



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO DE
ENSINO SUPERIOR EM CAMPINA GRANDE – PB**

ADERSON RODRIGUES DE SOUZA

CAMPINA GRANDE

2017

ADERSON RODRIGUES DE SOUZA

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO DE ENSINO
SUPERIOR EM CAMPINA GRANDE – PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Qualidade de Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Rui de Oliveira

Co-orientadora: Prof. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

Campina Grande - PB

2017

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S729a Souza, Aderson Rodrigues de.
Análise do conforto térmico de uma edificação de Ensino Superior em Campina Grande – PB [manuscrito] / Aderson Rodrigues de Souza. - 2017.
128 p. : il. color.

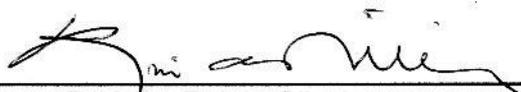
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Rui de Oliveira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".
"Co-Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".
1. Conforto térmico. 2. Edificação - Conforto térmico. 3. Método de Fanger. 4. Ventilação natural. I. Título.

21. ed. CDD 628

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM CAMPINA GRANDE – PB

Dissertação aprovada em 25 / 04 / 2017

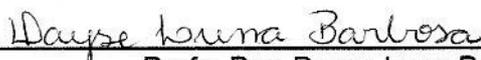
COMISSÃO EXAMINADORA



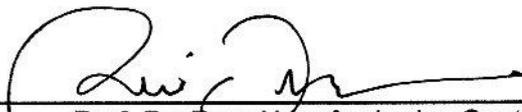
Prof. Dr. Rui de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba
Orientador



Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
Universidade Estadual da Paraíba
Orientadora



Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa
Universidade Federal de Campina Grande
Examinadora externa



Prof. Dr. Raoni Venâncio dos Santos Lima
Universidade Federal de Campina Grande
Examinador externo

Dedico esta dissertação aos meus pais, Adilson e Rivanda, à minha esposa, Andréa e aos meus filhos, Ana Luísa e Arthur.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas, abaixo citadas, por suas importantes contribuições para a realização deste trabalho.

A Deus, por tornar tudo possível;

Ao Professor Doutor Rui de Oliveira e à Professora Doutora Celeide Maria Belmont Sabino Meira, pela orientação e apoio constantes ao longo do trabalho;

Às então estudantes de Engenharia Sanitária da UEPB, Julianna Ferreira dos Santos Silva e Renaly Maria Pereira dos Santos, pela ajuda durante as coletas de dados;

Aos amigos Adriano e Zeyk, pelo companheirismo e incentivo mútuo, durante toda essa caminhada;

Aos demais colegas do mestrado, por compartilhar informações e emoções;

A todos do Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental da UEPB, sobretudo ao MEng Cícero Fellipe Diniz de Santana, pela disponibilização de espaço, equipamentos, software e conhecimento;

Aos amigos do trabalho, pela paciência e compreensão;

Aos alunos e funcionários da UEPB, que contribuíram diretamente para esta pesquisa, respondendo aos questionários com a frequência necessária;

À minha família, pelo apoio incondicional, especialmente à minha esposa, Andréa, por seu incentivo e apoio moral e técnico, desde o início dessa jornada, transmitindo sua experiência e dando dicas importantes, sempre com muito carinho e um amor ímpar.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objetivos e hipóteses	4
1.3.1 Objetivo Geral	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.3.3 Hipóteses	5
1.4 Organização do trabalho	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Conforto Térmico.....	7
2.1.1 Variáveis ambientais	8
2.1.1.1 Temperatura do ar (expressa em °C).....	8
2.1.1.2 Temperatura radiante média (expressa em °C)	9
2.1.1.3 Umidade relativa do ar (expressa em %)	9
2.1.1.4 Velocidade do vento (expressa em m/s)	9
2.1.2 Variáveis pessoais	10
2.1.2.1 Taxa metabólica (expressa em met)	10
2.1.2.2 Vestimenta (expressa em clo)	10
2.1.3 Outras variáveis	11
2.2 Métodos de avaliação do conforto térmico	11
2.3 Conforto térmico e produtividade	15
2.4 Estudos precedentes.....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Caracterização da área de estudo	22
3.2 Pesquisa de campo.....	28
3.2.1 Escolha dos ambientes	28
3.2.2 Determinação da amostra da população participante	29
3.2.3 Caracterização dos ambientes a serem pesquisados	32
3.2.4 Aplicação dos questionários.....	34
3.2.5 Coleta de dados de variáveis ambientais	34
3.3 Software para simulação computacional.....	36
3.3.1 Tratamento estatístico	36

3.3.2 Aplicação dos dados em software	37
3.4 Dificuldades encontradas	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Resultados da pesquisa no turno da manhã, durante os meses de março a maio (estação de outono).	41
4.1.1 Salas do 1º andar.....	42
4.1.2 Salas do 2º andar.....	50
4.1.3 Salas do 3º andar.....	56
4.2 Resultados da pesquisa no turno da noite, durante os meses de março a maio (estação de outono).	62
4.2.1 Salas do 1º andar.....	62
4.2.2 Salas do 3º andar.....	67
4.3 Discussão sobre os resultados do período de outono.....	71
4.4 Resultados da pesquisa no turno da manhã, durante os meses de junho e julho (estação de inverno).....	73
4.4.1 Salas do 1º andar.....	74
4.4.2 Salas do 2º andar.....	79
4.4.3 Salas do 3º andar.....	85
4.5 Resultados da pesquisa no turno da noite, durante os meses de junho e julho (estação de inverno).....	91
4.5.1 Salas do 1º andar.....	91
4.5.2 Salas do 3º andar.....	96
4.6 Discussão sobre os resultados do período de inverno.....	99
5. CONCLUSÕES	103
5.1 Sugestões baseadas nos resultados desta pesquisa.....	105
REFERÊNCIAS.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Carta psicrométrica com linhas de temperatura efetiva (TE) em função da temperatura e umidade relativa do ar 1996).....	12
Figura 2.2 - Gráfico do percentual de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio predito (PMV).....	15
Figura 3.1 - Organograma das etapas metodológicas da pesquisa.....	21
Figura 3.2 - Mapa do Brasil, com localização da cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba.....	22
Figura 3.3 - Mapa mundial das regiões que possuem clima tropical com estação seca (Aw/As), segundo classificação climática de Köppen-Geiger.....	23
Figura 3.4 - Gráfico climático de Campina Grande–PB.....	24
Figura 3.5 - Mapa de Campina Grande, com localização do Campus I da UEPB.....	24
Figura 3.6 - Vista aérea do Campus I da UEPB (imagem de satélite).....	25
Figura 3.7 - Vista principal do prédio da CIAC (face sul).....	26
Figura 3.8 - Planta baixa – 1º andar da CIAC – UEPB.....	26
Figura 3.9 - Planta baixa – 2º andar da CIAC – UEPB.....	27
Figura 3.10 - Planta baixa – 3º andar da CIAC – UEPB.....	27
Figura 3.11 - Mapeamento – 1º andar da CIAC – UEPB.....	29
Figura 3.12 - Mapeamento – 2º andar da CIAC – UEPB.....	30
Figura 3.13 - Mapeamento – 3º andar da CIAC – UEPB.....	30
Figura 3.14 - Croquis das salas padronizadas da CIAC.....	32
Figura 3.15 - Vista interna de uma sala de aula da CIAC.....	32
Figura 3.16 - Vista externa de uma sala de aula da CIAC.....	33
Figura 3.17 - Vista interna de uma sala administrativa da CIAC.....	33
Figura 3.18 - Termo-anemômetro digital utilizado nas medições.....	35
Figura 3.19 - Termômetro de globo utilizado nas medições.....	35
Figura 3.20 - Relatório de análise de conforto térmico do Analysis CST 2.1, com gráfico.....	38
Figura 4.1 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (manhã – outono).....	44

Figura 4.2 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (manhã – outono).....	44
Figura 4.3 - Modas das percepções dos usuários sobre as variáveis do ambiente, por dia de pesquisa - sala 122 (manhã – outono).....	45
Figura 4.4 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 140 (manhã – outono).....	47
Figura 4.5 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 140 (manhã – outono).....	47
Figura 4.6 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 146 (manhã – outono).....	49
Figura 4.7 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 146 (manhã – outono).....	49
Figura 4.8 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 204 (manhã – outono).....	51
Figura 4.9 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 204 (manhã – outono).....	52
Figura 4.10 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 214 (manhã – outono).....	53
Figura 4.11 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 214 (manhã – outono).....	54
Figura 4.12 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 235 (manhã – outono).....	55
Figura 4.13 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 235 (manhã – outono).....	56
Figura 4.14 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (manhã – outono).....	57
Figura 4.15 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (manhã – outono).....	58
Figura 4.16 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 309 (manhã – outono).....	59

Figura 4.17 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 309 (manhã – outono).....	60
Figura 4.18 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (manhã – outono).....	61
Figura 4.19 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (manhã – outono).....	61
Figura 4.20 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (noite – outono).....	63
Figura 4.21 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (noite – outono).....	63
Figura 4.22 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 140 (noite – outono).....	64
Figura 4.23 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 140 (noite – outono).....	65
Figura 4.24 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 146 (noite – outono).....	66
Figura 4.25 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 146 (noite – outono).....	67
Figura 4.26 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (noite – outono).....	68
Figura 4.27 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (noite – outono).....	69
Figura 4.28 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (noite – outono).....	70
Figura 4.29 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (noite – outono).....	70
Figura 4.30 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 121 (manhã – inverno).....	75
Figura 4.31 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 121 (manhã – inverno).....	75

