

ESTUDO DO CONFORTO LUMÍNICO PARA UMA SALA DE AULA DO CÂMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ-PR.

ERIVELTO ALVES PRUDENCIO¹, TATIANA MAYUMI TAMURA¹, HUMBERTO ANTONIO BACHETE DA CONCEIÇÃO¹, PAULO FERNANDO SOARES², PAULA SILVA SARDEIRO VANDERLEI²

¹Mestrado em Engenharia Urbana - Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá; ²Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Maringá.

*E-mail do autor correspondente: erivelto.geo@gmail.com

RESUMO: A iluminação é uma condição indispensável para o uso de uma edificação e promoção do conforto do ambiente construído. Em ambientes escolares essa condição assume relevante destaque, que pode contribuir para que nestes locais seja propício o estudo e a construção do conhecimento. Assim, este artigo objetiva apresentar o nível de conforto lumínico numa sala de aula universitária utilizando como referência a NBR 15.215/2005 a qual estabelece o método de avaliação. Desta forma foi possível determinar que a referida sala de aula apresente locais escuros e com excesso de luz em 75% do ambiente com amplitude lumínica de 860 lux.

Palavras-chave: iluminância, sala de aula, conforto lumínico.

STUDY OF COMFORT FOR LUMINAL A CLASSROOM CAMPUS HEADQUARTERS STATE UNIVERSITY MARINGÁ-PR.

ABSTRACT: The lighting is a prerequisite for the use of a building and promoting the comfort of the built environment. In school environments this condition assumes highlight relevant, which may contribute to these sites that is conducive to study and construction of knowledge. Thus, this article presents the comfort level luminic a university classroom using as reference the NBR 15.215/2005 which establishes the method of evaluation. Thus it was possible to determine that this classroom has a dark and light in excess of 75% of the luminous environment with amplitude of 860 lux.

Keywords: illuminance, environment, comfort luminic.

INTRODUÇÃO

Entre os muitos fatores que influenciam os processos de aprendizagem, os que estão relacionados às condições ambientais têm um papel determinante (BERTOLOTTI, 2006). Neste sentido, BOYCE *et al.* (2003), afirma que a realização de tarefas limitadas pela visibilidade é determinada pelos estímulos proporcionados

pelo sistema de luz do ambiente e o sistema visual do indivíduo. A autora continua, afirmando que a luz do dia não é melhor que a luz elétrica, porém, a luz do dia tem maior probabilidade de maximizar a visão se comparado à maioria das formas de iluminação elétrica.

A luz pode ser definida como qualquer radiação capaz de causar uma sensação visual, cuja fonte natural é estabelecida pelo Sol, e as lâmpadas são consideradas fontes artificiais comuns (SILVA, 1992). Assim, avaliar o conforto lumínico de uma sala de aula é objeto de diversos estudos acadêmicos e de desenvolvimento de projetos arquitetônicos em diversos países.

O conhecimento dos problemas oriundos de edificações que não oferecem qualidade de iluminância, em diferentes climas e períodos de luz solar, orientação predial, disponibilização de janelas e materiais utilizados na construção, dentre outros fatores, permitem aplicar maiores cuidados na elaboração de projetos para ambientes futuros e avaliar, diagnosticar e recuperar possíveis falhas em projetos. Além disso, é importante considerar que 80% das informações que percebemos pelos sentidos, advêm da visão e notam-se problemas na maioria das escolas públicas no Brasil por não oferecer condições de conforto (PEREIRA *et al.*, 2012). Desta forma, na Universidade Estadual de Maringá que possui edificações de diferentes décadas, adotou-se no Bloco D67, uma sala de aula no segundo andar para caracterização e medição dos níveis de iluminância no período da manhã, como objeto deste estudo.

A principal função da edificação, escolar ou não escolar, é propiciar a seus usuários proteção e conforto para o desenvolvimento de suas atividades (OCHOA *et al.*, 2012).

Diversos estudos constataram que a produtividade e a qualidade do trabalho realizado estão diretamente ligados com as boas condições do ambiente (COUTINHO FILHO *et al.*, 2007).

Aliado ao conforto térmico, TSANG (2008) afirma que uma adequada iluminação natural não apenas fornece uma conexão com o ambiente externo, como também garante um nível de iluminância adequada, com alta uniformidade, além de oferecer oportunidade para economia de energia. Dentro desta perspectiva, GOMES *et al.* (2013), afirma que a iluminação elétrica tornou-se de tal forma importante, que após ser difundida globalmente no século XX, tornou-se essencial em praticamente todos os ambientes de trabalho.

