

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RAÍ HIDEKI RIBEIRO HANASHIRO

**ANÁLISE DE CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TEMPERATURA EM
LABORATÓRIO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2017**

RAÍ HIDEKI RIBEIRO HANASHIRO

**ANÁLISE DE CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TEMPERATURA EM
LABORATÓRIO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho do curso de Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki
Mário Hara

CURITIBA

2017

RAÍ HIDEKI RIBEIRO HANASHIRO

**ANÁLISE DE CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TEMPERATURA EM
LABORATÓRIO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2017

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

Laboratórios de pesquisa são suporte para desenvolvimento sócio-econômico de um país. As condições do ambiente de trabalho são fundamentais para que os projetos de pesquisa sejam desenvolvidos com qualidade e gerem resultados satisfatórios. Este trabalho tem como objetivo a análise das condições de trabalho, referentes à iluminância e temperatura, no interior do ambiente, e sugerir melhorias para prevenção de potenciais riscos existentes. Para tanto foram utilizados instrumentos adequados e procedimentos de medição indicados pelas normas NR-15 e NBR-5413. Três etapas principais foram utilizadas neste estudo: análise do ambiente, medição das variáveis a serem estudadas e análise dos resultados para comparação com os limites determinados pela legislação. Para obtenção de resultados mais representativos foram realizadas medições em três diferentes períodos em diferentes dias, com diferentes condições de temperatura e iluminância externas. Os resultados obtidos mostram que em grande parte os limites de iluminância estão abaixo do recomendado pela NBR-5413 e de temperatura não obedece aos limites em dois pontos, correspondentes às regiões dos fornos. Desta forma, conclui-se que as condições de trabalho são inadequadas e não seguem os limites das normas vigentes e medidas de correção, como inserção de lâmpadas e luminárias com maior capacidade de iluminação e a utilização de exaustão eficiente na região dos fornos, são necessárias para melhora das condições ambientais de trabalho.

Palavras-chave: Iluminância. Temperatura. NR-15. NBR-5413.

ABSTRACT

Research laboratories are support for economic and social development of a country. Workplace conditions are fundamental for development of research projects with quality that reproduce satisfactory results. This work aims to analyze illuminance and temperature conditions in the laboratory and suggest improvements for preventing accident risks. Therefore suitable instruments were used and suitable procedures were followed according to NR-15 and NBR-5413. Three principal steps were followed in this study: workplace analysis, variables measurement and results analysis to compare with standard limits. For obtaining representative results were realized measurements in three different period and days with different conditions of outdoor temperature and illuminance. Results shows that most of the work conditions are inappropriate, illuminances are below the suitable limits by NBR-5413 and temperatures don't follow the limits in two measurement points, corresponding to places around furnaces. Therefore, work conditions are inappropriate and don't follow the standards and correction actions such as insertion of more powerful lamps and use of efficient ventilation system are important for better work conditions.

Keywords: Illuminance. Temperature. NR-15. NBR-5413.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro eletromagnético.....	15
Figura 2. Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas.....	16
Figura 3. Sistemas de iluminação direta e indireta em laboratórios.	17
Figura 4. Tipos de lâmpadas e suas eficiências energéticas.	18
Figura 5. Ambiente de Trabalho.	29
Figura 6. Configuração básica do ambiente de trabalho e pontos de amostragem.	29
Figura 7. Luxímetro utilizado para medição de iluminância.....	31
Figura 8. Termômetro de globo utilizado para as medições de temperatura. ..	31
Figura 9. Medição de iluminância e temperatura no ambiente de trabalho.	32
Figura 10. Resultados obtidos para iluminância.....	35
Figura 11. IBGTU médios calculados.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nível de iluminância por classes de tarefas visuais.....	20
Tabela 2. Fatores determinantes da iluminância adequada.....	21
Tabela 3. Valores de iluminância (lux) para alguns ambientes de trabalho.	21
Tabela 4. Limites de IBUTG por atividade.....	26
Tabela 5. Taxas de metabolismo por tipo de atividade.	26
Tabela 6. IBUTG máximo de acordo com a taxa de metabolismo.	27
Tabela 7. Descrição dos pontos de amostragem.	30
Tabela 8. Fatores de iluminância e limites adequados.....	33
Tabela 9. Medições realizadas nos pontos especificados.....	34
Tabela 10. Dados de temperatura no ambiente de trabalho.	36

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

φ	Fluxo luminoso	[lúmens]
I	Intensidade luminosa	[cd]
E	Iluminância	[lux]
A	Superfície	[m ²]
L	Luminância	[cd/m ²]
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido	[°C]
T _{bn}	Temperatura de Bulbo Úmido	[°C]
T _g	Temperatura Globo	[°C]
T _{bs}	Temperatura de Bulbo Seco	[°C]
M	Taxa de Metabolismo Média	[kcal]
t _t	Tempo no Local de Trabalho	[min]
t _d	Tempo no Local de Descanso	[min]

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.1.1. Objetivo Geral.....	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
1.2. JUSTIFICATIVAS.....	11
2. REVISÃO TEÓRICA	13
2.1. ILUMINÂNCIA.....	14
2.1.1. Luz e Conceitos Básicos	15
2.1.2. Iluminação em Ambientes de Laboratório	17
2.1.3. Tipos de Iluminação.....	18
2.1.4. Nível de Iluminância Segundo a Legislação	19
2.2. CALOR E TEMPERATURA	21
2.2.1. Transferência de Calor no Ambiente de Trabalho	22
2.2.2. Calor e o Corpo Humano.....	23
2.2.3. Conforto Térmico em Ambientes de Trabalho	23
2.2.4. Medidas de Controle do Calor	24
2.2.5. Limites de Tolerância de Acordo com a Legislação.....	25
3. METODOLOGIA	28
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO	28
3.2. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DOS DADOS	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. ILUMINÂNCIA.....	33
4.2. TEMPERATURA.....	36
4.3. RECOMENDAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO.....	38
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a segurança do trabalho tem crescido significativamente nas últimas décadas. Para manutenção da segurança no ambiente de trabalho e na execução das atividades, algumas variáveis devem ser controladas. Duas destas variáveis são analisadas neste trabalho, iluminância e temperatura, as quais estão intimamente ligadas a ambientes de laboratórios de pesquisa, o qual é o objeto de estudo.

A luz é elemento presente e essencial para qualquer atividade no cotidiano do ser humano assim como na vida profissional e no ambiente de trabalho. Iluminação adequada traz segurança, conforto e garante a saúde do trabalhador. (PAIS, 2011).

Temperatura é também uma variável constantemente presente no cotidiano tanto da vida pessoal quanto na profissional. A exposição a elevadas ou extremamente baixas temperaturas interfere na saúde do trabalhador se medidas cabíveis não forem tomadas. Neste cenário se introduz o conceito de conforto térmico, que se caracteriza pela sensação térmica que resulta no bem-estar do trabalhador em determinado ambiente. Pesquisas recentes, no período entre 1970 e 1986, comprovaram que o conforto térmico está estritamente ligado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio está relacionado com fatores pessoais e ambientais. Em ambientes desfavoráveis termicamente há aumento de indisposição e diminuição da eficiência do trabalho, tendo como consequência o aumento da probabilidade de acidentes (RUAS, 1999).

Em laboratórios de pesquisa, especialmente, luz e temperatura são elementos muito presentes nas atividades laborais. A luz é de suma importância pois muitas vezes se exige alta precisão na execução do trabalho e a importância e relevância econômica-social dos resultados obtidos exigem esta precisão. Muitas análises são realizadas em escalas pequenas e iluminação adequada é essencial para resultados verdadeiros dentro da atividade exercida. A temperatura está presente constantemente pois há processos de aquecimento de materiais além do calor do próprio ambiente (KOZMINSKI *et al.*, 2006).

