

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

**ALESSANDRO ANTONIO PASSARI**

**ANÁLISE DO RUÍDO, TEMPERATURA E DA ILUMINÂNCIA  
DENTRO DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2014**

**ALESSANDRO ANTONIO PASSARI**

**ANÁLISE DO RUÍDO, TEMPERATURA E DA ILUMINÂNCIA  
DENTRO DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Adalberto Matoski, Dr.

**CURITIBA**

**2014**

**ALESSANDRO ANTONIO PASSARI**

**ANÁLISE DO RUÍDO, TEMPERATURA E DA ILUMINÂNCIA  
DENTRO DE UMA 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 (Orientador)

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Ronaldo L. dos Santos Izzo

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2014

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

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família pelo apoio em todas as etapas da minha vida.

Ao corpo docente do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da UTFPR, em especial aos professores Adalberto Matoski e Rodrigo Eduardo Catai, pela ajuda e colaboração para a execução deste trabalho.

Aos colegas do curso, pelos momentos compartilhados e troca de informações.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os níveis de ruído, iluminância e temperatura em um dos blocos da UTFPR, campus Curitiba. Para tanto, foram observadas as diretivas das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego: NR-15 e NR17, bem como as normas técnicas da ABNT: NBR 10152 e NBR ISO/CIE 8995-1. Os ambientes analisados foram a biblioteca, o auditório, o espaço da xerox, as salas de aula, o refeitório, o almoxarifado, a copa e a administração. Para todos os ambientes, foi realizado um conjunto de medidas no período da tarde e outro no período da noite. Em relação ao conforto acústico, os resultados obtidos foram todos favoráveis quando comparados às normas pertinentes. Em relação à exposição ao calor, os resultados foram favoráveis no geral, apresentando alguns problemas não muito importantes, sendo recomendadas as devidas adequações. Em relação à iluminância, os resultados foram favoráveis em alguns casos e desfavoráveis em outros, sendo recomendadas as devidas adequações.

**Palavras-chave:** Agentes Físicos; Ruído; Iluminância; Temperatura.

## ABSTRACT

The aim of this study was to assess the levels of noise, illumination and heat in one of the buildings of UTFPR, university campus Curitiba. Therefore, we observed the policies of the regulatory standards of the “Ministério do Trabalho e Emprego: NR15 and NR17, as well as the technical standards of ABNT: NBR 10152 and NBR ISO/CIE 8995-1. The places assessed was the library, the auditory, the photocopy place, the classrooms, the snack bar, the stockroom, the kitchen and the management room. All of this places was assessed in the afternoon and in the evening. In the case of acoustic comfort, the results of the measurements were favorable to the relevant regulations. In the case of thermal stress, the results were favorable as a whole, but some unimportant issues occurred in the measurements. In the case of illumination, the results were favorable in some cases and unfavorable in others, and some adjustments were recommended to solve the related issues.

**Keywords:** Physical agents; Noise; Illuminance; Temperature.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Moléculas em repouso e em movimento browniano forçado .....	18
Figura 2 - Limiares de audibilidade .....	19
Figura 3 - Espectro eletromagnético .....	22
Figura 4 - Temperatura efetiva .....	29
Figura 5 - Foto da biblioteca - mesa de estudo .....	36
Figura 6 - <i>Layout</i> da biblioteca - mesa de estudo .....	36
Figura 7 - Foto da biblioteca - estantes .....	37
Figura 8 - <i>Layout</i> da biblioteca - estantes .....	37
Figura 9 - Foto da biblioteca - posto de trabalho .....	38
Figura 10 - <i>Layout</i> da biblioteca - posto de trabalho .....	38
Figura 11 - Foto do auditório .....	39
Figura 12 - <i>Layout</i> do auditório.....	39
Figura 13 - Foto da sala de aula .....	40
Figura 14 - <i>Layout</i> da sala de aula .....	40
Figura 15 - Foto do almoxarifado .....	41
Figura 16 - <i>Layout</i> do almoxarifado .....	41
Figura 17 - Foto do espaço da xerox .....	42
Figura 18 - <i>Layout</i> do espaço da xerox .....	42
Figura 19 - Foto da sala da administração do bloco .....	43
Figura 20 - <i>Layout</i> da sala da administração do bloco .....	43
Figura 21 - Foto da copa .....	44
Figura 22 - <i>Layout</i> da copa .....	44
Figura 23 - Foto do refeitório .....	45
Figura 24 - <i>Layout</i> do refeitório .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente .....	20
Tabela 2 - Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor .....	25
Tabela 3 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (mesa de estudo) .....	47
Tabela 4 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (estantes) .....	48
Tabela 5 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (posto de trabalho) .....	50
Tabela 6 - Parâmetros de exposição ao calor - auditório .....	51
Tabela 7 - Parâmetros de exposição ao calor - sala de aula .....	53
Tabela 8 - Parâmetros de exposição ao calor - almoxarifado .....	55
Tabela 9 - Parâmetros de exposição ao calor - espaço da xerox .....	57
Tabela 10 - Parâmetros de exposição ao calor - sala da administração do bloco .....	59
Tabela 11 - Parâmetros de exposição ao calor - copa .....	61
Tabela 12 - Parâmetros de exposição ao calor - refeitório .....	63
Tabela 13 - Valores obtidos para as medidas de pressão sonora e os valores limites de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152.....	64
Tabela 14 - Valores obtidos para as medidas de iluminância e os limites de conforto estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1.....	65
Tabela 15 - Resultados obtidos para o IBUTG e a temperatura efetiva, e os limites de tolerância do IBUTG estabelecidos pelo Anexo III da NR-15.....	66



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Limites de Tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço .....	31
Quadro 2 - Limites de Tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local .....	31
Quadro 3 - Taxas de metabolismo de acordo com o tipo de atividade .....	33

## LISTA DE ABREVIACOES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIE	<i>International Commission on Illumination</i>
IBUTG	ndice de Bulbo mido Termmetro de Globo
ISO	Organização Internacional para Padronização
NA	Nível de Ação
NBR	Denominação de norma da ABNT
NIS	Nível de Intensidade Sonora
NPS	Nível de Pressão Sonora
NR-9	Norma Regulamentadora n 9 do Ministério do Trabalho e Emprego
NR-15	Norma Regulamentadora n 15 do Ministério do Trabalho e Emprego
NR-17	Norma Regulamentadora n 17 do Ministério do Trabalho e Emprego
SI	Sistema Internacional de Unidades
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VDT	<i>Visual Display Terminals</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 Objetivo geral .....	15
1.1.2 Objetivos específicos .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.2 RUÍDO .....	17
2.2.1 Definindo som e ruído .....	17
2.2.2 Quantificando o ruído .....	19
2.3 ILUMINÂNCIA .....	22
2.3.1 Entendendo o que é a luz .....	22
2.3.2 Quantidades e unidades para mensuração da luz.....	23
2.3.3 Iluminação de ambientes de trabalho .....	23
2.4 CONFORTO TÉRMICO .....	27
2.4.1 Calor .....	27
2.4.2 Algumas definições que servem de parâmetros para o conforto térmico .....	28
2.4.3 Limites de tolerância para exposição ao calor e condições de conforto .....	30
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 PLANEJAMENTO GERAL .....	34
3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	34
3.3 MÉTODO DE MEDIDAS .....	34
3.4 OS AMBIENTES AVALIADOS .....	35
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>46</b>
4.1 BIBLIOTECA - MESA DE ESTUDO .....	46
4.1.1 Pressão sonora .....	46
4.1.2 Iluminância .....	46
4.1.3 Exposição ao calor .....	46
4.2 BIBLIOTECA - ESTANTES .....	47
4.2.1 Pressão sonora .....	47
4.2.2 Iluminância .....	48
4.2.3 Exposição ao calor .....	48

4.3 BIBLIOTECA - POSTO DE TRABALHO .....	49
4.3.1 Pressão sonora .....	49
4.3.2 Iluminância .....	49
4.3.3 Exposição ao calor .....	49
4.4 AUDITÓRIO .....	50
4.4.1 Pressão sonora .....	50
4.4.2 Iluminância .....	51
4.4.3 Exposição ao calor .....	51
4.5 SALA DE AULA .....	52
4.5.1 Pressão sonora .....	52
4.5.2 Iluminância .....	52
4.5.3 Exposição ao calor .....	52
4.6 ALMOXARIFADO .....	54
4.6.1 Pressão sonora .....	54
4.6.2 Iluminância .....	54
4.6.3 Exposição ao calor .....	54
4.7 ESPAÇO DA XEROX .....	56
4.7.1 Pressão sonora .....	56
4.7.2 Iluminância .....	56
4.7.3 Exposição ao calor .....	56
4.8 SALA DA ADMINISTRAÇÃO DO BLOCO .....	58
4.8.1 Pressão sonora .....	58
4.8.2 Iluminância .....	58
4.8.3 Exposição ao calor .....	58
4.9 COPA .....	60
4.9.1 Pressão sonora .....	60
4.9.2 Iluminância .....	60
4.9.3 Exposição ao calor .....	60
4.10 REFEITÓRIO .....	61
4.10.1 Pressão sonora .....	61
4.10.2 Iluminância .....	62
4.10.3 Exposição ao calor .....	62
4.11 RESUMO DOS RESULTADOS CONFORME O AGENTE FÍSICO ANALISADO .....	63

4.11.1 Pressão sonora .....	63
4.11.2 Iluminância .....	65
4.11.3 Exposição ao calor .....	65
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>67</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das características da atividade humana é a constante modificação do meio ambiente alterando sua configuração prévia e introduzindo novas tecnologias (máquinas, edificações, etc.) que lhe terão alguma serventia. Muitas vezes isso acarreta na criação de condições perigosas para a saúde ou mesmo para a vida dos seres humanos, além de perdas ao patrimônio e ao meio ambiente. Por conta disso a atuação multidisciplinar da Engenharia de Segurança do Trabalho, da Engenharia de Segurança Ambiental, da Segurança Pública, da Segurança do Lar e do Lazer, e da Medicina Ocupacional é fundamental para a manutenção do bem estar social.

