XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

INFLUÊNCIA DE LAJE TÉCNICA NO DESEMPENHO LUMINOSO DE UMA SALA COMERCIAL EM MACEIÓ-AL

MARROQUIM, Flávia M. G. (1); CAVALCANTE, Miquelina R. C. (1); CASADO, Camila A. C. (1); CABÚS, Ricardo C. (2)

(1) Doutorandas do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas.

E-mail: fmarroquim@ig.com.br, miquelinacavalcante@gmail.com e carvalhocamila@hotmail.com

(2) Professor Doutor, Universidade Federal de Alagoas. E-mail: r.cabus@gmail.com

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo principal avaliar a influência de uma laje técnica (representada por uma sacada) no desempenho luminoso de uma sala comercial localizada na cidade de Maceió-AL através de simulações computacionais no software TropLux 6. As simulações foram realizadas, com e sem a presença da laje técnica, e para as quatro possíveis orientações da sala em estudo. Foi avaliada a influência da laje técnica na quantidade e na distribuição de luz natural no interior da sala. Os resultados mostraram que a utilização da laje técnica proporciona maior percentual de horas em que as iluminâncias médias encontram-se dentro da faixa suficiente/desejável (500-2000lx), o que sugere menores chances de ocorrências de ofuscamentos. Além disso, a presença da laje proporciona a redução do contraste entre a iluminação nas regiões próximas às janelas e no fundo da sala, o que favorece uma iluminação menos desuniforme em comparação com a sala sem a presença da laje. Desta maneira, o trabalho reforça a necessidade de se pensar na qualidade da iluminação natural em conjunto com as análises quantitativas, pois estas podem, muitas vezes, dar a falsa impressão de um bom projeto de iluminação natural, apenas pelo atendimento da norma - sobretudo em localidades de características climáticas tropicais, como a cidade de Maceió que possui céu bastante iluminado durante todo o ano. Além disso, os resultados poderão contribuir na produção de futuras edificações, no sentido de direcionar as decisões de projeto para se obter ambientes com conforto luminoso e eficiente energeticamente.

Palavras-chave: laje técnica, desempenho luminoso, simulação computacional.

ABSTRACT

The present paper aimed for assessing of slab technique (represented by a balcony) on the luminous performance of a commercial room located in Maceió city of Alagoas state through computer simulations in TropLux 6 software. The simulations were held with and without the presence of the technique slab, for the four possible guidelines of the investigated room. The influence of the slab technique has been assessed in the amounts and the distribution of natural light inside the room. The results have show that the use of the slab technique provides a higher percentage of times that the medium illuminance shall still into the sufficient/desired range (500-2000lx), what it suggested lower chances of glare occurrence. In addition, the presence of the slab provides the contrast reduction between the light regions near the windows and at the back of the room, which promotes evenly light in relation with the room without the slab. In this way, the study reinforces the need to think about the quality of natural lighting together with quantitative analysis, as these can often may provide the false impression of a good daylighting design, only by the respect of the thechnical norms - particularly in localities of tropical climatic conditions, as Maceió city sky, because of the bright light all year round. Moreover, the results may contribute to the production of future buildings, to drive design decisions to obtain environments with bright and energy efficient comfort.

Keywords: slab technique, luminous performance, computational simulation.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da iluminação natural deve ser observado com a devida atenção para que a luz natural não cause problemas de ofuscamento ou ganhos excessivos de calor, o que poderia implicar em maior consumo de energia elétrica devido a necessidade de climatização e/ou iluminação artificiais. A depender da função do ambiente, é necessário o controle da luz natural através de recursos arquitetônicos específicos, que devem ser cuidadosamente dimensionados e especificados para evitar que se tornem ineficientes em relação ao seu objetivo ou que provoquem prejuízos ao ambiente, como o bloqueio da luminosidade ou da visibilidade (BAKER; STEEMERS, 2002; LIMA, *et al*, 2011).

As formas de controlar a radiação solar acabam se transformando em elementos de grande importância para a volumetria do edifício. No entanto, esses elementos além de afetarem as condições luminosas e visuais dos interiores, podem contribuir para o desperdício e à baixa eficiência energética da edificação. Proteções solares superdimensionadas podem provocar ambientes mais frios no inverno, além de fazê-los escuros ao longo de todo o ano; proteções solares mal dimensionadas para o verão, provocam o aquecimento dos ambientes em demasia neste período, além de possíveis problemas com ofuscamento ou com níveis de iluminação exagerados (DUTRA; ANDRADE, 2007).