O presente trabalho faz análise de iluminância e temperatura em laboratório de pesquisa e está dividido, em sequência, nas seguintes seções: Revisão

Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Discussão, e Conclusão. O laboratório objeto de estudo se localiza em uma universidade pública do estado do Paraná e se caracteriza principalmente pela existência de processos inorgânicos e manuseio de materiais cerâmicos.

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os níveis de iluminância e temperatura dentro de um grande laboratório de uma universidade pública, o qual trabalha com equipamentos de alto risco para saúde do trabalhador.

1.1.2. Objetivos Específicos

Este trabalho possui como objetivos específicos:

- Comparar os valores medidos de iluminância e temperatura com os limites exigidos por legislação
- Sugerir melhorias para adequação do ambiente de trabalho

1.2.JUSTIFICATIVAS

Os problemas de saúde ocupacional estão entre os principais presentes nos ambientes de trabalho e, além de afetarem a saúde do trabalhador, afetam seu rendimento. Os acidentes do trabalho são as principais preocupações atualmente, pois além do dano ao trabalhador e sua família, causam impactos socioambientais, econômicos e políticos para a sociedade. A análise de condições às quais o trabalhador está submetido é um fator diretamente ligado à saúde do mesmo e auxilia a prever os possíveis problemas aos quais estas condições podem levar e a propor métodos para prevenção de acidentes. Iluminância e temperatura são variáveis comuns presentes em qualquer ambiente de trabalho, que podem ser facilmente medidos e que podem representar riscos elevados, se não controlados, causando acidentes graves e danos irreparáveis à saúde do trabalhador. Este

trabalho visa à caracterização do ambiente e análise das condições de trabalho, referentes à temperatura e iluminância, e a sugerir medidas para melhoria de tais condições, caso elas esteja em desacordo com as normas vigentes.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. SEGURANÇA DO TRABALHO

2.1.1. Contextualização Histórica

A Revolução Industrial na Inglaterra trouxe para a classe trabalhadora muitas transformações, sendo que em relação à segurança, bem estar físico e psicológico, estas transformações foram negativas. Exigia-se longas jornadas de trabalho com equipamento sem segurança alguma, que representavam grandes riscos de cortes, mutilações e até mortes, ocorrendo com grande frequência (PEREIRA, 2001).

Com esse cenário desfavorável à classe trabalhador surgiu em 1802, através de mobilização social, a primeira lei referente à Segurança do Trabalho, “Lei de Saúde e Moral de Aprendizes”, a qual estabelecia jornada de 12 horas diárias de trabalho, proibia o trabalho noturno e estabelecia a obrigatoriedade de melhoria das condições no ambiente de trabalho (PEREIRA, 2001).

No entanto, a primeira legislação eficiente para proteção do trabalhador surgiu em 1833, denominada “Factory Act”. Ela proibia o trabalho noturno para menores de 18 anos, restringiu o horário de trabalho para 12 horas diárias e 96 horas por semana, obrigatoriedade de escolas nas fábricas, para menores de 13 anos, a idade mínima passou a ser 9 e obrigou-se a presença de médico nas fábricas (BITTENCOURT, 1998)

No Brasil, que foi um país colonizado e desenvolvimento tecnológico tardio, o desenvolvimento industrial, assim como as preocupações com segurança do trabalho vieram bem mais tarde que a Revolução Industrial na Europa. Tais preocupações surgiram após epidemias como febre amarela, cólera e peste, que afetaram diretamente a economia do país. Os primeiros movimentos sócias ocorreram nos anos de 1907, 1912, 1917 e 1920, sendo em 1919 regulamentada a a Lei nº 3.724, que compreende a intervenção do Estado nas condições de trabalho no Brasil. Em 1934 surge a primeira lei trabalhista, uma regulamentação bastante ampla no que se refere à prevenção de acidentes e, em 1943, a classe trabalhadora

consolida seus direitos com a criação do Código de Legislação Trabalhista – CLT (PEREIRA, 2001; BITTENCOURT, 1998).

2.1.2. Riscos

2.2. ILUMINÂNCIA

A luz é um dos principais fatores para a manutenção de um ambiente saudável e confortável. Tanto na vida pessoal quanto na profissional ela traz segurança e a utilização de fontes luminosas adequadas se enquadra nos aspectos importantes para se ter um ambiente de trabalho adequado (PAIS, 2011).

Estudos científicos mostram a existência de uma relação direta entre a qualidade de iluminação do ambiente com produtividade, motivação e bem-estar no trabalho. Iluminação adequada facilita as tarefas dos trabalhadores além de evitar acidentes na execução dela (PAIS, 2011).

O conforto visual está interligado ao conjunto de condições ambientais nas quais o trabalhador consegue realizar a tarefa com maior precisão, menor esforço, com menores riscos de prejuízos à visão e mínimos riscos de acidentes. A má iluminação também pode desencadear tensões psíquicas e fisiológicas, que podem causar dificuldades de concentração, estresse, dores de cabeça, fadiga física e nervosa, que são problemas com grande potencial de causar acidentes (PAIS, 2011).

A saúde do trabalhador pode ser afetada pelos seguintes fatores (BENTO, 2017):

- Níveis de iluminação inadequados nos locais de trabalho (muito alto ou muito baixo)
- Distribuição da intensidade luminosa
- Limitação do ofuscamento e direção da luz e da sombra
- Iluminação deficiente

2.2.1. Luz e conceitos básicos

A radiação solar possui três espectros principais de radiação eletromagnética: o infravermelho (responsável pela sensação de calor), o espectro visível (luz) e o ultravioleta (efeito higiênico da radiação). Luz é uma radiação eletromagnética capaz de permitir sensação visual e se encontra em uma faixa de comprimento de onda entre 380 e 780 nm, como mostra a Figura 1.

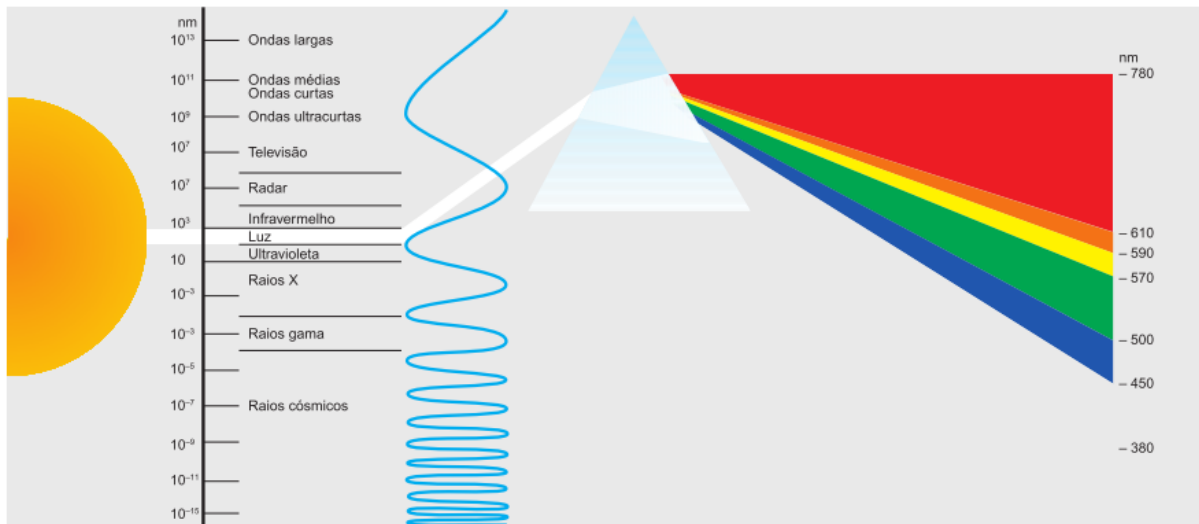


Figura 1 – Espectro eletromagnético.
Fonte: OSRAM (2003)

A luminosidade é também fator importante na sensibilidade visual, e de acordo com a curva de sensibilidade do olho humano (Figura 2), radiações com menor comprimento de onda geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz, enquanto radiações de maior comprimento de onda geram maior intensidade quando há muita luz. Durante o dia, o olho humano é mais sensível a faixa de comprimento de onda de 550 nm, cor amarelo-esverdeada, e durante a noite, 510 nm, correspondente a cores verdes azuladas (PAIS, 2011; OSRAM, 2003).

