento das tarefas visuais. O nível considerado foi 500 lux, conforme estabelecido pela NBR 8995 (ABNT, 2013) para ambientes de trabalho.

Este valor iluminância também foi utilizada como referência para o cálculo do fluxo luminoso total do sistema de iluminação artificial, realizado de acordo com o método dos lúmens (Equação 1), demonstrado por Tregenza e Loe (2015).

$$E = n \times F \times UF \times MF / A \quad (1)$$

Onde:

E: iluminância média do plano de trabalho;

n = total de luminárias;

F = fluxo luminoso de cada luminária;

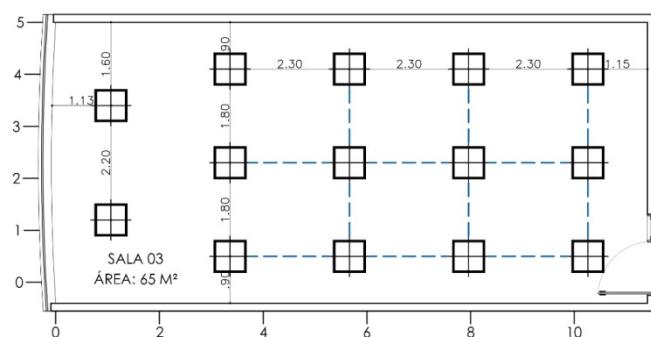
UF = coeficiente de utilização;

MF = coeficiente de manutenção;

A = área do ambiente (m^2).

Na proposta luminotécnica optou-se por utilizar lâmpadas de LED, pois, segundo Silva (2009) esta fonte luminosa apresenta baixo consumo energético e alta durabilidade (superior a 50.000 horas). O conjunto lâmpada e luminária escolhidos possui potência de 0,049 KW, eficiência luminosa de 111 lum/W, IRC (80) e temperatura de cor igual a 4.000 K. O cálculo luminotécnico resultou no total de 14 luminárias, distribuídas conforme a Figura 07.

Figura 07: Distribuição das luminárias no ambiente.



Fonte: as Autoras

Para quantificar o consumo energético com a iluminação artificial suplementar em cada proposta, foi necessário subdividir os circuitos de iluminação com base nos resultados das simulações. Cada circuito foi dividido de acordo com a necessidade de iluminação existente em diferentes setores do ambiente. A estimativa do consumo anual de energia elétrica foi realizada de acordo com a Equação 2:

$$\text{Consumo anual} = n \times P \times H \times D \quad (2)$$

Onde:

n = Quantidade de luminárias ligadas

P = Potência (KW)

H = quantidade de horas ligada por dia

D = quantidade de dias uteis em funcionamento

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

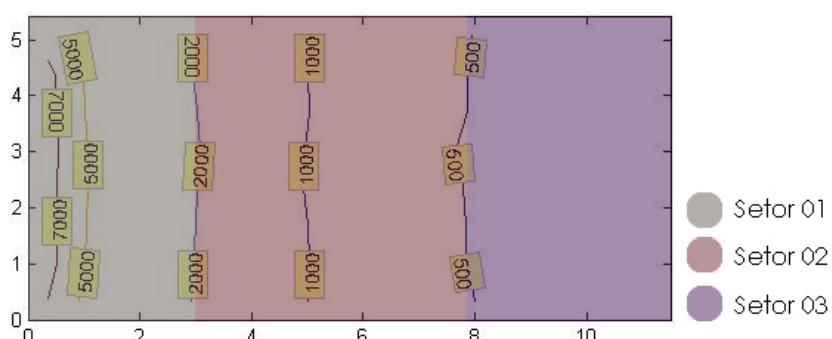
4.1 Ambiente com vidro simples sem brises

As isocurvas das iluminâncias médias anuais (Figuras 08 e 09) do ambiente com aberturas sem brises demonstram que a luz natural não se distribui uniformemente, comportamento esperado para uma sala iluminada unilaterialmente. Observa-se que quanto mais distante da janela, menores são os valores de iluminância, chegando a ser de 14 (na ocorrência das médias) a 22 (na ocorrência das máximas) vezes menor do que o valor máximo estimado pelo intervalo de UDI. Este dado indica que há uma grande probabilidade de ocorrência de ofuscamento nas proximidades da janela.

