

FACULDADE LABORO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ERGONOMIA: ESTUDO DE CASO EM UMA SALA DE AULA E UM
LABORATÓRIO SOBRE NÍVEL DE ILUMINÂNCIA PREVISTO NA NR-17**

São Luís - MA
2017

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ERGONOMIA: ESTUDO DE CASO EM UMA SALA DE AULA E UM
LABORATÓRIO SOBRE NÍVEL DE ILUMINÂNCIA PREVISTO NA NR-17**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Faculdade Laboro, para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Profa. Ma. Leonor Viana de Oliveira Ribeiro

São Luís - MA
2017

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA

**ERGONOMIA: ESTUDO DE CASO EM UMA SALA DE AULA E UM
LABORATÓRIO SOBRE NÍVEL DE ILUMINÂNCIA PREVISTO NA NR-17**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho, da Faculdade Laboro,
para obtenção do título de Especialista.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Leonor Viana de Oliveira Ribeiro
Mestre em História Ensino e Narrativas

Examinador 1

Examinador 2

ERGONOMIA: ESTUDO DE CASO EM UMA SALA DE AULA E UM LABORATÓRIO SOBRE NÍVEL DE ILUMINÂNCIA PREVISTO NA NR-17

GEORGE IGOR CABRAL DA COSTA¹

RESUMO

Este estudo de caso tem por objetivo medir e avaliar as condições luminotécnicas presentes em ambiente de trabalho escolar, sala de aula e de laboratório, de uma escola particular de ensino técnico e profissionalizante em São Luís/MA, tomando por base os aspectos ergonômicos da iluminação no ambiente de trabalho.

A iluminação de ambientes de trabalho é estabelecida pela Norma Regulamentadora (NR) nº 17, que, em seu item 17.5.3, especifica que “em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade” e estabelece também, no subitem 17.5.3.3 que os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na Norma Brasileira Registrada (NBR) 5413, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O estudo de caso foi realizado em uma sala de aula e um laboratório de informática, escolhidos de forma a representar todas as salas e laboratórios da escola técnica, pois todas apresentam características semelhantes, em dois turnos distintos, matutino e noturno, através de medições do nível de iluminância desses ambientes escolares, com o auxílio de luxímetro.

Os procedimentos de medição e análise dos dados foram baseados nas normas NBR 5382/1985 (Verificação de Iluminância de Interiores) e NBR 5413/1992 (Iluminância de Interiores).

Os resultados das medições mostraram que os níveis de iluminação da sala de aula e do laboratório de informática, de um modo geral, nos turnos medidos, não estão completamente adequados às normas mencionadas anteriormente, pois o fator ergonômico iluminação neste ambiente de trabalho está diretamente

¹ Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Laboro, 2017.

relacionado à saúde e desempenho dos professores e alunos, portanto requer medidas para sua adequação às normas, bem como deve também ser alvo de preocupação da direção da escola, como meio de minimizar riscos ocupacionais e atenuar seus efeitos negativos na qualidade do processo ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Iluminação. Iluminância. Ergonomia.

ERGONOMICS: CASE STUDY IN A CLASSROOM AND A LABORATORY ON ILLUMINATION LEVEL PROVIDED FOR IN NR-17

SUMMARY

This case study has the objective of measuring and evaluating the Luminotechnical conditions present in a school, classroom and laboratory environment of a private technical and vocational school in São Luís / MA, based on the ergonomic aspects of lighting on the desktop.

The lighting of workplaces is established by Regulatory Standard (NR) No. 17, which in its item 17.5.3 specifies that "in all work places there must be adequate, natural or artificial lighting, general or supplementary, appropriate to the nature of the activity" and also establishes, in sub-item 17.5.3.3. The minimum levels of illumination to be observed in the work places are the illuminance values established in the Brazilian Standard of Registered Standards (NBR) 5413, of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT).

The case study was carried out in a classroom and a computer lab, chosen to represent all the rooms and laboratories of the technical school, since all have similar characteristics, in two different shifts, morning and night, through measurements of the illuminance level of these school environments, with the aid of a luxmeter.

The procedures for measuring and analyzing the data were based on standards NBR 5382/1985 - Verification of interior illuminance and NBR 5413/1992 - Interior lighting.

The results of the measurements showed that the lighting levels of the classroom and the computer lab, in general, in the measured shifts, are not completely adequate to the norms mentioned previously, since, the ergonomic factor of lighting in this work environment, is directly related to the health and performance of teachers and students, therefore, requires measures to adapt them to the norms and should also be a concern of the school's management as a means of minimizing occupational hazards and mitigating their negative effects on the quality of the teaching- learning.

Keywords: Lighting. Illumination. Ergonomics.

1 INTRODUÇÃO

A visão é um dos sentidos mais importantes que temos. O olho humano é o receptor mais importante de informações, boa parte da nossa percepção de mundo é baseada naquilo que enxergamos, assim como a maioria dos trabalhos realizados pelos humanos necessitam da visão para serem executados.

No entanto, em muitos ambientes de trabalho, podemos nem perceber o quanto esse sentido é essencial e insubstituível, dessa maneira, acredita-se que boa parte da fadiga relacionada ao trabalho possa estar associada à sobrecarga que os olhos sofrem durante a execução das suas atividades.

A escola é um espaço onde se tem uma grande atividade física e mental, movimento, esforço e superação, mas, para que essas atividades possam ser realizadas com qualidade e bem-estar, é necessário garantir um bom projeto arquitetônico que atenda as necessidades específicas das instituições.

A iluminação no ambiente escolar merece atenção especial, em locais como salas de aula, bibliotecas, laboratórios e demais ambientes que contribuem para o bom desenvolvimento das atividades escolares.

A luminosidade está diretamente ligada às questões de saúde e produtividade, em especial dos alunos. Quando há insuficiência na luminosidade se induz a sonolência, falta de atenção, dor de cabeça, lentidão do pensamento e fadiga, o que pode reduzir o aprendizado e causar a exaustão do aluno.

Além disso, o esforço que os olhos fazem para se ajustar à baixa luminosidade pode causar algum tipo de lesão ocular a longo prazo.

Diante da necessidade de se ter um ambiente com iluminação adequada e que satisfaça as necessidades dos alunos, surgiu a preocupação em saber se na Escola Técnica e Profissionalizante LED (Laboratório Educacional de Desenvolvimento) as salas de aulas e laboratórios atendem o que regulamenta a NR 17, no quesito de nível de iluminância interna, visto que as mesmas foram adaptadas para tal finalidade, pois eram originalmente salas comerciais que viraram salas de aula e laboratórios, sem modificação nos tipos de luminárias existentes e na forma como as luminárias são distribuídas.