Dentro desse contexto, este artigo teve como objetivo avaliar a influência de laje técnica¹ (representada por uma sacada) na quantidade e distribuição da luz natural no interior de uma sala comercial localizada em um edifício empresarial em Maceió-AL.

2. ETAPAS METODOLÓGICAS

Por meio de simulação computacional através do software *TropLux* 6 (CABÚS, 2012) realizou-se uma análise comparativa do aproveitamento da iluminação natural na sala, com e sem a laje técnica funcionando como protetor solar e elemento de reflexão da luz solar. Para este trabalho as seguintes etapas metodológicas foram adotadas:

- 1)- Estudo preliminar: visitas ao ambiente escolhido, de modo a descrever seus componentes internos (piso, paredes e teto), a distribuição da luz natural e possíveis interferências do entorno imediato.
- 2)- Modelagem e simulações no TropLux 6: modelagem da sala e simulações para avaliação da influência da laje técnica, considerando a orientação original da sala (Sul) e três outras possibilidades dentro do edifício empresarial (Norte, Leste e Oeste).
- 3)- Avaliação da quantidade e distribuição da iluminação natural: verificação da influência da laje técnica na quantidade e distribuição da luz natural no ambiente.

A quantidade e a distribuição da luz natural na sala em estudo foram analisadas a partir do método da iluminância útil de luz natural (*useful daylight illuminances* - UDI) que identifica quatro faixas de iluminâncias: Faixa 1 (< 100lx) – *insuficiente*; Faixa 2 (100 – 500lx) - *suficiente*; Faixa 3 (500 – 2000lx) – *desejável* e Faixa 4 (> 2000lx) – *excessiva* (NABIL; MARDALJEVIC, 2006). Para avaliação do desempenho luminoso deste trabalho, serão consideradas as faixas de iluminâncias *suficiente* e *desejável* (entre 100 – 2000lx) como favoráveis para o desenvolvimento das atividades laborais da sala em estudo, sendo portanto computadas em conjunto.

¹ A laje técnica é um elemento arquitetônico que atualmente está sendo empregada nas edificações para servir de apoio a equipamentos como condensadores de ar condicionado do tipo Split, que apresentam grande expansão de uso.

2.1. OBJETO DE ESTUDO

Uma sala comercial do Edifício Empresarial Harmony Trade Center, localizado no bairro da Jatiúca, em Maceió-AL, foi o objeto de estudo deste trabalho. A edificação comercial foi concluída em 2012 e é composta de salas comerciais para atender diversas especialidades, incluindo escritórios e clínicas médicas (Figuras 1 e 2).

Figuras 1 e 2 - Localização e fachada do edifício estudado.

Fonte: Googleearth e Levantamento da equipe, 2013.

A sala (Figuras 3 e 4) está localizada no oitavo andar do edifício e possui aproximadamente 27m² de área útil, um lavabo com 1,75m² e uma laje técnica com 3,3 m². O acesso principal acontece por uma porta de vidro temperado interligada ao hall dos elevadores. As demais aberturas encontram-se voltadas para o exterior - janelas e porta de acesso para a laje técnica – e estão direcionadas a Sul.

Figuras 3 e 4 - Planta baixa e corte da sala estudada.

Fonte: Levantamento da equipe, 2013.

2.2. DADOS PARA SIMULAÇÃO

Duas salas foram modeladas: uma com a laje técnica, conforme foi projetada para instalação de condensadores de ar, com as duas janelas e a porta de acesso à laje, e outra sem a laje técnica, ou seja, com as mesmas esquadrias da sala original sendo que desprotegidas (Figuras 5 e 6). Em ambas as salas, foram inseridas também as paredes do lavabo, a porta de madeira do lavabo e a porta de vidro temperado (que dá acesso à circulação do edifício). Na sala com a laje técnica ainda foram inseridos 2 condensadores de ar com refletância 0.8.

Figuras 5 e 6 - Salas modeladas no TropLux: com e sem a laje técnica.

Fonte: Modelagem realizada pela equipe no software TropLux 6.0, 2013.

Para simulação foram considerados 28 pontos de análise, sendo 4 pontos na menor dimensão da sala e 7 pontos na maior dimensão, e com aproximadamente 1m de distância entre os pontos. O céu avaliado foi o dinâmico². Para as refletâncias das paredes e teto foi considerada a referência de DORNELLES; RORIZ (2007) e para a refletância do piso a de TREGENZA; LOE (1998). Em todas as simulações foram consideradas as refletâncias das superfícies (piso, paredes e teto) como difusa, com exceção das esquadrias de vidro e da porta de vidro temperado que se comportam como superfícies especulares, sendo esta última, comportando-se também como elemento opaco (ou seja, sem transmitância), por não contribuir com a transmissão da luz natural oriunda do corredor de acesso às outras salas. Portanto, nas simulações, toda a iluminação natural na sala foi oriunda das aberturas que estão voltadas para o exterior (porta e janelas de vidro). Na Tabela 01 encontram-se os dados de entrada utilizados.

