

## **AVALIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO DE RECINTOS: MEDIÇÃO DA ILUMINÂNCIA EM UMA SALA DE AULA**

Aline Silva Culchesk (UEM) aculchesk@hotmail.com  
Maílson José da Silva (UEM) mailsoon@hotmail.com  
Henrique Gabriel Rovigatti Chiavelli (UEM) chiavellihenrique@gmail.com

### **Resumo**

A iluminância mede a distribuição de luz sobre uma superfície. Tal distribuição deve ser adequada ao tipo de atividade desenvolvida em um recinto para proporcionar condições de conforto e segurança. A medição da iluminância é feita através da coleta de dados sobre o ambiente, medindo as variáveis do recinto, tais como: comprimento, largura, distância vertical da superfície de trabalho e topo da janela e iluminância de cada ponto considerado. O presente trabalho busca realizar a avaliação de iluminação de uma sala de aula de uma universidade estadual localizada na região sul do Brasil, na cidade de Maringá. A avaliação foi feita no período noturno. Com os resultados obtidos de iluminância em 63 pontos da sala, construiu-se um mapa de níveis de iluminação e calculou-se a iluminância média da sala. Comparando os resultados com a recomendação de iluminância por classe de tarefas visuais, dada pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, concluiu-se que a sala de aula é considerada como um ambiente do tipo A, própria para ser usada em tarefas visuais simples. As medições apontam para a existência de valores abaixo da recomendação para ambientes de escolas, anfiteatros e auditórios, plateia e tribuna. A análise dos resultados indica que é necessário revisar o sistema de iluminação de acordo com as exigências da NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

**Palavras-Chaves:** iluminância, medição de iluminância, condições de trabalho.

### **1. Introdução**

A intensidade de iluminação requerida em um recinto depende da natureza do trabalho ali realizada. Por exemplo, trabalhos que envolvem movimentos mais precisos e delicados requerem um nível de iluminação mais alto que trabalhos com menos movimentos delicados e precisos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Além disso, a iluminação pode ser uma fonte potencial de risco à saúde dos trabalhadores (LECCESE et al., 2017). Embora a legislação brasileira não considere mais a iluminação como fonte de risco físico, seus requisitos são determinados por normas técnicas e pela Norma Regulamentadora NR-17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2007). Além disso, mudanças nos níveis de

iluminância podem ter um efeito estatisticamente significativo na acuidade visual (TIDBURY; CZANNER; NEWSHAM, 2016).

A luz também pode ter efeitos não visuais nas pessoas. Fabio et al. (2015) destacam alguns itens analisados em diversas pesquisas sobre os efeitos não visuais da luz, tais como desempenho cognitivo, estado de alerta, humor, concentração, desempenho no trabalho, memória e conforto. Em especial, a luz natural possui efeitos biológicos no corpo humano, alterando os níveis de cortisol e melatonina conforme o horário do dia (LICHT.DE, 2014).

Dada a importância da iluminação para o bem-estar humano, segurança e produtividade, o objetivo do trabalho é avaliar a iluminação de uma sala de aula de uma universidade estadual localizada na região sul do Brasil, na cidade de Maringá. Para a execução do trabalho de campo e análise de resultados foram consideradas as seguintes definições (SOARES e LISOT, 2011):

- Luz Visível: é medida pelo ritmo e transferência de energia, avaliada em termos do seu efeito sobre o sentido visual humano médio (fluxo luminoso expresso em lúmens);
- Iluminância: distribuição da luz sobre uma superfície em termos de lúmens por unidade de área. A unidade de medida é  $LUX = \text{Lúmens} / m^2$ . Conforme a NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso. A própria Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 destaca os níveis mínimos de iluminâncias estabelecidos por classe de tarefas visuais que devem ser observados em ambientes.

Quadro 1 – Exemplo de Quadro

<b>Classe</b>	<b>Iluminância (lux)</b>	<b>Tipo de atividade</b>
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 – 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 – 75 – 100	Orientação simples para permanência curta
	100 – 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia
Nota: as classes, bem como os tipos de atividades não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividades adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.		