O tema proposto serve para que os gestores das escolas públicas ou privadas se preocupem em manter os níveis adequados de iluminação em seus

ambientes escolares, pois, caso contrário, podem acarretar problemas no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

A escola LED escolhida para o estudo de caso é situada na Av. Jerônimo de Albuquerque, 25 - Forquilha, São Luís/MA, e tem como objetivo fornecer mão de obra qualificada para as empresas e indústrias locais.

2 NORMAS APLICÁVEIS AO ESTUDO DE CASO

2.1 NR 17 – Ergonomia

De acordo com os riscos ambientais (físico, químico, biológico, ergonômico e de acidentes), a iluminação é considerada um risco físico. A NR 17, que trata das condições ambientais de trabalho, visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

A NR 17 em seu item 17.5.3 e subitens trata das condições dos locais de trabalho conforme a seguir:

- 17.5.3. Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade.
- 17.5.3.1. A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa.
- 17.5.3.2. A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.
- 17.5.3.3. Os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO.
- 17.5.3.4. A medição dos níveis de iluminamento previstos no subitem 17.5.3.3 deve ser feita no campo de trabalho onde se realiza a tarefa visual, utilizando-se de luxímetro com fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência.
- 17.5.3.5. Quando não puder ser definido o campo de trabalho previsto no subitem 17.5.3.4, este será um plano horizontal a 0,75m (setenta e cinco centímetros) do piso.

2.2 ABNT NBR 5413/1992 – Iluminância de Interiores

Norma que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

A Iluminância é a grandeza utilizada para a avaliação do conforto visual, que é uma razão entre o fluxo luminoso recebido pela superfície e a área considerada. Sua unidade de medida é o lux.

O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento.

O campo de trabalho é a região onde, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de Iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado.

Condições gerais:

- A Iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso.
- No caso de ser necessário elevar a iluminância em determinado campo de trabalho, pode-se usar iluminação suplementar. A Iluminância restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada.
- Recomenda-se que a Iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da Iluminância média determinada de acordo com a ABNT NBR 5382/1985.

A determinação de qual valor deve ser utilizado é obtida pelo critério da seleção da Iluminância item 5.2 da NBR 5413/1992.

No Item 5.3 Iluminâncias em lux, por tipo de atividade (valores médios em serviço) da NBR 5413/1992, temos os valores de Iluminância para as mais diversas atividades e no item 5.3.13 Escolas temos os valores de Iluminância que usaremos para o estudo.

2.3 NBR 5382/1985 – Verificação de iluminância de interiores

Esta Norma em seus itens 3 e 4 fixa o modo pelo qual se faz a verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral.

Condições gerais:

- Os resultados somente serão válidos nas condições existentes durante a medição.

- É importante constar uma descrição dos fatores que influem no resultado, como: refletâncias, tipo de lâmpada e vida, voltagem e instrumentos usados.
- Antes da leitura as fotocélulas devem ser expostas a uma iluminância mais ou menos igual à da instalação, até as mesmas se estabilizarem, o que geralmente requer 5 min a 10 min.
- A superfície da fotocélula deve ficar no plano horizontal, a uma distância de 80 cm do piso.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ergonomia

A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Nesse contexto, o trabalho é concebido de uma forma mais ampla, que compreende toda situação que envolva o homem e uma atividade produtiva (IIDA, 2005).

A ergonomia busca a adequação do meio ambiente do trabalho aos trabalhadores nele inseridos, com as normas pertinentes aos ambientes físicos estudados como perigosos, insalubres e/ou desconfortáveis. Com base nisso, a ergonomia busca oferecer aos trabalhadores condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento das atividades, melhorando a qualidade de vida, bem-estar, conforto, segurança e saúde dos trabalhadores, aumentando assim a eficiência, eficácia e a produtividade na execução das tarefas e serviços oferecidos (Wilhelm & Merino, 2006; Filho *et al.*, 2010).

A ergonomia, entre outras coisas, estuda as características do ambiente físico que podem comprometer a saúde do trabalhador, como ruído, vibração, temperatura e iluminação.

Uma iluminação adequada contribui para o aumento da produtividade, ambiente mais confortável, além de evitar acidentes.

3.2 Luz

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual.

A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade.

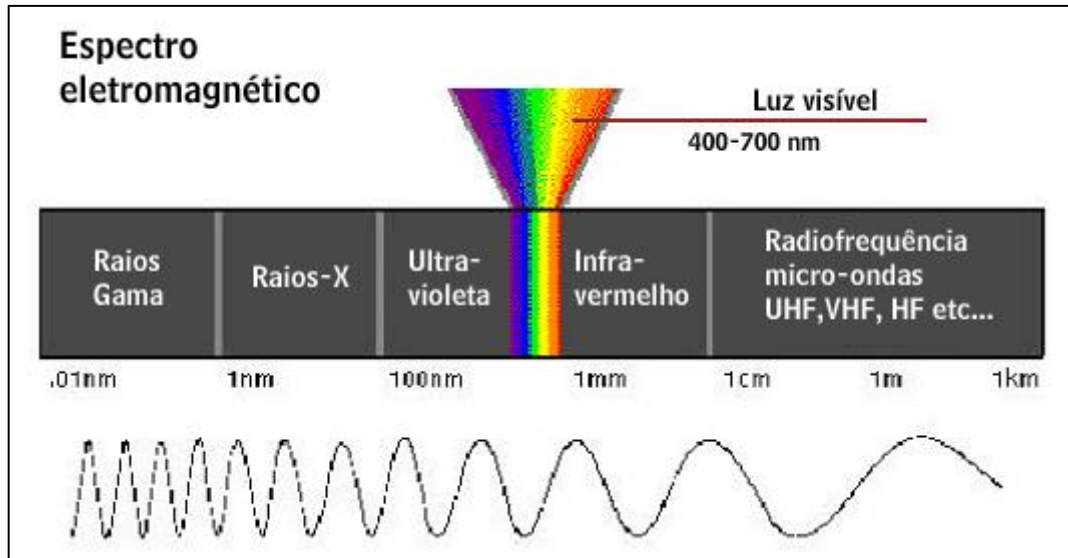


Figura 1: Espectro Eletromagnético

A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (p. ex. crepúsculo, noite, etc.), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário.

