

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO**  
**TRABALHO**

**CRIS ROGERSON TONON**

**VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA NO POSTO DE TRABALHO:**  
**ESTUDO DE CASO EM SALAS DE AULA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**CRIS ROGERSON TONON**

**VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA NO POSTO DE  
TRABALHO: ESTUDO DE CASO EM SALAS DE AULA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho, Área de Conhecimento: Higiene e Segurança do Trabalho, do Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick

**PONTA GROSSA**

**2018**



---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Título do artigo nº. 21/2018

### **VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA NO POSTO DE TRABALHO: ESTUDO DE CASO EM SALAS DE AULA**

Desenvolvido por:  
**Cris Rogerson Tonon**

Este artigo foi apresentado no dia 31 de Outubro de 2018 às 14 horas como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof Ariel Orlei Michaloski  
1º membro

---

Prof Antonio Carlos Frasson  
2º membro

---

Prof. Prof. Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick  
Orientador

## Verificação do nível de iluminância no posto de trabalho: Estudo de caso de salas de aula

Cris Rogerson Tonon (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) [engenheiro.tonon@hotmail.com](mailto:engenheiro.tonon@hotmail.com)  
Luciene Ferreira Schiavoni Wiczick (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) [lucienesw@gmail.com](mailto:lucienesw@gmail.com)

### Resumo:

A ergonomia, dentro da segurança do trabalho, estuda as características do ambiente visando o conforto, prevenção de acidentes, doenças e o bem-estar do trabalhador. Um dos pontos analisados é a iluminação empregada nos postos de trabalho. Um bom projeto de iluminação deve atender a saúde visual do trabalhador, prevenindo assim possíveis doenças ocupacionais. Este estudo consiste em um estudo de caso, utilizando uma pesquisa qualitativa e quantitativa, fundamentada nas Normas Brasileiras Regulamentadoras, analisando a iluminância de três salas de aula de uma instituição de ensino situada em Ponta Grossa, Paraná. Entre os fatores analisados, estão as orientações das janelas, utilização de luz natural e artificial. O estudo deixa a possibilidade de continuidade futura da pesquisa em aberto.

**Palavras chave:** Iluminância, sala de aula, luz.

## Checking the illuminance level at the workstation: Classroom case study

### Abstract

Ergonomics within work safety studies the characteristics of the environment aiming comfort, accident prevention, illness and the well-being of the worker. One of the analyzed issues is the lighting used in the workstations. A good lighting design must meet the worker's visual health, thus preventing possible occupational diseases. This study consists of a case study, using qualitative and quantitative research based on the Brazilian Regulatory Standards, analyzing the illuminance of three classrooms of a teaching institution located in Ponta Grossa, Paraná. Among the analyzed factors are the orientation of windows, use of natural and artificial light. The study let the possibility of future research.

**Key-words:** Illuminance, classroom, light

### 1. Introdução

A luz é um potente agente biológico e terapêutico, fundamental para a vida em nosso planeta. Os organismos vivos necessitam da energia solar, isto é, tanto as radiações eletromagnéticas visíveis quanto as radiações eletromagnéticas próximas do visível, emitidas pelo Sol, são necessárias para a sobrevivência da maioria das espécies do planeta. (VARGAS, 2009).

“Mais do que exercer impacto direto sobre a forma como percebemos o espaço que nos cerca, a luz é capaz de despertar emoções de diversas formas”. (LOVISETTI, 2009).

A rotação terrestre limita a luz solar que incide na terra, formando assim os dias e as noites. Através da evolução humana vê-se um melhor aproveitamento dos períodos diurno e noturno, utilizando a luz natural do sol e desenvolvendo também luzes artificiais.

Segundo Serra et al. (2015), “diferente do Sol que é natural e não controlável, a luz artificial dá poder evolutivo ao homem moderno, seja para a simples tarefa de iluminação de ruas e casas ou até mesmo para televisores e computadores, isto leva a pesquisas incessantes nessa área e ao desenvolvimento de teorias e materiais adequados para as finalidades desejadas”.

Uma boa iluminação deixa o ambiente mais confortável, ocasiona o aumento da produtividade, além de também evitar acidentes.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é verificar se três salas de aula, escolhidas conforme a orientação de suas janelas, estão adequadas segundo as NBR 5413/92, NBR 15215/04, NBR 5461/91 e NBR 5382/85 vigentes que tratam sobre este assunto. As salas de aula analisadas ficam em uma instituição de ensino, destinada ao ensino de crianças, adolescentes e adultos, localizadas na cidade de Ponta Grossa, Paraná.