Figura 4.32 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 141 (manhã – inverno).....	76
Figura 4.33 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 141 (manhã – inverno).....	77
Figura 4.34 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 147 (manhã – inverno).....	78
Figura 4.35 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 147 (manhã – inverno).....	79
Figura 4.36 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 207 (manhã – inverno).....	80
Figura 4.37 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 207 (manhã – inverno).....	81
Figura 4.38 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 215 (manhã – inverno).....	82
Figura 4.39 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 215 (manhã – inverno).....	83
Figura 4.40 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 236 (manhã – inverno).....	84
Figura 4.41 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 236 (manhã – inverno).....	84
Figura 4.42 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (manhã – inverno).....	86
Figura 4.43 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (manhã – inverno).....	87
Figura 4.44 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 309 (manhã – inverno).....	88
Figura 4.45 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 309 (manhã – inverno).....	88
Figura 4.46 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (manhã – inverno).....	90

Figura 4.47 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (manhã – inverno).....	90
Figura 4.48 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (noite – inverno).....	92
Figura 4.49 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (noite – inverno).....	92
Figura 4.50 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 141 (noite – inverno).....	93
Figura 4.51 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 141 (noite – inverno).....	94
Figura 4.52 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 147 (noite – inverno).....	95
Figura 4.53 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 147 (noite – inverno).....	96
Figura 4.54 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (noite – inverno).....	97
Figura 4.55 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (noite – inverno).....	97
Figura 4.56 - Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (noite – inverno).....	98
Figura 4.57 - Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (noite – inverno).....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Escala de sete pontos de votos médios, com indicação da sensação térmica referente a cada ponto da escala.....	13
Tabela 3.1 - Mapeamento das salas do 1º andar da CIAC – UEPB.....	30
Tabela 3.2 - Mapeamento das salas do 2º andar da CIAC – UEPB.....	30
Tabela 3.3 - Mapeamento das salas do 3º andar da CIAC – UEPB.....	31
Tabela 4.1 - Resumo estatístico dos dados pessoais dos participantes da pesquisa.....	40
Tabela 4.2 - Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	43
Tabela 4.3 - Valores resultantes das medições feitas na sala 140 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	46
Tabela 4.4 - Valores resultantes das medições feitas na sala 146 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	48
Tabela 4.5 - Valores resultantes das medições feitas na sala 204 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	51
Tabela 4.6 - Valores resultantes das medições feitas na sala 214 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	53
Tabela 4.7 - Valores resultantes das medições feitas na sala 235 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	55
Tabela 4.8 - Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	57
Tabela 4.9 - Valores resultantes das medições feitas na sala 309 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	59
Tabela 4.10 - Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (manhã – outono).....	60
Tabela 4.11 - Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (noite – outono).....	62
Tabela 4.12 - Valores resultantes das medições feitas na sala 140 da CIAC – UEPB (noite – outono).....	64
Tabela 4.13 - Valores resultantes das medições feitas na sala 146 da CIAC – UEPB (noite – outono).....	66
Tabela 4.14 - Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (noite – outono).....	68

Tabela 4.15 - Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (noite – outono).....	69
Tabela 4.16 - Valores resultantes das medições feitas na sala 121 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	74
Tabela 4.17 - Valores resultantes das medições feitas na sala 141 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	76
Tabela 4.18 - Valores resultantes das medições feitas na sala 147 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	78
Tabela 4.19 - Valores resultantes das medições feitas na sala 207 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	80
Tabela 4.20 - Valores resultantes das medições feitas na sala 215 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	81
Tabela 4.21 - Valores resultantes das medições feitas na sala 236 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	83
Tabela 4.22 - Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	85
Tabela 4.23 - Valores resultantes das medições feitas na sala 309 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	87
Tabela 4.24 - Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (manhã – inverno).....	89
Tabela 4.25 - Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (noite – inverno).....	91
Tabela 4.26 - Valores resultantes das medições feitas na sala 141 da CIAC – UEPB (noite – inverno).....	93
Tabela 4.27 - Valores resultantes das medições feitas na sala 147 da CIAC – UEPB (noite – inverno).....	95
Tabela 4.28 - Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (noite – inverno).....	96
Tabela 4.29 - Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (noite – inverno).....	98
Tabela 4.30 - Frequência de situações de conforto térmico (outono).....	102
Tabela 4.31 - Faixas de temperatura de conforto térmico (outono).....	102
Tabela 4.32 - Frequência de situações de conforto térmico (inverno).....	102
Tabela 4.33 - Faixas de temperatura de conforto térmico (inverno).....	102

RESUMO

A importância do estudo do conforto térmico em edificações de ensino está associada ao vínculo que essa condição tem com o desempenho de atividades humanas, para as quais um ambiente termicamente confortável proporciona melhores níveis de concentração e atenção.

Assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar as condições de conforto térmico de salas de aula e salas administrativas, naturalmente ventiladas, de uma edificação de ensino superior, na cidade de Campina Grande, na Região Nordeste do Brasil, onde o clima é predominantemente quente e úmido.

Para obtenção dos resultados, foram seguidos dois métodos tradicionalmente utilizados nesse tipo de pesquisa. O método analítico, constante nas Normas Internacionais ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010), fornece resultados a partir de 4 variáveis ambientais e 2 pessoais, coletadas no interior dos ambientes estudados. O segundo método consiste na aplicação de questionários aos usuários dos ambientes, para a obtenção de respostas pessoais sobre as sensações térmicas reais.

A análise dos resultados mostrou que as zonas de conforto, verificadas na edificação, foram distintas para cada estação do ano em que a pesquisa foi desenvolvida. Pelos votos pessoais, os intervalos de temperaturas de conforto, no outono, foram mais amplos do que os previstos pelas Normas. Entretanto, no inverno, o método normatizado superestimou as faixas de temperaturas de conforto obtidas pelos votos diretos.

Os resultados das zonas de conforto térmico foram confrontados com os de outras pesquisas feitas tanto em regiões de clima semelhante ao deste trabalho, quanto em locais de clima mais frio, verificando-se coerência entre os dados.

A pesquisa concluiu que, na estação do outono, os ambientes da edificação proporcionaram a seus ocupantes situações de desconforto térmico para o calor na maior parte do tempo, todavia, na estação do inverno, as situações de conforto térmico foram predominantes.

Palavras-chave: Conforto térmico em escolas. Método de Fanger. Ventilação natural de edifícios.

ABSTRACT

The importance of thermal comfort studies in educational buildings is associated with the relationship that this condition has with the performance of human activities, providing a thermally comfortable environment better levels of concentration and attention.

Thus, the objective of this research is to evaluate the thermal comfort conditions of classrooms and administrative rooms, naturally ventilated, in a building of higher education, in the city of Campina Grande, Northeast Region of Brazil, where the weather is predominantly hot and humid.

In order to obtain the results, two methods traditionally used in this type of research were applied. The analytical method, included in International Standards ISO 7730 (2005) and ASHRAE 55 (2010), provides results on 4 environmental and 2 personal variables, collected from the studied environments. The second method consists in the application of questionnaires to the ordinary users of the environments aiming to obtain personal answers about the real thermal sensations.

The analysis of the results showed that the comfort zones, verified in the building, were distinct for each season of the year in which the research was developed. By personal votes, the comfort temperature ranges in the fall were broader than those provided by the technical standards. However, in the winter, the normalized method overestimated the ranges of comfort temperatures obtained by direct votes.

The results of the thermal comfort zones were compared with those of other studies done in regions with climatological features similar to those of this work, as well as with those obtained in regions of colder climates, verifying the coherence between the data.

This research concluded that, in the autumn season, the environments of the building provided its occupants with thermal discomfort for the heat most of the time, however, in the winter season, thermal comfort situations were predominant.

Key words: Thermal comfort in schools. Fanger method. Natural ventilation of buildings.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A qualidade de vida humana está associada a níveis aceitáveis de conforto ambiental. No entanto, especialmente nos centros urbanos, o homem tem sido frequentemente exposto a temperaturas fora do padrão aceitável e a situações de fadiga física e mental, devido a variados fatores, entre eles, ao desconforto térmico, agravado pela necessidade de estadia prolongada em ambientes confinados, assim como o desenvolvimento de atividades com esforço físico considerável.

Uma vez que a sensação de conforto térmico está relacionada às trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente, a realização de atividades proporciona ganho ou perda de calor do corpo para o meio, acarretando situações de conforto ou desconforto térmico e o desconforto causado por frio ou calor interfere negativamente no desempenho da atividade humana.

Para Frota e Schiffer (2006) uma edificação deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano independentemente das condições climáticas externas. Ainda segundo as autoras, quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e a sua capacidade de produção, sob esse ponto de vista, é máxima.

Em contrapartida, um ambiente em condições de desconforto térmico pode proporcionar aos seus ocupantes desde diminuição dos níveis de concentração até, em casos mais extremos, problemas de saúde, como irritação nos olhos e narinas, pele ressecada, boca seca, coceira, formigamento, etc (WANG et al.,2010).

Os estudos envolvendo conforto térmico vêm ganhando ênfase em todo o mundo, nas últimas décadas, uma vez que o homem está se tornando cada vez mais exigente com relação à sua habitabilidade.

As pesquisas sobre conforto térmico já têm razoável abrangência na Europa, Ásia, América do Norte e Oceania, porém não há, na mesma proporção, tantos trabalhos desenvolvidos na América Latina que abordam o tema no contexto das edificações.