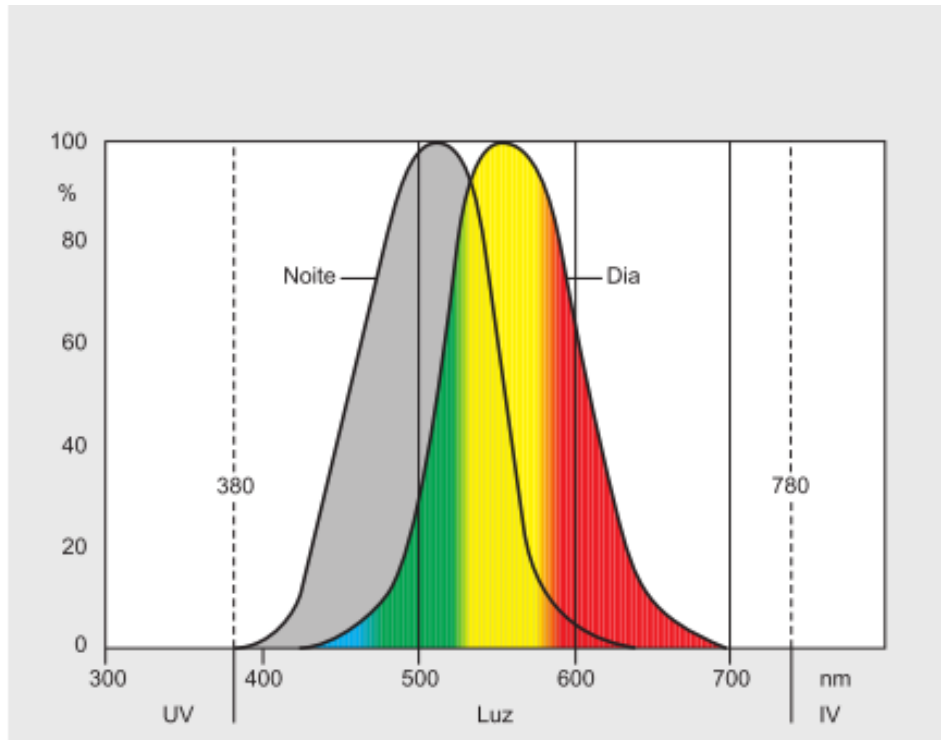


Figura 2 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas.
Fonte: OSRAM (2003)

Na luminotécnica, algumas grandezas e conceitos são importantes para o entendimento de seus elementos. Tais grandezas são mostradas a seguir (OSRAM, 2003):

- Fluxo luminoso (φ): radiação total ad fonte luminosa, ou seja, a quantidade de luz emitida por uma fonte, em luméns, dentro do espectro visível (380 a 780 nm).
- Intensidade luminosa (I): determina a intensidade de luz emitida em cada direção e representa o fluxo luminoso irradiado na direção de determinado ponto, e é dado em candela.
- Iluminância (E): indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre a superfície situada a certa distância dessa fonte, e é dada em lux. É representada pela seguinte expressão:

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (1)$$

- Luminância (L): é a intensidade luminosa que emana de uma superfície pela superfície aparente, é dada em cd/m^2 , e expressa por:

$$L = \frac{I}{A \cos(a)} \quad (2)$$

2.2.2. Iluminação em ambientes de laboratório

O projeto adequado de sistemas de iluminação em laboratórios é essencial devido à intensidade e relevância do trabalho realizado e também ao longo tempo dedicado por pesquisadores em atividades laboratoriais. Nesses ambientes a intensidade da luz chega a ser o dobro daquela de escritórios convencionais. O consumo de energia pela iluminação nos laboratórios pode variar entre 8 a 25% de toda a eletricidade consumida (KOZMINSKI *et al.*, 2006).

Para melhor aproveitamento de energia, o sistema de iluminação no interior do laboratório deve estar integrado com a iluminação natural do ambiente externo. A configuração das luminárias e o modelo das lâmpadas também são fatores importantes para a eficiência do sistema de iluminação. Pode-se optar por iluminação direta ou indireta nas bancadas e o posicionamento da fonte luminosa em relação às bancadas depende do tipo de atividade a ser realizada. A iluminação direta fornece maior intensidade de luz, porém podem haver brilho e sombras, enquanto a indireta diminui sombras mas também diminui a intensidade de luz, sendo determinante a configuração fonte luminosa/bancada para adequação do ambiente. Preferencialmente, em laboratórios a iluminação direta deve estar entre 20 a 40% da iluminação do ambiente. A Figura 3 exemplifica as configurações de sistema de iluminação direta e indireta em laboratórios (KOZMINSKI *et al.*, 2006).



Figura 3 – Sistemas de iluminação direta e indireta em laboratórios.
Fonte: KOZMINSKI *et al.* (2006)

2.2.3. Tipos de Iluminação

A iluminação pode existir de duas maneiras: artificial e natural. A iluminação natural é caracterizada no ambiente de trabalho pela existência de janelas de vidro e aberturas nas paredes laterais e no teto que permitam a passagem de luz para o interior do ambiente. Deve-se tomar cuidado para que não ocorra reflexo e brilho no interior do ambiente para que não prejudique a execução do trabalho e a saúde do trabalhador. A luz solar nunca deve incidir diretamente no trabalhador. A iluminação artificial é feita através de lâmpadas e luminárias. Estas são responsáveis por distribuir o fluxo de luz de maneira uniforme no ambiente e evitar o fluxo direto de luz no observador. Para ambientes internos são geralmente utilizadas lâmpadas do tipo fluorescente, que possuem maior eficiência e baixo custo de energia (TOLEDO, 2008).

Para comparação das lâmpadas existentes é preciso saber a quantidade de lúmens gerados por Watts consumidos pela lâmpada, que é definido como eficiência energética ou rendimento luminoso, como mostra a Figura 4. Tais valores não consideram a intensidade luminosa emitida com luminária (OSRAM, 2003).