## **2. Sustentação tecnocientífica**

Eficiência, conforto, segurança, aliado ao baixo consumo, são os objetivos da boa iluminação nos ambientes de trabalho. Ergonomicamente falando, vale ressaltar que o trabalho nunca deve ser adaptado a iluminação existente, este sim deve ser adequado as necessidades psicofisiológicas dos trabalhadores locais.

A iluminação natural deve ser considerada desde o início do projeto e levar em consideração sua variação diária e sazonal, para que assim sua luz possa ser aproveitada pelo maior tempo possível, e para que a iluminação artificial supra a deficiência da iluminação do posto de trabalho, apenas quando a iluminação natural não for suficiente.

A adequação dos ambientes de trabalho realizadas pela segurança do trabalho, é verificada através das NBRs existentes.

Desde 1992 quando se trata de iluminamento nos postos de trabalho, utiliza-se como parâmetro a NBR 5382/85 em parceria com a NBR 5413/92. Mas em 2013 “nasce” a ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1.

A nova norma trouxe uma série de conflitos entre os conceitos técnicos aplicados para uma correta interpretação dos resultados de exposição. Sendo assim, o Ministério do Trabalho divulgou a Nota Técnica nº224 em 2014, dispõe sobre a NR17, item 17.5.3.3 com o objetivo de definir que a NBR 5413/92 continua sendo o parâmetro para avaliação de iluminamento.

Segundo Guerrini (2007), “o iluminamento de interiores é objeto da NBR 5413/92, Iluminância de Interiores. Outras normas relativas ao assunto são a NBR 5461/91, Iluminação Terminologia, e NBR 5382/85, Verificação de Iluminância de Interiores – Métodos de Ensaio”.

Para a NBR 5413/92, quando a altura do plano de trabalho não é definida, adota-se 0,75 metros do piso, como altura padrão.

Além disso, “considera-se válida uma iluminação suplementar do plano de trabalho, quando necessária uma elevada iluminância, com o cuidado de que a iluminância no restante do ambiente não seja inferior a um décimo do valor adotado no campo de trabalho”. (GUERRINI, 2007).

Quando se fala em iluminância em si, alguns conceitos são necessários.

Costa (2005), diz que “o fluxo luminoso representa uma potência luminosa emitida ou observada, ou ainda, representa a energia emitida ou refletida, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm)”.

No sistema internacional a unidade de medida do fluxo é o lúmen, e significa fogo em latim.

Ainda segundo Costa (2005) “o melhor conceito sobre iluminância talvez seja uma densidade de luz necessária para uma determinada tarefa visual”.

Do latim, lux significa luz e corresponde ao iluminamento ou iluminância de uma superfície de um metro quadrado, onde incide, com um ângulo de 90°, um fluxo luminoso de um lúmen.

As medições de iluminância são realizadas com o luxímetro, também chamado de fotômetro, que consiste em uma célula fotoelétrica ligada a um mini amperímetro, absorvendo e calculando tanto a luminosidade natural quanto a artificial.

A Tabela 1 apresenta alguns exemplos retirados da NBR 5413/92 a qual define três valores de iluminâncias para cada grupo de tarefas.

| ATIVIDADES    | VALORES MÉDIOS EM SERVIÇO |     |     |
|---------------|---------------------------|-----|-----|
|               | 300                       | 500 | 750 |
| Biblioteca    | 300                       | 500 | 750 |
| Salas de Aula | 200                       | 300 | 500 |

Fonte: Adaptado de NBR 5413/92 - Verificação de Iluminância de Interiores

Tabela 1: Valores de iluminância adequados para cada tarefa, medidos em lux

A utilização dos valores é consequência da utilização da Tabela 2, que leva em consideração a idade do usuário, velocidade e precisão com que a tarefa deve ser realizada e refletância do fundo da tarefa.

| CARACTERÍSTICA DA TAREFA E DO OBSERVADOR | PESO            |            |         |
|------------------------------------------|-----------------|------------|---------|
|                                          | -1              | 0          | 1       |
| Idade em anos                            | < 40            | 40 a 65    | > 65    |
| Velocidade e Precisão                    | Sem Importância | Importante | Crítica |
| Refletância do Fundo da Tarefa           | > 70 %          | 30 a 70 %  | < 30 %  |

Fonte: Adaptado de NBR 5413/92 - Verificação de iluminância de interiores

Tabela 2: Fatores determinantes da iluminância adequada

Todas as características devem ser analisadas para a determinação do peso. Se a soma algébrica for -2 ou -3, utiliza-se o valor mínimo. Para valores de +2 ou +3, deve-se utilizar o valor máximo. O valor médio será utilizado para os outros casos.