No Brasil, avanços nessa linha de pesquisa têm sido observados e algumas pesquisas sobre o conforto térmico ambiental já foram realizadas, não só em edificações de ocupação humana, como abordado por Jeffe e Westphal (2014) e Xavier (1999), mas também em locais para acomodação de animais, com finalidades diversas, conforme relatado por Rodrigues et al. (2010) e Furtado et al. (2003).

Apenas a partir de meados de 1996 começaram a surgir os resultados das primeiras pesquisas sobre conforto térmico em ambientes de ensino, no Nordeste brasileiro (XAVIER, 1999), como o trabalho realizado por Araújo (1996), sobre conforto térmico em ambientes escolares, no estado do Rio Grande do Norte. Outro recente estudo em ambiente escolar de cidades nordestinas, em instituições de João Pessoa-PB e Teresina-PI, foi realizado por Torres (2016). O autor comenta (p.37) que “[...] as condições térmicas insatisfatórias em salas de aulas têm sido fonte de pesquisas em virtude da sua influência negativa sobre a aprendizagem e desempenho dos estudantes.”

Esse tipo de pesquisa está diretamente ligado às áreas de Engenharia e Arquitetura, uma vez que fornecem dados importantes para a concepção dos projetos das mais diversas edificações destinadas ao uso do homem.

No âmbito internacional, para subsidiar o planejamento de edificações, do ponto de vista do conforto térmico, as pesquisas da área baseiam-se na ASHRAE 55 (2010), que especifica métodos de determinação das condições de conforto térmico em locais de ocupação humana.

Analogamente, a Norma ISO 7730 (2005) é utilizada para a determinação da temperatura de conforto de um ambiente, com base no modelo proposto por Fanger (1970).

No Brasil, a Norma Regulamentadora N° 15 (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego, em seu Anexo N° 3 (BRASIL, 2015), estabelece parâmetros de avaliação dos limites de tolerância para exposição ao calor, em ambientes internos e externos de edificações.

Apesar de já ser percebido um aumento do número de pesquisas sobre conforto térmico em edificações, no Brasil, ainda há uma relativa carência de bancos de dados a respeito desse assunto, que possam subsidiar o planejamento e as avaliações de edificações com finalidades diversas, sobretudo aquelas de cunho educacional.

Dessa forma, o presente trabalho busca contribuir para o aumento do número de informações sobre as condições de conforto térmico em edificações de ensino superior no Nordeste do Brasil.

1.2 Justificativa

Um bom nível de conforto térmico é fundamental em ambientes de ensino, para que se consiga o maior proveito das atividades desenvolvidas, pois, como bem coloca Grzybowski (2004), um ambiente desconfortável provoca sensações de cansaço no indivíduo, implicando em diminuição de sua atenção e aumento da possibilidade de ocorrência de erros ou acidentes.

Em contrapartida sabe-se que o projeto arquitetônico deve buscar a obtenção deste conforto, levando em consideração os fatores geográficos do local onde a edificação será construída, como relevo e orientação quanto à insolação e ventilação.

Na região Nordeste do Brasil, o clima é predominantemente quente, o que requer um cuidado especial com a ventilação, quando do planejamento das edificações.

Campina Grande-PB, cidade do Nordeste brasileiro, tem clima tropical com temperatura média um pouco mais amena, em torno de 22 °C, por estar situada numa região serrana, porém com temperaturas máximas em torno de 30 °C (INMET, 2016).

Assim pressupõe-se que as salas de aula e ambientes de trabalho da edificação a ser estudada nesta pesquisa, submetidos à ventilação natural, apresentem níveis aceitáveis de conforto térmico, pois o prédio foi projetado com o objetivo de ser a principal edificação destinada a abrigar salas de aula para os cursos superiores da Universidade Estadual da Paraíba – campus sede.

A Central de Integração Acadêmica da UEPB (CIAC), em questão, é um prédio de grandes dimensões em planta, com mais de 160 (cento e sessenta) salas, distribuídas ao longo de toda a edificação. Dessa forma é presumível que as inúmeras salas não devam apresentar uma resposta homogênea às condições de conforto térmico, devido aos diferentes níveis de insolação e ventilação que incidem na edificação.

Xavier (1999) sugere, em seu trabalho, que sejam feitas mais pesquisas em ambientes de edificações com diferentes níveis de circulação natural de ar, para a obtenção de melhores respostas sobre a influência dessa variável sobre o conforto.

Portanto, estudar as condições de conforto térmico para as diferentes situações em que se encontram as salas da CIAC, identificando em quais ocasiões se tem mais ou menos conforto e construindo, assim, um banco de dados, poderá auxiliar no planejamento de possíveis intervenções de cunho arquitetônico, com o objetivo de melhorar os níveis de conforto térmico dos ambientes e, conseqüentemente, melhorar o rendimento de professores, funcionários e alunos, no desempenho de suas atividades.

1.3 Objetivos e hipóteses

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições de conforto térmico a que estão submetidos os usuários da Central de Integração Acadêmica da Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina grande - PB.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma base de dados das condições térmicas no interior de salas de aula e ambientes de trabalho de uma edificação de ensino superior sujeita à ventilação natural;
- Analisar a influência da temperatura e umidade relativa do ar, da velocidade do vento, do isolamento das vestimentas e da taxa de metabolismo dos usuários nas sensações térmicas relatadas pelos ocupantes dos ambientes estudados;
- Avaliar, por sensação pessoal e método analítico, as situações de conforto ou desconforto térmico dos usuários da edificação;
- Fazer uma comparação observacional dos resultados sobre as condições térmicas do interior das salas da edificação, obtidos pela aplicação do Modelo

de Fanger, com os obtidos através dos votos de sensações térmicas dos usuários.

1.3.3 Hipóteses

Com base na proposta do trabalho, algumas hipóteses podem ser levantadas:

1. A edificação, de um modo geral, deve oferecer condições de conforto térmico, na maior parte do tempo;
2. Ocorrerá diferença entre os resultados obtidos pelo Modelo de Fanger, desenvolvido em câmara climática, e pelos votos dos usuários da edificação sob condições de ventilação natural;
3. Haverá divergência significativa das respostas obtidas durante os meses mais quentes daquelas obtidas durante os meses mais frios.

1.4 Organização do trabalho

Os tópicos abordados neste trabalho foram organizados em cinco capítulos, conforme descrito a seguir:

O Capítulo 1 aborda a contextualização do tema, enfatizando a relação das condições térmicas de um ambiente com o desempenho das atividades ali desenvolvidas. O capítulo também expõe os objetivos deste trabalho, a justificativa e as hipóteses da pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão das Normas e literaturas que embasam e regem esta pesquisa. Nesse capítulo são abordados os tópicos sobre conforto térmico e suas variáveis de influência, assim como os métodos de avaliação do conforto térmico utilizados neste trabalho.

Os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa estão descritos no Capítulo 3, no qual será feita a caracterização da área de estudo, da edificação e de seus ambientes internos, a descrição dos métodos de coleta de dados e de como os mesmos serão tratados para a obtenção dos resultados, bem como a determinação da amostra populacional dos participantes da pesquisa.

O Capítulo 4 trata da análise e discussão dos resultados desta pesquisa. Os dados coletados em campo, tratados estatisticamente e aplicados em software, fornecem resultados sobre as condições de conforto térmico, tanto do ponto de vista

da norma ISO 7730 (2005), quanto do ponto de vista das sensações térmicas relatadas pelos participantes da pesquisa. A partir daí são verificadas as condições térmicas dos ambientes que proporcionam sensações de frio, calor ou conforto térmico aos usuários da edificação, como também a análise dos limites de tolerância para exposição ao calor, conforme a NR 15 – Anexo nº 3 (BRASIL, 2015).

O Capítulo 5 apresenta as conclusões acerca do trabalho realizado, onde se destacam os aspectos mais relevantes, que retratam o comportamento térmico dos ambientes da edificação estudada, ao longo do ano letivo, verificando-se, pois, o objetivo proposto, como também as hipóteses deste trabalho.

Por fim é apresentada a relação das obras consultadas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A preocupação com as condições térmicas ambientais existe desde épocas mais remotas, porém os estudos sobre conforto térmico passaram a ter mais relevância a partir dos séculos XVIII e XIX, quando a Revolução Industrial acarretou um grande aumento das populações urbanas.

Desde então vários problemas relacionados com a temperatura ambiente foram sendo observados e estudados, como o aumento das temperaturas médias de cidades como Londres e o surgimento de ilhas de calor em cidades como Madri e Birmingham (VIANA, 2013).

Com os estudos acerca do clima urbano, os pesquisadores passaram a avaliar a influência da temperatura e umidade do ar sobre o rendimento das atividades desenvolvidas pelo homem. Logo, as condições de conforto térmico dos ambientes passaram a ganhar mais importância e pesquisas mais específicas começaram a surgir no cenário mundial.

Assim, a partir da década de 1920, houve um salto na quantidade de estudos e experimentos acerca da relação entre o corpo humano e as condições térmicas do ambiente que o circunda, quando, então, começaram a surgir os métodos de determinação das zonas de conforto térmico de ambientes confinados (ARAÚJO, 1996).

Para uma melhor compreensão desta pesquisa, serão abordados, a seguir, os principais conceitos acerca do conforto térmico, os elementos mais relevantes que influenciam o comportamento térmico de um ambiente e os principais métodos de determinação de zonas de conforto térmico de ambientes.

