

RENATO DO NASCIMENTO OLIVEIRA

MEDIÇÃO DE ILUMINÂNCIA EM SALA DE COMANDO DE EXAMES DE IMAGENS
EM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS DIRECIONADO AOS
PROFISSIONAIS QUE PRESTAM ASSISTÊNCIA À REALIZAÇÃO DOS EXAMES

São Paulo

2021

RENATO DO NASCIMENTO OLIVEIRA

MEDIÇÃO DE ILUMINÂNCIA EM SALA DE COMANDO DE EXAMES DE IMAGENS
EM LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS DIRECIONADO AOS
PROFISSIONAIS QUE PRESTAM ASSISTÊNCIA À REALIZAÇÃO DOS EXAMES

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Especialista
em Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo
2021

Dedico este trabalho à minha família pela dedicação e apoio ao longo dos anos, que formaram o profissional e ser humano que sou hoje.

Aos meus pais Maria Lúcia e Raimundo por terem me dado o privilégio de crescer em uma família que valoriza a educação e por sempre querer dar aos seus filhos as oportunidades que não tiveram.

À minha irmã Maria Renata, que me protege com sagacidade de uma irmã mais velha, por ser uma referência de caráter e me incentivar a evoluir.

Às minhas tias Maria Dalva e Maria Gorete pelo carinho e dedicação em minha criação, aconselhando e mostrando que a vida não é fácil.

Ao meu afilhado Diogo por me lembrar que nunca devemos parar de lutar, pois precisamos abrir o caminho para as futuras gerações.

E, em especial, ao meu companheiro José Pedro pela motivação e estímulo em momentos de desânimo, que foram cruciais para a conclusão deste trabalho, um homem que me mostra a cada dia que ainda temos muito que melhorar como seres humanos.

Uma verdade de má-fé contada é capaz de
derrotar qualquer mentira por ti inventada.

(William Blake)

RESUMO

OLIVEIRA, Renato do Nascimento. **Medição de Iluminância em Sala de Comando de Exames de Imagens em Laboratório de Análises Clínicas Direcionado aos Profissionais que Prestam Assistência à Realização dos Exames.** 2021. 49 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

O estudo apresentado neste trabalho visa quantificar os níveis de iluminação dentro de uma sala de comando de ressonância magnética, localizada em um laboratório de análises clínicas. Para essa avaliação foi utilizada a norma NHO 11 publicada pela FUNDACENTRO em 2018, onde critérios e parâmetros devem ser utilizados para realizar as medições no ambiente de trabalho e quantificá-las, a fim de comparar as informações com o requisitos mínimos exigidos na norma. O ambiente apresenta como características a iluminação artificial com luminária central, sem incidência de iluminação natural. Para as medições foi utilizado o equipamento de medição de iluminação - luxímetro digital, calibrado adequadamente e de acordo com as especificações técnicas da NHO 11. Através da análise preliminar é possível identificar que o local estudado não apresenta, de forma negativa, os aspectos de ofuscamento, cintilação, efeito estroboscópio, direcionalidade, sombras excessivas, aparência da cor e contraste. Foram realizadas 2 medições nos pontos onde são efetivamente executadas as atividades, além de quatro medições para determinar a iluminância média do ambiente, após a aplicação dos cálculos contidos no Anexo 1 da norma da FUNDACENTRO, houve a comparação das condições observadas com os critérios estabelecidos. Por fim, ao término do estudo constatou-se que o ambiente atende aos requisitos mínimos, exigidos pela norma de iluminação vigente no Brasil.

Palavras-chave: FUNDACENTRO. Iluminação Artificial. Iluminância. Luxímetro. Medição de Iluminamento. NHO 11. Sala de Comando.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Renato do Nascimento. **Medição de Iluminância em Sala de Comando de Exames de Imagens em Laboratório de Análises Clínicas Direcionado aos Profissionais que Prestam Assistência à Realização dos Exames.**2021. 49 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

The study presented at this work aims to quantify the illumination level inside a MRI control room, located at a clinical analysis laboratory. For this evaluation, it was used the NHO 11 standard that was published by FUNDACENTRO during 2018, where the criteria and parameters must be used to perform the measurements at the work environment and quantify them, in order to compare the information with the minimum requirements required at the standard pattern. The environment feature at this work was the artificial lighting with a central lighting matrix, with no incidence of natural lighting. For the measurements, the illumination measuring equipment - digital luxmeter, was used, and it was properly calibrated and in compliance with NHO 11 technical specifications. The preliminary analysis showed that the studied site does not have a negative means in compliance with glare, flicker, strobe effect, directionality, excessive shadows, color appearance and contrast. Two measurements were made at the points where the activities are actually carried out, in addition to four measurements to determine the average ambient illuminance, after the application of the calculations contained in Annex 1 of the FUNDACENTRO standard, there was a comparison of the conditions observed with the established criteria. Finally, at the end of the study, it was found that the environment meets the minimum requirements, required by the current lighting standard in Brazil.

Keywords: Artificial lighting. Control Room. FUNDACENTRO. Illuminance. Illumination measurement. Luxmeter. NHO 11.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Espectro Eletromagnético..... | 18 |
| Figura 2 – Curva de sensibilidade do olho humano à radiação visível..... | 19 |
| Figura 3 – Iluminância..... | 20 |
| Figura 4 – Iluminância X Luminância..... | 21 |
| Figura 5 – Índice de reprodução de cor e exemplos de aplicação..... | 22 |
| Figura 6 – Temperatura de Cor Correlatada..... | 23 |
| Figura 7 – Ofuscamento..... | 24 |
| Figura 8 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade..... | 28 |
| Figura 9 – Escala de iluminância..... | 28 |
| Figura 10 – Ambiente de trabalho de área retangular com luminária central..... | 30 |
| Figura 11 – Malha amostral com pontos de medição..... | 31 |
| Figura 12 – Malha amostral com pontos de medição na área da tarefa..... | 32 |
| Figura 13 – Luxímetro LD-209 Instrutherm..... | 33 |
| Figura 14 - Dados técnicos do luxímetro digital LD-209 Instrutherm..... | 33 |
| Figura 15 – Sala de comando da ressonância magnética..... | 34 |
| Figura 16 – Luminária da sala de comando da ressonância magnética..... | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Unidade de Serviço de Apoio de Diagnose e Terapia - Dez/2020..... | 16 |
| Tabela 2 - Equipamentos de Diagnóstico por Imagem - Dez/2020..... | 17 |
| Tabela 3 - Determinação de iluminação média | 37 |
| Tabela 4 - Medições ponto a ponto na área da tarefa..... | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CIE | Comissão Internacional de Iluminação |
| CNES | Cadastro Nacional de Estabelecimentos da Saúde |
| FUNDACENTRO | Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia |
| IRC | Índice de Reprodução de Cor |
| LCD | Liquid Cristal Display |
| LSI | Large Scale Integration |
| MTE | Ministério do Trabalho e Emprego |
| NBR | Norma Técnica Brasileira |
| NHO | Norma de Higiene Ocupacional |
| NR | Norma Regulamentadora |
| PET/CT | Tomografia Computadorizada por Emissão de Pósitrons |
| PET/RM | Tomografia Computadorizada por Emissão de Pósitrons / Ressonância Magnética. |
| RM | Ressonância Magnética |
| SADT | Serviços de Apoio à Diagnose e Terapia |
| TCC / TCP | Temperatura De Cor Correlata |
| USP | Universidade de São Paulo |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| °C | Graus Celsius |
| cd | Candela |
| cd/m² | Candela por metro quadrado |
| Fc/cd | Foot-candle |
| K | Kelvin |
| lb | Libra |
| lm | Lúmen |
| lm/W | Lúmen por Watt |
| Lux | Lúmen por metro |
| m | Metro |
| m² | Metro quadrado |
| mm | Milímetro |
| nm | Nanômetro |
| P | Ponto |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 OBJETIVO | 15 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 MEDICINA DIAGNÓSTICA..... | 16 |
| 2.2 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO | 18 |
| 2.2.1 Conceito de luz | 18 |
| 2.2.2 Iluminância..... | 19 |
| 2.2.3 Fluxo luminoso | 20 |
| 2.2.4 Luminância..... | 20 |
| 2.2.5 Intensidade luminosa | 21 |
| 2.2.6 Eficiência luminosa | 21 |
| 2.2.7 Índice de reprodução de cor (IRC) | 22 |
| 2.2.8 Temperatura de cor correlata (TCC / TCP) | 22 |
| 2.2.9 Contraste..... | 23 |
| 2.2.10 Ofuscamento..... | 24 |
| 2.2.11 Aspectos de iluminação artificial | 24 |
| 2.2.12 Conceitos NHO 11 | 25 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM AMBIENTES INTERNOS DE TRABALHO | 27 |
| 3.1.1 Avaliação preliminar..... | 29 |
| 3.1.2 Procedimento de medição | 29 |
| 3.1.3 Procedimento para determinação da iluminância média..... | 29 |
| 3.1.4 Medição da iluminância na área da tarefa | 31 |
| 3.2 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO | 32 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE AVALIADO | 33 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 4.1 RESULTADOS..... | 36 |
| 4.1.1 Avaliação preliminar..... | 36 |
| 4.1.2 Configuração do equipamento | 37 |
| 4.1.3 Determinação da iluminância média..... | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.4 Verificação da iluminância na área da tarefa | 38 |
| 4.2 DISCUSSÕES | 38 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 40 |
| REFERÊNCIAS..... | 41 |
| ANEXO A..... | 43 |
| ANEXO B..... | 48 |

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia nos últimos séculos trouxe diversos benefícios para a sociedade, muitos deles para a medicina, através da descoberta dos raios-x, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen, que, ao colocar a mão de sua esposa entre o tubo emissor dos raios e um filme fotográfico, obteve a primeira radiografia da história, sendo possível identificar a estrutura óssea da mão; assim, iniciou-se um novo ramo para a medicina diagnóstica, o diagnóstico por imagens (FLEURY, 2013). As principais inovações em saúde surgiram após a II Guerra Mundial (1939 – 1945). Podemos observar isto em 1948, quando o médico americano Douglas Howry (1920 – 1969), através de melhorias voltadas para a área médica, criou o primeiro aparelho de ultrassonografia (MARTINS, 2014).