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Para avaliações da iluminância em planos de trabalho deve-se fazer medições em uma quantidade de pontos suficientes para caracterizar adequadamente o local. A Quantidade de Pontos mínimos necessários para verificar o nível de iluminação é determinado a partir da equação (1).

$$K = C \cdot L / Hm \cdot (C + L) \quad (1)$$

Em que: L é a largura do ambiente (m); C é o comprimento do ambiente (m) e Hm é a distância vertical em metros entre a superfície de trabalho e o topo da janela. A tabela 1 destaca a quantidade mínima de pontos a serem medidos. Recomenda-se que para uma melhor caracterização da iluminância do ambiente é necessário sempre aumentar o número de pontos quando possível.

Tabela 1 – Quantidade mínima de pontos a serem medidos

<b>K</b>	<b>N. Pontos</b>
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: Projeto 02:135.02-004 (2003)

A iluminância média ( $\bar{E}$ ) de um ambiente é determinada a partir da equação (2). Representa a média aritmética de todos os n pontos medidos ( $E_n$ ). É importante destacar que a iluminância média caracteriza adequadamente apenas os ambientes iluminados artificialmente ou com iluminação zenital uniformemente distribuída (Projeto 02:135.02-004, 2003).

$$\bar{E} = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n \quad (2)$$

- Luminância: intensidade de luz refletida (ou transmitida) por uma superfície em determinada direção. É uma característica do ambiente que depende da luz que atinge a superfície e é determinada pelas características da superfície como a sua cor e a sua textura.

Foi realizada a medida de iluminância (artificial) de uma sala de aula do Bloco C67 da Universidade Estadual de Maringá para avaliar o conforto visual dos usuários (alunos e docentes) no período noturno.

A coleta de dados foi realizada no período noturno e foram consideradas as recomendações das Normas Técnicas: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013); NBR 5461 (1991), e as informações disponíveis no Projeto 02:135.02-004 (2003) e as notas de aula de Soares e Lisot (2011). Além disso, foi seguido um procedimento que estabeleceu os materiais e métodos que deveriam ser utilizados para a atividade prática.

## 2. Material e método

Para realizar a coleta de dados foi utilizado um luxímetro com foto célula. O monitoramento da sala foi realizado com as luzes acesas e foram medidas nove (9) pontos horizontais, resultantes da divisão equidistante no sentido longitudinal em sete (7) linhas transversais equidistantes. Os procedimentos utilizados foram:

- Com a trena, foram medidos e marcados os pontos de referências que foram monitorados no plano de apoio (suporte de mesa) da cadeira da sala;
- Foi medida a altura (h) do pé direito (médio) da sala de aula;
- Com o equipamento (luxímetro) foi avaliada a iluminação nos pontos (63) selecionados;
- Para a análise dos resultados foi construído o mapa de níveis de iluminação da sala de aula.