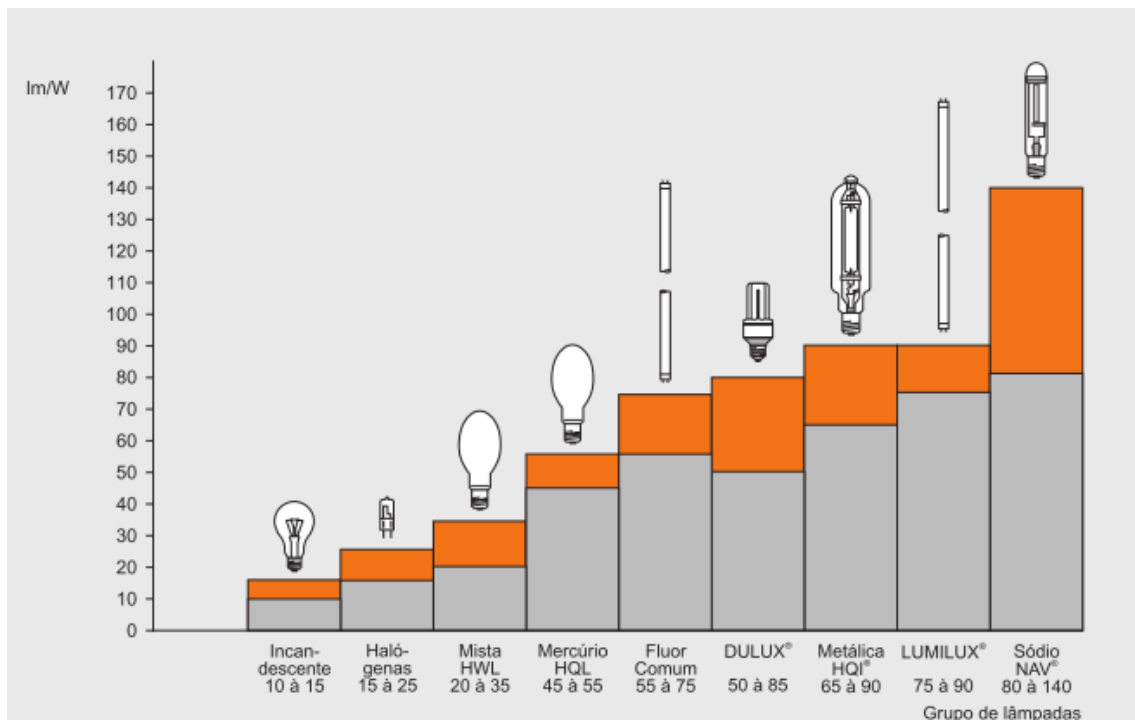


Figura 4 – Tipos de lâmpadas e suas eficiências energéticas.
Fonte: OSRAM (2003)

2.2.4. Nível de iluminância segundo a legislação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 5413/1992, define iluminância como “limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende a zero”. De um modo simplificado, a iluminância expressa o fluxo luminoso recebido por um ponto na superfície (ABNT, 1992).

A medição da iluminância deve ser realizada no campo de trabalho e em casos, onde este não é definido, a 0,75 metros de distância do piso. É recomendado que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior que 70% da iluminância média determinada pela NBR 5382. Além disso, a iluminância do restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho (ABNT, 1992).

A Tabela 1 mostra os níveis de iluminância por classes de tarefas visuais de acordo com a norma. Para determinação da iluminância recomendável é necessário utilizar pesos presentes na Tabela 2 (ABNT, 1992).

O procedimento para determinação da iluminância adequada é feito através da análise de cada característica e atribuir pesos às mesmas. A soma algébrica de todos os pesos determina o fator determinante para o valor de iluminância adequada dependendo de cada grupo. Se o fator for -2 ou -3 utiliza-se a iluminância inferior do grupo; +2 ou +3, a superior; entre -1 e +1, intermediário (ABNT, 1992).

A Tabela 3 mostra valores de iluminância para alguns ambientes de trabalho presentes em uma escola. Para o presente trabalho, em que o ambiente analisado é um laboratório de pesquisa, existem duas classificações: laboratório geral e local. Como o laboratório é de atividade específica dentro da universidade, pois é um laboratório de cerâmica, foi classificado como local e apresenta os seguintes níveis de iluminância: 300 – 500 – 750 (ABNT, 1992).

De modo geral, os valores mais altos são utilizados quando (ABNT, 1992):

- a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos;
- erros são de difícil correção;
- o trabalho visual é crítico;
- alta produtividade ou precisão são de grande importância;

- a capacidade visual do observador está abaixo da média.

Já os valores mais baixos são utilizados quando:

- Refletâncias ou contrastes são relativamente altos;
- A velocidade e/ou precisão não são importantes;
- A tarefa é executada ocasionalmente.

Grande parte das atividades necessitam de pelo menos o nível médio de iluminância. Para determinar este nível utiliza-se o procedimento descrito anteriormente, atribuindo pesos para determinação do fator (ABNT, 1992).

Tabela 1 – Nível de iluminância por classes de tarefas visuais.

Classe	Iluminância (Lux)	Tipo de Atividade
	20 – 30 – 50	Área pública com arredores escuros.
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples.	50 – 75 – 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 – 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos.
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditório.
B Iluminação geral para área de trabalho.	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica.
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: ABNT (1992)

Tabela 2 – Fatores determinantes da iluminância adequada.

Característica da tarefa e do observador	Peso		
	- 1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: ABNT (1992)

Tabela 3 – Valores de iluminância (lux) para alguns ambientes de trabalho.

- Salas de aulas	200 – 300 - 500
- Quadros negros	300 – 500 – 750
- Salas de trabalhos manuais	200 – 300 – 500
- Laboratório:	
Geral	150 – 200 – 300
Local	300 – 500 – 750
- Anfiteatros e auditórios:	
Plateia	150 – 200 – 300
Tribuna	300 – 500 – 750
- Salas de desenho	300 – 500 – 750
- Salão de reuniões	150 – 200 – 300
- Salas de educação física	100 – 150 - 200
- Costuras e atividades semelhantes	300 – 500 – 750
- Artes culinárias	150 – 200 - 300

Fonte: ABNT (1992)

2.3. CALOR E TEMPERATURA

O conceito de calor existe desde a Grécia Antiga, quando era associado ao elemento fogo. No início o calor era associado às sensações de frio e quente que o corpo humano poderia sentir. No entanto, John Locke, em 1960, mostrou que nem sempre essa sensação expressava de maneira verdadeira o quanto quente ou frio

estava determinado corpo pois ao mergulhar as mãos em água fria ou quente e posteriormente em água morna causava sensações diferentes, ou seja, é uma maneira subjetiva de medição. A partir de então, juntamente com conceito de equilíbrio térmico, dá-se início ao surgimento de uma grandeza intensiva, relacionada ao calor, denominada temperatura. Temperatura não é medida de calor, mas dois corpos em diferentes temperaturas transferem energia entre si na forma de calor (GALBIATTI, 2011).

A partir de então surgiram os medidores de temperatura, os termômetros, que expressavam de maneira objetiva a temperatura de determinado corpo. Com os termômetros, surgiram escalas de temperatura, dentre as quais três são as mais conhecidas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin. A escala Celsius, oficializada em 1742 por Anders Celsius, possui como referências o ponto de congelamento da água (0 °C) e a temperatura de ebulição da água (100 °C). Daniel Gabriel Fahrenheit, em 1708, utilizou como referências a temperatura de mistura do gelo e cloreto de amônia (0 °F) e a temperatura do corpo humano (100 °F), gerando a escala Fahrenheit de temperatura. No século XIX, o lorde Kelvin utilizou como referência a temperatura de menor estado de agitação de qualquer molécula (0 K), que corresponde a -273 °C, e representa o zero absoluto de temperatura (GALBIATTI, 2011).

