

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TERMOLUMÍNICO EM  
EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL**

**HERBERT TADASHI MITSUYUKI**

Orientadora:

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá/MT  
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TERMOLUMÍNICO EM EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL**

**HERBERT TADASHI MITSUYUKI**

*Trabalho apresentado como parte dos  
requisitos para realização do Exame de  
Qualificação junto ao Programa de Pós-  
graduação em Engenharia de Edificações  
e Ambiental da Universidade Federal de  
Mato Grosso.*

Orientadora:

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá/MT  
2015

M679a

Mitsuyuki, Herbert Tadashi.

Avaliação do desempenho termolumínico em edificação educacional./ Herbert Tadashi Mitsuyuki, 2015.

92 fls.

Orientadora: Profª. Drª. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.

Dissertação (Mestrado) – UFMT, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Cuiabá, 2015.

1.Conforto ambiental. 2.Eficiência energética. 3.Edificação educacional. I.Título.

CDU 624:504

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

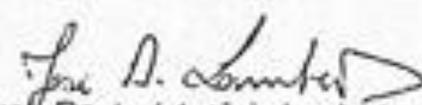
**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TERMOLUMÍNICO EM  
EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL**

**HERBERT TADASHI MITSUYUKI**

  
Prof.ª Dr.ª Marta Cristina de Jesus Albuquerque  
Nogueira Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT /  
Orientadora

  
Prof.ª Dr.ª Luciane Cleonice Durante  
Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT

  
Prof. Dr. Marlon Leão  
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

  
Prof. Dr. José Antônio Lambert

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais João e Celma, familiares e amigos que me ajudaram e incentivaram para que fosse possível a concretização dessa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Escrevo nesse espaço meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que me acompanham nessa caminhada, ao longo desses anos de muito trabalho e persistência.

Aos que contribuíram direta ou indiretamente a empreender este trabalho.

Agradeço especialmente a Professora Doutora Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pela orientação, compreensão, ajuda e pelos ensinamentos, durante o curso de mais essa jornada desafiadora

Professora Doutora Luciane Cleonice Durante pela inestimável colaboração, pela sua atenção, apoio e prestatividade.

Antônia Lúcia de Queiroz, Ana Vitória e João Henrique pela compreensão de minha ausência em tantos momentos, pelo amor incondicional e pelo apoio sempre demonstrado para que eu cresça cada vez mais.

Aos meus pais por terem sido a peça fundamental para que tenha me tornado o que sou hoje e pela total dedicação por todos esses anos e por poder contar com a base sólida para suportar todas as dificuldades que a vida impõe.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo geral.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. CONFORTO TÉRMICO.....	4
2.1.1. CONDIÇÕES PARA O CONFORTO TÉRMICO.....	5
2.1.2. AS VARIÁVEIS DE CONFORTO TÉRMICO .....	7
2.1.2.1. As variáveis Ambientais.....	7
2.1.2.2. As Variáveis Humanas .....	8
2.1.3. Avaliação das condições de conforto térmico .....	11
2.1.3.1. Voto Médio Predito (PMV) e Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD) 12	
2.1.3.2. Índices de conforto .....	14
2.1.3.3. Equação de conforto térmico.....	17
2.1.3.4. Coeficiente de Convecção.....	18
2.1.3.5. Evaporação.....	20
2.1.3.6. Respiração .....	20
2.1.3.7. Radiação.....	20
2.1.4. Normativa existente sobre conforto térmico.....	20
2.2. DESEMPENHO TÉRMICO .....	22
2.2.1. NORMATIVAS DE DESEMPENHO TÉRMICO.....	22
2.2.1.1. NBR 15220 - DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES (ABNT, 2005).....	22
2.2.1.2. NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013) ...	23
2.3. DESEMPENHO LUMÍNICO .....	25
2.3.1. Grandezas e Conceitos.....	25
2.3.2. Fluxo Radiante e Fluxo Luminoso.....	25
2.3.3. Eficiência Luminosa .....	26
2.3.4. Iluminância .....	26
2.3.5. Luminância .....	26
2.4. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS .....	27
2.4.1. Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	27
2.2.3. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA VÁRZEA GRANDE.....	27
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>

4.1.	MATERIAIS .....	30
4.1.1.	EDIFICAÇÃO ANALISADA .....	30
4.1.2.	INSTRUMENTAÇÃO .....	32
4.2.	MÉTODO .....	34
<b>5.</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
5.1.	SALA DOCENTE .....	37
5.1.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE.....	37
5.1.1.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE NOS DIAS DA SEMANA.....	41
5.1.1.2.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE NOS FINS DE SEMANA .....	44
5.2.	– ALMOXARIFADO.....	48
5.2.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO. ....	48
5.2.1.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO NOS DIAS DE SEMANA. ....	51
5.2.1.2.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO NOS FINS DE SEMANA.....	54
5.3.	LABORATÓRIO .....	57
5.3.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO. ....	57
5.3.1.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO NOS DIAS DE SEMANA. ....	61
5.3.1.2.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO NOS FINS DE SEMANA .....	65
5.4.	PRÓ-REITORIA .....	68
5.4.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA.....	68
5.4.1.1.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA NOS DIAS DE SEMANA. ....	72
5.4.1.2.	RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA NOS FINS DE SEMANA.....	76
5.5.	RESULTADO DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS .....	80
5.5.1.	MODELO DE QUESTIONÁRIO DE NÍVEL DE SATISFAÇÃO UTILIZADO .....	80
5.5.2.	RESULTADOS CONSOLIDADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	81
5.5.3.	GRÁFICOS DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS POR ÍTEM DO QUESTIONÁRIO.....	82
5.6.	COMENTÁRIOS .....	86
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura x Metabolismo em ambientes internos.....	5
Figura 2 - Temperatura x Metabolismo em ambientes externos.....	5
Figura 3 – Gráficos demonstrativos da termorregulação de uma criança asmática e uma criança normal .....	6
Figura 4 - Área corporal em função da altura e do peso .....	9
Figura 5- Voto Médio Predito (PMV) x Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD).....	13
Figura 6 - escala de sete pontos de Fanger.....	14
Figura 7 - Coeficiente de convecção natural.....	19
Figura 8 -Coeficiente de convecção forçada.....	19
Figura 9 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220-3, 2005) .....	27
Figura 10 – Localização do município de Várzea Grande .....	28
Figura 11 - Localização de Várzea Grande no mapa do estado e suas vias de acesso.....	29
Figura 12 - Localização do centro universitário em Várzea Grande – MT.....	31
Figura 13 - Fachada do local de estudo em Várzea Grande.....	32
Figura 14 -Dataloggers HOBO U12-012 .....	32
Figura 15 - Dataloggers com o globo de plástico.....	33
Figura 16 - Datalogger HOBO U12-012.....	33
<b>Figura 17 - Cabo TMC20HD.....</b>	<b>33</b>
Figura 18 - Planta dos ambientes acadêmicos pesquisados .....	36
Figura 19 - Sala 1: Posicionamento dos dataloggers na Sala Docente.....	37
Figura 20 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente .....	38
Figura 21 - Nível de iluminação total no ambiente Sala Docente .....	40
Figura 22 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana. ....	41
Figura 23 - Carta psicrométrica para a Sala Docente nos dias da semana. ....	43
Figura 24 - Nível de iluminação total no ambiente Sala Docente nos dias de semana. ..	43
Figura 25 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.....	44
Figura 26 - Nível de iluminação total no ambiente Sala Docente nos fins de semana. ....	47
Figura 27 - Posicionamento do datalogger na Sala 2: Almojarifado .....	48
Figura 28 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente .....	48
Figura 29 - Nível de iluminação total no ambiente Almojarifado .....	50
Figura 30 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente .....	51
Figura 31 - Carta psicrométrica para o Almojarifado nos dias de semana.....	53
Figura 32 - Nível de iluminação total no ambiente Almojarifado nos dias de semana. .	53
Figura 33 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.....	54
Figura 34 - Carta psicrométrica para a o Almojarifado nos fins de semana. ....	56
Figura 35 - Nível de iluminação total no ambiente Almojarifado nos fins de semana. ..	56
Figura 36 - Sala 3: Posicionamento do datalogger no Laboratório.....	58
Figura 37 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente .....	58
Figura 38 - Nível de iluminação total no ambiente Laboratório.....	60

Figura 39 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana. ....	61
Figura 40 - Carta psicrométrica para o Laboratório nos dias de semana. ....	63
Figura 41 - Nível de iluminamento total no ambiente Laboratório nos dias de semana. ....	64
Figura 42 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.....	65
Figura 43 - Carta psicrométrica para o Laboratório nos fins de semana.....	67
Figura 44 - Nível de iluminamento total no ambiente Laboratório nos fins de semana. ....	67
Figura 45 - Posicionamento do datalogger na Pró-Reitoria. ....	69
Figura 46 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente. ....	69
Figura 47 - Nível de iluminamento total no ambiente Pró-reitoria .....	71
Figura 48 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana. ....	72
Figura 49 - Carta psicrométrica para a Pró-Reitoria nos dias de semana. ....	74
Figura 50 - Nível de iluminamento total no ambiente Pró-reitoria nos dias de semana. ....	75
Figura 51 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.....	76
Figura 52 - Carta psicrométrica para a Pró-Reitoria nos fins de semana. ....	78
Figura 53 - Nível de iluminamento total no ambiente Pró-reitoria nos fins de semana. ....	79
Figura 54 - Questionário de nível de satisfação dos usuários .....	80
Figura 55 – Resultado do questionário de nível de satisfação dos usuários consolidado ....	81
Figura 56 - Satisfação dos usuários: Centro Universitário.....	82
Figura 57 - Satisfação dos usuários: Sala (ambiente analisado) .....	82
Figura 58 - Satisfação dos usuários: Sala (inverno).....	83
Figura 59 - Satisfação dos usuários: Sala (verão) .....	83
Figura 60 - Satisfação dos usuários: Sala (ventilação).....	84
Figura 61 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação) .....	84
Figura 62 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação natural) .....	85
Figura 63 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação artificial).....	85
Figura 64 - Voto Médio Predito nos ambientes estudados.....	86
Figura 65 - Percentual de Pessoas Insatisfeitas nos ambientes estudados .....	86
Figura 66 - Gráfico dos resultados dos ambientes estudados.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Metabolismo para várias atividades.....	9
Tabela 2 -Níveis da taxa de Metabolismo.....	10
Tabela 3 - Resistência térmica do vestuário.....	11
Tabela 4 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente.....	38
Tabela 5 – Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente.....	40
Tabela 6 – Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente nos dias de semana.....	41
Tabela 7 – Condições de conforto para a Sala Docente nos dias de semana.....	42
Tabela 8 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente nos dias da semana.....	44
Tabela 9 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente nos fins de semana.....	45
Tabela 10 - Condições de conforto para a Sala Docente nos fins de semana. ....	46
Tabela 11 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente nos fins de semana.....	47
Tabela 12 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almoxarifado. ....	49
Tabela 13 -Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almoxarifado. ....	50
Tabela 14 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almoxarifado nos dias de semana.....	51
Tabela 15 - Condições de conforto para o Almoxarifado nos dias de semana. ....	52
Tabela 16- Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almoxarifado nos dias de semana.....	54
Tabela 17 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almoxarifado nos fins de semana.....	55
Tabela 18 -Condições de conforto para a Almoxarifado nos fins de semana. ....	56
Tabela 19 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almoxarifado nos fins de semana.....	57
Tabela 20 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório.....	58
Tabela 21 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório.....	60
Tabela 22 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório nos dias de semana.....	62
Tabela 23 - Condições de conforto para o Laboratório nos dias de semana. ....	63
Tabela 24 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório nos dias de semana.....	64
Tabela 25 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório nos fins de semana.....	65
Tabela 26 - Condições de conforto para o Laboratório nos fins de semana. ....	66
Tabela 27 - - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório nos fins de semana.....	68
Tabela 28 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria. ....	70
Tabela 29 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria. ....	71
Tabela 30 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria nos dias de semana.....	73
Tabela 31 - Condições de conforto para a Pró-Reitoria nos dias de semana. ....	74
Tabela 32 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria nos dias de semana.....	75

Tabela 33 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria nos fins de semana.....	77
Tabela 34 - Condições de conforto para a Pró-Reitoria nos fins de semana.....	78
Tabela 35 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria nos fins de semana.....	79

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação de balanço de energia .....	4
Equação 2 - Equação de balanço energético .....	8
Equação 3 - Área corporal em função da altura e do peso .....	9
Equação 4 - Voto médio estimado .....	13
Equação 5 - Percentagem de Pessoas Insatisfeitas .....	13
Equação 6 - Temperaturas efetivas .....	14
Equação 7 - Temperatura efetiva com vento.....	14
Equação 8 - Índice de Desconforto .....	15
Equação 9 - Índice de desconforto de Ono-Kawamura.....	15
Equação 10 - Índice que mede o efeito do vento e a temperatura.....	15
Equação 11 - Sensação térmica para espaços abertos .....	16
Equação 12 - Índice de Rivoirier .....	17
Equação 13 - equação de conforto térmico .....	17
Equação 14 - Equação do PMV .....	18
Equação 15 - Carga térmica sobre o corpo .....	18
Equação 16 - Cálculo do coeficiente de convecção natural e forçada .....	18

## RESUMO

MITSUYUKI, H. T. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TERMOLUMÍNICO EM EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL**. Cuiabá, 2015. 92f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso.

Em ambientes acadêmicos a eficiência do processo produtivo pode ser diretamente prejudicada pelo desconforto térmico e lumínico, e para garantir bom desenvolvimento devem-se atender as condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, a fim de preservar a saúde física e psicológica bem como o consumo de energia elétrica. Os limites considerados para a zona de conforto térmico, nos intervalos de 25°C e 29°C, para baixas umidades (abaixo de 60%), quando apresentam altas umidades a amplitude reduz ao intervalo de 25°C a 26°C. Nesse contexto, com base num estudo de caso, este trabalho apresenta a avaliação de desempenho termolumínico em uma edificação educacional, localizada na cidade de Várzea Grande / MT, visando proporcionar um ambiente acadêmico adequado para o desenvolvimento das atividades pedagógicas e administrativas no período quente-chuvoso. Neste estudo, demonstra que as temperaturas médias horárias para os ambientes estudados encontram-se em situação satisfatória de conforto térmico para os usuários, e a iluminação valores muito abaixo do recomendado pela norma, ainda assim, os usuários acostumados com os ambientes normalmente não percebem a necessidade de readequação dos ambientes. A contribuição deste trabalho para a instituição demonstrou que se torna necessária uma revisão e readequação nas condições dos ambientes estudados, visando proporcionar um ambiente adequado para o desenvolvimento das atividades pedagógicas e administrativas.

**Palavras-chave:** Conforto ambiental, eficiência energética, edificação educacional.

## **ABSTRACT**

**MITSUYUKI, H. T. PERFORMANCE ASSESSMENT TERMOLUMÍCICO IN BUILDING EDUCATIONAL.** Cuiabá, 2015. 92f. Thesis (Master) - Graduate Program in Building Engineering and Environmental, School of Architecture, Engineering and Technology, Federal University of Mato Grosso.

In academic environments, the efficiency of the production process can be directly harmed by the thermal discomfort and bright and to ensure proper development must meet the minimum conditions of comfort required by users, in order to preserve the physical and psychological health as well as the consumption of electrical energy. The boundaries considered for thermal comfort zone, in the intervals of 25°C and 29°C, low humidity (below 60%), When high humidifies amplitude reduces the range of 25° C to 26° c. In this context, based on a case study, this paper presents the performance evaluation heat released in an educational building, located in the city of Varzea Grande/MT, aiming to provide an academic environment suitable for the development of pedagogical and administrative activities in the warm period rainy. In this study, demonstrates that the hourly average temperatures for the studied environments are in satisfactory situation of thermal comfort for users, and enlightenment values far below the recommended standard, yet, users accustomed to the environments typically do not realize the need for readjustment of the environments. The contribution of this work to the institution demonstrated that becomes necessary a revision and readjustment under the conditions of the studied environments in order to provide a suitable environment for the development of educational activities.

**Keywords:** environmental Comfort, energy efficiency educational building.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. PROBLEMÁTICA

Falar sobre sustentabilidade na concepção de projetos construtivos de tão repetitivo já soa como redundância, porém apesar de já vivenciar uma crise no setor energético, ainda é muito limitada a análise do desempenho térmico nas edificações.

A escassez da energia elétrica nos leva a pensar na redução no consumo de energia apenas pela contrapartida da economia financeira. Em outras palavras, ainda existe um paradigma de redução do consumo de energia elétrica em oposição à situação de conforto no ambiente.

Em ambientes acadêmicos onde a eficiência do processo de ensino-aprendizagem pode ser diretamente prejudicada pelo desconforto térmico e lumínico, para garantir bom desenvolvimento deve-se atender às condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, a fim de preservar a saúde física e psicológica, bem como aprimorar o desempenho do consumo de energia elétrica para o condicionamento dos ambientes.

No Brasil, o atendimento às questões relacionadas ao conforto ambiental, apesar de contemporâneas, vem sendo tratada com grande importância, visto que é um país de clima tropical, com temperaturas médias elevadas na maior parte do ano. Alguns pesquisadores demonstram que, para um projeto atender às especificidades quanto ao conforto ambiental, deve ser baseado na orientação solar, no dimensionamento e posicionamento adequado das aberturas, na escolha dos materiais e levar sempre em consideração o clima local. Segundo Frota & Schiffer (2003) para se avaliar o conforto térmico de um ambiente o estudo das sensações e preferências das pessoas em um determinado ambiente é tão importante quanto à obtenção das informações referentes às condições físicas do local.

O conforto térmico é influenciado diretamente pela temperatura e umidade. Essa sensação térmica é relativa, pois cada pessoa reage de forma diferente aos estímulos externos, pois para manter o equilíbrio biológico, o corpo humano produz diversas reações físicas e psicológicas, adaptando-se às condições térmicas através de várias atitudes práticas como a alteração das vestimentas, abertura e fechamento das portas e janelas, entre outras.

Alguns projetos denominados padrão, para as edificações escolares, tem sido causa de problemas de conforto ambiental. A padronização, muitas vezes, não leva em conta

situações locais específicas, apenas o *marketing* visual, resultando em ambientes acadêmicos desfavoráveis.

A grande maioria destes projetos não prioriza a iluminação e a ventilação natural. Os ambientes são condicionados artificialmente sem dimensionamento, ou os aparelhos substituídos sem a orientação de profissional específico da área podem ocasionar situação de desconforto.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

O desejo de edificações que disponham do conforto ambiental aos seus usuários, sem causar grandes danos ao ambiente, é um grande desafio. Para Krüger, Adriazola e Takeda (2004), o conforto no ambiente construído afeta diretamente o desenvolvimento das atividades do usuário, onde condições de desconforto baixam o rendimento do mesmo, através de estresse e da falta de concentração em suas atividades.

De acordo com Corbella e Yannas (2003), o conforto ambiental deve prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise de instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição.

Diante da situação supracitada e sabendo que além dos ganhos relacionados ao meio ambiente, a adequação termolumínica dos ambientes ainda pode contribuir sensivelmente para a redução do consumo de energia nas edificações, o que fomenta o crescimento de pesquisas relacionadas ao assunto.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho termolumínico em uma edificação educacional localizada na cidade de Várzea Grande- MT

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar a temperatura do ar interna dos ambientes.
- b) Determinar a umidade do ar interna dos ambientes.
- c) Avaliar a iluminação natural e artificial interna dos ambientes.
- d) Avaliar o nível de satisfação dos usuários nos ambientes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CONFORTO TÉRMICO

Para Gonçalves (2014), o conforto térmico ou as relações entre o ambiente e os seres humanos têm sido percebidos, avaliados e até pesquisados desde Hipócrates no século V a.C. A torre dos Ventos na Grécia clássica, século I a.C. é um exemplo, mostrando como a direção do vento afetava o humor, e conseqüentemente, o conforto dos indivíduos.

O ser humano é homeotérmico, com a temperatura do corpo variando entre 36 e 37°C. Abaixo destes valores há hipotermia e mecanismos de controle são acionados, como a vasoconstrição, tiritar, arrepios, aumento da taxa Metabólica, na tentativa de se elevar a temperatura corporal. Estas são respostas de curto prazo, há respostas mais longas, com o aumento dos depósitos de gordura, gordura subcutânea e outros mecanismos.

Para o caso de hipotermia, acima de 37°C, temos o suor, a vasodilatação e respostas também de mais longo prazo.

Portanto, o conforto se dá quando nenhum destes mecanismos foi acionado. O equilíbrio da equação de balanço de energia – mostrado na Equação 1.

$$a_j J_i + a_j J_d + c_i T_i + M - \lambda E - H - G - Q - L = 0 \quad (1)$$

Equação 1- Equação de balanço de energia  
Fonte: GONCALVES, 2014

Onde:

$a_j J_i + a_j J_d + c_i T_i$  - termos que se referem à irradiância ambiental

$M$  – taxa metabólica

$\lambda E$  – perda de calor latente

$H$  – perda de calor convectivo

$G$  – perda de calor por condução

$Q$  – calor estocado

$L$  – perda de calor por irradiância

Esta equação possui zona climática de conforto onde o balanço é aproximadamente zero, dependendo das variáveis ambientais, individuais e vestuário.

### 2.1.1. CONDIÇÕES PARA O CONFORTO TÉRMICO

De acordo com a ASHRAE (2013) (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) “Conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”.

A insatisfação com o ambiente térmico pode ser causada pela sensação de desconforto por calor ou frio quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

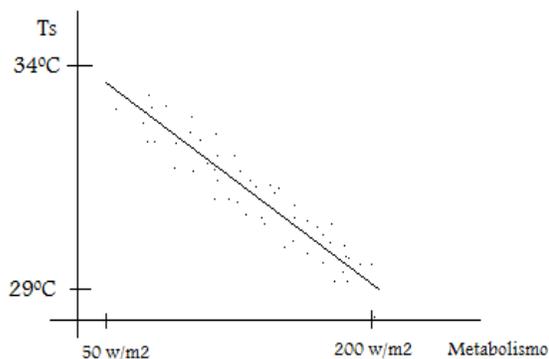
Para que uma pessoa esteja em estado de conforto térmico, faz-se necessário que a mesma se encontre em balanço térmico, ou seja, todo o calor produzido pelo seu corpo seja transferido na mesma proporção ao ambiente, por meio das perdas por convecção, evaporação, radiação e também por condução através das roupas.

Temos basicamente duas variáveis que nos dizem se está confortável ou não, a temperatura interna ( $T_b$ ) e a temperatura da pele ( $T_s$ ).

Esses experimentos são feitos com indivíduos selecionados. Em experimentos “*indoor*” (internos), feitos no Japão, por exemplo, indivíduos com peso similar são testados em diferentes atividades, com vestuário controlado e em câmaras controladas, tendo sua temperatura da pele ( $T_s$ ) e temperatura interna ( $T_b$ ) medidos.

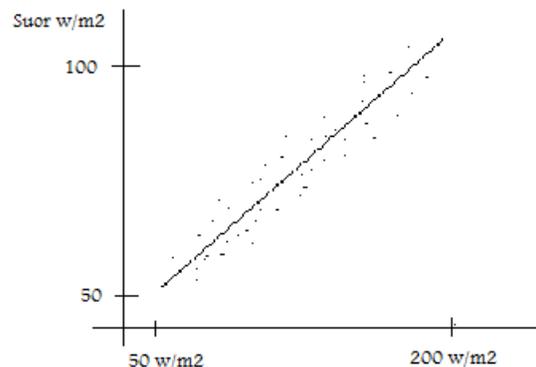
Nos ambientes externos, ou quase, foram feitos testes com indivíduos desempenhando atividades em uma estufa no deserto, por exemplo, nos EUA, com o intuito de se medir a tolerância máxima ao *stress* por calor. Medidas de perda de calor por suor podem ser também efetuadas. As Figuras 1 e 2 são exemplos de resultados dos experimentos acima mencionados.

**Figura 1 - Temperatura x Metabolismo em ambientes internos.**



Fonte: GONÇALVES, 2014

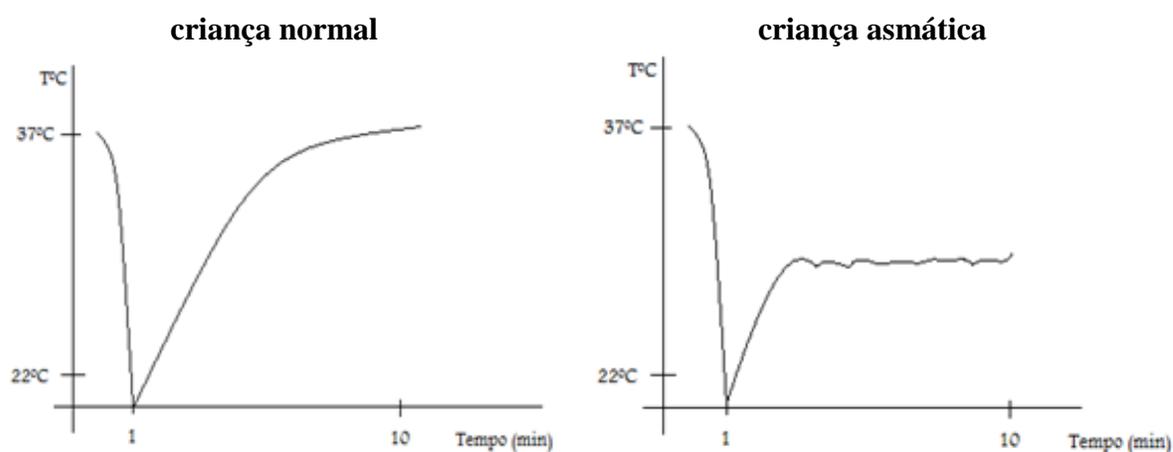
**Figura 2 - Temperatura x Metabolismo em ambientes externos.**



Fonte: GONÇALVES, 2014

Para um indivíduo com má termorregulação, como muitos problemas cardiovasculares, asma, bronquite, diabetes e reumáticos; possuem extremidades com baixa temperatura da pele ( $T_s$ ). A Figura 3 demonstra um exemplo de uma criança asmática versus uma criança normal com respeito à temperatura da pele ( $T_s$ ) de sua mão mergulhada em água fria.