3.2.1 Conceitos Básicos

- Fluxo Luminoso (lm)

O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento.

- Intensidade Luminosa (cd)

É a intensidade do fluxo luminoso de uma fonte de luz com refletor ou de uma luminária, projetado em uma determinada direção, expressa em candela (cd).

- Iluminância (E)

Indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte, expressa em lux (lx). É a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância (l/d^2). Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, podendo ser medida com o auxílio de um luxímetro. Para obter conforto visual, considerando a atividade que se realiza, são necessários certos níveis de iluminância médios.

- Luminância (L)

É a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície existente, medida em cd/m.

3.3 Iluminação

Os olhos são responsáveis por boa parte dos estímulos que chegam ao homem, são de fundamental importância na percepção e controle de ações e movimentos realizados pelos indivíduos, o que pode afetar seu desempenho. Portanto, a iluminação adequada em termos de quantidade, qualidade e distribuição no ambiente são fatores primordiais para uma perfeita visibilidade na execução de tarefas (BARBOSA FILHO, 2010).

A luz influencia partes do sistema nervoso vegetativo que comandam o metabolismo e funções do corpo humano. Verifica-se, portanto, que a boa iluminação é de fundamental importância não só para a visão, mas também está relacionada com o bem-estar e o prazer no trabalho, aumentando a capacidade de concentração e prevenindo esgotamentos prematuros (VIEIRA, 2008).

De acordo com Zocchio (2002), a iluminação é considerada inadequada quando está abaixo ou acima de um determinado nível de conforto em um ambiente. A iluminação deficiente leva o trabalhador a fazer maior esforço visual, não permitindo perceber detalhes que podem ser perigosos, enquanto, por outro lado, o excesso de luz perturba a visão e pode provocar ofuscamentos, levando os órgãos visuais ao cansaço. Qualquer uma das duas situações contribui para aumentar o risco de acidente e diminuir o rendimento do trabalhador.

A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída no ambiente e difusa, sendo projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos (ATLAS, 2015).

A análise ergonômica de uma atividade nos mostra uma série de elementos que estão relacionados à atividade do trabalhador. Dependendo da forma desta relação, esta poderá produzir diversas consequências, positivas ou negativas. Devendo ser observado e principalmente analisado como estas consequências se manifestam para os trabalhadores (MONTEDO; SZNELWAR, 2008).

4 METODOLOGIA

O objetivo deste estudo de caso é verificar se, na Sala de Aula 19 e no Laboratório 06 de Informática da Escola Técnica e Profissionalizante LED, em São Luís – MA, as condições de iluminação estão de acordo com a legislação vigente, no que diz respeito aos aspectos luminotécnicos.

A metodologia utilizada é caracterizada por uma avaliação quantitativa com medições in loco que foram realizadas nos turnos matutino e noturno, pois a escola só funciona nesses dois turnos. A sala de aula e o laboratório foram escolhidos como uma forma representativa das demais estruturas da escola que possuem características semelhantes às escolhidas.

Os resultados das medições somente serão válidos nas condições meteorológicas existentes durante a medição, bem como com as características físicas da sala de aula e do laboratório e a iluminação artificial utilizada.

As medições na sala de aula foram realizadas seguindo os procedimentos descritos na NBR 5382/1985 (Verificação de Iluminância de Interiores), que normatiza o modo como deve ser realizada a verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral. Mediu-se também a iluminância no quadro negro e no corredor fora da sala de aula, para verificar se a luz natural tem influência sobre a iluminação dentro da sala de aula.

O uso de um dos métodos descritos na norma resultará em valores de iluminância média com no máximo 10% de erro sobre os valores que seriam obtidos pela divisão da área total em áreas de 50 x 50 cm, fazendo-se uma medição em cada área e calculando-se a média aritmética.

Nas medições realizadas no laboratório de informática não foi possível usar os procedimentos descritos na NBR 5382/1985, pois, para este estudo, foi considerado que a iluminação deva atender às iluminâncias sobre o plano de trabalho, em função da atividade desenvolvida no local. Mediu-se então a iluminância sobre as mesas, assim como a iluminância no quadro negro e no corredor fora da sala de aula, para verificar se a luz natural tem influência sobre a iluminação interna do laboratório.

Para análise e comparação dos dados obtidos, utilizaram-se os padrões estabelecidos pela NBR 5413/1992 (Iluminância de Interiores), a qual estabelece os valores de iluminância médias mínimas em serviço para a iluminação artificial em

interiores onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

Para o estudo de caso analisado deve-se ter a seguinte iluminância mínima, média e máxima: 200 – 300 – 500 lux para Sala de Aula, 300 – 500 – 750 lux para Quadro Negro e 300 – 500 – 750 lux para Laboratório de Informática, conforme NBR 5413/1992, sendo que o valor da iluminância a ser utilizada como referência, depende da velocidade e precisão da tarefa, refletância do fundo de trabalho e idade dos usuários.

O aparelho utilizado foi o Luxímetro, com fotocélula que possui correção de cosseno, correção de cor e alta precisão, que deve trabalhar a uma temperatura ambiente entre -10°C a 40°C com umidade relativa $< 70\%$. Dados do Luxímetro: Marca / Modelo: Minipa MLM-1011 - Digital Lux Meter - Range 2000 a 100000 lux, calibrado com o padrão de lâmpada incandescente 2856K (Figura 1).

Antes da leitura, a fotocélula do luxímetro ficou exposta à iluminação do local a ser medido, até se estabilizar, durante 06 (seis) minutos.



Foto 1: Luxímetro Minipa MLM-1011

As medições realizadas em cada ambiente e as condições presentes no momento das medições foram detalhadas a seguir:

Sala de Aula 19

A sala de aula tem as seguintes características: teto branco, paredes com duas cores, sendo azul escuro até a altura de 1,50m e o restante na cor branca, piso cinza, carteiras azul escuro, quadro branco e mesa do professor branca, sem janela e parede de vidro com adesivo opaco de onde é proveniente a iluminação natural,

conforme fotos 2, 3 e 4, com as seguintes dimensões: 7,71 x 5,00 x 2,94 metros (comprimento, largura e altura).