É importante esclarecer que as isocurvas correspondentes aos valores mínimos anuais e do intervalo a (inferiores a 100 lux) foram desconsideradas neste estudo, pois constatou-se que a sua ocorrência ao longo do ano foi de apenas 5%.

Com o objetivo de facilitar a análise dos resultados das médias anuais, as isocurvas foram divididas em setores, determinados pelos resultados de iluminâncias. No caso das isocurvas de iluminâncias médias anuais, observa-se que no setor 01, que compreende a extensão de aproximadamente 3 metros de profundidade a partir da janela, os resultados variaram entre 2.000 e 7.000 lux, abrangendo o intervalo d de UDI. A partir deste ponto até a profundidade de 8 metros concentram-se os resultados enquadrados no intervalo c, na qual as iluminâncias médias anuais variam entre 2.000 lux e 500 lux. Por fim, no setor 03, estão contidas iluminâncias com valores inferiores a 500 lux.

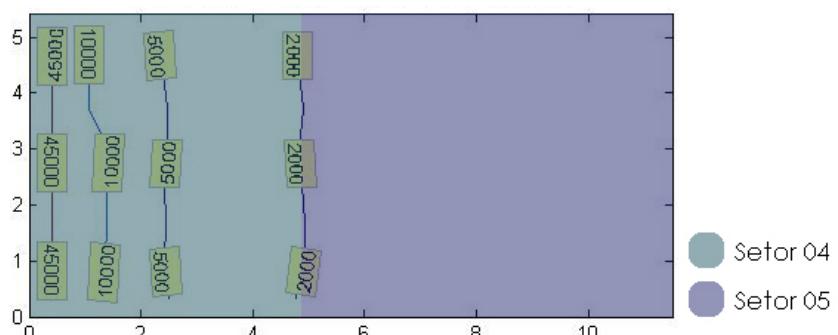
Figura 08: Isocurvas de valores médios anuais (lux)



Fonte: As autoras

Com relação às iluminâncias máximas anuais, foram identificados dois setores no ambiente: 1) setor 04, que se estende até aproximadamente 5 metros de distância da janela, com valores enquadrados no intervalo d (2.000 a 45.000 lux), e 2) o setor 05, abrangendo o restante da sala, com valores compatíveis ao intervalo c (500 lux a 2000 lux).

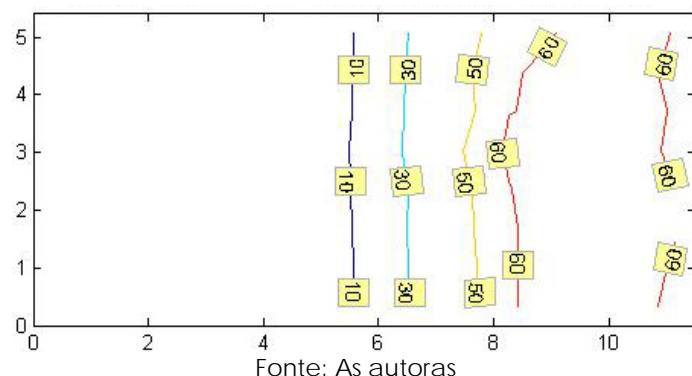
Figura 09: Isocurvas de valores máximos anuais (lux)