2.1 Conforto Térmico

Segundo Fanger (1970), conforto térmico é “uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”, a qual se tornou a definição clássica para o tema, sendo, então, adotada pelas principais normas e manuais.

Do ponto de vista do senso comum, o conforto pode ser descrito como uma sensação de bem-estar físico, ou ausência de sensações desagradáveis que interfiram na comodidade (GOUVÊA et al., 2004).

Pode-se analisar o conforto térmico tanto sob o ponto de vista pessoal, quando uma pessoa, em um determinado ambiente, se sente confortável em relação à sua sensação térmica, quanto do ponto de vista ambiental, quando se estabelece uma condição térmica para um ambiente, em relação às suas variáveis físicas, de forma que a maioria de seus ocupantes possa estar termicamente insatisfeita (XAVIER, 1999).

As variáveis físicas de um ambiente que têm influência sobre as condições de conforto térmico são a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

As variáveis pessoais padronizadas que interferem no conforto térmico são a atividade desenvolvida pelo indivíduo, que determina a quantidade de calor produzida pelo seu organismo (taxa metabólica) e a vestimenta que o mesmo utiliza, que indica o isolamento térmico do seu corpo para com o meio.

O metabolismo de um indivíduo está relacionado com a quantidade de energia que seu corpo precisa para realizar atividades, tais como movimentação, respiração, controle de temperatura corporal e assimilação de alimentos.

Assim, através das variáveis ambientais e pessoais, juntamente com a percepção subjetiva de cada pessoa acerca das condições térmicas, pode-se realizar uma análise detalhada das condições de conforto térmico de um determinado ambiente.

2.1.1 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais, ou variáveis físicas do ambiente, são aquelas que indicam as condições termo-climáticas do ambiente estudado e são medidas com auxílio de aparelhos eletrônicos, como o anemômetro portátil e o termômetro de globo negro portátil, utilizados na presente pesquisa.

Essas são as variáveis ambientais de influência, utilizadas por Fanger nos estudos em câmaras climáticas, que constam na Norma internacional ISO 7730 (2005).

2.1.1.1 Temperatura do ar (expressa em °C)

É a temperatura do ar circundante, que está em contato com o corpo humano. Essa variável é considerada por haver troca de calor, por convecção, entre o corpo do indivíduo e o ar ao seu redor.

A temperatura do ar pode ser medida através de aparelhos apropriados, a exemplo do termômetro de globo portátil, que tem a capacidade de aferir medidas de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar e IBUTG (índice de bulbo úmido e temperatura de globo).

2.1.1.2 Temperatura radiante média (expressa em °C)

É a “temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme” (LAMBERTS, 2016, p.20), ou seja, é a temperatura média superficial dos elementos presentes em um ambiente, que tendem a entrar em equilíbrio térmico, trocando calor por radiação.

Esta grandeza pode ser medida com o auxílio de um radiômetro de duas esferas (XAVIER, 1999), ou pode ser calculada utilizando-se dados de temperatura de globo, temperatura do ar e velocidade do vento do ambiente de interesse.

2.1.1.3 Umidade relativa do ar (expressa em %)

A umidade relativa do ar pode ser definida como a relação entre a pressão parcial de vapor d'água do ar, a uma dada temperatura, e a pressão de vapor do ar em condições de saturação e à mesma temperatura. Em outras palavras, segundo Tucci (2000, p. 59), a umidade relativa do ar “é a relação percentual que expressa a quantidade real de vapor no ar em termos relativos ao valor da saturação, para a mesma temperatura” e pode ser medida por um higrômetro.

Segundo Grzybowski (2004), essa variável interfere na perda de calor de um corpo por evaporação.

2.1.1.4 Velocidade do vento (expressa em m/s)

É a medida de deslocamento do ar no decorrer do tempo. Essa variável exerce influência sobre as condições térmicas de um ambiente por modificar as

trocas de calor por convecção e evaporação, pois, com o movimento, o ar se renova em torno do indivíduo, reduzindo a sensação de calor.

Os equipamentos mais comuns para medir a velocidade do vento são o anemômetro de fio quente e o anemômetro de concha ou hélice.

2.1.2 Variáveis pessoais

São as variáveis diretamente relacionadas com o indivíduo, como a quantidade de energia do corpo e o isolamento térmico através de roupas.

2.1.2.1 Taxa metabólica (expressa em met)

O metabolismo indica a quantidade de energia produzida pelo corpo, quando o indivíduo desempenha uma atividade (XAVIER, 1999). Essa taxa varia de pessoa para pessoa, pois expressa a energia produzida por unidade de área (W/m^2) e também depende do tipo de atividade desempenhada.

A taxa metabólica é expressa em “met”. 1 met corresponde a $58,2 W/m^2$, para uma pessoa sentada, em repouso, cuja área superficial média é de $1,8 m^2$ (XAVIER, 1999).

Os valores dessa variável para diversos tipos de atividades podem ser obtidos em tabela indicada pela Norma ISO 7730 (2005), ou podem ser determinados com o auxílio de tabelas apresentadas na ASHRAE 55 (2010), como também através do consumo de oxigênio e da taxa de batimentos cardíacos (GRZYBOWSKI, 2004).

2.1.2.2 Vestimenta (expressa em clo)

A vestimenta utilizada por um indivíduo no desempenho de uma atividade “representa uma barreira para as trocas de calor por convecção.” (GODOI, 2010, p.15), ou seja, é um isolamento que oferece resistência à troca de calor entre o corpo e o ambiente.

De acordo com Lamberts (2016), a resistência térmica da roupa pode ser expressa em “clo”, sendo que 1 clo equivale a $0,155 m^2 \text{ } ^\circ C/W$.

Os valores de resistência térmica, em “clo”, para várias peças de vestimentas são tabelados na ISO 7730 (2005).

2.1.3 Outras variáveis

Além das variáveis já comentadas, outras, de cunho mais subjetivo e de igual importância para o estudo do conforto térmico de um ambiente, podem ser citadas. Alguns autores as tratam como variáveis psicológicas, que indicam a percepção individual sobre as condições térmicas do ambiente, como temperatura percebida pelas pessoas, faixa de temperatura preferida e faixa de temperatura tolerada.

Essa percepção individual é variável de pessoa para pessoa e pode depender das características físicas do indivíduo, como altura, peso, sexo, idade e hábitos alimentares.

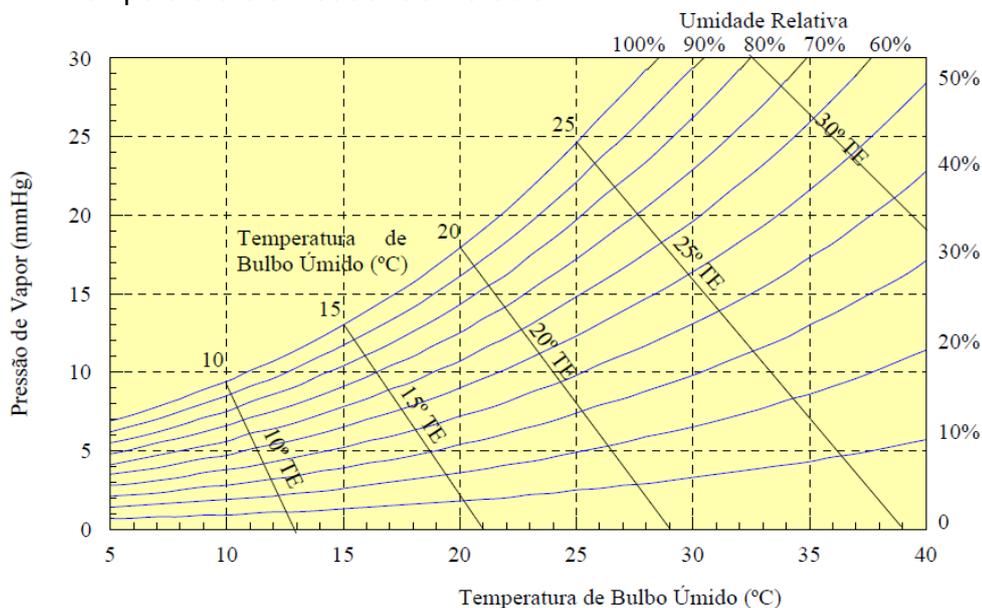
2.2 Métodos de avaliação do conforto térmico

Vários são os métodos criados para a avaliação do conforto térmico de um ambiente, dentre os quais tem-se o Método de Houghten e Yaglou, o Método de Olgay e Givoni, o Método de Fanger e o Método ASHRAE.

Um dos primeiros métodos a destacar é o da Temperatura Efetiva (TE), criado por Houghten e Yaglou, em 1923, que utilizava, inicialmente, apenas a temperatura e a umidade do ar para determinar as linhas de conforto da carta psicrométrica resultante desses estudos (Figura 2.1).

Mais tarde a influência da velocidade do vento e do isolamento por vestimentas dos indivíduos passou a ser considerada no método. Em 1932 Vernon e Warner propuseram a utilização da temperatura de globo para correção da influência da radiação térmica, quando o método passou a se basear no índice da Temperatura Efetiva Corrigida (TEC), passando a ser bastante utilizado nas pesquisas subsequentes, sendo, inclusive, reproduzido pela ASHRAE - *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Guide*, em 1967 (ARAÚJO, 1996).

Figura 2.1 – Carta psicrométrica com linhas de temperatura efetiva (TE) em função da temperatura e umidade relativa do ar



Fonte: ARAUJO, 1996.