Tabela 01 - Dados de entrada inseridos no software TropLux para simulação.

Latitude		Maceió 9° 39'
Período		Todos os dias do ano
Horários		8h às 16h (considerando hora solar)
Orientações		Azimutes 0° 90° (original) 180° 270°
Plano de trabalho		A 0.75m do piso
Margem de erro		5%
Refletância das superfícies		
Sala	piso	0.2 (granito)
	paredes e teto	0.74 (branco médio)
	porta do lavabo	0.2 (madeira média)
	porta vidro temperado	0.1 (refletância especular)
Laje técnica	piso	0.8 (cerâmica branca)
	paredes e teto	0.585 (bege areia)
	condensadores	0.8

² Céu criado para Maceió a partir de um conjunto de dados meteorológicos da cidade e da variação de 3 (definidos como padrão para Maceió) dos 15 tipos de céus da CIE (Inter. Commission on Illumination).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir encontram-se as análises das simulações, com e sem a presença da laje técnica, para as quatro possíveis orientações da sala (Sul – original, Norte, Leste e Oeste) nos seguintes aspectos: 1)- influência da laje técnica na quantidade de luz natural no interior da sala (iluminância) e 2)- influência da laje técnica na distribuição de luz natural.

4.1 INFLUÊNCIA DA LAJE NA QUANTIDADE DE LUZ NATURAL

A quantidade de luz natural no interior da sala (iluminância) é mostrada na Figura 7, onde verifica-se que a ausência da laje técnica aumentou os níveis de iluminâncias médias anuais no interior do ambiente em todas as orientações, sobretudo na fachada Norte.

Figura 7 - Iluminâncias médias anuais da sala com e sem a laje técnica e indicação do valor máximo desejável (2000lx), representado por linha tracejada vertical.

A partir da Figura acima, constata-se que a presença da laje técnica proporciona níveis de iluminâncias médias³ dentro da faixa suficiente/desejável (até 2000lx) apenas nas orientações **Sul** e **Norte**, mostrando-se eficiente também como elemento de proteção solar, conforme máscaras solares dessas fachadas (Quadro 1).

Quadro 1 - Máscaras de sombra das fachadas Sul e Norte, com laje técnica como elemento de proteção solar.

Fonte: Imagens geradas a partir do software Analysis SOL-AR 6.2 (LABEEE, 2011).

³ Todas as iluminâncias médias utilizadas no software TropLux são calculadas conforme metodologia desenvolvida por CABÚS (2002) em sua tese doutoral.

Nas orientações **Leste** e **Oeste**, devido a maior quantidade de radiação solar que recebe durante o ano e também devido a posição do sol nessas orientações ser mais perpendicular à fachada praticamente o ano inteiro, mesmo com a presença da laje, verificou-se que as iluminâncias médias na sala foram um pouco maior do que a faixa de iluminância suficiente/desejável (podendo prejudicar as atividades desenvolvidas devido ao excesso de iluminâncias médias acima dos 2000lx) – as máscaras de sombra dessas fachadas comprovam o maior período sem proteção da laje técnica (Quadro 2).

Quadro 2 - Máscaras de sombra das fachadas Leste e Oeste, com laje técnica como elemento de proteção solar.

Fonte: Imagens geradas a partir do software Analysis SOL-AR 6.2 (LABEEE, 2011).

Assim, com a retirada da laje técnica como elemento de proteção solar (de aproximadamente 1,10m de profundidade) percebeu-se um aumento na quantidade média de luz natural no interior da sala em todas as orientações, sobretudo na fachada Norte que registrou um acréscimo de 77,5% (seguida da Oeste com acréscimo de 58,2%, da Leste com 51,4% e da Sul com 29,8%). Com exceção da fachada Sul, todos os aumentos nas demais orientações correspondem a iluminâncias médias superiores a 3000lx no interior da sala, ficando bem superior ao limite desejável. O menor aumento da iluminância média na fachada Sul (em torno de 400lx) deve-se ao fato dessa orientação apresentar menor número de horas de radiação solar durante o ano para a latitude da cidade de Maceió.