Porém isto não é uma tarefa fácil sendo que a redução de acidentes representa um grande desafio que exige estudo permanente, desenvolvimento de novas tecnologias e constante reavaliação de padrões e normas técnicas. “Muito trabalho físico e mental e grandes somas de recursos têm sido aplicados em prevenção, mas os acidentes continuam ocorrendo, desafiando permanentemente todos esses esforços” (CARDELLA, 2008).

Além do risco de ocorrência de saúde ou perturbação funcional com perda para a capacidade para o trabalho, as más condições ambientais, em lugares como uma instituição de ensino, podem acarretar na baixa eficiência para o aprendizado dos alunos. Tratando-se de uma instituição de ensino pública, essa baixa eficiência representa um ônus para toda a sociedade, uma vez que é esta que, através dos impostos, financia este tipo de instituição.

Dessa forma, apesar de não parecer que ambientes como salas de aula, bibliotecas, refeitório, auditório, entre outros ambientes existentes numa instituição de ensino, possam acarretar grandes riscos ocupacionais à saúde das pessoas, de uma certa forma, a negligência com a higiene do trabalho nestes ambientes pode representar, mesmo que de forma indireta, um ônus à sociedade, nos termos colocados no parágrafo anterior. É nesse contexto que o presente trabalho tem como objetivo avaliar os riscos ocupacionais na UTFPR, uma instituição pública de ensino no estado do Paraná.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar os níveis de ruído, temperatura e iluminância no bloco onde está localizada a biblioteca e o refeitório do campus Curitiba, sede Ecoville, da UTFPR.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são verificar se na biblioteca, auditório, espaço da xerox, salas de aula, refeitório, almoxarifado, copa e administração, todos esses ambientes localizados no mesmo bloco do campus Curitiba, sede Ecoville, da UTFPR, há o atendimento às condições exigidas na seguinte legislação:

- Anexo I da Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata dos limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente;
- NBR 10152, que fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.
- NBR ISO/CIE 8995-1, que trata da iluminação em ambientes de trabalho;
- Anexo III da Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata dos limites de tolerância para exposição ao calor;
- Item 17.5 da Norma Regulamentadora nº 17 do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata das condições ambientais de trabalho.

Uma vez verificado o desacordo com a legislação supramencionada pretende-se realizar recomendações pertinentes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Nas últimas três décadas do século XX houve no Brasil um acidente de trabalho fatal a cada duas horas e meia (MATTOS & MÁSCULO, 2011). Este número por si só já é preocupante, e isso se torna pior ao se considerar também a quantidade de acidentes não fatais mas que causam sofrimento para o trabalhador e sua família, além dos impactos

socioambientais, econômicos e políticos para toda a sociedade decorrentes de acidentes no ambiente de trabalho.

Nos ambientes tradicionais de uma instituição de ensino, como biblioteca, salas de aula, refeitório, auditório, entre outros, não é de se esperar que possam ocorrer acidentes de trabalho muito graves, no entanto, mesmo que menos graves, acidentes podem ocorrer, além de que condições inadequadas de conforto ambiental podem acarretar na baixa produtividade para o corpo docente, discente (em sua capacidade de aprendizado) e para os funcionários em geral. Tratando-se de uma instituição de ensino pública, essa baixa produtividade se torna mais grave, uma vez que é a sociedade como um todo que, através dos impostos, financia esse tipo de instituição.

Dessa forma, o presente trabalho se justifica não só para prevenir acidentes e doenças ocupacionais, motivo por si só já relevante, mas também para melhorar a eficiência de uma instituição que é financiada por toda a sociedade.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme grande parte dos autores que escrevem sobre o assunto, há cinco grupos de riscos ambientais, a saber, riscos físicos, riscos químicos, riscos biológicos, riscos de acidentes e riscos ergonômicos.

Numa breve descrição, os riscos físicos são aqueles consequentes de agentes como o ruído, vibração, temperaturas extremas (altas e baixas), pressões anormais, radiações ionizantes e não ionizantes. Os riscos químicos são aqueles consequentes de agentes como névoas, neblinas, fumos, poeiras, gases e vapores. Os riscos biológicos são aqueles consequentes de organismos vivos como bactérias, fungos, helmintos, protozoários, vírus, entre outros. Os riscos de acidentes são aqueles consequentes da presença de equipamentos que comportam oportunidades de dano, tais como arestas cortantes, partes móveis, motores desprotegidos, fiação exposta, entre muitos outros. Os riscos ergonômicos são aqueles consequentes da interação do ser humano com artefatos, os riscos ocorrem devido a questões como inadequação antropométrica, posturas viciosas, condição de conforto oferecida pela vestimenta e calçados, entre outros fatores.

Como neste trabalho foi avaliado os riscos decorrentes de três agentes físicos (ruído, temperatura e iluminância), nas páginas seguintes será apresentada uma descrição mais detalhada destes três agentes físicos.

### 2.2 RUÍDO

#### 2.2.1 Definindo som e ruído

O som é consequência de uma vibração que provoca uma onda de pressão no meio em que se insere (MATTOS & MÁSCULO, 2011). Para se entender esse fenômeno considere um recipiente com moléculas em repouso (Figura 1, à esquerda), nesta situação pode-se considerar que tudo está calmo, ou mesmo, silencioso. No entanto, havendo uma perturbação desse recipiente (por exemplo, agitando-se o recipiente), as moléculas irão se chocar até ficarem em movimento browniano. Essa movimentação das moléculas fará com que elas se choquem com as paredes do recipiente criando uma pressão de dentro para fora. Se as paredes do recipiente forem retiradas, o que sobra é uma região com pressões diferenciadas na atmosfera chamada de pressão sonora (MATTOS & MÁSCULO, 2011). Na Figura 1 observa-se o que foi descrito.

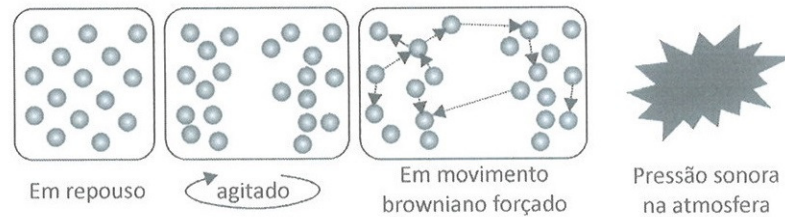


Figura 1: Moléculas em repouso e em movimento browniano forçado.

Fonte: MATTOS & MÁSCULO, 2011.

Dessa forma, pode-se definir o som como uma “energia vibratória que se propaga apenas em meio elástico (gasoso, líquido ou sólido), através de ondas que comprimem e descomprimem as moléculas” (FANTINI NETO, 2013).

Uma vez entendido o que é o som é possível entender o que é o ruído. Alguns autores, cite-se como exemplos Vieira (2008) e Mattos (2011), definem o ruído como um som indesejável. Outros autores, como Iida (2005) e Grandjean (1998), considerando que o que é desejável ou indesejável é subjetivo, procuram oferecer outras definições para o que se entende por ruído, por exemplo, Iida (2005) define o ruído como um estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução. Note, porém, que esta última definição não fugiu muito da ideia inicial de som como ruído indesejável.

Assim, para se compreender o que se entende por ruído, é preciso começar a definir melhor o que seria esse som indesejado. O aparelho auditivo consegue distinguir frequências entre 20 e 20.000 Hz, sendo que a voz humana se situa entre 100 e 8.000 Hz, e uma conversa normal entre duas pessoas acontece entre 400 e 4.000 Hz. Abaixo dos 20 Hz tem-se os infrassons e acima dos 20.000 Hz os ultrassons, sendo que estes podem provocar efeitos indesejáveis no ser humano, como dor de cabeça, enjoos, vômitos, entre outros.

Porém, mesmo os sons na faixa de audibilidade podem causar danos ao ser humano, sendo os efeitos mais comuns o estresse auditivo e a surdez. Através de procedimentos experimentais pode-se conhecer a intensidade sonora e o tempo de exposição que provocarão prejuízos à saúde humana, obtendo-se, dessa forma, uma maneira quantitativa para se determinar o que seria o som indesejável e, portanto, conforme a definição dada acima, o ruído. A Figura 2 ilustra os limites de audibilidade do ser humano.

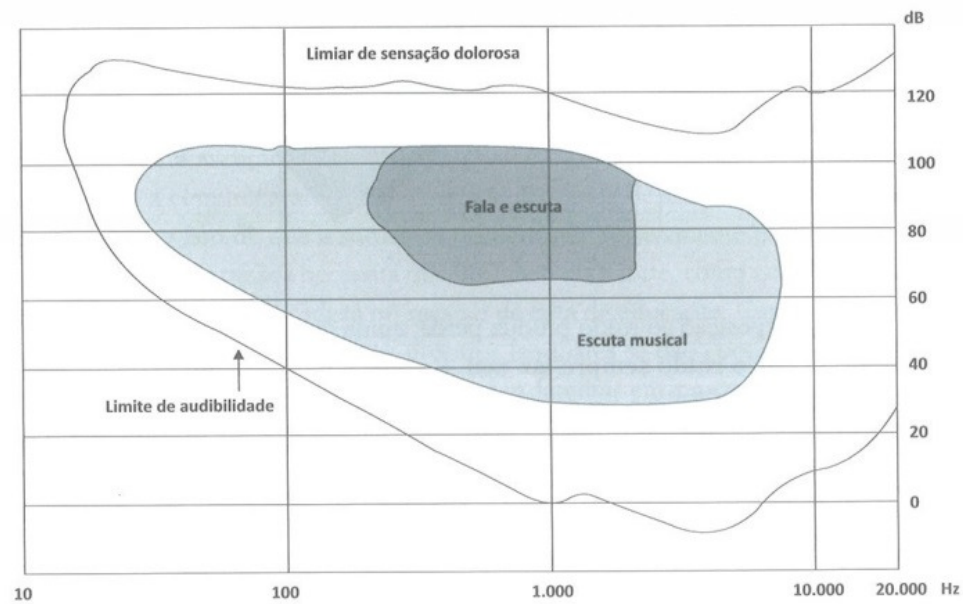


Figura 2: Limiares de audibilidade.