Foto 2: Sala de Aula 19

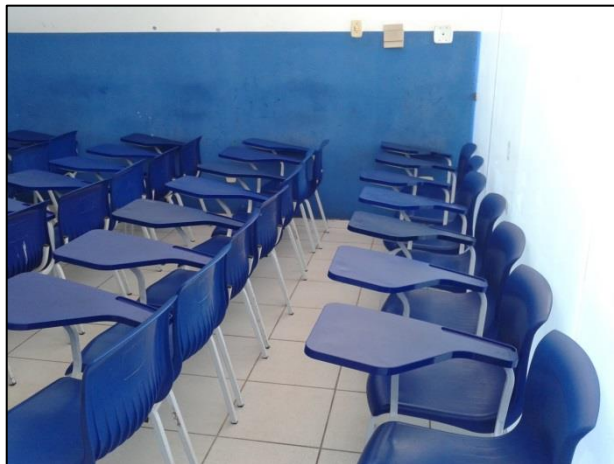


Foto 3: Sala de Aula 19 (Carteiras)



Foto 4: Sala de Aula 19 (Parede de Vidro)

A sala possui uma fileira única com duas luminárias tipo Spot para 01 lâmpada, as lâmpadas utilizadas são da marca Empalux (Foto 5), modelo FL23016, potência 30W, tensão 220V, f.p. 0,92, Temperatura de Cor 6.400K (luz branca), Fluxo luminoso de 1920 lúmens e Eficiência luminosa de 64 lm/W.



Foto 5: Lâmpada Empalux utilizada na Sala 19

Foram realizadas 04 (quatro) medições internas e 02 (duas) externas, que ocorreram de acordo com a sequência a seguir:

1ª Medição – medição da iluminância do ambiente com combinação de iluminação natural com a iluminação artificial acesa às 11:20 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 30°C, realizada no dia 25/08/2017;

2ª Medição – medição da iluminância do corredor em frente à sala somente com iluminação natural às 11:40 horas, com as seguintes características meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 29°C, realizada em 25/08/2017;

3ª Medição – medição da iluminância do ambiente com o uso somente de iluminação artificial às 18:30 horas, com as seguintes características meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 29°C, realizada em 29/08/2017;

4ª Medição – medição da iluminância do corredor em frente à sala somente com iluminação artificial às 19:00 horas, com as seguintes características meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 29°C, realizada em 29/08/2017;

5ª Medição – medição da iluminância do ambiente com combinação de iluminação natural com a iluminação artificial acesa às 11:00 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 26°C, realizada no dia 14/09/2017;

6ª Medição - medição da iluminância do ambiente somente com iluminação natural às 11:20 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 26°C, realizada no dia 14/09/2017.

A figura 1, a seguir, mostra o layout da sala com a distribuição das carteiras, mesa do professor e distribuição das luminárias, verifica-se que o campo de trabalho é retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular.

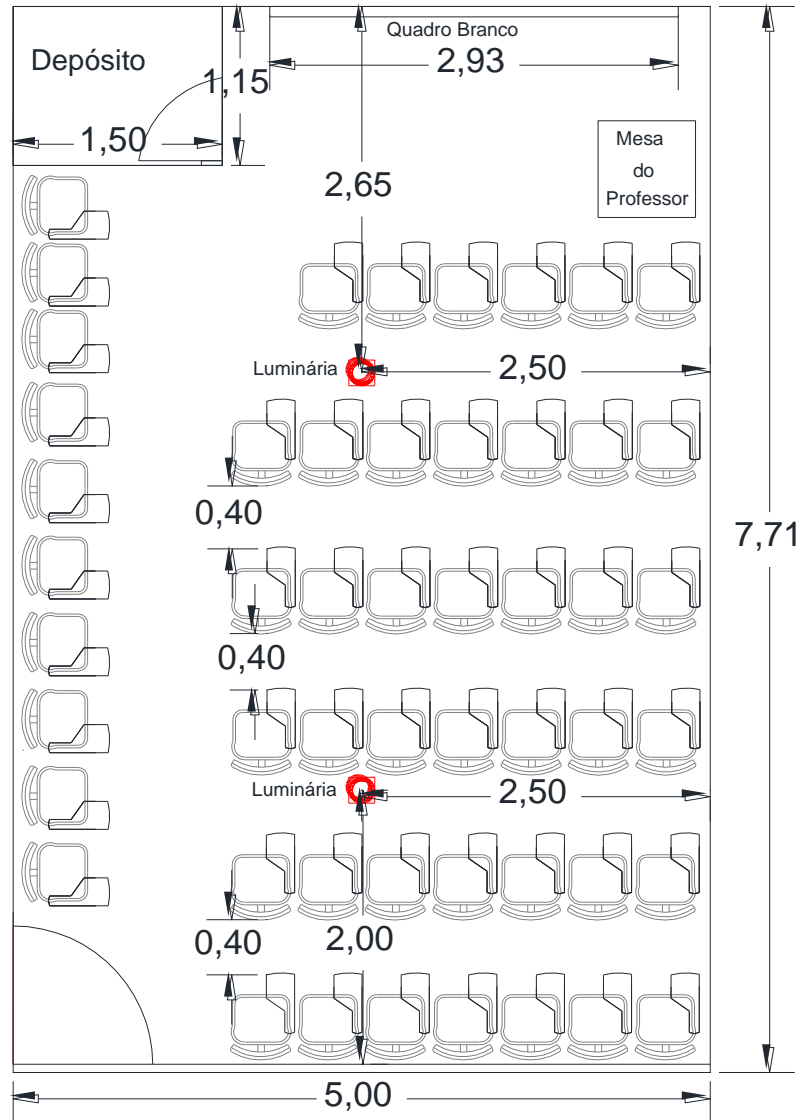


Figura 1: Layout da Sala de Aula 19

Com base na NBR 5382/1985, item 4.3 Área regular com linha única de luminárias individuais, a figura 2 mostra os pontos (p-1, p-2, q-1, q-2, q-3 e q-4) onde foram realizadas as medições na sala 19. Para estas medições, a fotocélula se encontrava no plano horizontal e a uma distância de 0,80m do piso e nos pontos de medição no quadro branco qn-1, qn-2 e qn-3, a uma distância de 1,75m do piso. Foram medidos também 03 pontos (c-1, c-2 e c-3) no corredor, a uma distância de 0,80m do piso, para verificarmos se ela pode influenciar na iluminância interna da sala.