Fonte: As autoras

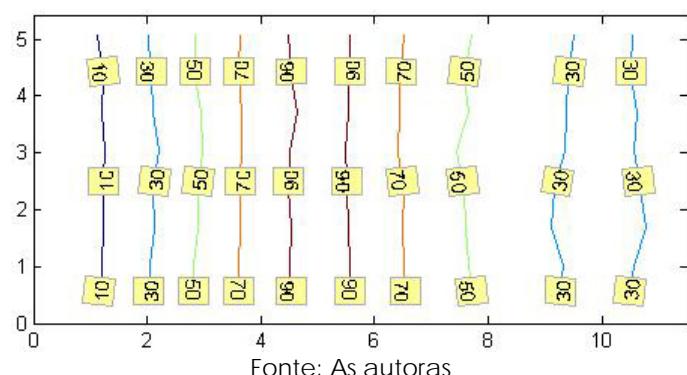
Em relação aos intervalos de UDI (Figuras 10, 11 e 12), as isocurvas revelam que a partir dos 6 metros de distância da janela concentram-se os valores enquadrados no intervalo b (100 lux - 500 lux), com ocorrência de 10% a 60%. Toda a extensão do ambiente apresenta iluminâncias enquadradas no intervalo c (500 lux - 2000 lux), porém, apresenta maior concentração na região central, com ocorrência variando entre 50% e 90%. Para o intervalo d, os valores maiores que 2.000 lux ocorreram com frequência de 90% nas proximidades da janela, variando até 10% a uma distância de 4 metros em relação à mesma.

Figura 10: Isocurvas anuais do intervalo b de UDI (100 lux – 500 lux), em porcentagem de horas simuladas.



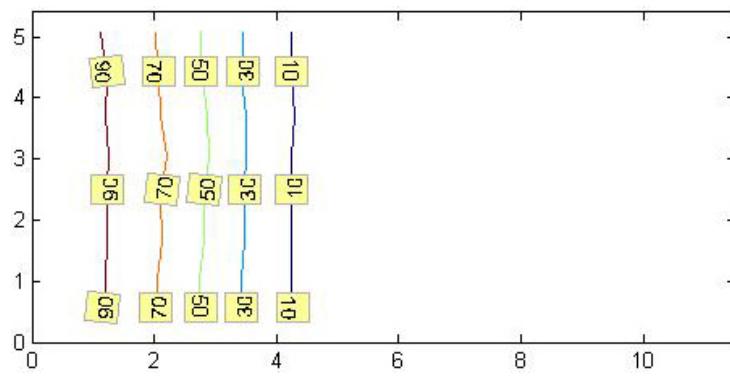
Fonte: As autoras

Figura 11: Isocurvas anuais do intervalo c de UDI (500 lux - 2000 lux), em porcentagem de horas simuladas.



Fonte: As autoras

Figura 12: Isocurvas anuais do intervalo d de UDI (> 2000 lux), em porcentagem de horas simuladas.



Fonte: As autoras

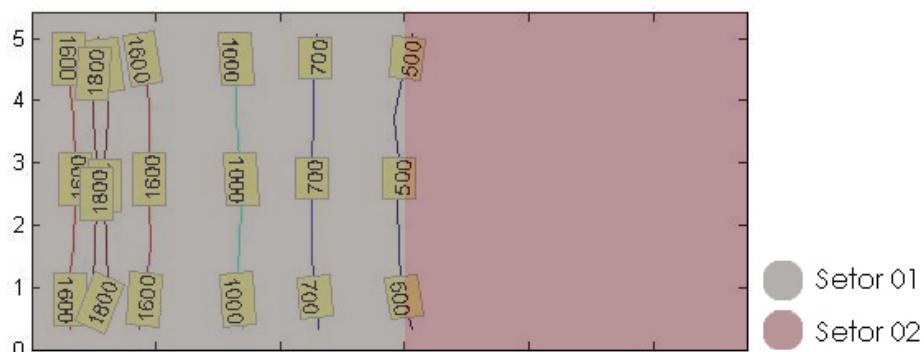
4.2 Ambiente com vidro simples e brises – Proposta de retrofit

Os resultados demonstram que a adição dos brises foi capaz de reduzir significativamente as iluminâncias anuais no interior do ambiente em relação à configuração sem proteção solar.

Observando-se as iluminâncias médias anuais (Figura 13), foram identificados dois setores no ambiente: até 6 metros de distância da janela (setor 01), as iluminâncias atingiram no máximo 1.800 lux, valor 7 vezes menor do que aquele registrado para o ambiente desprovido de brises. Nos fundos do ambiente (setor 02), as iluminâncias alcançaram no máximo 500 lux.