Ao longo dos anos seguintes muitos pesquisadores propuseram novas ideias para aperfeiçoar os métodos de determinação das zonas de conforto e, em 1969, Givoni apresentou o método da Zona de Conforto Térmico, que representa o efeito de algumas estratégias de controle ambiental, que propiciam o estabelecimento de condições de conforto no interior de edificações (PIZARRO, 2005).

No início da década de 1970 Fanger, com base em estudos realizados na Dinamarca, desenvolveu um método baseado em experimentos feitos em câmara climática controlada, onde certa quantidade de pessoas era ali colocada, com vestimentas padronizadas e realizando a mesma atividade. Então o ambiente era submetido a diferentes condições térmicas e os resultados das sensações térmicas eram descritos por valores de uma escala de sete pontos (Tabela 2.1), variando de -3 (muito frio) a +3 (muito quente).

Tabela 2.1 – Escala de sete pontos de votos médios, com indicação da sensação térmica referente a cada ponto da escala.

PMV	Sensação
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Levemente frio
0	Confortável
+1	Levemente quente
+2	Quente
+3	Muito quente

NOTA: PMV (Predicted Mean Vote) é o voto médio predito de sensações térmicas, segundo o Modelo de Fanger.

Esse é o método mais difundido atualmente e emprega o modelo do balanço térmico para determinar os índices PMV e PPD.

O voto médio predito (PMV – *Predicted Mean Vote*) é uma escala de sensação térmica de sete pontos, que indica a sensação térmica dos ocupantes de um ambiente.

O percentual de pessoas insatisfeitas (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*) indica a quantidade de pessoas termicamente insatisfeitas num ambiente, em relação ao total de pessoas desse ambiente.

Os índices de Fanger são reconhecidos e utilizados internacionalmente, através das Normas ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010).

O modelo de Fanger determina índices que representam as condições térmicas dos ocupantes de um ambiente, a partir das quatro variáveis ambientais e das duas variáveis pessoais, descritas anteriormente.

O índice PMV, baseado no balanço térmico do corpo humano, pode ser determinado quando a atividade e a vestimenta forem estimadas e quando forem medidas as variáveis ambientais (ISO 7730, 2005).

Assim o índice PMV, segundo Fanger, pode ser definido conforme a equação 2.1.

$$\begin{aligned}
PMV = & (0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028) \times \{(M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \\
& \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - P_a] - 0,42 \\
& \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_a) \\
& - 0,0014 \times M \times (34 - T_a) - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \\
& \times [(t_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - T_a)\}
\end{aligned} \tag{2.1}$$

Onde:

PMV é o voto médio predito;

M é a taxa metabólica, em W/m²;

W é o trabalho externo (nulo para a maioria das atividades);

P_a é a pressão parcial de vapor d'água, em Pa (pascal);

T_a é a temperatura do ar, em °C;

f_{cl} é razão entre a área superficial do corpo vestido, pela área superficial do corpo nu;

t_{cl} é a temperatura superficial das roupas, em °C;

T_r é a temperatura radiante média, em °C;

h_c é o coeficiente de transferência de calor por convecção, em W/m².°C.

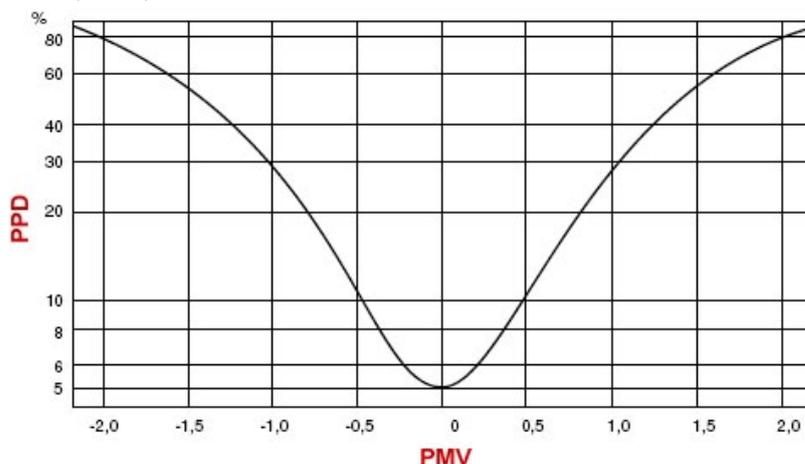
Para se determinar h_c e f_{cl}, são utilizadas a V_{ar} (velocidade relativa do ar, em m/s) e a I_{cl} (resistência térmica das roupas, em m².°C/W).

O índice PPD prediz o percentual de pessoas que possam estar termicamente insatisfeitas em um ambiente. Este índice pode ser determinado em função do PMV, conforme a equação 2.2.

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \tag{2.2}$$

A relação PMV/PPD resulta em um mesmo percentual de insatisfeitos tanto para situação de calor, quanto para situação de frio (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Gráfico do percentual de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do voto médio predito (PMV).



Fonte: S.LOW.ENERGY, 2016.

Com base no Modelo de Fanger, a ISO 7730 (2005) considera que um ambiente está termicamente confortável se pelo menos 90% de seus ocupantes se sentirem termicamente satisfeitos, ou seja, quando $PPD \leq 10\%$. Isto implica que o PMV deve estar no intervalo: $-0,5 < PMV < +0,5$ (NEGREIROS, 2010).

2.3 Conforto térmico e produtividade

Um ambiente termicamente confortável proporciona a seus ocupantes uma maior concentração e, conseqüentemente, um melhor desempenho na realização de atividades.

Muitos são os estudos onde os autores avaliam e constataam que os fatores ambientais influenciam as ações do ser humano e, assim, podem alterar sua produtividade e desempenho no ambiente de trabalho (TORRES, 2016).

Wyon (1970), estudioso da área, realizou pesquisa com crianças em salas de aula, constatando que houve diminuição na velocidade de leitura e compreensão de textos, à medida que a temperatura do ambiente aumentava acima de suas zonas de conforto, causando-lhes stress térmico.

Batiz et al. (2009) realizaram estudo para avaliar a relação entre conforto térmico em salas de aula e o rendimento da atenção e da memória dos estudantes. Os autores utilizaram o método de Fanger e aplicaram questionários para identificar a faixa de conforto térmico dos ambientes e aplicaram o teste Figuras Complexas de Rey, para verificação do índice de atenção e de memória apresentados pelo

acadêmico. Assim puderam concluir que, quando o ambiente térmico estava dentro da faixa de conforto, a atenção e a memória dos pesquisados não foram prejudicadas, permitindo que tivessem uma boa atuação em sala de aula.

Logo, diante dos estudos já realizados, pode-se perceber a importância das condições térmicas de um ambiente sobre as atividades nele realizadas, concluindo-se, então, que uma situação de conforto térmico ajuda a proporcionar um melhor nível de aprendizado num ambiente de ensino.

2.4 Estudos precedentes

Os estudos sobre conforto térmico se intensificaram, nos últimos anos, em todo o mundo, inclusive no Brasil, visando à compreensão de como essa condição pode ser atingida, como ela se processa, quais variáveis são determinantes para as condições térmicas de um ambiente e quais são os efeitos sobre a saúde e produtividade do indivíduo que ocupa aquele espaço (XAVIER, 1999).

As pesquisas sobre as condições térmicas de ambientes confinados são realizadas nos mais diversos tipos de edificações, como indústrias, escritórios, residências e ambientes de ensino. Para este último caso, que também é explorado na presente pesquisa, pode-se verificar uma vasta quantidade de estudos, em diferentes cidades espalhadas pelo mundo, com situações climatológicas distintas.

Wong e Khoo (2003) desenvolveram pesquisa em salas de aula de escolas em Singapura, localizadas em região de clima tropical. Mesmo com a ajuda de ventiladores de teto nas salas, as condições térmicas ficaram fora da zona de conforto, segundo a ASHRAE 55. Porém, através das respostas pessoais dos alunos, foi identificada uma temperatura de conforto acima daquela indicada pela Norma e, por análise de regressão, foi obtida a temperatura neutra de 28,8 °C.

Huizenga et al. (2006) apresentaram os resultados de pesquisas sobre qualidade do ar e conforto térmico em edificações nos Estados Unidos, Canadá e Finlândia. Nesse trabalho pôde-se verificar que os pesquisados expressaram satisfação com conforto térmico em apenas 11% dos edifícios. Os autores observaram que a maioria das edificações proporcionava a seus ocupantes condições de conforto térmico abaixo dos padrões indicados pelas normas específicas.

Corgnati et al. (2009) realizaram pesquisa sobre conforto térmico em escolas, na cidade de Turim, na Itália visando analisar as condições térmicas em salas de aula, no período de transição de estações. Eles utilizaram o método do PMV/PPD e aplicaram questionários, além das observações comportamentais. Os resultados mostraram uma mudança nas preferências térmicas, no decorrer da estação de aquecimento (primavera) para a estação quente (verão). Durante o período de aquecimento a preferência térmica era de levemente quente a quente, enquanto que na estação intermediária e quente a preferência térmica mudou para ambiente neutro.

Em Taichung, região central de Taiwan, cujo clima é predominantemente quente e úmido, Hwang et al. (2009) realizaram estudos em escolas de ensino fundamental e médio, naturalmente ventiladas, no período de setembro a janeiro. Nessa pesquisa foram investigados o comportamento adaptativo, a neutralidade térmica e as zonas de conforto térmico. As respostas dos estudantes pesquisados mostraram que os limites das zonas de conforto por eles indicados foram diferentes daqueles indicados pela ASHRAE 55, quando o índice de aceitabilidade das condições térmicas do ambiente foi de 80% e 90%.