Já em 1972, o engenheiro inglês Godfrey Hounsfield (1919 – 2004) desenvolveu o primeiro equipamento de tomografia, que até aquele momento realizava apenas imagens do cérebro, sendo que posteriormente foram desenvolvidos aparelhos para analisar outros tecidos moles (MARTINS, 2014).

A partir dos anos 70, os avanços científicos da época trouxeram grande evolução para a radiologia, posteriormente com a melhoria dos métodos de diagnósticos por imagem tais como ultrassonografia, mamografia, densitometria óssea, tomografia computadorizada, PET/CT e PET/RM, ressonância magnética e radiologia digital, juntamente com o surgimento desses novos métodos nasceu também uma especialidade voltada para área de imagem, a imaginologia, na qual consiste no conjunto de métodos e técnicas que fornecem ao médico imagens do corpo humano, podendo utilizar tanto radiação como algum outro tipo de comprimento de onda para obter esta imagem (FENELON, 2008).

Com a evolução rápida dos métodos de diagnósticos e a popularização deste tipo de atividade a figura do radiologista ou imaginologista torna-se cada vez presente em diversos ambientes, tais como hospitais, clínicas médicas e odontológicas e principalmente em laboratórios de medicina diagnóstica. Assim, as funções dos especialistas em imagem é a de realizar exames de forma cuidadosa e eficiente, proporcionando uma interação entre paciente-médico-máquina (FENELON, 2008).

Contudo, para que essa interação ocorra de forma adequada e o diagnóstico possa ser realizado precisamente, é de grande importância que o profissional responsável

pela elaboração dos exames de imagem possua condições ambientais seguras para execução de suas atividades, assim como qualquer outro profissional, o ambiente de trabalho deve se adaptar às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado (BRASIL, 2007).

Como o diagnóstico de imagem consiste na avaliação da imagem exibidas em telas de monitores, a iluminação do ambiente deve ser adequada para que haja condições de conforto, considerando o equilíbrio de alguns fatores como: intensidade de luz, o posicionamento das luminárias, as cores das lâmpadas e o reflexo das superfícies (TAKEUCHI, 2019).

Dentro da legislação brasileira há algumas normas que determinam os parâmetros a serem adotados para que as condições de trabalho atendam as características psicofisiológicas dos trabalhadores, dentre elas a Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia (NR 17), levando em consideração as exigências de iluminação previstas na norma temos: Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade; A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa; A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos (BRASIL, 2007).

A iluminação não é um agente ambiental agressivo observando-se pelos aspectos de doenças ocupacionais e limites de tolerância, porém o seu excesso ou falta no ambiente de trabalho pode trazer algumas consequências para os trabalhadores tais como: maior fadiga visual e geral; maior risco de acidentes e menor produtividade / qualidade. Esses efeitos podem ser acentuados quando há uma variação brusca de iluminância, também pode haver aumento de acidentes quando ocorre o efeito estroboscópio, no qual consiste em um fenômeno visual decorrente de uma combinação de fatores que pode causar a falsa impressão de que a máquina está parada ou com pouco movimento, quando na verdade está movimentando-se. As avaliações de iluminação de um ambiente laboral têm por objetivo quantificar a iluminância dos postos de trabalho, comparando com os valores mínimos exigidos nas normas brasileiras, além de fornecer sugestões de melhorias para que haja a adequação das condições de iluminação do local (USP, 2019).

1.1 OBJETIVO

Este trabalho possui como objetivo quantificar os níveis de iluminância em sala de comando de exames de imagens em laboratório de análises clínicas direcionado aos profissionais que prestam assistência à realização dos exames.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha da quantificação da iluminância do ambiente da sala de exames de imagem vem da preocupação com a saúde visual dos colaboradores que atuam nesses locais, pois em muitos casos passam toda sua jornada de trabalho atuando com uma iluminação muitas vezes inadequada à atividade.

Nos laboratórios de medicina diagnóstica geralmente há um controle muito eficiente quanto a outros riscos ambientais, principalmente o risco físico da radiação ionizante, porém pouco se avalia a questão da iluminação ambiente e consequentemente o conforto visual dos trabalhadores da área.

Assim, a avaliação da iluminância do ambiente se justifica para identificar fatores que possam influenciar na qualidade visual, permitindo melhorar ou adequar a iluminação do local abordado, proporcionando maior conforto para os profissionais que permanecem nas salas de exames de imagem.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MEDICINA DIAGNÓSTICA

A medicina diagnóstica pode ser definida como o conjunto de especialidades médicas direcionadas à realização de exames complementares ao auxílio do diagnóstico, na qual estão englobadas as atividades de medicina laboratorial, medicina por imagem e outras especialidades médicas que realizam exames com fins de diagnóstico, segundo Martins (2014). Os órgãos reguladores, ao classificar os estabelecimentos de saúde, enquadram os centros de medicina diagnóstica como SADT (Serviços de Apoio à Diagnose e Terapia).

Portanto, os serviços de medicina diagnóstica funcionam como serviços de apoio ao sistema de saúde e, devido ao crescimento do poder econômico, aumento do emprego formal e maior acesso aos planos de saúde, a oferta deste serviço aumentou nas últimas décadas para atender a demanda da população consumidora (MARTINS, 2014).

De acordo com a Tabela 1, em dezembro de 2020 o Cadastro Nacional de Estabelecimentos da Saúde (CNES) contabilizou 25.551 unidades de SADT distribuídos nas cinco regiões do país, englobando empresas familiares de pequeno porte e grandes grupos de medicina diagnóstica. Dentro deste panorama também se identifica, através da Tabela 2 - Equipamentos de Diagnóstico por Imagem - Dez/202, que no Brasil existem 136.953 equipamentos de diagnósticos por imagem, sendo que 129.258 estão em uso e que para a utilização de todos os equipamentos quantificados são necessários profissionais de saúde que os operem corretamente, desde que sejam qualificados, habilitados e autorizados para tal.

Tabela 1. Unidade de Serviço de Apoio de Diagnose e Terapia - Dez/2020

| Região | Quantidade |
|---------------------|-------------------|
| Região Norte | 1270 |
| Região Nordeste | 4573 |
| Região Sudeste | 10801 |
| Região Sul | 6474 |
| Região Centro-Oeste | 2433 |
| Total | 25551 |

Fonte: CNES (2021)

Tabela 2. Equipamentos de Diagnóstico por Imagem - Dez/2020

| Equipamento | Equip. Existentes | Equip. em Uso |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Mamógrafo | 5033 | 4810 |
| Raio X | 79233 | 73524 |
| Tomógrafo Computadorizado | 5488 | 5319 |
| Ressonância Magnética | 2911 | 2842 |
| Ultrassom | 44288 | 42763 |
| Total | 136953 | 129258 |

Fonte: CNES (2021)

Os profissionais que atuam nas unidades de SADT operando os equipamentos de imagem estão sujeitos às condições ambientais do local de trabalho, que devem atender à legislação vigente, pois segundo Brasil (2007, p. 3) “as condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado”.

De acordo com a NR 17, Brasil (2007):

17.5.2 Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- b) índice de temperatura efetiva entre 20oC (vinte) e 23oC (vinte e três graus centígrados);
- c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s;
- d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

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.

Assim, observando que as salas de comando de equipamentos de imagem caracterizam-se como salas de controle dentro de laboratórios, deve-se atender aos requisitos da norma. Como a jornadas de trabalho dos profissionais destes ambientes pode variar de quatro a doze horas diárias, de acordo com a função é importante que as condições ambientais sejam satisfatórias para garantir o conforto e saúde de seus ocupantes.

Portanto, visando conhecer as condições de iluminação ambiental das salas de comando, iremos abordar alguns conceitos referentes a iluminação.

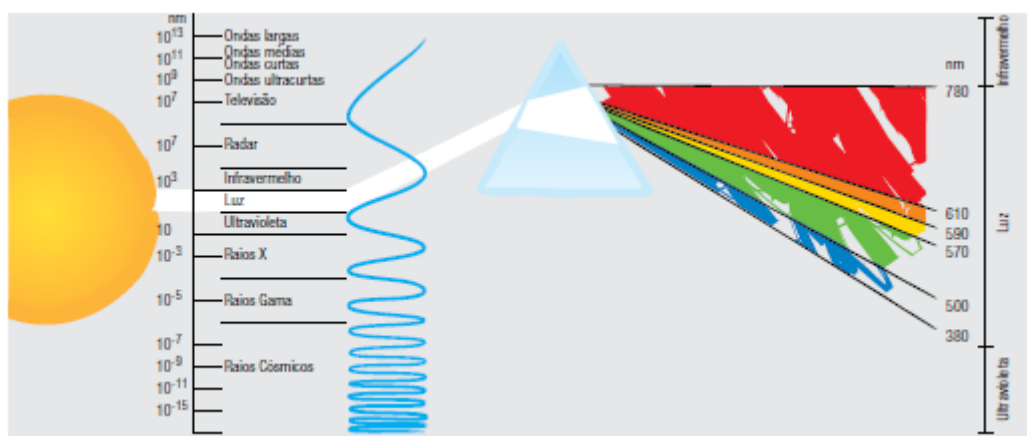
2.2 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO

Para facilitar o entendimento referente à iluminação interna dos ambientes de trabalho que será abordado adiante é importante conceituar alguns aspectos mais relevantes sobre iluminação como: conceito de luz, iluminância, luminância, fluxo luminoso, intensidade luminosa, eficiência luminosa, índice de reprodução de cor, temperatura de cor correlata, contraste, ofuscamento e aspectos de iluminação artificial. Além da apresentação dos termos técnicos sobre iluminação utilizados na Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 11 da FUNDACENTRO.