## 2.1 Impactos e respostas humanas a luz

O olho possui sensores que detectam a luz, sensores estes que agem no comportamento do ser humano, fazendo uma relação com a arquitetura e a iluminação dos ambientes, atuando no bem-estar, melhorando o desempenho e a estética do ambiente.

“Enquanto os cones são responsáveis pela visão das cores, os bastonetes registram a intensidade luminosa por meio do processamento da rodopsina nas moléculas da retina quando da recepção dos fótons geradores de luz. Os cones são células receptoras da retina, cuja função é possibilitar a discriminação ou detalhes finos, além e, principalmente da percepção das cores, possuem também sensibilidade para

altos níveis de iluminação e luminâncias acima de  $3\text{cd/m}^2$  (visão diurna ou fotópica).

Já os bastonetes são responsáveis pela visão para baixos níveis de luminância (na faixa de  $0,001\text{cd/m}^2$ ) e não captam as cores, sendo muito sensíveis aos movimentos e variações luminosas (visão noturna ou escotópica). Da “resposta” da retina às excitações luminosas decorre, para cada indivíduo, uma sensibilidade maior ou menor à luz”. (MOREIRA, 1933).

É através da luz que é possível observar as coisas, pois quando se vê um objeto, na verdade vê-se a luz refletida por ele.

“A sensação visual ocasionada pelos estímulos luminosos gera impulsos que são transmitidos até o cérebro através do nervo ótico, onde se processa a interpretação das diferentes intensidades de luz. A iluminação tem como característica a produção de reflexos que, transportados ao olho humano, geram informações do meio externo, permitindo que o cérebro possa analisá-las e interpretá-las, provocando distinções de cor, forma, tamanho e posição dos objetos por meio da percepção visual”. (ALMEIDA apud VARGAS, 2009).

Desde o momento que se acorda, até o momento que se vai dormir, os seres vivos são guiados pelos estímulos causados pela luz.

Desta forma, segundo Crepaldi (2006), “pode-se constatar as cores como elemento muito importante na vida das pessoas. Elas têm a propriedade e a habilidade de despertar sensações e definir ações e comportamentos, além de provocar reações corporais e psicológicas”.

A luz e os estímulos causados por ela variam conforme as horas passam e os ambientes frequentados durante o dia. Os humanos possuem um ciclo circadiano, onde ao acordar, no período da manhã, está mais calmo, e com a luz não é diferente, tendo temperaturas baixas,  $3000\text{K}$ , com um tom mais avermelhado.

Ao meio dia, quando se está a todo vapor, a luz possui a temperatura mais alta, por volta de  $5000\text{K}$ , um tom mais branco. Quando anoitece, a luz diminui e os seres vivos começam a entrar em repouso. Dessa forma, a iluminação deve ser projetada para minimizar as interferências com os ritmos circadianos normais em plantas e animais.

Assim pode-se concluir que quanto maior a temperatura da cor, maior o índice de atenção e irritabilidade, e para temperaturas mais baixas, um maior conforto e descanso. Também se pode dizer que, quanta mais alta a temperatura da luz, mais claro é seu tom. A unidade de medida utilizada é o Kelvin (K), e isso significa a tonalidade de cor que ela emite e não o calor emitido pela lâmpada.

“Através da cromoterapia, uma ciência que usa a cor para estabelecer o equilíbrio e a harmonia do corpo, da mente e das emoções, pode-se reestabilizar o equilíbrio emotivo, espiritual, fisiológico e/ou psicológico do ser humano e propiciar sua cura”. (SILVA, 2008; MONTEIRO, 2008).

Os estudos apontam que diferentes cores e tonalidades, causam diferentes estímulos e sensações nos seres humanos. Um processo de tratamento psicológico pode ser acelerado, utilizando diferentes linguagens visuais utilizando a iluminação.

