

ILUMINAÇÃO NATURAL: COMPARAÇÃO ENTRE PERCEPÇÃO VISUAL E MEDIDAS DINÂMICAS DE AVALIAÇÃO

Fernando O. R. Pereira(1); Raphaela W. Fonseca(2); Letícia N. Moraes(3); Laura G. Rendón(3); Adriane S. Sobreira(3);

(1) PhD, Professor Titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, feco@arq.ufsc.br

(2) Arquiteta e Urbanista, Msc. Doutoranda do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil, raphawf@labcon.ufsc.br.

(3) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Departamento de Pós-Graduação em Arquitetura, leticia@labcon.ufsc.br; laura@labcon.ufsc.br; adriane@labcon.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis-SC
Laboratório de Conforto Ambiental, Tel.: 3721-4974

Resumo

A variação da iluminação natural, por sua característica dinâmica e complexidade, influencia na maneira como o usuário irá perceber visualmente o ambiente ao longo do dia. Como referência de avaliação das condições de iluminação são utilizados valores mínimos de iluminâncias horizontais no plano de trabalho estabelecidos por guias e normas. Entretanto, estes valores correspondem efetivamente à iluminação mínima que satisfaz os usuários? Buscando preencher esta lacuna o objetivo deste trabalho é avaliar se os resultados das medidas de iluminação natural emergentes, estão de acordo com a forma como os usuários avaliam a iluminação no espaço. O método utilizado consistiu em duas etapas. Na primeira etapa, estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, delinearam a área que consideravam bem iluminada de três ambientes. Na segunda, as informações foram compiladas, identificando-se o limite médio das áreas consideradas bem e mal iluminadas. Paralelamente, foram obtidas através de simulação, as medidas de fator de luz diurna, autonomia da luz natural e iluminâncias úteis. A partir dos resultados, foi realizada uma comparação que permitiu identificar quais as medidas de avaliação mais se aproximam da experiência visual. Identificou-se que, de maneira geral, a percepção dos usuários foi mais restritiva que os limites das medidas de iluminação. Este resultado pode ser importante para avaliar a compatibilidade das medidas dinâmicas em relação à apreciação visual.

Palavras-chave: percepção visual, iluminação natural, fator de luz diurna, autonomia da luz natural.

Abstract

The daylighting variation, due to its dynamic characteristics and complexity, has a direct influence in the way user will perceive the environment throughout the day. As a reference for the lighting conditions evaluation, minimum illuminance values established in technical guides and standards are used. However, do these values correspond effectively to the minimum illumination that satisfies the users? Seeking to fill this gap, this paper aims to estimate if the daylight emerging measures results are in accordance to how users evaluate the lighting in the space. The method used consists in two steps. In the first stage architectural and urbanism students at the Federal University of Santa Catarina, intuitively located the boundary of the daylit area. In the second step, the data were compiled, identifying the areas limit average considered well and non daylit. In parallel, there were obtained daylight factor, daylight autonomy and useful illuminance measures. According to the results, a comparison performed allowed to identified which evaluation metrics are closer to the visual experience.

Analyzing the results was found that in general, the occupants' perceptions were more restrictive than the daylight metrics limits. This result could be important for assessing the dynamic measures compatibility regarding to visual perception.

Keywords: *visual perception, daylight, daylight factor, daylight autonomy.*

1. INTRODUÇÃO

No campo da arquitetura, a relação com a luz natural, além de uma necessidade psicológica e simbólica, encontra-se quase sempre ligada à origem das escolhas de composição, sendo elas conscientes ou inconscientes, que determinam as diferentes soluções formais (RUGGIERO, FLORENSA & DIMUNDO, 2009).

Assaf e Pereira (2003) colocam que a técnica de produzir iluminação, tal qual como concebida até o presente, tem sido baseada exclusivamente nos efeitos visuais, sem considerar a sua influência como reguladora neurobiológica. A luz natural possibilita uma significativa variação temporal e espacial de iluminâncias, garantindo condições de iluminação interior com elevados níveis de luz e condições visuais dinâmicas, além de apresentar alto potencial de economia de energia. Segundo Li e Tsang (2008), este fato está levando a um crescimento do interesse pela incorporação de iluminação natural na arquitetura.