As atividades produtivas humanas são, em sua maior parte, tarefas visuais que necessitam de quantidade e qualidade de iluminação (BONATES *et al.*, 2012). Conseqüentemente, os espaços construídos têm como função primordial o atendimento às necessidades humanas relativas à moradia, trabalho, lazer, ou seja, atendimento a todo cotidiano da vida humana (NUNES *et al.*, 2007). Esse mesmo autor destaca ainda, que o conforto visual, térmico, ambiental de uma edificação, destinadas a salas de estudos, de trabalho, anfiteatros, teatros, etc, devem acompanhar padrões técnicos de modo a proporcionar um ambiente confortável aos aspectos sensoriais humanos. Se considerarmos que estamos em contato direto com o ambiente construído devemos almejar que este nos garanta condições



mínimas de bem-estar a fim de que o desempenho de nossas funções sejam desenvolvidas com conforto (PEREIRA, 2012).

Nisto se configura a eficiência e o conforto do ambiente de estudos ou trabalho e esta eficiência está ligada à satisfação do usuário com o ambiente (SILVA, 2009)

Os ambientes construídos se tornaram espaços de extensão das atividades humanas que vão além da função de abrigo (DALVITE *et al.*, 2007).

A importância de se dimensionar a iluminação natural nesses ambientes têm se concentrado no aspecto da redução do consumo de energia elétrica para a iluminação e, conseqüentemente, da carga térmica destes edifícios (BERTOLOTTI, 2006).

O conceito de conforto térmico relaciona-se à sensação de bem-estar do ser humano diante de suas atividades de qualquer ordem (estudos, lazer, trabalho, etc.) nos locais onde são executados (DALVITE *et al.*, 2007).

O autor continua, afirmando que isto é importante, pois os espaços construídos devem ter a função de atender às necessidades humanas relativas à moradia, trabalho, lazer, estudos, etc

Desta forma o tema da percepção da luz reflete o entendimento de que os espaços projetados são para atender às exigências do ser humano quanto ao conforto luminoso.

O crescente aumento de atividades produtivas do ser humano, seja para trabalho, estudos, etc, faz com que a exigência do conforto ambiental seja fator relevante na concepção de

projetos arquitetônicos (BONATES *et al.*, sem ano). DALVITE (2007), afirma que o conceito de conforto relaciona-se com a sensação de bem-estar do ser humano frente a uma determinada situação, tipo de atividade e local onde se encontra e, além disso, o desempenho humano para o desenvolvimento de suas atividades está ligada diretamente às condições de conforto lumínico oferecida num determinado ambiente (PIZARRO, 2005).

Isto posto, trabalhos que consistem em analisar o ambiente escolar, seja ele nos diferentes níveis de desenvolvimento, faz-se necessário aproximar o quanto for possível, projetos que permitam a construção de espaços visando o uso racional da energia e que ao mesmo tempo, promovam o bem estar aos usuários para bem desenvolver suas tarefas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local determinado para a realização deste trabalho foi Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá, Bloco D67, Sala 210.

Foram estabelecidas medições de iluminância com base na direção da fachada do ambiente, bem como da área do local, determinando a largura e comprimento da sala de aula em estudo.

Primeiramente utilizou-se aparelho GPS Garmin Oregon 550 para definir a direção a qual estava voltada a fachada do recinto, bem como azimute de referência àquela coordenada local. Após a determinação da direção da fachada, seguiu-se a medição da largura e comprimento,

bem como a área da sala em questão. Para isto, utilizou-se trena laser Leica Disto D3a, de máximo alcance igual a 100m, e precisão de 1.0mm. Para a medição dos dados de iluminância utilizou-se o equipamento Luxímetro L200.

Desta forma e com as informações da área em questão, podemos aplicar o que determina a Norma Técnica NBR 15215-4/2005 a qual estabelece o que segue: 1. Plano horizontal para medição a 0.75m do piso; 2. Tempo de medição da fotocélula de aproximadamente 5 minutos antes da primeira leitura e 3. Determinação do número mínimo de pontos necessários para medição do nível de IN com erro inferior a 10% (determinação de K) cuja fórmula é $K = \frac{C \times L}{Hm (C+L)}$. Onde: **L** = Largura do ambiente (m); **C** = Comprimento do ambiente (m) e **Hm** = distância vertical em metros entre a superfície de trabalho e o topo da janela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da sala de aula - A Sala 211, do Bloco D67, no Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá, foi caracterizada com as seguintes características: Orientação: Norte; Superfícies: do Teto - branca; da Parede Oposta ao Acesso - com tijolo vermelho e Piso- cinza. Dimensões: 5,9 X 9,8m; Janela: com vidro incolor, simples de 3mm de espessura e duas Portas: 0,98 X 2,04m.