Em Hampshire, na Inglaterra, Teli et al. (2012) pesquisaram sobre as condições de conforto térmico em salas de aula naturalmente ventiladas, utilizando o método de Fanger e aplicação de questionário. A pesquisa se desenvolveu durante a primavera. Os autores avaliaram a aplicabilidade do método PMV para ambientes com crianças, verificando que o modelo não representa fielmente a sensação térmica daqueles alunos e concluíram que as crianças são mais sensíveis às temperaturas mais elevadas que os adultos.

Outro trabalho acerca de condições de conforto térmico em salas de aula, com ventilação natural, foi realizado por Pereira et al. (2014), em escolas de ensino secundário, na cidade de Beja, em Portugal. A pesquisa se utilizou de parâmetros ambientais para o cálculo dos índices de conforto de Fanger (PMV e PPD) e de questionários para investigar a aceitabilidade, sensações e preferências térmicas. Foi verificado que os estudantes se sentiram confortáveis em uma faixa mais ampla de temperatura do que as recomendadas pelas Normas, declarando aceitar a temperatura do ambiente até 25,2 °C.

Wang et al. (2014) estudaram a influência das condições térmicas climáticas internas e externas na adaptação térmica dos ocupantes de salas de aula universitárias e escritórios, em Harbin, na China, durante as estações de inverno e primavera. A pesquisa mostrou que as médias das temperaturas externas foram de -19,7 °C no inverno e 12,2 °C na primavera. Concluíram, assim, que o clima interno tem influência sobre a adaptação humana, observando, inclusive, que as temperaturas neutras foram quase iguais às temperaturas médias internas, quando as pessoas ficavam expostas ao ambiente termicamente confortável por período prolongado.

De Dear et al. (2015) analisaram as condições térmicas no interior de salas de aula de nove escolas, em três localidades distintas, na Austrália, em 2013, durante a estação quente. Foram selecionadas tanto salas com ar condicionado quanto salas naturalmente ventiladas. Para os participantes dessa pesquisa, as temperaturas aceitáveis ficaram na faixa de 19,5 a 26,5 °C. Foi observado que os alunos submetidos a ambientes com maior variação de temperatura apresentam uma maior adaptabilidade térmica.

No Brasil vários autores já abordaram o tema, estudando as condições de conforto térmico em ambientes escolares, como Araújo (1996), Xavier (1999), Grzybowski (2004), Nogueira et al. (2005), Pizarro (2005), Araújo (2008), Skubs (2009), Dias (2009), Fernandes et al. (2010), Godoi (2010), Viana (2013) e Torres (2016).

Destaca-se a pesquisa de Araújo (1996) por ser a primeira realizada em ambiente escolar na região Nordeste do Brasil, numa área com clima predominantemente quente e úmido. A autora buscou confrontar os índices e zonas de conforto obtidos através dos dados colhidos na realidade climática de Natal–RN, região da pesquisa, com aqueles comumente utilizados, obtidos através do método da Temperatura Efetiva, da zona de conforto de Olgay, zona de conforto de Givoni, método de Fanger e do método da Temperatura Efetiva Padrão. Ao final do trabalho, a autora concluiu que os modelos citados se adequam melhor às condições ambientais nas quais foram desenvolvidos, as quais são distintas das encontradas na região da pesquisa. Apesar disso, constatou que o método da Temperatura Efetiva foi o que apresentou melhores resultados quanto à sua utilização para a região estudada.

Xavier (1999) também se utilizou do método de Fanger e da aplicação de questionários para avaliar as condições de conforto térmico em uma escola técnica, em São José, região de Florianópolis–SC. O autor desconsiderou a atividade desempenhada como variável de influência, visto ser um fator específico, comum a todos. No referido trabalho, o fator isolamento por vestimenta foi considerado como mecanismo adaptativo e não variável de influência. Na conclusão do trabalho o autor faz uma comparação do intervalo de temperatura confortável encontrado na sua pesquisa, de 20 a 26 °C, com aquele encontrado por Araújo (1996), que foi de 25,1 a 28,1 °C, enfatizando, assim, o que sugere o modelo adaptativo, preconizado por Humphreys, Nicol e outros, de que há uma adaptação das pessoas ao clima local.

Em Campinas–SP, Fernandes et al. (2010) investigaram o desempenho térmico de duas salas de aula de uma escola estadual, sujeitas a ventilação natural. Foram coletados dados pessoais de alunos e professores e medições de temperaturas de bulbo seco. Os autores verificaram, ao confrontarem as entrevistas com os dados medidos, que houve uma tendência semelhante para insatisfação dos usuários devido ao calor, possivelmente justificada pela ventilação insuficiente e altas temperaturas no interior das salas.

Viana (2013) coletou dados de escolas públicas, em Presidente Prudente–SP, a fim de comparar os resultados utilizando o índice da temperatura efetiva de Thom (1959), da Carta Bioclimática de Olgyay (1963) e questionários aplicados para alunos. A autora verificou que os dados dos questionários condiziam com o índice proposto por Thom, assim como a Carta Bioclimática de Olgyay ratificou os resultados encontrados. De forma geral os resultados apontaram que, durante o outono, as situações de conforto térmico foram predominantes, enquanto que, durante a primavera, as temperaturas internas são elevadas, gerando situações de desconforto térmico para o calor na maior parte do tempo.

Recentemente Torres (2016) concluiu sua pesquisa acerca de conforto térmico em ambientes de ensino com inovações tecnológicas em escolas nordestinas, nas cidades de João Pessoa–PB e Teresina–PI. As salas pesquisadas eram climatizadas e as janelas dispunham de revestimento para redução da incidência de radiação solar. O autor realizou coletas de dados em grupos de três dias, sendo dois dias com temperaturas controladas e o terceiro dia com os aparelhos de ar condicionado desligados. Os resultados mostraram que houve

defasagem significativa entre o que prediz a Norma ISO 7730 sobre a faixa de temperatura de conforto e o que foi indicado pelos estudantes e esse fato reitera o que muitas pesquisas apontam: regiões de diferentes condições climáticas geram diferentes formas de aclimatação, provocando, assim, diferentes sensações e preferências térmicas.

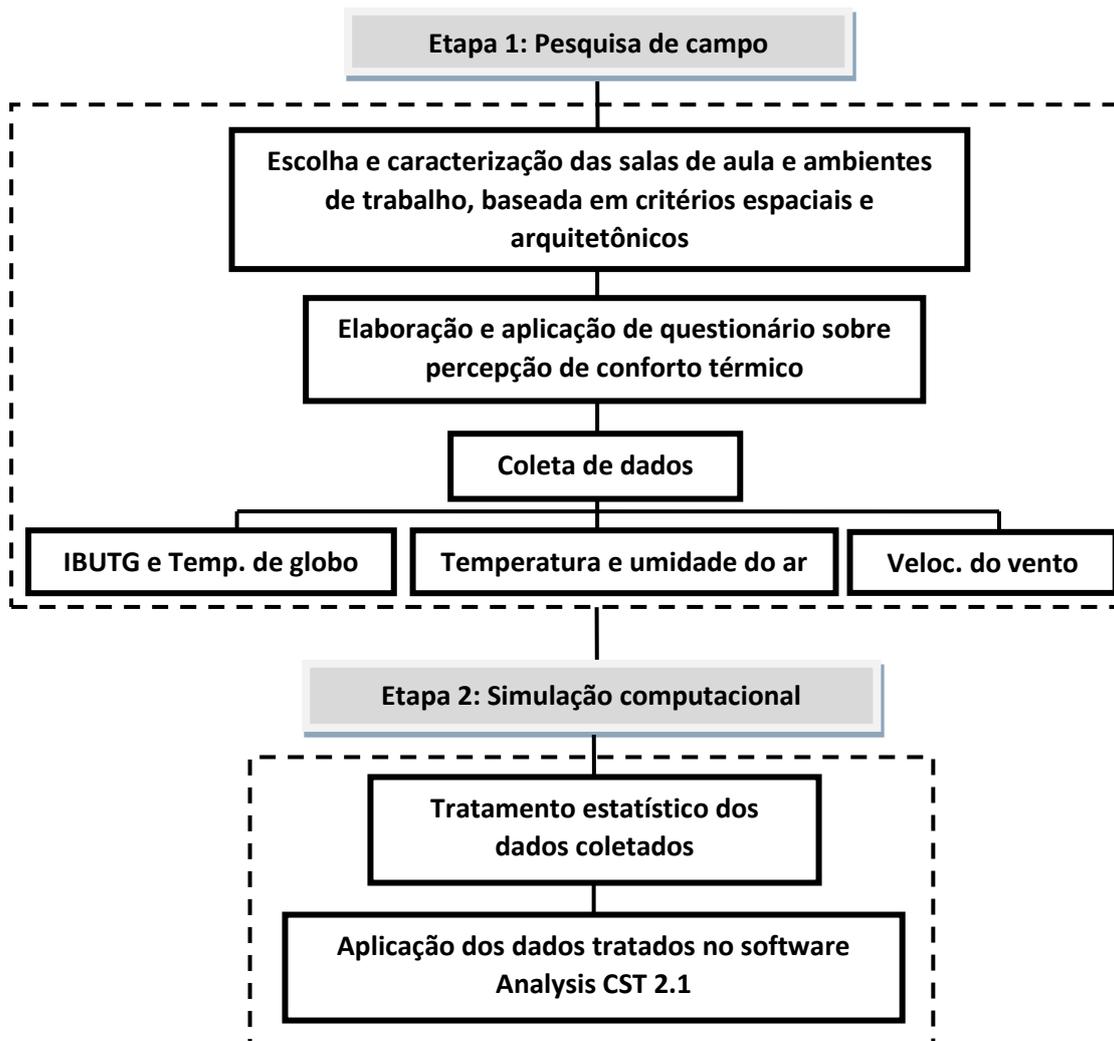
Como se observa, as pesquisas sobre conforto térmico em ambientes fechados são realizadas no mundo todo e, na maioria das vezes, os pesquisadores utilizam o método da Norma ISO 7730 em paralelo à coleta de dados de votos diretos dos usuários das edificações, para a obtenção de resultados conclusivos. Percebe-se que os resultados sobre as preferências térmicas são variáveis para regiões de climas diferentes, o que corrobora com a teoria da adaptabilidade térmica das pessoas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos objetivos propostos nesta pesquisa, duas etapas metodológicas foram executadas: a pesquisa de campo, por meio da caracterização da área de estudo, obtenção de dados através de aplicação de questionários aos usuários da edificação e coleta de dados de influência térmica dos ambientes, auxiliada por equipamentos; a segunda etapa consistiu nas simulações computacionais, por meio do software *Analysis CST 2.1* para obtenção dos resultados, conforme a Norma ISO 7730 (1994).