Fonte: MATTOS & MÁSCULO, 2011.

O ruído pode ser classificado em três formas distintas (FANTINI NETO, 2013), quais sejam:

- Ruído Contínuo: não sofre interrupções com o tempo;
- Ruído Intermitente: sofre interrupções de, no máximo, um segundo;
- Ruído de Impacto: sofre interrupções maiores que um segundo, com picos de energia de duração inferior a um segundo.

### 2.2.2 Quantificando o ruído

A intensidade sonora ( $I$ ) é a potência da energia de vibração sonora que atinge uma determinada superfície (FANTINI NETO, 2013).

Da relação entre a intensidade sonora real ( $I$ ) e uma intensidade de referência ( $I_0$ ), determinada como sendo a intensidade sonora mínima captável pelo ouvido humano,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ , obtém-se o nível de intensidade sonora (NIS), descrito pela Equação 1.

$$\text{NIS} = 10 \log (I/I_0) \quad (\text{decibel - dB}) \quad (\text{Eq. 01})$$

Da relação entre a pressão real que a energia de vibração sonora exerce no ouvido humano ( $p$ ) com uma pressão de referência ( $p_0$ ), determinada como sendo a mínima perceptível pelo ouvido humano,  $p_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$ , em 1.000 Hz), obtém-se o nível de pressão sonora (NPS), descrito pela Equação 2.

$$\text{NPS} = 20 \log (p/p_0) \quad (\text{decibel - dB}) \quad (\text{Eq. 02})$$

Com essas equações é possível mensurar se um determinado estímulo auditivo está de acordo com os limites de tolerância estabelecidos pelo anexo I da NR-15. A Tabela 1 a seguir apresenta os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente da norma citada.

Tabela 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40
94	2 horas e 15
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: anexo I da Norma Regulamentadora 15 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Para os fins de aplicação de limites de tolerância, a NR-15 entende ruído contínuo ou intermitente como o ruído que não seja ruído de impacto. Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (*slow*). Ademais, conforme determina a NR 15, as leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

De acordo com a NR-15, se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados de acordo com a soma seguinte:

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + C_3/T_3 + \dots + C_n/T_n \quad (\text{Eq. 03})$$

sendo  $C_n$  o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, e  $T_n$  a máxima exposição diária permissível para este nível de ruído, conforme a Tabela 1 acima. Se a soma exceder a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância.

Ademais, não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.

Já foi verificado que atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente. É por isso que a NR-9 estabelece um valor (Nível de Ação - NA) acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico. Para o ruído, o NA corresponde à dose de 0,5 (dose superior a 50%), calculada conforme exposto acima.

As considerações acima se referem ao ruído contínuo ou intermitente. No que se refere aos limites de tolerância para ruídos de impacto, deve-se obedecer o que estabelece o anexo II da NR-15. O referido anexo estabelece que:

“1. Entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

2. Os níveis de impacto deverão ser avaliados em decibéis (dB), com medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto. As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (linear). Nos intervalos entre os picos, o ruído existente deverá ser avaliado como ruído contínuo.

3. Em caso de não se dispor de medidor do nível de pressão sonora com circuito de resposta para impacto, será válida a leitura feita no circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação "C". Neste caso, o limite de tolerância será de 120 dB(C).

4. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores, sem proteção adequada, a níveis de ruído de impacto superiores a 140 dB(LINEAR), medidos no circuito de

resposta para impacto, ou superiores a 130 dB(C), medidos no circuito de resposta rápida (FAST), oferecerão risco grave e iminente”.

## 2.3 ILUMINÂNCIA

### 2.3.1 Entendendo o que é a luz

A luz consiste numa radiação eletromagnética com uma gama de comprimentos de ondas situada entre as radiações infravermelhas e as radiações ultravioletas. Trata-se de uma região do espectro magnético sensível ao olho humano. Na Figura 3 é possível observar a distribuição do espectro eletromagnético e as diferentes aplicações da radiação de acordo com os diferentes comprimentos de onda.

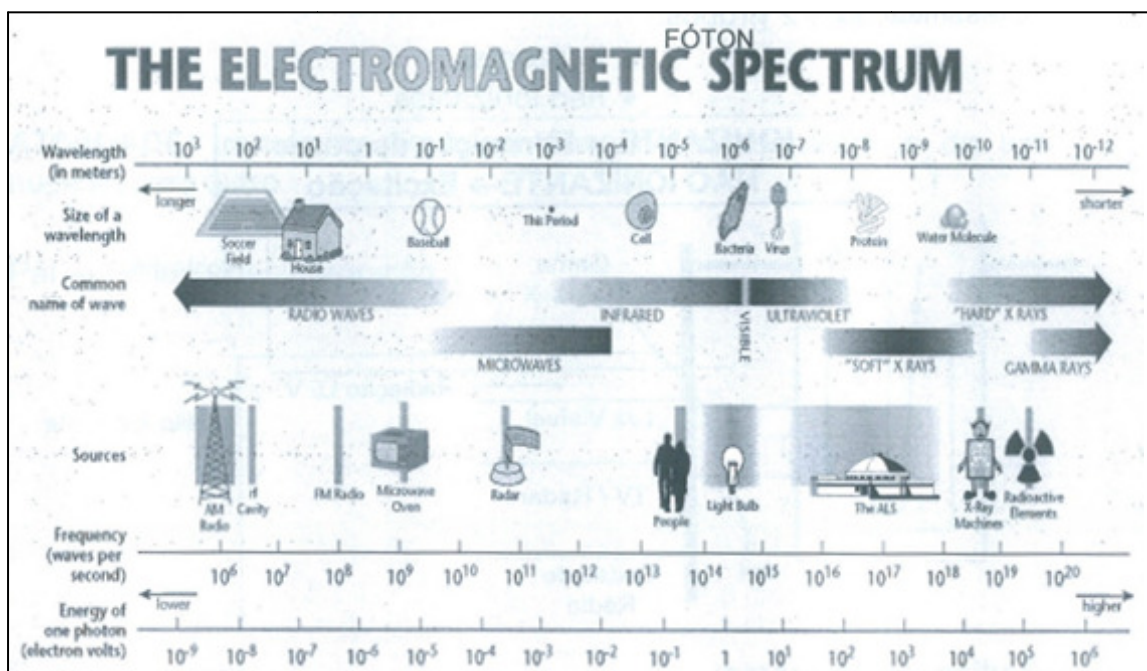


Figura 3: Espectro eletromagnético.

Fonte: ANDREUCCI, 2013.

A luz pode ser proveniente de diversas fontes por consequência dos fenômenos da *incandescência* e da *luminescência*, sendo que este último fenômeno também pode ser chamado de *fluorescência*, *quimiluminescência*, *bioluminescência* e *triboluminescência*, de acordo com o que causou a *luminescência*.

A *incandescência* consiste no processo de emissão de radiação eletromagnética por um corpo sob alta temperatura. Tipicamente, são necessárias temperaturas que excedam a 1000°C. O maior exemplo de objeto incandescente é o Sol. A *luminescência* consiste na emissão de luz por uma substância quando submetida a algum tipo de estímulo como uma reação química, radiação ionizante, a própria luz, solicitação mecânica, entre outros estímulos. Chama-se de *fluorescência* a capacidade de uma substância de emitir luz quando exposta a radiações do tipo ultravioleta, raios catódicos ou raios X. Chama-se de *quimiluminescência* quando esse estímulo proveio de uma reação química. Se essa reação química que produziu a luz provém de um organismo vivo dá-se o nome de *bioluminescência*, cite-se, como exemplos, os vagalumes e alguns organismos marinhos. Dá-se o nome de *triboluminescência* quando certos materiais emitem luz quando mecanicamente solicitados, seja por pressão ou extensão súbita. Tem-se como exemplo desse tipo de material o açúcar, o ácido tartárico, o diamante, entre outros.

Por fim, resta fazer a diferenciação entre luz natural e luz artificial. A luz natural consiste em energia eletromagnética gerada por uma fonte natural como, por exemplo, o Sol. A luz artificial usa fontes de energia criadas pelo homem, sendo a energia elétrica a principal dessas fontes de energia. Cite-se como exemplos de luz artificial a luz gerada pelas lâmpadas incandescentes e as lâmpadas fluorescentes.

### 2.3.2 Quantidades e unidades para mensuração da luz

Para de medir a luz são utilizadas as seguintes quantidades e unidades (MATTOS & MÁSCULO, 2011):

- brilho, medida em  $\text{watts/cm}^2$ ;
- iluminância ou iluminação (Unidade SI: lux);
- fluxo luminoso (Unidade SI: lúmen);
- intensidade luminosa (Unidade SI: candela).

### 2.3.3 Iluminação de ambientes de trabalho

Em 21 de março de 2013 foi publicada a NBR ISO/CIE 8995-1, substituindo e cancelando a NBR 5413 e a NBR 5382. A NBR ISO/CIE 8995-1 foi baseada na norma internacional ISO 8995-1 (*Lighting of indoor work places*), e especifica requisitos para que as

peessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança, abordando aspectos quantitativos e qualitativos da iluminação de interiores.

Segundo a NBR ISO/CIE 8995-1, uma boa iluminação para ambientes de trabalho visa assegurar:

- conforto visual, dando aos trabalhadores uma sensação de bem-estar;
- desempenho visual, ficando os trabalhadores capacitados a realizar suas tarefas visuais, rápida e precisamente, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos;
- segurança visual, ao olhar ao redor e detectar perigos.

Para a satisfação desses critérios é preciso dar atenção a parâmetros como a distribuição da luminância, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural, manutenção, entre outros.

Na seção 5 da NBR ISO/CIE 8995-1 é fornecida uma tabela com os valores para os parâmetros iluminância e ofuscamento para diversos ambientes de trabalho. Para se entender essa tabela é preciso conhecer primeiro as seguintes definições, conforme a seção 3 da NBR ISO/CIE 8995-1:

- **iluminância mantida ( $\bar{E}_m$ )**: valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida;
- **índice de ofuscamento unificado (UGR)**: definição da CIE para o nível de desconforto por ofuscamento;
- **índice limite de ofuscamento unificado ( $UGR_L$ )**: valor máximo permitido do nível de ofuscamento unificado de projeto para uma instalação de iluminação.