**Figura 3 – Gráficos demonstrativos da termorregulação de uma criança asmática e uma criança normal**



Fonte: GONÇALVES, 2014

Fonte: GONÇALVES, 2014

Fonte: GONÇALVES, 2014

A criança asmática como todas com má termorregulação demora mais tempo para se esquentar. Os seres humanos mantêm sua temperatura corporal praticamente constante, através de um sistema orgânico denominado termorregulador responsável pelo equilíbrio térmico do organismo, condição necessária para harmonia dos sistemas vitais do homem.

**Reação ao calor** - Incrementar as perdas térmicas do corpo e reduzir a produção interna de calor. Origina-se a vasodilatação. Aumenta o volume de sangue acelerando o ritmo cardíaco, provocando a transpiração.

**Reação ao frio** - Evitar perdas térmicas do corpo e aumentar a produção interna de calor. Origina-se a vasoconstrição. Provoca a diminuição do volume de sangue e do ritmo cardíaco. O arrepio e o tiritar provocam atividade, gerando calor.

A quantidade de calor liberado pelo organismo é função da atividade desenvolvida, sendo também variável com a idade e o sexo. Este calor será dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente envolvendo trocas secas (condução, convecção e radiação) e trocas úmidas (evaporação).

A condução não assume geralmente grande relevância. A convecção depende da temperatura e velocidade do ar exterior. A radiação depende da temperatura média radiante e a evaporação depende da umidade do ar e da sua velocidade.

O calor perdido para o ambiente através das trocas secas é denominado calor sensível e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. O calor perdido através das trocas úmidas é denominado calor latente e envolve mudanças de fase – o suor (líquido) passa para o estado gasoso através da evaporação. (LAMBERTS, et al. 2006).

## **2.1.2. AS VARIÁVEIS DE CONFORTO TÉRMICO**

As variáveis de conforto térmico estão divididas em **variáveis ambientais** e **variáveis humanas**.

### **2.1.2.1. As variáveis Ambientais**

Segundo as definições de Lamberts (2006):

**a) Temperatura do ar:** chamada de TBS (temperatura de bulbo seco)

Corresponde à temperatura seca do ar. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo através da diferença de temperatura entre a pele e o ar. É considerada a principal variável do conforto térmico. A diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, chamada de convecção natural. A parte mais quente torna-se mais leve e sobe enquanto a mais fria, desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente.

**b) Temperatura radiante média:** temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme. Corresponde à temperatura média das superfícies opacas visíveis que participam no balanço radiativo com a superfície exterior do vestuário.

**c) Velocidade do ar:** o valor deste parâmetro modifica as trocas de calor por convecção e evaporação de uma pessoa, retirando o ar quente e a água em contato com a pele com mais eficiência e assim, reduzindo a sensação de calor.

**d) Umidade relativa do ar:** fornece a quantidade de vapor de água no ar em relação à quantidade máxima que pode conter, a uma determinada temperatura. A umidade relativa

do ar é utilizada para determinar a umidade absoluta, parâmetro que permite determinar as trocas por evaporação entre o homem e o ambiente.

As equações de balanço energético são deduzidas com base na pressão parcial do vapor de água no ar. Definido o estado higroscópico do ar é em termos da temperatura seca, T em °C, e a umidade relativa, HR entre 0 e 1, a pressão parcial do vapor de água,  $p_{vap}$  em Pa, é obtida pela Equação 2.

$$p_{vap} = HR \times p_{sec}(T) \quad \text{com} \quad p_{sec}(T) = 1000 \times e^{16,6536 - \frac{4030,183}{T + 235}} \quad (2)$$

Equação 2 - Equação de balanço energético  
Fonte: LAMBERTS, 2006

### 2.1.2.2. As Variáveis Humanas

a) **Metabolismo:** para Lamberts (2006) é o processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos, ou seja, através do metabolismo, o organismo adquire energia. Porém, de toda energia produzida pelo organismo humano, apenas 20% são transformadas em potencialidade de trabalho. Os 80% restantes são transformados em calor que deve ser dissipado para que a temperatura interna do organismo seja mantida em equilíbrio. Como a temperatura interna do organismo deve ser mantida constante, quando o meio apresenta condições térmicas inadequadas, o sistema termorregulador do homem é ativado, reduzindo ou aumentando as perdas de calor pelo organismo através de alguns mecanismos de controle, como reação ao frio e ao calor. Quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada, experimenta-se a sensação de conforto térmico.

O metabolismo corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo. O metabolismo subdivide-se no metabolismo basal e de atividade. O metabolismo basal corresponde à taxa verificada durante o repouso absoluto, mas em vigília. O metabolismo de atividade está relacionado com o esforço físico, podendo ser 20 vezes superior ao metabolismo basal em atletas bem treinados.

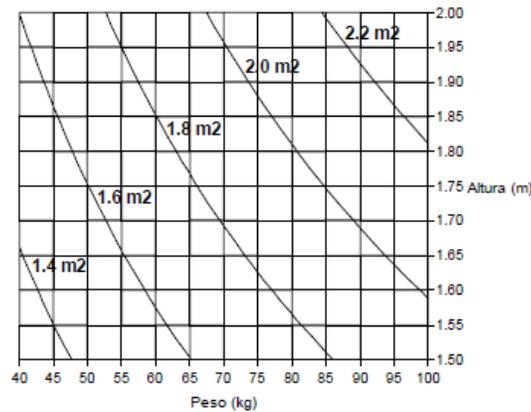
Para a mesma atividade, verificou-se que o metabolismo varia principalmente com a área corporal, pelo que é geralmente definido nas unidades W/ m<sup>2</sup>, tomando-se o valor de 1.8 m<sup>2</sup> como área corporal de um adulto. Embora não referido no texto da norma, convém ter em conta que, de acordo com DuBois (1916), a área corporal (em m<sup>2</sup>) esta

correlacionada com a altura (em m) e com o peso (em kg), com representação gráfica na Figura 4.

$$\text{Área} = 0,202 \times \text{Altura}^{0,725} \times \text{Peso}^{0,425} \quad (3)$$

Equação 3 - Área corporal em função da altura e do peso  
 Fonte: ÁGUAS, 2001

**Figura 4 - Área corporal em função da altura e do peso**



Fonte: DuBois,1916

Esses valores são expressos em W/ m<sup>2</sup>. Uma forma de simplificar a análise do metabolismo consistiu na definição da unidade MET, onde 1 MET corresponde ao metabolismo de uma pessoa sentada em situação de descanso (1 MET = 58.15 W/ m<sup>2</sup>). As tabelas 1 e 2 apresentam valores adotados de acordo com algumas atividades.

**Tabela 1 - Valores de Metabolismo para várias atividades**

TIPO DE ATIVIDADE	Metabolismo (W/pessoa)	Metabolismo (MET)	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Deitado	85	0.8	47
Sentado	104	1.0	58
Atividade sedentária	126	1.2	70
De pé, atividade leve	167	1.6	93
De pé, atividade média	210	2.0	117
Grande atividade	315	3.0	175

Fonte: ISO 7730:2005

**Tabela 2 -Níveis da taxa de Metabolismo**

<b>Classe metabólica</b>	<b>Metabolismo (W/pessoa)</b>	<b>Exemplos</b>
0 (repouso)	M<117	Repouso
1 (baixa)	117<M<234	Sentado: trabalho manual leve (datilografia, costura); trabalho de mão e braço (pequenas ferramentas, inspeções, montagem ou escolha de pequenas peças); trabalho de braços e pernas (condução normal, acionamento de pedal) De pé: furação (pequenos furos), operação de pequenas ferramentas elétricas, caminhada a passo lento (abaixo dos 3.5 km/h).
2 (moderada)	234<M<360	Trabalho de mão e braço sustentados (martelar pregos, enchimentos); trabalho de braço e perna (operação de carrinhos de mão ou equipamento de construção); trabalho de tronco e braço (operação de martelo pneumático, manuseamento
3 (alta)	360<M<468	Trabalho intenso de tronco e braço; manuseamento de material pesado; serração de madeira pesada; caminhada a passo apressado (5.5 a 7 km/h); colocação de blocos
4 (Muito alta)	M>468	Atividade muito intensa a ritmo acelerado; trabalho com machado; trabalho de remoção de terras; subida de rampas, escadas, encostas; caminhada a passo pequeno e rápido, corrida, caminhada a passo largo (mais de 7 km/h).

Fonte: ISO 7243:1989

**b) Estimativa da taxa Metabólica**

A taxa Metabólica de um indivíduo de sexo masculino em repouso é de aproximadamente 58 W/ m<sup>2</sup> (1 MET). As atividades físicas elevam esta taxa metabólica em até 10 MET (~ 600 W/ m<sup>2</sup>), mas por curtos períodos. Atividades físicas, como correr e nadar, elevam (em 1 hora) em até 3 MET.

Esse tipo de abordagem é importante para o conforto térmico, pois a atividade física tem que ser medida e há muitas tabelas (como por exemplo, as tabelas 1 e 2), para isso mostrando o quanto cada atividade afeta a taxa metabólica.

**c) Vestimenta:** impõe uma resistência térmica entre o corpo e o meio, representando uma barreira para as trocas de calor por convecção, já que funciona como isolante térmico, pois mantém junto ao corpo uma camada de ar mais aquecido ou menos aquecido, conforme seja mais ou menos isolante, conforme seu ajuste ao corpo e a porção do corpo que cobre. A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo, as variações de temperatura e de velocidade do ar. Sua unidade de medida é o clo, originada de clothing. Em termos técnicos a unidade é ° C W/ m<sup>2</sup> sendo que 1 Clo equivale a 0,15° C W/ m<sup>2</sup>. A escala de Clo é projetada de modo que uma pessoa despida tenha um valor de 0,0 Clo e outra vestindo um terno típico tenha um valor de 1,0 Clo.

Assim:  $1\text{clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W} = 1$  terno completo. Na tabela 3 abaixo estão apresentados valores de resistência térmica para diferentes tipos de vestuário.

**Tabela 3 - Resistência térmica do vestuário**

VESTUÁRIO	Resistência térmica ( $I_{\text{vest}}$ ) (clo)	Resistência térmica ( $I_{\text{vest}}$ ) ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ )
Nu	0	0
Calções	0.1	0.016
Vestuário tropical	0.3	0.047
Vestuário leve de verão	0.5	0.078
Vestuário de trabalho	0.7	0.124
Vestuário de inverno para ambiente interior	1.0	0.155
Terno completo	1.5	0.233

Fonte: ÁGUAS, 2001

Efeito do vestuário: O papel das vestimentas é bastante importante e tem sido alvo de estudos de conforto térmico. A medida da resistência à troca de calor pelo vestuário pode ser medida em segundos por metro (s/m). Sendo que uma bermuda mais uma camiseta são iguais a 100 s/m. Medidas de diversos tipos de vestuário são plotadas em Tabelas como uma sunga é igual a 0,15 clo, short + camiseta são iguais a 0,5 clo e casacão é igual a 1,2 clo (GONÇALVES,2014).

Gonçalves (2014) ainda afirma que impacto que o vestuário tem é no sentido de influenciar no balanço de energia significativamente. Para climas tropicais úmidos, o ideal para se manter o balanço é pouca roupa. Roupas com mais de 0,8 clo geram desconforto, particularmente insalubre se o terno for preto e houver irradiância solar direta. Para climas secos o ideal é uma cobertura grossa e solta – como os cafetãs árabes para preservar a umidade da pele sem desidratar. Para climas temperados, mais roupas, clo é maior ou igual a 1,0.

### 2.1.3. Avaliação das condições de conforto térmico

A norma ISO 7730:2005 considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando no máximo 10% dos seus ocupantes se sintam desconfortáveis.

A quantificação do percentual de desconforto será obtida através de estudos que envolveram os colaboradores ocupantes. Estes estudos permitiram estabelecer uma relação entre o resultado do balanço energético do corpo e a tendência de insatisfação, designada por PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied* / Percentagem de Pessoas Insatisfeitas).

A Metodologia de cálculo consiste nos seguintes pontos:

- a) Parâmetros: quantificam-se os parâmetros individuais e ambientais das pessoas e do ambiente.
- b) Equação de Conforto: substituem-se estes valores na equação de conforto térmico para determinação do termo associado à acumulação energética no corpo, s.
- c) PMV: com base no valor da acumulação energética no corpo e no metabolismo determina-se o valor de PMV (*Predicted Mean Vote / Voto Médio Predito*) através de uma correlação. O PMV não é mais do que uma escala quantitativa da sensação de calor e de frio.
- d) Insatisfação: a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente, PPD, e determinada com base no valor de PMV através de uma correlação.

#### **2.1.3.1. Voto Médio Predito (PMV) e Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD)**

O PMV prevê o valor médio das taxas de desconforto fornecidas por grupo de pessoas, em nível de atividade e vestuário similar em um dado ambiente de -3 até +3 (7 classes), de muito frio (-3) até muito quente (+3). Entre -1 e +1 está confortável.

PPD – “*Predicted Percentage of dissatisfied*” mostra quantas pessoas votariam entre -3, -2,+2 e +3, em termos de percentagem.

A ISO 7730:2005 impõe outras regras necessárias para conforto térmico, relacionadas com os parâmetros de conforto:

A assimetria da temperatura radiante de janelas ou outra superfície vertical fria deve ser inferior a 10°C (em relação a um plano vertical 0.6 m acima do chão)

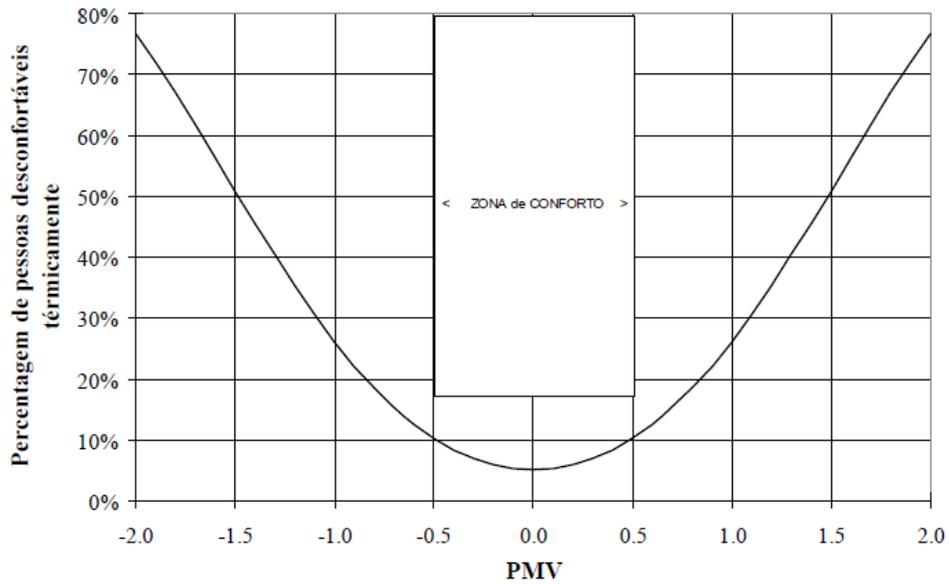
A velocidade do ar tem de ser no Inverno inferior a 0.15 m/s, com temperaturas entre 20 e 24°C. No Verão inferior a 0,25 m/s, com temperaturas entre 23 e 26°C.

A diferença de temperatura do ar a 1,1 m e a 0,1 m acima do chão não deve exceder 3°C.

A temperatura do chão deve situar-se entre 19 e 26°C, exceto em pavimentos radiantes podendo atingir neste caso os 29°C.

A figura 5 abaixo representa o gráfico de Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD) em função do Voto Médio Predito (PMV) de acordo com a norma internacional ASHRAE 55/2010

**Figura 5- Voto Médio Predito (PMV) x Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD)**



Fonte: ASHRAE 55/2010 modificado

Para o cálculo de

$$PMV = ( 0,303 e^{-0,036M} - 0,028 ) \cdot L \quad (4)$$

Equação 4 - Voto médio estimado

$$PPD = 100 - 95 e^{-(0,00353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)} \quad (5)$$

Equação 5 - Percentagem de Pessoas Insatisfeitas

onde:

PMV = voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico.

M = Atividade desempenhada pelo indivíduo.

L = Carga Térmica atuante sobre o corpo.

PPD – Percentagem de Pessoas Insatisfeitas

A escala sétima da ASHRAE, ou escala de sete pontos, utilizada nos estudos de Fanger, é utilizada até hoje para determinação real das sensações térmicas das pessoas, é assim representada na figura 6.

**Figura 6 - escala de sete pontos de Fanger**

+3	Muito Quente
+2	Quente
+1	Levemente Quente
0	Neutro
-1	Levemente Frio
-2	Frio
-3	Muito Frio

Fonte: LAMBERTS, 2006 modificado

### 2.1.3.2. Índices de conforto

As equações de balanço de energia e índices de conforto podem levar a três grupos principais

**Grupo 1:** apenas inclui todas as principais variáveis meteorológicas (temperatura, umidade, radiação e vento) e fisiológicas (trocas de calor e vapor de água, metabolismo)

**Grupo 2:** as que levam em conta somente temperatura, vento e umidade.

**Grupo 3:** as que levam em conta somente vento e temperatura ou umidade e temperatura.

#### a) Índices Hognton (2q) e Missenard (3q)

Criaram as temperaturas efetivas

$$T_e = T - 0,4 [(1 - UR/100) ( T - 100 ) ] \quad (6)$$

Equação 6 - Temperaturas efetivas

Só umidade e temperatura (°C)

$$T_{e_v} = 37 - \{ (37 - T) / [0,68 - 0,0014 UR + 1/(1,76 + 1,4 V^{0,75})] \} - 0,29 (1 - UR/100) \quad (7)$$

Equação 7 - Temperatura efetiva com vento

**b) Índice de Desconforto (ID)**

$$ID = T - 0,55 [(1-0,01 UR)(T - 14,5)] \quad (8)$$

Equação 8 - Índice de Desconforto

**c) Índice de desconforto de Ono-Kawamura (ID<sub>k</sub>)** (1991), baseado em uma população do sul do Japão (sub-tropical).

$$ID_k = 0,99 T + 0,36 T_d + 41,5 \quad (9)$$

Equação 9 - Índice de desconforto de Ono-Kawamura

Onde T<sub>d</sub> é a temperatura do ponto de orvalho

**d) Fanger (1970)**

Foi elaborada para ambientes internos uma faixa de temperatura com base no PMV onde muito frio era abaixo de 13°C e muito quente, acima de 26°C, para populações de altas altitudes.

**e) Windchill**

Este é um índice que mede o efeito do vento e a temperatura. Muito famoso nos EUA e Canadá, pois ele fornece um valor mais realista do frio, quando há combinação dos fatores, por exemplo, -6°C com o vento de 20 m/s fornece uma sensação de -24 °C com ar parado.

$$H = (9 + 0,9 \sqrt{V - \bar{V}})(33 - T), \text{Kcal/m}^2\text{hr} \quad (10)$$

Equação 10 - Índice que mede o efeito do vento e a temperatura

Com v em m/s e T em °C.

Há outros índices de Windchill, como o de Steadman, no entanto, não são importantes para o Brasil. Em geral, pois a combinação (frio + vento) é rara, só comum no sul.

**f) MENEX (1996)**

Considera o calor metabólico de acordo com a ISO 8996 (1990) e as trocas do meio. Homens têm um fator 1.0 e mulheres 0.8, pela diferença metabólica. Inclui irradiâncias e

mede albedo (razão entre a quantidade de luz que é difundida ou refletida por uma superfície e a quantidade de luz incidente sobre a mesma) da pele e roupas e o ângulo territorial.

#### **g) MEMI – Modelo de Munique**

Utiliza a equação do balanço semelhante à do Grupo 1, mas separa as partes do corpo abertas das expostas.

Para o MEMI  $T_a = 21^\circ\text{C}$ ,  $UR = 50\%$ ,  $u = 0,5 \text{ m/s}$

1 clo, homens, 1,80m 75 Kg, 35 anos,  $T_s = 34,4^\circ\text{C}$

$M = 80 \text{ W}$ ,  $T_b = 36,9^\circ\text{C}$  é considerado em equilíbrio.

#### **h) PET – Physiological Equivalent Temperature, Höpfe (1999)**

Quando  $T_b \sim T_s$ , o organismo está em equilíbrio e são utilizadas as equações do MEMI.

$T_s$  – Thermal sensation

**i) Givoni & Nojuchi (2000)** pesquisaram a temperatura para espaços abertos, envolvendo levantamento de dados subjetivos e microclimáticos e com temperatura do ar, radiação, vento e umidade inclusos.

$$T_s = 1,7 + 0,118 T_{ar} + 0,0019 \text{ RAD}/T_M + 0,322 v - 0,0073 UR + 0,0054 T_{\text{sent}} \quad (11)$$

Equação 11 - Sensação térmica para espaços abertos

$T_{\text{sent}} = T_s$  entre 1 e 7 (sensação térmica indo de muito frio até muito quente = 7).

Há outro índice para considerar características semelhantes como NWCT (Nova Temperatura Resfriado) e PT (Nova temperatura percebida) entre outros. Há também índices subjetivos usados para instâncias turísticas como o Índice de Rivoilier

## j) Índice de Rivolier

$$I = (30 s + 7 t - 150 d) / 35 \quad (12)$$

Equação 12 - Índice de Rivolier

s = número de horas de sol

t = temperatura mensal

d = número de horas de chuva

### 2.1.3.3. Equação de conforto térmico

A equação de conforto térmico permite calcular a acumulação de energia no corpo, S, correspondente a diferença entre o metabolismo desenvolvido no corpo e a transferência de calor para o ambiente. M-W

<b>(M-W)</b>	→ (Metabolismo e Trabalho)	}	<b>= S</b> (Acumulação de calor)	(13)
<b>- 3.05 x 10<sup>-3</sup> (5733-6.99(M-W) - p<sub>vap</sub>)</b>	→ (Difusão de vapor)			
<b>- 0.42 [(M-W) - 58.15]</b>	→ (Transpiração)			
<b>- 1.7 x 10<sup>-5</sup>M (5867 - p<sub>vap</sub>)</b>	→ (Respiração latente)			
<b>- 0.0014 x M (34 - T<sub>a</sub>)</b>	→ (Respiração sensível)			
<b>- 3.96 x 10<sup>-3</sup> f<sub>cl</sub> ((T<sub>cl</sub> + 273)<sup>4</sup> - (T<sub>rad</sub>+273)<sup>4</sup>)</b>	→ (Radiação)			
<b>- f<sub>cl</sub> x h<sub>c</sub> x (T<sub>cl</sub>-T<sub>a</sub>) =</b>	→ (Convecção)			

Equação 13 - equação de conforto térmico

Nesta equação:

- M - Metabolismo, em W/ m<sup>2</sup> (área corporal).
- W - trabalho realizado para o exterior, em W/ m<sup>2</sup> (área corporal)
- P<sub>vap</sub> - pressão parcial do valor de água do ar ambiente, em Pa.
- T<sub>ar</sub> - temperatura seca do ar ambiente, em °C.
- f<sub>vest</sub> - fator de vestuário, adimensional
- T<sub>vest</sub> - temperatura exterior do vestuário, em °C
- T<sub>rad</sub> - temperatura média radiante dos elementos opacos do espaço, em °C.
- H - coeficiente de convecção entre a superfície exterior do vestuário e o ar exterior, em W/ m<sup>2</sup>K (área exterior do vestuário)
- S - termo de acumulação de energia no corpo, em W/ m<sup>2</sup> (área corporal)

De acordo com Lamberts (2002) o termo mais apropriado seria “equação de neutralidade térmica”, uma vez que essa equação apresenta um rearranjo da expressão do balanço térmico, e não uma sensação do conforto. Também pelo fato de que o termo de “equação do conforto térmico” seria mais apropriado ao que as normas citadas denominam de “equação do PMV”. De acordo com as normas, então, a equação de conforto térmico é assim representada:

$$M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) = 3,96 \cdot 10^{-5} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad (14)$$

Equação 14 - Equação do PMV

Nos casos em que não se verifique a expressão de balanço térmico, isto é, em casos onde a geração de calor orgânico não seja igual à dissipação desse calor ao ambiente, existirá um gradiente de calor, e a essa diferença entre o calor gerado pelo corpo e o trocado com o meio ambiente, é denominada de “*carga térmica sobre o corpo*”, *L*. Escrevendo sua expressão em linguagem matemática, a carga térmica é expressa por:

$$L = M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-5} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad (15)$$

Equação 15 - Carga térmica sobre o corpo

#### 2.1.3.4. Coeficiente de Convecção

A norma ISO 7730 define o cálculo do coeficiente de convecção natural e forçada demonstradas respectivamente:

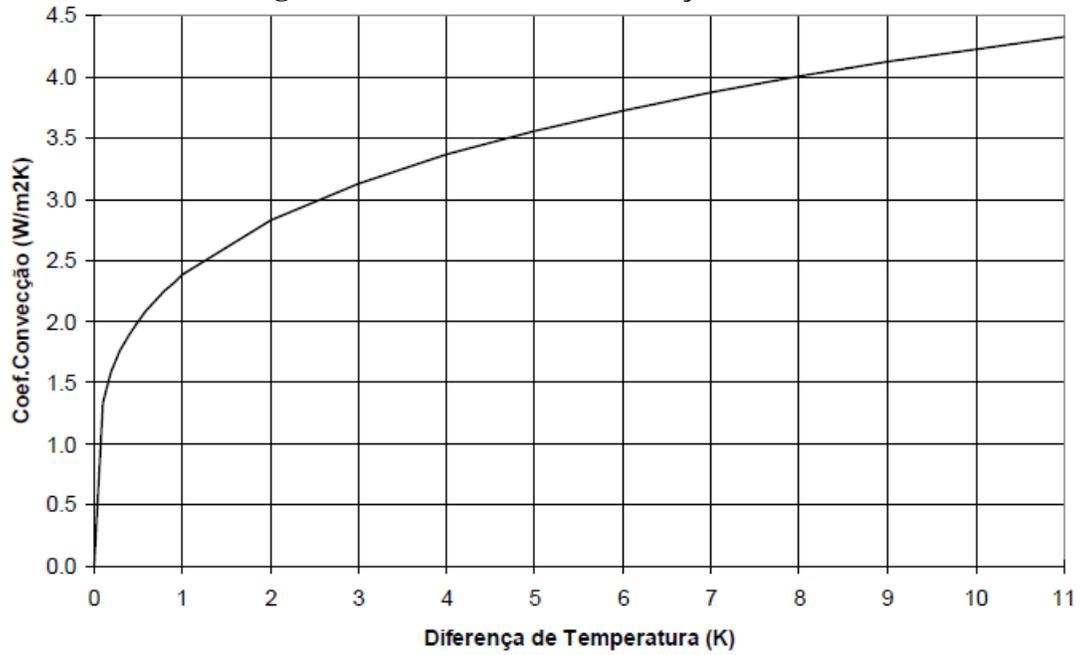
$$h = 2,38 \times (T_{vest} - T_{ar})^{0,25} \quad (16)$$

Equação 16 - Cálculo do coeficiente de convecção natural e forçada

$h = 12,1\sqrt{v}$  (*v* e a velocidade do ar em m/s)

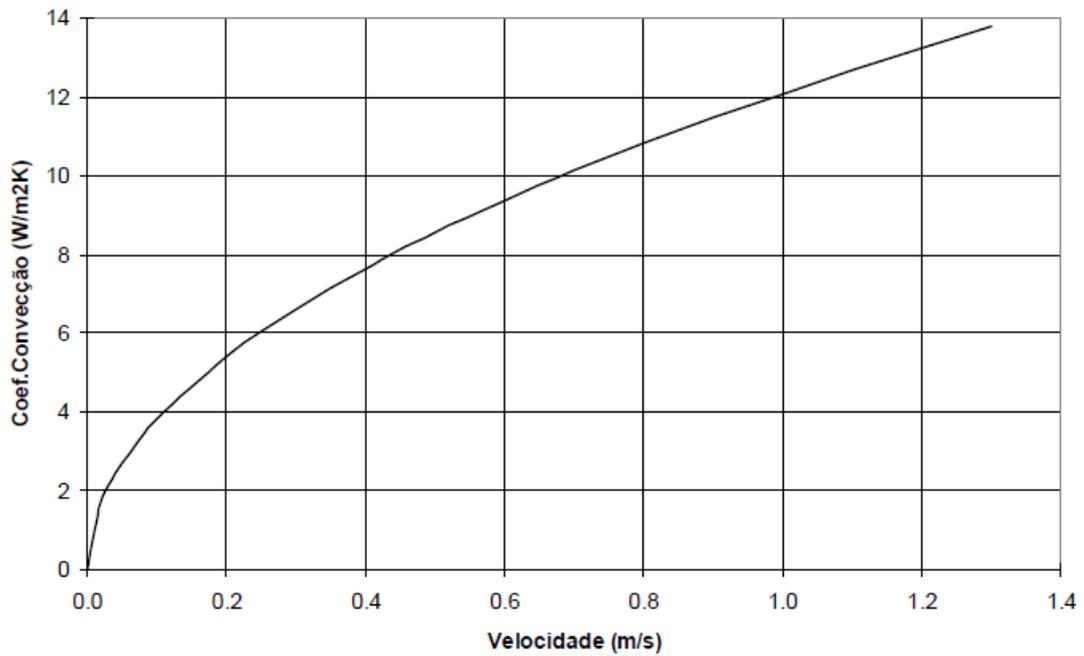
Estas correlações são representadas graficamente nas figuras 7 e 8 apresentadas a seguir.