Conforme Beck et al. (2007), “pelos teorias da cor, sabe-se que em quase todos os idiomas a palavra cor designa tanto a percepção do fenômeno, sensação, bem como as radiações luminosas diretas ou as refletidas por determinados corpos, matiz ou coloração, que o provocam”.

Por exemplo, a cor vermelha está relacionada com energia, amor, perigo, fogo, paixão, força, enquanto que a cor azul está associada ao conservadorismo, austeridade, monotonia, dependência, tecnologia, liberdade, saúde e confiança.

Também, pode-se dizer que a cor branca significa a pureza, a inocência, paz, a simplicidade, a esterilidade e a rendição.

E para finalizar, a cor preta significa mistério, poder, sofisticação, formalidade, anonimato, modernidade e medo e a cor cinza é elegância, humildade, respeito, reverência, sutileza.

Alguns aspectos como sombras, contrastes, ofuscamento e o ambiente, são importantes quando se considera os efeitos da iluminação.

O ofuscamento é a sensação de cegueira quando, olha-se diretamente para a luz. É o resultado de luz indesejada no campo visual, e geralmente é causado pela presença de uma ou mais fontes luminosas excessivamente brilhantes. Ela causa desconforto, redução da capacidade ou ambos.

As sombras acontecem quando a luz não incide diretamente no objeto, e depende da abertura do foco de iluminação.

O contraste ajuda a visão a ter uma melhor identificação do objeto e é utilizado quando se precisa um alto grau de precisão visual. Isso pode ser notado quando se visualiza um ambiente no qual o piso e o teto possuem cor escura, causa uma percepção de um ambiente baixo, e com cores mais claras, tem-se a percepção de um ambiente com o pé direito mais alto. Para os olhos, cores frias e claras no teto, passam a impressão de um ambiente maior, pois refletem mais a luz.

O foco está relacionado com a faixa de luz que é direcionada ao objeto. Quanto mais foco, mais nítida é a imagem.

A utilização de luminária com formato cônico e fundo espelhado, melhora o direcionamento do feixe de luz e assim ajuda a ressaltar os detalhes dos objetos.

Um bom sistema de iluminação é aquele que assegura níveis de luz e que garantem o conforto visual. Com isso se conclui que a luz e suas cores fazem parte do nosso cotidiano e de tudo a nossa volta. Elas estão nas informações, sinalizações, diferenciação de zonas de circulação, tipos de ambientes que se destinam a atividades mais diversas.

“A visão e, conseqüentemente, a percepção da luz, como um dos principais sentidos que permitem aos humanos apreender o espaço e suas qualidades é determinante no comportamento do indivíduo em suas relações com o espaço e vice-versa. Ainda neste contexto, os aspectos relativos aos níveis de iluminação e distribuição da luz nos ambientes contribuem para a distribuição das pessoas e dos grupos em função de personalidades, tarefa e ambiente, ou seja, interferem nos limites do “espaço pessoal” do indivíduo”. (SOMMER, 1973).

### 3. Metodologia

A investigação foi feita através de uma pesquisa de campo e estudo de caso, e a metodologia utilizada foi exploratória, baseada na abordagem qualitativa e quantitativa.

As medições foram realizadas no dia 28 de julho de 2018, os ambientes estavam sem a presença dos alunos, por se tratar de um sábado e sem a possibilidade de ser realizado durante as aulas, realizadas nos mesmos períodos em que a escola ministra as aulas.



Descrição dos períodos estudados:

Período da Manhã – realizado das 09 horas e 45 minutos às 10 horas e 20 minutos, temperatura ambiente de 15°C, condições meteorológicas nublado;

Período da Tarde – realizado das 14 horas e 50 minutos às 15 horas e 20 minutos, temperatura ambiente de 22°C, condições meteorológicas sol com muitas nuvens.

Os aparelhos utilizados foram: Um Luxímetro modelo digital da ICEL Manaus LD-510, com taxa de amostragem de 2,5 vezes por segundo, correção de co-seno, temperatura de operação de -10°C a +50°C, Trena da marca Vonder, modelo Plus de 10 metros e fita de 32 milímetros.