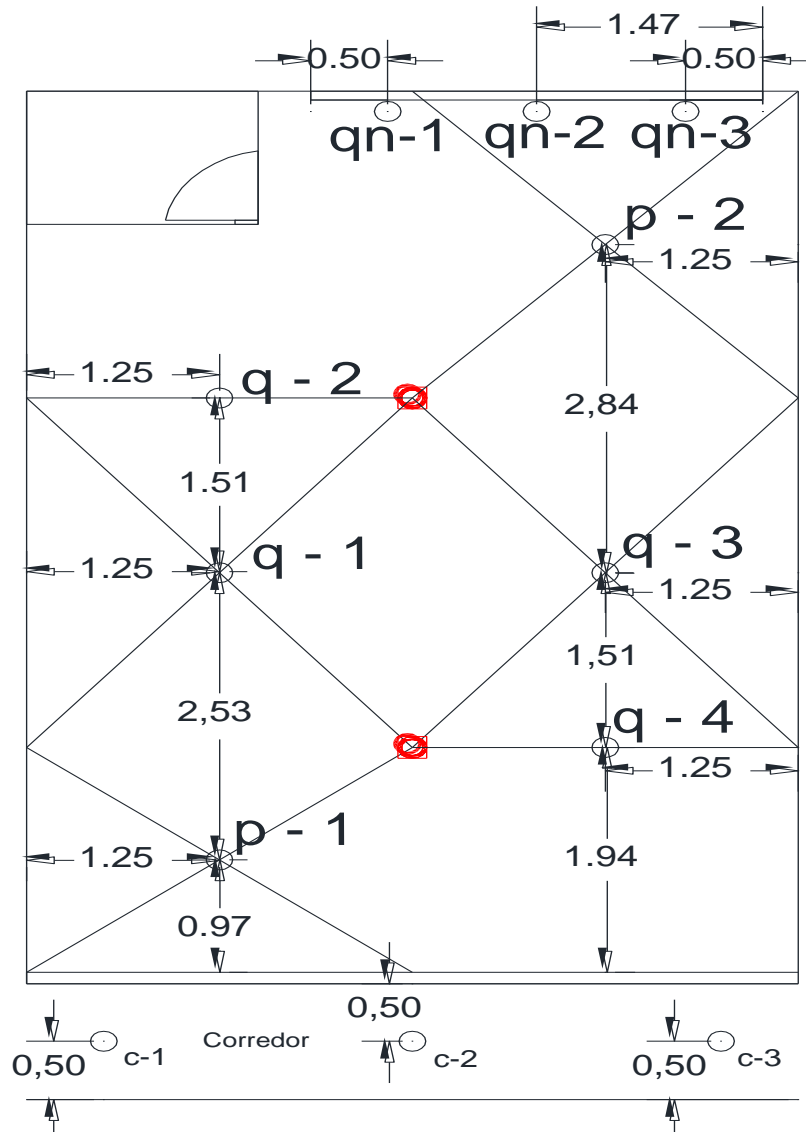


Figura 2: Pontos de Medição da Iluminância na Sala 19

Laboratório 06 de Informática

O Laboratório tem as seguintes características: teto branco, paredes com duas cores, sendo azul escuro até a altura de 1,50m e o restante na cor branca, piso cinza, mesas brancas, cadeiras brancas, quadro branco e mesa do professor branca, sem janela e parede de vidro com adesivo opaco de onde é proveniente a iluminação natural, conforme fotos 6, 7 e 8, com as seguintes dimensões: 8,00 x 5,00 x 2,94 metros (comprimento, largura e altura).



Foto 6: Laboratório 06

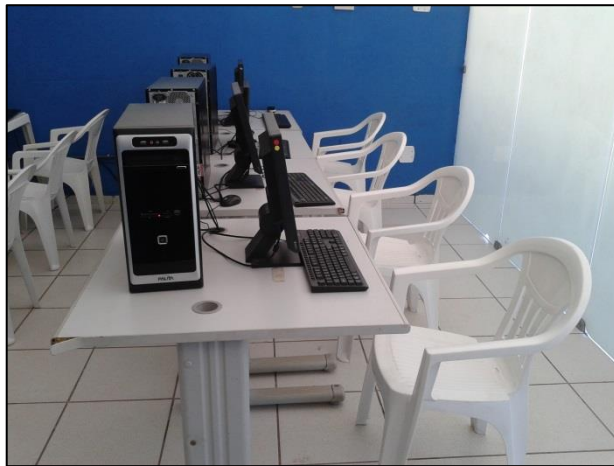


Foto 7: Laboratório 06 (Mesas e Cadeiras)



Foto 8: Laboratório 06 (Parede de Vidro)

O laboratório possui uma fileira única com duas luminárias tipo Spot para 01 lâmpada, as lâmpadas utilizadas são da marca Empalux (Foto 9), modelo

FL23016, potência 30W, tensão 220V, f.p. 0,92, Temperatura de Cor 6.400K (luz branca), Fluxo luminoso de 1920 lúmens e Eficiência luminosa de 64 lm/W.



Foto 9: Lâmpada Empalux utilizada no Laboratório 06

Foram realizadas 04 (quatro) medições internas e 02 (duas) externas, que ocorreram de acordo com a sequência a seguir:

1ª Medição – medição da iluminância do ambiente com combinação de iluminação natural e iluminação artificial acesa às 10:40 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 30°C, realizada no dia 25/08/2017;

2ª Medição – medição da iluminância do corredor em frente ao laboratório somente com iluminação natural às 11:00 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 30°C, realizada em 25/08/2017;

3ª Medição – medição da iluminância do ambiente com o uso somente de iluminação artificial às 19:30 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 29°C, realizada em 25/08/2017;

4ª Medição – medição da iluminância do corredor em frente ao laboratório somente com iluminação artificial às 19:50 horas, com as seguintes características meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 29°C, realizada em 25/08/2017;

5ª Medição – medição da iluminância do ambiente com combinação de iluminação natural e iluminação artificial acesa às 11:00 horas, com as seguintes condições meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 27°C, realizada no dia 13/09/2017;

6ª Medição - medição da iluminância do ambiente somente com iluminação natural às 11:20 horas, com as seguintes meteorológicas de céu parcialmente nublado e temperatura 27°C, realizada no dia 13/09/2017.

A figura 3, a seguir, mostra o layout do laboratório de informática com a distribuição das mesas, mesa do professor e distribuição das luminárias, verifica-se

que o campo de trabalho é retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, com linha única de luminárias individuais.