Cálculo do número mínimo de pontos (valor K) - Para este item, utilizou-se o método

constante à NBR15215-4/2005, que estabelece os valores de K (Tabela 1) relacionados à quantidade de pontos a serem aplicados no recinto. E aplicando-se a fórmula para **K**, obteve-se o valor **K=1,869**, levando a 16 pontos de amostragem.

Tabela 1. Quantidade mínima de pontos a serem medidos (Fonte: NBR 15215-4)

K	Nº de pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 2$	36

Aplicando o valor encontrado para a sala de aula em estudo, elaborou-se a quantificação das áreas dos pontos a serem medidos (Figura 1).

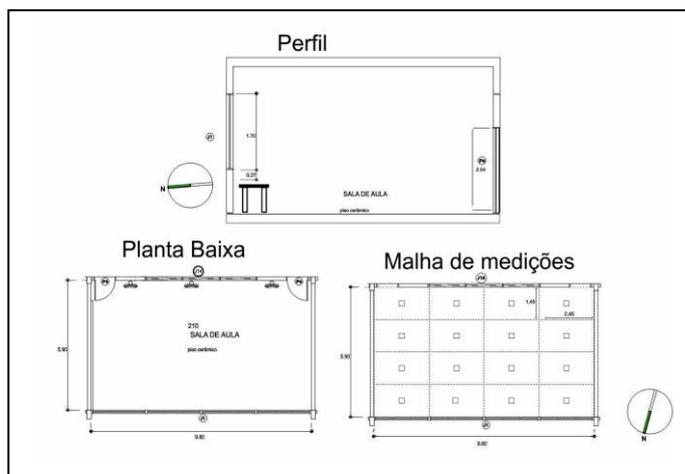


Figura 1. Croqui da sala de aula em estudo com divisão dos pontos de medição.

As medições dos dados de iluminância apresentaram os seguintes valores, apresentados na Tabela 2, para os 16 pontos de amostragem.

Tabela 2. Valores da medição nos 16 pontos amostrados, para duas situações, com iluminação e sem iluminação (apenas com luz natural).

porta	quadro branco				Z
corredor	201/421	322/588	629/861	1060/1173	Janela externa Lux Externo: 8400
	240/493	375/662	668/917	1031/1247	
	242/468	333/619	587/903	1061/1330	
porta	229/450	314/579	510/772	961/1177	

[Sem iluminação (luz natural) / Com iluminação]

No dia e horário da medição, havia uma lâmpada queimada sobre a linha 1 e coluna 4 (1060/1173) e o lux externo apresentou valor de 8.400 lux, na escala 20.000 com Azimute igual a 75,12° e altura solar das medições realizadas as 10h : 60°.

Comparativo dos resultados com a NBR5413 - A Norma Técnica Brasileira 5413 (NBR5413) estabelece os valores de iluminância média mínimas em serviço para iluminação composta em interiores para atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras (NBR5413). Sendo assim, a área de estudo refere-se a um recinto utilizado como sala de aula universitária, cujos valores comparativos estabelecidos pela referida norma técnica definem os padrões: Salas de aula - 200 – 300 – 500 (valores em lux).

Conforme a norma técnica em questão, os valores são admitidos da seguinte forma: - **5.2.4.2O valor mais alto, das três iluminâncias, deve ser utilizado quando:** a) a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos; b) erros são de difícil correção; c) o

trabalho visual é crítico; d) alta produtividade ou precisão são de grande importância; e) a capacidade visual do observador está abaixo da média. Nota: Como exemplo de precisão, pode-se mencionar a leitura simples de um jornal versus a leitura de uma receita médica, sendo a primeira sem importância e a segunda crítica. E ainda: - **5.2.4.3 O valor mais baixo, das três iluminâncias, pode ser usado quando:** a) refletâncias ou contrastes são relativamente altos;b) a velocidade e/ou precisão não são importantes;c) a tarefa é executada ocasionalmente.

Comparativo dos resultados com a NBR5413 com luz natural - Observando-se os valores de iluminância com luz natural, a sala de aula em estudo apresentou valor mínimo observado na porção Sul de 201 lux e máximo de 242 lux. Para a porção Norte, neste setor observou-se valor mínimo de 961 lux e máximo de 1.061 lux (Figura 2).