Para cada sala de aula foram realizadas três leituras nas seguintes configurações:

Primeira – iluminação artificial acesa com as cortinas totalmente fechadas (luz);

Segunda – iluminação artificial acesa com as cortinas totalmente abertas (luz+sol);

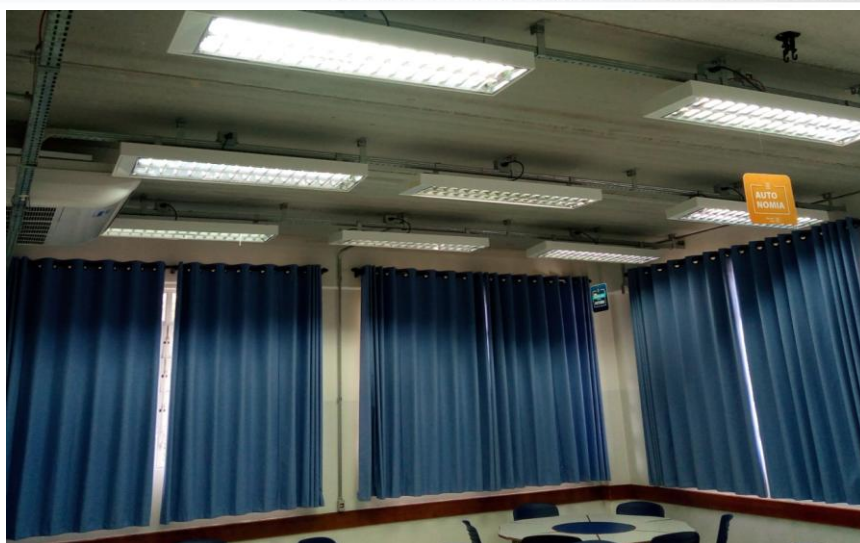
Terceira – iluminação artificial desligada com as cortinas totalmente abertas (sol).

Para realizar a análise e comparação dos dados utilizaram-se os padrões estabelecidos pela NBR 5413/92 – Iluminância de Interiores – ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992, a qual estabelece os valores de iluminância médias mínimas em serviço para a iluminação artificial em interiores, onde realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

A metodologia utilizada para realizar este estudo foi embasada na NBR 5382/85 – Verificação de Iluminância de Interiores – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985, pois a mesma normatiza o modo pelo qual deve ser realizada a verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral.

Para o estudo de caso, sala de aula, deve-se ter a seguinte iluminância mínima, média e máxima: 200 – 300 – 500 lux, sendo que o valor da iluminância a ser utilizada irá depender da velocidade e precisão da tarefa, refletância do fundo de trabalho e idade dos usuários.

Os postos de trabalho são formados de sete aglomerados circulares, compostos por seis mesas brancas e um centro circular azul. A Fotografia 1 exemplifica um ambiente de sala de aula facilitando a compreensão e composição dos postos de trabalho bem como a distribuição das luminárias.



Fonte: próprio autor, 2018.

Fotografia 1 - Exemplo de uma sala de aula

As lâmpadas utilizadas são do tipo tubular fluorescente, distribuídas em linhas com três luminárias com suporte espelhado e compostas por duas lâmpadas. Na Sala 3, um par de lâmpadas localizadas ao fundo e à direita estavam queimadas.

As salas de aula foram escolhidas para que suas configurações possuíssem diferentes orientações de abertura de luz natural. As janelas estão localizadas a 1,30 metros do piso com dimensões de 2,45 x 1,55 metros. Possuem orientação de 250° para o Oeste, 160° para o Sul, 70° para o Leste, 340° para o Norte. A Sala 3 possui uma janela com face para o leste, porém esta não possui iluminação natural uma vez que está voltada para um corredor coberto.

Seguindo a NBR 5382/85, para que ocorressem as medições, as fotocélulas ficaram expostas a iluminação local até a estabilização e segundo a mesma norma a temperatura ambiente deve estar entre 15°C e 50°C para que não ocorram erros na leitura do instrumento. Os demais dados são apresentados pelo Quadro 1.

| Ambiente              | Sala 1                              | Sala 2                | Sala 3                |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Comprimento (m)       | 8,30                                | 9,80                  | 10,30                 |
| Largura (m)           | 6,40                                | 6,40                  | 6,55                  |
| Pé Direito (m)        | 3,25                                | 3,25                  | 3,25                  |
| Cor das Paredes       | Branca                              |                       |                       |
| Cor do Teto           | Cinza                               |                       |                       |
| Cor do Piso           | Branco                              |                       |                       |
| Cor das Cortinas      | Azul                                |                       |                       |
| Nº de Lâmpadas        | 24                                  | 30                    | 30 (2 queimadas)      |
| Nº Janelas            | 4 (2 Sul e 2 Oeste)                 | 5 (2 Leste e 3 Oeste) | 2 (1 Norte e 1 Leste) |
| Nº Postos de Trabalho | 7 aglomerados + 1 carteira          |                       |                       |
| Nº de cadeiras        | 43 (encosto e assentos na cor azul) |                       |                       |