2.3.1. Transferência de calor no ambiente de trabalho

No ambiente de trabalho, A transferência de calor ocorre de diferentes maneiras: Por condução, convecção, radiação e evaporação. Na condução o meio de transferência de calor é estacionário, podendo ser um sólido ou um fluido. No processo de convecção a transferência ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento, que no ambiente de trabalho ocorre entre a superfície do corpo do trabalhador e o ar circundante do ambiente. A radiação se caracteriza pela transferência independente da existência do meio e é transmitida por ondas eletromagnéticas. A transferência de calor por evaporação consiste em uma perda de calor através da formação de suor na pele e ocorre quando a troca de calor entre trabalhador e ambiente são insuficientes para manter a temperatura corporal na faixa ideal, 37 °C. (RUAS, 1999; INCROPERA, 1998).

2.3.2. Calor e o corpo humano

No organismo humano o calor excessivo pode causar aumento de temperatura corporal. Isso ocorre quando o calor cedido pelo organismo ao meio ambiente é inferior ao recebido ou produzido pelo metabolismo total, caracterizado pelo metabolismo basal e metabolismo de trabalho. Esta situação de hipertermia leva o corpo humano a realizar alterações para controle destas mudanças, como vasodilatação periférica e ativação de glândulas sudoríparas, que buscam o aumento da troca de calor entre ambiente e organismo (ASHO, 2010).

Os controles do organismo citados buscam manter a temperatura corporal em torno de 37 °C. Quando eles não são suficientes para mantê-la, alguns danos podem ser causados no organismo: queda de pressão arterial (causa pela exaustão ao calor), desidratação (redução do volume de sangue), câimbras (perda de água e sais minerais) e choque térmico (coloca em risco tecidos vitais do organismo) (ASHO, 2010).

De acordo com estudo realizado pela NASA, quando a temperatura corporal permanece a 35 °C por período de tempo mais longo, o trabalhador pode cometer 60 erros por hora, sem ter a percepção da existência dos erros. Quando o corpo humano é submetido a tais condições há o bombeamento de sangue maior para regiões da pele para tentar o equilíbrio natural de temperatura e outras partes do corpo recebem menos sangue. Isso pode interferir na capacidade mental e habilidades cognitivas (GUEIROS, 2012).

2.3.3. Conforto térmico em ambientes de trabalho

O conforto térmico é definido como a sensação de bem-estar experimentada por um indivíduo em determinado ambiente de trabalho. Alguns fatores influenciam o conforto térmico: tipo de atividade, vestuário, temperatura do ar, umidade relativa, temperatura média radiante das superfícies vizinhas e velocidade do ar. Estas variáveis ambientais influenciam diretamente na transferência de calor para o corpo do trabalhador (RUAS, 1999).

Quando a temperatura do ar é diferente da temperatura corporal ocorre transferência de calor e quanto maior essa diferença, maior a transferência. Se a

temperatura do ar for menor, o calor é perdido pelo corpo, caso contrário, o corpo recebe energia do ambiente em forma de calor (RUAS, 1999).

A umidade relativa do ar interfere diretamente na troca de calor por evaporação entre o corpo e o ambiente. Umidades elevadas do ar dificultam essa troca de calor pois o ar está próximo à saturação e transferência de calor através da evaporação do suor da pele dificultada (RUAS, 1999).

A velocidade do ar, caracterizada pela ventilação do ambiente, afeta diretamente a troca de calor por convecção, pois, quanto maior a velocidade do ar, mais fácil a transferência de calor por convecção (RUAS, 1999).

2.3.4. Medidas de controle do calor

Para controlar o calor a que o trabalhador é exposto existem três maneiras: fonte, trajetória e indivíduo (ASHO, 2010).

Fonte:

- Controlar as características através da variação de potência da fonte de calor
- Instrumentar e automatizar o processo

Trajectoria:

- Utilização de barreiras entre fonte e trabalhador
- Aumentar a distância do trabalhador e fonte
- Garantir a ventilação do ambiente
- Reduzir a umidade do processo através de exaustão

No indivíduo:

- Utilização de EPI's com isolamento térmico (lentes especiais, luvas, aventais e capuz)
- Limitar tempo de exposição ao calor (através de ciclos de trabalho, revezamento e pausas)
- Garantir hidratação por reposição de sais minerais
- Elaborar procedimentos que diminuam a exposição do trabalhador à fonte de calor
- Conscientizar o trabalhador dos riscos causados por esta exposição.

2.3.5. Limites de tolerância de acordo com a legislação

A legislação brasileira pela porta 3.214 de 8.6.1978 estabelece que a exposição ao calor seja avaliada através do IBUTG, que é um índice de sobrecarga térmica determinado pelos parâmetros medidos no ambiente de trabalho. A NR-15 através do seu Anexo 3, Limites de Tolerância para Exposição ao Calor, define IBUTG para ambientes internos de duas formas. Quando não há carga solar, o IBUTG é calculado de acordo a Equação 3. Quando existe carga solar, o cálculo é feito conforme a Equação 4 (BRASIL, 2017).

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bn} + 0,3T_g \quad (3)$$

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bn} + 0,1T_{bs} + 0,2T_g \quad (4)$$

Onde T_{bn} é a temperatura de bulbo úmido natural, T_g é a temperatura de globo e T_{bs} é a temperatura de bulbo seco (BRASIL, 2017).

As medições devem ser realizadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida (BRASIL, 2017).

Quando trabalho e o descanso são realizados no mesmo local os limites de temperatura permitidos são mostrados na

Tabela 4, que representa o Quadro 4 do Anexo 3 da NR-15. O tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) é definida de acordo com o Quadro 3 do Anexo 3 da NR-15, representado pela Tabela 5 (BRASIL, 2017).

Esta tabela mostra também as taxas de metabolismo gastas para cada tipo de atividade. Esses valores são utilizados para o cálculo do IBUTG para trabalhos de regime intermitente com locais de descanso diferentes dos de trabalho. Para definição das condições de trabalho são calculadas as taxas de metabolismo médio M e o IBUTG médio de acordo com as Equações 5 e 6 (BRASIL, 2017).

$$M = \frac{M_t t_t + M_d t_d}{60} \quad (5)$$

$$\text{IBUTG} = \frac{\text{IBUTG}_t t_t + \text{IBUTG}_d t_d}{60} \quad (6)$$

Onde M_t e M_d são as taxas de metabolismo nos locais de trabalho e de descanso (consultadas na Tabela 5), t_t e t_d são os tempos em minutos de permanência no local de trabalho e no de descanso, IBUTG_t e IBUTG_d são os valores

de IBUTG nos locais de trabalho e de descanso (calculados pelas Equações 3 e 4), respectivamente (BRASIL, 2017).

A Tabela 6 mostra o IBUTG máximo de acordo com as taxas de metabolismo e está representada na NR-15, Anexo 3, através do Quadro 2. A partir destes valores máximos é definido se as condições de trabalho são adequadas (BRASIL, 2017).

Tabela 4 – Limites de IBUTG por atividade.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: BRASIL (2017)

Tabela 5 – Taxas de metabolismo por tipo de atividade.

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	125
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	150
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	180
TRABALHO MODERADO	175
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	175
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: BRASIL (2017)

Tabela 6 – IBUTG máximo de acordo com a taxa de metabolismo.

M (Kcal/h)	MÁXIMO IBUTG
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Fonte: BRASIL (2017)

3. METODOLOGIA

Nesta seção fez a caracterização do ambiente de trabalho e a descrição dos métodos utilizados para aferição dos dados de iluminância e temperatura.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO

O laboratório objeto de estudo se encontra em universidade pública no estado do Paraná e se caracteriza por um laboratório de pesquisa que envolve manuseio de equipamentos como extrusora, moinho de bolas e prensa, além de fornos. Existem também bancadas onde são realizados experimentos e uma pequena sala que possui computador onde o trabalhador realiza atividades diárias.