Figura 2. Sala de aula com luz natural e parte da malha de barbantes.

Os valores medidos para cada ponto (Tabela 2, em cinza) foram usados para o cálculo

da Iluminância Média e para a Diversidade de Iluminância ($=\text{iluminância máxima} \div \text{iluminância mínima}$) e os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3. Valores encontrados para a Iluminância Média e Diversidade de Iluminância (em lux) para a sala com iluminação natural.

Iluminância Média	547,6
Diversidade de Iluminância	5,27

Comparando-se então a literatura com os valores observados, pode-se notar que a sala de aula em questão apresenta média acima dos valores considerados mais altos para este tipo de ambiente, bem como diversidade de iluminância acima da relação 5:1, ou seja, os valores mínimos são acima de cinco vezes menor que os valores mais altos.

Para os valores de Uniformidade de Luminância, o ambiente com luz natural apresentou uniformidade de 0,36 lux, calculados pela razão $\text{iluminância mínima} \div \text{iluminância média}$.

Comparativo dos resultados com a NBR5413 com luz composta - Observando-se os valores de iluminância com luz composta, a sala de aula em estudo apresenta valor mínimo observado na porção Sul é de 421 lux e máximo de 450 lux. Para a porção Norte, neste setor observou-se valor mínimo de 1173 lux e máximo de 1330 lux. A tabela a seguir apresenta os valores medidos para cada ponto (Figura 3).



Figura 3. Sala de aula com luz composta e parte da malha de barbantes.

Os valores medidos para cada ponto (Tabela 2, em amarelo) foram usados para o cálculo da Iluminância Média e para a Diversidade de Iluminância ($= \text{iluminância máxima} \div \text{iluminância mínima}$) e os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores encontrados para a Iluminância Média e Diversidade de Iluminância (em lux) para a sala com iluminação com luz composta.

Iluminância Média	791,25
Diversidade de Iluminância	3,15

Comparando-se então a literatura com os valores observados, anotamos que a sala de aula em questão apresenta média acima dos valor considerado mais alto para este tipo de ambiente, porém, diversidade de iluminância coerente abaixo da relação máxima de 5:1, ou seja, os valores mínimos são no máximo três vezes menor que os valores mais altos.

Para os valores de Uniformidade de Luminância, o ambiente com luz composta

apresentou não uniformidade de 0,53 lux calculados pela razão iluminância mínima ÷ iluminância média.

Eficiência no emprego da luz composta

- Conforme NBR 5413, o valor médio de iluminância numa sala de aula, para manter nível confortável para a atividade fim destes ambientes é de 300 lux, porém, observamos a média de luminosidade no ambiente com luz composta (natural e artificial), no nível de 791,25 lux. Desta forma, se consideramos a média definida pela norma técnica, a média observada está muito superior à média estabelecida, bem como é superior ao nível máximo de 500 lux para salas de aula utilizadas essencialmente, para leitura e estudos. E com isto, o acréscimo de luminosidade para esta sala de aula é de 37.91%, o que, considerando a Illuminating Engineering Society (IES, 1979), os valores estão acima do que esperado para ambientes destinados à finalidade de estudos.

Características do ambiente relacionada a iluminância – Considerando-se o layout da sala de aula em questão relacionada a iluminância, o ambiente não representa um espaço favorável à diversidade e uniformidade de luminosidade, pois apresenta alguns fatores que interferem na qualidade de luz do ambiente. Os circuitos elétricos e a disposição das luminárias não estão de acordo com a realidade do ambiente encontrada, principalmente se relacionarmos estas observações com a disposição das janelas.

A Figura 4 demonstra o desequilíbrio de luminosidade com iluminação composta, consequência do arranjo técnico mencionado.

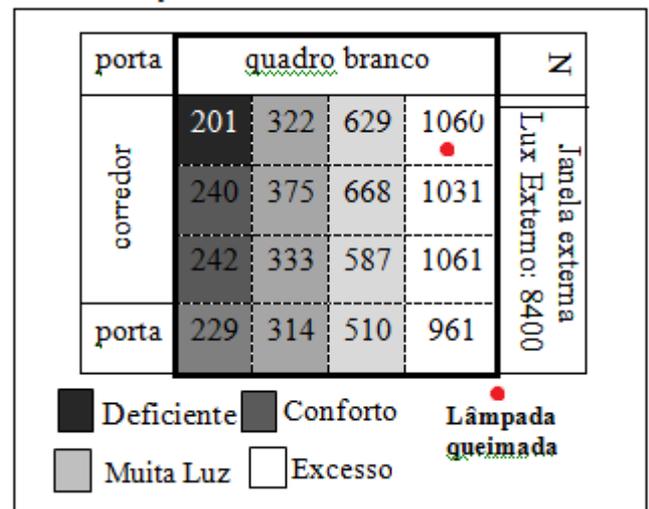


Figura 4. Variância da luminosidade no interior da sala de aula.