**Figura 7 - Coeficiente de convecção natural**



Fonte: ÁGUAS, 2001

**Figura 8 - Coeficiente de convecção forçada**



Fonte: ÁGUAS, 2001

### **2.1.3.5. Evaporação**

As perdas por evaporação de água na pele estão relacionadas ao mecanismo permanente de difusão de vapor e as situações de transpiração, resultante da necessidade do corpo em manter uma temperatura constante.

A difusão de vapor depende da diferença de pressão de vapor entre a pele ( $p_{pele}$ ) e a atmosfera ( $P_{vap}$ ) sendo correlacionada por  $3,05 \times 10^{-3}(p_{pele} - P_{vap})$ , em  $W/m^2$ .

Como a pressão de vapor é função da temperatura da pele, a anterior expressão poderá tomar a seguinte forma  $3,05 \times 10^{-3}(256 \times T_{pele} - 3373 - P_{vap})$ , conduzindo a expressão final do termo de evaporação substituindo  $T_{pele}$  pela correlação anteriormente apresentada, função do metabolismo e do trabalho.

### **2.1.3.6. Respiração**

Trata-se de uma perda de calor de pouco significado. Compõe-se de uma carga sensível resultante do aquecimento do caudal de ar de respiração e de uma carga latente por umidificação do ar.

A carga latente está relacionada com a pressão de vapor do ambiente sendo calculada por:  $1,7 \times 10^{-5} M (5867 - p_{vap})$ . Para condições normais ( $p_{vap}=1400$  Pa e metabolismo de  $90 W/m^2$ ) esta carga é de  $7 W/m^2$ , muitas vezes não é considerada.

### **2.1.3.7. Radiação**

A constante  $3,96 \times 10^{-8}$  resulta do produto da constante de Boltzmann pelo fator de forma entre o vestuário e o exterior (toma-se 0,71) e pelo termo relacionado com as emissividades (considera-se uma emissividade da pele e do vestuário de 1 e 0,95, respectivamente).

## **2.1.4. Normativa existente sobre conforto térmico**

A *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers)* e a *ISO (Internacional Organization for Standardization)* são responsáveis pela elaboração das normas referenciadas mundialmente acerca do estudo do ambiente térmico.

**a) *ASHRAE Standard 55-2013- Ambientes térmicos - Condições para ocupação humana***

Norma norte-americana utilizada em estudos de conforto térmico. O objetivo é especificar a combinação de fatores ambientais térmicas interiores e pessoal que irão produzir as condições do ambiente térmico aceitável para a maioria dos ocupantes no interior do espaço. Inclui informações sobre isolamento das vestimentas, medições dos períodos e localizações, desconforto com correntes de ar, juntamente com uma bibliografia atualizada. Considera a temperatura efetiva (TE\*) como índice para definir limites, mas passa a retratar zonas de conforto distintas para o verão e para o inverno.

**b) *ISO 7730/2005 - Ambientes térmicos moderados - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições de conforto***

Esta norma internacional se aplica à avaliação de ambientes térmicos moderados. Descreve como calcular o índice da percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente (PPD), que é a percentagem de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio. Apresenta um método para avaliação de conforto térmico para períodos longos e fornece recomendações de como levar em conta a adaptação de pessoas ao se avaliar e projetar edifícios e sistemas.

**c) *ISO/DIS 7726/96 - Ambientes térmicos - Instrumentos e métodos para a medição dos parâmetros físicos***

O objetivo dessa norma internacional é definir padrões e orientar as medições dos parâmetros físicos de ambientes térmicos, tanto para ambientes moderados, análise de conforto térmico, como ambientes extremos e análises de *stress* térmico. Especifica as características mínimas dos equipamentos e métodos de medição das variáveis físicas. Objetiva apenas a padronização do processo de registro de informações sobre as variáveis, que levem a obtenção do índice global de conforto térmico. Deve ser utilizada como referenda quando se deseja fornecer especificações a fabricantes e usuários de equipamentos de medição de variáveis físicas de um ambiente.

## **2.2. DESEMPENHO TÉRMICO**

Desempenho térmico pode ser definido: maneira como atua ou se comporta alguém ou algo, avaliada em termos de eficiência, de rendimento (Houaiss, 2002). Logo, trataremos o desempenho térmico como a avaliação da temperatura em termos de eficiência. A abordagem de desempenho é, segundo Borges (2008), primeiramente e acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins e não de meios. Desta forma, o autor define que desempenho está relacionado ao resultado final da edificação, sem que haja a determinação da forma de como se atinja este resultado. "Na construção civil, o conceito de desempenho está associado à atuação ou comportamento de algum sistema" (MIRANDA, 2011).

### **2.2.1. NORMATIVAS DE DESEMPENHO TÉRMICO**

As NBR 15220 (2005) e a NBR 15575 (2013) são as normas brasileiras que possuem os referenciais técnicos relacionados ao desempenho térmico. A seguir será apresentado um breve comentário sobre cada uma das partes que as compõe.

#### **2.2.1.1. NBR 15220 - DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES (ABNT, 2005)**

##### **Parte 1 - Definições, símbolos e unidades**

Estabelece as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações.

##### **Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**

Estabelece procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas (resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar) de elementos e componentes de edificações.

##### **Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro**

Estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social. Recomendações e diretrizes construtivas, sem caráter normativo, para adequação climática de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos.

#### **Parte 4 - Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida**

Estabelece o método absoluto para medição, em regime permanente, da resistência térmica e da condutividade térmica de materiais sólidos, usando-se a aparelhagem denominada placa quente protegida, tendo a placa uma largura total ou diâmetro acima de 200 mm e uma largura do anel de guarda entre 1/4 e 1/6 do diâmetro ou da largura total.

#### **Parte 5 - Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico**

Estabelece o método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a resistência térmica em regime estacionário através de corpos-de-prova na forma de placas planas, podendo-se deduzir por cálculo a condutividade térmica. O resultado da medição é a resistência térmica individual do(s) corpo(s)-de-prova submetido(s) ao ensaio, sendo possível então calcular sua condutividade térmica, caso os corpos-de-prova sejam constituídos de material homogêneo.

##### **2.2.1.2. NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013)**

A norma de desempenho NBR 15575 estabelece parâmetros, objetivos e quantitativos que podem ser medidos. Dessa forma, busca-se o disciplinamento das relações entre os elos da cadeia econômica (rastreadibilidade), a diminuição das incertezas dos critérios subjetivos (perícias), a instrumentação do Código de Defesa do Consumidor, o estímulo à redução da concorrência predatória e um instrumento de diferenciação das empresas.

#### **Parte 1: Requisitos Gerais**

Com um caráter de orientação geral, a parte 1 da NBR 15.575 funciona como um índice de referência remetendo, sempre que possível, às partes específicas (estrutura, pisos, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários). Ela também traz aspectos de natureza geral e critérios que envolvem a norma como um todo. Nela, são apresentados o conceito de vida útil do projeto, definição de responsabilidades e parâmetros de desempenho mínimos (compulsório), intermediário e superior.

## **Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;**

A segunda parte da Norma de Desempenho trata dos requisitos para os sistemas estruturais de edificações habitacionais. O texto estabelece quais são os critérios de estabilidade e resistência do imóvel, indicando, inclusive, métodos para medir quais os tipos de impacto que a estrutura deve suportar sem que apresente falhas ou rachaduras.

## **Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;**

Não trata apenas dos pisos internos, mas também dos externos. Ela traz uma concepção do que é sistema de pisos, ressaltando que o desempenho depende da interação de todos os componentes, e não só da camada de acabamento. Apresenta as formas de avaliação do dano mediante o impacto de corpo duro, no critério de fator de planeza, no critério de segurança contra incêndio, desempenho acústico e resistência ao escorregamento. Define o sistema de pisos como a combinação de diversos elementos, o que inclui o contrapiso, por exemplo, e não somente a camada de revestimento ou acabamento.

## **Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;**

Avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos. É utilizada como um procedimento de avaliação do desempenho de sistemas construtivos.

Estabelece critérios relativos ao desempenho térmico, acústico, lumínico e de segurança ao fogo, que devem ser atendidos individual e isoladamente pela própria natureza conflitante dos critérios de medições, por exemplo, desempenho acústico (janela fechada) versus desempenho de ventilação (janela aberta).

## **Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;**

Estabelece os requisitos e critérios de desempenho exigidos dos sistemas de coberturas para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

## **Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários**

Estabelece os requisitos e critérios de desempenho exigidos aos sistemas hidrossanitários de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Trata dos sistemas

hidrossanitários, lista os requisitos para os sistemas prediais de água fria e de água quente, de esgoto sanitário e ventilação, além dos sistemas prediais de águas pluviais.

## 2.3. DESEMPENHO LUMÍNICO

### 2.3.1. Grandezas e Conceitos

Lamberts (1997), conceitua:

- a) **Fluxo Luminoso** ( $\Phi$ ): radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda visíveis (unidade - lm);
- b) **Intensidade Luminosa** ( $I$ ): fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (unidade - cd);
- c) **Curva de Distribuição Luminosa** (CDL): representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano;
- d) **Iluminamento** ( $E$ ): indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte (unidade - lux).

Para Lamberts (1997), as principais variáveis estudadas no conforto lumínico são:

- e) **Contraste:** definido como a diferença entre a Luminância (brilho) de um objeto e a Luminância do entorno imediato deste objeto. Os extremos são o preto de um lado e uma só tonalidade intermediária do outro. A sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da Luminância, que por sua vez é função da iluminação, até certos limites.
- f) **Ofuscamento:** ocorre quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou a uma velocidade muito grande, experimenta-se uma perturbação, desconforto ou até perda da visibilidade, que é chamada de ofuscamento.

### 2.3.2. Fluxo Radiante e Fluxo Luminoso

Fluxo radiante é a potência [W] da radiação eletromagnética emitida ou recebida por um corpo, ou seja, o fluxo radiante pode conter frações visíveis e não visíveis. Por exemplo, quando uma lâmpada incandescente é ligada não é apenas a radiação visível que é vista, a radiação térmica (infravermelho) também pode ser sentida. (PEREIRA E SOUZA, 2001).

Fluxo luminoso, de acordo com Corbella (2003), é a quantidade de energia luminosa que sai da fonte por unidade de tempo. A unidade de medida é o lúmen

(quantidade de energia luminosa que sai de uma fonte pontual de uma candela, na unidade de ângulo sólido, por segundo).

### **2.3.3. Eficiência Luminosa**

Para Pereira e Souza (2001), eficiência luminosa é a habilidade da fonte de converter potência em luz. Isso nos dá a possibilidade de poder comparar duas fontes luminosas, verificando qual delas proporcionará um maior rendimento. Uma fonte de luz ideal seria aquela que converteria toda sua potência de entrada (W) em luz (lm), porém, toda fonte de luz converte parte da potência em radiação infravermelho ou ultravioleta.

### **2.3.4. Iluminância**

Ainda de acordo com Pereira e Souza (2001) quando a luz emitida por uma fonte atinge uma superfície, esta superfície será iluminada. Assim, iluminância (E), é a medida da quantidade de luz incidente numa superfície por unidade de área. Sua unidade no sistema internacional é lúmen/ m<sup>2</sup> ou lux (lx). O valor da iluminância pode ser influenciado por dois fatores:

a) A distância entre a fonte e a superfície: quanto mais distante da fonte luminosa, o fluxo luminoso se expande cada vez mais, tornando-se menos denso;

b) O ângulo entre o feixe luminoso e o vetor normal a superfície: quando o fluxo luminoso é paralelo ao vetor normal à superfície, tem-se a iluminância máxima. Em situações em que o fluxo luminoso é perpendicular ao vetor normal da superfície a iluminância será nula. Para posições intermediárias, a iluminância varia de zero ao valor máximo.

Na prática, iluminância é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro.

### **2.3.5. Luminância**

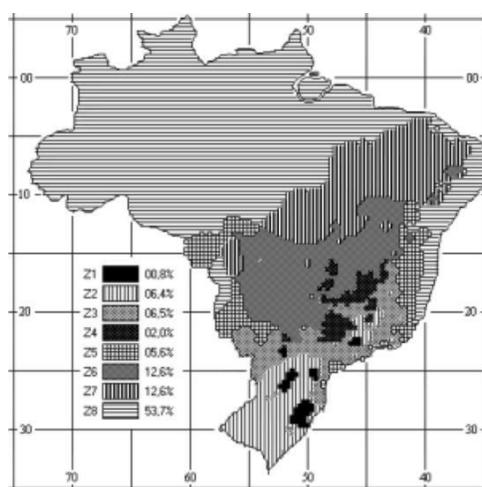
Luminância pode ser considerada como uma medida física do brilho de uma superfície iluminada ou fonte de luz, sendo através dela que os seres humanos enxergam. A Luminância é, portanto uma excitação visual e a sensação de brilho é a resposta visual desse estímulo (FINOCCHIO, 2014).

## 2.4. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

### 2.4.1. Zoneamento Bioclimático Brasileiro

As estratégias bioclimáticas quando utilizadas corretamente no processo de concepção do projeto arquitetônico, proporcionam melhoras nas condições de conforto térmico e redução no consumo de energia. A NBR 15220-3 (2005) estabelece uma subdivisão das condições climáticas brasileiras para projetos. Esta subdivisão é denominada zoneamento bioclimático brasileiro, Figura 9.

**Figura 9 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220-3, 2005)**



Fonte: LAMBERTS, 2007

Para cada zoneamento bioclimático existem estratégias bioclimáticas consideradas adequadas para utilização nas edificações. O município de Várzea Grande é classificado como Zona Bioclimática 7, zona esta que ocupa 12,6% do território brasileiro e que engloba parte das regiões Centro-Oeste e Nordeste e algumas cidades do Sudeste e Norte.

Dentre as diretrizes construtivas recomendadas destacam-se: aberturas para ventilação pequenas, compreendendo 10-15% da área de piso e sombreadas. A parede deve ser pesada com Transmitância Térmica ( $U < 2,20 \text{ w/ m}^2\text{k}$ ; Atraso Térmico ( $(p) > 6,5\text{h}$  e Fator de Calor Solar ( $FCS < 3,5\%$  e com cobertura também pesada apresentando  $U < 2,00 \text{ w/ m}^2\text{k}$ , ( $p > 6,5\text{h}$  e  $FCS < 6,5\%$ ).

### 2.2.3. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA VÁRZEA GRANDE

"A utilização de estratégias bioclimáticas e equipamentos energeticamente eficientes, em edificações corretamente planejadas desde a fase de projeto, podem reduzir significativamente o consumo de energia" (OLIVEIRA, 2007).

Para amenizar o desconforto causado pelas altas temperaturas no município são necessárias estratégias bioclimáticas, dentre elas destacam-se: a ventilação, o resfriamento evaporativo e a utilização de cores apropriadas. Devido a grande disponibilidade de luz solar, que favorece o uso da iluminação natural como recurso fácil a ser aplicado nos projetos arquitetônicos.

Das estratégias indicadas para a correção do calor, a ventilação é proposta em maior quantidade, com 56,2%. As estratégias que podem ser utilizadas em conjunto são resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, indicadas em proporções quase equivalentes, com 20,2% e 19,6% respectivamente (APOLÔNIO, 2010)

Conforme o relatório, a insuficiência das estratégias passivas para o clima de Várzea Grande deve ser suprida em 8,55% das horas de desconforto com ar condicionado.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O estado de Mato Grosso encontra-se em uma região privilegiada, pois, apresenta três tipos de biomas, sendo: cerrado, pantanal e floresta amazônica.

Várzea Grande está localizada ao sul do estado de Mato Grosso (figura 10) é a segunda cidade mais populosa do estado, a 7ª mais populosa do centro oeste, a 99ª cidade mais populosa do Brasil. Segundo os dados do Censo demográfico realizado pelo IBGE em 2011, a população de Várzea Grande era de 259.329 pessoas. Está em conurbação com a capital Cuiabá, da qual se separa apenas pelo rio que empresta o seu nome à capital, o rio Cuiabá, (Figura 11).

**Figura 10 – Localização do município de Várzea Grande**



Fonte: [www.mtseusmunicipios.com.br](http://www.mtseusmunicipios.com.br)

**Figura 11 - Localização de Várzea Grande no mapa do estado e suas vias de acesso**



Fonte: [www.mtseusmunicipios.com.br](http://www.mtseusmunicipios.com.br)

Várzea Grande e Cuiabá juntas somam 834.060 habitantes e sua região metropolitana possui quase um milhão de habitantes. É o segundo maior município do estado de Mato Grosso e o 99º do Brasil quando refere a população, (IBGE, 2011).

De acordo com a matéria publicada no jornal oficial eletrônico dos municípios do estado de Mato Grosso no dia 21/08/2013, a cidade de Várzea Grande nasceu da doação de uma sesmaria aos índios Guanás - considerados mansos pelos portugueses e hábeis canoeiros e pescadores, em 1832 por parte do Governo Imperial, daí a denominação Várzea Grande dos Guanás. Foi caminho obrigatório das boiadas que vinham de Rosário do Rio Acima (hoje Rosário Oeste) em busca de Cuiabá/ MT.

Contudo, segundo a história tradicional, sua fundação está intimamente ligada ao acampamento militar construído durante a guerra com o Paraguai, supostamente nas imediações do atual centro da cidade, o Acampamento Couto Magalhães. No entanto, este acampamento militar, que dava suporte à capital do estado durante a guerra, e que foi estabelecido, a 15 de Maio de 1867, pelo General, advogado e mineiro da cidade de Diamantina/MG, José Vieira Couto de Magalhães, se localizava na margem esquerda do Rio Cuiabá, ou seja, do lado da cidade de Cuiabá, próximo da barra do rio Coxipó.

Várzea Grande é predominantemente comercial e industrial, sendo a agricultura de subsistência. Através de incentivos fiscais e doações de terras, indústrias se instalaram na região, constituindo, juntamente com a capital, o principal polo industrial do estado. Várzea Grande foi nomeada em 2010 a cidade mais industrial e comercial do estado de Mato Grosso superando até a famosa Rondonópolis e ficando em 26º lugar em questão nacional.

Segundo os dados do Censo demográfico realizado pelo IBGE(2011), a população de Várzea Grande está concentrada quase que totalmente na área urbana. Nada mais do que 255.449 pessoas (98,46%) do total de habitantes vivem na zona urbana, restando apenas 3.880 habitantes (1,54%) na zona rural.

A maior parte da população de 255.449 habitantes é composta por mulheres: são 128.651 mulheres (50,39%) contra 126.798 homens (49,61%). Como sua população registrada em 2000 era de 215.298 habitantes, Várzea Grande cresceu 17,37% em dez anos ou 1,61% ao ano, com um crescimento absoluto de 37.411 pessoas nesse período (IBGE, 2011).

Várzea Grande faz limite com os municípios de Cuiabá, Santo Antônio de Leverger, Nossa Senhora do Livramento, Acorizal e Jangada (figura 13). O território do município fazia parte de Cuiabá, antes de ser desmembrado. Entre as duas cidades há somente o Rio Cuiabá como limite (MAITELLI, 1994).

O mesmo autor destaca que o cerrado domina na região, com matas mais densas em beiras de rios e áreas úmidas, já se observando uma tendência de transição com o Pantanal. Várzea Grande se localiza a mais de 180 m do nível do mar, isso faz com que a cidade seja mais alta que a capital. Várzea Grande, assim como Cuiabá, tem o clima tropical quente-úmido, a amplitude térmica varia muito de 12°C a 32°C.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

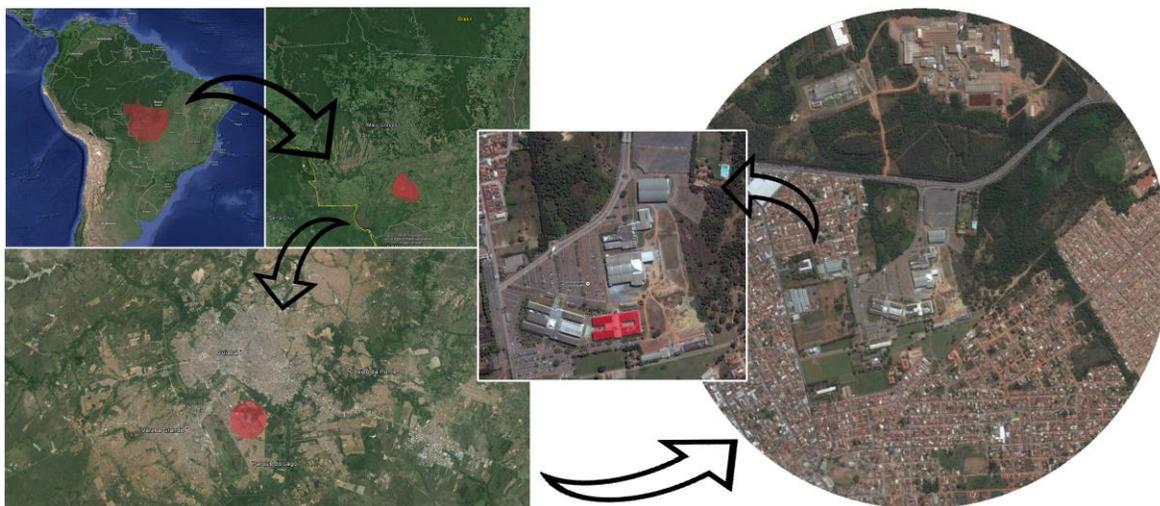
### **4.1. MATERIAIS**

#### **4.1.1. EDIFICAÇÃO ANALISADA**

Esta pesquisa foi realizada em ambientes de um centro universitário localizado na cidade de Várzea Grande/ MT (figura 12), esta edificação possui caráter público.

Foi analisado apenas o pavimento térreo da edificação com quatro ambientes diferenciados com fachadas alternadas para a direção leste e oeste, utilizando o mesmo sistema construtivo, sistema de iluminação e refrigeração.

**Figura 12 - Localização do centro universitário em Várzea Grande – MT.**



Fonte – Google Earth, 2014

O prédio possui uma área total de 9.730,72m<sup>2</sup>, (dividida em dois pavimentos com 4.865,36 m<sup>2</sup>). A atividade realizada nas salas é típica de ambientes acadêmicos, sendo feito o uso constante de computadores e manuseio de papéis. O sistema de condicionamento de ar é do tipo janela, visto que toda a parte do edifício é condicionada, excluindo-se apenas caixas de escadas, banheiros, áreas de circulação, área de convivência e de serviço.

O partido arquitetônico da edificação é marcado pelo perfil H (figura 12), nas fachadas frontal, lateral direita, lateral esquerda e posterior, não apresenta sombreamentos horizontais (brises) . A cor predominante das fachadas é amarelo claro, branco e azul claro. (Figura 13)

O sistema construtivo dos ambientes acadêmicos apresentam os mesmos materiais, eles são os convencionais sendo tijolos cerâmicos de oito furos, a parede de meia vez, com reboco e argamassa, para cobertura foi empregada telha ondulada em alumínio do tipo sanduiche, as esquadrias são em alumínio com os vidros transparentes, deixando passar a radiação.