2.2.1 Conceito de luz

A luz é conceituada como a radiação eletromagnética capaz de ser percebida pelo olho humano e sendo compreendida entre 380nm e 780 nm. A percepção visual à luz varia não só com relação ao comprimento de onda da radiação, mas também leva em consideração a luminosidade (OSRAM, 2008). Na Figura 1 é possível identificar o espectro eletromagnético.

Figura 1 - Espectro Eletromagnético

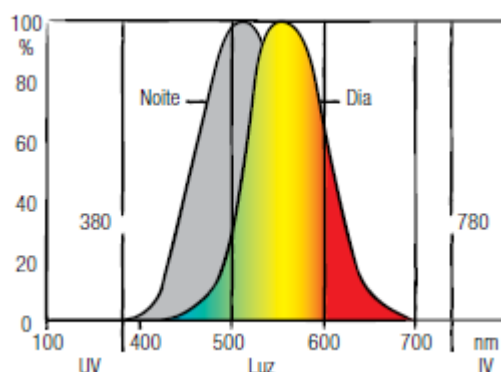


Fonte: OSRAM (2008)

Através da análise da radiação visível é possível identificar que, além da percepção luminosa, o olho humano apresenta sensibilidade distinta a diferentes comprimentos

de radiação, portanto ele possui distinção de sensibilidades, não sendo sensível à todas as cores do espectro visível de forma igualitária. De acordo com OSRAM (2008) durante o dia, o olho é mais sensível ao comprimento de onda de 550 nm, equivalentes às cores amarelo-esverdeadas. Entretanto, durante a noite essa sensibilidade se acentua para os comprimentos de ondas 510 nm, referente às cores verdes azuladas em conformidade com a Figura 2.

Figura 2 – Curva de sensibilidade do olho humano à radiação visível

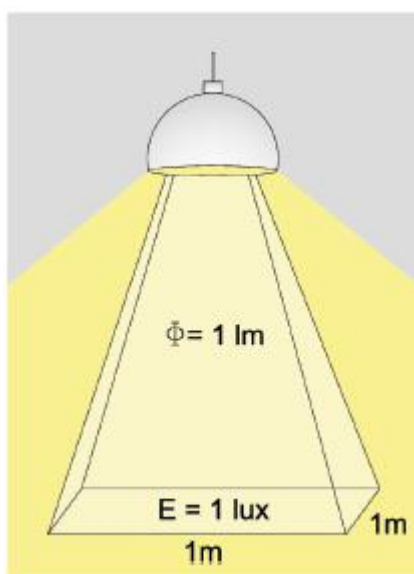


Fonte: OSRAM (2008)

2.2.2 Iluminância

Por definição, a iluminância é o fluxo luminoso (lúmen) incidente sobre uma superfície por unidade de área (m^2), devendo ser medido por um luxímetro. Sendo medido pela unidade lux, ou seja, de acordo com Rodrigues (2002, p. 6), “um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana em um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen”, sendo representado pela Figura 3. Rodrigues (2002) chegou ao conceito de iluminância, sendo a densidade de luz ideal para a realização de certa tarefa.

Figura 3 – Iluminância



Fonte: PROCEL (2011)

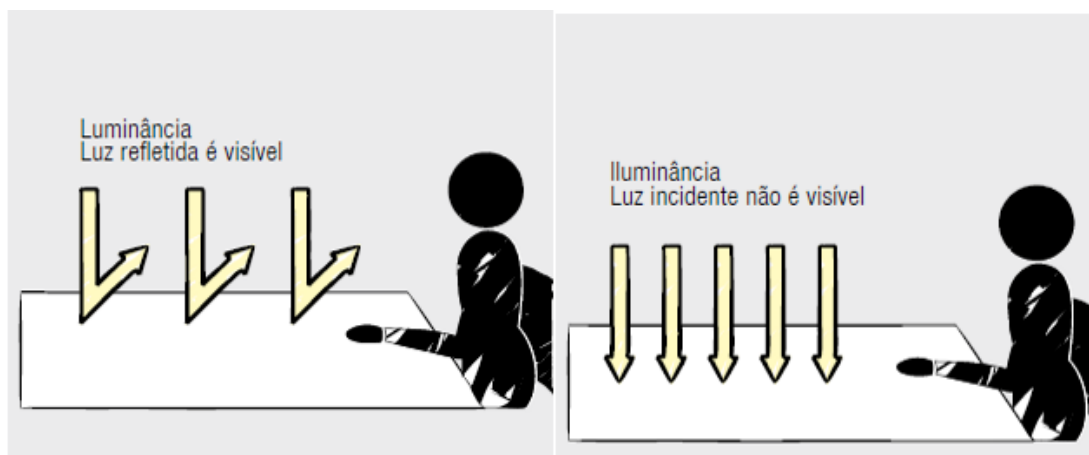
2.2.3 Fluxo luminoso

Um dos conceitos mais importantes de sistema de iluminação é o fluxo luminoso que, de acordo com Rodrigues (2002, p. 6), “representa uma potência luminosa emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções sob a forma de luz. Sua unidade de medida é o lúmen (lm)”. Já PROCEL (2011, p. 9) define fluxo luminoso como “a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda. O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lumêns, na tensão nominal de funcionamento”. Assim, podemos concluir que o fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte em todas as direções.

2.2.4 Luminância

A luminância pode ser entendida como a intensidade luminosa que atinge o observador, podendo ser oriunda de reflexão de uma superfície, de um feixe de luz ou outra fonte de luz. De uma maneira mais simplificada, seria o brilho de um objeto que é percebido pelo olho humano. A luminância pode ser medida através da unidade candela por metro quadrado (cd/m^2), sendo a relação entre a intensidade na direção aplicada e a área exposta da superfície de onde provém o fluxo luminoso PROCEL (2011), apresenta na Figura 4 a diferença entre iluminância e luminância.

Figura 4 – Iluminância X Luminância



Fonte: OSRAM (2008)

2.2.5 Intensidade luminosa

Pode-se definir a intensidade luminosa como uma parte do fluxo luminoso de uma fonte luminosa, em um determinado ângulo e em determinada direção. Sendo sua unidade de medida a candela (cd), de acordo com a definição de PROCEL (2011).

2.2.6 Eficiência luminosa

De acordo com PROCEL (2011, p. 11), eficiência luminosa “é a relação entre o fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida por unidade de tempo (potência) por uma fonte de luz”. Segundo esta relação, quanto maior for a eficiência luminosa de uma fonte luminosa menor seu consumo de energia, que é medido na unidade lm/W. Abaixo, seguem os valores padrões de alguns tipos de lâmpadas, de acordo com Rodrigues (2002):

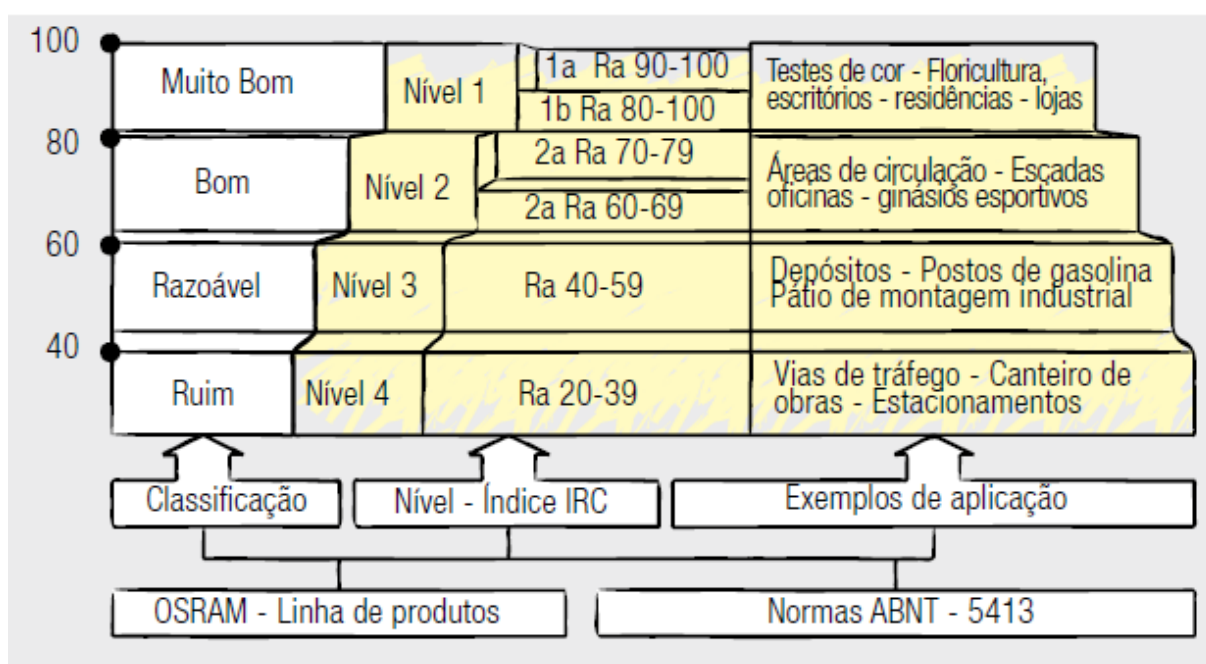
Incandescente: 10- 15 lm/W
 Halógenas: 10 – 25 lm/W
 Mista: 20 – 35 lm/W
 Vapor de mercúrio: 45 - 55 lm/W