Diversos fatores influenciam na caracterização do ambiente iluminado, tais como, a iluminância média, o brilho dos componentes do campo visual, a distribuição da luz, a atividade realizada e as condições do usuário. A caracterização da percepção da iluminação nos ambientes, parte da análise que cada usuário faz sobre a zona que eles consideram iluminada, levando em consideração as características físicas da luz. Além disso, a variação da iluminação natural, por sua característica dinâmica, também pode influenciar na maneira como o usuário irá perceber o ambiente ao longo do dia.

Devido à necessidade de uma análise mais ampla da iluminação, recentemente foram propostas novas medidas de avaliação como uma alternativa às medidas estáticas predominantes no campo de avaliação, Fator de luz do dia (FLD) e as iluminâncias no plano de trabalho (REINHART & FITZ, 2006). As medidas estáticas não consideram a variação da disponibilidade de luz ao longo do dia e do ano e utilizam apenas um céu de referência para os cálculos de iluminação. As novas medidas, tais como Autonomia da Luz Natural – DA (REINHART & MORRISON, 2003), as Iluminâncias Úteis – UDI (NABIL & MARDALJECIV, 2005) e o Percentual de Aproveitamento de Luz Natural (PALN) (SOUZA, 2003) possuem uma característica mais dinâmica, por considerarem a variação da luz natural segundo a latitude e distribuição temporal da disponibilidade da luz natural ao longo do dia e do ano, considerando informações climáticas.

Dentre as medidas dinâmicas de desempenho, a Autonomia da Luz Natural - DA é definida como a percentagem das horas ocupadas por ano, nas quais um nível de iluminância pode ser mantido apenas pela iluminação natural. Outra medida é a Iluminância Útil da Luz Natural - UDI, introduzida por Nabil & Mardaljevic (2005, 2006). É dada pela frequência de ocorrência da iluminância de acordo com faixas pré-estabelecidas. Considera três faixas, limitadas por valores de iluminâncias estimados a partir estudos sobre conforto humano em espaços iluminados pela luz natural, definindo limites de iluminação superior e inferior a uma faixa considerada útil, de 100lux e 2000lux.

Em pesquisa sobre a satisfação do usuário relacionada à iluminação natural em bibliotecas, Kilic e Hasirci (2011) confirmaram a preferência do usuário por áreas iluminadas naturalmente. Adicionalmente, foi encontrada uma forte relação entre a quantidade de

iluminação natural e o tempo que o usuário passa em um mesmo local da biblioteca. Reinhart e Weissman (2012) realizaram um estudo em que estudantes definiram a área que consideravam bem iluminada naturalmente no Carpenter Center da Universidade de Havard. A percepção dos estudantes foi comparada com medidas estáticas, dinâmicas e regras empíricas de iluminação além de limites da certificação LEED. Os resultados mostraram que as medidas DA e a “*rules of thumbs*”, foram as medidas de desempenho que mais se aproximaram das percepções visuais dos estudantes. Reinhart e Wienold (2011) propõem uma definição híbrida para a iluminação natural que condiz com o que se espera de projetos que tiram partido desta fonte de luz - um espaço que é essencialmente iluminado naturalmente deve também combinar elevada satisfação dos ocupantes considerando conforto visual e térmico com baixo consumo energético.

Este trabalho visa avaliar os níveis apropriados de iluminação, buscando traçar um panorama de como medidas de iluminação natural podem representar a percepção do usuário de um ambiente luminoso. Esta pesquisa faz parte de um projeto internacional denominado “Daylit Area Study (Part II): Comparing Student Assessments to Emerging Daylighting Metrics”, coordenado por Christoph Reinhart e Dan Weissman.

2. OBJETIVO

Avaliar se os resultados das medidas de iluminação natural emergentes estão de acordo com a forma como os usuários avaliam a iluminação no espaço.

3. MÉTODO

3.1. Percepção dos estudantes

Durante o final do mês de abril, 30 estudantes de duas turmas da disciplina de iluminação, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil, foram requisitados para fornecer sua percepção visual sobre a iluminação natural em três salas do prédio onde o curso é desenvolvido.