É importante ressaltar que a iluminância mantida ( $\bar{E}_m$ ) é estabelecida independentemente da idade dos usuários do ambiente ou das condições de instalação do ambiente. Ademais, a iluminância deverá ser aumentada quando:

- baixos contrastes fora do normal estão presentes na tarefa;
- o trabalho visual é crítico;
- a correção dos erros é onerosa;
- é da maior importância a exatidão ou a alta produtividade;
- a capacidade de visão dos trabalhadores está abaixo do normal.

A iluminância mantida ( $\bar{E}_m$ ) poderá ser reduzida quando:

- os detalhes são de um tamanho extraordinariamente grande ou de alto contraste;
- a tarefa é realizada por um tempo excepcionalmente curto.



A seguir transcrevo parte da tabela contida na seção 5 da NBR ISO/CIE 8995-1, destacando apenas os ambientes mais relacionados com o local de estudo deste trabalho que foi uma instituição de ensino.

Tabela 2 - Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

<b>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</b>	<b>Em lux</b>	<b>UGR<sub>L</sub></b>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>Observações</b>
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	$T_{cp}$ no mínimo 4000K.
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux, se forem continuamente ocupadas.
<b>22. Escritórios</b>				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	

Arquivos	200	25	80	
<b>25. Locais de entretenimento</b>				
Teatros e salas de concerto	200	22	80	
Salas com multiuso	300	22	80	
Salas de ensaio, camarins	300	22	80	É necessário que a iluminação do espelho seja isenta de ofuscamento para a maquiagem.
Museus (em geral)	300	19	80	Iluminação adequada para atender aos requisitos de exibição, proteção contra os efeitos de radiação.
<b>26. Bibliotecas</b>				
Estantes	200	19	80	
Área de leitura	500	19	80	
Bibliotecárias	500	19	80	
<b>28. Construções educacionais</b>				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	$T_{cp} > 5000k$ .
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Laboratório Linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Sala dos professores	300	22	80	

Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58 - 1983 e CIE 62 - 1984
--	-----	----	----	--

Fonte: seção 5 da NBR ISO/CIE 8995-1.

## 2.4 CONFORTO TÉRMICO

O homem, como um animal homeotérmico, necessita manter constante a temperatura interna de seu corpo na faixa dos 37°C, podendo essa temperatura variar entre 36,1°C e 37,2°C, sendo que os valores de 32°C e 42°C são considerados os limites extremos para a sobrevivência humana (BARBOSA FILHO, 2008).

Diante dessa necessidade de controle da temperatura interna do corpo, o homem pode ser considerado uma máquina térmica complexa. A eficiência do metabolismo interno envolvido nesse processo vai depender da necessidade de reposições energéticas, de água e sais, além das condições externas de temperatura, umidade e ventilação. Por fim, as vestimentas bem como as exigências físicas impostas pela atividade realizada pelo homem também influenciam nesse processo.

Há estudos mostrando (MATTOS & MÁSCULO, 2011) queda de rendimento das pessoas que exercem atividades com baixo conforto térmico, podendo mesmo ser acometidas de doenças como hipertermia, desidratação, tontura, doenças da pele, distúrbios psiconeuróticos, catarata, hipotermia, pé de trincheira, ulcerações, doenças reumáticas e respiratórias, entre outras, e, em casos mais extremos, a falta de conforto térmico pode provocar a morte do indivíduo.

Para obtermos parâmetros para se determinar o que seriam boas condições externas de conforto térmico precisamos primeiro entender o que é o calor.

### 2.4.1 Calor

O calor pode ser entendido como energia em trânsito provocada por diferença de temperatura (INCROPERA & WITT, 1985), sendo que a transferência de calor se dá sempre da região mais quente para a região mais fria numa quantidade proporcional à diferença de temperatura e à área através da qual ocorre o fluxo térmico. Já a temperatura é entendida como uma indicação do nível de agitação molecular ou de energia térmica de um sistema.

Uma vez o homem exposto a uma ou mais fontes de calor poderão ocorrer as seguintes trocas térmicas entre ele e o ambiente (SALIBA, 2004):

- **Condução:** é a transmissão de calor através dos corpos sólidos. O processo de condução entre o homem e o ambiente ocorre através do contato entre a pele e as vestimentas, do contato do pé com o solo e do contato de alguma parte do corpo com algum equipamento ou superfície (MATTOS & MÁSCULO, 2011);
- **Convecção:** é a transmissão de calor entre um sólido e um líquido. O processo de convecção entre o homem e o ambiente ocorre através do contato entre a pele e as mucosas do aparelho respiratório do homem com o ar;
- **Radiação:** é a transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas, não dependendo de um meio material como nos dois processos anteriores. O processo de convecção entre o homem e o ambiente pode ocorrer através do Sol, quando o homem está sob certos tipos de telhados, próximo a um forno ou a uma parede ensolarada etc.;
- **Evaporação:** é a transmissão de calor entre uma superfície molhada com água em presença de ar não saturado. A superfície perde calor para que as moléculas de água mudem de fase;
- **Metabolismo:** é o conjunto de transformações que as substâncias químicas sofrem no interior dos organismos vivos. Nesse processo pode haver a produção de calor, variando com a atividade realizada.

#### 2.4.2 Algumas definições que servem de parâmetros para o conforto térmico

O anexo III da N-15 e o item 17.5 da NR-17 estabelecem os parâmetros para os limites de tolerância para exposição ao calor e para as condições ambientais de trabalho. Para se entender essas normas é preciso antes conhecer algumas definições.

- *temperatura de bulbo seco:* “é definida como sendo a temperatura do ar, que pode ser medida com um termômetro comum sem qualquer acessório, denominado *termômetro de bulbo seco*. Esse equipamento pode ser um termômetro de coluna de mercúrio ou eletrônico exposto ao ar. Os sensores devem ser protegidos da radiação térmica para evitar erros nos resultados” (MATTOS & MÁSCULO, 2011);
- *temperatura de bulbo úmido:* “é a temperatura obtida em um termômetro comum ou eletrônico, cujo bulbo ou sensor é envolvido com uma mecha de algodão umedecida com água destilada ou filtrada. Nas medições estáticas, pode-se usar gaze comum

com uma extremidade envolta no bulbo e a outra em um reservatório contendo um daqueles líquidos. Estando a superfície do tecido saturada, e o ar não saturado, verifica-se, então, evaporação da água do tecido para o ar à custa de calor cedido pelo tecido; e estes, tendo perdido calor, ficam com temperatura mais baixa, indicada nas respectivas escalas. Quanto mais seco o ar, mais baixa será a temperatura de bulbo úmido em relação à de bulbo seco. A Norma NR-15 a denomina temperatura de bulbo úmido natural” (MATTOS & MÁSCULO, 2011);

- *temperatura efetiva*: “é a temperatura do ar com umidade relativa igual a 100% e velocidade nula, que oferece uma sensação de conforto térmico igual àquela oferecida pela combinação das variáveis: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e velocidade do ar no ambiente real” (MATTOS & MÁSCULO, 2011).

Diante dessas definições é possível entender como se dá a relação entre a sensação térmica, a temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco e a velocidade do ar. A figura abaixo mostra a temperatura efetiva em função da velocidade e das temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco do ar.

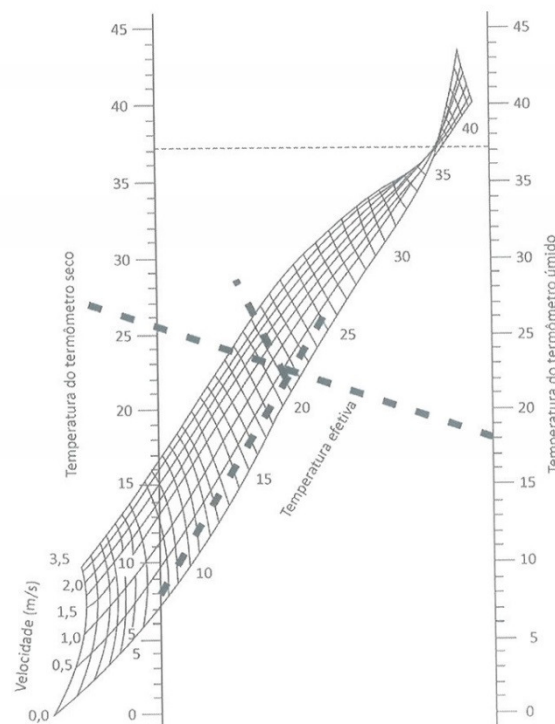


Figura 4: Temperatura efetiva.

Fonte: MATTOS & MÁSCULO, 2011.

Com os valores da temperatura de bulbo úmido e de bulbo seco traça-se um segmento de reta ligando esses dois valores. A seguir, procura-se a curva de velocidade do ar. A interseção desta curva com o referido segmento de reta determina um ponto pertencente à

curva que representa a temperatura efetiva. Qualquer ponto sobre esta curva representa a mesma sensação térmica, e isso acontece mesmo que as temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco e a velocidade do ar possam ser diferentes. Tomando o exemplo que está na figura acima note-se que se obteve o mesmo valor de 20°C para a temperatura efetiva em duas situações diferentes. Numa das situações tem-se os valores de 25,0°C e 17,5°C para as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, com velocidade do ar com o valor de 0,5m/s. Na outra situação tem-se os valores de 28°C e 14°C para as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, com velocidade do ar com o valor de 1,0m/s. Assim, note que a sensação térmica é uma função que depende de várias variáveis.

#### 2.4.3 Limites de tolerância para exposição ao calor e condições de conforto

No anexo III da NR-15 é descrito o procedimento para se calcular os limites de tolerância pra exposição ao calor em duas situações diferentes, a primeira, em regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho, e a segunda, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local.