Fluorescente tubular: 55 – 75 lm/W
 Fluorescente compacta: 50 – 80 lm/W
 Vapor metálico: 65 – 90 lm/W
 Vapor de sódio: 80 – 140 lm/W

2.2.7 Índice de reprodução de cor (IRC)

Em situações nas quais fontes de luz possuam a mesma tonalidade, objetos por eles iluminados podem parecer diferentes, sendo que essas variações de cor dos objetos podem ser definidas através do conceito de a Reprodução de Cor e de Índice de Reprodução de Cor (IRC ou RA). A referência para o IRC é a luz natural que possui reprodução das cores de 100 de fidelidade, sendo representado em escala entre 0 e 100%, em comparação a reprodução da cor exposta à luz natural. Assim, de acordo com OSRAM (2008, p. 28) “quanto maior for a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor é seu IRC”, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Índice de reprodução de cor e exemplos de aplicação



Fonte: OSRAM (2008)

2.2.8 Temperatura de cor correlata (TCC / TCP)

A temperatura de cor correlata (TCC / TCP) é uma expressão da aparência de cor da luz, sendo representada pela unidade de medida Kelvin (K); segundo a sua escala quanto maior for a temperatura de cor, mais clara será a tonalidade da cor da luz. Essa temperatura influencia em diversos aspectos, pois a luz com uma tonalidade menos intensa faz com que o ambiente seja aconchegante e relaxante, ao passo que

uma luz com tonalidade intensa torna o ambiente mais estimulante. Assim, quando se trata de luz quente e fria, não está relacionado ao calor físico do equipamento, mas sim sobre a tonalidade de cor apresentada (PROCEL, 2011). As temperaturas de cor habitualmente utilizadas são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Temperatura de Cor Correlatada

| Temperatura | Fonte de Luz |
|-----------------|---|
| 1.200 K | Luz do fogo |
| 1.700 K | Candeeiro/Luz de vela |
| 2.000 K | Lâmpada de vapor de sódio (iluminação pública) |
| 2.680 K | Lâmpada incandescente comum de 40W |
| 3.000 K | Lâmpada incandescente comum de 200W |
| 3.000 K | Lâmpada fluorescente "branca quente" |
| 3.200 K | Nascer/Pôr do Sol |
| 3.200 K | Lâmpada de estúdio photoflood tipo B (halógena) |
| 3.400 K | Lâmpada de estúdio photoflood tipo A |
| 4.000 K | Lâmpada de flash (bulbo) |
| 4.100 K | Luz do luar em noite de lua cheia |
| 4.500 K | Arco voltáico (projetores antigos de cinema) |
| 5.000 K | Lâmpadas de xenônio (projetores atuais de cinema) |
| 5.000 a 5.500 K | Luz do sol ao amanhecer ou entardecer |
| 5.500 a 5.600 K | Flash eletrônico |
| 5.500 a 6.000 K | Luz do sol durante a maior parte do dia |
| 5.800 K | Céu aberto ao meio-dia |
| 6.000 K | Lâmpada fluorescente "branca fria" |
| 6.000 K | Lâmpada de mercúrio |
| 6.500 K | Lâmpada fluorescente "luz do dia" |
| 6.500 a 7.500 K | Céu encoberto |

| Selo Procel | |
|-------------|----------------------|
| Morna | < 3.300 K |
| Neutra | ≥ 3300 K e < 5.000 K |
| Fria | ≥ 5.000 K |

Fonte: PROCEL (2011)

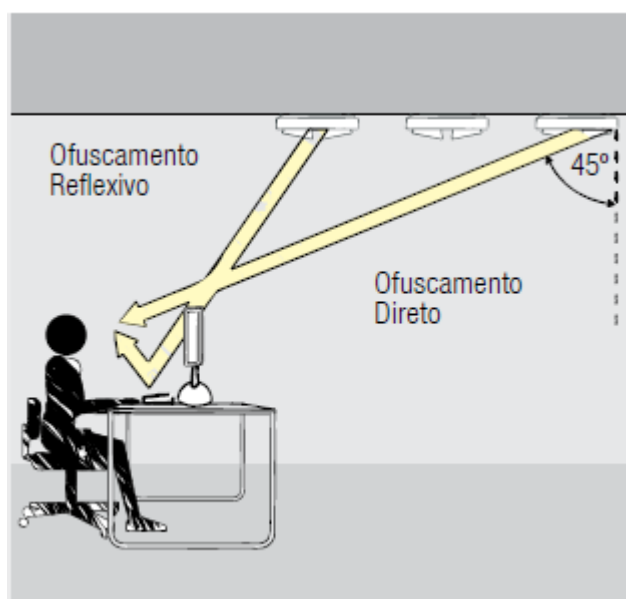
2.2.9 Contraste

Pela conceituação de PROCEL (2011, p. 7), contraste “é a relação entre refletâncias de um objeto e o ambiente de fundo sobre o qual ele é visto”.

2.2.10 Ofuscamento

A NHO 11 define o ofuscamento como um desconforto visual que afeta a visão reduzindo a capacidade de detalhar ou distinguir objetos, que ocorre por uma disposição inadequada das luminárias, excesso de contraste ou superfícies reflexivas segundo FUNDACENTRO (2018). Dentro de um ambiente interno o ofuscamento pode ser apresentado de duas formas, conforme apresentadas na Figura 7, o ofuscamento direto resultante da incidência de luz direta no campo visual do trabalhador; já o ofuscamento reflexivo decorre através da reflexa da luz na área do campo de trabalho, devido a superfície reflexiva a luz é direcionado ao campo de visão OSRAM (2008).

Figura 7 – Ofuscamento



Fonte: OSRAM (2008)

2.2.11 Aspectos de iluminação artificial

A iluminação artificial funciona como um substituto para a iluminação natural, permitindo que os ambientes possam ser utilizados mesmo durante o período noturno onde não há iluminação natural. Porém, de acordo com Rodrigues (2002), a iluminação artificial é destinada às atividades humanas e devem atender a critérios que tornem sua utilização eficiente, portanto conceitos importantes devem ser levados em consideração, tais como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e

ofuscamento. Os principais elementos utilizados para atender as demandas de iluminação artificial são as lâmpadas e luminárias, que possuem características técnicas distintas destinadas a diversos tipos de usos, com eficiências e níveis de iluminamento adequados para atividade específicas.

2.2.12 Conceitos NHO 11

A norma NHO 11 possui algumas definições sobre conceitos compreendidos para aplicação da avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho, conceitos esses apresentados abaixo, de acordo com a NHO 11, FUNDACENTRO (2018):

- **Ângulo de corte:** Medido a partir do plano horizontal, abaixo do qual a lâmpada – ou mais de uma lâmpada – é protegida pela luminária da visão direta do observador.
- **Aparência da cor:** Refere-se à cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que a lâmpada emite. Pode ser descrita pela sua temperatura de cor correlata (T_{cp}).
- **Área adjacente:** Área próxima à de trabalho, a partir da região definida como entorno imediato.
- **Área da tarefa:** Área parcial em um local de trabalho no qual determinada tarefa visual é realizada, podendo estar contida em um plano horizontal, vertical ou inclinado.
- **Área de trabalho:** Corresponde à combinação das diversas áreas das tarefas realizadas em um mesmo ambiente, que pode envolver tarefas visuais diferentes, implicando ou não em diferentes níveis de iluminação.
- **Entorno imediato:** Uma zona de no mínimo 0,5 m de largura ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão.
- **Nível de iluminamento mínimo (E):** Valor abaixo do qual não convém que a iluminância de uma tarefa específica, um ambiente ou uma atividade de trabalho seja reduzida. Unidade: lux.
- **Refletância:** Para uma determinada radiação incidente, é a razão do fluxo luminoso refletido para o fluxo incidente. Unidade: lux ou %.

- Reflexão veladora ou ofuscamento refletido: Reflexões especulares que aparecem sobre o objeto observado e que o mascaram total ou parcialmente pela diminuição do contraste.
- Tarefa visual: Todos os elementos visuais da tarefa a ser realizada.
- Temperatura de cor correlata: Temperatura do corpo negro cuja cor percebida se assemelha o mais próximo possível, nas condições de observação especificadas, àquela do estímulo dado de mesma luminosidade. Unidade: K.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM AMBIENTES INTERNOS DE TRABALHO

Para a quantificação de um agente de risco é imprescindível que essa avaliação seja realizada utilizando normas técnicas como referência que determina os critérios e métodos a serem utilizados. Atualmente, no Brasil, a norma responsável por definir esses parâmetros e métodos de medição de iluminação é a NHO 11 – Norma de Higiene Ocupacional Nº 11 – Avaliação dos níveis de iluminação em ambiente internos de trabalho, definido pela Portaria MTE Nº 876, no dia 25 de outubro de 2018 e publicado pelo MTE por meio da FUNDACENTRO.

Com finalidade de realizar uma melhor avaliação do ambiente de trabalho e atendendo a norma acima destaca, foram realizadas medições dos níveis de iluminância pontuais *in loco* durante a execução das atividades dos trabalhadores do local definido. Este trabalho possui como objeto avaliar os níveis de iluminância da sala de comando de exames de imagem, especificamente a iluminação artificial, pois o local não possui acesso a iluminação natural.