Quadro 1 – Dados dos postos de trabalho

Nas 3 salas de aula e para cada tipo de iluminação foram realizados oito leituras no período da manhã e oito no período da tarde. O valor a ser analisado será a média aritmética formada pelo conjunto das oito leituras. Os resultados considerados para análise serão obtidos conforme o Quadro 2 e ocorre da seguinte forma:

| Configuração   | Tipo de Iluminação |       |        |       |        |       |
|----------------|--------------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                | Sala 1             |       | Sala 2 |       | Sala 3 |       |
| Ambiente       |                    |       |        |       |        |       |
| Período        | Manhã              | Tarde | Manhã  | Tarde | Manhã  | Tarde |
| Nº de Leituras | 8                  | 8     | 8      | 8     | 8      | 8     |
| Média (lux)    | Média              | Média | Média  | Média | Média  | Média |

Quadro 2 – Exemplo de obtenção dos dados para análise

O subitem 3.4 da NBR 5382/85, diz que “a superfície da fotocélula deve ficar no plano horizontal, a uma distância de 80 cm do piso” e, como os postos de trabalho estudados possuem altura compatível com a referida norma, as medições foram realizadas com o luxímetro apoiado sobre elas.

#### 4. Resultados e análises

As análises dos dados foram realizadas considerando a influência da luz artificial, da luz natural, os pontos cardeais e suas associações.

As salas de aula apresentam características diferentes entre si, visto que suas janelas apontam para diferentes pontos cardeais, número de luminárias e quantidade de janelas.

Segundo a Tabela 1 da NBR 5413/92, as salas de aula devem ter a seguinte iluminância mínima, média e máxima: 200 – 300 – 500 lux e segundo a Tabela 2, o valor utilizado dependerá da velocidade e precisão da tarefa, refletância do fundo de trabalho e idade dos usuários. Levando em consideração os pesos apresentados na Tabela 2 da referida NBR, a iluminância média, 300 lux, é a mais adequada para a utilização das três salas de aula.

#### 4.1 Luz Artificial

A primeira configuração analisada foi com as luzes artificiais ligadas e com as cortinas fechadas. Os valores podem ser visualizados no Quadro 3.

| Configuração  | Luz Artificial |       |        |       |        |       |
|---------------|----------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|               | Sala 1         |       | Sala 2 |       | Sala 3 |       |
| Período       | Manhã          | Tarde | Manhã  | Tarde | Manhã  | Tarde |
| Leitura (lux) | 480            | 471   | 566    | 568   | 507    | 544   |
| Leitura (lux) | 606            | 630   | 686    | 646   | 576    | 515   |
| Leitura (lux) | 756            | 744   | 607    | 726   | 573    | 630   |
| Leitura (lux) | 571            | 652   | 610    | 592   | 437    | 476   |
| Leitura (lux) | 521            | 502   | 740    | 652   | 754    | 737   |
| Leitura (lux) | 687            | 530   | 661    | 684   | 314    | 357   |
| Leitura (lux) | 530            | 543   | 554    | 593   | 541    | 683   |
| Leitura (lux) | 555            | 547   | 544    | 548   | 376    | 574   |
| Média (lux)   | 588            | 577   | 621    | 626   | 510    | 565   |

Quadro 3 – Leituras luz artificial

Todas as salas de aula apresentaram valores médios acima do valor máximo de 500 lux. Apenas a Sala 3 apresentou três pontos de leitura com valor próximo ao valor médio de 300 lux. Dessa forma, as salas de aula analisadas não estão adequadas conforme a NBR 5413/92.

#### 4.2 Luz Artificial + Luz Natural

A associação de luz artificial mais luz natural foi a que apresentou a pior configuração, das três analisadas.