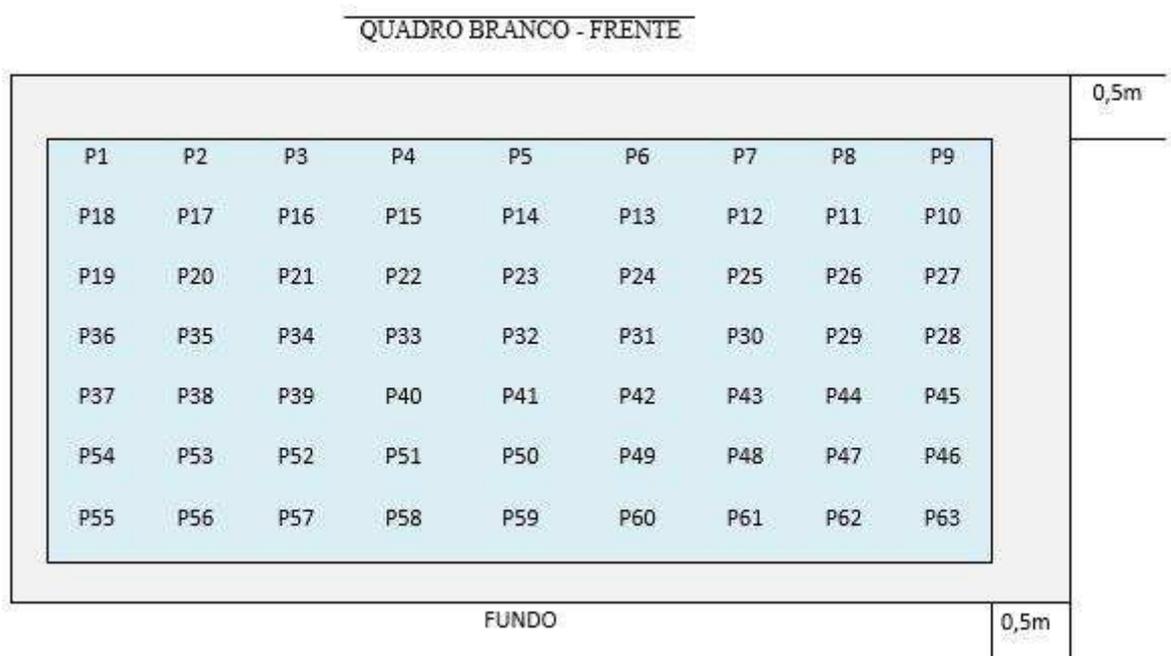
### 3. Resultados e discussão

Para determinar o número de pontos necessários para verificar o nível de iluminação foram considerados as seguintes informações:

- Largura (L) x comprimento (C) x altura – pé direito (h) do ambiente;
- A partir da equação 1 podemos determinar que o número de pontos (K) é igual a sessenta e três pontos (63). Para este caso específico foi desconsiderada um ambiente sem iluminação natural (atividades noturnas) e sem janelas.

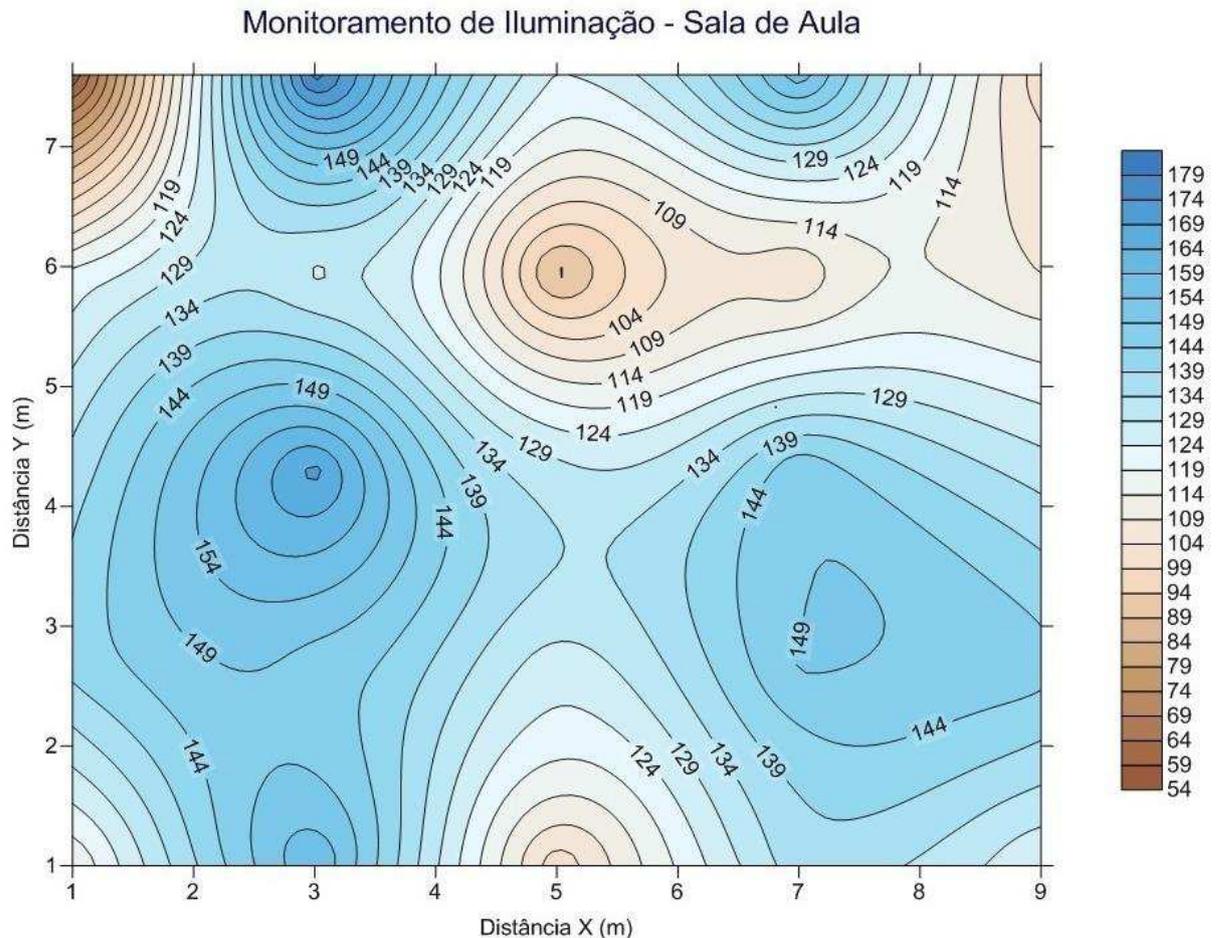
A distribuição do ambiente interno (sala de aula) em áreas com formato próximo a um quadrado é representado na figura 1. Os pontos coletados foram retirados a partir do centro de cada uma das áreas.