Estas etapas estão descritas conforme fluxograma apresentado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Organograma das etapas metodológicas da pesquisa.

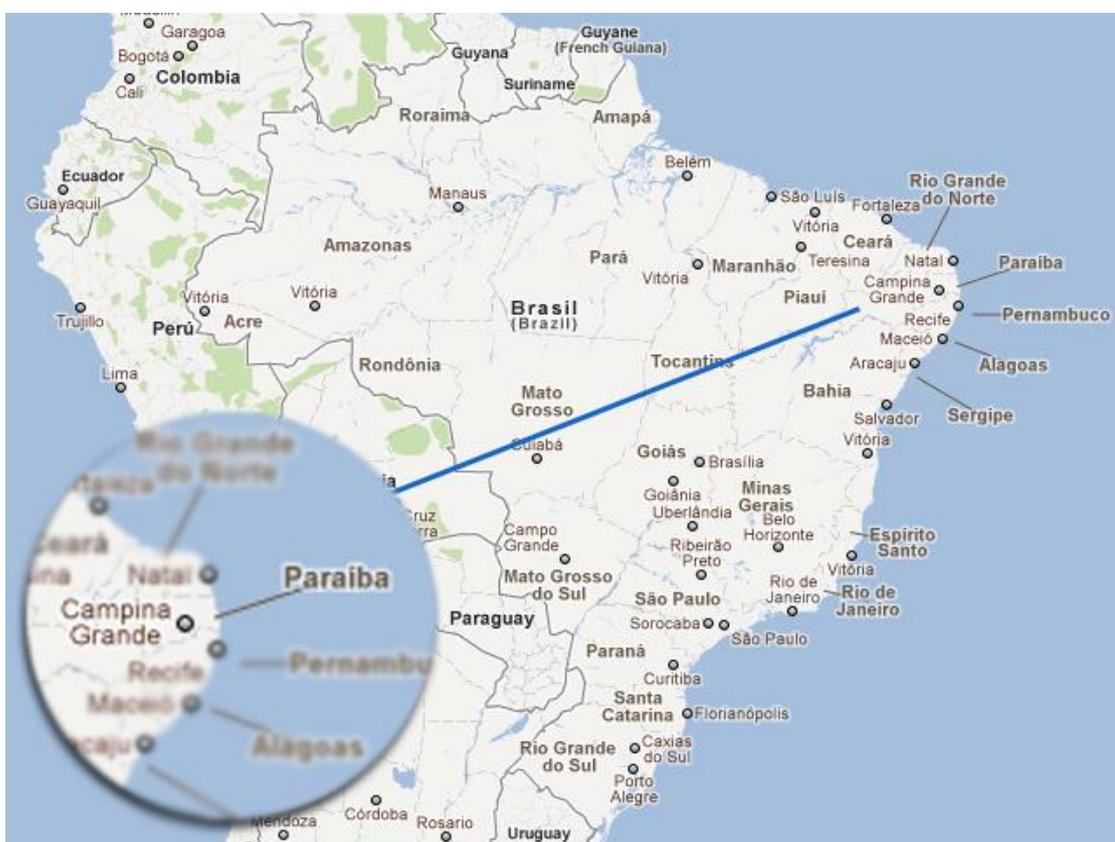


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 Caracterização da área de estudo

A área escolhida para este estudo está inserida em Campina Grande, segunda maior cidade do estado da Paraíba (Figura 3.2) e localizada na Mesorregião do Agreste, a 120 km da capital João Pessoa. A cidade possui coordenadas geográficas de 7° 13'50" S e 35° 52'52" W, altitude média de 530 m em relação ao nível do mar e população urbana de 367.209 habitantes segundo Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014)

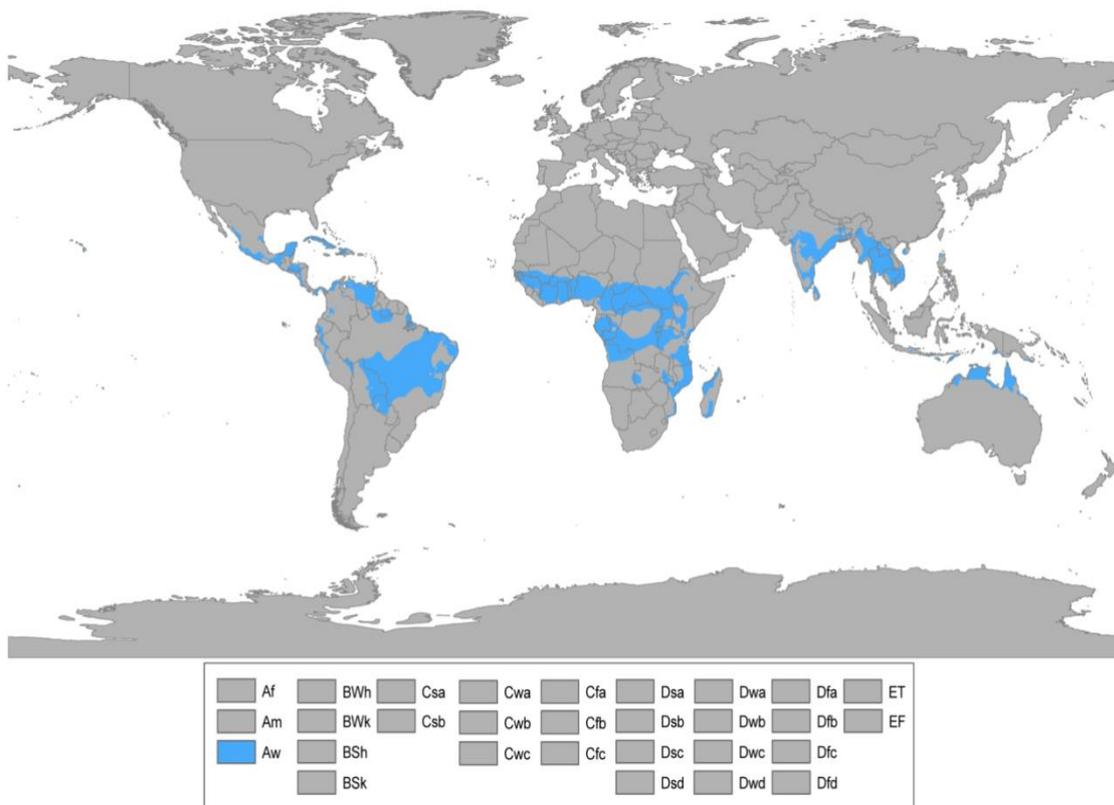
Figura 3.2 – Mapa do Brasil, com localização da cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba.



Fonte: COUTINHO, 2016.

O clima da cidade é caracterizado como tropical com estação seca, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Figura 3.3), com temperatura média anual de 22,4 °C e umidade relativa do ar média de 83,2%, conforme normais climatológicas do Brasil 1961-1990 (INMET, 2016).

Figura 3.3 – Mapa mundial das regiões que possuem clima tropical com estação seca (Aw/As), segundo classificação climática de Köppen-Geiger.

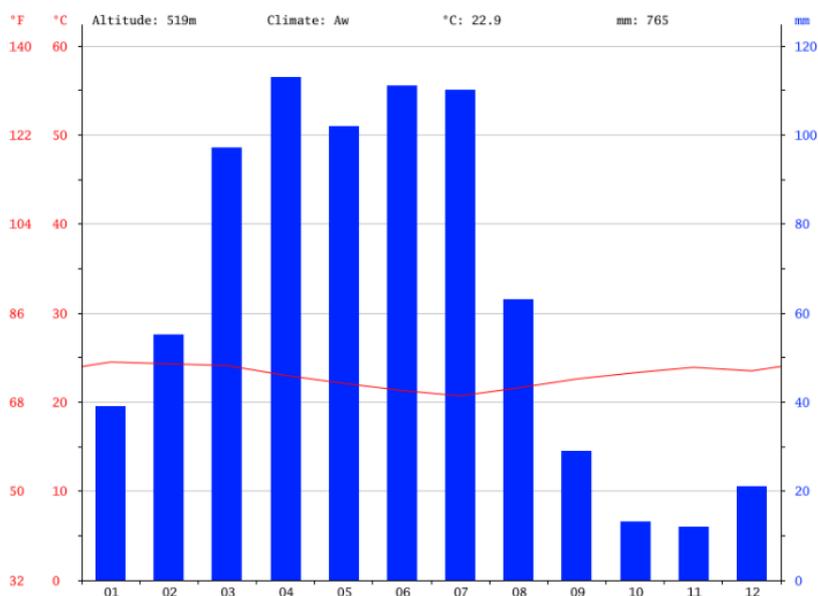


Fonte: WIKIPÉDIA, 2016.