Salas com janelas amplas, faces apontadas para o norte, oeste e leste, associadas a um sobre dimensionamento de iluminação artificial fizeram com que os valores médios, Quadro 4, ficassem bem acima dos limites aceitáveis.

| Configuração  | Luz Artificial + Luz Natural |       |        |       |        |       |
|---------------|------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|               | Sala 1                       |       | Sala 2 |       | Sala 3 |       |
| Ambiente      | Manhã                        | Tarde | Manhã  | Tarde | Manhã  | Tarde |
| Leitura (lux) | 729                          | 706   | 1072   | 789   | 359    | 638   |
| Leitura (lux) | 934                          | 987   | 1120   | 1265  | 617    | 594   |
| Leitura (lux) | 1333                         | 1269  | 1300   | 1487  | 602    | 852   |
| Leitura (lux) | 1530                         | 1396  | 6630   | 1221  | 687    | 1135  |
| Leitura (lux) | 2090                         | 2100  | 1513   | 1802  | 867    | 1857  |
| Leitura (lux) | 970                          | 1020  | 1698   | 1421  | 811    | 1198  |
| Leitura (lux) | 1250                         | 1240  | 738    | 1076  | 574    | 1006  |
| Leitura (lux) | 830                          | 760   | 824    | 796   | 409    | 750   |
| Média (lux)   | 1208                         | 1185  | 1862   | 1232  | 616    | 1004  |

Quadro 4 – Leituras luz artificial + luz natural

A Sala 1 que possui janelas apontadas para o oeste e sul, apresentou vários pontos com valores acima dos 1200 lux e um ponto acima de 2000 lux.

Na Sala 2, no período da manhã o estudo apontou que um ponto de medição chegou ao valor de 6630 lux, valor maior treze vezes o máximo aceitável pela norma, que é de 500 lux. Isso ocorreu pelo fato da janela estar voltada para o leste, e o ponto de medição estar na linha de incidência do sol.

A Sala 3 é a que apresenta a menor área das janelas, e apenas uma com sua face voltada para o norte. Por esse motivo, ela apresentou a menor variância no período da manhã, variando pouco mais de 100 lux, com o acréscimo da luz natural.

Como visto, em todas as salas, exceto a Sala 3 no período da manhã, os valores médios de iluminância ultrapassaram o dobro do limite máximo.

#### 4.3 Luz Natural

Os dados apresentados no Quadro 5, evidenciam os pontos de máxima incidência de luz solar e também vários pontos de sombra, principalmente na Sala 3.

| Configuração  | Luz Natural |       |        |       |        |       |
|---------------|-------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|               | Sala 1      |       | Sala 2 |       | Sala 3 |       |
|               | Manhã       | Tarde | Manhã  | Tarde | Manhã  | Tarde |
| Leitura (lux) | 253         | 204   | 500    | 253   | 37     | 126   |
| Leitura (lux) | 360         | 348   | 599    | 407   | 33     | 82    |
| Leitura (lux) | 628         | 869   | 851    | 896   | 64     | 222   |
| Leitura (lux) | 1039        | 511   | 5790   | 488   | 125    | 612   |
| Leitura (lux) | 1596        | 1603  | 1031   | 1274  | 456    | 1157  |
| Leitura (lux) | 378         | 390   | 1291   | 845   | 140    | 705   |
| Leitura (lux) | 768         | 702   | 222    | 694   | 40     | 132   |
| Leitura (lux) | 323         | 247   | 330    | 290   | 110    | 328   |
| Média (lux)   | 668         | 609   | 1327   | 643   | 126    | 421   |

Quadro 5 – Leituras luz natural

Analisando apenas os valores médios, chama a atenção à baixa iluminância, 126 lux, da Sala 3 no período da manhã, devido à falta de janelas, e a alta iluminância, 1327 lux, da Sala 2 no mesmo período, devido ao fato de possuir duas janelas com suas faces voltadas para o leste.

A Sala 1 e a Sala 2 apresentaram algumas leituras com valores compatíveis com a NBR 5413/92 e valores bem acima dos recomendados.

Na Sala 3 verificou-se vários pontos abaixo do mínimo recomendado, 200 lux, apresentando valores que chegam a mais de cinco vezes o valor mínimo aceitável pela norma, principalmente no período da manhã.

Já no período da tarde, a Sala 3 apresentou média abaixo do máximo sugerido por norma, porém quando se analisa cada leitura efetuada em separado, vê-se uma grande disparidade de valores, que variam de apenas 82 lux até 1157 lux o qual não é recomendado pela norma.

## 5. Conclusões e recomendações

O experimento realizado revelou que as três configurações de iluminação estudadas, apresentam valores acima do máximo sugerido pela NBR 5413/92.