**Figura 13 - Fachada do local de estudo em Várzea Grande**

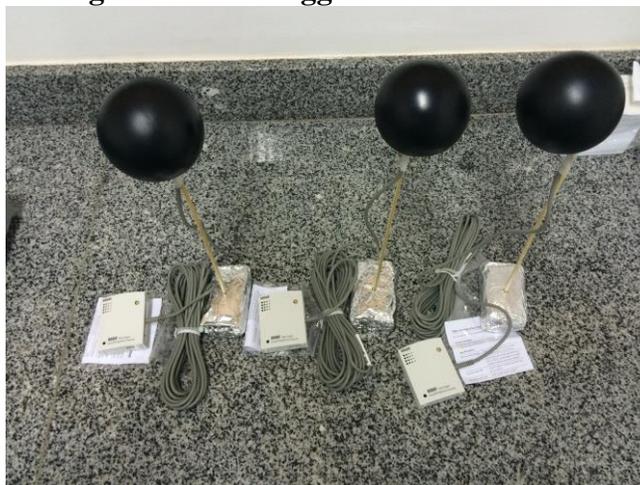


Fonte: Acervo próprio

#### **4.1.2. INSTRUMENTAÇÃO**

Para realizar a avaliação do conforto e eficiência energética dos ambientes estudados empregaram quatro *dataloggers* calibrados modelo HOBO U12-012 (figura 16), da marca ONSET. Foram realizadas medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar, iluminação e temperatura do globo para determinação da temperatura radiante de cada ambiente.

**Figura 14 -Dataloggers HOBO U12-012**



Fonte: Acervo próprio

Para a determinação da temperatura do globo foi adicionado um cabo com sensor de medição de temperatura ao aparelho, modelo TMC 20 HD (figura 17), com sensor na faixa de utilização de -20 a +70°C que foi inserido no centro do globo negro de plástico para substituir o globo com esfera de cobre convencional, Figura 14 e Figura 15.

**Figura 15 - Dataloggers com o globo de plástico**



Fonte: Acervo próprio

**Figura 16 - Datalogger HOB0 U12-012**



Fonte: onsetcomp.com

**Figura 17 - Cabo TMC20HD**



Fonte: onsetcomp.com

Entrada externa  
do cabo



## 4.2. MÉTODO

Nesta pesquisa os dados foram obtidos por meio de medições *in loco* e visitas no ambiente acadêmico. Esses resultados subsidiaram as análises do desempenho térmico, lumínico e eficiência energética. Foram registrados os dados por um período de 32 dias consecutivos em quatro ambientes, com no mínimo um ponto para cada ambiente.

Os ambientes foram selecionados permitindo a análise das fachadas com incidência solar no período matutino e vespertino como situação mais desfavorável devido à sombra da edificação e a incidência solar na edificação, considerando os pontos mais críticos da radiação solar.

Todos os ambientes foram medidos de 21/10/2014 a 01/12/2014, e todos os quatro *dataloggers* apresentavam os sensores com respectivos globos negros. Os equipamentos foram colocados sobre as mesas de trabalho dos servidores exceto no setor de almoxarifado porque tem movimentos contínuos com equipamentos maiores (armários, mesas, caixa de som entre outros) que poderiam deslocar o equipamento e vir a prejudicar a coleta dos dados. Desta maneira, os dados que foram obtidos representaram as sensações dos usuários no ambiente de trabalho.

Os valores coletados registraram os sistemas de iluminação e refrigeração artificiais demonstrando pequena variação na temperatura e iluminação locais. Também foram registrados os finais de semana onde nesses períodos não apresentaram o uso de condicionamento de ar e outros equipamentos elétricos.

Por se tratar de um ambiente acadêmico com funcionamento nos períodos matutino, vespertino e noturno (até as 22horas) e apresentar períodos com e sem expedientes, optou-se pela análise dos dados levando em consideração os dias de semana e os finais de semana.

Para verificação e análise dos resultados coletados aplicou-se o Método de Fanger. No *software CBE Thermal Comfort Tool* alimentou-se com os dados da vestimenta utilizado em clo, o tipo de atividade desenvolvida pelos funcionários, média da temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa do ar, velocidade do ar e altitude do ambiente. Com esses dados foram geradas as informações PMV e PPD. O valor para atividade sedentária de ambiente acadêmico e vestimenta do ambiente de trabalho foi considerado 0,85 clo com atividade metabólica de 70 W/ m<sup>2</sup>.

Os valores referentes ao ambiente externo foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, estação do aeroporto internacional Marechal Rondon. No ambiente interno, utilizou-se *dataloggers* modelo HOBO U12-012, da marca ONSET.

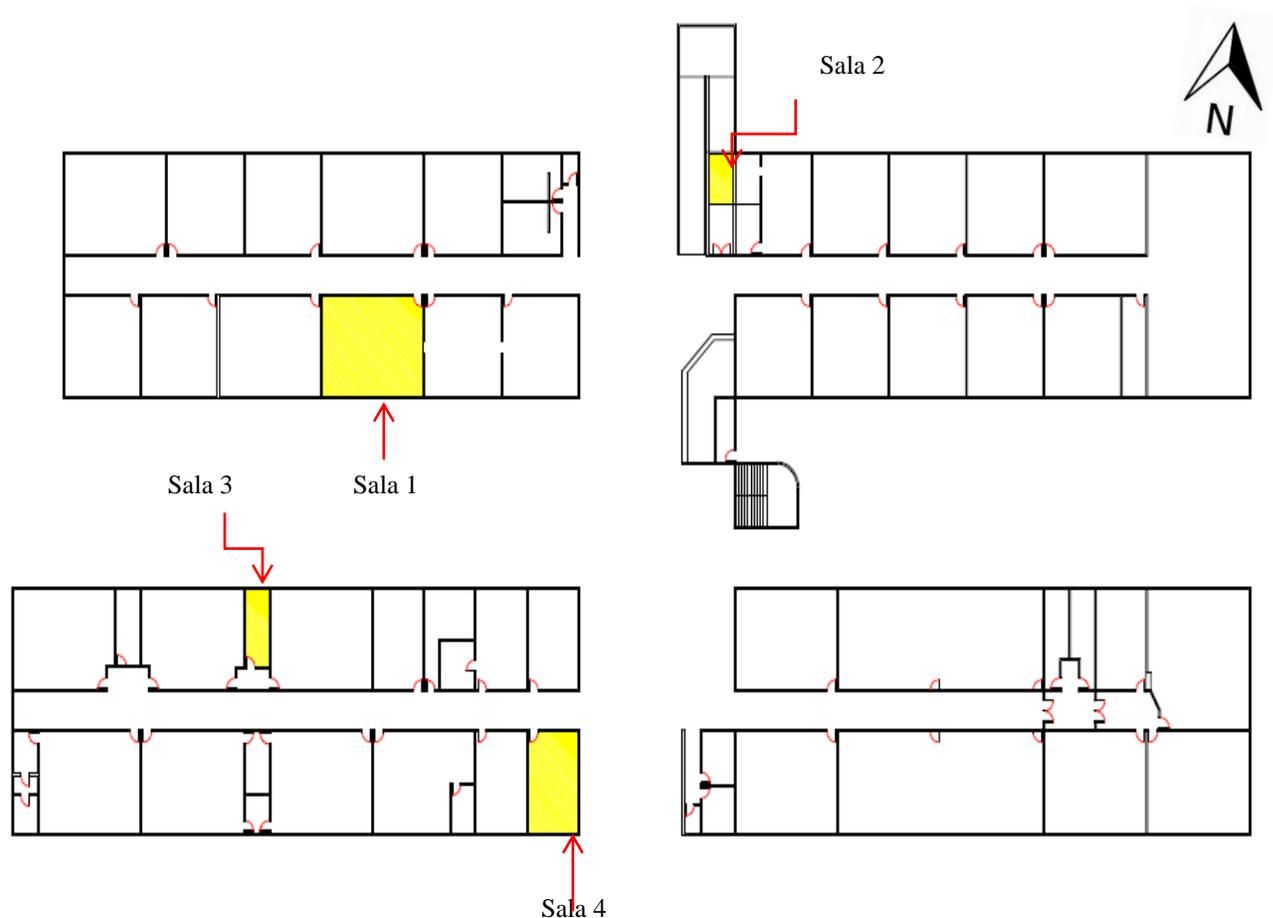
A análise da iluminação foi realizada seguindo a NBR 8995-1 (ABNT, 2013) para iluminância de interiores, que especifica os valores mínimos e máximos de iluminância conforme as atividades que são realizadas nos ambientes. Foram registradas e realizadas análises comparativas também nos horários fora do expediente para constatar da iluminação natural ao ambiente.

Foi aplicado um questionário com o objetivo de verificar o nível de satisfação dos usuários nos ambientes estudados e compará-los com os resultados coletados.

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os resultados coletados pelo *datalogger* nos ambientes acadêmicos pesquisados conforme apresentados em planta de situação conforme figura 18

**Figura 18 - Planta dos ambientes acadêmicos pesquisados**



Onde:

Sala 1 = Sala Docentes;

Sala 2 = Almoxarifado;

Sala 3 = Laboratório;

Sala 4 = Sala Pró-Reitoria.

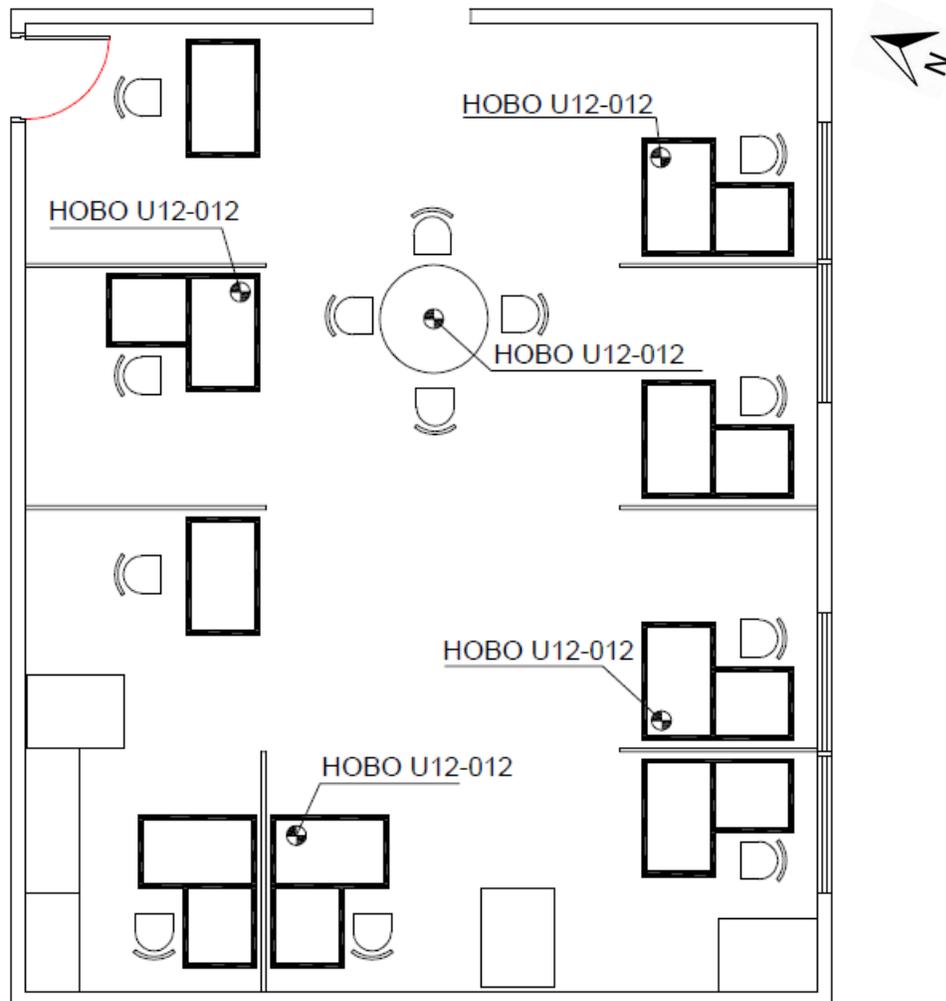
Segue a distribuição do mobiliário por ambiente pesquisado e alocação dos aparelhos registradores das variáveis temperaturas do ar, umidade relativa do ar, iluminância e temperatura de globo.

## 5.1. SALA DOCENTE

### 5.1.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE

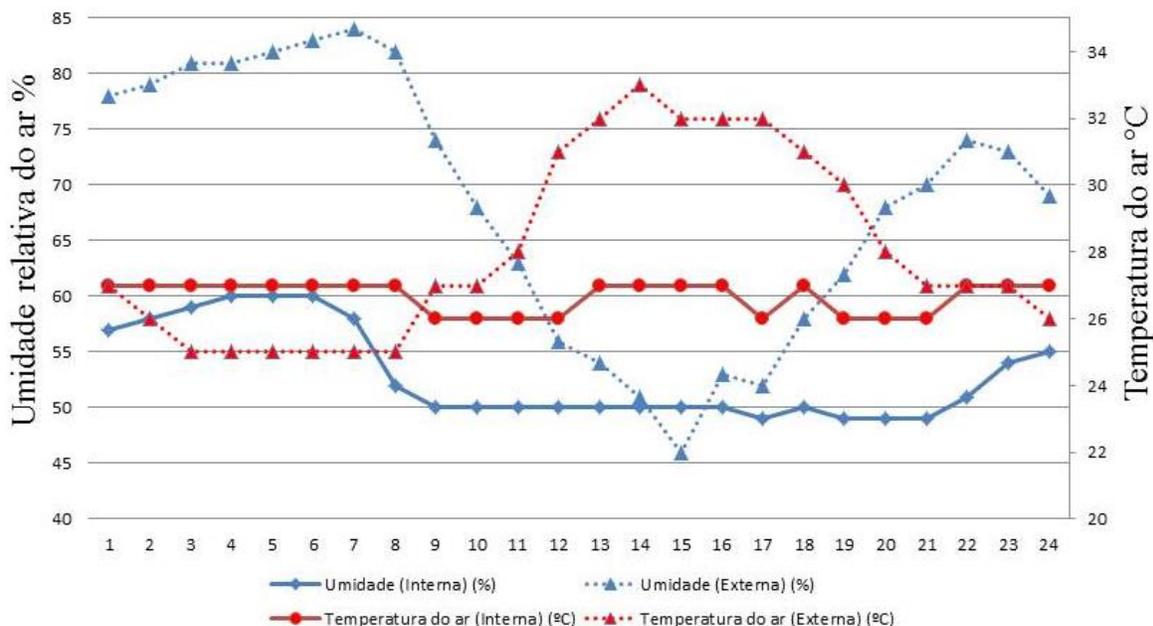
A seguir, Figura 19, apresenta-se o *lay-out*, com o posicionamento dos *dataloggers* no ambiente escolhido. Os registros dos dados a serem analisados serão: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura de globo (°C) e iluminação (lux).

**Figura 19 - Sala 1: Posicionamento dos dataloggers na Sala Docente.**



Na Figura 20 e na Tabela 4, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 20 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente**



**Tabela 4 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	57	27	78	27
01:00	58	27	79	26
02:00	59	27	81	25
03:00	59	27	81	25
04:00	60	27	82	25
05:00	60	27	83	25
06:00	58	27	84	25
07:00	52	27	82	25
08:00	50	26	74	27
09:00	50	26	68	27
10:00	50	26	63	28
11:00	50	26	56	31
12:00	50	27	54	32
13:00	50	27	51	33
14:00	50	27	46	32
15:00	50	27	53	32
16:00	49	26	52	32
17:00	50	27	58	31
18:00	49	26	62	30
19:00	49	26	68	28
20:00	49	26	70	27
21:00	51	27	74	27
22:00	54	27	73	27
23:00	55	27	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 08h às 20h, nesse período o ambiente encontra-se climatizado na maior parte do tempo. Observando a Figura 20 e a Tabela 4 visualizamos um pequeno acréscimo na temperatura das 12:00h às 15:00h devido a ausência de colaboradores nesse período, tornando-se dispensável o uso de condicionadores de ar.

Ainda observando a Figura 20 e na Tabela 4 podemos afirmar que para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 08h às 20h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa que apresenta variações mais acentuadas durante o período.

Desempenho térmico segundo a NBR 15575/2013:

$$Temp_{ext.máx.} = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Temp_{int.máx.} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

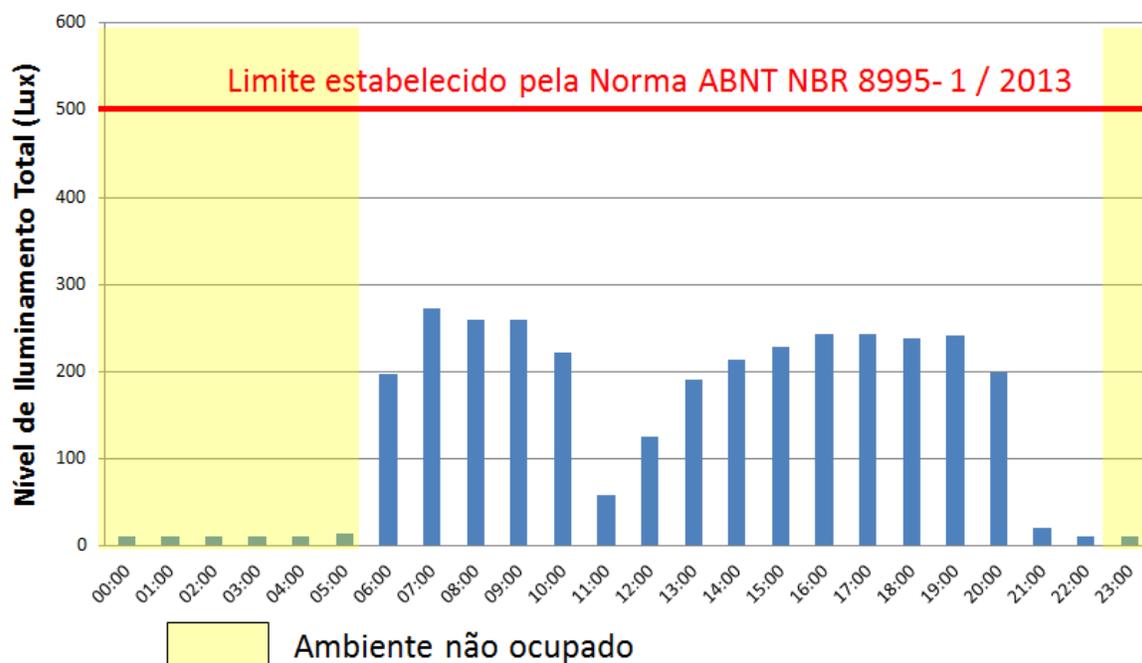
$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Portanto:

$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} > 4 \rightarrow \textit{Superior}$$

Para iluminância (lux) observa-se na Figura 21 e na Tabela 5 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 21 - Nível de iluminação total no ambiente Sala Docente**



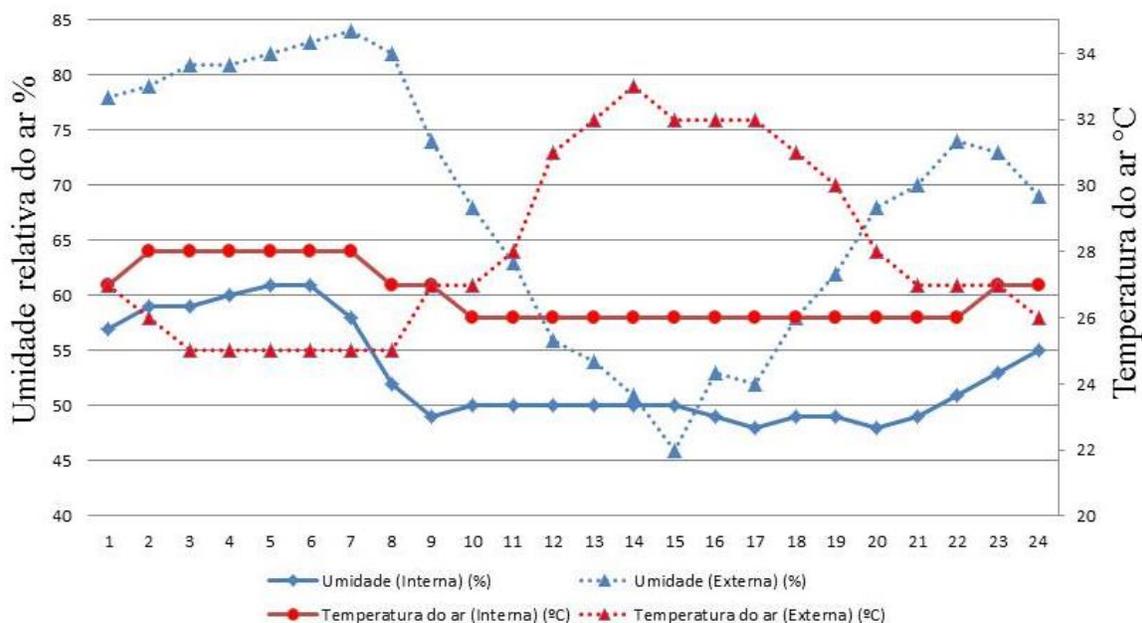
**Tabela 5 – Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente**

DATA	Intensidade, (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	14
06:00	198
07:00	272
08:00	260
09:00	259
10:00	222
11:00	58
12:00	126
13:00	191
14:00	213
15:00	229
16:00	243
17:00	244
18:00	238
19:00	242
20:00	200
21:00	22
22:00	12
23:00	12

### 5.1.1.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE NOS DIAS DA SEMANA.

Na Figura 22 e na Tabela 6, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 22 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana.**



**Tabela 6 – Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente nos dias de semana**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	57	27	78	27
01:00	59	28	79	26
02:00	59	28	81	25
03:00	60	28	81	25
04:00	61	28	82	25
05:00	61	28	83	25
06:00	58	28	84	25
07:00	52	27	82	25
08:00	49	27	74	27
09:00	50	26	68	27
10:00	50	26	63	28
11:00	50	26	56	31
12:00	50	26	54	32
13:00	50	26	51	33
14:00	50	26	46	32
15:00	49	26	53	32
16:00	48	26	52	32
17:00	49	26	58	31
18:00	49	26	62	30
19:00	48	26	68	28
20:00	49	26	70	27
21:00	51	26	74	27
22:00	53	27	73	27
23:00	55	27	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 09h às 21h, nesses períodos os ambientes encontram-se predominantemente climatizados (Fig. 22 e Tab. 6).

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 08h às 20h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Figura 22 e na Tabela 6.

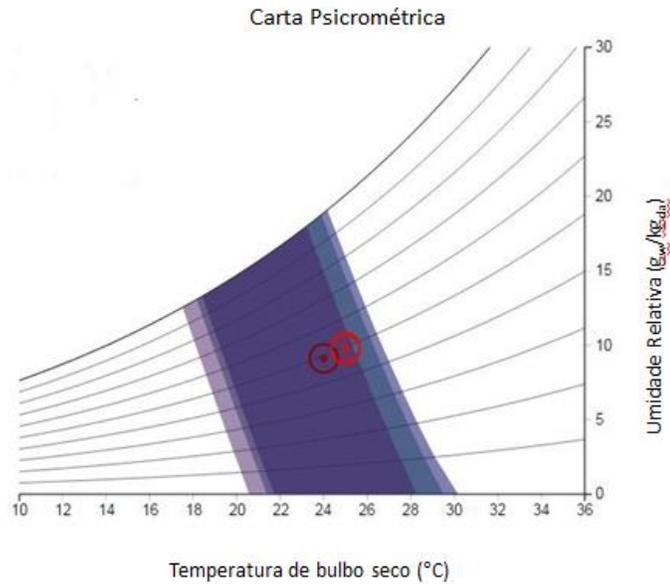
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Após análise dos resultados nesse ambiente, observou-se que para os **dias da semana** (Tabela 7 e Figura 23) a sensação térmica no período da manhã apresentava-se NEUTRA e para os períodos da tarde e noite LEVEMENTE QUENTE, podendo ser justificado pelo PMV que prevê o valor médio das taxas de desconforto fornecidas por grupo de pessoas, com valores de 0,46, 0,72 e 0,73 para manhã tarde e noite respectivamente, ainda dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 7 – Condições de conforto para a Sala Docente nos dias de semana**

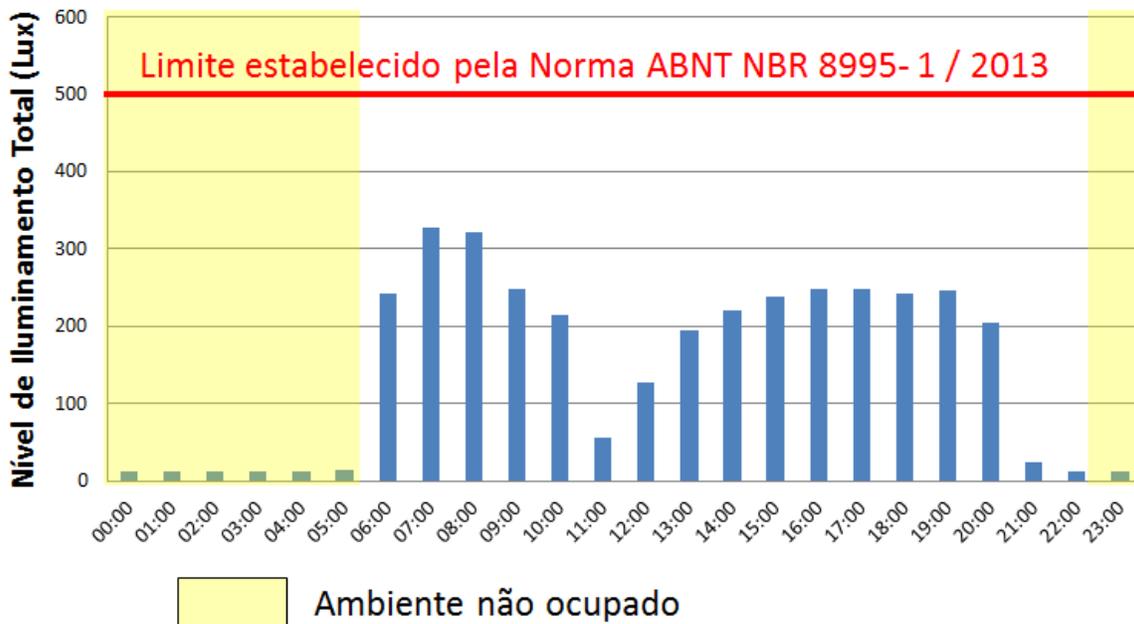
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,46	0,72	0,73
PPD (%)	9	16	16
SENSAÇÃO	NEUTRA	Levemente quente	Levemente quente
SET (°C)	26,8	27,8	27,9
Temperatura do ar (°C):	25	26	26
Temperatura média radiante (°C):	25	26	26
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	50	49	50
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 23 - Carta psicrométrica para a Sala Docente nos dias da semana.**