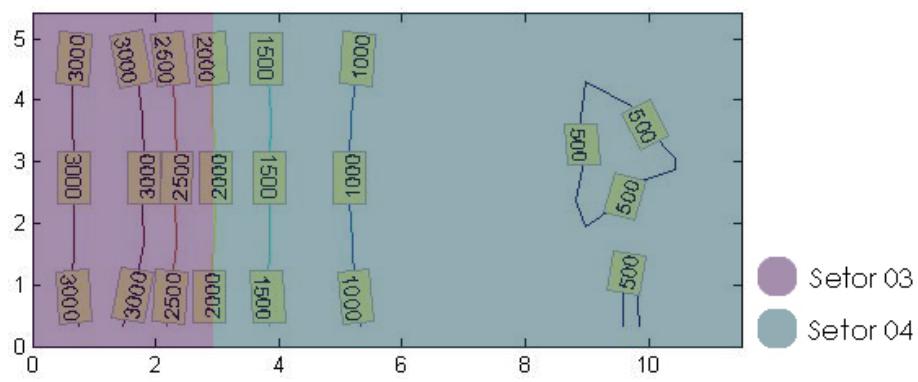
No caso das iluminâncias máximas anuais (Figura 14), também foram identificados dois setores: até 3 metros de distância da janela (setor 03) foram observadas as iluminâncias mais altas, obtendo-se até 3.000 lux. Entretanto, este valor é 15 vezes menor que o apresentado na situação com proteção solar (vide Figura 09). No restante do ambiente (setor 04), as iluminâncias variaram entre 500 lux e 2000 lux.

Figura 13: Isocurvas de valores médios anuais (lux), ambiente pós-retrofit



Fonte: As autoras

Figura 14: Isocurvas de valores máximos anuais (lux), ambiente pós-retrofit



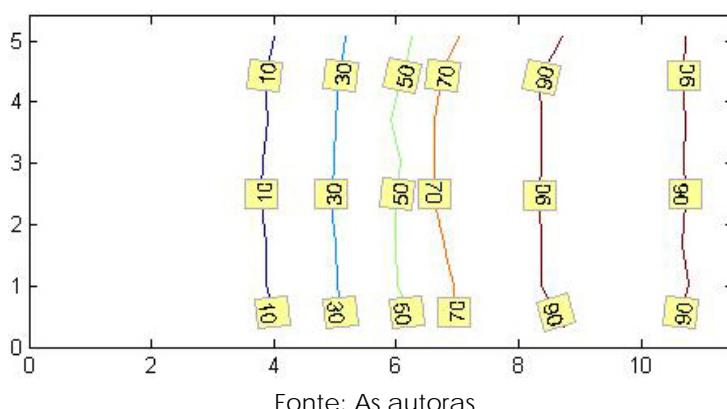
Fonte: As autoras

Em relação aos intervalos de UDI (Figuras 15, 16 e 17), verificou-se que a redução da frequência de ocorrência de iluminâncias acima de 2.000 lux após a inserção dos brises. Com a redução desses níveis, o ambiente passou a apresentar uma maior ocorrência de iluminâncias enquadradas entre 500 lux e 2.000 lux, as quais se distribuíram por toda a extensão da sala.

As iluminâncias enquadrados no intervalo b de UDI (100 lux a 500 lux) concentram-se nos setores a partir de 4 metros de distância da janela, com ocorrência entre 10% e 90% (Figura 15). As iluminâncias pertencentes ao intervalo c (500 lux a 2000 lux) tiveram comportamento similar ao da proposta anterior, distribuindo-se por todo o ambiente. Porém, ocorreram com maior frequência nas proximidades da janela até 7 metros de distância, durante 70% a 30% (Figura 16).

A frequência de ocorrência de iluminâncias superiores a 2000 lux sofreram uma redução significativa, atingindo de 30% a 10% de ocorrência durante as horas simuladas, na área restrita a 3 metros de profundidade a partir da janela, denominado como setor 01 (Figura 17).

Figura 15: Isocurvas anuais do intervalo b de UDI (100 lux – 500 lux), ambiente pós-retrofit, em porcentagem de horas simuladas.