As situações estudadas demonstraram que não é indicado abrir as cortinas, adicionando luz natural à iluminação artificial, uma vez que o excesso de iluminância pode causar ofuscamento, fadiga visual e sensação de desconforto.

A configuração mais adequada para as três salas de aula, é a de luz artificial, apresentando valores médios entre 510 e 626 lux, quando se analisa apenas a Tabela 1 da NBR 5413/92, que diz que o valor máximo para salas de aula é de 500 lux.

Porém quando se analisa a Tabela 2 da NBR 5413/92, levando-se em consideração os pesos, o valor ideal é de 300 lux, sendo assim inadequada para os postos de trabalho.

Para a adequação das salas de aula frente à Norma, sugere-se a colocação de cortinas que bloqueiem com mais eficiência a luz solar e ou a diminuição da potência das lâmpadas e ou a diminuição do número de lâmpadas nas salas de aula.

O estudo desconsiderou a presença dos alunos, o que em tese, poderiam causar sombra nos postos de trabalho, diminuindo os valores médios. Dessa forma o presente estudo de caso, deixa em aberto à possibilidade de uma análise futura.

## Referências

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 15215: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.* Rio de Janeiro, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores.* Rio de Janeiro, 1985.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 5413: Iluminância de interiores.* Rio de Janeiro, 1992.

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

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 5461: Iluminação.* Rio de Janeiro, 1991.

**BECK, Carmem L. C.; FILHO, Flavi F. L.; LISBOA, Maria da G. P.; LISBOA, Rosa L.** - A Linguagem Sígnica das Cores na Resignificação (Humanização) de Ambientes Hospitalares. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Santos – 29 de agosto a 2 de setembro de 2007 – Santos – SP. Disponível em: [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/a\\_linguagem\\_signica\\_das\\_cores\\_na\\_resignificacao\\_de\\_ambientes\\_hospitalares.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/a_linguagem_signica_das_cores_na_resignificacao_de_ambientes_hospitalares.pdf) - Acesso em: 13 ago, 2018.

**COSTA, Gilberto José Corrêa da** – Iluminação Econômica: Cálculo e avaliação. 3ª Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2005

**CREPALDI, Lideli** - A influência das cores na decisão de compras: um estudo do comportamento do consumidor no ABC paulista - In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, UNB – 6 a 9 de Setembro de 2006, Brasília-DF. Disponível em: [http://propart.files.wordpress.com/2008/09/cor\\_decisao\\_compra\\_pesquisa.pdf](http://propart.files.wordpress.com/2008/09/cor_decisao_compra_pesquisa.pdf) - Acesso em: 01 ago, 2018

**GUERRINI, Délio Pereira.** Iluminação - Teoria e Projeto. São Paulo: Ed. Érica. 2007

**LOVISETTI, C.** Fazer mundos de luz. Seção Portal of light. REVISTA A+U (International Lighting Magazine). n° 26, pág 70. Bimestral. 2009

**MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE).** Nota Técnica n°224/2014, NR17 item 17.5.3.3. Disponível em: <http://www.acm.org.br/acamt/documentos/emfoco/nr17-iluminancia-nota-224-dsst-sit.pdf> - Acesso em: 19 set. 2018.

**MOREIRA, Vinícius de Araújo.** Iluminação e Fotometria: teoria e aplicação. 1933. São Paulo: Edgard Blücher. 1987

**SERRA, O. A.; LIMA, J. F.; SOUSA FILHO, P. C. de.** A luz e as terras raras. Revista Virtual de Química, v.7, n. 1, p. 242-266, 2015.

**SILVA, Raquel C.; MONTEIRO, Cláudia F.** - Cromoterapia: um importante recurso terapêutico para a terapia ocupacional. In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba 660.1 - 2008. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2006/inic/inic/03/Sa%FAde%20inic%20X008.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/inic/inic/03/Sa%FAde%20inic%20X008.pdf) Acesso em: 14 ago, 2018.

**SOMMER, Robert.** Espaço Pessoal: as bases comportamentais de projetos e planejamento. São Paulo: EPU. 1973

**VARGAS, Cláudia R. de A.** A Influência da Iluminação em Projetos de Arquitetura destinados aos Serviços de Alimentação. 2009. 109p. Dissertação (Mestrado) Rio de Janeiro.



## VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

*Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018*