Quanto aos valores de **iluminâncias médias máximas** (Figura 8), observou-se que com a presença da laje técnica, essas médias máximas atingiam valores com até 8000lx (Leste). Na ausência da laje técnica, com exceção da orientação Sul (um pouco superior a 6000lx), esses valores ficavam acima dos 12000lx (bem superior ao limite desejável). Essa luz excessiva pode ser associada a calor excessivo no interior da sala, aumentando a carga térmica a ser removida pelos sistemas de condicionamento térmico artificial.

Já quanto aos valores de **iluminâncias médias mínimas** (Figura 9), observou-se que esses encontram-se dentro do limite mínimo considerado suficiente/desejável em todas as orientações para as simulações realizadas com a presença da laje técnica como elemento de proteção solar e de reflexão da luz solar, não prejudicando o desenvolvimento das atividades no ambiente. Sem a presença da laje técnica, nota-se apenas um pequeno aumento da iluminância média mínima em todas as orientações, o qual não chega a atingir 100 lux de acréscimo.

Figura 8 - Iluminâncias médias máximas da sala com e sem a laje técnica e indicação do valor máximo desejável (2000lx), representado por linha tracejada vertical.

Figura 9 - Iluminâncias médias mínimas da sala e indicação do valor mínimo suficiente (100lx) e mínimo desejável (500lx), representado por linhas tracejadas verticais.

4.2 INFLUÊNCIA DA LAJE NA DISTRIBUIÇÃO DE LUZ NATURAL

A influência da laje técnica na distribuição de luz natural foi avaliada a partir da uniformidade da luz natural na sala em estudo, que corresponde a variação entre o valor mínimo e o valor médio dos pontos medidos no ambiente. Quanto maior for essa variação, maior será a uniformidade da luz natural no ambiente de trabalho e melhor para o conforto visual.

Assim, com a presença da laje técnica, esse parâmetro registrou valores entre 23,4 e 29,7%; já sem a existência da laje essa variação sofreu uma redução em todas as orientações, passando a registrar valores entre 17,1 e 25,6%. Apesar dos valores bastante abaixo do ideal (acima de 70%) e recomendado pela norma ABNT/NBR 5413 (1992), constata-se que a retirada da laje técnica provoca uma redução ainda maior na uniformidade da luz natural, possivelmente necessitando, de uma maior adaptação do sistema visual ao ambiente, podendo ocasionar desconforto no campo da visão. Segundo Vianna; Gonçalves (2001), uma certa desuniformidade é necessária, porém, ela deve ser previamente determinada em função da atividade a ser desenvolvida.

Essa desuniformidade da luz natural no ambiente pode ser melhor comprovada na Quadro 3, onde mostra-se a distribuição da luz natural no interior das salas com e sem a laje técnica através de isocurvas das iluminâncias médias anuais (curvas que representam o mesmo valor de iluminâncias dentro de um ambiente).

Constatou-se que independentemente da presença da laje técnica, a fachada Sul (original) registrou sempre um desempenho luminoso menos desfavorável quanto a distribuição da luz natural no interior do ambiente em relação às demais orientações –

provavelmente devido a menor quantidade de horas solares nessa orientação durante o ano na cidade.

Quadro 3 - Distribuição das iluminâncias médias (anuais) com e sem a laje técnica.

Fonte: Imagens geradas a partir das simulações no software *TropLux* (editadas pela equipe).

Através das isocurvas da Quadro 3, constatou-se que a retirada da laje técnica da sala, independentemente da orientação simulada, proporcionou:

- ✓ um significativo aumento de luz excessiva nas regiões próximas às janelas, principalmente nas fachadas Norte, Leste e Oeste (enquanto com a laje técnica esse valor atingiu no máximo 7000lx, sem a laje atingiu no máximo 14000lx);
- ✓ uma pior distribuição das iluminâncias no ambiente em todas as orientações (mais de 35% da sala encontra-se com iluminâncias dentro da faixa considerada *excessiva* – acima de 2000lx);
- ✓ uma constância de iluminâncias em intervalos menores de distâncias (maior desuniformidade de iluminâncias) – os olhos podem chegar à fadiga e a uma diminuição de sua sensibilidade, exatamente pelo esforço demasiado de adaptação

a essa condição crítica, sobretudo quando o plano de trabalho se localizar próximo a essa área.

O pior desempenho luminoso na distribuição da luz natural com a retirada da laje técnica da sala (maior desconforto visual) também pode ser avaliado através da ocorrência dos percentuais de horas no ano em que é registrada cada faixa de iluminância correspondente ao regime UDI adotado neste trabalho: *insuficiente* (abaixo de 100lx), *suficiente/desejável* (entre 100 e 2000lx) e *excessiva* (acima de 2000lx) – Figura 10.