Para a determinação dos níveis de iluminação do ambiente serão utilizados somente os critérios de avaliação que se enquadram no estudo proposto, pois não será realizada uma avaliação de todo o ambiente, mas somente da sala de comando, critérios esses estabelecidos pela NHO 11, FUNDACENTRO (2018) sendo eles:

- Medição ponto a ponto nas diferentes tarefas e a comparação com os valores mínimos exigidos correspondentes ao valor da iluminância mínima E (lux) para as tarefas apresentadas no Quadro 1 da NHO 11, sendo permitida uma tolerância de 10% abaixo desse valor;
- Maior uniformidade possível da iluminação do ambiente de trabalho;
- Obtenção da iluminância média de um ambiente de trabalho conforme método estabelecido no Anexo 1 da NHO 11.

- A iluminância medida ponto a ponto na área da tarefa não deve ser inferior a 70% da iluminância média determinada conforme o Anexo 1 da NHO 11, mesmo que haja recomendação para um valor menor no Quadro 1 da NHO 11.
- Caso uma tarefa específica não esteja apresentada no Quadro 1, o valor de iluminância mínimo exigido deverá ser obtido por associação com tarefa similar do referido Quadro 1.
- Em áreas nas quais são realizadas tarefas de forma contínua, a iluminância não pode ser inferior a 200 lux.
- A razão entre o maior valor de iluminância medido na área da tarefa e a iluminância média daquele ambiente, determinada conforme o Anexo 1 da NHO 11, não deve ser superior a 5:1.

Para comparação com o Quadro 1 da NHO 11, que trata dos níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade foi utilizado como referência o item 29. Locais de assistência médica, adaptado para a Figura 8.

Figura 8. Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade.

| 29. Locais de assistência médica | | |
|--|----------------|-----------------|
| Tipo de ambiente, tarefa ou atividade | E (lux) | IRC / Ra |
| Sala dos funcionários | 300 | 80 |

Fonte: FUNDACENTRO (2018)

Após as medições ponto a ponto e a comparação com os valores mínimos exigidos correspondentes ao valor da iluminância mínima E (lux) e a aplicação dos demais critérios estabelecidos será avaliado a necessidade de ajustar os valores de iluminância mínima E (lux) de acordo com a escala de iluminância na Figura 9.

Figura 9 – Escala de iluminância

| |
|---|
| 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1.000 – 1.500 – 2.000 – 3.000 – 5.000 |
|---|

Fonte: FUNDACENTRO (2018)

A iluminância deverá ser aumentada em pelo menos um nível da escala de iluminância caso apresente algum critério abaixo:

- o trabalho visual for crítico;
- a capacidade visual dos trabalhadores estiver abaixo do normal;
- a tarefa apresentar contrastes excepcionalmente baixos.

3.1.1 Avaliação preliminar

Para uma avaliação mais concisa do ambiente proposto, é importante observar alguns aspectos que possam influenciar negativamente a segurança e o conforto do trabalhador ao executar suas atividades. Assim, a avaliação preliminar deve verificar aspectos como ofuscamento, cintilação, efeito estroboscópio, direcionalidade, sombras excessivas, aparência da cor e contraste que constam no Anexo 2 da NHO 11 e está disponível no Anexo A desse trabalho.

3.1.2 Procedimento de medição

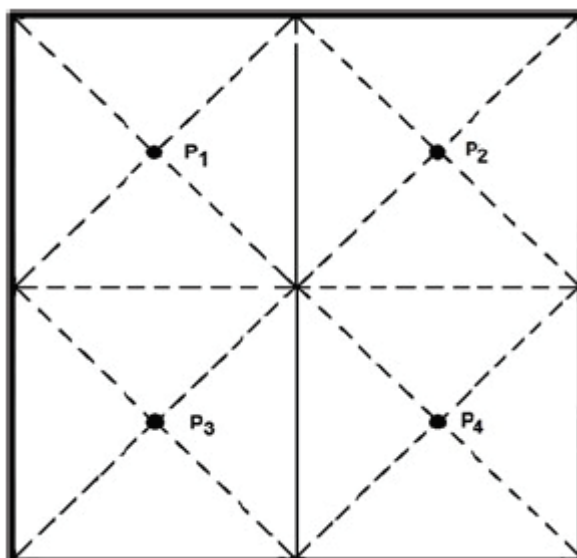
A medição dos pontos de iluminação também deve adotar um procedimento adequado para que os resultados sejam o mais fieis possíveis de acordo a NHO 11, (FUNDACENTRO, 2018), com o sistema de iluminação dentro de suas condições habituais de operação, se deve observar o tempo de estabilização contido no manual do fabricante, realizar a leitura no plano da tarefa visual, ou quando não for definido à 0,75m do piso, sendo o plano visual podendo ser horizontal, vertical ou inclinado, posicionado a fotocélulas nesse plano realizando medição ponto a ponto considerando a área da tarefa visual onde realmente o trabalhador executa a atividade.

3.1.3 Procedimento para determinação da iluminância média

Os dados obtidos no ambiente de trabalho foram coletados seguindo as determinações metodológicas indicadas no Anexo 1 da NHO 11, onde são apresentados os métodos para a quantificação dos níveis de iluminância de ambientes internos retangulares. Para essa correta quantificação é imprescindível determinar a iluminância média sobre um plano horizontal, a partir da iluminância geral.

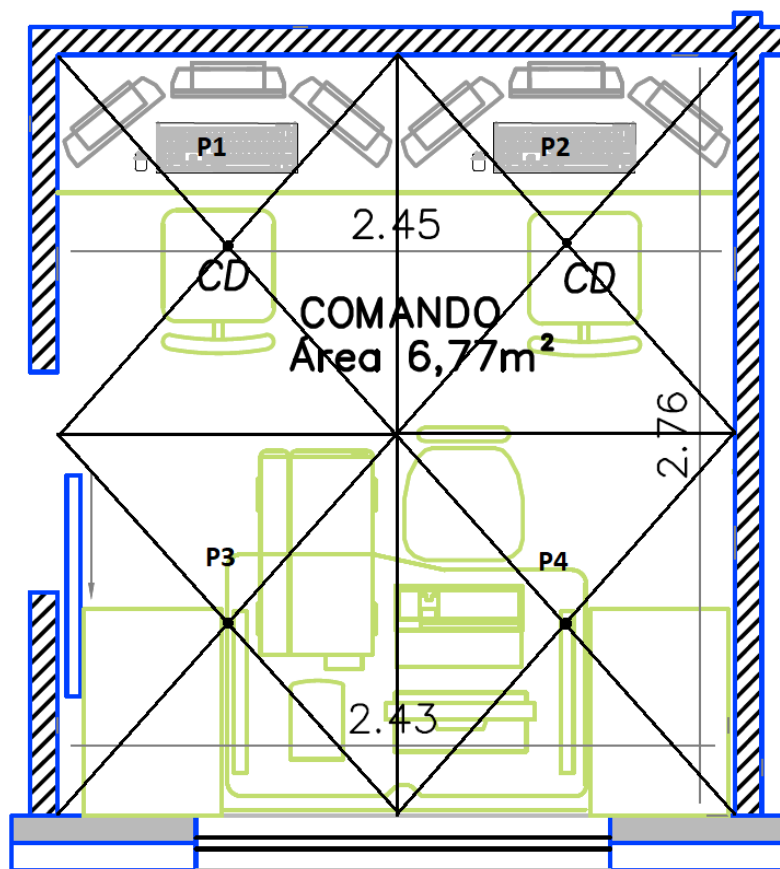
A norma NHO 11, FUNDACENTRO (2018) em seu Anexo 1 ainda estabelece que as medições devem ser efetuadas com a fotocélula posicionada em um plano horizontal, com uma distância de 0,75m do piso. Para o cálculo de iluminação média foi utilizado o critério da NHO 11 que se aplica à ambiente de trabalho de área retangular com luminária central ilustrado. Adaptado de FUNDACENTRO (2018) o critério determina que se deve efetuar medições nos pontos P1 à P4, conforme Figura 10. A iluminância média é dada pela média aritmética desses quatro pontos (P). Deste modo a iluminância média foi calcula utilizando os pontos de referência adaptados à planta da unidade de acordo com a malha amostral da Figura 11.

Figura 10 – Ambiente de trabalho de área retangular com luminária central



Fonte: FUNDACENTRO (2018)

Figura 11 – Malha amostral com pontos de medição

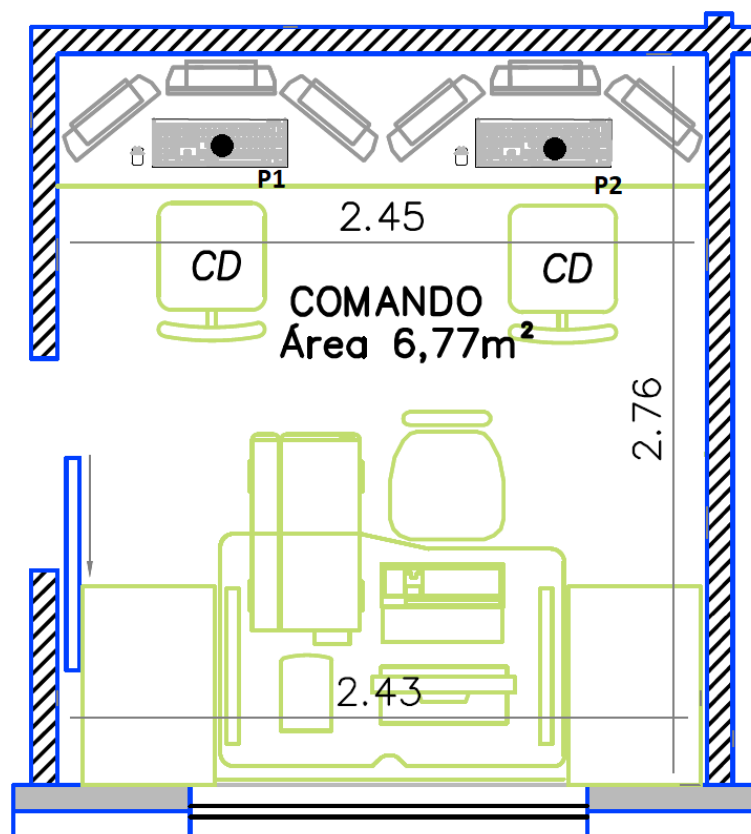


Fonte: Arquivo pessoal

3.1.4 Medição da iluminância na área da tarefa

Para a medição da iluminância na área da tarefa foram realizadas 2 medições nos pontos P1 e P2 de acordo com a Figura 12, locais em que a atividade é executada durante grande parte da jornada de trabalho, onde encontra-se faz uso de microcomputador com monitor, leitura e escrita. As medições foram realizadas das 12h às 12h30, pois não há variação de iluminação no local por não haver incidência de iluminação externa e natural.