A exposição ao calor deverá ser avaliada através do que a referida norma denomina de “Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo” (IBUTG), que é calculado através das seguintes equações:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad (\text{Eq. 4})$$

para ambientes internos ou externos sem carga solar, e

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad (\text{Eq. 5})$$

para ambientes externos com carga solar, sendo:

- tbn = temperatura de bulbo úmido;
- tg = temperatura de globo;
- tbs= temperatura de bulbo seco.

No caso do trabalho ser realizado em regime de trabalho intermitente com período de descanso no próprio local de serviço, os limites de tolerância para exposição ao calor serão definidos de acordo com Quadro 1.

<b>REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)</b>	<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>		
	<b>LEVE</b>	<b>MODERADA</b>	<b>PESADA</b>
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	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

Quadro 1: Limites de Tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.

Fonte: Anexo III, NR-15.

A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada), deve ser feita consultando-se o Quadro 3 (vide abaixo). Para todos os efeitos legais, os períodos de descanso devem ser considerados como tempo de serviço.

No caso do trabalho ser realizado em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local, os limites de tolerância para exposição ao calor serão definidos de acordo com Quadro 2.

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

Quadro 2: Limites de Tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local.

Fonte: Anexo III, NR-15.

No Quadro 2 acima M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada conforme a Equação 6:

$$M = [(M_t \times T_t) + (M_d \times T_d)] / 60 \quad (\text{Eq. 6})$$

sendo:

- $M_t$ : taxa de metabolismo no local de trabalho;
- $T_t$ : soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho;
- $M_d$ : taxa de metabolismo no local de descanso;
- $T_d$  - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

Para o cálculo, as taxas de metabolismo  $M_t$  e  $M_d$  serão obtidas consultando-se o Quadro 3 (vide abaixo). Novamente, para todos os efeitos legais, os períodos de descanso devem ser considerados como tempo de serviço. Calcula-se então o valor IBUTG médio ponderado para uma hora ( $\overline{\text{IBUTG}}$ ) através da Equação 7:

$$\text{IBUTG} = [(\text{IBUTG}_t \times T_t) + (\text{IBUTG}_d \times T_d)] / 60 \quad (\text{Eq. 7})$$

sendo:

- $\text{IBUTG}_t$  = valor do IBUTG no local de trabalho;
- $\text{IBUTG}_d$  = valor do IBUTG no local de descanso;
- $T_t$  e  $T_d$  = como anteriormente definidos.

Os tempos  $T_t$  e  $T_d$  devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo  $T_t + T_d = 60$  minutos corridos.

A seguir o Quadro 3 com as taxas de metabolismo de acordo com o tipo de atividade. O Quadro 3 serve de referência para o uso tanto do Quadro 1 como do Quadro 2 acima expostos.



<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>Kcal/h</b>
<b>SENTADO EM REPOUSO</b>	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
<b>TRABALHO MODERADO</b>	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
<b>TRABALHO PESADO</b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	555

Quadro 3: Taxas de metabolismo de acordo com o tipo de atividade.

Fonte: Anexo III, NR-15.

O item 17.5 de NR-17 que, para locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, é recomendado, como condição de conforto, que o índice de temperatura efetiva esteja entre 20°C e 23°C.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 PLANEJAMENTO GERAL

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso no qual foram tomados como parâmetros de estudo e avaliação os agentes físicos ruído, iluminação e exposição ao calor. O local escolhido para a realização desse estudo de caso foi um dos blocos existentes no campus Curitiba, sede Ecoville, da UTFPR.

Para a execução desse objetivo primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, monografias, artigos científicos, normas técnicas e em páginas da internet com o objetivo de se compreender os parâmetros físicos a serem avaliados bem como a forma de auferir seus valores.

Feito isso foi realizada a escolha do local de estudo. Foi escolhido o bloco onde está localizada a biblioteca do campus Curitiba, sede Ecoville, da UTFPR. Este bloco foi escolhido uma vez que reúne diversos ambientes comuns numa instituição de ensino. Os ambientes avaliados foram a biblioteca, o auditório, o espaço da xerox, as salas de aula, o refeitório, o almoxarifado, a copa e a administração.

As medidas foram realizadas no dia 01 de abril de 2014, sendo realizada uma seção de medidas no período da tarde e outra seção de medidas no início da noite para todos os ambientes listados acima.

#### 3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados para as medições foram os que se seguem:

- medição de ruído: decibelímetro, modelo DEC 5010, da Instrutherm;
- medição de iluminação: luxímetro da Instrutherm;
- medição de exposição ao calor: termômetro de globo, modelo TGD 400, da Instrutherm.

#### 3.3 MÉTODO DE MEDIDAS

Pela natureza dos ambientes avaliados verificou-se que não haveria necessidade de se realizar uma série de medidas ao longo do dia uma vez que, diferentemente de uma indústria, onde há equipamentos que são ligados e desligados ao longo do dia provocando diferentes

situações de condições sonoras, de exposição ao calor e mesmo de iluminação, nos ambientes avaliados neste trabalho, pela natureza das atividades desenvolvidas neles, pode-se considerar que as condições para os três parâmetros físicos avaliados permanecem constantes ao longo do dia. Alterações muito bruscas dessas condições seriam fruto de algum acontecimento excepcional e, na hipótese de situações excepcionais terem ocorrido durante as medidas, a inclusão desses valores na análise desses resultados implicariam numa distorção dos mesmos, uma vez que estes resultados não estariam representando uma situação típica. Dessa forma, foi decidido realizar apenas um conjunto de medições durante o dia e um segundo conjunto de medições durante a noite.

No caso das medições realizadas na biblioteca, auditório e salas de aula, os equipamentos foram colocados sobre as mesas de estudo ou carteiras. No caso das medições realizadas no espaço da xerox, almoxarifado, copa e administração, os equipamentos foram colocados nos respectivos postos de trabalho. No caso das medições realizadas no refeitório as medições foram realizadas sobre uma das mesas onde se realizam as refeições. No caso das salas de aula foi escolhida apenas uma sala para se realizar as medidas, uma vez que todas as salas de aula apresentavam as mesmas condições arquitetônicas e de instalações de luminárias.

Para a realização das medições de ruído o decibelímetro foi regulado para operar no circuito de resposta lenta, *slow*, e no circuito de compensação “A”. Para a realização das medições de exposição ao calor esperou-se sempre cinco minutos para estabilização do equipamento. Para a realização das medições de iluminância tomou-se os devidos cuidados para não projetar sombra sobre a fotocélula do aparelho. As medições foram feitas sempre com as cortinas abertas e todas as luzes acesas, isso tanto no período da tarde quanto no período da noite.

### 3.4 OS AMBIENTES AVALIADOS

A seguir são apresentados fotos e os respectivos *layouts* de cada ambiente avaliado. Os *layouts* são meramente ilustrativos, servindo apenas para se ter ideia da distribuição interna dos ambientes e do local de realização das medidas, não servindo como “planta baixa” dos ambientes. As medidas foram realizadas no ponto marcado em vermelho no *layout*.

- Biblioteca - mesa de estudo: Ambiente utilizado predominantemente por alunos com o objetivo de estudo. O mobiliário presente são mesas, cadeiras e computadores.

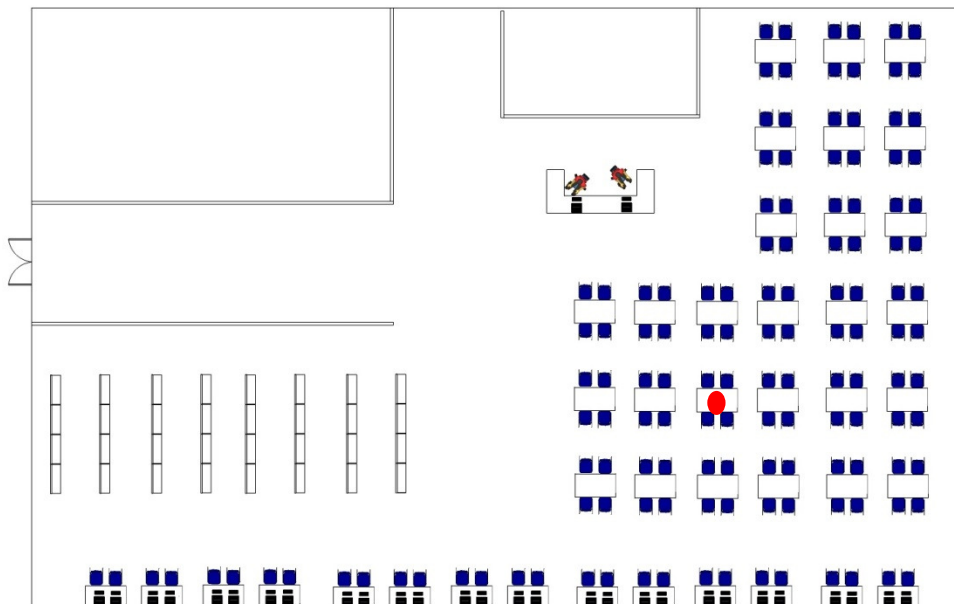
➤ Foto:



**Figura 5:** Foto da biblioteca - mesa de estudo.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 6:** *Layout* da biblioteca - mesa de estudo.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Biblioteca - estantes: Ambiente utilizado por alunos e professores com o objetivo de pesquisa bibliográfica. O mobiliário presente são estantes e livros.