Figura 1 – Malha de pontos para medições – sala de aula/bloco C67 - UEM



A figura 2 representa o monitoramento de iluminação realizada na sala de aula. O ponto (1, 7) representa a iluminância da área esquerda – frente da sala de aula e o ponto (9, 7) representam a área do lado direito – frente da sala de aula. A área esquerda – fundo da sala de aula - é representada pelo ponto (1, 1) e o lado direito – fundo da sala de aula é representado pelo ponto (9,1).

Figura 2 - Mapa de Níveis de Iluminação – sala de aula/bloco C67 - UEM



A iluminância média determinada para verificar se são atingidas as condições mínimas necessárias para conforto visual dos usuários foi determinada a partir da equação 2. A análise estatística simplificada demonstra que a sala de aula possui uma iluminância média ( $\bar{E}$ ) de 116,5 Lux. O valor determina que a sala de aula é considerada como um ambiente do tipo A, própria para ser usada em tarefas visuais simples (quadro 1). Os resultados também demonstram que esse nível de iluminância é menor que o recomendado pela ABNT (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013): Escolas (5.3.13) – Anfiteatros e Auditórios: plateia: 150-200-300 e tribuna: 300-500-750. O valor de anfiteatros e auditórios foi considerado para este caso específico devido às características físicas da sala de aula do bloco C67. Assim, medidas como a limpeza de luminárias, tetos e paredes seriam aplicáveis para o ambiente analisado,

pois o pó e a sujeira absorvem certa quantidade de luz (FUNDACENTRO, 2001). Melhorias no nível de iluminação também podem ser desejadas para melhorar o desempenho dos estudantes que utilizam o recinto analisado. Por exemplo, a relação entre desempenho em atividades e iluminação pode ser observada na atividade de diagnóstico de imagens. A literatura mostra claramente que o nível de iluminação do ambiente onde as imagens de exames radiológicos são vistas possui um efeito na eficácia do diagnóstico (BRENNAN et al., 2007).

Destaca-se que outros fatores não foram considerados e que podem influenciar os resultados: tipo de lâmpada, ciclo de vida, voltagem, refletâncias e calibração dos instrumentos utilizados na coleta de dados.

A avaliação da iluminação não pode limitar-se em apenas uma mera comparação de valores locais com o disposto em normas técnicas. Deve-se também considerar as impressões visuais de cada usuário do local. Assim, pode-se aplicar questionários para identificar maneiras mais efetivas para melhorar o conforto (LECCESE et al., 2017). A avaliação pode extrapolar os requisitos gerais determinados na legislação e seguir outros procedimentos para enriquecer a análise (LECCESE et al., 2012). Também, observa-se que o nível de iluminância na sala faz parte de um conjunto de variáveis utilizadas para determinar a qualidade interna ambiental. Seu valor pode afetar o desempenho das pessoas, especialmente no processo de aprendizagem de estudantes. Além da mensuração do nível de iluminância, pode-se medir a temperatura, umidade relativa, concentração de dióxido de carbono, concentração de componentes orgânicos voláteis, partículas de poeira e nível de ruído (JAMALUDIN; MAHYUDDIN; AKASHAH, 2016).