Figura 12 – Malha amostral com pontos de medição na área da tarefa



Fonte: Arquivo pessoal

3.2 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

A norma NHO 11, FUNDACENTRO (2018) determina que os equipamentos de medição devem seguir alguns requisitos para atenderem a especificação técnica mínima que permita as medições adequadas de iluminação, tais como fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e o ângulo de incidência, capacidade de realizar a medição conforme o tipo de lâmpada utilizada, devem ser certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e calibrados por laboratórios acreditados pelo INMETRO para essa finalidade. Para as medições de iluminância foi utilizado o luxímetro digital modelo LD-209 da fabricante Instrutherm, o equipamento utiliza a unidade de medição Lux (lúmen/m) representado na Figura 13. Através da Figura 14 são apresentados os dados técnicos do equipamento adaptados do manual de instruções do fabricante, juntamente com o certificado de calibração com rastreabilidade incluso no ANEXO B.

Figura 13 – Luxímetro LD-209 Instrutherm



Fonte: Instrutherm (2012)

Figura 14 - Dados técnicos do luxímetro digital LD-209, Instrutherm

| Especificação | Descrição |
|------------------------|--|
| Marca | Instrutherm |
| Modelo | LD-209 |
| Display | 13mm (0,5") grande LCD com ajuste de contraste para melhorar a visualização em determinados ângulos |
| Circuito | Chip Microprocessado e circuito LSI |
| Fotocélula | Exclusivo Fotodiodo com filtro de correção de cor e sensibilidade mais próxima da curva do CIE. |
| Escalas | LUX 0 a 100.000 LUX em 3 escalas. Foot-Candle 0 a 10.000 Ft-Cd em 3 escalas |
| Precisão | $\pm (5\% + 2 \text{ dígitos})$ Observação: > 50.000 Lux > 4.650 Ft-Cd somente para referência |
| Taxa de amostragem | Aproximadamente 0,4 segundos |
| Seleção do tipo de luz | Tungstênio, luz do dia, fluorescente, sódio e mercúrio |
| Dimensões | Instrumento principal: 180 x 72 x 32mm Fotocélula: 85 x 55 x 12mm |
| Peso | 335g. / 0,77 LB (incluindo baterias) |

Fonte: Adaptado de Instrutherm (2012)

3.3 CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE AVALIADO

Para que haja uma representação fidedigna do ambiente de trabalho a NHO 11, FUNDACENTRO (2018, p. 17) orienta a “identificar as atividades realizadas e as respectivas áreas das tarefas e áreas de trabalho, a fim de mapear e definir os pontos

de avaliação”, bem como descrever os ambientes de trabalho, os sistemas de iluminação, tipos de lâmpadas e luminárias utilizadas.

A unidade de serviço de apoio de diagnose e terapia (SADT) escolhida para avaliar as condições de iluminação dos ambientes onde trabalhadores realizam suas atividades foi laboratório de análises clínicas localizado na zona leste da cidade de São Paulo, possuindo horário de funcionamento das 6:30h às 17:00h. No local atuam vinte e quatro profissionais distribuídos nos ambientes de atendimento, resultados, análise clínicas, ultrassom, mamografia, ginecologia e ressonância magnética.

O ambiente específico que será avaliado é a sala de comando da ressonância magnética (RM) onde atuam dois profissionais das 7h às 16h de segunda a sexta-feira com uma hora de almoço e das 8h às 12h aos sábados, totalizando uma carga horaria de 44 horas semanais.

O local possui dimensões de 2,45mx2,76m, ou seja, 6,77m², com as seguintes características físicas: sala com paredes de alvenaria e *drywall* pintadas com tinta branca, janela com vista para a sala de exames da RM composta por vidro duplo com blindagem para radiofrequência e teto em forro de gesso, na cor branca.

Já o mobiliário é composto por mesa de 0,75m de altura, onde encontram-se dois postos de trabalho um com o terminal de análise de imagens do equipamento de RM no posto de trabalho denominado de 1 e outro com microcomputador dotado de monitor, teclado e mouse no posto de trabalho denominado de 2, duas cadeiras com regulagem de altura, armário com porta na parte traseira e armário do tipo prateleira, ventilação artificial à ar-condicionado e iluminação artificial com luminária central ilustrados na Figura 15.

Figura 15 – Sala de comando da ressonância magnética



Fonte: Arquivo pessoal

A iluminação possui as seguintes características: luminária central em ambiente retangular, comporta por conjunto de 4 Lâmpadas fluorescentes, IRC / RA superior a 80, com TCC de 6500k identificada como luz branca fria de acordo com a Figura 16. No local não há o uso de iluminação suplementar.

Figura 16 – Luminária da sala de comando da ressonância magnética



Fonte: Arquivo pessoal

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Avaliação preliminar

Em atendimento a norma NHO 11 em seu Anexo 2, disponível no Anexo A deste trabalho, foi realizado a avaliação preliminar do ambiente de estudo, abaixo serão apresentados os resultados desta análise.

Cintilação: Ambiente não apresenta efeito de cintilação, pois não apresenta variação de brilho aparente ou de cor da fonte luminosa.

Efeito estroboscópio: No local, não há equipamentos com partes girantes que possam ocasionar efeito estroboscópio.

Iluminação insuficiente na tarefa: Não foram identificadas lâmpadas queimadas ou sujeidade nas luminárias que pudessem causar iluminação insuficiente.

Iluminação irregular ou não uniforme do ambiente de trabalho: Não há presença de regiões muito escuras ou muito claras que possam ocasionar iluminação não uniforme.

Iluminação excessiva: Luminária está posicionada atrás dos colaboradores, não causando o ofuscamento desconfortável.

Iluminação excessiva ocasionada por luz natural (janelas, claraboias, portas etc.): No ambiente não há janelas ou incidência de iluminação externa que permita a presença do ofuscamento inabilitador.

Brilho excessivo em área localizadas: As superfícies dos mobiliários são compostas por material fosco não ocorrendo o ofuscamento refletido.

Contraste reduzido da tarefa devido a reflexões veladoras: O ambiente não apresenta fontes de reflexões veladoras e ângulos de reflexão, pois os monitores utilizados possuem aparência fosca não causando reflexão.

Aparência de cor: A iluminação apresenta características de cores frias com TCC de 6500K, de acordo com o tipo de ambiente.

4.1.2 Configuração do equipamento

Para iniciar as medições ponto a ponto o equipamento luxímetro LD-209 Instrutherm foi ligado no botão *Power*, em seguida foi selecionado a opção *Lux/FC* e o equipamento setado para *Lux*, escolhido a escala *2000 Lux* e a opção *Light Source* selecionado para a opção *2 – Fluorescent*. Por fim, foi adotado o tempo de estabilização do medidor de 5 minutos de acordo com a ABNT (1985), pois não consta no manual determinação de tempo mínimo, adotando esse valor por medida de segurança.

4.1.3 Determinação da iluminância média

A determinação da iluminância média foi realizada utilizando os critérios estabelecidos pela NHO 11 em seu Anexo 1, sendo realizada a medição nos quatro pontos demonstrados na malha amostral, presente na Figura 11, às 12h30 do dia 25 de janeiro de 2021 e apresentado os valores obtidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Determinação de iluminação média

| Pontos | Iluminância (Lux) | Iluminância média (Lux) |
|--------|-------------------|-------------------------|
| P1 | 237 | 277,5 |
| P2 | 331 | |
| P3 | 290 | |
| P4 | 252 | |

Fonte: Arquivo pessoal

O cálculo utilizado para chegar a iluminância foi o apresentado NHO 11 em seu Anexo 1, destinado a ambiente de trabalho de área retangular com luminária central o qual é obtido pela média aritmética desses 4 pontos (P), sendo eles P1, P2, P3 e P4, representados pela equação abaixo:

$$\text{Iluminância média: } \frac{P1 + P2 + P3 + P4}{NP}$$

Onde:

P = Ponto de amostragem

NP = Número de pontos

4.1.4 Verificação da iluminância na área da tarefa

As medições para verificação da iluminância na área da tarefa foram realizadas nos dois postos de trabalho denominado de P1 e P2, apresentados na Figura 12 às 12h do dia 25 de janeiro de 2021, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Medições ponto a ponto na área da tarefa

| Pontos | Iluminância (Lux) |
|--------------------------|--------------------------|
| Posto de Trabalho 1 - P1 | 275 |
| Posto de Trabalho 2 - P2 | 340 |

Fonte: Arquivo pessoal

4.2 DISCUSSÕES

A discussão dos dados obtidos foi realizada comparando as medições na área da tarefa e da iluminância média com os critérios estabelecidos pela NHO 11 que se enquadram no estudo proposto de medição da iluminância na sala de comando da RM, os critérios serão tratados na mesma ordem que foram percorridos anteriormente.