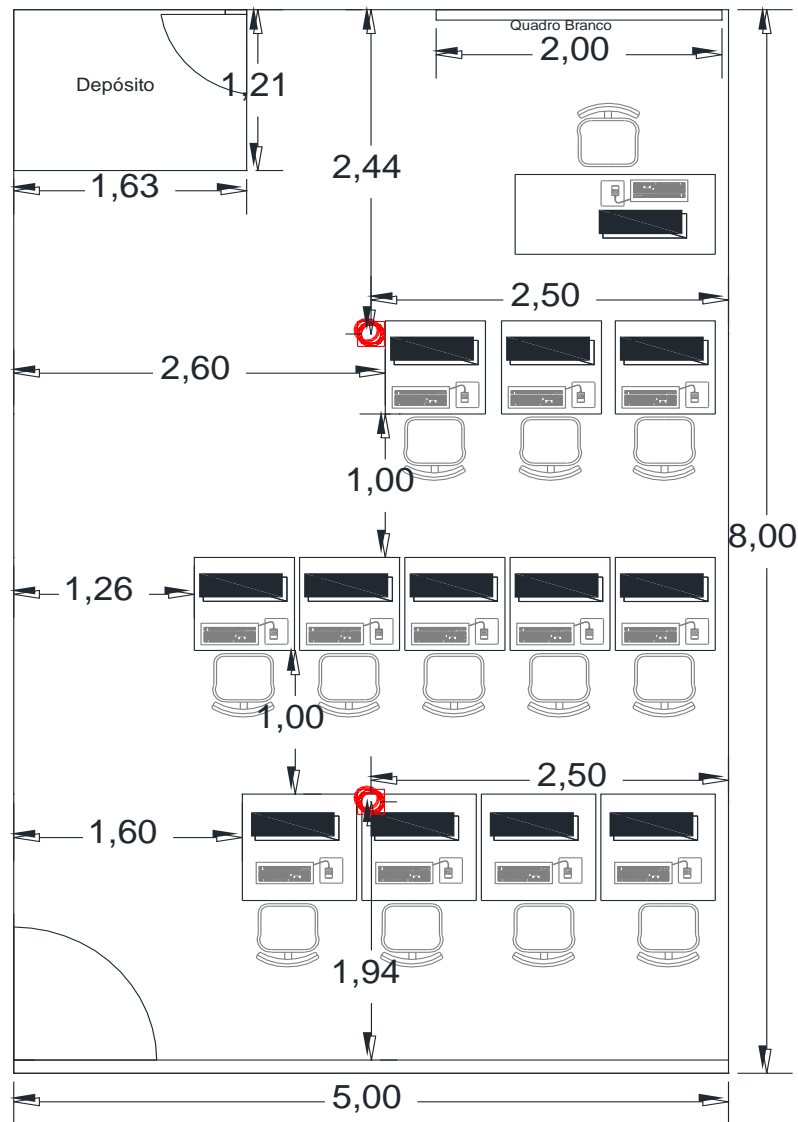


Figura 3: Layout do Laboratório de Informática

Como o Laboratório de Informática é um espaço de ensino específico, a figura 4 ilustra onde foram realizadas as medições, nos pontos (p-1, p-2, p-3, p-4, p-5, p-6, p-7, p-8, p-9, p-10, p-11, p-12 e p-13), localizados nas mesas de modo individual. Para estas medições, a fotocélula se encontrava no plano horizontal e a uma distância de 0,90m do piso, nos pontos de medição no quadro branco (qn-1 e qn-2), a uma distância de 1,75m do piso e nos pontos (q-1, q-2, q-3 e q-4), que foram medidos para termos valores fora dos pontos específicos, medidos a uma distância de 0,80m do piso. Foram medidos também 03 pontos (c-1, c-2 e c-3) no

corredor, a uma distância de 0,80m do piso, para verificarmos se ela pode influenciar na iluminância interna da sala.

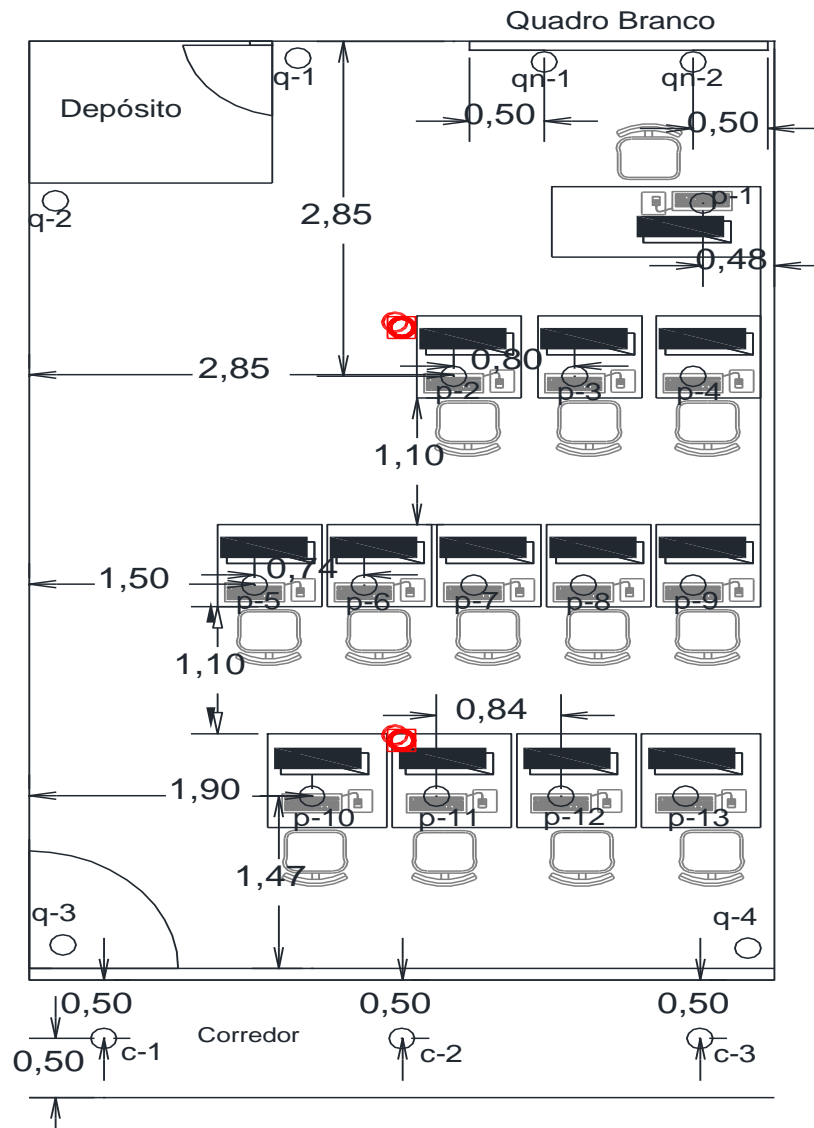


Figura 4: Pontos de Medição da Iluminância no Laboratório de Informática

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos Resultados da Sala de Aula 19

Os valores das iluminâncias medidas na Sala de Aula 19, nas medições 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão expressos nas tabelas a seguir, assim como a iluminância média calculada conforme a NBR 538/1985, item 4.3 Área regular com linha única de luminárias individuais.