O desequilíbrio da iluminação na sala de aula em estudo pode ser identificado na Figura 5, considerando os pontos escuros com alta variância e amplitude lumínica de 860 lux, o que representa um valor muito acima do nível máximo estabelecido pela NBR 5413.

Pode-se concluir que o ambiente estudado apresentou problemas de pouca luminosidade a excesso de luz, o que pode provocar interferência no aprendizado do indivíduo fotossensível, bem como àquele com limitações visuais.

As medidas mitigatórias que poderiam ser adotadas seriam para imprimir alterações importantes em duas resoluções: 1. Deficiência de iluminação na área próxima a parede; e 2. Excesso de luz próxima a janela. Para o primeiro, a ação mais interessante seria adotar lâmpadas mais eficientes para a sala de aula,

bem como no corredor. E considerando o segundo, este requer uma implementação externa de um brise combinado a um quebra Sol do tipo persiana regulável, ou ainda, beiral de comprimento maior, permitindo assim, adequação de luz no ambiente de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15215-4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- BERTOLOTTI, D. Iluminação natural em escolas: o estado atual das pesquisas nos projetos de escolas. Disponível em: http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/Arquivos_Anteriores/Publicacoes_e_Referencias_Eletronicas/Iluminacao_Natural_em_Escolas_Sites_Intersantes.pdf
- BONATES, M. F.; PEREIRA, T. C. B. & SILVA, L. B. Análise da influência do projeto arquitetônico no conforto lumínico: o caso dos ambientes de trabalho de uma imobiliária. Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/analise_da_influencia_do_proje_to_arquitetonico_no_conforto_luminico_o_caso_dos_ambientes_de_trabalho_de_uma_imobiliaria.pdf Acesso em: 30/11/2012
- BOYCE, P., Hunter, C. e Howlett, O. The benefits of daylight through windows. USA Department of Energy - Connecticut Light & Power Company, (2003). Disponível em: http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/Arquivos_Anteriores/Publicacoes_e_Referencias_Eletronicas/The_Benefits_Of_Daylight_Through_Windows.pdf
- CORREIA, D. R. S.; GONÇALVES, Aldo Carlos M.; BASTOS, Leopoldo Eurico Gonçalves. Estudo de iluminação artificial em uma marcenaria. 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia / 4º Fórum Brasileiro de Ergonomia / 2º ABERGO JOVEM/ II Congresso de Iniciação em Ergonomia. Curitiba, 2006.
- COUTINHO FILHO, E F.; SILVA, E. C. S.; SILVA, L. B. da & COUTINHO, A. S. Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa. IX Encontro de extensão / X Encontro de iniciação à docência. João Pessoa - PB, 2007.
- DALVITE, B.; Oliveira D.; Nunes, G.; Perius, M. & Sherer, M. J., 2007. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. Rev. Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v.8, n.1, p. 1-13, 2007.
- PEREIRA, D. A. M. Análise e melhoramento do conforto lumínico de um bloco educacional público. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2012.
- PEREIRA, D. A. M., PEREIRA, F. R. R., SOUSA de, J. E., NÓBREGA da, B. A. B. e ALECRIM, D. A. Conforto lumínico e estresse visual de usuários de um bloco educacional público. VII Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, 2012.
- GOMES, A. A. C.; YAMAMOTO, F. K. A.; MATOS, S. A. M. F. F. & MENZER, R. C. Estudo sobre as condições de iluminação de salas de aula e bibliotecas da UNICAMP. Revista Ciências do Ambiente On-Line, Vol., 9, N. 1, 2013. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/358/284> Acesso em: 30/11/2012
- IES DAYLIGHTING COMMITTEE (1979). Recommended practice of daylighting. Lighting design e application. New York: IES, 1979.
- PIZARRO, P. R. & Souza, L. C. L., 207. Qualificação da iluminação natural em interiores - aplicação das redes neurais artificiais e 3DSkyView. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.7, p.83-96, jan./mar.2007.



SILVA da, H. S. O conforto na arquitetura moderna brasileira. Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo, n. 2, 2009.

SILVA, F. A. G., 1992. Conforto ambiental; iluminação de interiores. João Pessoa: A União, 1992.