- As medições ponto a ponto na tarefa foram comparados com a Figura 8 que representa os níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade e se identificou que o ponto P1 está abaixo valor mínimo exigido no Quadro 1 da NHO 11, entretanto é permitido uma tolerância de 10% abaixo do valor de referência (300 lux) podendo chegar até o valor de 270 lux, sendo assim a iluminação do ambiente atende a este critério, pois o P2 está acima do valor mínimo e o P1 está dentro do limite de tolerância, além de atenderem ao valor mínimo de IRC / RA sendo superior a 80.
- A luminária, que é a única fonte de iluminação do ambiente, está localizada ao centro da sala de comando, assim tornando o ambiente de trabalho iluminado o mais uniformemente possível.
- Foi adotado o método estabelecido no Anexo 1 da NHO 11 para determinar a iluminância média, obtendo o valor de 277,5 lux.

- Conforme o Anexo 1 da NHO 11, as medições da iluminância medida ponto a ponto na área da tarefa não foram inferiores a 70% da iluminância média determinada, sendo este valor mínimo permitido de 194,25 lux em relação à iluminância média, os pontos P1 e P2 foram superiores a este valor.
- A tarefa especificada não estava presente no Quadro 1 da NHO 11, porém o ambiente que mais se aproximava do ambiente estudo foi a Sala de Funcionários apresentada no item 29. Locais de assistência médica.
- A norma determina que locais em que são realizadas tarefas de forma contínua, a iluminância não pode ser inferior a 200 lux; os pontos P1 e P2 atendem ao critério estabelecido.
- O ponto P2, como maior valor de iluminância medida em comparação com a iluminância média, não apresenta proporção maior do que 5:1, pois apresenta valores superiores a 68 lux, atendendo a este requisito da norma NHO 11.
- Após analisados os valores obtidos na medição ponto a ponto e características dos trabalhadores que atuam no ambiente não foi identificada necessidade de ajustar os valores de iluminância mínima E (lux) de acordo com a escala de iluminância na Figura 9, pois o trabalho visual não é crítico, a capacidade visual dos trabalhadores não está abaixo do normal e por fim as tarefas executadas não apresentam contrastes excepcionalmente baixos.

Assim, podemos estabelecer que o ambiente da sala de comando da RM do laboratório de análises clínicas, avaliado nesse estudo, está em conformidade com a norma NHO 11, pois atende aos critérios de avaliação e parâmetros estabelecidos, oferecendo condições mínimas de iluminamento para a execução das atividades dos trabalhadores da área. Entretanto, é importante a avaliação periódica dos níveis de iluminamento, pois muitos fatores podem interferir nos resultados obtidos, tais como manutenção e limpeza dos equipamentos, características dos trabalhadores da área e atividade realizada naquele ambiente.

5 CONCLUSÕES

Embasado nas orientações e parâmetros técnicos estabelecidos pela norma da FUNDACENTRO, foi possível coletar com facilidade e precisão os níveis de iluminância do ambiente de trabalho e as quantificá-los em conformidade com as diretrizes da NHO 11, permitindo assim constatar que a sala de comando da ressonância magnética apresenta níveis de iluminamento dentro dos limites permitidos e atendendo a todos critérios que se enquadram no objetivo proposto, garantindo a saúde ocular e conforto visual dos trabalhadores que ali exercem suas atividades.

Após avaliar os dados obtidos através das medições no ambiente estudado e confrontá-los com a norma NHO 11, é possível concluir que o objetivo deste trabalho de quantificar os níveis de iluminância em sala de comando de exames de imagens em laboratório de análises clínicas direcionado aos profissionais que prestam assistência à realização dos exames foi plenamente atingido.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5382**:Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985. 4 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17): Ergonomia**. Brasil: MTE, 2007. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf>. Acesso em: 13 dez. de 2020.

CNES. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). **Informações de Saúde – TABNET**, 2021. Disponível em: < <http://cnes.datasus.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. de 2021.

FENELON, S. A Evolução da Radiologia – Os Avanços da Imagiologia e Radiologia Diagnóstica. **Imaginologia Online**, 2008. Editorial. Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/dow/A-evolucao-da-Radiologia.pdf>>. Acesso em: 13 dez. de 2020.

FLEURY. O corpo Revelado. **Revista Fleury**, São Paulo, ed. 25, p 17 – 21, dez. 2012. Disponível em: <<https://www.fleury.com.br/noticias/o-corpo-revelado-revista-fleury-ed-25>>. Acesso em: 13 dez. de 2020.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. **Normas de Higiene Ocupacional NHO11**: Procedimento técnico - Avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho. São Paulo, 2018. 63 p.

INSTRUTHERM. **Manual de Instruções – Luxímetro Digital Modelo LD-209**. São Paulo. 2012. Disponível em: <https://www.instrutherm.com.br/media/catalog/product/l/d/ld-209_vers_pdf.pdf>. Acesso em: 24 jan. de 2021.

MARTINS, L. O. O segmento da medicina diagnóstica no Brasil. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, Sorocaba, v.16, n.3, p.139-145, 2014. Disponível em: < <https://revistas.pucsp.br/RFCMS/article/viewFile/20736/pdf>>. Acesso em: 24 jan. de 2021.

OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. 2008. Disponível em: <https://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf>. Acesso em: 24 jan. de 2021.

PROCEL. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro: Eletrobras/ PROCEL/ PROCEL Edifica, 2011. 54p. Disponível em: <https://drb-m.org/av1/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em: 30 jan. de 2021.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2002. 36p. Disponível em: <http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf>. Acesso em: 30 jan. de 2021.

TAKEUCHI, D. M. **Análise dos níveis de iluminância: estudo de caso na área de leitura de uma biblioteca pública**. 2019. Monografia (Especialização) - Escola Politécnica Programa de Educação Continuada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. p 12.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho- Parte B**. Epusp- EAD/ PECE, 2019. 407p.

ANEXO A

NHO 11

Anexo 2 – Aspectos a serem verificados na análise preliminar

Cintilação (*flicker*)

Termo utilizado para descrever variações de brilho aparente ou de cor de uma fonte luminosa percebida visualmente. A cintilação pode provocar fadiga física e psíquica e ocasionar efeitos fisiológicos como dor de cabeça, incômodo visual e estresse. Pode ser resultado de pequenas flutuações de tensão provocadas pelo funcionamento de cargas variáveis de grande porte: fornos a arco, máquinas de solda, motores etc.

Efeito estroboscópico

Ocorre quando uma fonte de luz pulsante ilumina um objeto em movimento, podendo ocasionar modificação aparente do seu movimento ou sua imobilização aparente. Os efeitos estroboscópicos podem levar a situações de perigo pela mudança da percepção de movimento de rotação ou por máquinas alternativas (de movimento repetitivo).

Tipos de lâmpada

O tipo de lâmpada pode interferir na sensação percebida e nas questões de conforto e aparência de cor.

Ofuscamento

Condição de visão na qual há desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a uma distribuição desfavorável das luminâncias, contraste excessivo ou reflexões em superfícies especulares. O ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode resultar em fadiga visual, erros e até mesmo acidentes. Pode ser classificado como desconfortável, inabilitador ou refletido. O ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas no interior de locais de trabalho. O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação externa, mas também pode ser experimentado em iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas, tais como uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado. O ofuscamento refletido é aquele causado por

NHO 11

reflexões em superfícies especulares, também sendo conhecido como reflexão veladora.

Zonas de transição entre ambientes internos e externos

Diferenças significativas nos níveis de iluminação entre as áreas de trabalho e suas áreas adjacentes podem causar desconforto visual e ocasionar acidentes em locais onde haja movimentação frequente. Esse problema provém, na maioria das vezes, quando há movimentação de ambiente interno para externo e vice-versa. Nesses casos, deve ser avaliada a necessidade de criação de uma zona de transição.

Aparência da cor

As lâmpadas normalmente são divididas em três grupos, de acordo com suas temperaturas de cor correlata (Tcp) – Quadro A1. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a tonalidade da luz emitida. Unidade: K.

Quadro A1 Aparência da cor e temperatura de cor correlata

| <i>Aparência da cor</i> | <i>Temperatura de cor correlata</i> |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Quente | Abaixo de 3.300 K |
| Intermediária | 3.300 a 5.300 K |
| Fria | Acima de 5.300 K |

As cores mais quentes induzem ao relaxamento, não sendo indicadas para ambientes de trabalho, e sim domésticos (a exemplo de dormitórios). As cores intermediárias são interessantes em aplicações que não interferem na coloração dos objetos (como em salões de beleza e museus). As cores frias são recomendadas para aplicações em escritórios e salas de aula.

No Quadro A2 são listados os procedimentos para verificação de inconsistências no sistema de iluminação, bem como as recomendações para sua correção ou minimização.