Solicitou-se aos alunos que dividissem, segundo a sua própria percepção, o plano do piso em duas partes: áreas consideradas bem iluminadas naturalmente e mal iluminadas naturalmente. Como condição, para ser bem iluminada, os níveis de iluminação natural deveriam ser considerados adequados e com boa distribuição espacial.

3.1.1. Salas selecionadas

As salas selecionadas para a realização do estudo localizam-se no primeiro e segundo pavimento do prédio da arquitetura. O entorno do prédio não possui obstruções próximas e suas salas são voltadas para uma circulação externa.

A sala ARQ 05 possui uma área de 57,36m² e a sala ARQ 08 apresenta 56,96m²; ambas situam-se no segundo pavimento. Já a sala do Atelier, possui uma área total de 93,24 m² e encontra-se no último andar, possuindo um pé-direito duplo com o mezanino. Todas as aberturas de todas as salas são orientadas a Sudoeste.

3.2. Simulação dos modelos

Para avaliar a iluminação natural, foram feitas simulações computacionais no programa DAYSIM 3.0, obtendo-se as medidas de FLD, DA e UDI, de cada sala. Foram adotados as

iluminâncias médias mínimas de 500 lux, 300 lux e 200 lux para o cálculo de DA, de acordo com a norma NBR 5413 para ambientes de salas de aula. Na ausência de referências que apontem o limite adequado para a porcentagem de horas de DA e UDI necessárias para que um ambiente seja considerado bem iluminado naturalmente, foram adotados os limites de 50% e 75%. Espera-se que os resultados possam ser um indicativo da porcentagem mais representativa da percepção visual da iluminação natural.

Posteriormente, foram modelados separadamente, no programa Sketch Up Pro 8.0, os três ambientes, com as características dos materiais e orientação própria. Para a simulação, foi definida uma malha de pontos equidistantes de 15 cm, o que permitiu uma boa resolução dos resultados. Foram utilizados os dados climáticos de Florianópolis.

3.3. Tratamento dos dados

Os dados obtidos através do estudo de percepção realizado, foram digitalizados e transferidos para o programa computacional AutoCAD. As linhas divisoras traçadas pelos alunos foram sobrepostas à planta dos espaços previamente desenhadas no mesmo programa. A partir das linhas traçadas por cada aluno, procedeu-se à identificação e ao traçado das linhas médias.

Em um segundo momento, os valores de FLD, DA e UDI, dos três ambientes simulados, foram plotados, utilizando-se o programa Winsurf. Adicionalmente, foram calculados os limites sugeridos segundo regras empíricas (*rules of thumb*), de acordo com Reinhart e Weissman (2012). Finalmente, foi identificada a linha limite para cada medida de acordo com os valores da Tabela 1.

Medida	Percentual de atendimento	Iluminação
FLD	-	2%
DA	50%	200lux
	75%	300lux
		500lux
UDI	50%	100-2000lux
	75%	
Regras Empíricas	-	-

Tabela 1 – Limites das métricas de iluminação natural.

Os gráficos das medidas de FLD, DA e UDI foram sobrepostos aos das percepções dos alunos, possibilitando a comparação das áreas consideradas bem e mal iluminadas. Com isto, viabilizou-se a observação de quais medidas, considerando determinados limites, mais se assemelhavam às condições de iluminação percebidas pelos estudantes.

4. RESULTADOS

Os resultados do presente trabalho podem ser úteis para se aferir a confiabilidade das medidas dinâmicas em relação à percepção visual, caracterizando assim a relação entre a sensação de apreciação visual do usuário com os resultados do comportamento dinâmico obtidos através de simulações. Visando possibilitar a comparação entre a área considerada bem iluminada, caracterizada através das medidas de iluminação e pela percepção visual dos estudantes, a Tabela 2 apresenta os valores em percentual com relação à área total dos ambientes.

		% EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL			
		Sala ARQ 08	Sala ARQ 05	Atelier	Mezanino
Percepção		44,47	40,53	33,73	23,72
FLD	>2%	0,14	53,65	100,00	100,00
DA	50%	200 lux	50,01	100,00	100,00
		300 lux	34,18	100,00	100,00
		500 lux	16,53	79,75	100,00
	75%	200 lux	37,58	100,00	100,00
		300 lux	21,70	92,61	100,00
		500 lux	2,46	62,36	100,00
UDI	50%	100-2000 lux	94,33	84,48	94,58
	75%	100-2000 lux	69,86	82,48	32,01

Tabela 2 – Área bem iluminada em relação à área total.

4.1. Sala ARQ 08

Esse ambiente possui características singulares, que proporcionam uma iluminação diferenciada dos demais ambientes estudados. Suas janelas possuem uma película que reduz consideravelmente a quantidade de luz que penetra no ambiente. A janela ao lado da porta foi desconsiderada, visto que ela encontra-se revestida com uma película opaca, não permitindo assim qualquer entrada de luz.

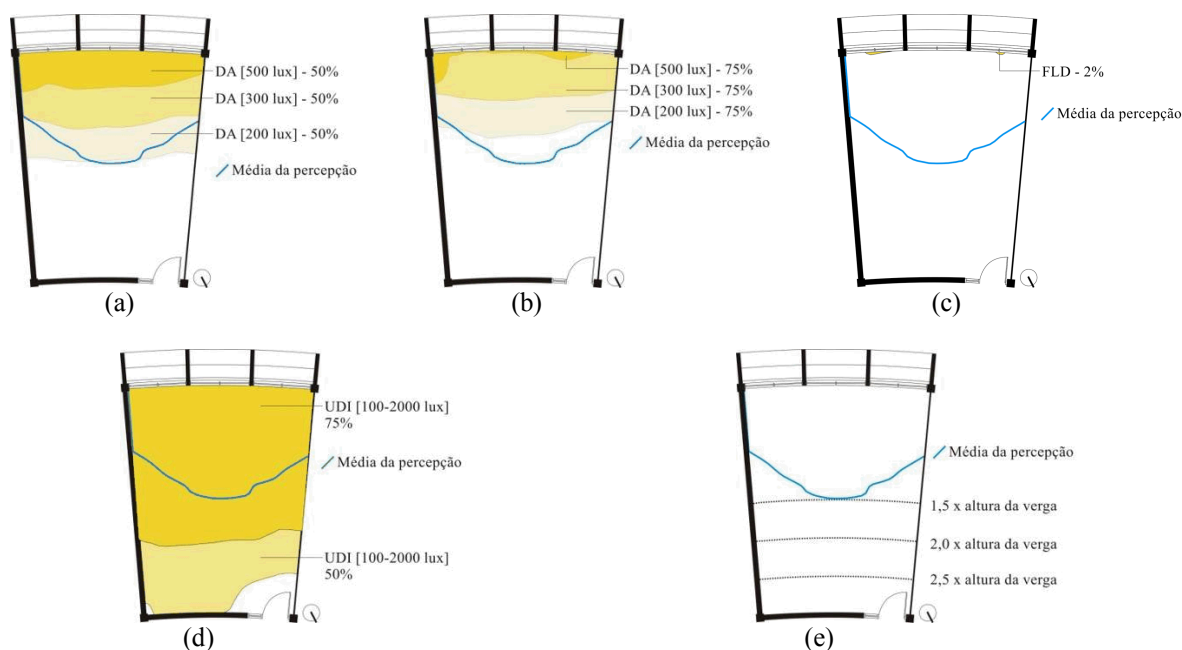


Figura 1 - Comparação entre média da percepção, medidas de iluminação DA, FLD e UDI e regras empíricas.