O ambiente se caracteriza por uma área relativamente grande onde existem janelas em duas extremidades através das quais a luz natural entra no ambiente. Para auxílio na luminosidade existem lâmpadas fluorescentes na região central do ambiente. Os fornos estão localizados na região lateral e a sala do computador na região frontal, juntamente com as janelas, onde há penetração de luz solar em determinado período do dia.

A Figura 5 mostra imagens do ambiente de trabalho. Nota-se que existem diversos equipamentos, sendo que alguns exigem manuseio com atenção para evitar acidentes de trabalho.

Para melhor caracterização do ambiente de trabalho, a Figura 6 representa a configuração do mesmo e os pontos onde foram feitas as amostragens. Em todos os pontos especificados (P-1 à P-17) foram medidas iluminâncias. Já a temperatura foi medida em pontos mais críticos do ambiente (P-9, P-11 e P-17). Estes pontos correspondem a fornos (P-10 e P-11) e à sala de computador onde o trabalhador permanece a maior parte do tempo durante sua jornada.



Figura 5 – Ambiente de Trabalho.
Fonte: O AUTOR

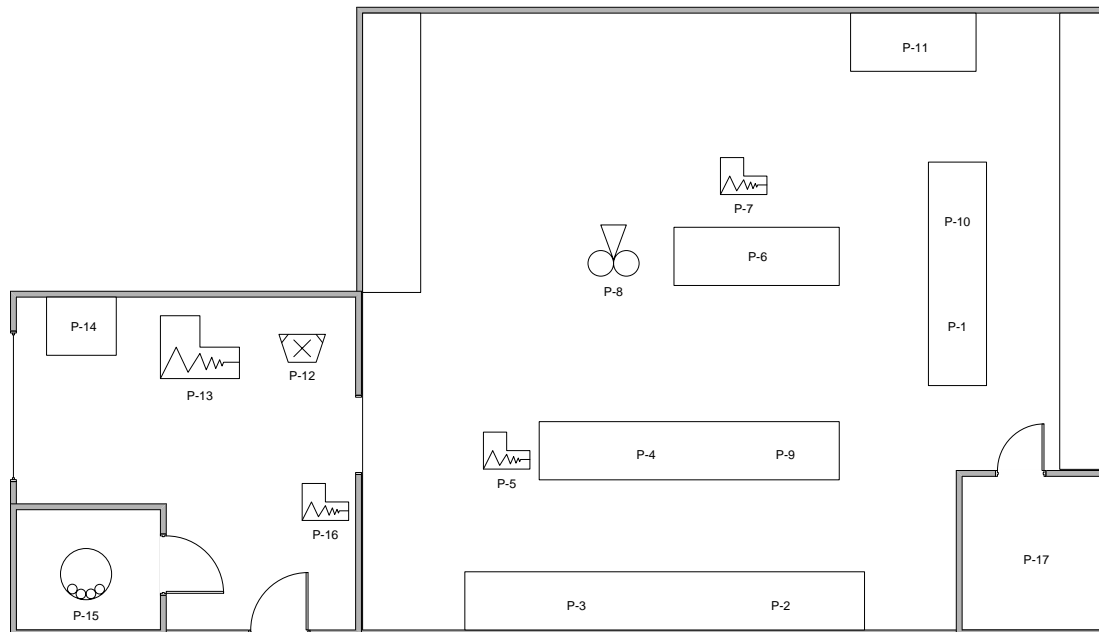


Figura 6 – Configuração básica do ambiente de trabalho e pontos de amostragem.
Fonte: O AUTOR

A Tabela 7 mostra a descrição dos pontos de amostragem. Alguns pontos correspondem a equipamentos e outros a pontos de bancada.

Tabela 7 – Descrição dos pontos de amostragem.

Ponto	Local
P1	Esmeril
P2	Forno 1
P3	Bancada
P4	Bancada – Balança 1
P5	Prensa hidráulica 1
P6	Bancada central – bomba centrífuga
P7	Prensa hidráulica 2
P8	Extrusora
P9	Bancada – Balança 2
P10	Torno de bancada
P11	Forno
P12	Moinho de rodas
P13	Prensa hidráulica 3
P14	Bancada
P15	Moinho bolas
P16	Prensa Hidráulica
P17	Escritório

Fonte: O AUTOR

3.2. Método de determinação dos dados

Para determinação das condições de iluminância do ambiente foram medidas a intensidade da luz, através de luxímetro (Instrutherm LD-300), mostrado na Figura 7, em diversos pontos onde o trabalhador realiza suas atividades diárias. Tais medições foram feitas em três diferentes períodos da jornada de trabalho.

As aferições de iluminância foram realizadas conforme a NBR-5413, exatamente no campo de trabalho e quando este não é definido a 0,75 metros da superfície do solo.



**Figura 7 – Luxímetro utilizado para medição de iluminância.
Fonte: O AUTOR**

A temperatura foi medida em regiões críticas onde o trabalhador realiza suas atividades, como em regiões próximas aos fornos e na sala do computador onde existe a possibilidade de maior temperatura durante a jornada de trabalho. Para medição de temperatura foi utilizado termômetro de globo (Instrutherm TGD-300), mostrado na Figura 8. Neste medidor de temperatura há o termômetro de globo, seco e de bulbo úmido acoplados a um sistema eletrônico que afere as temperaturas que caracterizam o ambiente. Com tais dados podem ser calculados os valores de IBUTG no campo de trabalho.



**Figura 8 – Termômetro de globo utilizado para as medições de temperatura.
Fonte: O AUTOR**

A Figura 9 mostra dois pontos de aferição de iluminância e temperatura no ambiente de trabalho.



Figura 9 – Medição de iluminância e temperatura no ambiente de trabalho.

Fonte: O AUTOR

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ILUMINÂNCIA

Para determinar as condições de iluminância do ambiente de trabalho foram utilizados os fatores presentes na Tabela 2, que são três: idade, velocidade de precisão e refletância do fundo da tarefa. O fator referente à idade é o mesmo e corresponde a 0. A velocidade de precisão e refletância do fundo da tarefa dependem do tipo de atividade exercida pelo trabalhador, as quais variam.

Como descrito anteriormente, de acordo com a NBR-5413, para laboratório de pesquisas local, os limites são: 300 – 500 – 750 lux. A Tabela 8 mostra para cada ponto de medição de iluminância os fatores correspondentes e os limites mínimos permitidos por norma.

Tabela 8 – Fatores de iluminância e limites adequados.

Ponto	Refletância	Precisão	Idade	Fator	Iluminância Adequada (lux)
P1	-1	1		0	500
P2	-1	0		-1	500
P3	-1	-1		-2	300
P4	-1	-1		-2	300
P5	-1	1		0	500
P6	-1	-1		-2	300
P7	-1	1		0	500
P8	-1	1		0	500
P9	-1	-1	0	-2	300
P10	-1	0		-1	500
P11	-1	-1		-2	300
P12	-1	1		0	500
P13	-1	1		0	500
P14	-1	-1		-2	300
P15	-1	1		0	500
P16	-1	1		0	500
P17	1	-1		0	500

Fonte: O AUTOR

Foram realizadas medições em três dias diferentes e em períodos diferentes, como mostra a Tabela 9. Como o ambiente de trabalho é interferido também pela luz solar externa, o período pode também interferir na iluminância interna. Sendo assim, buscou-se medir no período de maior iluminação (13 horas), um intermediário (15 horas) e outro de menor iluminação (17 horas). Para melhor visualização dos resultados, a Figura 10 mostra os resultados em forma de gráfico de barras, com os limites de iluminância para cada atividade exercida pelo trabalhador.