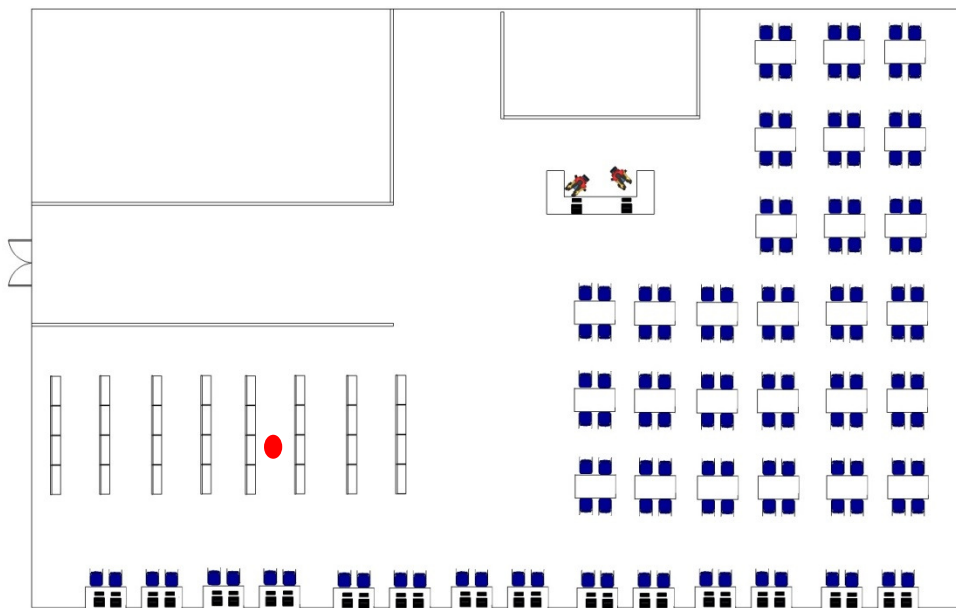
➤ Foto:



**Figura 7:** Foto da biblioteca - estantes.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 8:** *Layout* da biblioteca - estantes.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Biblioteca - posto de trabalho: Ambiente utilizado por funcionários para o trabalho de empréstimo de livros. O mobiliário presente consiste numa bancada, cadeiras, computadores, impressora e de utensílios de escritório como papel, lápis, caneta, entre outros.

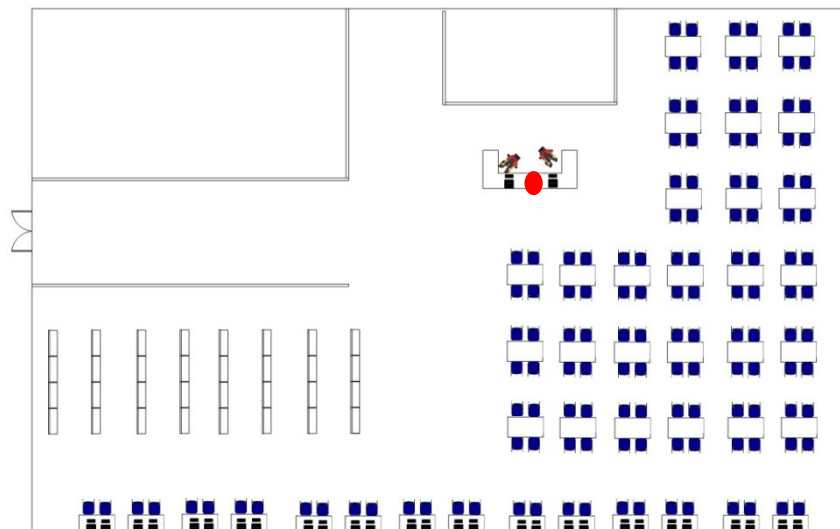
➤ Foto:



**Figura 9:** Foto da biblioteca - posto de trabalho.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 10:** *Layout* da biblioteca - posto de trabalho.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Auditório: Ambiente utilizado por alunos, professores e o público em geral com o objetivo de troca de conhecimentos. O mobiliário presente são cadeiras, três bandeiras, uma mesa, uma estante, quadro branco (lousa) e painel para retroprojeter.

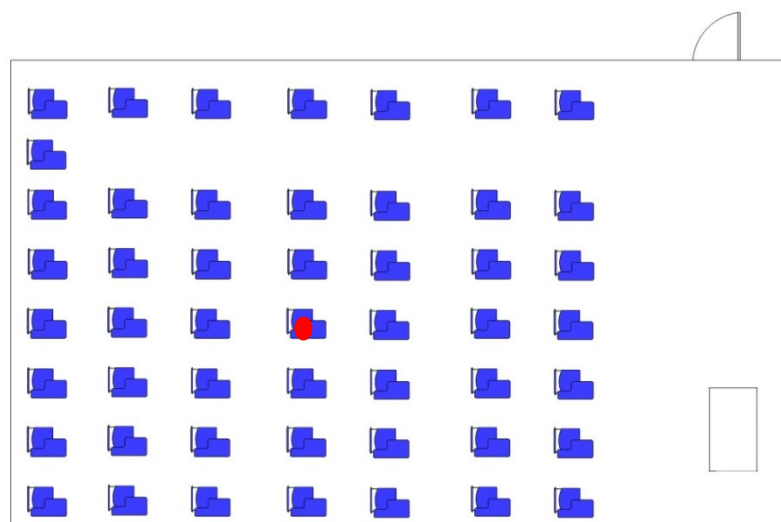
➤ Foto:



**Figura 11:** Foto do auditório.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 12:** *Layout* do auditório.

Fonte: Produzido pelo autor.



- Sala de aula: Ambiente utilizado por alunos e professores para o desenvolvimento de atividades didáticas. O mobiliário presente consiste em cadeiras, uma mesa e quadro branco (lousa).

➤ Foto:



**Figura 13:** Foto da sala de aula.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 14:** *Layout* da sala de aula.

Fonte: Produzido pelo autor.



- Almojarifado: Ambiente utilizado predominantemente por funcionários par armazenagem de produtos. O mobiliário presente consiste em mesas, cadeiras, computadores, impressoras e estantes.

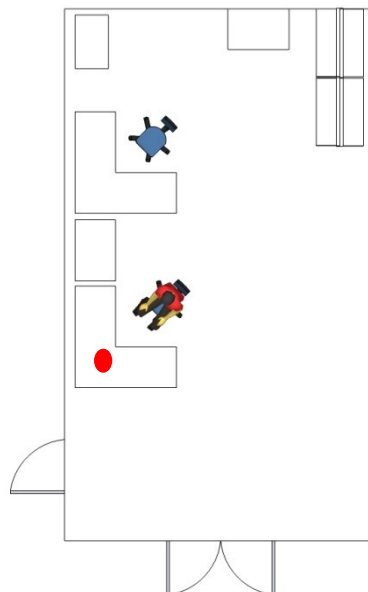
➤ Foto:



**Figura 15:** Foto do almojarifado.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 16:** *Layout* do almojarifado.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Espaço da xerox: Ambiente utilizado por funcionários para o serviço de xerografia e impressão. O mobiliário presente são mesas, cadeiras, computadores e equipamentos de xerografia.

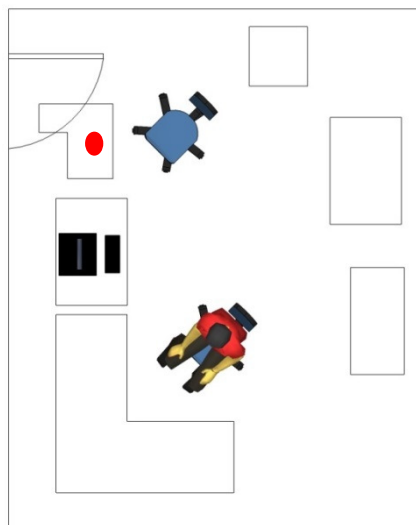
➤ Foto:



**Figura 17:** Foto do espaço da xerox.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 18:** *Layout* do espaço da xerox.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Sala da administração do bloco: Ambiente utilizado por funcionários para a execução de serviços administrativos. O mobiliário presente são mesas, cadeiras, computadores e estantes.

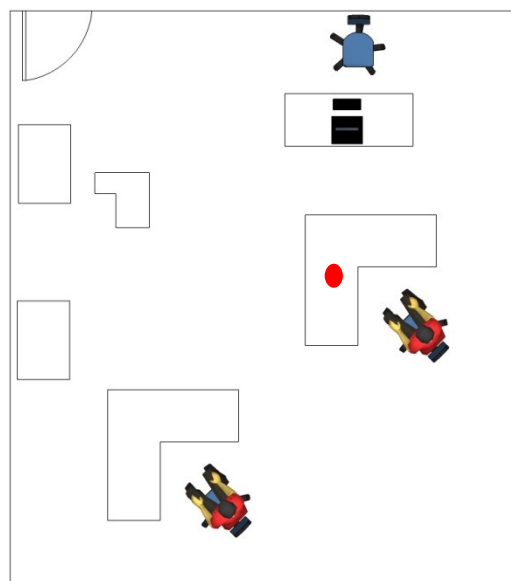
➤ Foto:



**Figura 19:** Foto da sala da administração do bloco.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 20:** *Layout* da sala da administração do bloco.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Copa: Ambiente utilizado por funcionários e professores para preparar e comer pequenas refeições. O mobiliário presente consiste numa bancada e eletrodomésticos e utensílios de cozinha.

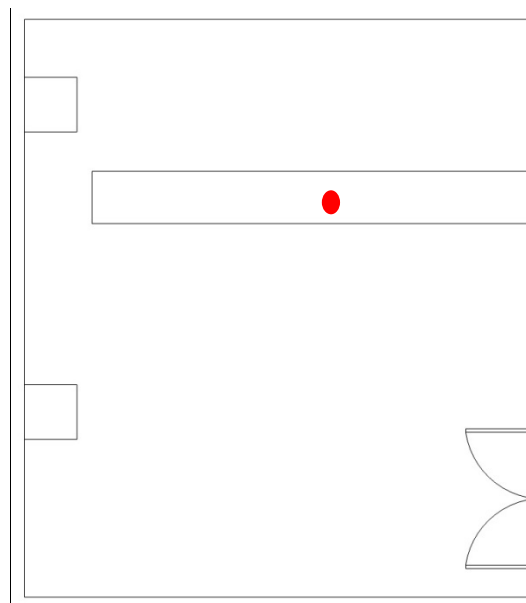
➤ Foto:



**Figura 21:** Foto da copa.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 22:** *Layout* da copa.

Fonte: Produzido pelo autor.

- Refeitório: Ambiente utilizado por funcionários, professores, alunos e o público em geral para realizar refeições. O mobiliário presente consiste em mesas, cadeiras, bancadas, eletrodomésticos e utensílios de cozinha, computador e caixa registradora.