Figura 10 - Ocorrência das faixas de iluminâncias (E) na sala com e sem a laje técnica.

A partir da Figura 10 observou-se que com a laje técnica a ocorrência dos percentuais de hora de iluminância na faixa **suficiente/desejável no interior da sala atinge valores acima dos 68% em todas as orientações**, com a fachada Sul apresentando o melhor desempenho, atingindo valores superiores a 77% da ocorrência dos percentuais de hora no ano. A iluminância na faixa *excessiva* fica entre 22 e 31% da ocorrência dos percentuais de hora, podendo significar contrastes altos entre a região próxima às janelas e o fundo da sala, ocasionando ofuscamento. Para a faixa de iluminância que se encontra *insuficiente* os seguintes percentuais foram encontrados nas orientações simuladas: 0,4% de ocorrência com a laje técnica e 0,1% de ocorrência sem a laje técnica.

Com a retirada da laje técnica, percebeu-se um aumento na faixa de iluminância que se encontra *excessiva* (conforme foi analisado nas isocurvas), atingindo até mais de 40% da ocorrência das horas no ano (+7% para a fachada Sul; +8,3% para a Norte; +9,2% para a Leste e +10% para a Oeste). Enquanto a faixa de iluminância *suficiente/desejável* sofre uma redução em todas as orientações simuladas com a retirada da laje (-6,7% para a fachada Sul; -7,9% para a Norte; -8,8% para a Leste e -9,5% para a Oeste).

5. CONCLUSÕES

Diante do exposto, verificou-se que a utilização da laje técnica (sacada) na sala em estudo, além de atender à sua principal função, ser um espaço destinado a equipamentos

externos como os condensadores de ar condicionado do tipo Split, proporciona o aumento do percentual de horas em que as iluminâncias encontram-se abaixo dos 2000lx, o que sugere menores chances de ocorrência de ofuscamento.

A utilização da laje técnica também diminuiu o contraste entre a iluminação nas regiões próximas às janelas e no fundo da sala, o que favorece a uma iluminação menos desuniforme no interior do ambiente, possibilitando o desenvolvimento das atividades com menor esforço e maior acuidade visual.

Apesar do aspecto positivo das salas com a laje técnica registrarem a maior parte dos valores de iluminância médios acima dos 500lx e abaixo dos 2000lx, nível apropriado para a execução de tarefas características do uso de escritório sem a necessidade de acionamento de lâmpadas, ainda há a necessidade de ajustes, sobretudo relacionados a distribuição da luz natural no ambiente, reduzindo a desuniformidade.

Assim, reforça-se a necessidade de se pensar na qualidade da iluminação natural em conjunto com as análises quantitativas, pois estas podem, muitas vezes, dar a falsa impressão de um bom projeto de iluminação natural, apenas pelo atendimento da norma - sobretudo em localidades de características climáticas tropicais, como Maceió, que possui céu bastante iluminado durante todo o ano. Além disso, os resultados poderão contribuir na produção de futuras edificações, no sentido de direcionar as decisões de projeto para se obter ambientes com conforto luminoso e eficiente energeticamente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight Design of Buildings**. London: James & James, 2002.
- CABÚS, Ricardo C. **TROPLUX** versão 6 Beta, 2012. Disponível em: <https://www.dropbox.com/sh/pbdt536npl41kle/fkFAdC9Mxe>
- CABÚS, Ricardo C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**. 2002. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculty of Social Sciences, University of Sheffield, Sheffield, Inglaterra, 2002.
- DORNELLES, Kelen A.; RORIZ, Maurício. Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético das edificações. In: Congresso Internacional de Tintas - ABRAFATI, 10., Campinas-SP, 2007. **Anais...** Campinas-SP, 2007.
- DUTRA, Luciano; ANDRADE, S. F. de. Proteções Solares e outras estratégias de sombreamento em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis. In: IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, ENCAC – ELACAC, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2007.
- LABEEE, LABORATÓRIO DE EFICIENCIA ENERGETICA EM EDIFICAÇÕES. **Programa computacional Analysis SOL-AR**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar
- LIMA, Kamila M. et al. Influência de protetores solares na iluminação natural no edifício sede da COMPESA. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Búzios, 2011, **Anais...** Búzios: ENCAC-ELACAC, 2011.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**, Energy and Buildings 38, 2006, 905–913.
- TREGENZA, Peter; LOE, David. **The Design of Lighting**. London: Spon Press, 1998.
- VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla S. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Geros s/c Ltda., 2001.