Fonte: As autoras

Figura 16: Isocurvas anuais do intervalo c de UDI (500 lux - 2000 lux), ambiente pós-retrofit, em porcentagem de horas simuladas.

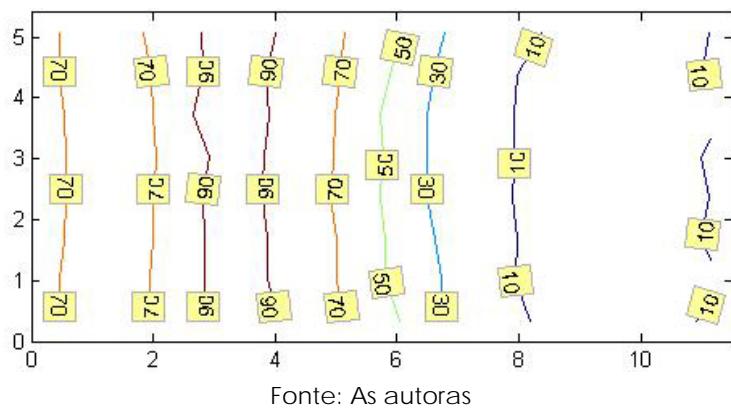
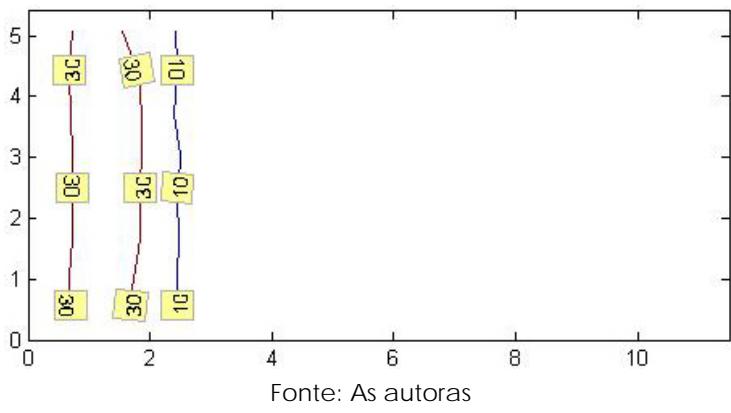


Figura 17: Isocurvas anuais do intervalo d de UDI (> 2000 lux), sala pós-retrofit, em porcentagem de horas simuladas.



Os resultados obtidos demonstram que apesar da redução quantitativa, o aspecto qualitativo (distribuição espacial das iluminâncias) foi beneficiado. Também se constatou que houve aumento na porcentagem de horas de ocorrência do intervalo b (100 lux a 500 lux), o que indica que o consumo energético seria maior devido ao emprego da iluminação artificial no ambiente após o retrofit.

Com relação ao consumo energético com a iluminação artificial, considerando-se a contribuição da luz natural no intervalo entre as 8h e 16h e também o intervalo das 16h às 18h, com o uso exclusivo da iluminação artificial, foram obtidos os seguintes resultados:

- Ambiente com vidro simples, sem brises: Há necessidade de utilizar iluminação artificial no intervalo das 8h - 16h em 2 lâmpadas nos fundos da sala, as quais permaneceriam em funcionamento durante 90% do horário comercial; 3 lâmpadas durante 50% e 3 lâmpadas durante 30%. Portanto, o consumo de energia com iluminação artificial previsto é de 707,5 KWh/ano;
- Ambiente com vidro simples e brises – Proposta de retrofit: Nesta situação seria necessário manter 5 lâmpadas em funcionamento durante 90% das horas simuladas, localizadas nos fundos da sala; 3 lâmpadas por 70% e 3 lâmpadas ao longo de 10%. Para esta proposta o consumo energético com iluminação artificial estimado é de 1.035,5 KWh/ano.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram discutidos os benefícios advindos da utilização da iluminação natural na arquitetura de forma eficiente. Diante deste fato, foi proposto estudar a relação existente entre dois condicionantes climáticos característicos de Maceió: a farta disponibilidade de iluminação natural e a necessidade de proteção contra a insolação, buscando aplicar as recomendações da bibliografia estudada à nossa região. Para tanto foram feitos estudos da insolação na fachada e análises da iluminação natural sobre a interferência de dispositivos de sombreamento no desempenho da iluminação natural. Esta proposta buscava não só entender a mudança no comportamento da luz após a inserção dos brises no edifício, mas também tinha como objetivo ilustrar, através de perspectiva da fachada, que é possível projetar uma edificação adequada ao clima quente e úmido da cidade sem abdicar totalmente do conceito estético original.