Tabela 9 – Medições realizadas nos pontos especificados.

Ponto	Dia 1 - 13:00	Dia 2 - 15:00	Dia 3 - 17:00
P1	489	536	404
P2	104	88,2	63,2
P3	105	79,6	73,2
P4	212	184,3	173,3
P5	106	143,8	131,7
P6	118,7	106,2	73,2
P7	127,2	149,4	119,1
P8	156,8	150,2	135,3
P9	167,9	176,6	146,9
P10	339	498	271
P11	156	192	114,3
P12	221	173,3	109,2
P13	384	244	101,8
P14	130,7	848	307
P15	148,7	159,7	128,6
P16	80,2	60,8	38,3
P17	179,8	165,3	151,6

Fonte: O AUTOR

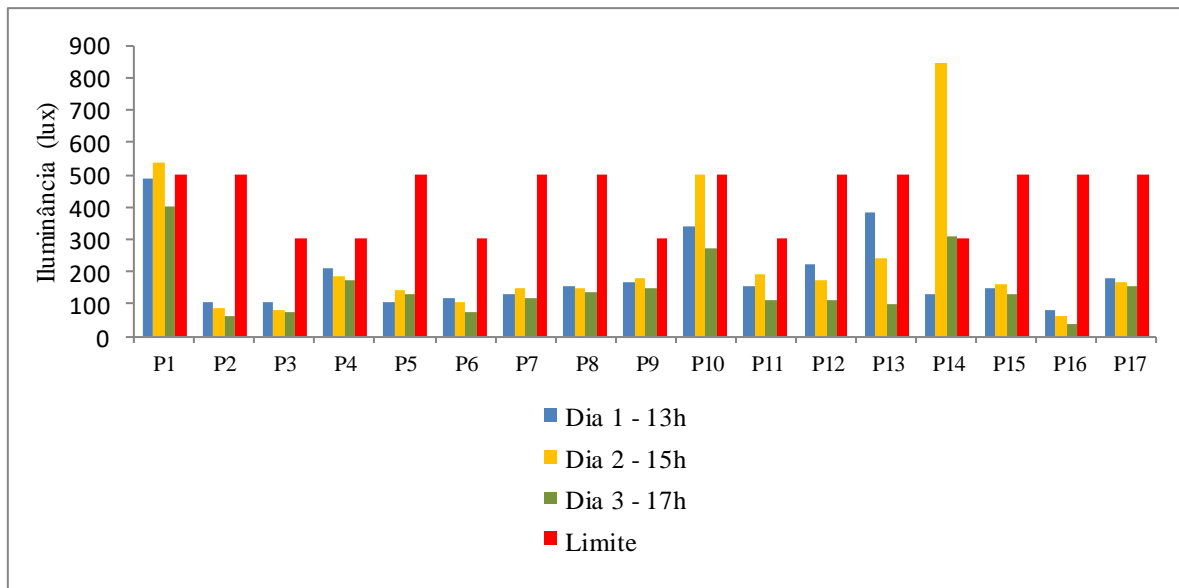


Figura 10 – Resultados obtidos para iluminância.
Fonte: O AUTOR

Os resultados obtidos para iluminância mostraram que das 51 medições realizadas (17 pontos em três períodos diferentes) apenas 3 delas apresentaram iluminância acima do limite mínimo exigido pela NBR 5413, o que corresponde a menos de 6% do total, que corresponde a uma porcentagem muito pequena.

Como mostra o gráfico, grande parte dos pontos medidos está abaixo do limite mínimo adequado para a tarefa. As exceções são o Dia 2, nos pontos P1 e P14, e o Dia 3 no ponto P14, sendo que entre estes três, o único que está suficiente acima do limite é o Dia 2 no P14 (836 lux para o limite de 300 lux), pois os outros estão muito pouco acima. A iluminância no Dia 2 em P1 corresponde a 536 lux e o limite mínimo é 500 lux, o que corresponde a uma diferença de 7,2%; o Dia 3 em P14 corresponde a 307 lux e o limite mínimo é 300 lux, o que representa uma diferença de 2,3%. Essa diferença percentual para o limite mínimo é muito pequena, indicando que as condições de iluminância do ambiente são inadequadas.

Em nenhum ponto houve medições maiores que o limite mínimo para os três períodos medidos, o que indica que a luz externa interfere diretamente na iluminação do laboratório. No entanto, as condições de iluminância devem atender aos limites e fornecer condições do trabalho ideais independente das condições externas e mudanças no ambiente devem ser realizados.

Grande parte dos pontos, nos quais a iluminância está bem abaixo do limite, se referem a fornos, prensas, moinhos, extrusora e torno, ou seja, locais onde se

necessita grande precisão na execução do trabalho, caracterizando situação de elevado risco de acidentes graves, como fraturas e até amputação de membros.

Em P17 (sala de computador), a situação também é crítica pois corresponde ao ambiente em que o trabalhador permanece a maior parte do tempo e faz atividades diárias de leitura. A má iluminância pode acarretar problemas na visão e na postura, pois tais condições faz com que a visão seja sobrecarregada e o trabalhador se curve para realizar as leituras. Estas condições tem alto potencial de prejuízo à saúde do trabalhador, podendo gerar doenças crônicas e até irreversíveis.

Desta maneira, são necessários reparos urgentes, como utilização de lâmpadas mais potentes, para fornecer iluminação adequada ao trabalhador e segurança na execução da tarefa. Alternativas para melhora da condições de iluminância são descritas com mais detalhes na seção 4.3.

4.2. TEMPERATURA

Para temperatura, como descrito anteriormente, foram calculados os valores de IBGTU médios para cada ponto (P10, P11 e P17). A Tabela 10 mostra os dados medidos no ambiente de trabalho, assim como os valores de IBGTU médios calculados para cada caso. A Figura 11 mostra os resultados obtidos e o limite de tolerância de acordo com a norma. Para trabalho contínuo leve este limite é de 30 °C e para trabalho moderado é de 28,5 °C. Para este caso, foi considerado período de trabalho de 30 minutos de trabalho e 30 minutos de descanso, que é o período de maior tempo que o trabalhador passa nessas condições. O trabalho na sala de computador é considerado leve e os trabalhos com os fornos, que são feitos em pé e com movimentos moderados, são consideradas atividades moderadas.

Tabela 10 – Dados de temperatura no ambiente de trabalho.

Local	Tbu (°C)	Tbs (°C)	Tg (°C)	IBUTG (°C)
Dia 1				
P10	27,2	27,4	28,2	27,5
P11	25,4	26,9	27,1	25,91
P17	26,1	27	27,3	26,46

Local	Tbu (°C)	Tbs (°C)	Tg (°C)	IBUTG (°C)
Dia 2				
P10	27,5	28	28,4	27,77
P11	28,1	29	29,4	28,49
P17	27,6	28,6	28,8	27,96
Dia 3				
P10	28,8	28,5	29	28,86
P11	26,3	27,2	27,7	26,72
P17	27,4	28,5	28,8	27,82