#### **4. Considerações finais**

O espaço avaliado é utilizado para ministrar aulas para alunos de graduação e pós-graduação. Possui uma iluminação distribuída para os usuários localizados na plateia e tribuna. As cores utilizadas nas paredes e teto é branco, piso preto, quadro da cor verde, cadeiras com tecido azul escuro e apoio da cor bege. Tais características físicas influenciam os níveis de iluminância do ambiente.

A atividade prática serviu como mecanismo inicial de verificação das condições de iluminação de um ambiente. Para os usuários é importante atender as normas técnicas visto

que a deficiência na iluminação do ambiente pode desestimular ou afetar o desempenho nas atividades realizadas no recinto / ambiente.

A análise dos resultados indica que é necessário revisar o sistema de iluminação de acordo com as exigências da NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (2013). Recomenda-se também realizar uma nova avaliação mais detalhada, visto que nesta atividade prática não foram avaliadas a influência de outros fatores: tipo de lâmpada, ciclo de vida, voltagem, refletâncias e calibração dos instrumentos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 5461**: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **Projeto 02:135.02-004**. Iluminação Natural – Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: Método de Medição. ABNT, 2003; 13p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 - Ergonomia**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>> Acesso em: 22 dez 16.

BRENNAN, Patrick C. et al. Ambient Lighting: Effect of Illumination on Soft-Copy Viewing of Radiographs of the Wrist. *American Journal Of Roentgenology*, [s.l.], v. 188, n. 2, p.177-180, fev. 2007. **American Roentgen Ray Society**. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.05.2048>.

FABIO, Bisegna et al. Non Visual Effects of Light: An Overview and an Italian Experience. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 78, p.723-728, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.080>.

FUNDACENTRO. **Pontos de Verificação Ergonômica**: soluções práticas e de fácil aplicação para melhorar a segurança, a saúde e as condições de trabalho. São Paulo: Fundacentro, 2001.

JAMALUDIN, Nurul Malina; MAHYUDDIN, Norhayati; AKASHAH, Farid Wajdi. Assessment of Indoor Environmental Quality (IEQ): Students Well-Being in University Classroom with the Application of Landscaping. **Matec Web Of Conferences**, [s.l.], v. 66, p.1-7, 2016. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20166600061>. Disponível em: <[http://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/29/mateconf\\_ibcc2016\\_00061.pdf](http://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/29/mateconf_ibcc2016_00061.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2016.

LECCESE, F. et al. Lighting of indoor work places: risk assessment procedure. **Risk Analysis** Viii, [s.l.], p.89-101, 19 set. 2012. WITPRESS LTD.. <http://dx.doi.org/10.2495/risk120091>.

LECCESE, Francesco et al. Lighting assessment of ergonomic workstation for radio diagnostic reporting. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, [s.l.], v. 57, p.42-54, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.005>.

LICHT.DE (Alemanha). **Impact of Light on Human Beings**. Frankfurt: Licht.de, 2014. Disponível em: <[http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/1409\\_LW19\\_E\\_Impact-of-Light-on-Human-Beings\\_web.pdf](http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/1409_LW19_E_Impact-of-Light-on-Human-Beings_web.pdf)>. Acesso em: 23 dez. 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, P.F.; LISOT, A. **Apostila de Higiene de Trabalho I**: condições térmicas e acústicas e luminosas no ambiente de trabalho. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. UEM/DEC, 2011.

TIDBURY, Laurence P.; CZANNER, Gabriela; NEWSHAM, David. Fiat Lux: the effect of illuminance on acuity testing. **Graefe's Archive For Clinical And Experimental Ophthalmology**, [s.l.], v. 254, n. 6, p.1091-1097, 22 abr. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00417-016-3329-7>.