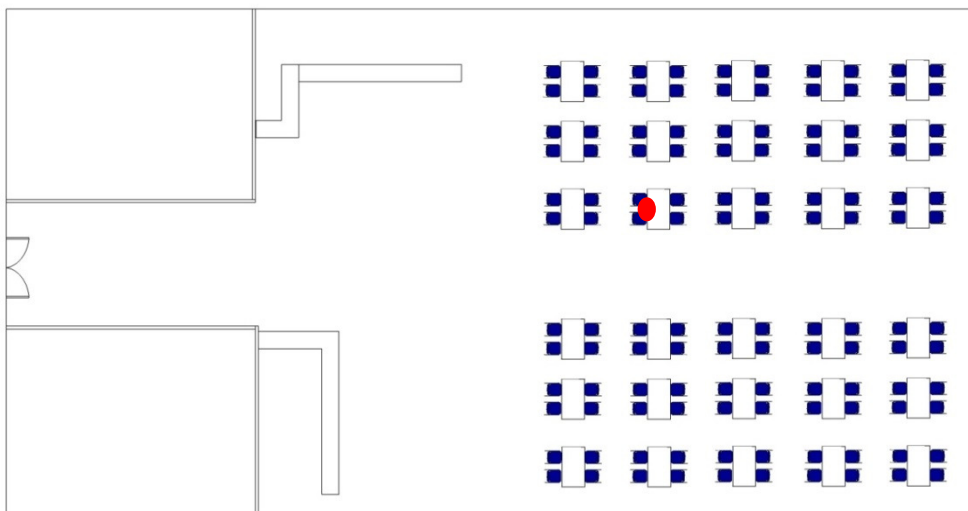
➤ Foto:



**Figura 23:** Foto do refeitório.

Fonte: Produzido pelo autor.

➤ *Layout:*



**Figura 24:** *Layout* do refeitório.

Fonte: Produzido pelo autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, os resultados e discussões obtidos com os levantamentos de dados em cada ambiente.

### 4.1 BIBLIOTECA - MESA DE ESTUDO

#### 4.1.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 44,6 dB(A) no período da tarde e 41,6 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (para o ambiente em estudo, a referida norma estabelece os valores de 35 a 45 dB(A) como faixa de conforto acústico).

#### 4.1.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 364 lux no período da tarde e de 279,5 lux no período da noite. Ambos os valores estão abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux. Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

#### 4.1.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 3 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (mesa de estudo).

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,2
Temperatura de bulbo seco:	25,0
Temperatura de globo:	25,5
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	23,9
Temperatura efetiva	23,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	22,9
Temperatura de bulbo seco:	24,3
Temperatura de globo:	24,2
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,3
Temperatura efetiva	22,5

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Os valores encontrados para a temperatura efetiva estiveram de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C).

## 4.2 BIBLIOTECA - ESTANTES

### 4.2.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 47,1 dB(A) no período da tarde e 43,5 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Apesar de no período da tarde o valor encontrado ter sido levemente maior que o valor de 45 dB(A) estabelecido pela NBR 10152 como limite de conforto acústico, considera-se que essa defasagem não seja nada preocupante devido à diferença ter sido mínima. No período da noite

o valor encontrado esteve de acordo com o limite de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152.

#### 4.2.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 379 lux no período da tarde e de 205 lux no período da noite. Ambos os valores estão de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 200 lux.

#### 4.2.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 4 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (estantes).

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,2
Temperatura de bulbo seco:	25,3
Temperatura de globo:	25,5
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	23,9
Temperatura efetiva	23,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	21,9
Temperatura de bulbo seco:	23,1
Temperatura de globo:	24,8
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	22,8
Temperatura efetiva	22,0

Fonte: Produzido pelo autor.



Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Os valores encontrados para a temperatura efetiva estiveram de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C).

#### 4.3 BIBLIOTECA - POSTO DE TRABALHO

##### 4.3.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 48,6 dB(A) no período da tarde e 49,1 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (por se tratar do posto de trabalho considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - salas de computadores”, a referida norma estabelece os valores de 45 a 65 dB(A) como faixa de conforto acústico para este ambiente).

##### 4.3.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 386 lux no período da tarde e de 215,2 lux no período da noite. Ambos os valores estão abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux. Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

##### 4.3.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 5 - Parâmetros de exposição ao calor - biblioteca (posto de trabalho).

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,3
Temperatura de bulbo seco:	25,6
Temperatura de globo:	25,6
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,0
Temperatura efetiva	23,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,1
Temperatura de bulbo seco:	24,4
Temperatura de globo:	24,6
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,6
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Os valores encontrados para a temperatura efetiva estiveram de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C).

#### 4.4 AUDITÓRIO

##### 4.4.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 42,8 dB(A) no período da tarde e 45,0 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (para o ambiente em estudo, a referida norma estabelece os valores de 35 a 45 dB(A) como faixa de conforto acústico).

#### 4.4.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 133, lux no período da tarde e de 104,3 lux no período da noite. Ambos os valores estão abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - salas de reunião e conferência”). Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

#### 4.4.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 6 - Parâmetros de exposição ao calor - auditório.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,2
Temperatura de bulbo seco:	25,1
Temperatura de globo:	25,5
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	23,9
Temperatura efetiva	23,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	22,8
Temperatura de bulbo seco:	23,8
Temperatura de globo:	24,1
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,2
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Os valores encontrados para a temperatura efetiva estiveram de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C).

## 4.5 SALA DE AULA

### 4.5.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 46,1 dB(A) no período da tarde e 40,4 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (para o ambiente em estudo, a referida norma estabelece os valores de 40 a 50 dB(A) como faixa de conforto acústico).

### 4.5.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 1260 lux no período da tarde e de 241 lux no período da noite. O valor encontrado para o período da tarde está de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 300 lux. O valor encontrado para o período da noite está abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux. Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

### 4.5.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 7 - Parâmetros de exposição ao calor - sala de aula.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,9
Temperatura de bulbo seco:	25,9
Temperatura de globo:	26,2
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,6
Temperatura efetiva	24,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	22,9
Temperatura de bulbo seco:	24,5
Temperatura de globo:	24,7
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,4
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. A temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou 1°C acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C). No entanto, os valores estabelecidos no item 17.5.2 da NR-17 tratam-se apenas de recomendações para se ter boas condições de conforto, não representando perigo de dano à saúde o seu não cumprimento. Como o valor encontrado ficou apenas um pouco acima do valor recomendado não é de se considerar algo muito preocupante, sendo que uma recomendação seria o uso de ventiladores. A temperatura efetiva encontrada no período da noite esteve de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

## 4.6 ALMOXARIFADO

### 4.6.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 44,5 dB(A) no período da tarde e 43,5 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - salas de gerência, salas de projetos e de administração”, a referida norma estabelece os valores de 35 a 45 dB(A) como faixa de conforto acústico para este ambiente).

### 4.6.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 423 lux no período da tarde e de 254 lux no período da noite. O valor encontrado para o período da tarde esta de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 300 lux (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - arquivamento, cópia, circulação etc.”). O valor encontrado para o período da noite está abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 300 lux. Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

### 4.6.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 8 - Parâmetros de exposição ao calor - almoçarifado.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,6
Temperatura de bulbo seco:	25,1
Temperatura de globo:	25,4
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,1
Temperatura efetiva	23,5
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	22,4
Temperatura de bulbo seco:	23,3
Temperatura de globo:	24,4
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,0
Temperatura efetiva	22,5

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. A temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou 0,5°C acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C). No entanto, os valores estabelecidos no item 17.5.2 da NR-17 tratam-se apenas de recomendações para se ter boas condições de conforto, não representando perigo de dano à saúde o seu não cumprimento. Como o valor encontrado ficou apenas um pouco acima do valor recomendado não é de se considerar algo muito preocupante, sendo que uma recomendação seria o uso de ventiladores. A temperatura efetiva encontrada no período da noite esteve de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

## 4.7 ESPAÇO DA XEROX

### 4.7.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 63,4 dB(A) no período da tarde e 48,4 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - salas de computadores”, a referida norma estabelece os valores de 45 a 65 dB(A) como faixa de conforto acústico para este ambiente).

### 4.7.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 515 lux no período da tarde e de 310 lux no período da noite. Ambos os valores estão de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 300 lux.

### 4.7.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.



Tabela 9 - Parâmetros de exposição ao calor - espaço da xerox.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,7
Temperatura de bulbo seco:	26,1
Temperatura de globo:	26
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,4
Temperatura efetiva	24,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,6
Temperatura de bulbo seco:	24,9
Temperatura de globo:	26,1
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	24,4
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. A temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou 1°C acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C). No entanto, os valores estabelecidos no item 17.5.2 da NR-17 tratam-se apenas de recomendações para se ter boas condições de conforto, não representando perigo de dano à saúde o seu não cumprimento. Como o valor encontrado ficou apenas um pouco acima do valor recomendado não é de se considerar algo muito preocupante, sendo que uma recomendação seria o uso de ventiladores. A temperatura efetiva encontrada no período da noite esteve de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

## 4.8 SALA DA ADMINISTRAÇÃO DO BLOCO

### 4.8.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 44,8 dB(A) no período da tarde e 40,3 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (para o ambiente em estudo, a referida norma estabelece os valores de 35 a 45 dB(A) como faixa de conforto acústico).

### 4.8.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 530 lux no período da tarde e de 302 lux no período da noite. O valor encontrado para o período da tarde esta de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “escritório - escrever, teclar, ler, processar dados”). O valor encontrado para o período da noite está abaixo do mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 500 lux. Para corrigir este problema a solução é aumentar o número e/ou a potência das luminárias.

### 4.8.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 10 - Parâmetros de exposição ao calor - sala da administração do bloco.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	24,1
Temperatura de bulbo seco:	26,8
Temperatura de globo:	26,5
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,8
Temperatura efetiva	24,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,2
Temperatura de bulbo seco:	24,6
Temperatura de globo:	26,1
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	24,1
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. A temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou 1°C acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C). No entanto, os valores estabelecidos no item 17.5.2 da NR-17 tratam-se apenas de recomendações para se ter boas condições de conforto, não representando perigo de dano à saúde o seu não cumprimento. Como o valor encontrado ficou apenas um pouco acima do valor recomendado não é de se considerar algo muito preocupante, sendo que uma recomendação seria o uso de ventiladores. A temperatura efetiva encontrada no período da noite esteve de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

## 4.9 COPA

### 4.9.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 45,3 dB(A) no período da tarde e 42,8 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “restaurantes”, a referida norma estabelece os valores de 40 a 50 dB(A) como faixa de conforto acústico para este ambiente).