Para iluminância (lux), observa-se na Figura 24 e na Tabela 8 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 24 - Nível de iluminamento total no ambiente Sala Docente nos dias de semana.**



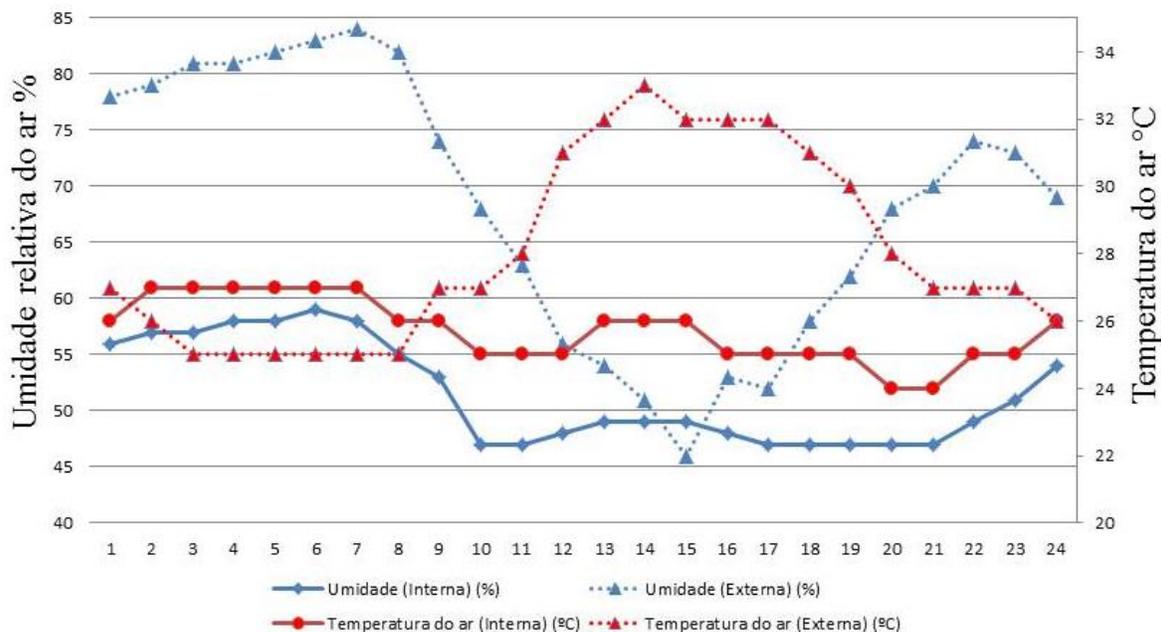
**Tabela 8 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente nos dias da semana.**

DATA	Intensidade, (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	14
06:00	243
07:00	327
08:00	321
09:00	248
10:00	214
11:00	55
12:00	126
13:00	194
14:00	220
15:00	237
16:00	248
17:00	248
18:00	242
19:00	246
20:00	204
21:00	23
22:00	12
23:00	12

### 5.1.1.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: SALA DOCENTE NOS FINS DE SEMANA

Na Figura 25 e na Tabela 9, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 25 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.**



**Tabela 9 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Sala Docente nos fins de semana**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	56	26	78	27
01:00	57	27	79	26
02:00	57	27	81	25
03:00	58	27	81	25
04:00	58	27	82	25
05:00	59	27	83	25
06:00	58	27	84	25
07:00	55	26	82	25
08:00	53	26	74	27
09:00	47	25	68	27
10:00	47	25	63	28
11:00	48	25	56	31
12:00	49	26	54	32
13:00	49	26	51	33
14:00	49	26	46	32
15:00	48	25	53	32
16:00	47	25	52	32
17:00	47	25	58	31
18:00	47	25	62	30
19:00	47	24	68	28
20:00	47	24	70	27
21:00	49	25	74	27
22:00	51	25	73	27
23:00	54	26	69	26

Observa-se na Figura 25 e na Tabela 9 acima que a temperatura do ar interna (°C) permanece praticamente constante nesse período, isso se deve ao fato da ausência de expediente e dos ambientes permanecerem fechados.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registradas pequenas variações justificadas pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme pode ser observado na Tabela 9.

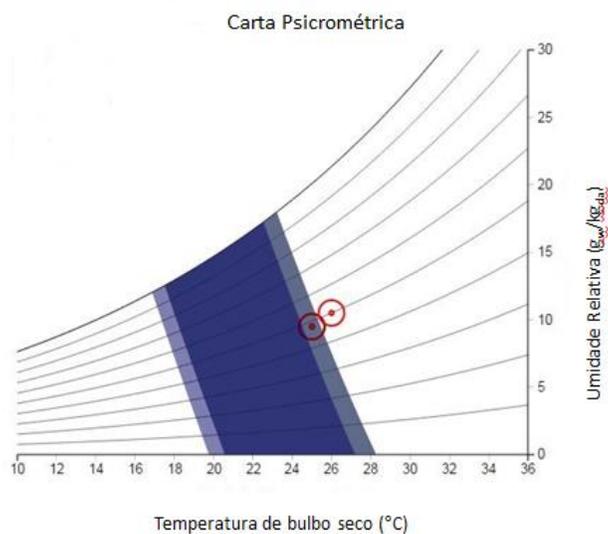
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Para os finais de semana (Tabela 10 e Figura 26) a sensação térmica no período da manhã apresentava-se LEVEMENTE QUENTE e para os períodos da tarde e noite NEUTRA, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,73, 0,44 e 0,44 para manhã tarde e noite, respectivamente. Também dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 10 - Condições de conforto para a Sala Docente nos fins de semana.**

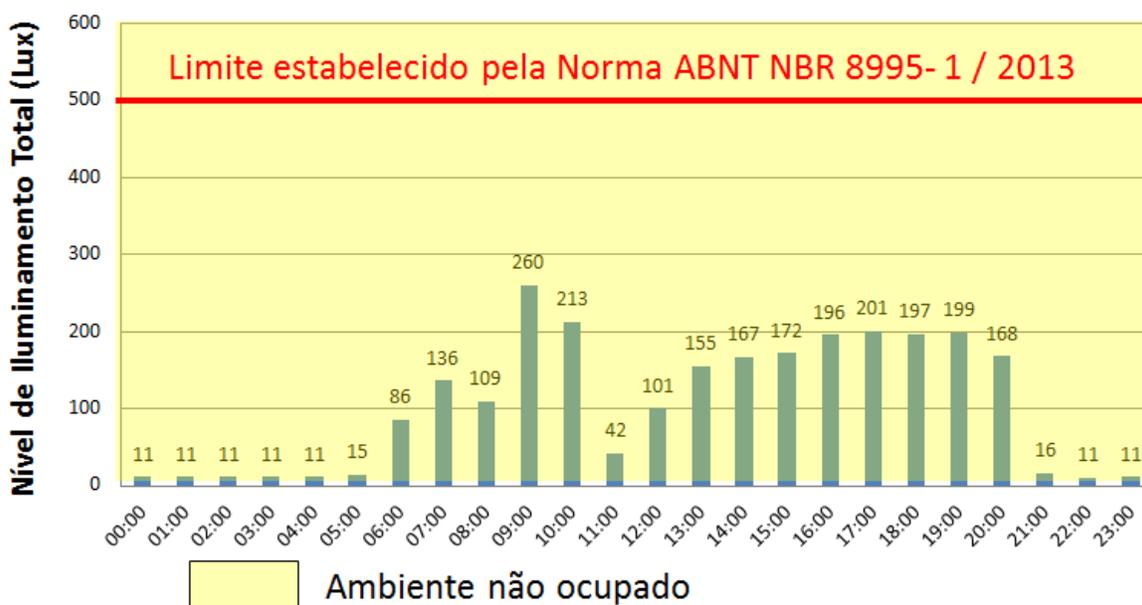
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,73	0,44	0,44
PPD (%)	16	9	9
SENSAÇÃO	Levemente quente	NEUTRA	NEUTRA
SET (°C)	27,9	26,8	26,8
Temperatura do ar (°C):	26	25	25
Temperatura média radiante (°C):	26	25	25
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	50	48	48
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 26 - Carta psicrométrica para a Sala Docente nos fins de semana.**



Para iluminância (lux) observa-se na Figura 26 e na Tabela 11 que os valores obtidos são insuficientes e apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 26 - Nível de iluminamento total no ambiente Sala Docente nos fins de semana.**



**Tabela 11 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Sala Docente nos fins de semana.**

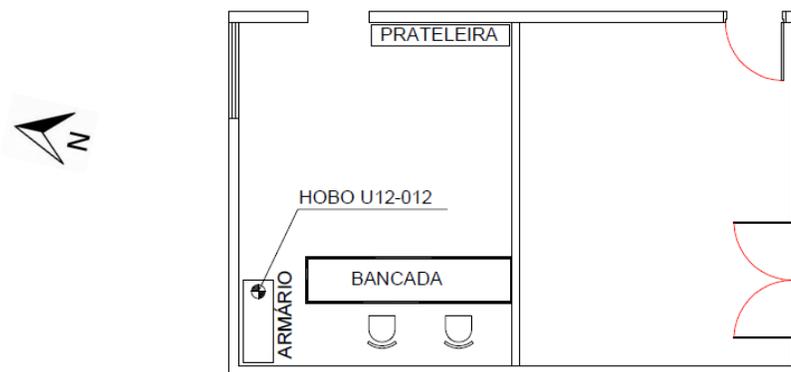
DATA	Intensidade, (Lux)
00:00	11
01:00	11
02:00	11
03:00	11
04:00	11
05:00	15
06:00	86
07:00	136
08:00	109
09:00	260
10:00	213
11:00	42
12:00	101
13:00	155
14:00	167
15:00	172
16:00	196
17:00	201
18:00	197
19:00	199
20:00	168
21:00	16
22:00	11
23:00	11

## 5.2. – ALMOXARIFADO.

### 5.2.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO.

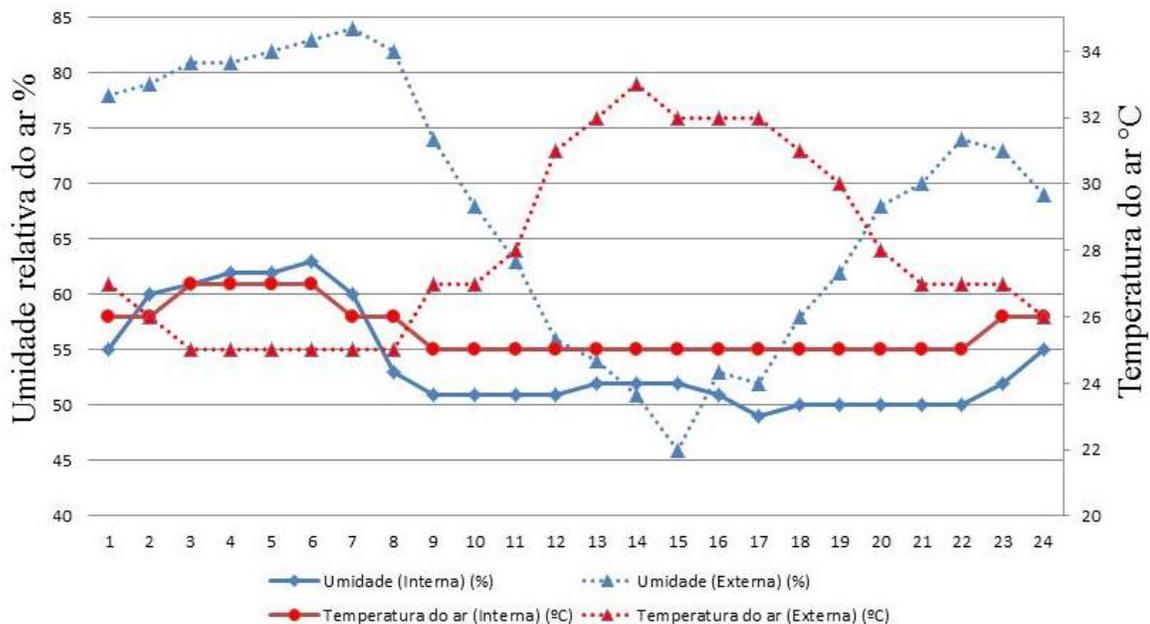
A Figura 27 apresenta o *lay-out*, com o posicionamento do *datalogger* no ambiente escolhido. Os registros dos dados a serem analisados serão: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura de globo (°C) e iluminação (lux).

**Figura 27 - Posicionamento do datalogger na Sala 2: Almojarifado**



Na Figura 28 e na Tabela 12, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 28 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente**



**Tabela 12 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almoxarifado.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	58	26	78	27
01:00	60	26	79	26
02:00	61	27	81	25
03:00	62	27	81	25
04:00	62	27	82	25
05:00	63	27	83	25
06:00	60	26	84	25
07:00	53	26	82	25
08:00	51	25	74	27
09:00	51	25	68	27
10:00	51	25	63	28
11:00	51	25	56	31
12:00	52	25	54	32
13:00	52	25	51	33
14:00	52	25	46	32
15:00	51	25	53	32
16:00	49	25	52	32
17:00	50	25	58	31
18:00	50	25	62	30
19:00	50	25	68	28
20:00	50	25	70	27
21:00	50	25	74	27
22:00	52	26	73	27
23:00	55	26	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 08h às 21h, nesses períodos os ambientes encontram-se predominantemente climatizados, conforme podemos observar na Figura 28 e na Tabela 12 acima.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 08h às 21h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Tabela 12 acima.

Desempenho térmico segundo a NBR 15575/2013:

$$Temp_{ext.máx.} = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

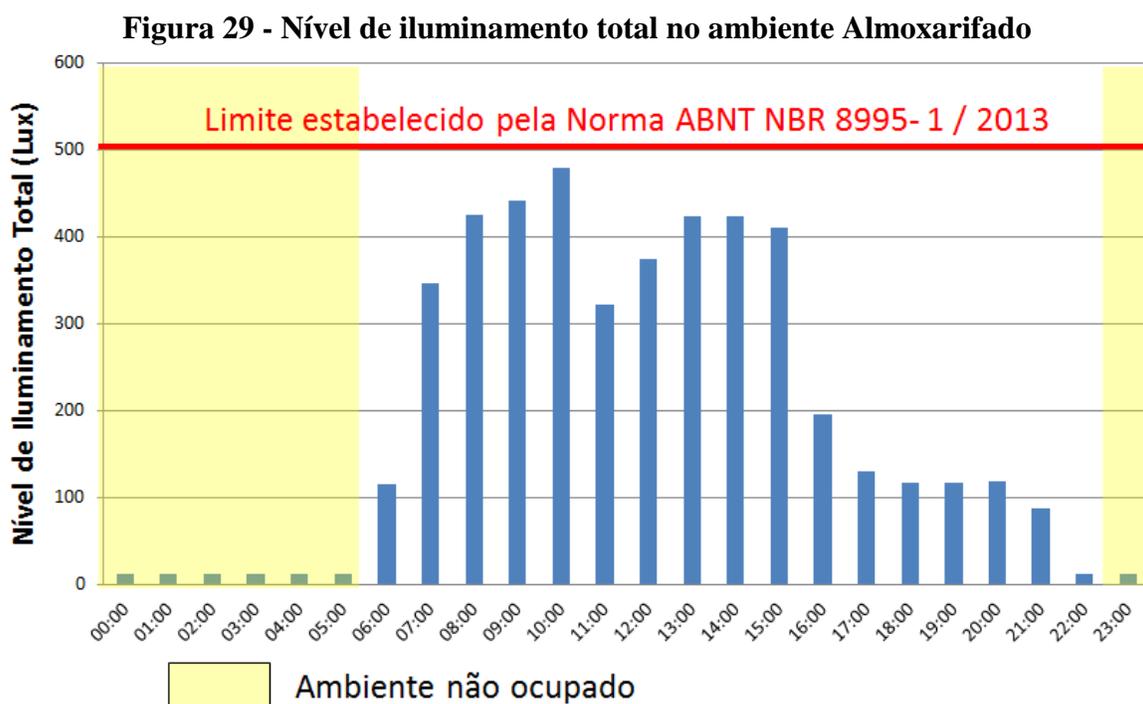
$$Temp_{int.máx.} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Portanto:

$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} > 4 \rightarrow Superior$$

Para iluminância (lux), percebe-se na Figura 29 e na Tabela 13 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).



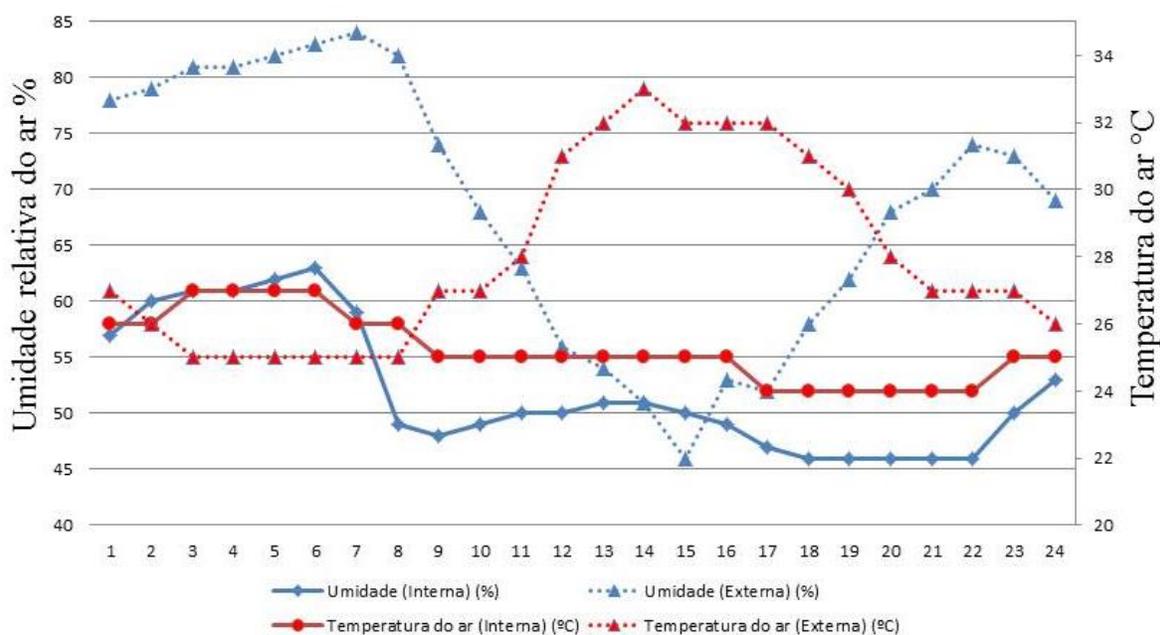
**Tabela 13 -Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almojarifado.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	116
07:00	347
08:00	425
09:00	442
10:00	480
11:00	322
12:00	375
13:00	423
14:00	423
15:00	411
16:00	195
17:00	130
18:00	118
19:00	117
20:00	119
21:00	87
22:00	12
23:00	12

### 5.2.1.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO NOS DIAS DE SEMANA.

Na Figura 30 e na Tabela 14 observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 30 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente**



**Tabela 14 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almojarifado nos dias de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	57	26	78	27
01:00	60	26	79	26
02:00	61	27	81	25
03:00	61	27	81	25
04:00	62	27	82	25
05:00	63	27	83	25
06:00	59	26	84	25
07:00	49	26	82	25
08:00	48	25	74	27
09:00	49	25	68	27
10:00	50	25	63	28
11:00	50	25	56	31
12:00	51	25	54	32
13:00	51	25	51	33
14:00	50	25	46	32
15:00	49	25	53	32
16:00	47	24	52	32
17:00	48	24	58	31
18:00	48	24	62	30
19:00	48	24	68	28
20:00	48	24	70	27
21:00	48	24	74	27
22:00	50	25	73	27
23:00	53	25	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 08h às 23h, nesses períodos os ambientes encontram-se climatizado na maior parte do tempo, conforme demonstra a Figura 30 e a Tabela 14.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 07h às 21h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Tabela 14.

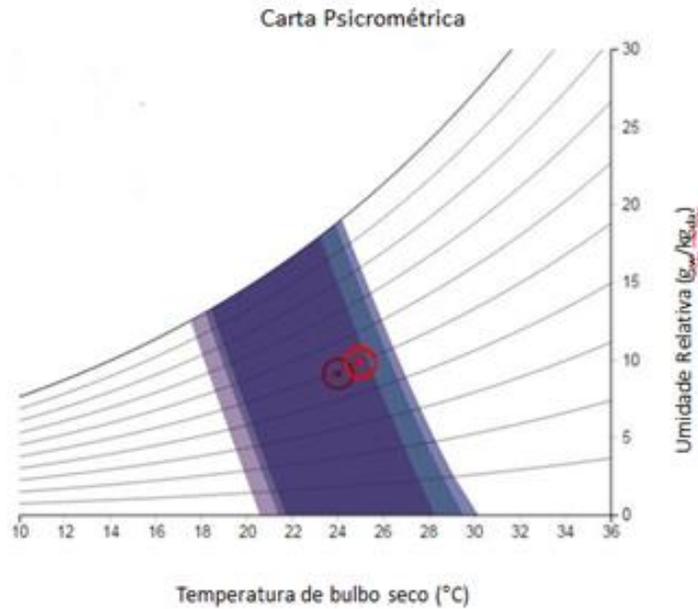
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e, posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Após análise dos resultados nesse ambiente, observou-se que para os dias de semana (Tabela 15 e Figura 31), a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentava-se NEUTRA, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,29, 0,18 e 0,45 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 15 - Condições de conforto para o Almojarifado nos dias de semana.**

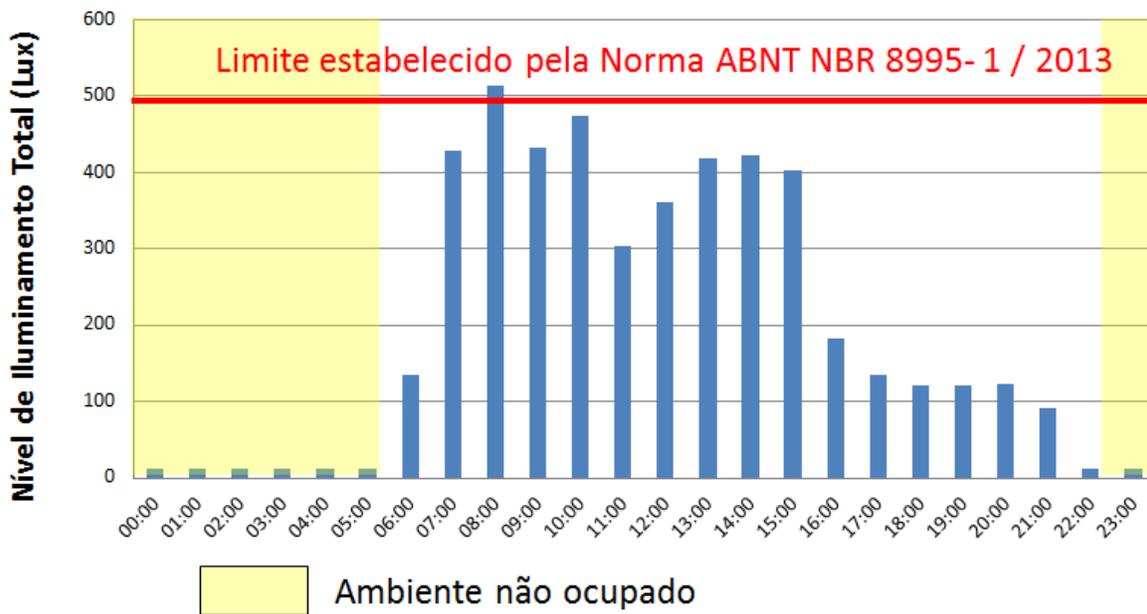
	MANHÃ	TARDE	NOITE
<b>PMV</b>	0,29	0,18	0,45
<b>PPD (%)</b>	7	6	9
<b>SENSAÇÃO</b>	NEUTRA	NEUTRA	NEUTRA
<b>SET (°C)</b>	26,1	25,8	26,8
<b>Temperatura do ar (°C):</b>	25	24	25
<b>Temperatura média radiante (°C):</b>	23,6	24	25
<b>Velocidade do ar (m/s):</b>	0	0	0
<b>Umidade (%):</b>	50	49	49
<b>Taxa metabólica (met):</b>	1,2	1,2	1,2
<b>VESTIMENTA (clo):</b>	0,7	0,7	0,7

**Figura 31 - Carta psicrométrica para o Almojarifado nos dias de semana.**



Para iluminância (lux), observa -se na Figura 32 e na Tabela 16 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013), exceto para o horário das 8:00 que se registrou 515 lux em média.

**Figura 32 - Nível de iluminamento total no ambiente Almojarifado nos dias de semana.**



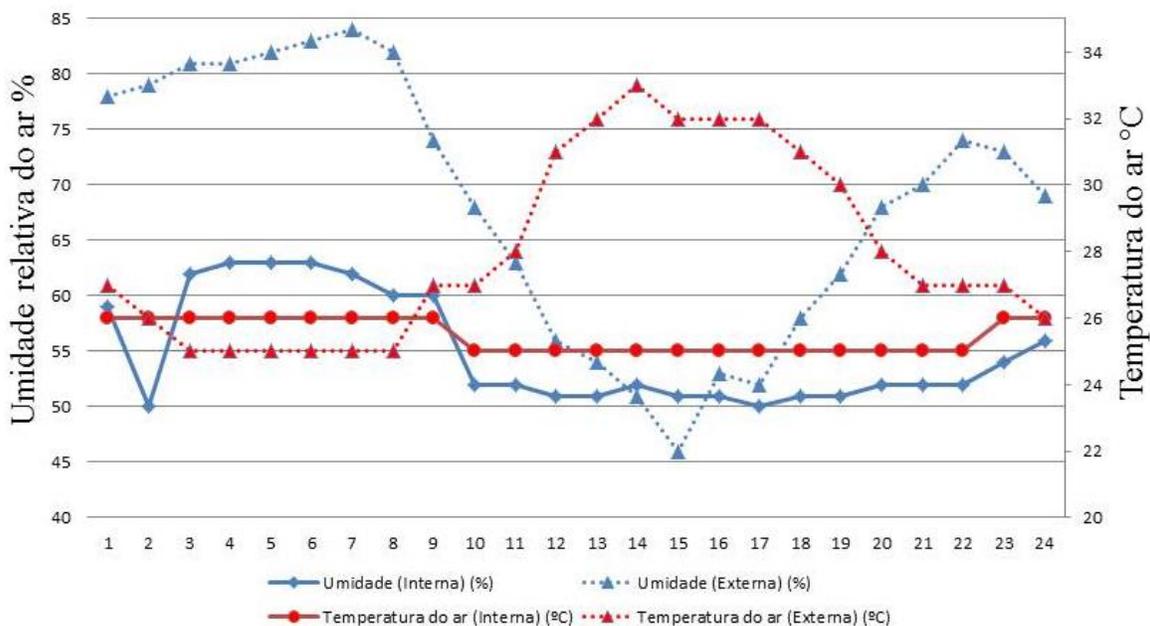
**Tabela 16- Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almojarifado nos dias de semana.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	136
07:00	429
08:00	515
09:00	433
10:00	474
11:00	303
12:00	361
13:00	419
14:00	423
15:00	403
16:00	182
17:00	134
18:00	122
19:00	122
20:00	123
21:00	91
22:00	11
23:00	11

**5.2.1.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: ALMOXARIFADO NOS FINS DE SEMANA.**

Na Figura 33, e na Tabela 17, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 33 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.**



**Tabela 17 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Almojarifado nos fins de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	59	26	78	27
01:00	60	26	79	26
02:00	62	26	81	25
03:00	63	26	81	25
04:00	63	26	82	25
05:00	63	26	83	25
06:00	62	26	84	25
07:00	60	26	82	25
08:00	60	26	74	27
09:00	52	25	68	27
10:00	52	25	63	28
11:00	51	25	56	31
12:00	51	25	54	32
13:00	52	25	51	33
14:00	51	25	46	32
15:00	51	25	53	32
16:00	50	25	52	32
17:00	51	25	58	31
18:00	51	25	62	30
19:00	52	25	68	28
20:00	52	25	70	27
21:00	52	25	74	27
22:00	54	26	73	27
23:00	56	26	69	26

Observa-se na Figura 33 e na Tabela 17 que a temperatura do ar interna (°C) permanece praticamente constante nesse período, isso se deve ao fato da ausência de expediente e dos ambientes permanecerem fechados.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registradas pequenas variações, justificadas pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme pode ser observado na Tabela 17.

Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

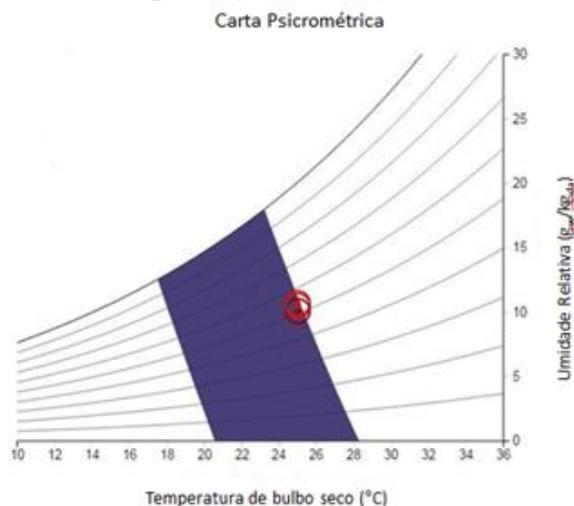
Para os finais de semana (Tabela 18 e Figura 34) a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentava-se NEUTRA, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,48, 0,46 e 0,48 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

Para iluminância (lux) observa -se na Figura 35 e na Tabela 19 que os valores obtidos apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

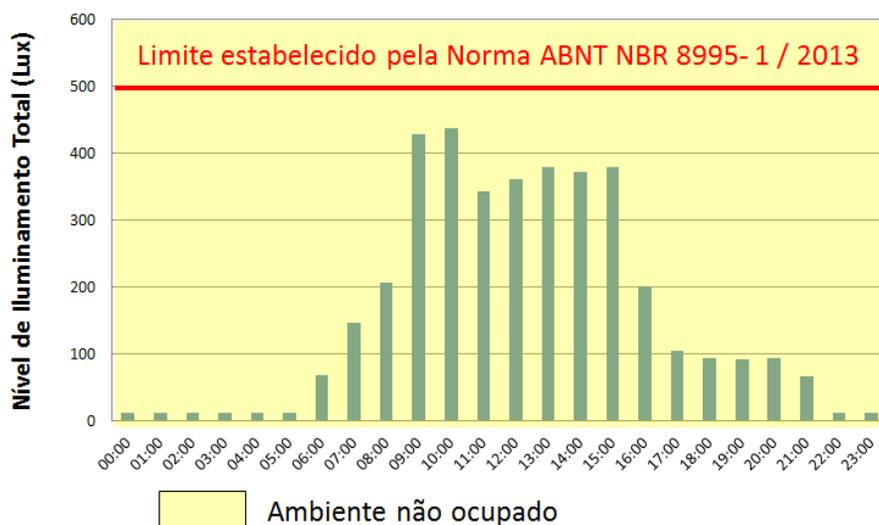
**Tabela 18 -Condições de conforto para a Almojarifado nos fins de semana.**

	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,48	0,46	0,48
PPD (%)	10	9	10
SENSAÇÃO	NEUTRA	NEUTRA	NEUTRA
SET (°C)	27	26,9	26,9
Temperatura do ar (°C):	25	25	25
Temperatura média radiante (°C):	25	25	25
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	54	51	53
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 34 - Carta psicrométrica para a o Almojarifado nos fins de semana.**



**Figura 35 - Nível de iluminamento total no ambiente Almojarifado nos fins de semana.**



**Tabela 19 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Almojarifado nos fins de semana.**

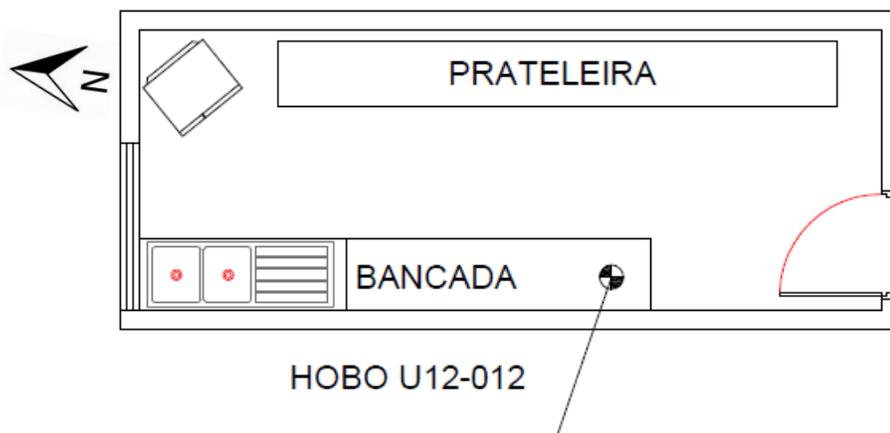
DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	68
07:00	147
08:00	207
09:00	428
10:00	437
11:00	343
12:00	361
13:00	380
14:00	372
15:00	379
16:00	202
17:00	106
18:00	93
19:00	93
20:00	94
21:00	67
22:00	12
23:00	12

### **5.3. LABORATÓRIO**

#### **5.3.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO.**

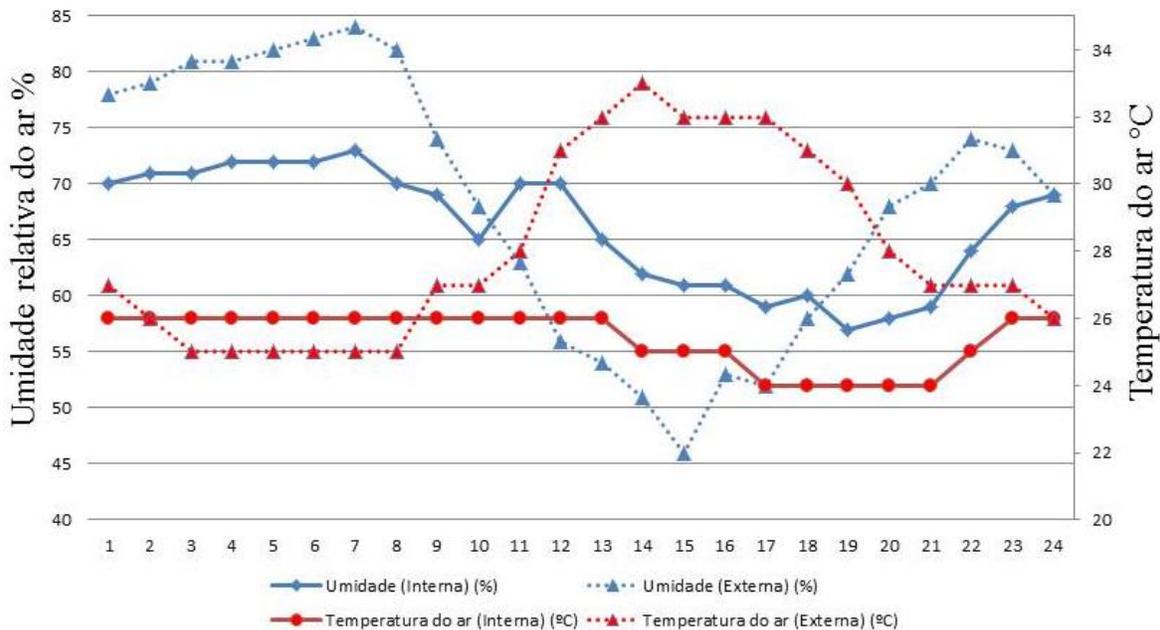
A seguir a Figura 36 apresenta o *lay-out*, com o posicionamento do *datalogger* no ambiente escolhido. Os registros dos dados a serem analisados serão: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura de globo (°C) e iluminação (lux).

**Figura 36 - Sala 3: Posicionamento do datalogger no Laboratório.**



Na Figura 37 e na Tabela 20, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 37 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente**



**Tabela 20 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	70	26	78	27
01:00	71	26	79	26
02:00	71	26	81	25
03:00	72	26	81	25
04:00	72	26	82	25
05:00	72	26	83	25
06:00	73	26	84	25
07:00	70	26	82	25
08:00	69	26	74	27
09:00	68	26	68	27
10:00	70	26	63	28
11:00	70	26	56	31
12:00	68	26	54	32
13:00	62	25	51	33
14:00	61	25	46	32
15:00	61	25	53	32
16:00	59	24	52	32
17:00	60	24	58	31
18:00	57	24	62	30
19:00	58	24	68	28
20:00	59	24	70	27
21:00	64	25	74	27
22:00	68	26	73	27
23:00	69	26	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 16h às 20h, nesses períodos o ambiente encontra-se predominantemente ocupado e climatizado na maior parte do tempo, podendo ser observado na Figura 37 e Tabela 20.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 16h às 20h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Tabela 20.

Desempenho térmico segundo a NBR 15575/2013:

$$Temp_{ext.máx.} = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Temp_{int.máx.} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

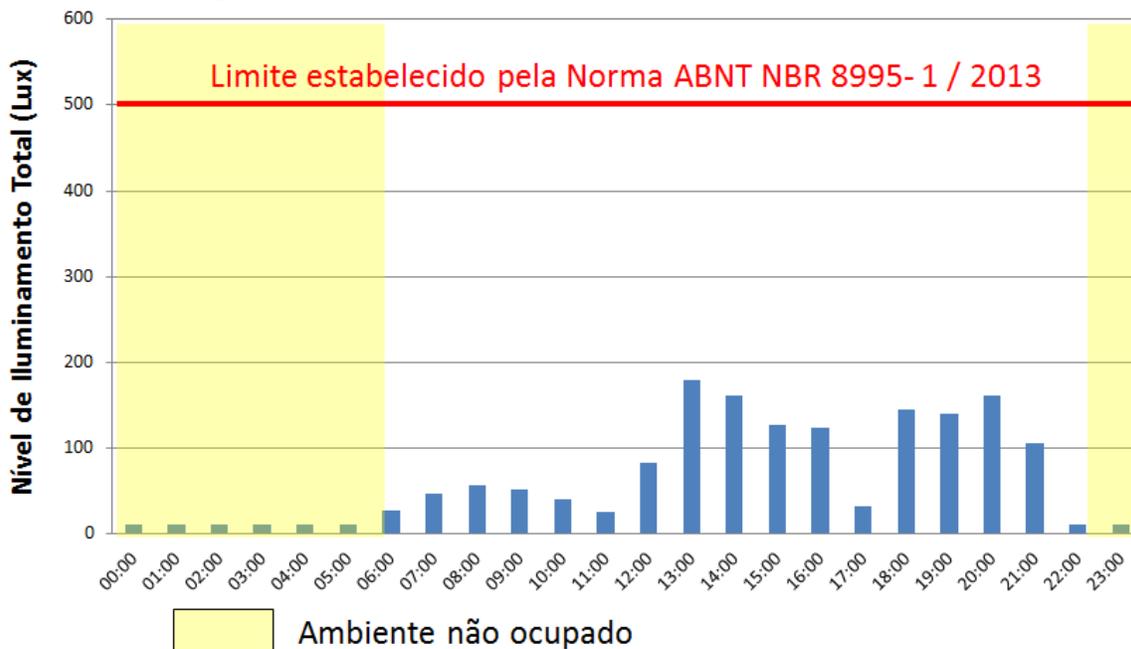
$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Portanto:

$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} > 4 \rightarrow Superior$$

Para iluminância (lux) observa-se na Figura 38 e na Tabela 21 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 38 - Nível de iluminamento total no ambiente Laboratório**



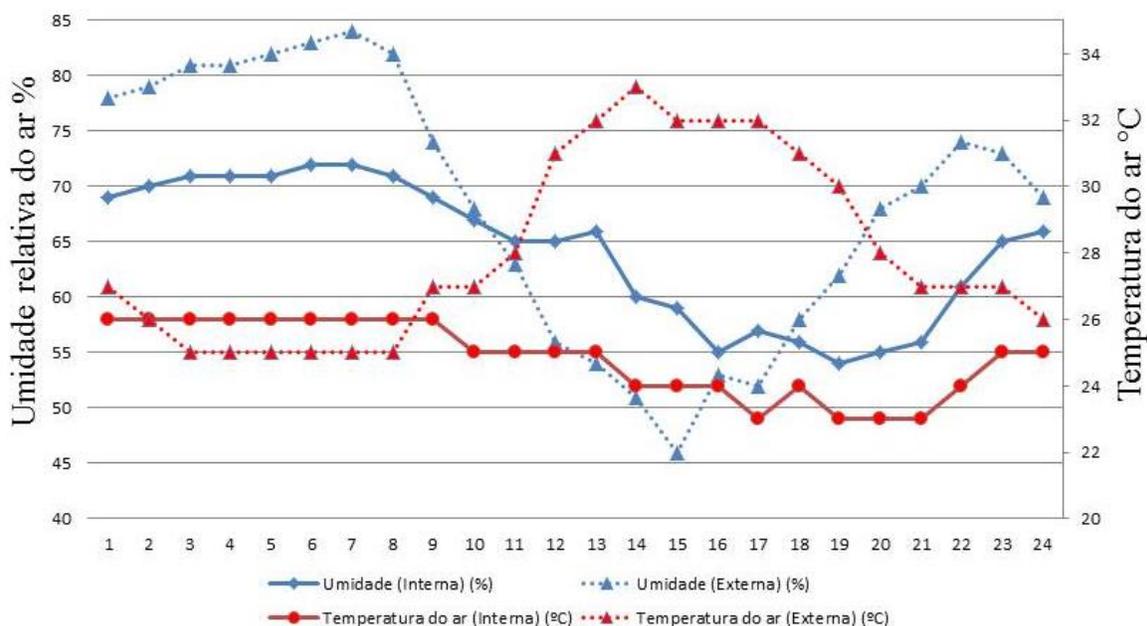
**Tabela 21 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	28
07:00	47
08:00	58
09:00	53
10:00	41
11:00	26
12:00	83
13:00	180
14:00	162
15:00	127
16:00	124
17:00	33
18:00	145
19:00	141
20:00	161
21:00	106
22:00	12
23:00	12

### 5.3.1.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO NOS DIAS DE SEMANA.

Na Figura 39 e na Tabela 22, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 39 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana.**



**Tabela 22 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório nos dias de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	69	26	78	27
01:00	70	26	79	26
02:00	71	26	81	25
03:00	71	26	81	25
04:00	71	26	82	25
05:00	72	26	83	25
06:00	72	26	84	25
07:00	71	26	82	25
08:00	69	26	74	27
09:00	67	25	68	27
10:00	68	25	63	28
11:00	68	25	56	31
12:00	66	25	54	32
13:00	60	24	51	33
14:00	59	24	46	32
15:00	58	24	53	32
16:00	57	23	52	32
17:00	56	24	58	31
18:00	54	23	62	30
19:00	55	23	68	28
20:00	56	23	70	27
21:00	61	24	74	27
22:00	65	25	73	27
23:00	66	25	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 09h às 23h, nesses períodos os ambientes encontram-se predominantemente climatizados, conforme demonstra a Figura 39 e a Tabela 22 acima.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 09h às 23h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Tabela 22 acima.

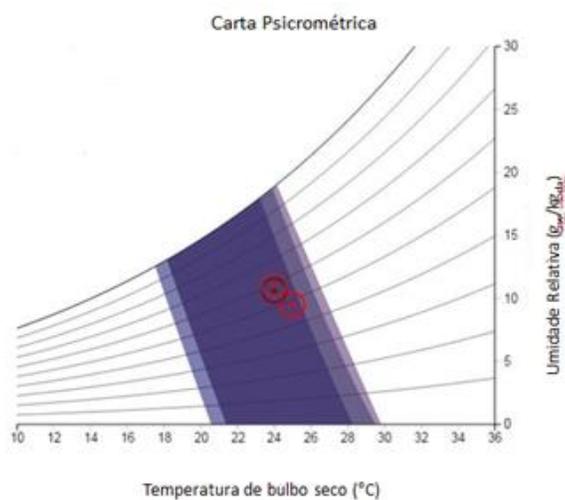
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Após análise dos resultados nesse ambiente, observou-se que para os dias de semana (Tabela 23 e Figura 40), a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentavam-se NEUTRA, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,44, 0,23 e 0,21 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 23 - Condições de conforto para o Laboratório nos dias de semana.**

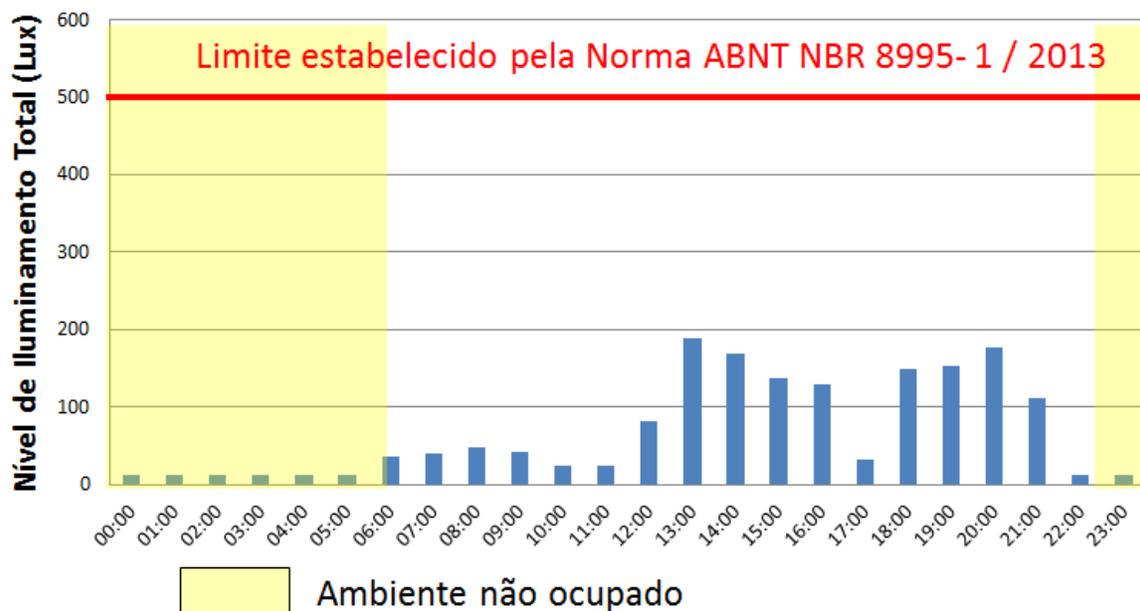
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,44	0,23	0,21
PPD (%)	9	6	6
SENSAÇÃO	NEUTRA	NEUTRA	NEUTRA
SET (°C)	26,8	26	26,1
Temperatura do ar (°C):	25	24	24
Temperatura média radiante (°C):	25	24	24
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	48	57	59
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 40 - Carta psicrométrica para o Laboratório nos dias de semana.**



Para iluminância (lux) observa-se na Figura 41 e na Tabela 24 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se muito abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 41 - Nível de iluminamento total no ambiente Laboratório nos dias de semana.**



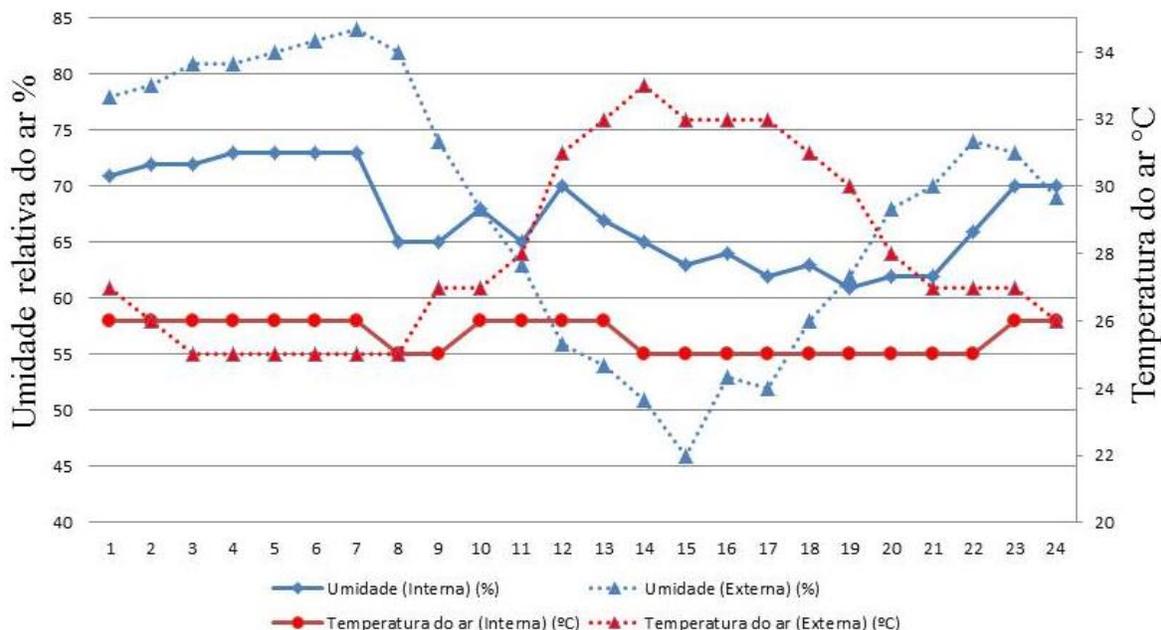
**Tabela 24 - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório nos dias de semana.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	35
07:00	39
08:00	47
09:00	41
10:00	25
11:00	25
12:00	82
13:00	188
14:00	169
15:00	136
16:00	130
17:00	32
18:00	148
19:00	152
20:00	176
21:00	112
22:00	11
23:00	11

### 5.3.1.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: LABORATÓRIO NOS FINS DE SEMANA

Na Figura 42 e na Tabela 25, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 42 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.**



**Tabela 25 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para o Laboratório nos fins de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	71	26	78	27
01:00	72	26	79	26
02:00	72	26	81	25
03:00	73	26	81	25
04:00	73	26	82	25
05:00	73	26	83	25
06:00	73	26	84	25
07:00	68	25	82	25
08:00	68	25	74	27
09:00	68	26	68	27
10:00	68	26	63	28
11:00	70	26	56	31
12:00	67	26	54	32
13:00	65	25	51	33
14:00	63	25	46	32
15:00	64	25	53	32
16:00	62	25	52	32
17:00	63	25	58	31
18:00	61	25	62	30
19:00	62	25	68	28
20:00	62	25	70	27
21:00	66	25	74	27
22:00	70	26	73	27
23:00	70	26	69	26

Observa-se na Figura 42 e na Tabela 25 que a temperatura do ar interna (°C) permanece praticamente constante nesse período, isso se deve a ausência de expediente e dos ambientes permanecerem fechados.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registradas pequenas variações, justificados pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período conforme pode ser observado na Figura 42 e na Tabela 25.

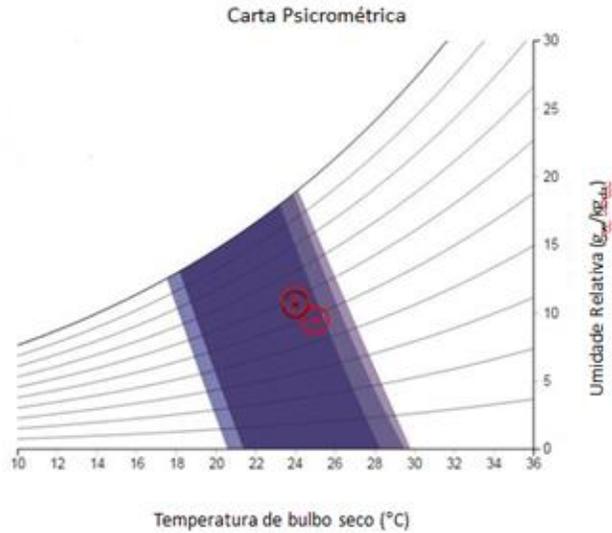
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e, posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Para os finais de semana (Tabela 26 e Figura 43) a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentavam-se LEVEMENTE QUENTE, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,86, 0,55 e 0,56 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 26 - Condições de conforto para o Laboratório nos fins de semana.**

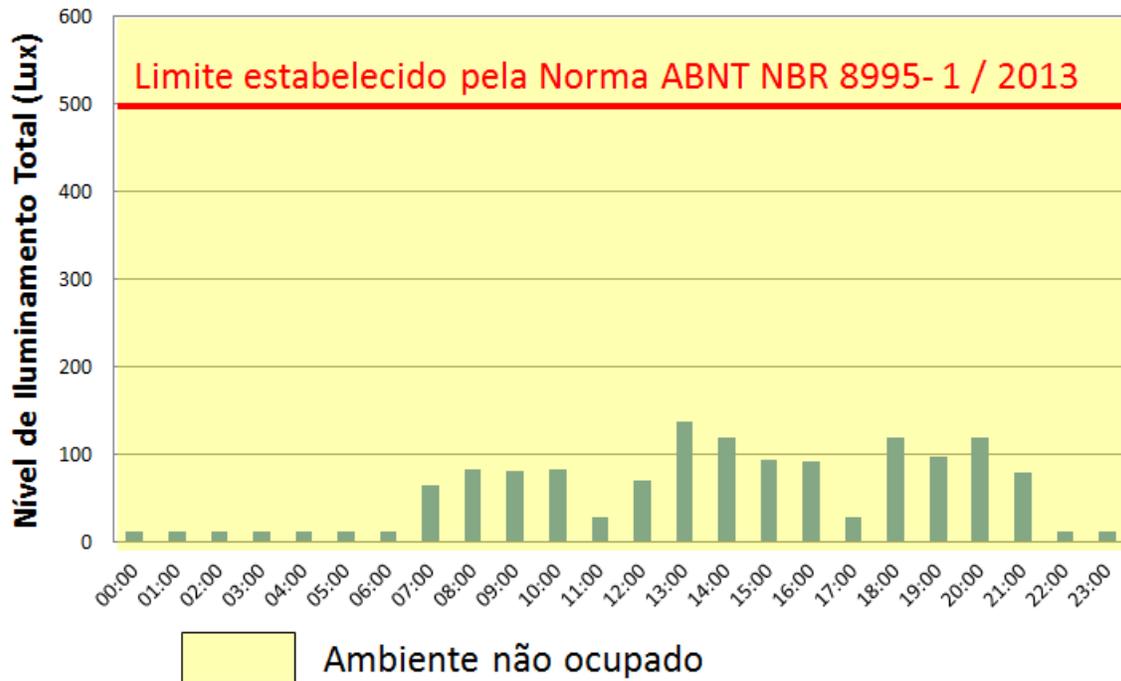
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,86	0,55	0,56
PPD (%)	21	11	12
SENSAÇÃO	Levemente quente	Levemente quente	Levemente quente
SET (°C)	28,7	27,3	27,4
Temperatura do ar (°C):	26	25	25
Temperatura média radiante (°C):	26	25	25
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	68	63	65
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 43 - Carta psicrométrica para o Laboratório nos fins de semana.**



Para iluminância (lux) observa -se na Figura 44 e na Tabela 27 que os valores obtidos apresentaram-se abaixo do valor recomendado pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 44 - Nível de iluminamento total no ambiente Laboratório nos fins de semana.**



**Tabela 27 - - Médias horárias das variáveis de iluminância para o Laboratório nos fins de semana.**

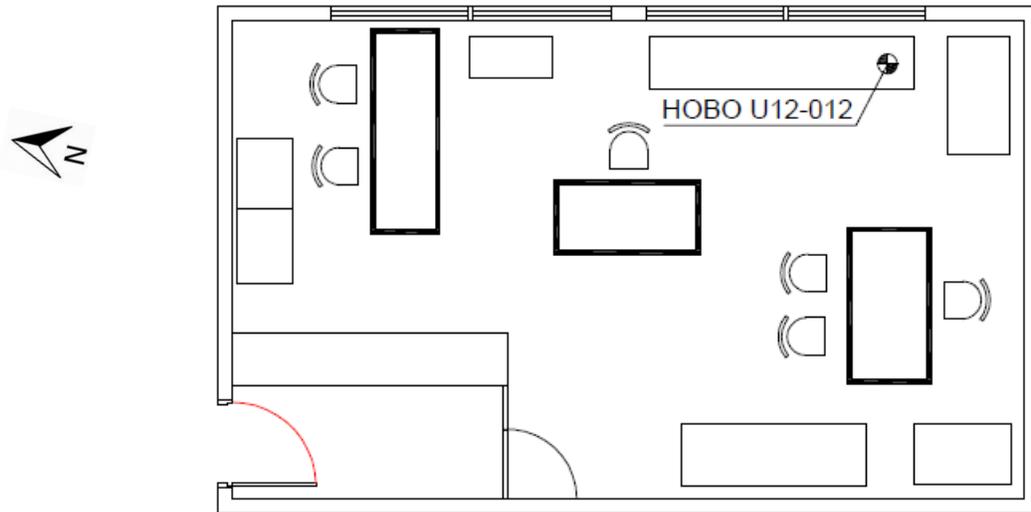
DATA	Intensidade (Lux)
00:00	12
01:00	12
02:00	12
03:00	12
04:00	12
05:00	12
06:00	12
07:00	65
08:00	83
09:00	81
10:00	82
11:00	28
12:00	71
13:00	137
14:00	120
15:00	94
16:00	93
17:00	29
18:00	120
19:00	97
20:00	119
21:00	79
22:00	12
23:00	12

## **5.4. PRÓ-REITORIA**

### **5.4.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA.**

A seguir a Figura 45 apresenta o *lay-out*, com o posicionamento do *datalogger* no ambiente escolhido. Os registros dos dados a serem analisados serão: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura de globo (°C) e iluminação (lux).

**Figura 45 - Posicionamento do datalogger na Pró-Reitoria.**



Na Figura 46 e na Tabela 28, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 46 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente.**

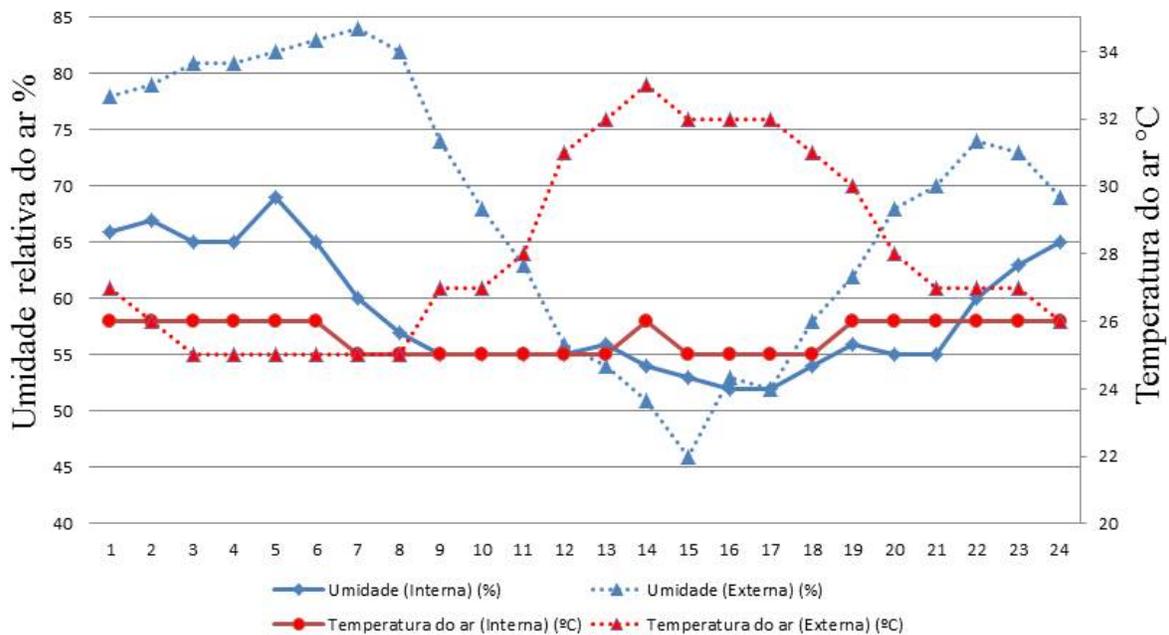


Tabela 28 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria.

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	66	26	78	27
01:00	67	26	79	26
02:00	68	26	81	25
03:00	68	26	81	25
04:00	69	26	82	25
05:00	68	26	83	25
06:00	60	25	84	25
07:00	57	25	82	25
08:00	55	25	74	27
09:00	55	25	68	27
10:00	55	25	63	28
11:00	55	25	56	31
12:00	56	25	54	32
13:00	54	26	51	33
14:00	53	25	46	32
15:00	52	25	53	32
16:00	52	25	52	32
17:00	54	25	58	31
18:00	56	26	62	30
19:00	58	26	68	28
20:00	58	26	70	27
21:00	60	26	74	27
22:00	63	26	73	27
23:00	65	26	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 06h às 17h, nesse período o ambiente encontra-se predominantemente climatizado, conforme demonstra a Figura 46 e a Tabela 28.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 06h às 17h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Tabela 28.

Desempenho térmico segundo a NBR 15575/2013:

$$Temp_{ext.máx.} = 33 \text{ °C}$$

$$Temp_{int.máx.} = 26 \text{ °C}$$

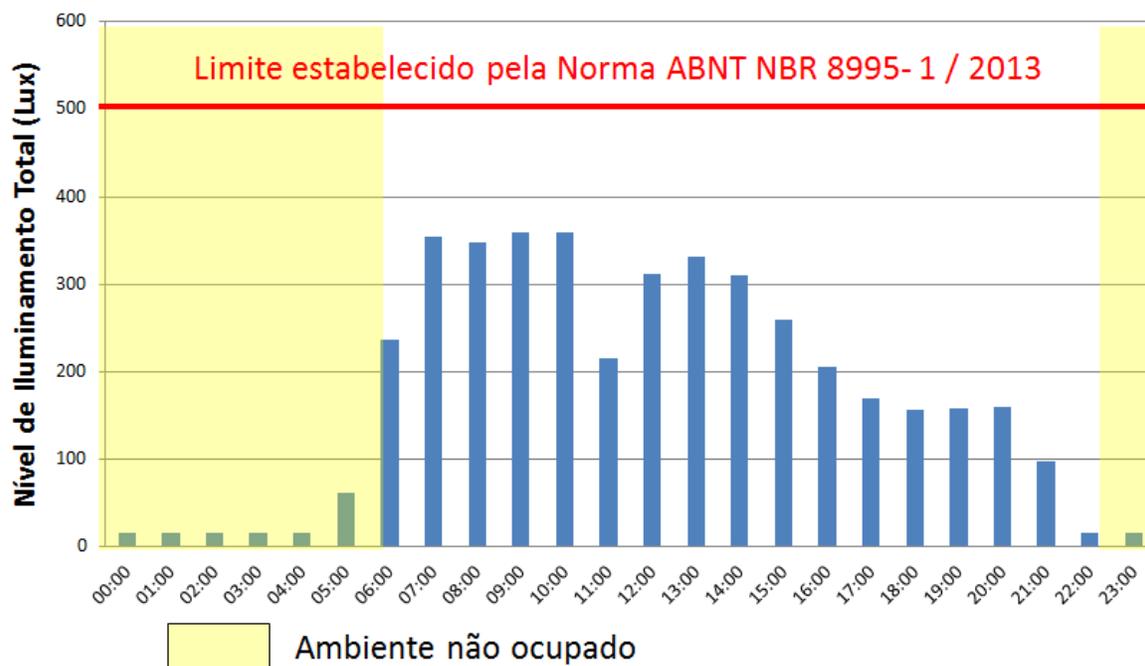
$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} = 7 \text{ °C}$$

Portanto:

$$Temp_{ext.máx.} - Temp_{int.máx.} > 4 \rightarrow Superior$$

Para iluminância (lux) observa-se na Figura 47 e na Tabela 29 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 47 - Nível de iluminamento total no ambiente Pró-reitoria**



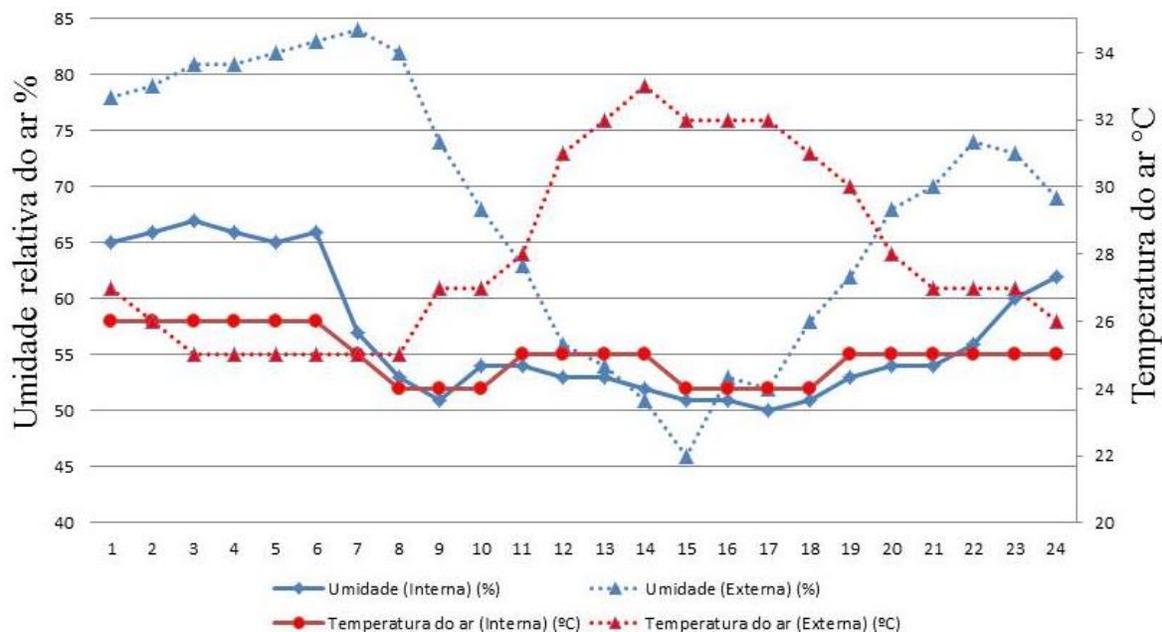
**Tabela 29 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	16
01:00	16
02:00	17
03:00	17
04:00	16
05:00	62
06:00	237
07:00	354
08:00	348
09:00	360
10:00	359
11:00	215
12:00	311
13:00	331
14:00	310
15:00	260
16:00	205
17:00	170
18:00	156
19:00	158
20:00	159
21:00	98
22:00	17
23:00	17

### 5.4.1.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA NOS DIAS DE SEMANA.

Na Figura 48 e na Tabela 30, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 48 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos dias de semana.**



**Tabela 30 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria nos dias de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	65	26	78	27
01:00	66	26	79	26
02:00	67	26	81	25
03:00	68	26	81	25
04:00	68	26	82	25
05:00	68	26	83	25
06:00	57	25	84	25
07:00	53	24	82	25
08:00	51	24	74	27
09:00	54	24	68	27
10:00	54	25	63	28
11:00	53	25	56	31
12:00	53	25	54	32
13:00	52	25	51	33
14:00	51	24	46	32
15:00	51	24	53	32
16:00	50	24	52	32
17:00	51	24	58	31
18:00	53	25	62	30
19:00	54	25	68	28
20:00	54	25	70	27
21:00	56	25	74	27
22:00	60	25	73	27
23:00	62	25	69	26

Percebe-se que os horários que apresentaram menores temperaturas do ar internas (°C) foram das 06h às 23h, nesse período o ambiente encontra-se predominantemente climatizado, conforme demonstra a Figura 48 e a Tabela 30.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registrados os menores valores das 06h às 23h, justificados pela utilização de climatização artificial e observado pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme observado na Figura 48 e na Tabela 30.

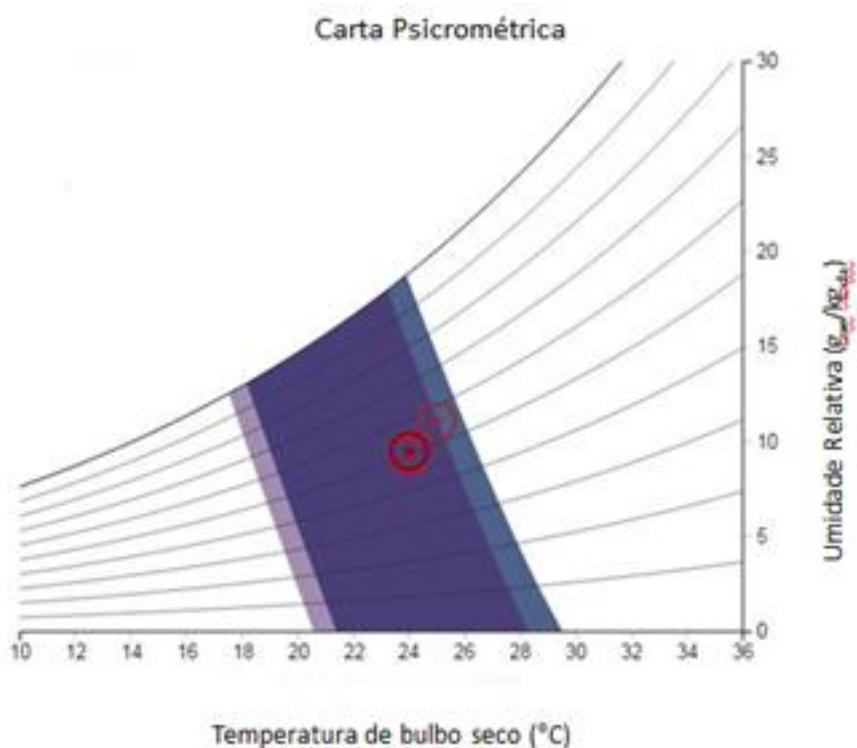
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e, posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Após análise dos resultados nesse ambiente, observou-se que para os dias da semana (Tabela 31 e Figura 49) a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentava-se NEUTRA, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,19, 0,19 e 0,50 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 31 - Condições de conforto para a Pró-Reitoria nos dias de semana.**

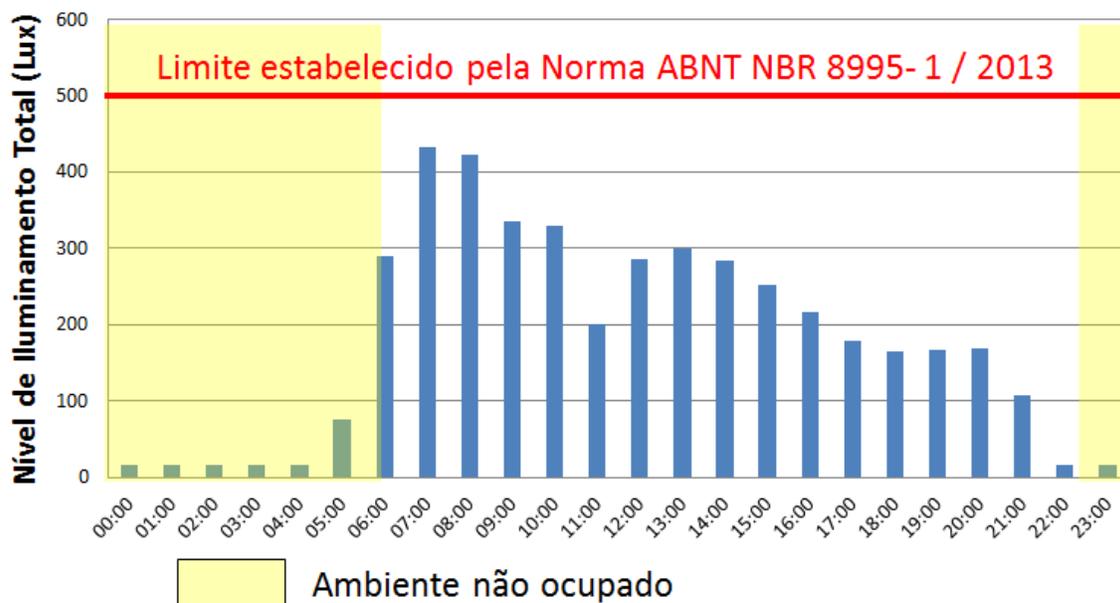
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,19	0,19	0,5
PPD (%)	6	6	10
SENSAÇÃO	NEUTRA	NEUTRA	NEUTRA
SET (°C)	25,8	25,8	27
Temperatura do ar (°C):	24	24	25
Temperatura média radiante (°C):	24	24	25
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	50	51	56
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 49 - Carta psicrométrica para a Pró-Reitoria nos dias de semana.**



Para iluminância (lux), observa-se na Figura 50 e na Tabela 32 que os valores obtidos durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 50 - Nível de iluminamento total no ambiente Pró-reitoria nos dias de semana.**



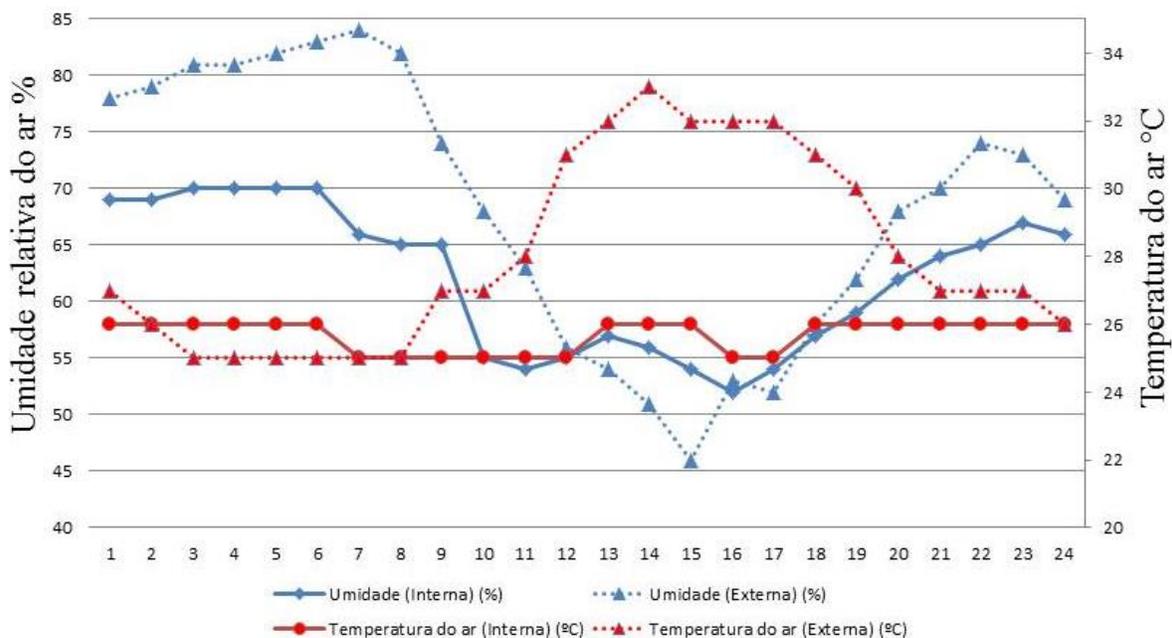
**Tabela 32 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria nos dias de semana.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	16
01:00	16
02:00	17
03:00	17
04:00	17
05:00	76
06:00	289
07:00	432
08:00	423
09:00	336
10:00	330
11:00	201
12:00	285
13:00	300
14:00	283
15:00	252
16:00	216
17:00	179
18:00	164
19:00	166
20:00	168
21:00	108
22:00	16
23:00	16

### 5.4.1.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA O AMBIENTE: PRÓ-REITORIA NOS FINS DE SEMANA

Na Figura 51 e na Tabela 33, observa-se os valores das médias horárias registradas no período de 21/10/2014 a 01/12/2014 para temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) e obteve-se os resultados que estão apresentados a seguir.

**Figura 51 - Temperatura do ar e umidade relativa do ar para externo e interno ao ambiente nos fins de semana.**



**Tabela 33 - Médias horárias das variáveis microclimáticas para a Pró-Reitoria nos fins de semana.**

Hora	Umidade (Interna)	Temperatura do ar (Interna)	Umidade (Externa)	Temperatura do ar (Externa)
00:00	69	26	78	27
01:00	69	26	79	26
02:00	70	26	81	25
03:00	70	26	81	25
04:00	70	26	82	25
05:00	70	26	83	25
06:00	66	25	84	25
07:00	65	25	82	25
08:00	65	25	74	27
09:00	55	25	68	27
10:00	54	25	63	28
11:00	55	25	56	31
12:00	57	26	54	32
13:00	56	26	51	33
14:00	54	26	46	32
15:00	52	25	53	32
16:00	54	25	52	32
17:00	57	26	58	31
18:00	59	26	62	30
19:00	62	26	68	28
20:00	64	26	70	27
21:00	65	26	74	27
22:00	67	26	73	27
23:00	68	26	69	26

Observa-se na Figura 51 e na Tabela 33 que a temperatura do ar interna (°C) permanece praticamente constante nesse período, isso se deve a ausência de expediente e dos ambientes permanecerem fechados.

Para umidade relativa do ar (%) no ambiente interno foram registradas pequenas variações, justificados pelo comportamento uniforme comparado com a umidade relativa do ar (%) externa com variações mais acentuadas durante o período, conforme pode ser observado na Figura 51 e na Tabela 33.

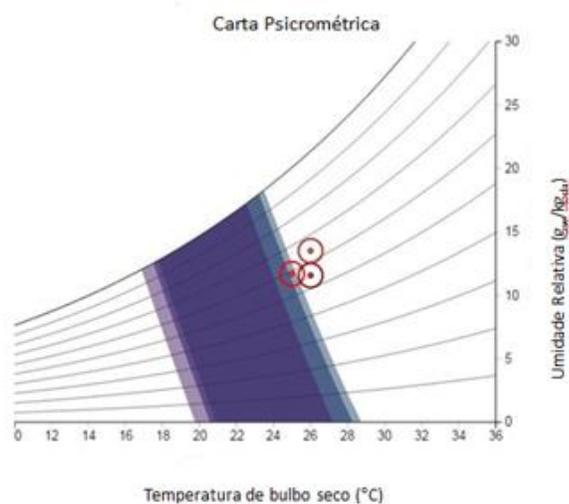
Com os dados coletados no ambiente foram calculadas as médias para os períodos (manhã, tarde e noite) e, posteriormente verificadas as condições de conforto, conforme a Norma ASHRAE 55/2013.

Para os **finais de semana** (Tabela 34 e Figura 52) a sensação térmica nos períodos da manhã, tarde e noite apresentavam-se LEVEMENTE QUENTE, podendo ser justificado pelo PMV com valores de 0,52, 0,59 e 0,83 dentro do intervalo de -1 até +1 considerado conforto térmico, de acordo com a escala sétima da ASHRAE.

**Tabela 34 - Condições de conforto para a Pró-Reitoria nos fins de semana.**

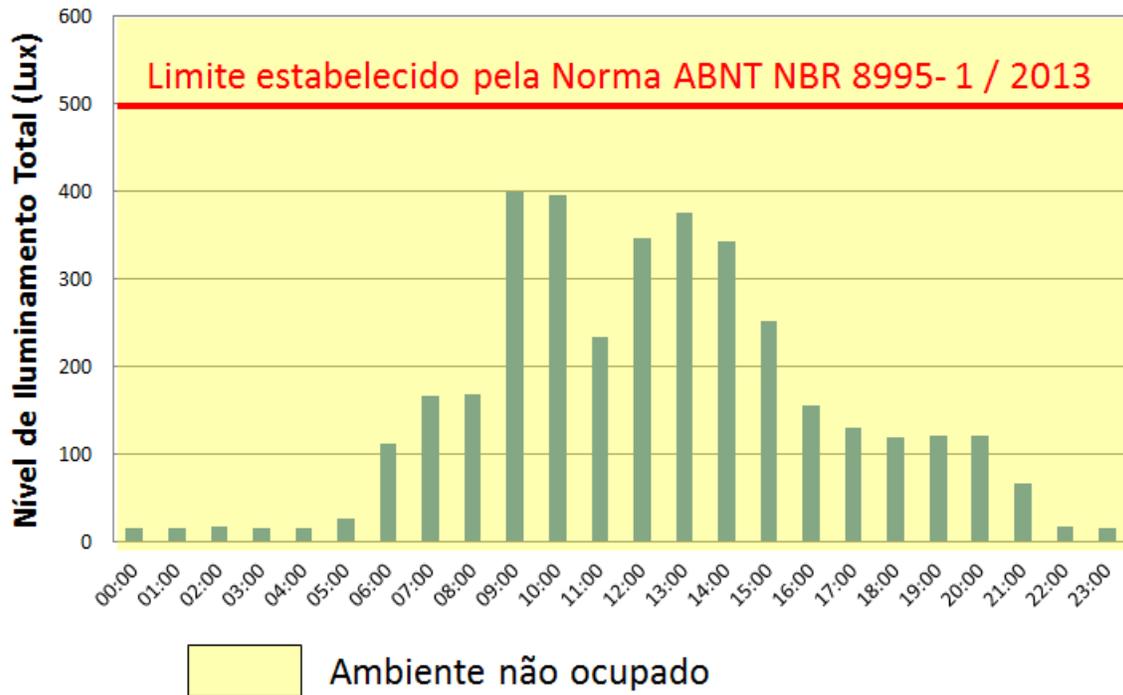
	MANHÃ	TARDE	NOITE
PMV	0,52	0,59	0,83
PPD (%)	11	12	20
SENSAÇÃO	Levemente quente	Levemente quente	Levemente quente
SET (°C)	27,2	27,3	28,5
Temperatura do ar (°C):	25	25	25
Temperatura média radiante (°C):	26	25	25
Velocidade do ar (m/s):	0	0	0
Umidade (%):	50	48	48
Taxa metabólica (met):	1,2	1,2	1,2
VESTIMENTA (clo):	0,7	0,7	0,7

**Figura 52 - Carta psicrométrica para a Pró-Reitoria nos fins de semana.**



Para iluminância (lux) observa-se na Figura 53 e na Tabela 35 que os valores obtidos são insuficientes e mesmo durante os horários de ocupação do ambiente apresentaram-se abaixo do valor recomendados pela norma NBR-8995-1(2013).

**Figura 53 - Nível de iluminação total no ambiente Pró-reitoria nos fins de semana.**



**Tabela 35 - Médias horárias das variáveis de iluminância para a Pró-Reitoria nos fins de semana.**

DATA	Intensidade (Lux)
00:00	16
01:00	16
02:00	17
03:00	16
04:00	16
05:00	27
06:00	113
07:00	166
08:00	168
09:00	400
10:00	395
11:00	233
12:00	346
13:00	376
14:00	343
15:00	253
16:00	156
17:00	130
18:00	120
19:00	121
20:00	122
21:00	66
22:00	17
23:00	16

## 5.5. RESULTADO DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS

### 5.5.1. MODELO DE QUESTIONÁRIO DE NÍVEL DE SATISFAÇÃO UTILIZADO

A Figura 54 apresenta o questionário do nível de satisfação dos usuários que foi aplicado nos ambientes analisados. Os questionários ficaram a disposição de todos os usuários do ambiente sendo recomendado a todos os funcionários que o respondessem.

**Figura 54 - Questionário de nível de satisfação dos usuários**

NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS		Data:	
Nome:		Idade:	
Sexo:		( ) Feminino	( ) Masculino
Turno:	( ) Manhã	( ) Tarde	( ) Noite
Questionario			
1. Em geral, voce acha que o centro universitário é:	Bom	Regular	Ruim
2. Em geral, voce acha que sua sala é:	Bom	Regular	Ruim
Por que?			
3. No inverno, sua sala é:	Quentinha	Nem quentinha, nem	Fria
4. No verao, sua sala é:	Fresquinha	Nem fresquinha,	Quente
5. O vento que entra pela janela é:	não incomoda	as vezes incomoda	incomoda
6. Em relação a sua mesa, o sol que entra pela janela:	não atrapalha	as vezes atrapalha	atrapalha
7. Sem ligar as lampadas, em dias de sol, voce acha que a iluminagao da sua sala é:	boa	nemboa, nem ruim	ruim
8. Ligando as lampadas, voce acha que a iluminagao da sua sala é:	boa	nemboa, nem ruim	ruim

## 5.5.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Figura 55 – Resultado do questionário de nível de satisfação dos usuários consolidado

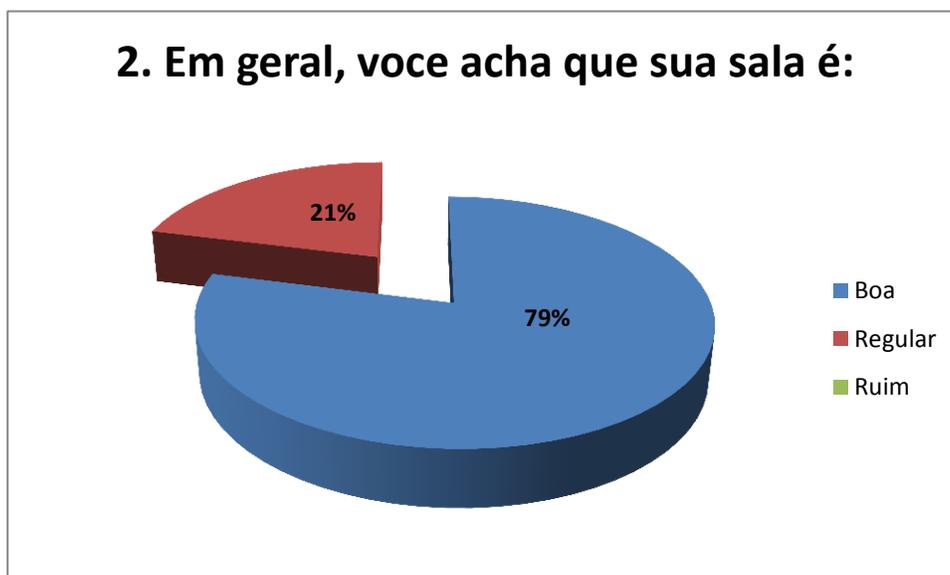
	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
<b>1. Em geral, voce acha que o centro universitário é:</b>	100%	0%	0
	<b>Boa</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
<b>2. Em geral, voce acha que sua sala é:</b>	79%	21%	0
	<b>Quentinha</b>	<b>Nem quentinha, nem fria</b>	<b>Fria</b>
<b>3. No inverno, sua sala é:</b>	58%	37%	5%
	<b>Fresquinha</b>	<b>Nem fresquinha, nem quente</b>	<b>Quente</b>
<b>4. No verao, sua sala é:</b>	74%	26%	0
	<b>não incomoda</b>	<b>as vezes incomoda</b>	<b>incomoda</b>
<b>5. O vento que entra pela janela é:</b>	100%	0%	0
	<b>não atrapalha</b>	<b>as vezes atrapalha</b>	<b>atrapalha</b>
<b>6. Em relação a sua mesa, o sol que entra pela janela:</b>	100%	0%	0
	<b>boa</b>	<b>nem boa, nem ruim</b>	<b>ruim</b>
<b>7. Sem ligar as lampadas, em dias de sol, voce acha que a iluminagao da sua sala é:</b>	26%	0%	74%
	<b>boa</b>	<b>nem boa, nem ruim</b>	<b>ruim</b>
<b>8. Ligando as lampadas, voce acha que a iluminagao da sua sala é:</b>	79%	21%	0

### 5.5.3. GRÁFICOS DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS POR ÍTEM DO QUESTIONÁRIO

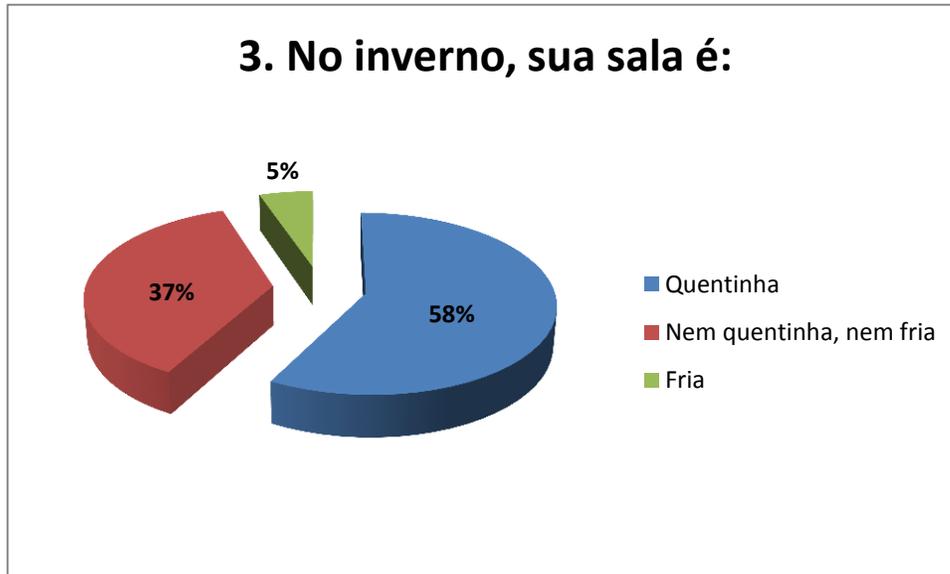
Figura 56 - Satisfação dos usuários: Centro Universitário



Figura 57 - Satisfação dos usuários: Sala (ambiente analisado)



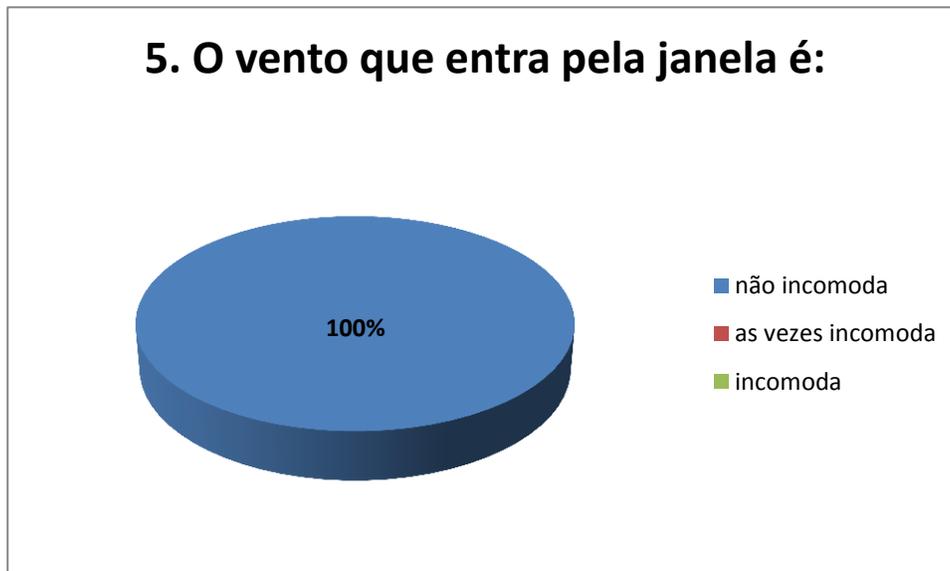
**Figura 58 - Satisfação dos usuários: Sala (inverno)**



**Figura 59 - Satisfação dos usuários: Sala (verão)**



**Figura 60 - Satisfação dos usuários: Sala (ventilação)**



**Figura 61 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação)**



Figura 62 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação natural)

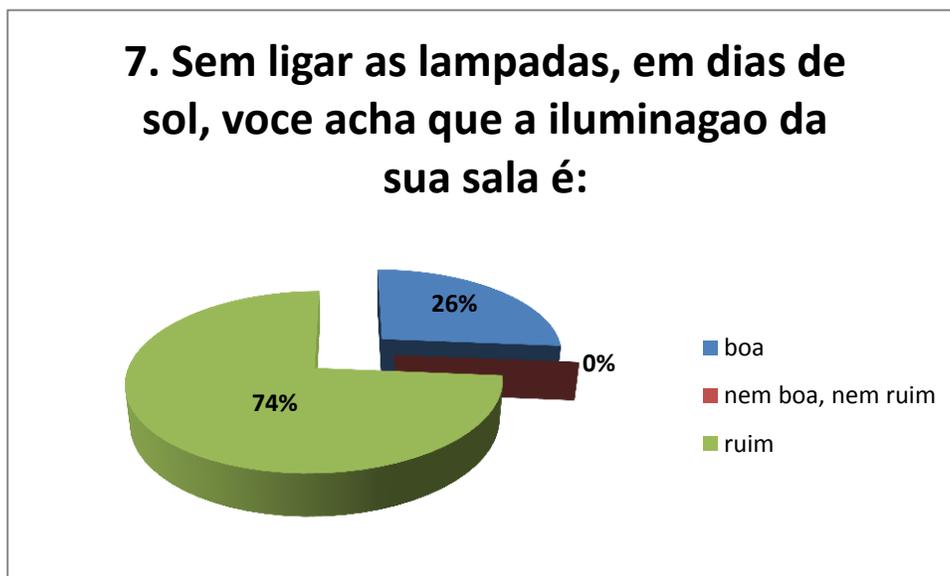
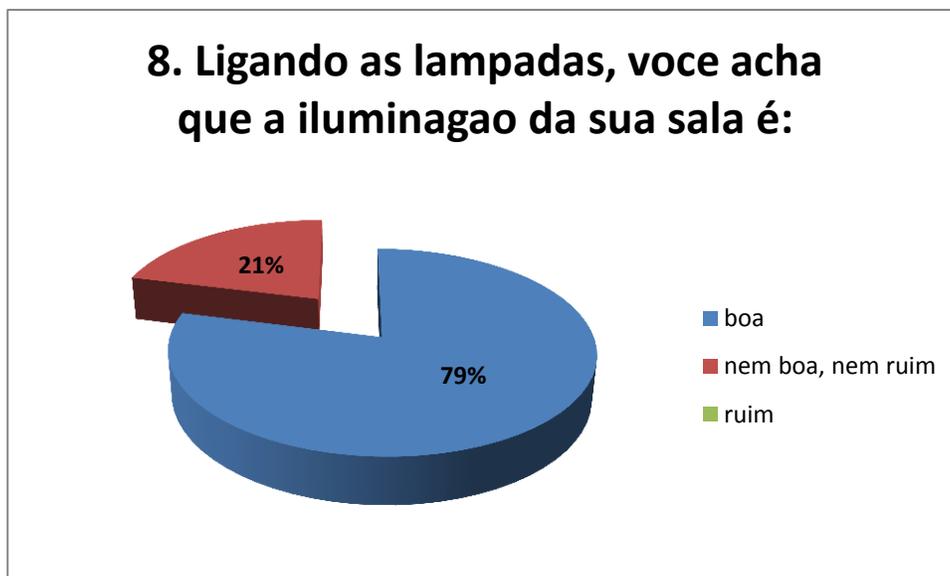


Figura 63 - Satisfação dos usuários: Sala (iluminação artificial)



## 5.6. COMENTÁRIOS

Conforme as tabelas que demonstram as médias horárias das variáveis microclimáticas em todos os ambientes, observa-se que a temperatura interna não sofre grandes variações se comparadas com o mesmo período à temperatura externa. Isso se deve pelo auxílio da climatização artificial nos períodos ocupados e pelo fato dos ambientes efetuarem poucas trocas térmicas com o ambiente externo aos finais de semana quando estão desocupados e fechados.

Diante do estudo efetuado é possível afirmar que considerando os limites de conforto delimitados pelo Voto Médio Predito (PMV) de - 1 (levemente frio) a + 1 (levemente quente), os ambientes estudados encontram-se dentro do intervalo de conforto térmico como demonstrados na Figura 64 e no gráfico de resultados na Figura 66.

Nenhuma pessoa demonstrou insatisfação com os ambientes com relação ao conforto térmico. Todos os usuários que responderam a pesquisa de nível de satisfação os consideram os ambientes bons ou regulares.

Com relação à parte lumínica, a percepção que a iluminação artificial não é bem aproveitada é clara para 74% dos usuários. (Figura 62)

Embora os ambientes estudados apresentarem situação satisfatória de conforto térmico, devido aos valores coletados para a iluminação permanecerem sempre inferior ao mínimo estipulado em norma, não é possível atribuir um conceito de etiquetagem superior ao Nível E.

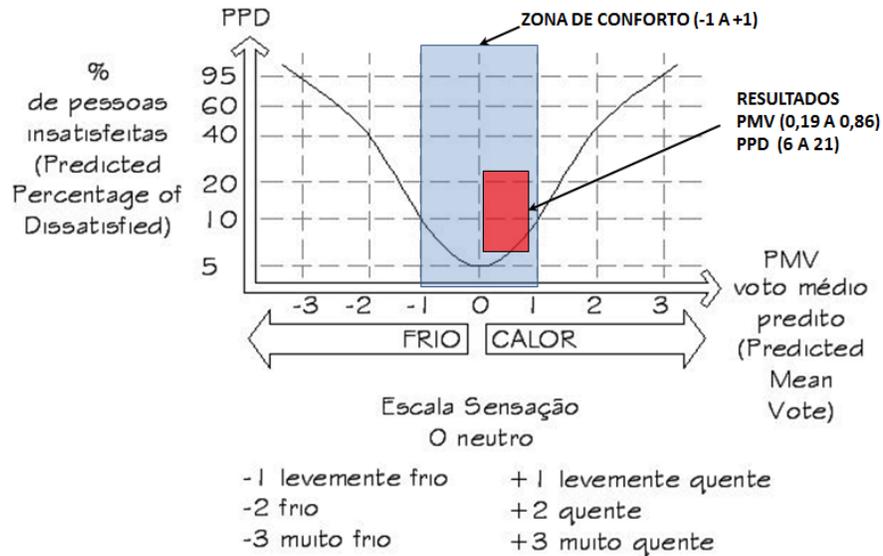
**Figura 64 - Voto Médio Predito nos ambientes estudados**

PMV	DIAS DA SEMANA			FIM DE SEMANA		
	MANHÃ	TARDE	NOITE	MANHÃ	TARDE	NOITE
SALA DOCENTE	0,46	0,72	0,73	0,73	0,44	0,44
ALMOXARIFADO	0,29	0,18	0,45	0,48	0,46	0,48
LABORATÓRIO	0,44	0,23	0,21	0,86	0,55	0,56
PRÓ-REITORIA	0,19	0,19	0,5	0,52	0,59	0,83

**Figura 65 - Percentual de Pessoas Insatisfeitas nos ambientes estudados**

PPD	DIAS DA SEMANA			FIM DE SEMANA		
	MANHÃ	TARDE	NOITE	MANHÃ	TARDE	NOITE
SALA DOCENTE	9	16	16	16	9	9
ALMOXARIFADO	7	6	9	10	9	10
LABORATÓRIO	9	6	6	21	11	12
PRÓ-REITORIA	6	6	10	11	12	20

**Figura 66 - Gráfico dos resultados dos ambientes estudados**



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comprova que, de acordo com a norma ASHRAE Standart 55-2013, os ambientes estudados demonstram estar em situação satisfatória de conforto térmico para os usuários devido ao maior percentual dos dados estudados se enquadrarem na situação de conforto, de acordo com os resultados apresentados.

Já para as questões de iluminação, os ambientes demonstram valores muito abaixo do recomendado por norma NBR-8995-1(2013) que é de 500 lux, ainda assim, os usuários acostumados com os ambientes normalmente não percebem tamanho desvio.

Portanto, é possível salientar, através deste estudo, que se torna necessária uma revisão e readequação nas condições dos ambientes estudados, visando proporcionar um ambiente adequado para o desenvolvimento das atividades pedagógicas e administrativas.

Os resultados serão apresentados para os gestores demonstrando que embora o ambiente não gere insatisfação dos usuários, apresenta-se longe de ser eficiente no ponto de vista energético. A sugestão é a elaboração de um plano de ação que contenha pequenas modificações como o aumento do número de lâmpadas nos ambientes ou trocar por lâmpadas de maior fluxo luminoso e a substituição dos climatizadores de ar e as lâmpadas por modelos com melhor eficiência energética dentro de um cronograma exequível pela instituição.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAZOLA, M. K. O.; KRUGER, E. L. Avaliação do desempenho térmico das salas de aula do CEFET-PR, unidade de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. Anais. Curitiba:ENCAC, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL) - **Tarifas de fornecimento de energia elétrica** - Brasília : ANEEL, 2005

ÁGUAS, M. P. N. **CONFORTO TÉRMICO** - Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente - Instituto Superior Técnico: 2001. Lisboa. Portugal

APOLÔNIO, R. M., OMAR, L. G., JESUS, J. M. H., NOGUEIRA, M. C. J. A., CARVALHO, B. C. **Proposta de retrofit para um edifício histórico seguindo os princípios de sustentabilidade** PLURIS 2010 Universidade do Algarve, Faro/PT. 2010.

ASHRAE Standard 55-2010 – AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC, - *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta. USA.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – NBR 5382/1985 - **Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – NBR 5413/1992 - **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – NBR 15220/2005 - **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – NBR 15575/2013 - **Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro.

AZEVEDO, G.A.N. **As escolas públicas do Rio de Janeiro: considerações sobre conforto térmico das edificações**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

BERALDO, J.C. **Eficiência energética em edifícios: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo.** 2006. 285p. Dissertação (Mestrado em arquitetura) - Departamento de arquitetura e urbanismo, USP, São Paulo, 2006.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** 2008. Dissertação Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

BRASIL – NR 15/1918 - **Atividades e operações insalubres** Rio de Janeiro.

BRASIL Lei 10.295, de 17.out.01 – “Lei de Eficiência Energética”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001b.

BRASIL Decreto 4.059, de 19.dez.01 – Regulamenta a Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001<sup>a</sup>, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20.dez.2001a.

CERQUEIRA, FA.; SATTLER, M.A.; BONIN, L.C. **Análise do conforto ambiental em edificação escolar.** Feira de Santana, BA. 2003.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos- conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.

COUTINHO FILHO, E.F.; SILVA, E.C.S.; SILVA, L.B.; COUTINHO, A.S. Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de Joao Pessoa. Anais. Joao Pessoa: UFPB, 6p., 2006.

DuBois D, DuBois E.F. "A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known." Arch. Intern. Med. 17:862, 1916

FANGER, P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environment alenginneering.** New York : McGraw-Hill, 1970.

FINOCCHIO, M. A. F. **Engenharia elétrica apostila de iluminação** Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR , Cornélio Procópio/PR, 2014

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GONCALVES, F. L. T. **Material do Departamento de Ciências Atmosféricas** Universidade de São Paulo/USP, São Paulo/SP, 2014.

GRZYBOWSKI, GT. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá-MT: estudo de caso. Cuiabá**, 2004. Dissertação (Mestrado em física e meio ambiente) Universidade Federal de Mato Grosso. 2004.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. São Paulo: Objetiva, 2002.

ISO 7243, Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (wet bulb globe temperature), 1989.

ISO - 7726. **Thermal Environments**—Instruments and Methods for measuring physical Quantities .International Organization for Standardization, 1996.

ISO 7730, Ergonomics of Thermal Environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2005.

KRÜGER, E.; ADRIAZOLA, M.; TAKEDA, N. Avaliação do desempenho térmico em escolas emergenciais da região de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC, 10., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, 2004.

LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGETICA DE EDIFICACOES (LABEEE)  
**Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C** Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis/SC, 2013.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, PW, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, R; GHISI, E; ABREU, A. L. P.; CARLOJ. C; BATISTA, J. O. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis : Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A A. P. (2002) - **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis: Apostila - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

LEAO, E. B. **Carta Bioclimáticas de Cuiabá**. 2007.Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

MAITELLI, GT. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em áreatropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. 1994. 220f Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MIRANDA S. A. **Desempenho térmico em dormitórios e consumo de energia elétrica residencial: Estudo de caso em Cuiaba-MT**2011. 143f Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

PROCEL. **EFICIENCIA ENERGETICA DE PREDIOS PUBLICOS**. Manual de Tarifação da Energia Elétrica. Rio de Janeiro, RJ, 2011. 56 p.

PEREIRA C. D. A Influencia do Envelope no Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ocupadas e Ventiladas Naturalmente. 2009. 124f Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

PEREIRA, F.O.R.; SOUZA, M.B. **Iluminação**. Apostila. Florianópolis, SC. 51P. 2001. Disponível em: [www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br). Acesso em: 19 out 2014.

PINHEIRO, I. P. T.; *Conforto Térmico e Bem-Estar numa Superfície Comercial Isolada*. 2011. 227 f. Tese (Mestrado de Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto - Portugal. 2011.

NOGUEIRA, M.C.J.A.; DURANTE, L.C.; NOGUEIRA, J.S. **Conforto térmico em escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso.** Revista eletrônica em educação ambiental. Rio Grande/RS, V.14, 2005. Disponível em: [www.remea.furg.br](http://www.remea.furg.br). Acesso em: 08 out 2013.

OLIVEIRA, A. S. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia em residências na cidade de Cuiabá-MT: Estudo de Caso.** 2007. Dissertação(Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

XAVIER, A.A.P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. 209p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Departamento de engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.