Ponto	Iluminância (lux)			
	Medição			
	01	03	05	06
p-1	1072	59	995	934
p-2	191	65	261	200
q-1	654	79	512	453
q-2	458	77	357	270
q-3	356	75	586	410
q-4	514	67	842	602
Média	563,5	68,25	601,13	500,38

Tabela 1: Iluminâncias Medidas na Sala de Aula

Ponto	Iluminância (lux)	
	Medição	
	02	04
c-1	8550	12
c-2	8010	22
c-3	8010	18
Média	8190	17,33

Tabela 2: Iluminâncias Medidas no Corredor

Ponto	Iluminância (lux)			
	Medição			
	01	03	05	06
qn-1	286	49	237	165
qn-2	203	39	227	163
qn-3	217	41	236	195
Média	235,33	43	233,33	174,33

Tabela 3: Iluminâncias Medidas no Quadro Negro

Com base na NBR 5413/1992, a iluminância necessária para a sala de aula depende das características da tarefa e do observador, para esta análise temos que:

- a) Idade dos usuários: inferior a 40 anos;
- b) Velocidade e precisão: Importante;
- c) Refletância do fundo da tarefa: de 30 a 70%;

Portanto, a iluminância necessária é de 300 lux para a sala de aula e para o quadro negro de 500 lux.

Analisando os dados da tabela 1, vemos que a iluminância média das medições 1, 5 e 6, realizadas no período diurno, atendem o que preconiza a norma, mesmo existindo alguns valores abaixo do exigido, como por exemplo, na medição 1, no ponto p-2 que apresenta uma iluminância de 191 lux.

A terceira medição, realizada no período noturno, apresenta o valor médio de iluminância de 68,25 lux, muito abaixo do valor exigido pela norma.

Na tabela 2, as medições realizadas no corredor em frente à sala no período matutino, com iluminância média de 8190 lux e no noturno com iluminância média de apenas 17,33 lux, percebe-se claramente que a iluminância no corredor (luz natural) influencia diretamente a iluminância interna da sala de aula, pois, como descrito anteriormente, uma das paredes da sala é de vidro com adesivo opaco, que deixa passar bastante luminosidade durante o período matutino, portanto, atendendo aos requisitos da norma, mas entretanto no período noturno não atende.

Quanto à iluminância no quadro negro, percebe-se pela tabela 3 que em nenhuma das medições atende a norma.

Conclui-se que, na análise dos valores de iluminância medidos, a iluminação existente na sala não é adequada para o período noturno e parcialmente adequada para o período matutino, pois, apesar da iluminância média estar dentro dos requisitos da norma, ela não está distribuída uniformemente, além de apresentar valores muito baixos sobre o quadro negro.

Com base nos valores medidos e na análise anterior, a iluminação na Sala de Aula 19 é inadequada para a realização de tarefas com qualidade e conforto visual, não atendendo a NR-17 e a NBR 5413/1992, necessitando, portanto, de um estudo luminotécnico para se adequar às normas.

5.2 Análise dos Resultados do Laboratório de Informática 06

Os valores das iluminâncias medidas no Laboratório de Informática 06, nas medições 1, 2, 3, 4, 5 e 6, estão expressos nas tabelas a seguir, assim como a iluminância média calculada. Neste caso não foi possível o enquadramento na NBR 5382/1985, pois o laboratório de informática é uma área de trabalho específica, em que a necessidade de melhores níveis de iluminância é exatamente nas mesas onde se encontram os computadores.

Com base na NBR 5413/1992, a iluminância necessária para o Laboratório de Informática depende das características da tarefa e do observador, para esta análise temos que:

- a) Idade dos usuários: inferior a 40 anos;
- b) Velocidade e precisão: Importante;
- c) Refletância do fundo da tarefa: de 30 a 70%;

Portanto, a iluminância necessária é de 500 lux, tanto para os pontos de medição específicos para o trabalho, quanto para o quadro negro.

Os valores medidos das iluminâncias no laboratório de informática foram divididos por pontos específicos (p-1 a p-13) localizados nas mesas dos alunos e do professor, além de outros quatro pontos (q-1, q-2, q-3 e q-4) fora dos pontos específicos de trabalho e dois pontos no quadro negro (qn-1 e qn-2).

Na tabela 4, os pontos de melhores níveis de iluminância são p-10, p-11, p-12 e p-13, localizados nas mesas próximas à parede de vidro, o maior valor medido foi de 1203 lux no ponto p-12 na quinta medição, o que demonstra a influência da luz natural externa ao laboratório no turno matutino. O ponto p-1, onde foi medido o menor valor de 136 lux, se encontra na mesa do professor.

Ponto	Iluminância (lux)			
	Medição			
	01	03	05	06
p-1	175	61	210	136
p-2	265	102	429	348
p-3	275	89	430	343
p-4	259	77	372	325
p-5	390	79	620	419
p-6	448	90	686	449
p-7	436	108	679	426
p-8	448	75	659	413
p-9	369	70	608	340
p-10	792	93	1135	943
p-11	757	99	1191	1038
p-12	747	85	1203	1105
p-13	661	72	1049	1119
Média	463,2	84,6	713,2	569,5

Tabela 4: Iluminâncias Medidas na Sala de Aula

Os valores medidos fora dos pontos específicos pela NBR 5413/1992 não podem ser inferiores a 70% do valor de referência, pela tabela 5, percebe-se que a iluminância média se encontra dentro do limite, com exceção da medição realizada à noite. Nos pontos q-1, q-2, q-3 e q-4 fora da área de trabalho, verifica-se que os maiores valores são os pontos q-3 e q-4 que se encontram também próximos à parede de vidro, com influência externa. Conclui-se, portanto, que a iluminação não está distribuída uniformemente.