Fonte: O AUTOR

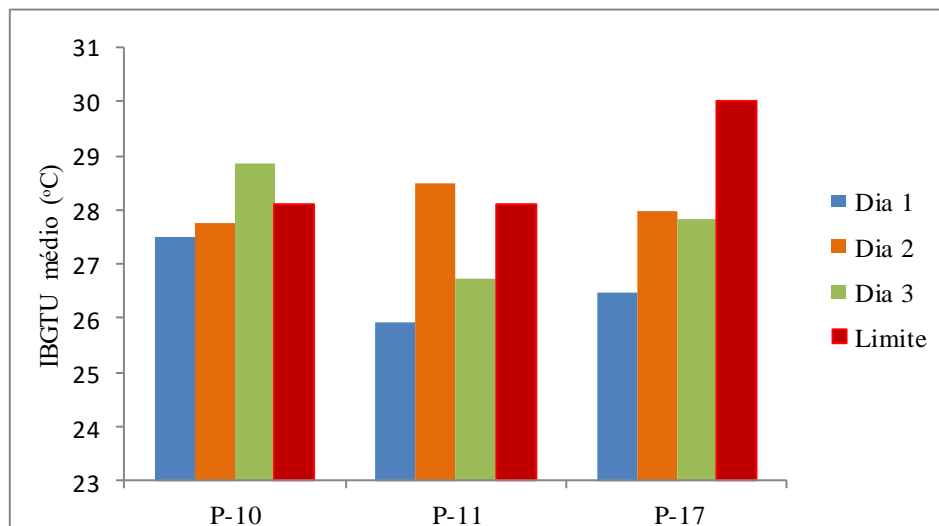


Figura 11 – IBGTU médios calculados.

Fonte: O AUTOR

De acordo com os resultados obtidos, foi observado para os fornos que nos pontos P10 e P11 as temperaturas estão acima do limite superior no Dia 3 e no Dia 2, respectivamente. No Dia 1 os limites estão abaixo do máximo nestes dois pontos. Isso mostra que medidas devem ser tomadas para melhora das condições de trabalho. Já para a sala as condições de temperatura estão dentro do limite exigido, não necessitando mudanças nesse aspecto.

Como os fornos trabalham na queima de alguns materiais cerâmicos, e as propriedades desejadas do material final dependem da temperatura de queima, a temperatura próxima aos fornos varia. As temperaturas foram medidas em três

diferentes dias da mesma semana e estas medições abrangem as condições a que o trabalhador é submetido.

Conforme resultados obtidos, uma solução prática e de mais fácil implementação é a redução do período do trabalhador próximo aos fornos. Se esse tempo for reduzido para 15 minutos, o limite máximo seria 29,5 °C e as condições de temperatura estariam abaixo deste limite. Apesar disso, as condições térmicas estariam próximas a este limite e outras modificações seriam necessárias para que as condições de temperatura do ambiente fossem reduzidas, conforme mostrado na seção 4.3.

4.3.RECOMENDAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

De acordo com os resultados obtidos as condições de trabalho tanto em relação à iluminância quanto em relação à temperatura são inadequadas, com valores acima do limite máximo e abaixo do limite mínimo.

Conforme análise do ambiente, observou-se que a quantidade de lâmpadas e luminárias talvez não fossem suficientes para iluminação adequada de todo o ambiente. Isso foi comprovado pelas medições realizadas em diversos pontos no laboratório. Sendo assim, o projeto de iluminação realizado para o laboratório foi inadequado.

Para melhora da iluminância do ambiente algumas medidas podem ser tomadas:

- Utilização lâmpadas fluorescentes de maior potência para fornecimento de maior intensidade de luz
- Aumento da quantidade de lâmpadas e luminárias para melhor distribuição da luz nos diversos locais do laboratório
- Verificação constantemente as condições das lâmpadas, e no caso de estarem queimadas, efetuar a troca imediatamente
- Em alguns locais, se necessário, diminuir a distância entra a luminária e a superfície de trabalho, pois a altura das luminárias são reguláveis
- Instalar luminárias de bancada para tarefas em locais onde a iluminância seja essencial para realização das mesmas

Para melhorias nas condições térmicas na região dos fornos podem ser adotadas as seguintes medidas:

- Implementação de sistema de exaustão mais eficiente para que o ar circule constantemente
- Diminuir a permanência do trabalhador junto aos fornos e fazer isso apenas quando for essencial para execução da tarefa
- Em períodos de maior calor, como no verão, utilizar vestimentas que facilitem a transpiração
- Melhorar o sistema de ventilação através da abertura das janelas

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para iluminância mostraram que das medições realizadas menos de 6% apresentam medições acima do limite mínimo, o que representa um valor muito baixo. Em nenhum ponto medido todos os valores estiveram acima para os três dias, o que indica que as condições de iluminância são inadequadas. Estas condições são de levado risco ao trabalhador podendo causar graves acidentes, no caso de moinhos e prensas, e doenças crônicas devido à baixa intensidade luminosa na sala de computador.

Para temperatura, os resultados mostram que para as regiões dos fornos as temperaturas estão acima do limite máximo exigido no Dia 3 em P10 e no Dia 2 em P11, ou seja, as condições térmicas são inadequadas. Para a sala de computador as condições estão abaixo do limite máximo em todos os dias, indicando para este ambiente, condições adequadas de temperatura.

Conforme análises realizadas, pode-se concluir que tanto para temperatura quanto para iluminância as condições são inadequadas e melhorias tem de ser feitas. Em relação à iluminância, a troca por lâmpadas de maior potência e diminuição da distância entre a fonte luminosa e a superfície de trabalho são as medidas mais rápidas e práticas de realizar. Referente à temperatura, a implementação de um sistema de exaustão mais eficiente e de ventilação natural melhor possivelmente podem resolver o problema na região onde se localizam os fornos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR-5413 – Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13 p.

ABNT. **NBR-5382 – Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 4 p.

ASHO. **Calor - Stress Térmico - IBUTG**. Publicado em 19 setembro de 2010. Acessado em 21 de abril de 2017. Disponível em: <<http://www.asho.com.br/artigo/calor-stress-termico-ibutg/>>.

BENTO, H. **Cuidados com a Iluminação do Ambiente de Trabalho**. DDS online. Disponível em: <<http://ddsonline.com.br/dds-temas/55-administracao-e-escritorio/280-cuidados-com-a-boa-iluminacao-do-ambiente-de-trabalho.html>>. Acesso em: 14/05/2017

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego**. NR-15 – Atividades e Operações Insalubres – Anexo 3: Limites de Tolerância para Exposição ao Calor. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO3.pdf>> . Acesso em: 11/05/2017.

GALBIATTI, D. A. **Calor e Temperatura: Uma Revisão Dos Conceitos Nas Diferentes Abordagens Físicas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita" - Unesp. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119179/galbiatti_da_tcc_rcla.pdf?sequence=1>.

GUEIROS, S. **NRs 6, 10 e 15: Efeitos do Stress Térmico em Trabalhadores**. NRFACIL Blog. Publicado em 16 abril de 2012. Acessado em 23 abril de 2017. Disponível em: <<http://nrfacil.com.br/blog/?p=4503>>.

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e e Massa**, LTC Editora. 3ª Edição. 1998.

Kozminski, K.; Lewis, S.; Mathew, P. **Best Practice Guide: Efficient Electric Lighting in Laboratories**. Laboratories for the 21st Century. United States Environmental Protection Agency – EPA. U. S. Department of Energy. 2006. Disponível em: <www.labs21century.gov/toolkit/bp_guide.htm>

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático.** Disponível em:
<<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em:
27/4/2017.

PAIS, A. M. G. **Condições de Iluminação Em Ambiente de Escritório : Influência no Conforto Visual.** Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. 2011.

RUAS, Á. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho.** Ministério do Trabalho. Fundação Jorge Duprat Figueiredo – Fundacentro. 1999.

TOLEDO, Beatriz G. **Integração de Iluminação Natural e Artificial: Métodos e Guia Prático para Projeto Luminotécnico.** 2008. 171 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília.