



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MEISE LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA DA ESCOLA
ESTADUAL LOURENÇO GURGEL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

CARAÚBAS-RN
2016

MEISE LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA DA ESCOLA
ESTADUAL LOURENÇO GURGEL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), como exigência final para
obtenção do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia.

Orientador: Prof^ª. Dra Elisângela P. da Silva

Coorientador: Prof^ª. Dra Rejane R. Dantas

CARAÚBAS-RN
2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A658a Araújo, Meise Lopes.
 Análise do conforto térmico em salas de aula
 da Escola Estadual Lourenço Gurgel no município
 de Caraúbas-RN / Meise Lopes Araújo. - 2016.
 50 f. : il.

 Orientadora: Elisângela Pereira da Silva.
 Coorientadora: Rejane Ramos Dantas.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

 1. Conforto térmico. 2. Voto médio estimado
 (PMV). 3. Índice de pessoas insastifeitas (PPD).
 4. Ambiente escolar. I. Silva, Elisângela Pereira
da, orient. II. Dantas, Rejane Ramos, co-orient.
 III. Título.

MEISE LOPES ARAÚJO

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA DA ESCOLA
ESTADUAL LOURENÇO GURGEL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN**

Trabalho de conclusão do curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Caraúbas como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 20/05/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr. Elisângela Pereira da Silva – UFERSA
Presidente


Prof.^a Dr. Rejane Ramos Dantas – UFERSA
Coorientadora


Prof.^a Ms. Desirée Alves de Oliveira – UFERSA
Membro

À Deus, por me conceder saúde e força para alcançar meus objetivos, iluminado sempre meu caminho durante toda minha vida, me proporcionando fé e coragem para seguir em frente;

Ao amor da minha vida, meu filho Victor, por todo amor, carinho e compreensão;

Aos meus pais, José e Maria Betânia, por sempre apoiarem minhas decisões e não medirem esforços para realização dos meus sonhos;

A minha querida avó Iraci, por toda ajuda e dedicação de sempre, contribuindo para realização desse sonho;

Aos meus irmãos, Jakssiel e Meirilany, por sempre estarem ao meu lado nos momentos bons e ruins;

Aos meus amigos, Felipe Couto e Isabel Samara, por me ajudarem e me incentivarem durante esse percurso, não permitindo que eu desistisse perante as dificuldades;

Ao meu amigo, Roberto Vieira Pordeus, por todos os conselhos, ensinamentos e sugestões na minha vida acadêmica;

À minha amiga, Bruna Thais (*in memoriam*), pelos bons momentos vividos nessa jornada;

Aos meus amigos, Carlos Júnior Jales, Elaine Priscila, Fernanda Fernandes, Fernanda Yamaguiche, Laísy Menescal, Valéria Parente, Victória Felícia e Amanda Santos, pela convivência diária e pelos momentos de distração;

À minha orientadora Elisângela Pereira, por todo conhecimento repassado, paciência e disposição para realização desse trabalho;

À todos os professores, amigos e familiares que contribuíram para minha formação acadêmica e torceram pela minha vitória.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

Os estudos de conforto térmico visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico que seja adequado às condições humanas. Esta pesquisa teve como objeto avaliar o conforto térmico de duas salas de aula da Escola Estadual Lourenço Gurgel no município de Caraúbas - RN, devido o município possuir um clima quente e muitas vezes desagradável, e a escola em estudo não possuir salas climatizadas com ar-condicionado. Foram analisadas as variáveis ambientais e pessoais por meio do equipamento confortímetro e aplicações de questionário, visando dimensionar a satisfação dos usuários e os problemas ocasionados pelo desconforto térmico devido à temperatura. As análises foram feitas no período da manhã e da tarde, deste modo foi comparada a satisfação dos usuários das salas em diferentes horários relacionadas com a condição do ambiente que estão inseridos, foi calculado o voto estimado médio (PMV) e o índice de insatisfação das pessoas (PPD) através do software do equipamento e também pelo questionário baseado na escala de sete pontos relacionada ao conforto térmico. Constatou-se que todas as variáveis ambientais são prejudiciais ao conforto térmico e que tanto o PMV e o PPD do software como os do questionário, indicam insatisfação dos usuários da sala.

Palavras-chave: Conforto térmico, sala de aula, PMV, PPD.

ABSTRACT

Studies of thermal comfort aim to analyze and establish the necessary conditions for the evaluation and design of a thermal environment that is suitable human conditions. This research had as object to evaluate the thermal comfort of two classrooms of Lawrence Gurgel State School in the municipality of Caraúbas - RN, because the city has a hot climate and often unpleasant and school study did not have air-conditioned rooms with air-conditioning. environmental and personal variables through confortímetro equipment and survey applications, aiming to scale user satisfaction and the problems caused by thermal discomfort due to temperature were analyzed. Analyses were made in the morning and afternoon, so was compared to the rooms Satisfaction at different times related to environmental conditions, which are included, the estimated average vote (PMV) and the dissatisfaction rate was calculated people (PPD) via the software of the equipment and also by the questionnaire based on the seven-point scale related to thermal comfort. It was found that all the environmental variables are detrimental to thermal comfort and that both the PMV and PPD software as the questionnaire indicate dissatisfaction of the room users.

Keywords: Thermal comfort , classroom , PMV , PPD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Representação esquemática da fisiologia humana e das trocas térmicas.....	16
Figura 02- Gráfico do PPD em função do PMV	21
Figura 03- Zoneamento bioclimático brasileiro	22
Figura 04- Planta baixa (Sala X)	24
Figura 05- Fachada parede externa (Sala X)	25
Figura 06- Fachada parede interna (Sala X).....	25
Figura 07- Confortímetro SENSU	26
Figura 08- Representação das posições da sala	28
Figura 09- Foto sala X.....	29
Figura 10- Foto sala Y	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Escala de sete pontos (ASHRAE)	20
Quadro 02- Índice de resistividade térmica da vestimenta.....	27
Quadro 03- Taxa metabólica da atividade	27
Quadro 04- Datas das medições	28
Quadro 05- Médias das variáveis posição 1 (Sala X).....	37
Quadro 06- Médias das variáveis posição 2 (Sala X).....	37
Quadro 07- Médias das variáveis posição 3 (Sala X).....	37
Quadro 08- Médias das variáveis posição 4 (Sala X).....	38
Quadro 09- Médias das variáveis posição 1 (Sala Y).....	39
Quadro 10- Médias das variáveis posição 2 (Sala Y).....	39
Quadro 11- Médias das variáveis posição 3 (Sala Y).....	39
Quadro 12- Médias das variáveis posição 4 (Sala Y).....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01- Temperatura do ar (Sala X) versus tempo	30
Gráfico 02- Temperatura do ar (Sala Y) versus tempo	31
Gráfico 03- Velocidade do ar (Sala X) versus tempo.....	32
Gráfico 04- Velocidade do ar (Sala Y) versus tempo.....	33
Gráfico 05- Temperatura do globo negro (Sala X) versus tempo	34
Gráfico 06- Temperatura do globo negro (Sala Y) versus tempo	34
Gráfico 07- Umidade relativa do ar (Sala X) versus tempo	35
Gráfico 08- Umidade relativa do ar (Sala Y) versus tempo	36
Gráfico 09- Voto médio estimado- PMV (Sala X).....	41
Gráfico 10- Voto médio estimado- PMV (Sala Y).....	41
Gráfico 11- Índice de pessoas prejudicadas pelo desconforto térmico (Sala X)	42
Gráfico 12- Índice de pessoas prejudicadas pelo desconforto térmico (Sala Y)	42
Gráfico 13- Problemas ocasionados pelo desconforto térmico (Sala X).....	43
Gráfico 14- Problemas ocasionados pelo desconforto térmico (Sala Y).....	43

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

ISO – *International Organization for Standardization*

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial de Saúde

PMV – Voto médio estimado

PPD – Índice de pessoas insatisfeitas

RN – Rio Grande do Norte

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS GERAIS	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 CONFORTO TÉRMICO.....	15
2.2 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	15
2.3 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO	17
2.3.1 Variáveis ambientais	17
2.3.2 Variáveis pessoais	18
2.3.3 Variáveis subjetivas.....	19
2.4 VOTO MÉDIO ESTIMADO (PMV)	19
2.5 ÍNDICE DE PESSOAS INSATISFEITAS (PPD)	20
2.6 ZONEAMENTOS BIOCLIMÁTICOS	21
2.7 AMBIENTES ESCOLARES	22
3. METODOLOGIA.....	24
3.1 ESCOLA ESTADUAL LOURENÇO GURGEL.....	24
3.2 INSTRUMENTAÇÃO DA PESQUISA	25
3.3 MEDIÇÕES DAS VARIÁVEIS	28
3.4 QUESTIONÁRIO	29
3.5 CÁLCULOS DO PMV E DO PPD	29
3.6 CÁLCULOS DA ÁREA DAS SALAS E DAS ABERTURAS DE VENTILAÇÃO ...	29
4. RESULTADOS	30
4.1 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	30
4.2 MÉDIAS DO PMV E PDD CÁLCULADOS PELO SOFTWARE	36
4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	40
4.3 ANÁLISES DAS ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO.....	44
5. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO APLICADO.....	48

1. INTRODUÇÃO

O homem está frequentemente exposto às ações proveniente do ambiente em que vive, ele é biologicamente parecido em qualquer região, apesar do clima ser distinto nas várias partes do planeta, o mesmo se adapta a diferentes condições climáticas ao se utilizar de mecanismos como vestimentas, arquitetura e processos construtivos, promovendo assim o bom funcionamento do corpo.

Segundo Lamberts *et al.* (2014), o ser humano é um animal homeotérmico, ou seja, a temperatura interna (35°C à 37°C) do organismo tende a permanecer constante independente da variação do clima, ele pode ser considerada uma “máquina térmica” onde a variação da temperatura do corpo pode ser controlada pelo mecanismo termorregulador. Porém, quando o ambiente encontra-se termicamente inadequado provocando uma perda ou ganho de calor de forma excedida, maior será o trabalho do sistema de termorregulação do corpo para se manter em equilíbrio, evidenciando assim o desconforto térmico.

A arquitetura tem como uma das funções conceder conforto térmico através da adaptação do espaço construído ao clima, a NBR 15220-3 descreve os processos construtivos para os diversos climas brasileiros, afim de assegurar um bom desempenho térmico das construções, levando em consideração as principais variáveis ambientais que interfere no conforto térmico que são: temperatura, velocidade e umidade do ar e temperatura incidente; essas variáveis influenciam diretamente na troca de calor do homem com o ambiente e reflete no desempenho das suas atividades. Durante as mais diversas atividades, o ser humano produz e dissipa calor, no momento que ocorre essa troca sem maiores esforços sua capacidade de desenvolvimento de atividades é considerada máxima (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Na percepção de conforto térmico, além dos fatores físicos ambientais são consideráveis os aspectos pessoais. De acordo com Lamberts *et al.* (2005, pág. 05), o conforto térmico é definido como “estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”, pois cada pessoa possui metabolismo diferente, e é possível que algumas estejam confortáveis em determinado local e outras não, levando em consideração as atividades desenvolvidas e as vestimentas.

O município de Caraúbas-RN, situado na região do semiárido, com clima quente, baixo índice de precipitação pluviométrica e sensações térmicas muitas vezes desagradáveis devido a alta temperatura e a baixa umidade, esta classificada na zona bioclimática 7 (NBR 15220-

3), devendo apresentar como parâmetros construtivos: aberturas pequenas, sombreamento, paredes e coberturas pesadas. Os parâmetros construtivos influenciam diretamente no conforto térmico do usuário, este por sua vez tem influência no desempenho das mais diversas atividades.

O ambiente escolar deve ser o mais salutar possível para que haja bom aprendizado. Visto isto, a análise de conforto térmico pode ser realizada através de pesquisas: analisando o bem estar do usuário, identificando parâmetros como vestimenta, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do ar, e com aplicações de questionários visando identificar o ponto de vista do usuário. Como também, através de parâmetros e ensaios que identifiquem as características térmicas dos materiais constituintes da edificação.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar as variáveis que influenciam no conforto térmico de salas de aulas da Escola Estadual Lourenço Gurgel no Município de Caraúbas-RN, , e apontar melhorias quanto ao conforto térmico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar se o ambiente é favorável às atividades dos alunos;
- Comparar o conforto térmico das salas nos períodos da manhã e da tarde;
- Detectar os problemas ocasionados com o desconforto térmico;
- Pesquisar e indicar estratégias, a fim de melhorar o conforto término no ambiente escolar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico demonstra a satisfação do ser humano com o ambiente. Segundo Ruas (1999, p.11) “o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória”. Essa combinação satisfatória é um conjunto de fatores ambientais adequados às condições fisiológicas e emocionais das pessoas, portanto um caso subjetivo. No entanto, não é possível satisfazer a todas as pessoas igualmente em um determinado espaço, pois cada pessoa possui sensações térmicas diferentes. Então, para avaliar se um ambiente é favorável, se considera a opinião da maioria das pessoas contidas em um determinado espaço.

O conforto térmico pode ser alcançado quando as pessoas realizam suas atividades de forma saudável, não lhe causando estresse, fadiga ou qualquer desconforto, proporcionando condições favoráveis para um melhor rendimento, ou seja, “Satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.” (ABNT NBR 15220-1, 2005, p.5). As pessoas podem se sentir incomodados se o ambiente está muito frio ou muito quente, por isso, é ideal que se tenha um balanço térmico, não havendo uma grande diferença entre o calor produzido e o calor dissipado.

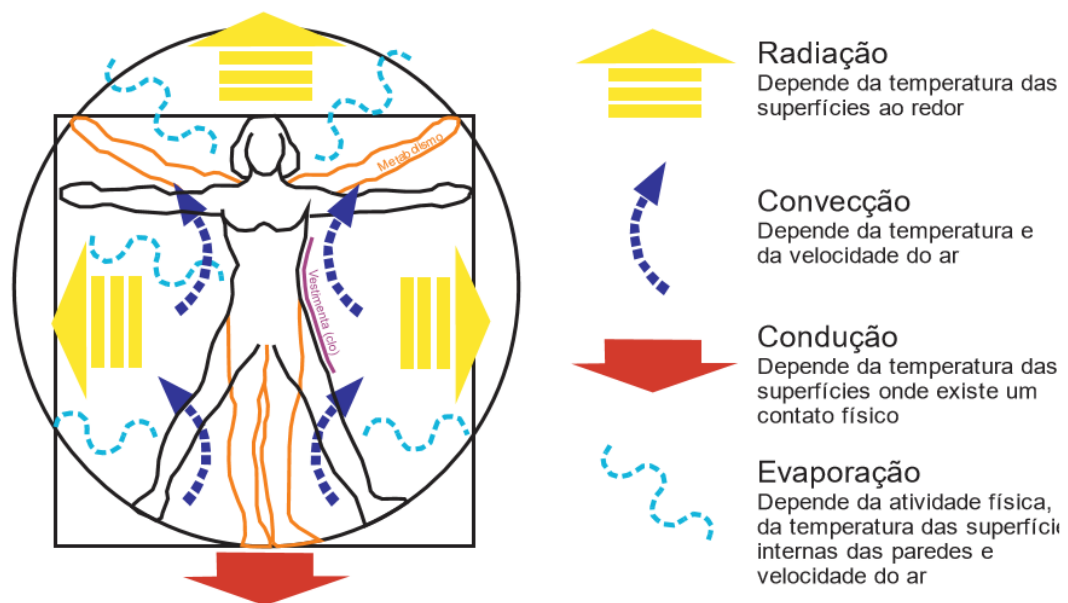
O corpo humano reage de acordo com as circunstâncias que são expostas pelo ambiente e das atividades executadas. Para avaliação de conforto térmico, geralmente são utilizados ambientes onde são desempenhadas as atividades, buscando assim, resultados reais. De acordo com Lamberts *et al.* (2014), pode-se expressar duas zonas de conforto em função da temperatura do ar, sendo elas para pessoas nuas e para pessoas vestidas. A temperatura do ar para que se mantenha em equilíbrio térmico para pessoas nuas devem está entre 29°C e 31°C, já para pessoas vestidas com roupa normal de trabalho (índice de resistência térmica da vestimenta aproximadamente de 0,6 clo¹) a temperatura do ar deve está entre 23°C e 27°C.

¹ Clo – Índice de resistividade térmica da vestimenta. Cada tipo de vestimenta possui um clo, onde o clo total é a somatória de todos os índices de vestimenta utilizada por uma pessoa.

2.2 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

O calor do corpo é gerado pelo metabolismo e vai depender da atividade desenvolvida pelo indivíduo, assim ele tende a se manter em equilíbrio através dos mecanismos de troca de calor, onde haverá a perda de calor através da pele e da respiração, pelos processos de convecção, condução, radiação e evaporação, como mostra a Figura 01.

Figura 01 – Representação esquemática da fisiologia humana e das trocas térmicas



Fonte: Lamberts *et al.* (2014)

A transferência de calor por meio da convecção depende da temperatura do ar que envolve o corpo, e sua intensidade vai variar de acordo com a velocidade do ar. Por isso, que a roupa é considerada um isolante térmico, pois interfere no contato do ar com a pele.

A condução ocorre pelo contato direto de superfícies sólidas, quando dois ou mais corpos entram em contato as transferências de calor ocorrem até que ambos atinjam a mesma temperatura (equilíbrio térmico). O corpo transpira e libera suor devido ao calor produzido pelo metabolismo e através da velocidade do ar. Esse suor é evaporado mais rapidamente do corpo em decorrência do maior movimento das partículas. Desse modo ocorrendo a evaporação. A radiação diferente da convecção, condução e evaporação não necessita do meio material, o calor é transmitido através de ondas eletromagnéticas, em que a principal fonte é o sol (Lamberts *et al.*, 2014).

2.3 VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO

As variáveis influentes no conforto térmico são dos tipos ambientais e pessoais. As variáveis ambientais incluem a velocidade do ar, temperatura ar, temperatura radiante e umidade do ar. As variáveis humanas (pessoais) envolve o tipo de atividade executada em um determinado ambiente e os tipos de vestimentas utilizadas.

Além dessas variáveis, alguns fatores são levados em consideração como sexo, idade, altura e peso.

2.3.1 Variáveis ambientais

- A velocidade do ar influencia no conforto térmico do homem, através das trocas de calor pelos processos de evaporação e convecção. O aumento da velocidade do ar pode ser bom ou ruim, pois depende da situação em que se encontra o corpo, esse aumento é favorável quando se deseja a perda de calor. Muitas pesquisas foram feitas para designar as variáveis aceitáveis da velocidade do ar; de acordo com diversos pesquisadores os valores para um espaço onde são desenvolvidas atividades do tipo sedentárias é favorável entre 0,5 e 2,5 m/s. A velocidade do ar costuma ser baixa em ambientes internos, ela pode ser modificada através de resfriamento indireto e pelo resfriamento direto.
- A temperatura do ar é uma variável bastante influente, considerada principal, para a determinação de conforto térmico. A sensação térmica através dessa variável é fundamentada através da quantidade de calor que o corpo perde pela diferença de temperatura entre o corpo e o ar que o circunda, essa troca de calor ocorre pelo processo de convecção.
- A temperatura radiante média é definida como: “Temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a troca de calor do corpo humano por radiação é igual à troca de calor por radiação no ambiente real não uniforme” (ABNT NBR 15220-1, 2005, p.4). Dentro de um ambiente, cada um dos elementos construtivos (elementos de construção e mobiliário) que rodeiam o usuário tem diferentes temperaturas, então a temperatura radiante média é a soma de todas as temperaturas do entorno de uma

pessoa. Segundo Lamberts *et al.* (2004) a temperatura radiante média é determinada por meio da temperatura do globo negro, junto com a velocidade e temperatura do ar que estejam no mesmo nível do globo, deste modo a temperatura do globo equivale a uma temperatura aproximada da temperatura radiante média. A temperatura radiante para globo negro padronizado e convecção forçada (ventilador) é representada da seguinte forma:

$$T_r = [(T_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_{ar}^{0,6} \cdot (T_g - T_{ar})]^{1/4} - 273 \quad [\text{Equação 01}]$$

Onde:

T_r = Temperatura radiante média;

T_g = Temperatura do globo negro;

T_{ar} = Temperatura do ar.

- De acordo com Pinto, Zullu Jr e Ávila (2008) a umidade relativa do ar é a variável que fornece a sensação de ar seco ou úmido. Quando se mantém alta é constante o número de chuvas para regiões de florestas, ou que possuem lagos, rios etc. Ela é mais elevada quando comparada a outros locais ausentes desses fatores. Ainda segundo estes mesmo autores, em lugares onde a umidade permanece baixa, possuem ausência de chuvas e consequentemente um clima seco. A baixa umidade gera diversos problemas, como pele ressecada, olhos irritados, sangramento pelo nariz, problemas respiratórios e alérgicos entre outros. Segundo a OMS (Organização mundial de saúde) um nível aceitável deve estar acima de 30%.

2.3.2 Variáveis pessoais

Tanto em um clima quente quanto em clima frio é necessário que o corpo se mantenha a uma temperatura aproximadamente constante; o corpo possui sistema de termorregulação que ajuda a regular a temperatura do corpo. No entanto, às vezes é necessária a utilização de outros mecanismos e adotar algumas práticas que ajudem o corpo se manter estável durante dias quentes e frios.

A vestimenta deve ser usada de acordo com o ambiente em que o indivíduo está exposto, durante dias quentes é comum as pessoas usarem roupas e sapatos leves, e ingerir

bebidas geladas para se sentirem mais refrescadas. Em lugares onde a temperatura é baixa as pessoas costumam se vestir com mais roupas para se proteger do frio e ingerir bebidas quentes para se manterem aquecidas.

Para cada tipo de vestimenta existe um valor correspondente ao índice de resistência térmica e uma taxa metabólica para cada atividade. No entanto, durante a pesquisa foi observado que este índice é variável de acordo com o autor.

O metabolismo é o que produz o calor do corpo, a taxa metabólica varia de acordo com a atividade desenvolvida, sendo considerada a atividade que é executada na maior parte do tempo.

2.3.3 Variáveis subjetivas

Os estudos mostram que o metabolismo basal ou taxa metabólica (quantidade de calorias que um corpo necessita) de uma pessoa diminui de acordo com a idade, e que os homens possuem uma taxa metabólica mais alta que as mulheres. Referente à altura e o peso, pesquisas indicam que pessoas obesas quando executam atividades com movimentos tem sua taxa metabólica mais elevada comparada as pessoas magras, pois exigem maiores esforços, desse modo preferem lugares mais resfriados, já os idosos comparados com os jovens tem preferência por ambientes mais (VIEIRA, 2008).

2.4 VOTO MÉDIO ESTIMADO (PMV)

Consiste em um valor numérico que traduz a sensibilidade humana. Segundo Lamberts *et al.* (2014), o PMV foi criado por Ole Fanger (1970), com a intenção de calcular a combinação das variáveis ambientais: temperatura média radiante; velocidade do ar; umidade relativa; temperatura do ar; atividade física e vestimenta. Esse pesquisador executou diferentes experimentos sobre conforto térmico, utilizando pessoas de diferentes nacionalidades, idades e sexo, obtendo o PMV, para determinadas condições ambientais, conforme o Quadro 01.

Quadro 01- Escala de sete pontos

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

Fonte: autora (baseado em Lamberts *et al*, 2014)

Atualmente, existem duas formas para se chegar ao PMV. Através de questionário levando em consideração a escala dos sete pontos ou, pela Equação 02, contemplada em softwares.

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \times L \quad [\text{Equação 02}]$$

Onde:

PMV = Voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico;

M = Atividade desempenhada pelo indivíduo;

L = Carga Térmica atuante sobre o corpo.

2.5 ÍNDICE DE PESSOAS INSATISFEITAS (PPD)

O índice de PPD constitui a quantidade de pessoas insatisfeitas termicamente. De acordo com o voto médio estimado ele pode ser determinado pela Equação 03, ou por análise do gráfico da Figura 2.

- Equação do PPD:

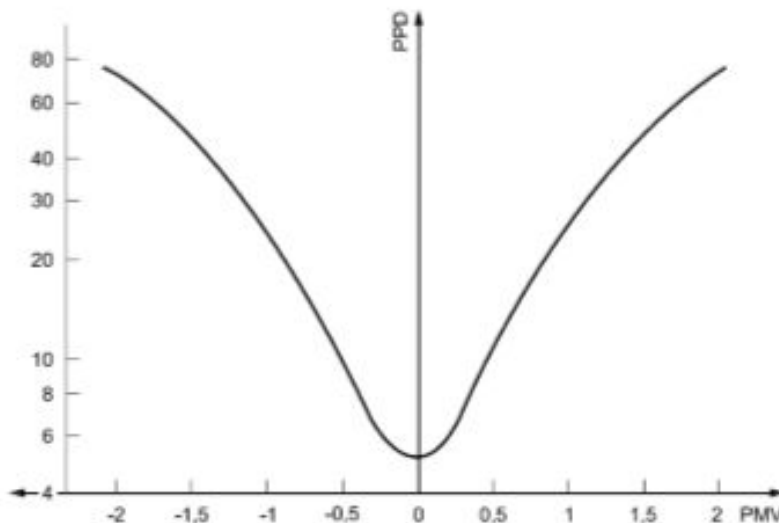
$$PPD = 100 - 95e^{-[0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2]} \quad [\text{Equação 03}]$$

Onde:

PMV = Voto médio estimado, ou voto de sensação de conforto térmico;

- Gráfico do PPD em função do PMV

Figura 02 - Gráfico do PPD em função do PMV



Fonte: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2005)

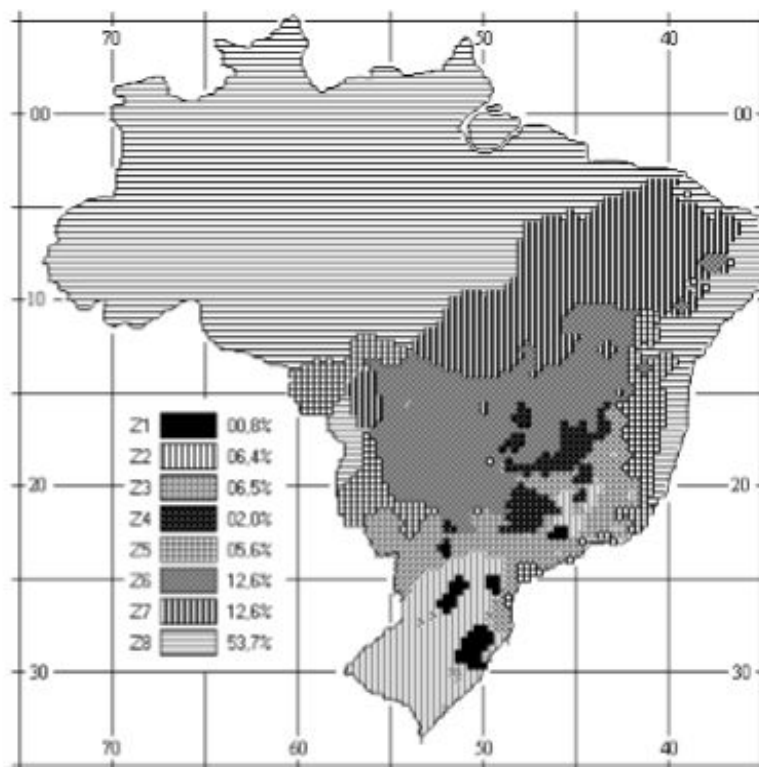
Considera-se pessoas termicamente insatisfeitas aquelas que escolheram os pontos 3, 2, -2 ou -3 que corresponde respectivamente à muito quente, quente, frio e muito frio na escala de setes pontos..

Sempre haverá um PPD no mínimo igual a 5%, pois não é possível que em um ambiente 100% das pessoas estejam satisfeitas.

2.6 ZONEAMENTOS BIOCLIMÁTICOS

De acordo com a NBR 15220-3, o território brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas (Figura 03), onde foram classificadas 330 cidades em todos os estados do Brasil.

Figura 03- Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2003.

Entre as cidades do Rio Grande do Norte, contemplada na NBR 15220-3, tem-se Mossoró, situada a 75 km de Caraúbas, caracterizada como zona bioclimática 7. Com isto, deduzindo que as características climáticas das mesmas são similares, consideram-se as mesmas diretrizes construtivas para ambas.

Dentre as diretrizes estabelecidas pela NBR 15220-3 temos que a área de abertura para ventilação para a zona bioclimática 7 que determinada como “pequena” tem que está entre 10% e 15% da área total de piso.

2.7 AMBIENTES ESCOLARES

Segundo Duarte (1995), ao se projetar e construir os espaços destinados aos mais variados usos pelo homem, muitas vezes não se considera o conforto a ser proporcionado aos seus usuários, seja ele térmico, lumínico, acústico ou ergonômico.

É através do ambiente escolar que são desenvolvidas atividades voltadas à educação. Mas, para que as atividades de ensino e aprendizado não sejam limitadas, o espaço deve proporcionar bem estar aos alunos e professores. A qualidade do espaço está diretamente ligada com o desempenho dos mesmos. Por isso, a importância de análise do ambiente.

Segundo Ribeiro (2004, pag.108):

Analisar o ambiente escolar é uma necessidade premente, uma vez que esse tem sido negligenciado, inclusive pela iniciativa privada cujos prédios escolares, não contemplam sequer condições básicas de conforto ambiental e de segurança. A inobservância de unidade organismo-ambiente e dessa relação dialética ambiente/comportamento tem reflexos muitas vezes negativos para os alunos.

Uma escola com estrutura precária e condições desfavoráveis, afeta no desenvolvimento e aprendizado dos usuários. Muitas escolas não oferecem condições mínimas de conforto, possuindo muitas vezes projetos arquitetônicos inadequados, devido à falta de planejamento.

Segundo Santos e Pimentel (2011), entre os vários estudos que vêm sendo feitos em escolas, o desconforto térmico é um dos problemas mais relatados pelos alunos, principalmente em escolas públicas localizadas nas regiões mais quentes do Brasil, por necessitar de recursos que tornem o ambiente mais agradável.

Segundo Bernardi e Kowaltowski (2001, pág. 02), “Situações de desconforto, causadas seja por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade excessiva e a combinação com temperaturas elevadas, radiações térmicas devidas a superfícies aquecidas podem ser prejudiciais”. Diante disto, são muitos os problemas ocasionados devido à exposição do corpo em espaços com condições ambientais desfavoráveis, e sem os devidos cuidados para se proteger das ações externas, sendo o ser humano afetado fisicamente, psicologicamente e fisiologicamente.

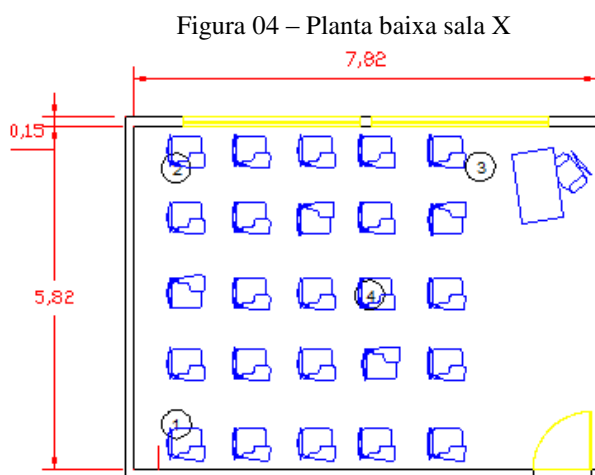
3. METODOLOGIA

Para este trabalho, foi realizada uma pesquisa de campo iniciada em novembro de 2015. Buscou analisar o conforto térmico através do bem estar do usuário, utilizando o equipamento confortímetro e questionários, em duas salas de aula da Escola Estadual Lourenço Gurgel, localizado no Município de Caraúbas- RN.

3.1 ESCOLA ESTADUAL LOURENÇO GURGEL

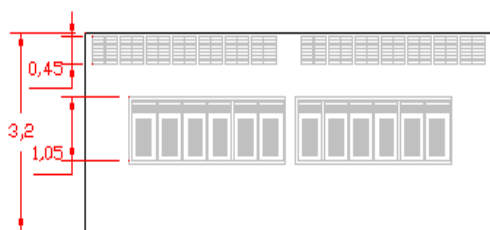
A escola foi escolhida por não apresentar salas de aulas climatizadas por ventilação artificial (ar condicionado). Em seguida, foram escolhidas duas salas de aula para serem realizadas as medições, cuja fachada lateral está posicionada a oeste (salas cuja posição apresentou o maior número de reclamações por desconforto térmico, evidenciado pelo responsável da escola). Neste trabalho as salas de aula são identificadas pelas letras: X e Y.

- Caracterização da sala X: Possui área de 45,51 m²; ventilação artificial feita por dois ventiladores posicionados a 2,41 m do piso, colocados na parede que faz divisa com o corredor da escola, conforme as Figuras 04, 05 e 06.



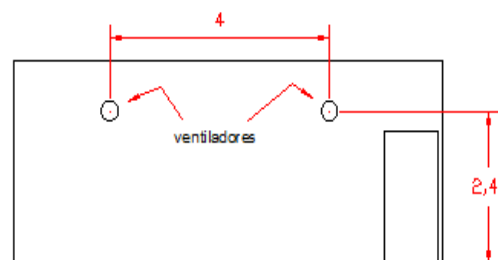
Fonte: autora

Figura 05 – Fachada parede externa sala X



Fonte: autora

Figura 06 – Fachada parede interna sala X



Fonte: autora

- Caracterização da sala Y: A ventilação também é feita por dois ventiladores posicionados na mesma altura da sala X, porém um está na parede divisa com o corredor e o outro no final da sala divisa com o ambiente externo. A geometria das salas também apresenta diferença, enquanto a sala X é um retângulo, a sala Y é um quadrado com área igual a $49,92\text{m}^2$.

3.2 INSTRUMENTAÇÃO DA PESQUISA

A coleta das variáveis ambientais (Temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura do globo negro e umidade relativa do ar) foram obtidas através do aparelho confortímetro SENSU (Figura 07) cedido pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Figura 07- Confortímetro SENSU



Fonte: autora

Para a utilização do confortímetro foi necessário a entrada de algumas variáveis:

- Índice de resistividade térmica da vestimenta (clo^2):

O clo utilizado na pesquisa foi de acordo com o aparelho usado para as medições, baseada na norma americana ISO 7730/2005. Foi observado que todos os alunos e professores vestiam calça comprida, camiseta manga curta e sapatos leves, logo o índice utilizado nas medições será a somatória dos índices de resistência térmica de cada peça, que totalizou em 0,42 clo de acordo com o Quadro 02.

²Clo- Índice de resistividade térmica da vestimenta. Cada vestimenta possui um clo, onde o clo total é a somatória de todos índices de vestimenta utilizadas por uma pessoa.

Quadro 02– Índice de resistividade térmica da vestimenta

Vestimenta	clo
Camisa manga curta	0,15
Camisa manga longa	0,2
Cueca / calcinha	0,04
Casaco leve	0,2
Casaco pesado	0,35
Shorts	0,06
Calça comprida	0,25
Saia curta	0,15
Saia comprida	0,25
Meias	0,03
Meias de Nylon	0,03
Sapatos leves	0,02
Sapatos pesados	0,04
Botas	0,1

Fonte: autora

- Taxa metabólica de acordo com a atividade

Para sala de aula foi considerada a taxa metabólica igual a 58 w/m^2 que é referente a atividades sentadas como mostra o Quadro 03

Quadro 03 – Taxa metabólica da atividade

Atividade	w/m^2
Reclinado	46
Sentado	58
Em pé	70
Dirigindo carro	80
Andando devagar	93
Andando normal	110
Atividade moderada	116
Andando rápido	200
Atividade intensa	275
Corrida intensa	550

Fonte: autora

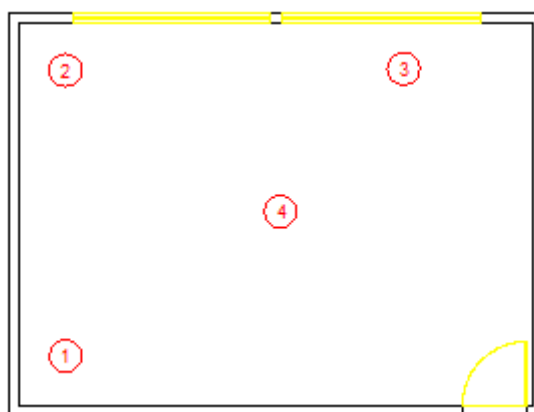
Para realização dos ensaios foi necessário ajustar a altura do tripé e verificar o nível bolha, o mesmo foi colocado a uma altura de 0,9 m para ficar aproximadamente ao nível do tórax, região onde se concentra maior troca de calor de uma pessoa de atividade sedentária (sentada).

O equipamento confortímetro foi programado para registrar as variáveis a cada minuto (intervalo mínimo de medição fornecido pelo equipamento) durante três horas.

3.3 MEDIÇÕES DAS VARIÁVEIS

Foram determinadas quatro posições para colocação do confortímetro, conforme Figura 08. Sendo realizada 3 (três) horas de medições para cada posição. As medições foram feitas no período de 04/11/2015 à 20/11/2015 durante o horário de aula conforme o Quadro 04. Pela manhã na sala X no horário das 07h30min às 10h30min e a tarde na sala Y das 13h30min às 16h30min.

Figura 08- Representação das posições



Fonte: autora

Quadro 04 – Datas das medições

Sala	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4
X	04/11/2015	09/11/2015	10/11/2015	11/11/2015
Y	06/11/2015	09/11/2015	10/11/2015	20/11/2015

Fonte: autora

3.4 QUESTIONÁRIO

O questionário foi aplicado durante as medições, na sala X no turno da manhã, com uma população de 23 pessoas sendo 22 alunos e 1 professor, e na sala Y no turno da tarde com uma população total de 14 pessoas sendo 13 alunos e 1 professor.

Figura 09 – Foto sala X



Fonte: autora

Figura 10 – Foto sala Y



Fonte: autora

O questionário (Apêndice I) com ênfase no conforto térmico abordou perguntas referentes a variáveis ambientais, localização do aluno na sala de aula, satisfação do usuário e problemas oriundos do desconforto. Para a questão “Durante a aula como você se sente na maior parte do tempo”, as respostas foram baseadas na escala de sete pontos a fim de analisar o PMV e o PPD.

3.5 CÁLCULOS DO PMV E DO PPD

Os resultados do PMV e do PPD foram obtidos através do software do confortímetro SENSU e também foram analisados através das respostas dos questionários.

3.6 CÁLCULOS DA ÁREA DAS SALAS E DAS ABERTURAS DE VENTILAÇÃO

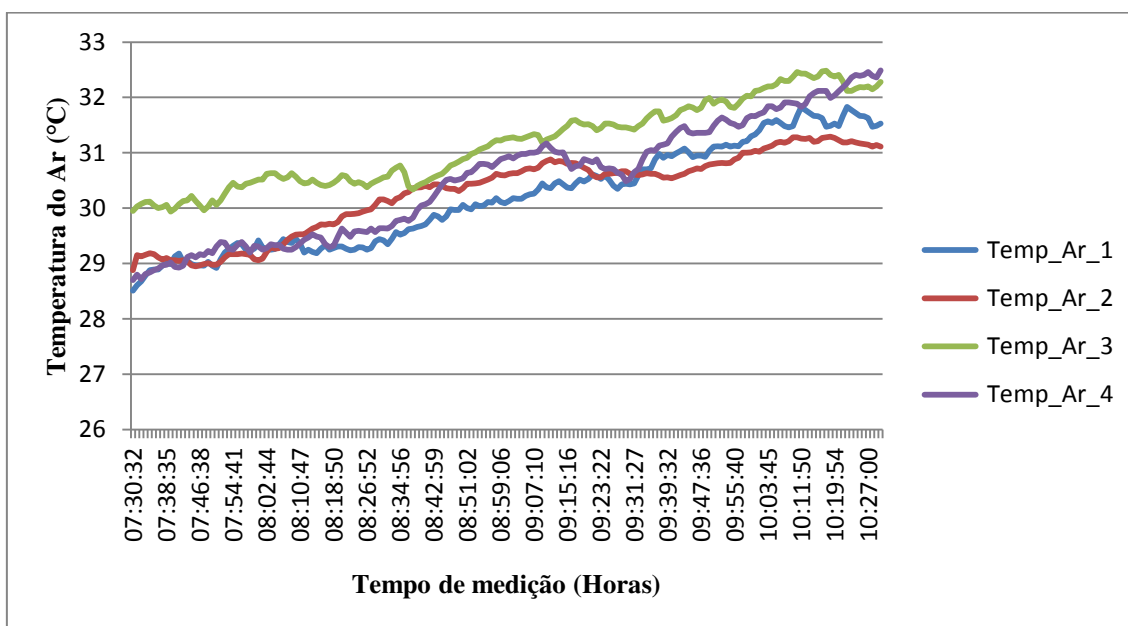
Com o auxílio de uma trena obteve-se os comprimentos úteis para o cálculo da área de piso e das aberturas de ventilação.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Através da análise de gráficos foi possível quantificar as variáveis ambientais. O gráfico 01 é referente à temperatura do ar em relação ao tempo do experimento para a sala X.

Gráfico 01- Temperatura do ar (sala X) versus tempo



Fonte: autora

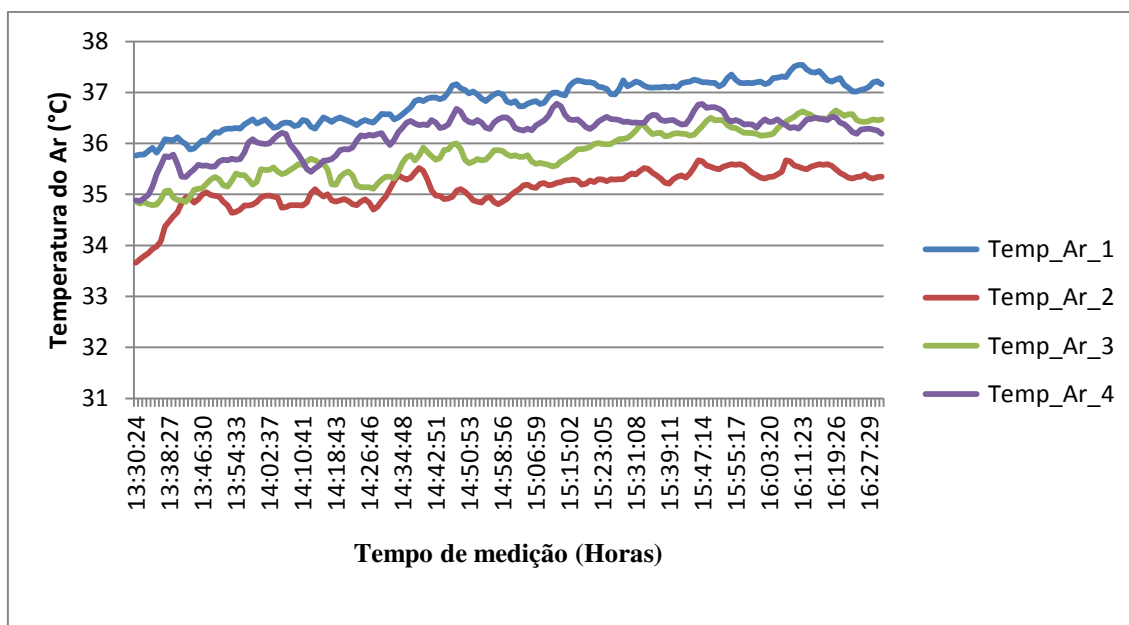
A temperatura do ar da sala X aumenta com o decorrer da hora (período da manhã). Nas posições 1, 2 e 4 a temperatura inicial é de aproximadamente 29 °C. No entanto, durante as medições elas se diferenciam chegando 31,5°C, 31,1°C e 32,5°C respectivamente. No final das medições (final das atividades escolares) são verificadas as diferenças de 2,5°C para a posição 1; para a posição 2 a diferença é de 2,1°C e de 3,5°C para a posição 4. A posição 3 apresenta no início temperatura com aproximadamente 30°C e no final das medições chega a 32,2°C, ou seja, um aumento de 2,2°C.

Durante as atividades escolares os ventiladores são ligados e as janelas abertas, observando esses valores de medição com o posicionamento do experimento, possivelmente a ventilação feita através dos ventiladores e a advinda das aberturas das janelas, no início das atividades traz algum benefício para os alunos na posição 1, 2 e 4, já que para posição 3 a temperatura é maior em 1°C no início das atividades. Como a ventilação dos ventiladores não

consegue chegar a posição 3, os alunos tendem a ter um desconforto térmico maior quando sentados desse lado da sala no início das atividades.

No Gráfico 02, é possível observar as temperaturas no decorrer do experimento para a sala Y.

Gráfico 02- Temperatura do ar (sala Y) versus tempo



Fonte: autora

Na sala Y a temperatura do ar também varia durante as medições, às 13h30min início das medições e das atividades a temperatura do ar na posição 1 chega a aproximadamente a 36°C e a 37°C às 16h30min. A temperatura do ar na posição 2 inicia com uma temperatura de 33,7°C , às 14h40min e finaliza com 35,3°C às 16h30min. Na posição 3 e 4 a temperatura do ar inicia aproximadamente à 35°C e termina com 36,4°C e 36,1°C, respectivamente.

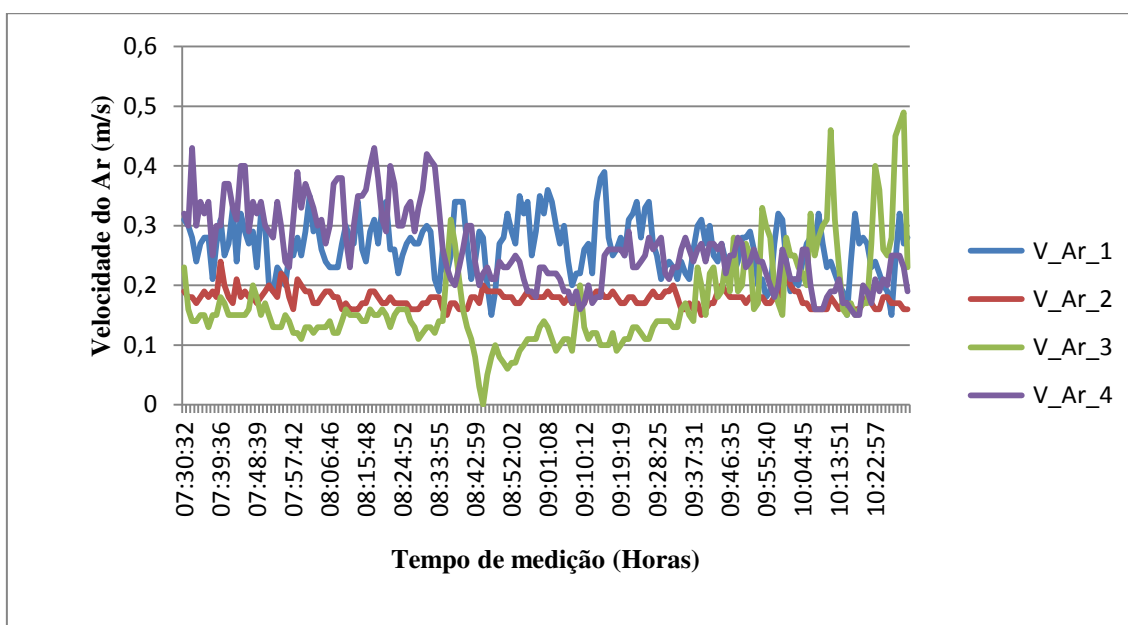
Segundo Lamberts *et al.* (2014), a temperatura do ar para atividades sedentárias deve estar entre 23°C e 27°C para o ambiente ser considerado em conforto térmico. Nas duas salas estudadas: X e Y todas nas quatro posições analisadas, as atividades escolares se iniciam com temperaturas superiores as indicadas por Lamberts *et al.* (2014).

Para a variável temperatura do ar, podemos afirmar que a ventilação natural (janelas e combogós) e a ventilação mecânica (ventiladores) não funcionam para as duas salas de aula.

Nos Gráficos 03 e 04, é possível observar os resultados para velocidade do ar da sala X e Y, respectivamente.

Como podemos observar para a sala X, a velocidade oscila no decorrer das medições, na posição 1 e 4 o movimento do ar ocorre em média 0,25m/s; na posição 2, ocorre em média 0,1m/s. Na posição 3, a velocidade do ar varia em média 0,14 m/s.

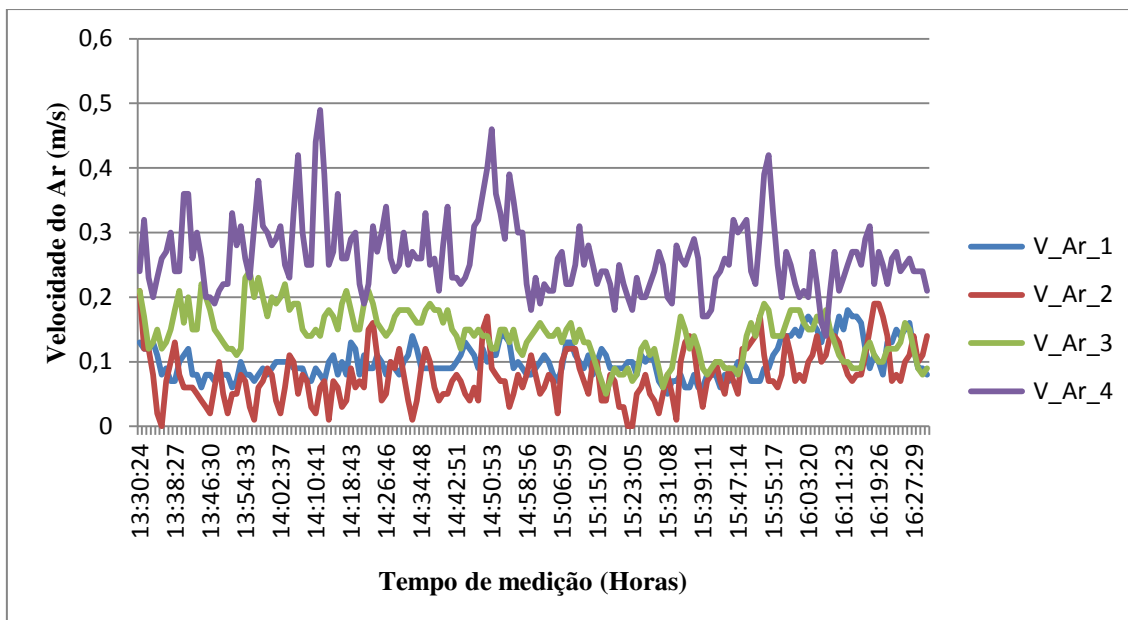
Gráfico 03- Velocidade do ar (sala X) versus tempo



Fonte: autora

Para a sala Y, é possível perceber que no meio do ambiente (posição 4) ocorre maior movimento do ar, em média 0,26 m/s. Na posição 1 e 2, a velocidade do ar é de aproximadamente 0,1 m/s na maior parte do tempo e na posição 3 a média é 0,15m/s

Gráfico 04- Velocidade do ar (sala Y) versus tempo

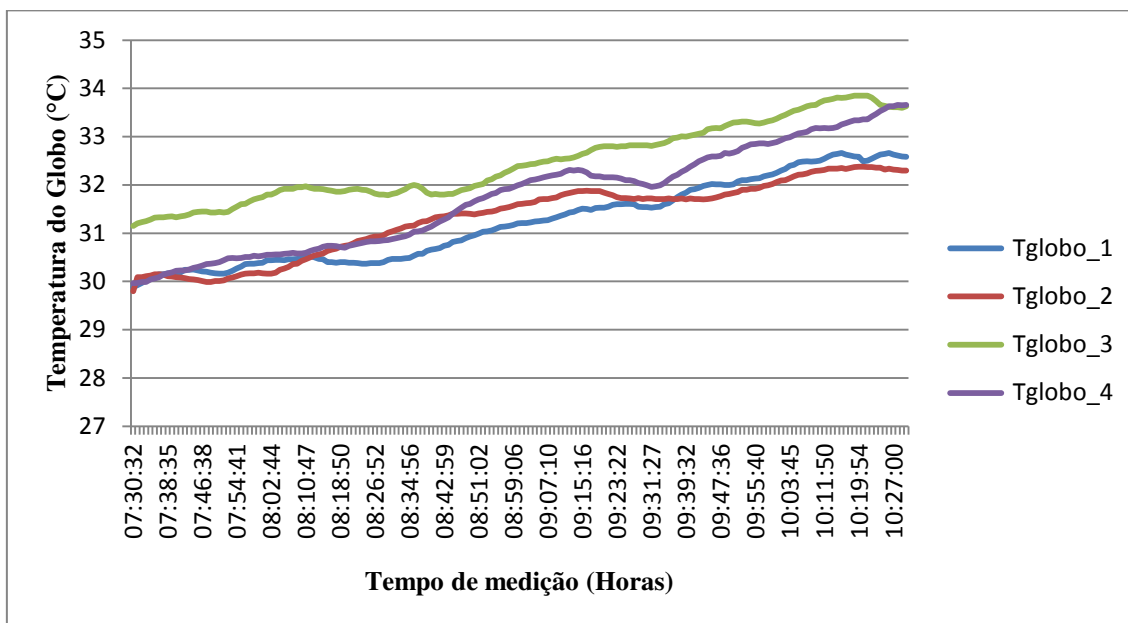


Fonte: autora

De acordo com Ruas (1995) e Lamberts *et al.* (2014), a velocidade do ar para atividades sedentárias deve variar entre 0,5 m/s a 2,5 m/s. Para as salas de aula estudadas foi possível verificar que ambas obtiveram velocidades abaixo do indicado, sendo possível concluir que a variável velocidade do ar também é um fator de desconforto térmico para os ocupantes das salas.

Nos Gráficos 05 e 06, se observa a variável temperatura de globo negro para as salas X e Y, respectivamente.

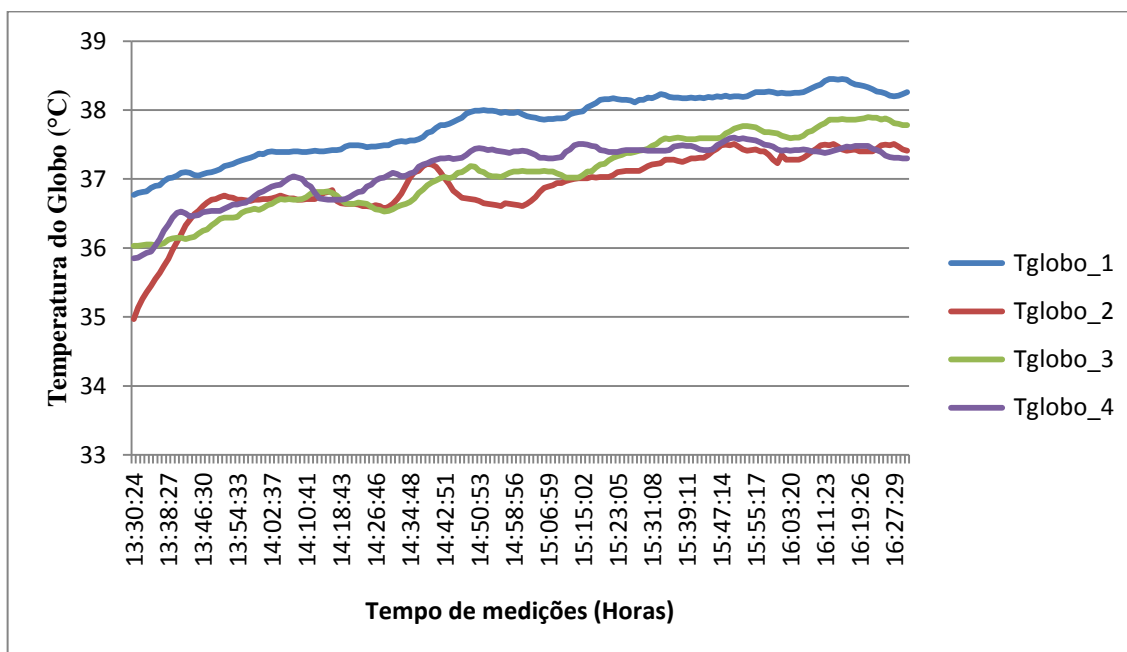
Gráfico 05- Temperatura do Globo negro (sala x) versus tempo



Fonte: autora

Para a sala X, a temperatura do globo na posição 1, 2 e 4 inicia-se em média com 30°C, e no termino das medições elas chegam a 32,5°C, 32,3°C e 33,3°C respectivamente. A temperatura do globo na posição 3 inicia a uma temperatura de 31,4 °C e termina 33,7°C.

Gráfico 06- Temperatura do Globo negro (sala Y) versus tempo

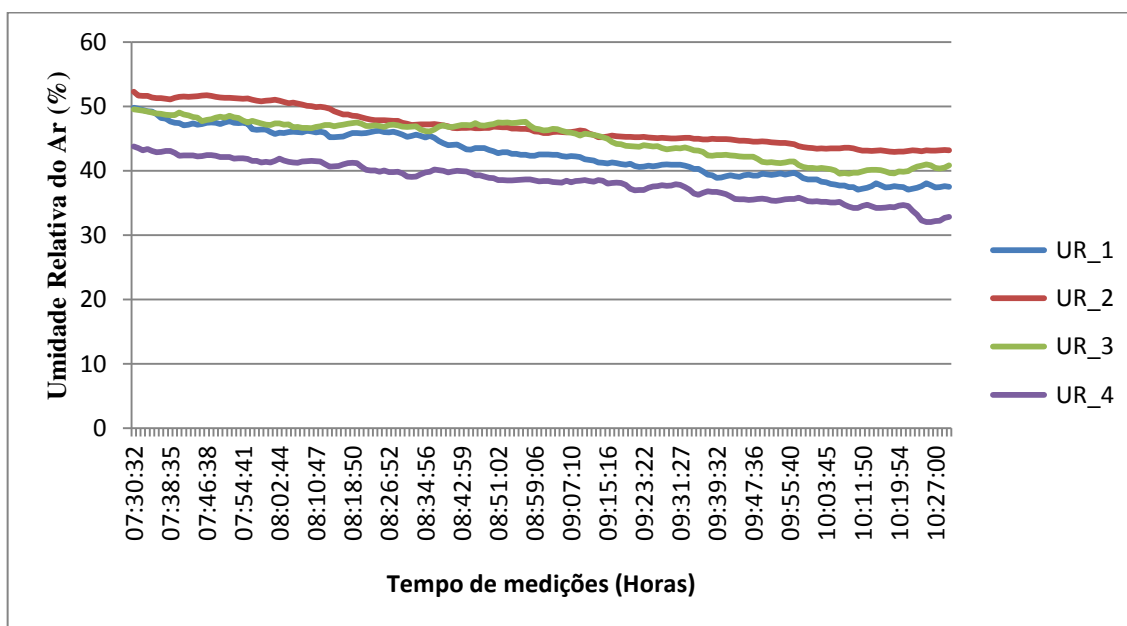


Fonte: autora

A temperatura do globo tende a aumentar no decorrer da hora, também na sala Y. Na posição 1 tem-se a temperatura mais elevada da sala, no início das medições a temperatura está aproximadamente a 37°C e chega a 38,2°C. Na posição 3 e 4 inicia-se em média a 36°C e chega a 37,4°C e 37,7°C respectivamente. A temperatura do globo na posição 2 inicia aproximadamente a 35°C e termina 37,3°C.

Nos Gráficos 07 e 08, é possível verificar a umidade relativa do ar para salas X e Y.

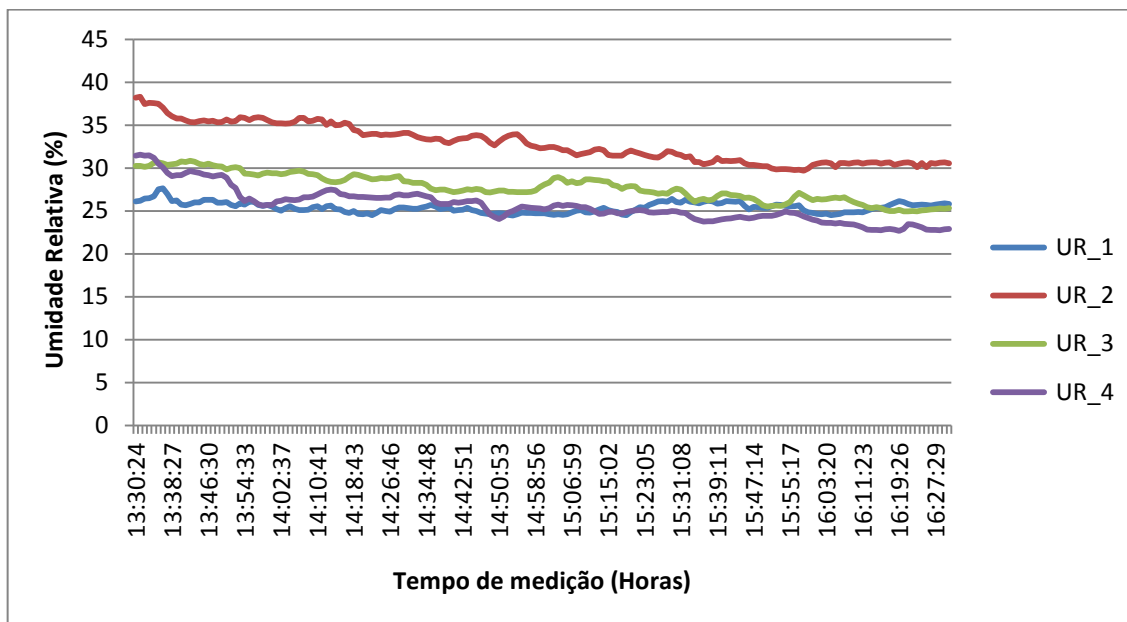
Gráfico 07- Umidade Relativa do Ar (sala X) versus tempo



Fonte: autora

A umidade relativa do ar na posição 1, 2 e 3 às 7h30min está em média 50 % e tende a diminuir no decorrer da hora chegando às 10h30min a 37,5%, 43,1% e 40,8%, respectivamente. Na posição 4, essa umidade é um pouco mais baixa chegando a 32,2%.

Gráfico 08- Umidade Relativa do Ar (sala Y) versus tempo



Fonte: autora

A umidade relativa do ar na sala Y também diminui no decorrer da hora na posição 1, 2, 3 e 4 no início das medições tem 26,9%, 38,1%, 30,2% e 31,4% e no termino das medições tem 25,8% , 30,55%, 25,33% e 22,86%, respectivamente para cada posição.

Para a sala X, a umidade relativa fica dentro dos parâmetros da OMS (acima de 30%). No entanto, no período da tarde, na sala Y, a umidade decai consideravelmente nas posições 2, 3 e 4, ficando abaixo do recomendado.

4.2 MÉDIAS DO PMV E PDD CÁLCULADOS PELO SOFTWARE

As tabelas mostram os resultados do voto estimado médio (PMV) e a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) de cada posição das salas, para cada 30 min. de medição. De acordo com a média das variáveis ambientais e sua relação com o índice de vestimenta e taxa de metabolismo da atividade

Na sala X como pode ser observado nos Quadros 05, 06, 07 e 08.

Quadro 05 – Média das variáveis posição 1 (Sala X)

Horário	Temp_Ar_1	V_Ar_1	Tglobo_1	UR_1	PMV_1	PPD_1
08:00	29,04°C	0,26m/s	30,19°C	47,63%	1,03	18,40%
08:30	29,31°C	0,27m/s	30,43°C	45,81%	1,06	23,10%
09:00	29,85°C	0,27m/s	30,82°C	44,74%	1,14	30,20%
09:30	30,4°C	0,28m/s	31,44°C	41,44%	1,26	39,80%
10:00	31°C	0,25m/s	31,94°C	39,47%	1,51	51,70%
10:30	31,6°C	0,23m/s	32,54°C	37,61%	1,79	58,20%

Fonte: autora

Quadro 06 – Média das variáveis posição 2 (Sala X)

Horário	Temp_Ar_2	V_Ar_2	Tglobo_2	UR_2	PMV_2	PPD_2
08:00	29,06°C	0,18m/s	30°C	51,35%	0,79	15,10%
08:30	29,67°C	0,17m/s	30,61°C	49,07%	1,04	21,80%
09:00	30,38°C	0,17m/s	31,35°C	46,74%	1,06	29,20%
09:30	30,7°C	0,17m/s	31,76°C	45,50%	1,42	47,90%
10:00	30,73°C	0,17m/s	31,8°C	44,54%	1,32	55,90%
10:30	31,21°C	0,16m/s	32,29°C	43,20%	1,66	59,80%

Fonte: autora

Quadro 07 – Média das variáveis posição 3 (Sala X)

Horário	Temp_Ar_3	V_Ar_3	Tglobo_3	UR_3	PMV_3	PPD_3
08:00	30,16°C	0,15m/s	31,42°C	48,34%	0,93	20,10%
08:30	30,5°C	0,14m/s	31,88°C	47,01%	1,15	41,60%
09:00	30,78°C	0,11m/s	31,98°C	46,98%	1,57	52,70%
09:30	31,4°C	0,11m/s	32,64°C	44,81%	1,61	60,60%
10:00	31,79°C	0,2m/s	33,13°C	41,99%	1,81	68,80%
10:30	31,29°C	0,27m/s	33,68°C	40,13%	2,01	69,20%

Fonte: autora

Quadro 08 – Média das variáveis posição 4 (Sala X)

Horário	Temp_Ar_4	V_Ar_4	Tglobo_4	UR_4	PMV_4	PPD_4
08:00	29,09°C	0,32m/s	30,28°C	42,36%	0,37	43,90%
08:30	29,44°C	0,33m/s	30,7°C	40,74%	0,68	13,10%
09:00	30,33°C	0,24m/s	31,44°C	39,20%	0,56	20,90%
09:30	30,86°C	0,22m/s	32,16°C	37,95%	1,09	25%
10:00	31,32°C	0,24m/s	32,51°C	35,99%	1,27	38,10%
10:30	32,01°C	0,19m/s	33,29°C	34%	1,61	46,90%

Fonte: autora

Na posição 1 e 2, o número de pessoas insatisfeitas não ultrapassa 60%. Para a posição 1, observa-se que no início das atividades o PPD é de 18,40% e ao término das atividades chega a 58,20%. Na posição 2, o PPD é de 15,10% no início das atividades e chega a 59,80% no final das atividades.

Para o PMV em ambas as posições, no início das atividades são representadas como levemente quente a ao término como quente. De acordo com a descrição das salas, na posição 1, há a ventilação artificial com o ventilador e na posição 2, as aberturas das janelas. Para estas posições, a ventilação parece ser benéfica para os primeiros horários e maléfica com o decorrer da hora.

Para a posição 3, é indicado a maior porcentagem de insatisfação (70%). Como nesta posição a parede está a pique, a radiação advinda do telhado (maior índice de radiação que uma edificação recebe) mais a radiação das paredes contribuem para o desconforto térmico.

Na posição 4, observa-se um pequeno aumento do PPD, quando comparadas com as outras posições. No entanto, para o PMV, nas posições 3 e 4 ocorreu o mesmo que as posições 1 e 2, no início da manhã se apresenta levemente quente e no final das atividades chega a quente.

Na sala Y, como pode ser observado nos Quadros 09, 10, 11 e 12 em todas as posições o índice de pessoas insatisfeitas chega a ultrapassar 90% e o voto médio estimado refere a muito quente (3).

Quadro 09 – Média das variáveis posição 1 (Sala Y)

Horário	Temp_Ar_1	V_Ar_1	Tglobo_1	UR_1	PMV_1	PPD_1
14:00	35,74°C	0,1m/s	36,61°C	26,30%	3,15	90,60%
14:30	36,28°C	0,08m/s	37,27°C	25,65%	3,36	91,20%
15:00	36,57°C	0,09m/s	37,54°C	25,12%	3,79	93,60%
15:30	36,91°C	0,1m/s	37,92°C	24,74%	3,68	93,60%
16:00	37,11°C	0,08m/s	38,13°C	25,67%	3,64	90,90%
16:30	37,27°C	0,12m/s	38,25°C	25,18%	3,87	97,10%

Fonte: autora

Quadro 10 – Média das variáveis posição 2 (Sala Y)

Horário	Temp_Ar_2	V_Ar_2	Tglobo_2	UR_2	PMV_2	PPD_2
14:00	34,57°C	0,06m/s	36,22°C	36,15%	2,9	93,86%
14:30	34,87°C	0,06m/s	36,69°C	34,83%	3,55	93,76%
15:00	35,08°C	0,07m/s	36,83°C	33,42%	3,15	99,90%
15:30	35,18°C	0,06m/s	36,9°C	31,90%	3,48	93,05%
16:00	35,41°C	0,08m/s	37,3°C	30,85%	3,35	96,70%
16:30	35,4°C	0,1m/s	36,93°C	33,70%	3,17	90,30%

Fonte: autora

Quadro 11 – Média das variáveis posição 3 (Sala Y)

Horário	Temp_Ar_3	V_Ar_3	Tglobo_3	UR_3	PMV_3	PPD_3
14:00	35,02°C	0,17m/s	36,19°C	30,38%	3,12	90,22%
14:30	35,4°C	0,17m/s	36,67°C	29,05%	3,39	97,70%
15:00	35,68°C	0,15m/s	36,92°C	27,58%	3,35	90,60%
15:30	35,78°C	0,11m/s	37,15°C	28,06%	3,26	93,50%
16:00	36,25°C	0,11m/s	37,6°C	26,50%	3,29	94,10%
16:30	36,43°C	0,13m/s	37,77°C	25,68%	3,86	93,90%

Fonte: autora

Quadro 12 – Média das variáveis posição 4 (Sala Y)

Horário	Temp_Ar_4	V_Ar_4	Tglobo_4	UR_4	PMV_4	PPD_4
14:00	35,31°C	0,25m/s	36,12°C	30,01%	3,31	94,12%
14:30	35,84°C	0,3m/s	36,81°C	26,51%	3,27	93,56%
15:00	36,29°C	0,27m/s	37,14°C	26,21%	3,42	86,78%
15:30	36,44°C	0,26m/s	37,4°C	25,17%	3,19	89,99%
16:00	36,44°C	0,22m/s	37,42°C	24,50%	3,71	83,92%
16:30	36,47°C	0,25m/s	37,47°C	23,96%	3,34	86,82%

Fonte: autora

Para este horário de aula, em todas as posições fica evidenciado o desconforto térmico, tanto pelo PMV, como pelo PPD. A radiação solar advinda do telhado mais a radiação advinda das paredes contribuem para o desconforto térmico.

4.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

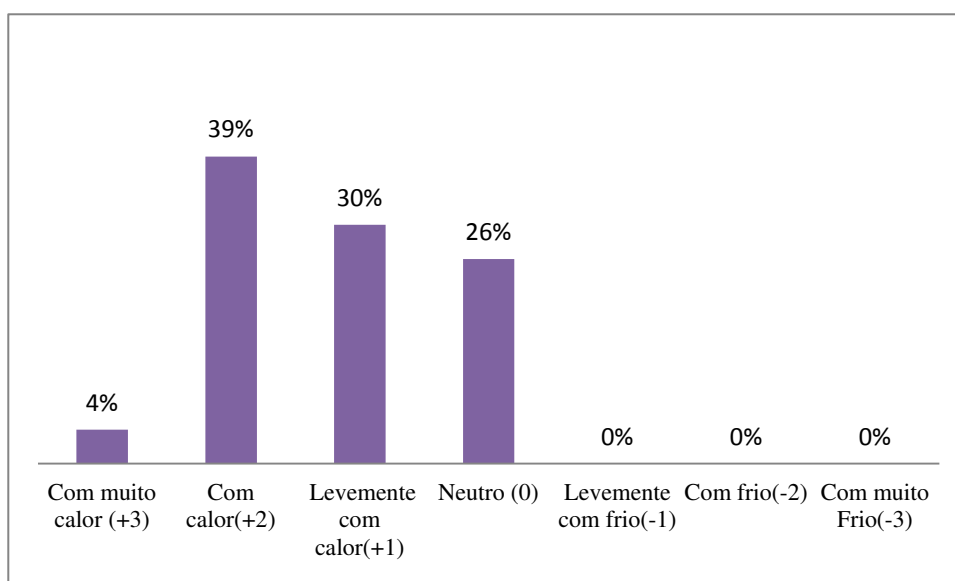
Na sala X, os alunos não se distribuem de forma uniforme, eles se aglomeram em pequenos grupos (Figura 09), no início, no meio e final da sala.

Dos entrevistados 56% é do sexo feminino e 43% do sexo masculino. A maioria se encontra em uma faixa etária entre 12 e 18 anos e 78% considera o ar que entra pela janela insuficiente. Quanto à ventilação artificial, 61% recebem mais ventilação vinda dos ventiladores e 18% das janelas, no entanto 21% responderam que não recebem nenhuma ventilação e 52% consideram a sala desconfortável com relação à temperatura. No entanto, 100% gostaria que a sala estivesse mais fria.

Na sala Y, a maioria dos alunos sentam no início da sala (Figura 10), 69% é do sexo feminino e 31% do sexo masculino. A maioria se encontra na faixa etária entre 16 e 20 anos e 92% considera o ar que entra pela janela insuficiente. Quanto à ventilação, 79% recebem mais ventilação vinda dos ventiladores e 22% das janelas, no entanto 69% considera a sala desconfortável e 100% gostaria que a sala estivesse mais fria.

Os Gráficos 09 e 10, são referentes à como os alunos se sentem na maior parte do tempo e foi baseado na escala de sete pontos (Quadro 01).

Gráfico 09 - Voto médio estimado (Sala X)

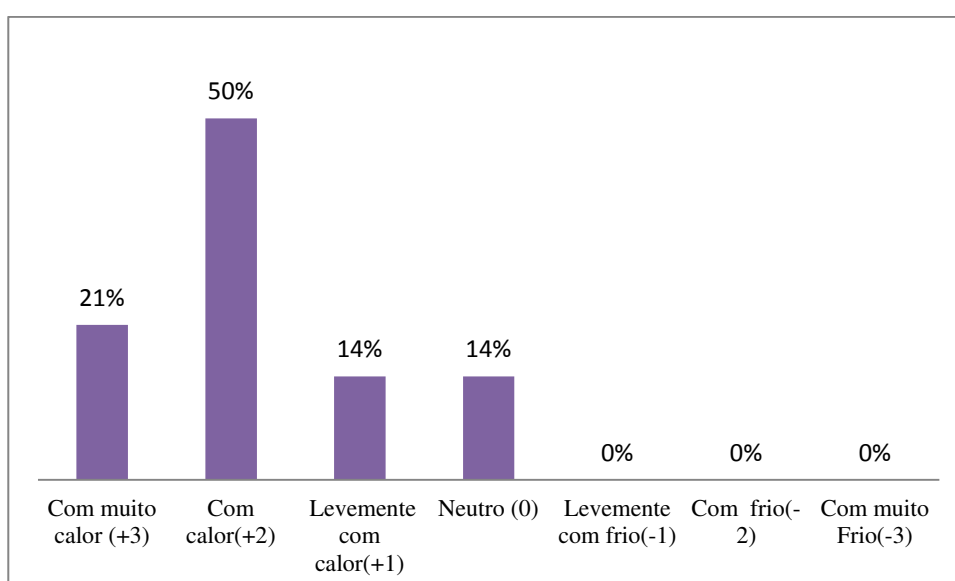


Fonte: autora

Como mostra o gráfico os votos obtidos foram entre 0 e +3, onde engloba desde “neutro” a “com muito calor”. Levando em consideração a teoria desenvolvida por Fanger (1970) 39% se consideram com calor (+2) e 4% com muito calor (+3), daí temos um índice de pessoas insatisfeitas (PPD) de 43%.

O Gráfico 10, refere-se ao valor médio estimado para a sala Y.

Gráfico 10- Voto médio estimado (Sala Y)

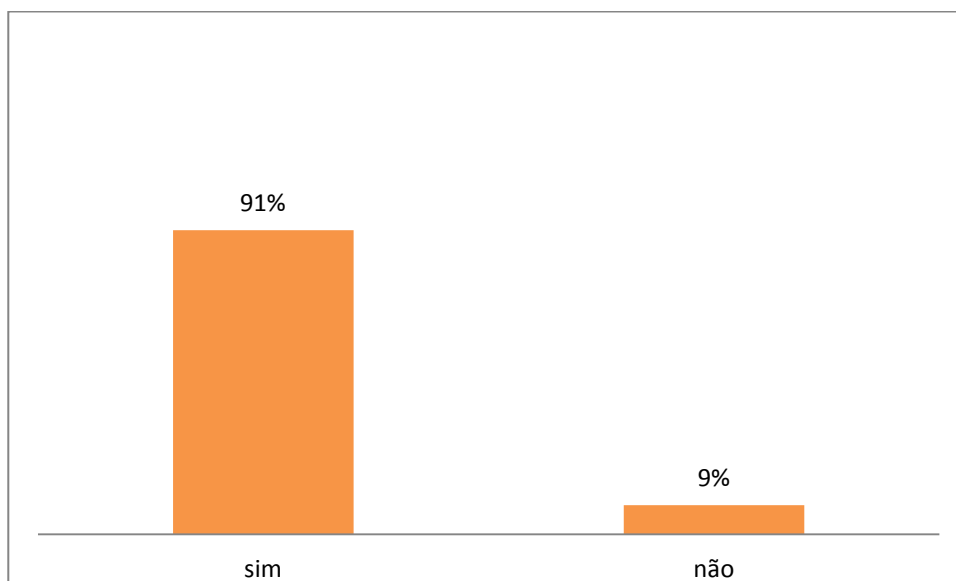


Fonte: autora

Na sala Y, 50% apontaram esta com calor (+2) e 21% com muito calor (+3) , logo temos um índice de pessoas insatisfeitas igual a 71%.

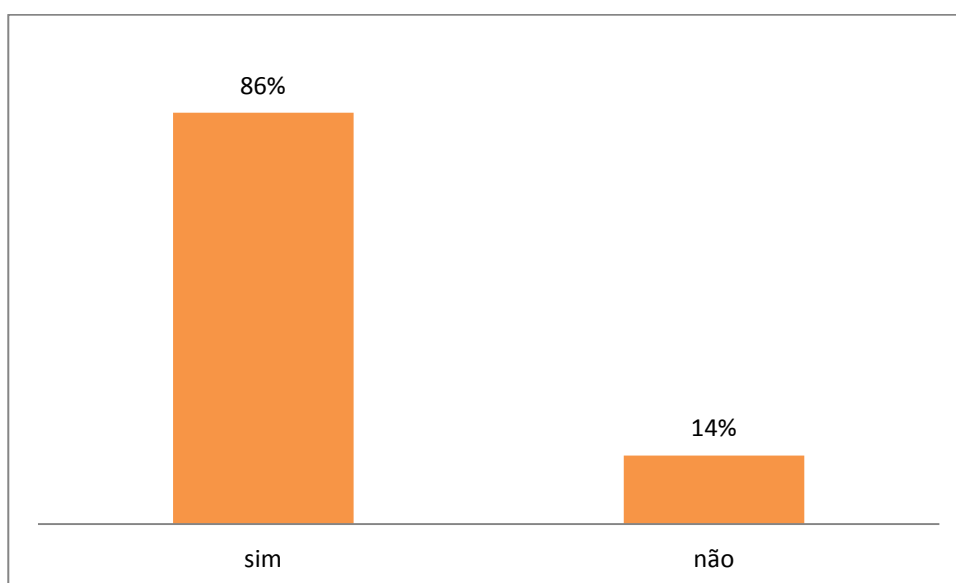
Os Gráficos 11 e 12, referem-se ao número de pessoas que se sentem prejudicadas com a alta temperatura, para a sala X e sala Y, respectivamente.

Gráfico 11- Índice de pessoas prejudicadas pelo desconforto térmico (Sala X)



Fonte: autora

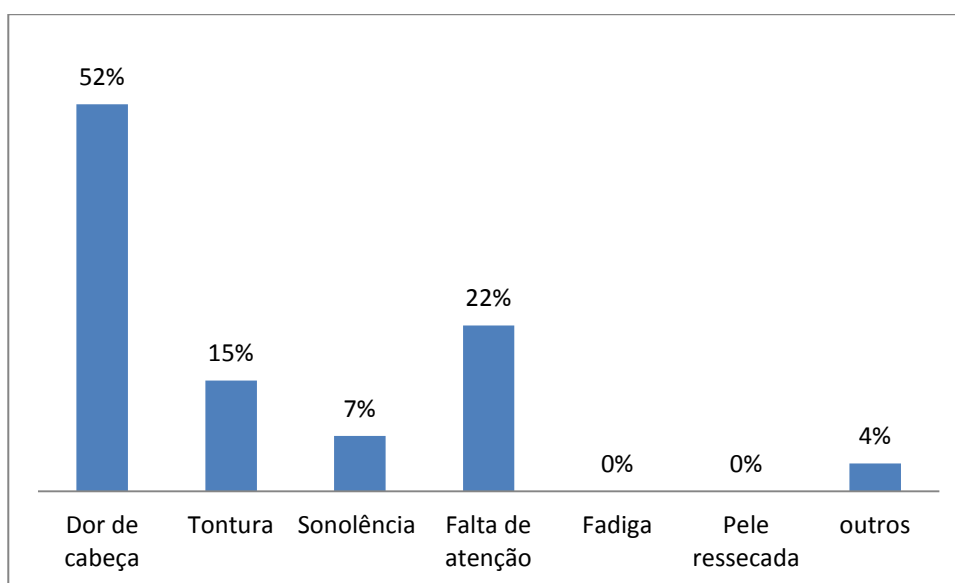
Gráfico 12- Índice de pessoas prejudicadas pelo desconforto térmico (Sala Y)



Fonte: autora

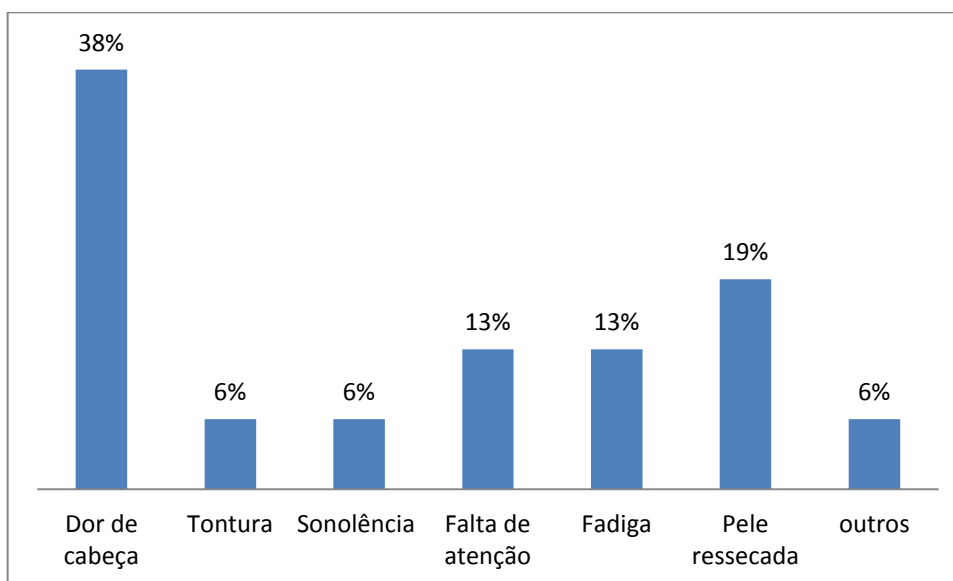
Os Gráficos 13 e 14, são referentes aos problemas ocasionados pela alta temperatura. Onde alguns usuários da sala assinalaram mais de uma opção. Os que assinalaram a alternativa “outros” citou que além de alguns problemas já apresentados, alguns têm problemas respiratórios (falta de ar) e se sentem desestimulados, com vontade de ir embora.

Gráfico 13 - Problemas ocasionados pelo desconforto térmico (Sala X)



Fonte: autora

Gráfico 14 - Problemas ocasionados pelo desconforto térmico (Sala Y)



Fonte: autora

4.3 ANÁLISES DAS ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

Das diretrizes estabelecidas pela norma em relação à área de abertura para ventilação, foi calculado, que a sala X contém uma área de piso de $45,51 \text{ m}^2$, e para este parâmetro a área de abertura para ventilação deveria estar entre $4,55 \text{ m}^2$ e $6,83 \text{ m}^2$, no entanto tem-se uma área de $8,76 \text{ m}^2$.

A sala Y possui $49,42 \text{ m}^2$ e deveria conter uma área de abertura para ventilação entre $4,94 \text{ m}^2$ e $7,41 \text{ m}^2$. Porém, a mesma ultrapassa os parâmetros com área igual a $11,84 \text{ m}^2$, assim ambas as salas não atendem as especificações de abertura de ventilação para zona bioclimática 7.

5. CONCLUSÕES

O desconforto térmico é resultado de uma combinação insatisfatória entre as variáveis ambientais e pessoais. Algumas pessoas se sentem confortáveis, como mostra os resultados em ambientes que não são termicamente favoráveis, no entanto outras não. São comuns pessoas acostumadas com climas quentes não se sentirem tão desconfortável em um lugar com altas temperaturas do que pessoas que residem em regiões onde o clima é mais frio, isso porque o organismo sofre menos mudanças térmicas.

Através das análises das variáveis ambientais, nota-se que a sala Y possui um desconforto térmico maior que a sala X, e que muitas pessoas apesar da temperatura muito elevada considerada inaceitável pelas normas internacionais, consideram um ambiente aceitável como mostra a diferença dos resultados do PDD calculado pelo software e analisados pela resposta dos questionários.

Podemos observar que a umidade relativa do ar durante os horários das medições, tanto de manhã quanto a tarde, tende a diminuir no decorrer das horas e a temperatura tende aumentar.

O índice de PMV e PDD não apresentam resultados satisfatórios, pois para que seja considerada satisfatória 90% dos indivíduos devem se sentir confortável, no entanto os cálculos mostram o contrário.

O clima de Caraúbas com temperaturas elevadas, ventilação inadequada e falta de aclimação das salas, proporcionam condições de desconforto no ambiente escolar, afetando o desenvolvimento dos alunos, pois a maioria se sente prejudicados e entre o problema mais citado em ambas as salas foi dor de cabeça. A pesquisa também mostra que os usuários ocasionam sintomas como tontura, sonolência, falta de atenção, fadiga, pele ressecada e problemas respiratórios, assim se sentem desestimulado por não quererem permanecer na sala.

Os mecanismos para ventilação presente nas salas podem ajudar a diminuir o calor local em alguns pontos. No entanto, o ar seco devido a baixa umidade, não pode ser alterado. Por isso, adequar o ambiente escolar ao clima local é muito importante para que as pessoas desenvolvam suas tarefas com satisfação e bem estar. Adotar algumas medidas como resfriamento evaporativo direto; colocação de forros ecológicos e o uso de telhados verdes podem diminuir o desconforto sentido pelos usuários das salas X e Y.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1/2005:** Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições símbolos e unidades. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3/2005:** Zoneamento Bioclimático Parte 3. 2005.

BERNARDI, Núbia; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas - SP** In: VI Encontro Nacional e III Encontro LatinoAmericano de Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro, SP. 8 p.

DIONELLO, Marcela Luz Mendes. **Monitoramento de Parâmetros de conforto térmico nas salas de aula do prédio de Engenharia Ambiental da USP- São Carlos.** 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

DUARTE, Denise Helena Silva. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura – EESC/USP, 1995.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** 7º ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2005) . **ISO 7730 :** Ergonomics of the environment - analytical determination and calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva.

LABAKI, Lucila Chebel; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas-SP.** In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Pedro/SP: Novembro/2001.

LAMBERTS, Roberto et al. - Desempenho Térmico de Edificações - **Apostila de Aula disciplina de Desempenho Térmico de Edificações Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis/SC, 2005.

LAMBERTS, Roberto et al. - **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2014. (Material didático para disciplina conforto térmico)..

PINTO, Hilton S.; ZULLU JR, Jurandir; ÁVILA, Ana M. H. **Escala psicrométrica Unicamp para indicações de níveis de umidade relativa do ar prejudiciais à saúde humana – Cepagri/Unicamp**, Set. 2008. Disponível em: < <http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-inverno.html>>. Acesso em : 02 Maio 2016.

RIBEIRO, Solange Lucas. **Espaço escolar: um elemento (in)visível no currículo**. Sitientibus, Feira de Santana, n. 31, p.103-118, jan./dez. 2004.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Edição única. Campinas: Fundacentro, 1999.

SANTOS, Flavia de oliveira; PIMENTEL, Marilene Rodrigues dos Santos. **Edificações e conforto térmico: a moradia como fonte de aprendizagem**. 2011. Revista eletrônica (<http://www.seer.uflu.br>) ISSN 1678-6343.

VASCONCELOS, Priscila Elida de Medeiros. **Estudo da relação entre as variáveis térmicas e o desempenho de estudantes da Academia de Polícia Militar do Estado da Paraíba**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de tecnologia / UFPB – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

VIEIRA, Cíntia Cristina. **Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos**. 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado – Programa de pós graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2008.

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO APLICADO

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DA SALA DE AULA

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: ____ anos **Peso:** ____kg **Altura:** ____m

1. Durante a aula como você se sente na maior parte do tempo

- () Com muito calor (3)
- () Com calor (2)
- () Levemente com calor (1)
- () Neutro (0)
- () Levemente com frio (-1)
- () Com frio (-2)
- () Com muito frio (-3)

2. Em relação a sua localização na sala de aula você

- () Está sentado no início da sala
- () Está sentado no meio da sala
- () Está sentado no final da sala

3. Na sua sala de aula, a ventilação que entra pelas janelas é

- () Suficiente
- () Insuficiente

4. Você recebe mais ventilação vinda

- () da janela
- () dos ventiladores
- () nenhuma ventilação

5. Com relação a temperatura, você considera a sala:

- () Confortável
- () Desconfortável

6. Você gostaria que a sala estivesse:

- ☐ Mais fria
- ☐ Mais quente
- ☐ nenhuma das opções

7. Quando você está desconfortável termicamente (temperatura elevada, ventilação inadequada etc.) você se sente prejudicado?

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. Quais problemas ocorrem com você devido ao desconforto térmico:

- ☐ Dor de cabeça
- ☐ Tontura
- ☐ Falta de atenção
- ☐ Sonolência
- ☐ Ressecamento da pele
- ☐ Fadiga
- ☐ outra. Qual? _____
- ☐ Nenhum