Quadro A2 *Identificação e verificação de inconsistências no sistema de iluminação*

| <i>Aspectos</i> | <i>Verificação</i> | <i>Recomendações</i> |
|-----------------------------------|---|--|
| Efeito estroboscópico | <ul style="list-style-type: none"> • Observar se há modificação aparente do movimento ou imobilização aparente de um objeto em movimento. | <ul style="list-style-type: none"> • Instalação de fontes de iluminação adjacentes, alimentadas por diferentes fases do sistema elétrico; • Utilização de fontes de alta frequência, como reatores de alta frequência; • Substituição do tipo de iluminação. |
| Cintilação | <ul style="list-style-type: none"> • Observar visualmente a variação de brilho aparente ou de cor de uma fonte luminosa. | <ul style="list-style-type: none"> • Verificação de deficiências no circuito elétrico de alimentação; • Substituição de lâmpadas com tempo de uso próximo à sua vida útil; • Utilização de fontes de alta frequência, como reatores de alta frequência; |
| Iluminação insuficiente na tarefa | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar a existência de lâmpadas queimadas ou se o sistema de iluminação apresenta sujeidade; • Verificar se os níveis de iluminação atendem aos requisitos mínimos previstos nesta norma. | <ul style="list-style-type: none"> • Substituição de lâmpadas queimadas ou defeituosas; • Limpeza de luminárias e lâmpadas; • Mudanças na decoração do local, com o uso de cores mais claras; • Remoção de objetos que bloqueiem a iluminação; • Redução do espaçamento das luminárias ou outros ajustes, como o uso de lâmpadas de maior fluxo luminoso; • Fornecimento de iluminação suplementar; • Mudança da tarefa para outro local. |

(...)

NHO 11

(...)


| <i>Aspectos</i> | <i>Verificação</i> | <i>Recomendações</i> |
|--|---|--|
| Iluminação irregular ou não uniforme do ambiente de trabalho | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar visualmente regiões claras ou escuras (sombras) que possam resultar em áreas de trabalho e de circulação não iluminadas de maneira uniforme; • Verificar os níveis de iluminamento; • Verificar as luminâncias das superfícies: pisos, tetos e paredes. | <ul style="list-style-type: none"> • Substituição de lâmpadas queimadas ou defeituosas; • Limpeza de luminárias e lâmpadas; • Redução do espaçamento das luminárias; • Substituição de luminárias para uma distribuição mais uniforme, sem causar ofuscamento; • Aumento da refletância das superfícies da sala; • Remoção de objetos que bloqueiem a iluminação. |
| Iluminação excessiva | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar o efeito do brilho da luminária protegendo os olhos com as mãos; • Verificar se lâmpadas sem proteção encontram-se na região definida pelo ângulo de corte. | <ul style="list-style-type: none"> • Nos casos de iluminação direta, utilize alguma adaptação para controle da incidência direta, ajuste do ângulo de corte ou remoção do trabalhador para fora da região definida pelo ângulo de corte. • Alteração do direcionamento de lâmpadas tubulares e luminárias lineares; • Aumento da altura das luminárias; • Alteração na refletância das superfícies do local de trabalho. |
| Iluminação excessiva ocasionada por luz natural (janelas, claraboias, portas etc.) | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar se a luz natural provoca algum efeito indesejável. | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de bloqueios parcial ou total (cortinas, persianas) em janelas, claraboias e portas; • Alteração na refletância das superfícies do local de trabalho; • Mudança do local ou posicionamento da tarefa. |

(...)

(...)

| <i>Aspectos</i> | <i>Verificação</i> | <i>Recomendações</i> |
|---|---|---|
| Brilho excessivo em áreas localizadas | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar a refletância de superfícies próximas à área de tarefa; • Verificar a localização e a distribuição do fluxo luminoso das luminárias; • Verificar se há imagens refletidas na posição de visão normal. | <ul style="list-style-type: none"> • Alteração na refletância das superfícies do local de trabalho; • Uso de painéis de difusão; • Reposicionamento, troca ou aumento do número de lâmpadas; • Alteração nas características da superfície de trabalho (brilhante/fosco); • Reposicionamento da área de tarefa. |
| Contraste reduzido da tarefa devido a reflexões veladoras | <ul style="list-style-type: none"> • Localizar as fontes de reflexões veladoras e os ângulos de reflexão. | <ul style="list-style-type: none"> • Alteração nas características da superfície de trabalho (brilhante/fosco); • Troca de local da estação de trabalho; • Deslocamento das fontes luminosas que geram as reflexões veladoras; • Utilização de iluminação suplementar; • Alteração nos níveis de iluminância e nas reflexões das superfícies do local de tarefa de modo a reduzir os efeitos da reflexão veladora. |
| Aparência de cor | <ul style="list-style-type: none"> • Observar se a iluminação apresenta características de cores quentes (tons amarelados) ou frias (branca/azulada) | <ul style="list-style-type: none"> • Substituição das lâmpadas por outras que apresentem temperatura de cor adequada ao tipo de ambiente. |

ANEXO B

| | | |
|---|--|--|
|  | <h1>Certificado de Calibração</h1> <h2>Nº. 25630/2020</h2> | OS: 10083 |
| | | Emissão : 04/06/2020 Página : 1 de 2 |

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE:

| | |
|------------------|--|
| Empresa: | VEC - SOLUTIONS COMÉRCIO E SERVIÇOS DE AR CONDICIONADO E VENTILAÇÃO LTDA |
| Endereço: | AVENIDA DA INVERNADA, 12 |
| CEP: | VILA CONGONHAS - 04612-060 - SÃO PAULO - SP |

IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

| | | | |
|--------------------|-------------|--------------------|---------|
| Descrição: | LUXÍMETRO | Nº Série: | Q586032 |
| Fabricante: | INSTRUTHERM | Patrimônio: | |
| Modelo: | LD-209 | TAG: | |

CALIBRAÇÃO:

| | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------|
| Data da Calibração: | 03/06/2020 | Data Próxima Calibração: | Definida pelo cliente |
|----------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------|

PADRÕES UTILIZADOS: Padrão (ões) Rastreável (eis) a REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC) do INMETRO.

| Descrição | N. Cert. | Val. | Rastreabilidade |
|-----------|----------|------------|-----------------|
| LUXÍMETRO | 112.472 | 02/03/2021 | RBC/INMETRO |

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

A calibração foi realizada conforme o procedimento interno PC-009 LUXÍMETRO

DESCRIÇÃO DA CALIBRAÇÃO: Os resultados dos ensaios foram obtidos através de processo de comparação do objeto em calibração e um padrão certificado via laboratório acreditado a RBC-INMETRO.


Instrumento de Trabalho (Apoio): Para a realização dos ensaios foram utilizados bancada de testes (banco fotométrico) exclusivamente desenvolvida para a aplicação de calibração de luxímetros, onde se é possível obter a variação de fonte luminosa, e variação desta através de distância calculada.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

| | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Temperatura: | 18,5 ± 2 °C | Umidade: | 84 ± 20%ur | Pressão: | 929± 5mbar |
|---------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------|------------|

- ✓ A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k), o qual para uma distribuição *t* com *Veit graus* de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- ✓ O presente certificado de calibração é válido apenas para o instrumento de medição acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.
- ✓ Não está autorizada a reprodução parcial deste certificado sem prévia autorização da Unimetro.
- ✓ O Laboratório de calibração Unimetro tem como referência para suas atividades a Norma NBR ISO/IEC 17025.
- ✓ Os resultados dos ensaios foram obtidos através de processo de comparação do objeto em calibração e um padrão certificado via laboratório com rastreabilidade à RBC-INMETRO.

UNIMETRO
AUTENTICADO




Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição

Rua Senador Carlos Teixeira de Carvalho, 661 Cambuci São Paulo 01535-010

Home Page www.unimetro.com.br email contato@unimetro.com.br

Tel (11) 3275-0444 / 2922-4571



Papel Reciclado
"Preservando o Meio"

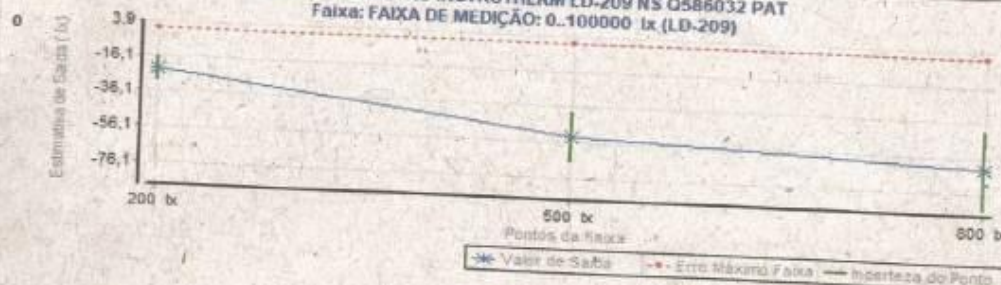
| | | | |
|---|----------------------------------|---------|------------|
|  | Certificado de Calibração | | OS: 10083 |
| | | | Emissão: |
| | Nº. 25630/2020 | | 04/06/2020 |
| | | Página: | 2 de 2 |

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO:

INSTRUMENTO EM CALIBRAÇÃO: FAIXA DE MEDIÇÃO: 0..100000 lx (LD-209)

| Valor Verdadeiro Convencional Indicado no Padrão (média) lx | Valor Indicado no Instrumento em Calibração (média) lx | Erro lx | Incerteza Expandida (±) lx | Fator de Abrangência k | Graus de liberdade efetivos |
|---|--|---------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 205,1 | 182 | -23,1 | 6,5 | 2,00 | (infinito) |
| 510,0 | 457 | -53,0 | 14 | 2,00 | (infinito) |
| 805,6 | 743 | -62,6 | 22 | 2,00 | (infinito) |

20001 - LUXÍMETRO INSTRUTHERM LD-209 NS 0586032 PAT
Faixa: FAIXA DE MEDIÇÃO: 0..100000 lx (LD-209)



Calibrado por: Adilson Santos
 Auxiliar Técnico

Responsável Técnico pela Calibração: Wilson Santos
 Técnico em Eletrônica
 Registro no CRT sob. No. 28746122869

**UNIMETRO
AUTENTICADO**



Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição
 Rua Senador Carlos Teixeira de Carvalho, 661 Cambuci São Paulo 01535-010
 Home Page www.unimetro.com.br email contato@unimetro.com.br
 Tel (11) 3275-0444 / 2922-4571



Papel Reciclado