Os resultados das simulações demonstraram que o ambiente real apresentou alta probabilidade de desconforto visual durante quase todo o ano. Com a inserção dos brises, verificou-se um aumento do consumo de energia com iluminação artificial. Porém, na proposta de retrofit houve a redução de horas com iluminância excessiva, diminuindo a probabilidade de ofuscamento. Além disso, obteve-se uma maior uniformidade da distribuição da luz, com o aumento da frequência de ocorrência de iluminâncias enquadradas no intervalo c (500 a 2000 lux), considerado o ideal. Desta forma, pode-se concluir que a proposta apresentada beneficiou as condições de conforto luminoso.

Considerando-se o ambiente em sua situação real, não há bloqueios contra a radiação solar, trazendo consigo maior aporte de calor, propiciando também o ofuscamento. Desse modo, o desconforto térmico e luminoso levaria os usuários a manterem as cortinas fechadas, recorrendo inteiramente à iluminação e ao condicionamento artificiais e, por conseguinte, elevando o consumo de energia. Já na proposta de retrofit, a existência dos brises reduziria a penetração da insolação, beneficiando o conforto luminoso nas proximidades da abertura e possibilitando o aproveitamento da luz natural.

Observa-se que neste trabalho foi analisado apenas o consumo energético com iluminação artificial. No entanto, a proposta de retrofit apresentada também interfere na carga térmica absorvida pela fachada devido ao sombreamento das aberturas, que após o retrofit seria menor, podendo reduzir o consumo energético com condicionamento artificial, compensando a necessidade de utilização da iluminação artificial complementar. Desta forma propõem-se como possibilidade de trabalho futuro, a análise do consumo de energia com refrigeração do ambiente.

As análises apresentadas demonstram a importância de se realizar a adequação climática da edificação no momento de sua concepção. Propostas de retrofit da fachada implicam em custos adicionais para sua instalação no edifício já em fase de operação, que seriam eliminados caso o

projeto arquitetônico incorporasse respostas aos condicionantes climáticos locais. Quanto ao desempenho luminoso, o ambiente pós-retrofit não obteve resultados plenamente satisfatórios devido a sala apresentar iluminação unilateral e por possuir profundidade superior ao limite de alcance da luz natural proveniente da abertura da fachada. Portanto, observa-se que a planta do edifício poderia ter sido concebida de modo a proporcionar a penetração da luz natural não apenas pela fachada, mas também por outras aberturas voltadas para áreas de captação da luz natural, por exemplo, com a inserção de átrios ventilados e com iluminação zenital.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8995: Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro, 2013.

Fernández, E; Beckers, B; Besuievsky G. **A fast daylighting method to optimize opening configurations in building design**. In: Energy and Buildings, [s.l.], n. 125, p. 205–218, 2016. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816303735> >. Acesso em: 27 de junho de 2016.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 6^a edição. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANA, Nelson Solano; MOURA, Norberto Corrêa da Silva. **Iluminação natural e artificial**. 1^a edição. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2011.

LIMA, Renata Camelo; CABÚS, Ricardo Carvalho. **Disponibilidade de luz natural no interior do Ambiente no litoral norte de Maceió – AL**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 15. 2014, Maceió, AL. Anais... Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2014.

NABIL, Azza; Mardaljevic, John. **Useful Daylight Illuminances: A Replacement for Daylight Factors**. Reino Unido: [S. ed.] 2012.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação: simplificando o projeto**. 1^a edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2009.

TREGENZA, Peter; LOE, David. **Projeto de Iluminação**. 2^a edição. Porto Alegre: Bookman, 2015.