### 4.9.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 598 lux no período da tarde e de 285 lux no período da noite. Ambos os valores estão de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 200 lux (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “áreas gerais da edificação - refeitório/cantinas”).

### 4.9.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 11 - Parâmetros de exposição ao calor - copa.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,5
Temperatura de bulbo seco:	24,7
Temperatura de globo:	25,2
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,0
Temperatura efetiva	23,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,1
Temperatura de bulbo seco:	24,3
Temperatura de globo:	25,2
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,7
Temperatura efetiva	22,5

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Os valores encontrados para a temperatura efetiva estiveram de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C).

#### 4.10 REFEITÓRIO

##### 4.10.1 Pressão sonora

Os níveis de pressão sonora encontrados foram 48,5 dB(A) no período da tarde e 47,2 dB(A) no período da noite. Os valores estão bem abaixo do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (considerando-se o limite de 85 dB(A) para 8 horas diárias de exposição). Também estão de acordo com as condições de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152 (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo

“restaurantes”, a referida norma estabelece os valores de 40 a 50 dB(A) como faixa de conforto acústico para este ambiente).

#### 4.10.2 Iluminância

O valor de iluminância encontrado neste ambiente foi de 316,8 lux no período da tarde e de 224 lux no período da noite. Ambos os valores estão de acordo com o mínimo exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 para este tipo de ambiente que é de 200 lux (considerou-se, para efeitos de comparação com a norma, como o ambiente sendo “áreas gerais da edificação - refeitório/cantinas”).

#### 4.10.3 Exposição ao calor

Em relação à exposição ao calor foram inicialmente definidos os parâmetros necessários para determinar o limite de tolerância do IBUTG, conforme o Anexo III da NR-15 (vide item 2.4). Em seguida foi calculado o valor do IBUTG. Por fim, foi calculado o valor da temperatura efetiva com o gráfico da Figura 4. Os resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 12 - Parâmetros de exposição ao calor - refeitório.

<b>Parâmetros do Anexo III da NR-15</b>	
Ambiente de trabalho:	Interno sem carga solar
Equação de IBUTG:	$IBUTG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g$
Regime de trabalho:	Contínuo
Tipo de Atividade:	Leve
Limite de Tolerância:	Até 30,0
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da tarde</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,7
Temperatura de bulbo seco:	25,4
Temperatura de globo:	25,2
<b>Valores calculados - período da tarde</b>	
IBUTG	24,2
Temperatura efetiva	23,5
<b>Valores obtidos experimentalmente - período da noite</b>	
Temperatura de bulbo úmido:	23,1
Temperatura de bulbo seco:	24,3
Temperatura de globo:	24,3
<b>Valores calculados - período da noite</b>	
IBUTG	23,5
Temperatura efetiva	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

Os valores encontrados para o IBUTG estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. A temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou 1°C acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17 (índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C). No entanto, os valores estabelecidos no item 17.5.2 da NR-17 tratam-se apenas de recomendações para se ter boas condições de conforto, não representando perigo de dano à saúde o seu não cumprimento. Como o valor encontrado ficou apenas um pouco acima do valor recomendado não é de se considerar algo muito preocupante, sendo que uma recomendação seria o uso de ventiladores. A temperatura efetiva encontrada no período da noite esteve de acordo com o que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

#### 4.11 RESUMO DOS RESULTADOS CONFORME O AGENTE FÍSICO ANALISADO

##### 4.11.1 Pressão sonora

A Tabela 13 mostra os resultados obtidos para as medidas de pressão sonora em todos os ambientes analisados, bem como os valores limites de conforto acústico estabelecidos pela NBR 10152.

Tabela 13 - Valores obtidos para as medidas de pressão sonora e os valores limites de conforto acústico estabelecido pela NBR 10152.

Ambiente	Pressão sonora		
	Período		Limite dB (A)
	Tarde dB (A)	Noite dB (A)	
Biblioteca - mesa de estudo	44,6	41,6	45
Biblioteca - estantes	47,1	43,5	45
Biblioteca - posto de trabalho	48,6	49,1	65
Auditório	42,8	45	45
Sala de aula	46,1	40,4	50
Almoxarifado	44,5	43,5	45
Espaço da xerox	63,4	48,4	65
Sala da administração do bloco	44,8	40,3	45
Copa	45,3	42,8	50
Refeitório	48,5	47,2	50

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.11.2 Iluminância

A Tabela 14 mostra os resultados obtidos para as medidas de iluminância em todos os ambientes analisados, bem como os valores limites de conforto estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1.



Tabela 14 - Valores obtidos para as medidas de iluminância e os limites de conforto estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1.

Ambiente	Iluminância			
	Período		Limite	
	Tarde lux	Noite lux	Tarde lux	Noite lux
Biblioteca - mesa de estudo	364	279,5	500	500
Biblioteca - estantes	379	205	200	200
Biblioteca - posto de trabalho	386	215,2	500	500
Auditório	133	104,3	500	500
Sala de aula	1260	241	300	500
Almoxarifado	423	254	300	300
Espaço da xerox	515	310	300	300
Sala da administração do bloco	530	302	500	500
Copa	598	285	200	200
Refeitório	316,8	224	200	200

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.11.3 Exposição ao calor

A Tabela 15 mostra os resultados obtidos para o IBUTG e a temperatura efetiva em todos os ambientes analisados, bem como os limites de tolerância do IBUTG estabelecido pelo Anexo III da NR-15.

Tabela 15 - Resultados obtidos para o IBUTG e a temperatura efetiva, e os limites de tolerância do IBUTG estabelecidos pelo Anexo III da NR-15.

Ambiente	IBUTG			Temperatura efetiva		
	Período		Limite °C	Período		Limite °C
	Tarde °C	Noite °C		Tarde °C	Noite °C	
Biblioteca - mesa de estudo	23,9	23,3	30,0	23,0	22,5	23,0
Biblioteca - estantes	23,9	22,8	30,0	23,0	22,0	23,0
Biblioteca - posto de trabalho	24,0	23,6	30,0	23,0	23,0	23,0
Auditório	23,9	22,8	30,0	23,0	23,0	23,0
Sala de aula	24,6	23,4	30,0	24,0	23,0	23,0
Almoxarifado	24,1	23,5	30,0	23,0	22,5	23,0
Espaço da xerox	24,4	24,4	30,0	24,0	23,0	23,0
Sala da administração do bloco	24,8	24,1	30,0	24,0	23,0	23,0
Copa	24,0	23,7	30,0	23,0	22,5	23,0
Refeitório	24,2	23,5	30,0	23,5	23,0	23,0

Fonte: Produzido pelo autor.

## 5 CONCLUSÕES

No que se refere ao parâmetro ambiental “pressão sonora” não foi encontrado nenhum problema nos ambientes analisados, sendo que os níveis de ruído ficaram abaixo do que é exigido pela NR-15 e abaixo do que é recomendado pela NBR 10152 como condição de conforto acústico.

No que se refere ao parâmetro ambiental iluminância, os valores obtidos em alguns ambientes não satisfizeram o exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1. Os ambientes em que isto ocorreu foram: mesa de estudo e posto de trabalho da biblioteca; o auditório; sala de aula; almoxarifado; sala da administração do bloco.

No que se refere ao parâmetro ambiental exposição ao calor os valores encontrados para o IBUTG, em todos os ambientes analisados, estiveram de acordo com o que exige o Anexo III da NR-15. Em alguns ambientes, quais sejam, sala de aula, almoxarifado, espaço da xerox, sala da administração do bloco e refeitório, a temperatura efetiva calculada para o período da tarde ficou levemente acima do que é recomendado no item 17.5.2 da NR-17.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se aumentar o número e/ou a potência das luminárias nos seguintes ambientes: mesa de estudo e posto de trabalho da biblioteca; o auditório; sala de aula; almoxarifado; sala da administração do bloco.

Recomenda-se aumentar o número e/ou a potência dos ventiladores nos seguintes ambientes: sala de aula, almoxarifado, espaço da xerox, sala da administração do bloco e refeitório

## 7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Uma vez que todas as medidas do presente trabalho foram realizadas no dia 1º de abril de 2014, ou seja, no outono, sugere-se a realização de medidas, nos mesmos ambientes, em outras estações do ano.

Sugere-se que as medidas realizadas neste trabalho também sejam feitas em outros blocos do campus Curitiba, sede Ecoville, da UTFPR, bem como na sede central e também em outros campus, de forma a se comparar a influência de outras condições urbanísticas e geográficas.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR ISSO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, março de 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR – 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

ANDREUCCI, Ricardo. **Curso Básico de Proteção Radiológica: Aspectos Industriais**. Apostila do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, UTFPR, 2013.

BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 5 – NR 5**. Manual de legislação Atlas, 67ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011a.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 9 – NR 9**. Manual de legislação Atlas, 67ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 15 – NR 15**. Manual de legislação Atlas, 67ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011c.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 17 – NR 17**. Manual de legislação Atlas, 67ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011d.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas**. 1ª ed. - 6ª reimpr. - São Paulo: Atlas, 2008.

INCROPERA, F. P.; WITT, D. P. **Fundamentals of heat and mass transfer**. 2 ed. Cingapura: John Wiley & Sons, 1985.

FANTINI NETO, Roberto. **Higiene do Trabalho: Agentes Físicos**. Apostila do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, UTFPR, 2013.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma de Higiene Ocupacional - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído (NHO 01)**. São Paulo, 2001. 41 p. Procedimento Técnico.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Trad. João Pedro Stein. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

MATTOS, U. A. O.; MÁSCULO, F. S. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011.

SALIBA, Tufii Messias. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional**. 1ª Edição. São Paulo: LTr, 2004.

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

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2ª Edição ver. e ampl. São Paulo: Edgarg Blücher, 2005.