Na análise desse ambiente, percebe-se que a linha média da percepção visual encontra-se mais próxima da linha de 50% e 75% de DA para 200lux, com aproximadamente 6,9% e 5,5% de diferença entre as respectivas áreas, Figuras 1(a) e (b). O FLD mostrou-se a medida mais restritiva, seguido do limite de 75% de DA para 500lux, com 44% de diferença entre as áreas, Figuras 1(c) e (b). Por outro lado, a média da percepção dos alunos mostrou-se significativamente mais restritiva que os limites de UDI tanto para 50% como para 75%, Figura 1(d). A área demarcada pelos alunos é a metade da área para 50% de UDI e ¼ da área para 75% de UDI. Já quanto aos limites sugeridos por regras empíricas, o limite de 1,5x a

altura da verga se aproxima do limite da percepção dos alunos apenas no centro da sala, enquanto que os demais limites não representaram adequadamente a linha de percepção, Figura 1(e).

4.2. Sala ARQ 05

Na comparação das medidas de iluminação com a percepção dos alunos, o limite para 75% de DA para 500 lux e o FLD foram os que mais se aproximaram, com área 13% e 22% maior, respectivamente, Figuras 2(b) e (c). As manchas de 50% de DA para 500 lux e 75% de DA para 300 lux se assemelham à dos estudantes quanto a forma, entretanto assumem áreas significativamente maiores, 40% e 52% respectivamente, Figuras 2(a) e (b).

Os limites de iluminância útil, apresentaram a semelhança de excluir a área próxima a janela da seleção da área bem iluminada, entretanto superestimou a área percebida como iluminada, Figura 2(d). A diferença entre a área de 50% de UDI e a percepção dos estudantes foi de 51%, enquanto que para 75% de UDI foi de 42%, Figura 2(d). No caso das regras empíricas, nenhuma das distâncias adotadas foi representativa da percepção dos alunos, Figura 2(e).

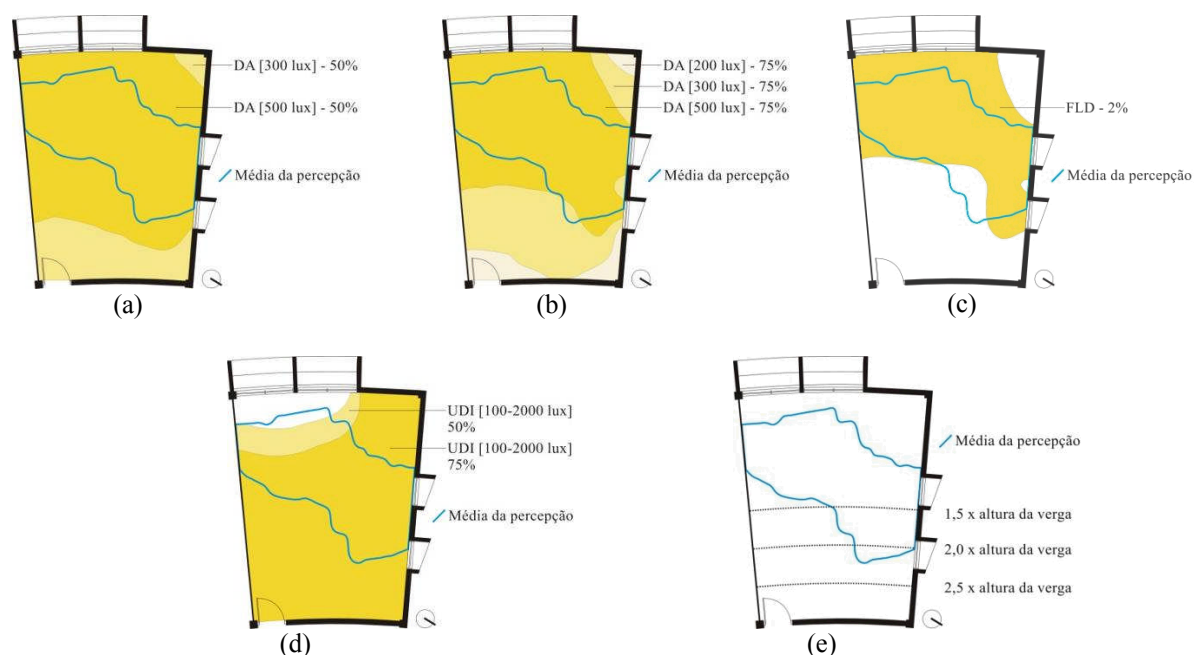


Figura 2 - Comparação entre média da percepção, medidas de iluminação DA, FLD e UDI e regras empíricas.

4.3. Atelier

Por se encontrar no último pavimento, esse espaço sofre influência de aberturas zenitais. O atelier é o espaço mais iluminado naturalmente de acordo com todas as medidas, entretanto a percepção dos alunos não condiz com os resultados simulados, como mostram as Figuras 3(a) a (d). Da mesma forma, os limites estipulados pela regra empírica superestimaram a área considerada bem iluminada, se comparadas ao limite da percepção dos estudantes, Figura 3(e).

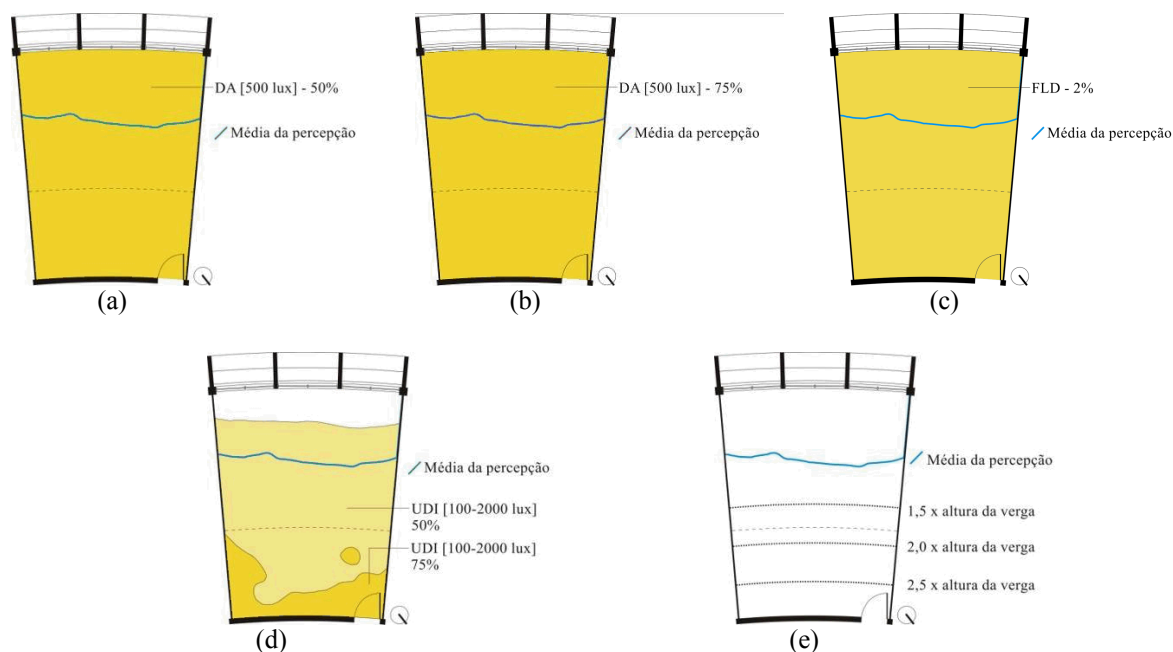


Figura 3 - Comparação entre média da percepção, medidas de iluminação DA, FLD e UDI e regras empíricas.

4.4. Mezanino

Por se tratar de um ambiente integrado ao Atelier, esse espaço também sofre influência de aberturas zenitais. Da mesma forma que no Atelier, o Mezanino apresenta todas as áreas referentes às medidas simuladas sensivelmente superiores à área percebida pelos estudantes, Figuras 4(a) a (d). Assim, nenhuma medida pode ser considerada representativa da percepção visual de iluminação. Quando comparada aos limites da regra empírica, o limite da percepção dos estudantes também foi mais restritivo, aproximando-se da marca de 1,5 x a altura da verga, Figura 4(e).

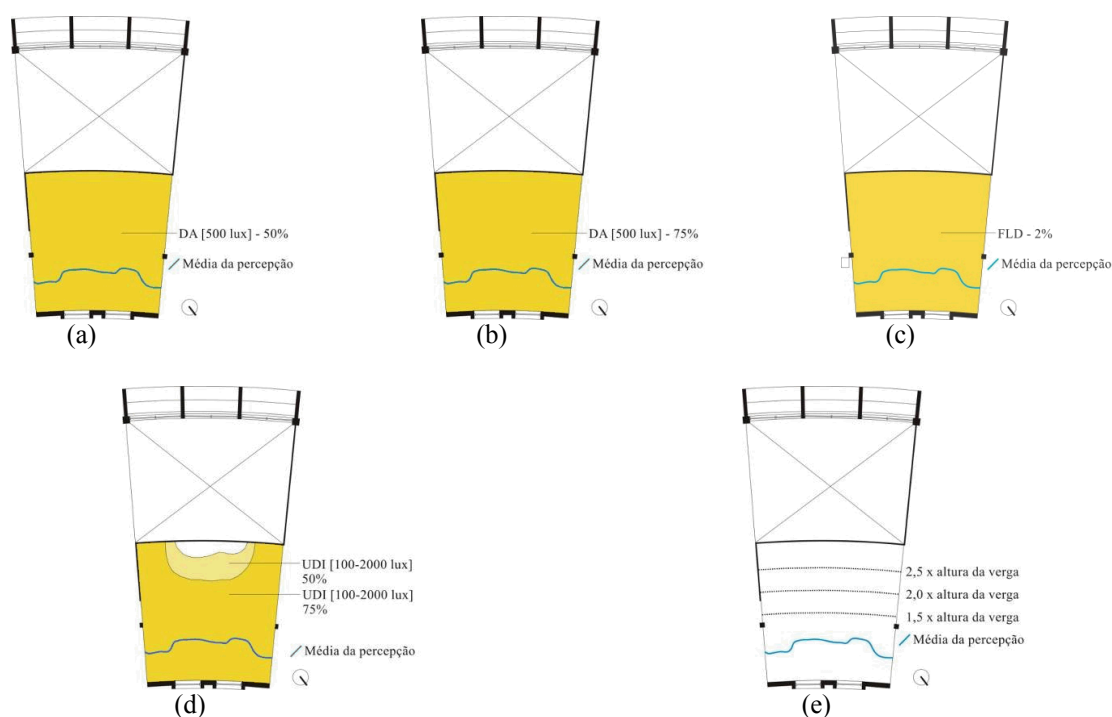


Figura 4 - Comparação entre média da percepção, medidas de iluminação DA, FLD e UDI e regras empíricas.

5. CONCLUSÕES

A conscientização da importância do uso da iluminação natural reforça-se através de duas vertentes, a que considera atributos qualitativos, como a satisfação do sistema biológico humano, a qualidade de reprodução de cores e o dinamismo do ambiente luminoso, e a quantitativa, que enxerga nesta fonte de luz uma possibilidade de poupança de energia elétrica.

Baseando-se nos resultados obtidos na comparação entre as percepções visuais identificadas através do desenho pelos estudantes e as medidas estáticas e dinâmicas, bem como os limites das regras empíricas, algumas conclusões podem ser elaboradas. Com exceção dos limites de DA e FLD para a Sala ARQ 08, todas as outras medidas, em todas as salas foram menos restritivas que a percepção dos alunos. Esses resultados indicam que os valores mínimos estabelecidos na norma NBR 5413 para salas de aula, podem não representar adequadamente a expectativa do usuário com relação à iluminação natural.

Constatou-se que na Sala ARQ 05 a percepção visual ocorreu mais próxima dos resultados das simulações. Observando o conjunto de resultados, ainda se pode afirmar que as linhas limites das percepções dos estudantes foram mais coerentes na forma da área iluminada, porém com grandes diferenças na intensidade com que a iluminação é percebida. Possivelmente a presença de aberturas em paredes adjacentes resultou em uma distribuição mais marcada da iluminação, influenciando na forma de perceber os gradientes de iluminação.

As regras empíricas estabelecem como limite para ambientes com proteções solares, duas vezes a altura da verga, entretanto, baseado nos resultados obtidos referente à percepção dos alunos o limite de uma vez e meia a altura da verga foi mais representativo.

No presente estudo, estas considerações são relevantes na medida em que estes estudantes, assim como futuros profissionais de arquitetura, serão os responsáveis pelo projeto das edificações, e consequentemente pelo projeto de iluminação. Uma particularidade desta pesquisa, é que a familiarização com as medidas dinâmicas poderá preparar estes futuros profissionais a projetar de acordo com estas novas medidas na medida em que elas forem adotadas por códigos, normas e certificações.

Além disso, os resultados enfatizaram que a percepção visual é influenciada por outros fatores, tanto físicos quanto psicológicos, que não somente níveis de iluminação. A distribuição de luminâncias no campo visual é um fator que pode afetar diretamente a maneira como o usuário percebe o ambiente iluminado. O fato dos ambientes utilizados nesta avaliação possuírem grandes aberturas e assim maior exposição ao ambiente externo, pode justificar a discrepância entre os resultados das percepções e os simulados. Embora os ambientes possuam acabamento em cores claras, o contraste com as altas luminâncias externas fazem o ambiente interno parecer mais escuro.

Uma recomendação para trabalhos futuros é determinação de um tempo mínimo de permanência dos estudantes no ambiente antes de dar início ao exercício de percepção, de forma a reduzir os impactos provenientes da transição do espaço externo para o interno. Baseado nos resultados obtidos para a Sala ARQ 08, onde apesar de toda a área possuir autônias de luz natural acima de 75%, recomenda-se que na condução do exercício seja dada a opção do aluno achar o ambiente bem ou mal iluminado em sua totalidade. Acredita-se que neste ambiente, os alunos podem ter sido induzidos a identificar uma linha limite pelo enunciado do exercício.

É importante ressaltar que os resultados deste estudo representam a percepção de um determinado grupo, em um determinado local. A aplicação deste estudo em outra amostra de

peçoas e de espaços pode gerar resultados diferentes. Entretanto, este estudo é válido na medida que traz uma discussão de que apenas iluminâncias mínimas não são suficientes como parâmetro para a determinação de espaços bem iluminados. Além disso, este trabalho surge como um incentivo no estudo das medidas dinâmicas de iluminação natural.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5413: Iluminância de Interiores. Inmetro: ABNT. Rio de Janeiro, 1991. 13p.
- ASSAF, L. O.; PEREIRA, F. O. R. Perspectivas de la eficiencia energética en la iluminación: desafíos para el desarrollo. In: VII ENCAC - Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III COTEDI - Conferência Latino Americana sobre Conforto e Desempenho Energético nas Edificações, Curitiba. Anais... Curitiba, 2003. p. 00-00.
- KILIC, D. K.; HASIRCI, D. Daylighting concepts for university libraries and their influences on user's satisfaction. *The Journal of Academic Librarianship, Turkey*, v. 37, p.471-479, dez. 2011
- LI, D. H. W.; TSANG, E. K. W. An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong. *Building and Environment*, v.43, n.9, p.1446-1458, set. 2008.
- MOORE, F. Concepts and practice of architectural daylighting. New York: Van Nostrand Reinhold. 1991.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research & Technology*, v.37, n.1, p.41-59, 2005.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, v.38, n.7, p.905-913, 2006.
- REINHART, C. F.; FITZ, A. (2006): Findings from a survey on the current use of daylight simulations in building design. *Energy and Buildings*, (38):824-835.
- REINHART, C. F.; WEISSMAN D.A. The daylight area – Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. *Building and Environment*, v.50, p 155-164, 2012.
- REINHART, C. F.; WIENOLD, J. The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylight spaces. *Building and Environment*, v.46, n.2, p.386-396, 2011.
- RUGGIERO, F.; FLORENSA, R. S.; DIMUNDO, A. Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort. *Building and Environment*, v.44, n.9, p.1886-1891, 2009.
- REINHART, C. e MORRISON, M. The lightswitch wizard – reliable daylight simulations for initial design investigation. *Building Simulation*. Eindhoven, The Netherlands, 2003. 1093-1100 p.
- SOUZA, M. B. Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica. 2003. 208p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.