Ponto	Iluminância (lux)			
	Medição			
	01	03	05	06
q-1	151	57	191	117
q-2	243	62	320	230
q-3	698	42	978	841
q-4	729	51	993	978
Média	455,25	53	620,5	541,5

Tabela 5: Iluminâncias Medidas fora dos pontos específicos

Os valores medidos externos à sala estão demonstrados na tabela 6, onde o maior valor encontrado foi de 12.340 lux, o que equivale a mais de dez (10) vezes o maior valor medido no ponto p-12 dentro do laboratório. Com base nos valores de iluminância externos à sala, percebe-se claramente que a iluminância no corredor, decorrente da luz natural, influencia diretamente a iluminância interna do laboratório, pois, como descrito anteriormente, uma das paredes da sala é de vidro com adesivo opaco, que deixa passar bastante luminosidade durante o período matutino.

Ponto	Iluminância (lux)	
	Medição	
	02	04
c-1	10930	27
c-2	12340	43
c-3	12440	25
Média	11903,3	34

Tabela 6: Iluminâncias Medidas no Corredor

Em relação ao quadro negro, observa-se na tabela 7 que apresenta também valores baixos, onde o maior valor foi de 337 lux e o menor valor 199 lux, no período matutino, bem abaixo do valor de referência.

Ponto	Iluminância (lux)			
	Medição			
	01	03	05	06
qn-1	233	66	337	227
qn-2	241	86	312	199
Média	237	76	324,5	213

Tabela 7: Iluminâncias Medidas no Quadro Negro

Analisando os valores obtidos na medição 3, realizada no período noturno, conclui-se que a iluminação para este período é totalmente inadequada para a realização de tarefas ou trabalhos escolares com qualidade, para todos os espaços desta sala de aula, não atendendo em nenhum ponto o que referencia a norma.

Analisando os dados das tabelas 4, 5 e 6, vemos que a iluminância média das medições 5 e 6, realizadas no período diurno, estão acima do valor de referência e o valor médio da medição 1 não atende. Vemos ainda nas medições que existe uma grande variação da iluminância, onde o menor valor de 136 lux é no ponto p-1 e o maior valor 1203 lux no ponto p-12, porém, neste caso, não devemos analisar pela variância média e sim pelo valor no ponto específico. Portanto, conclui-se que a iluminância no laboratório não atende por completo a norma.

Quanto à iluminância no quadro negro, percebe-se pela tabela 6 que em nenhuma das medições atende a norma.

Pela análise dos valores de iluminância medidos, a iluminação existente no laboratório é inadequada para o período matutino, pois, apesar da iluminância em muitos pontos estar dentro dos requisitos da norma, ela não está distribuída uniformemente, além de apresentar valores muito baixos em alguns pontos específicos e sobre o quadro negro.

Com base nos valores medidos e na análise anterior, a iluminação no Laboratório de Informática 06 é inadequada para a realização de tarefas com qualidade e conforto visual, não atendendo a NR-17 e a NBR 5413/1992, necessitando, portanto, de um estudo luminotécnico para se adequar às normas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente escolar deve ser um ambiente agradável para a execução das tarefas escolares, com o intuito de aumentar o desempenho na relação ensino-aprendizagem, um dos pontos fundamentais para alcançar este objetivo é a iluminação do ambiente.

Neste estudo de caso descrevemos que, na Escola Técnica LED, foi feita uma adaptação de salas comerciais em Salas de Aula e Laboratórios, sem se preocupar com a questão da iluminação, pois foram mantidos os mesmos padrões quanto à distribuição, à quantidade de luminárias e aos tipos de lâmpadas utilizadas.

Verificamos que, nos dois ambientes estudados, a quantidade de iluminação não atende as normas pertinentes NR – 17, NBR 5413 e NBR 5382, quanto à quantidade mínima de lux, sendo totalmente inaceitáveis os níveis de iluminância encontrados no período noturno e parcialmente aceitáveis no período matutino.

Necessitando, portanto, de adequações em sua estrutura física (luminárias e lâmpadas), através de um Projeto de Iluminação que supra todas as necessidades dos ambientes da escola, que atenda às normas, e acima de tudo, que satisfaça as relações ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: Brasil, 1992.

ATLAS. **Manuais de Legislação: Segurança e Medicina do Trabalho**, *Normas Regulamentadoras NR1 a NR36*. Ed. 75. São Paulo: Atlas S.A, 2015.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2010.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho**. NR 17 Ergonomia. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 16 de agosto de 2017.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

GERMANO, P.J.M.M.T; GIANNINI, C.F; OLIVEIRA, L.D; SOARES, P.F. **Estudo de Níveis de Iluminância nas Salas de Aula do Bloco 9 da Universidade Estadual de Maringá**. In: VII Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar - EPCC. Maringá. PR. Brasil, 2011.

IIDA, I. **Ergonomia, projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1990.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 15

KUNH, P.D.; OLIVEIRA, C.C.; TAKEDA, F. **Verificação da Iluminância no Ambiente de Trabalho**. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos. SP. Brasil, 2010.

MONTEDO, U. B.; SZNELWAR, L. I. **Análise ergonômica do trabalho agrícola familiar na produção de leite**. Revista Produção, Vol. 18, n. 1, 2008.

OLIVEIRA, L.; ALEXANDRE; F., ANTÃO, A.; CABRAL, L. **Análise Ergonômica do Ambiente de Trabalho em Indústrias de Vestuário Localizadas no Pólo de Confecções do Agreste Pernambucano**. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, TO. Brasil, 2012.

RITTER, V. M.; PEGLOW, J.S.; CORRÊA, C.M.B. **Avaliação do Nível de Iluminação em Salas de Aula do Campus Pelotas Visconde da Graça**. Pelotas, RS. Brasil.

SANTOS, P.M.; OLIVEIRA, C.R. **Iluminação Ideal de uma Sala de Aula no Período Noturno**. In: 14^o Congresso Nacional de Iniciação Científica. Anais. 2014.

SILVA, C.M.C. **A Importância da Iluminação no Ambiente Escolar**. Revista Online IPOG. Especialize. Goiânia, 8ª Edição, nº 009, Vol.01/2014, dez./2014. Brasil, 2014.

VIEIRA, S. I. **Manual de Saúde e Segurança do Trabalho**. São Paulo: LTr, 2ª edição, 2008.

ZOCCHIO, Á. **Prática da Prevenção de Acidentes**. São Paulo: Atlas, 2002.