Nessa região do Brasil, os ventos dominantes são de leste para oeste, podendo vir do nordeste ou sudeste, dependendo da estação do ano.

Em Campina Grande-PB, o período mais chuvoso se concentra entre os meses de abril e julho (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Gráfico climático de Campina Grande–PB.

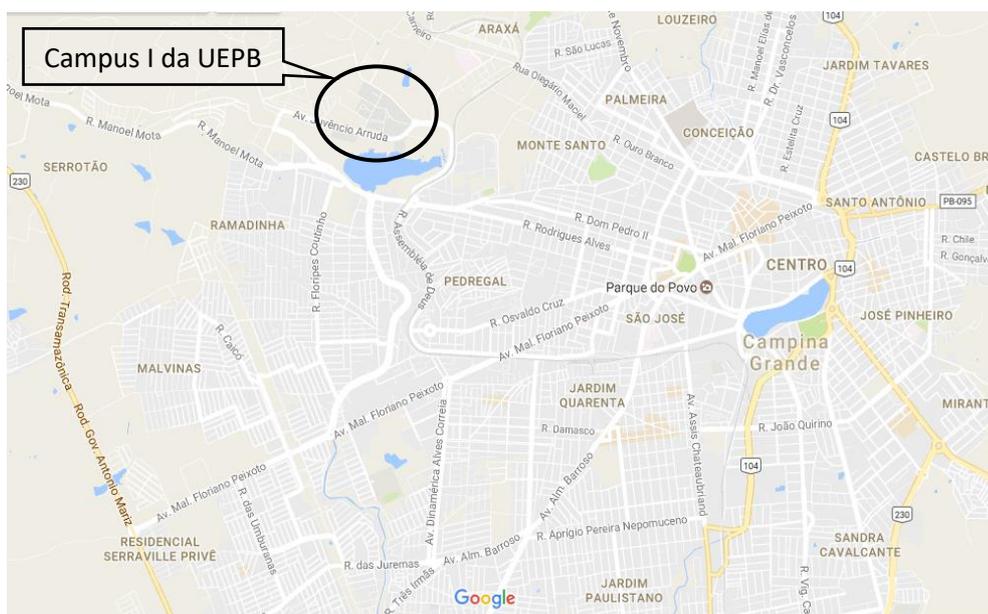


12 mm é a precipitação do mês Novembro, que é o mês mais seco. Com uma média de 113 mm o mês de Abril é o mês de maior precipitação.

Fonte: CLIMETE-DATA.ORG, 2016.

A cidade de Campina Grande abriga o campus sede da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), que fica localizado no setor noroeste da área urbana (Figura 3.5).

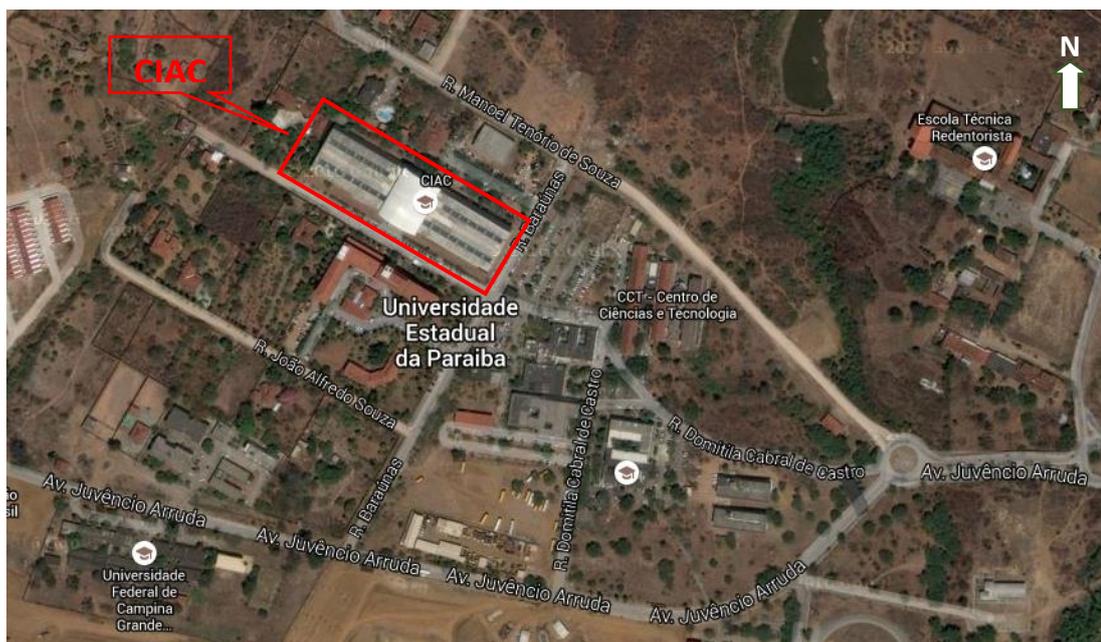
Figura 3.5 – Mapa de Campina Grande, com localização do Campus I da UEPB.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2016.

O local de desenvolvimento da pesquisa foi o prédio da Central de Integração Acadêmica (CIAC) da UEPB. Esta edificação fica localizada no Campus I, no bairro Universitário de Campina Grande-PB (Figura 3.6) e tem destaque por sua grande área de construção, sendo a maior edificação do campus.

Figura 3.6 – Vista aérea do Campus I da UEPB (imagem de satélite).



Fonte: GOOGLE MAPS, 2016.

A construção da CIAC foi finalizada em agosto de 2012, quando o prédio foi entregue à comunidade universitária. As grandes dimensões e a grande quantidade de salas da edificação foram consequência de sua finalidade: concentrar, no campus, a maioria dos cursos da UEPB que funcionavam em prédios localizados em outros bairros da cidade.

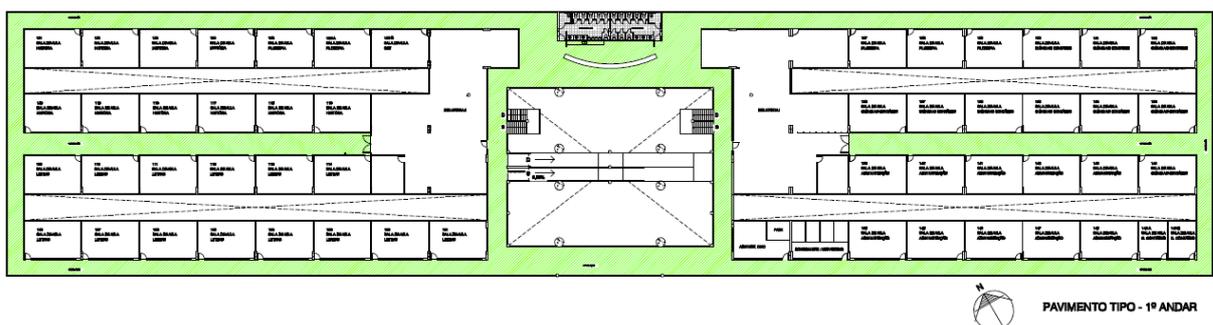
A CIAC tem forma retangular e suas maiores dimensões estão voltadas para as direções norte e sul, tendo seu acesso principal na fachada sul (Figura 3.7).

Figura 3.7 – Vista principal do prédio da CIAC (face sul).



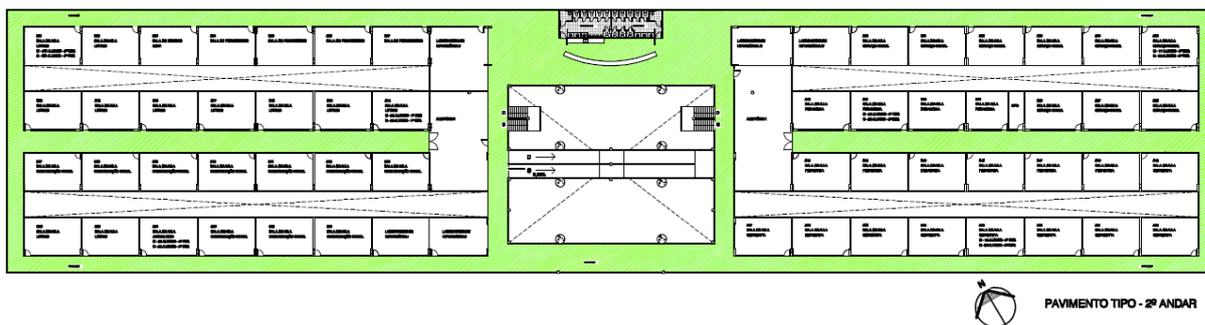
A edificação possui dimensões aproximadas em planta de 190,0 m de comprimento por 42,0 m de largura, sendo constituída de quatro pavimentos: um térreo e três pavimentos superiores. Os pavimentos superiores são ocupados quase que totalmente por salas de aula. As Figuras 3.8, 3.9 e 3.10 representam os croquis desses pavimentos da edificação.

Figura 3.8 – Planta baixa – 1º andar da CIAC – UEPB.



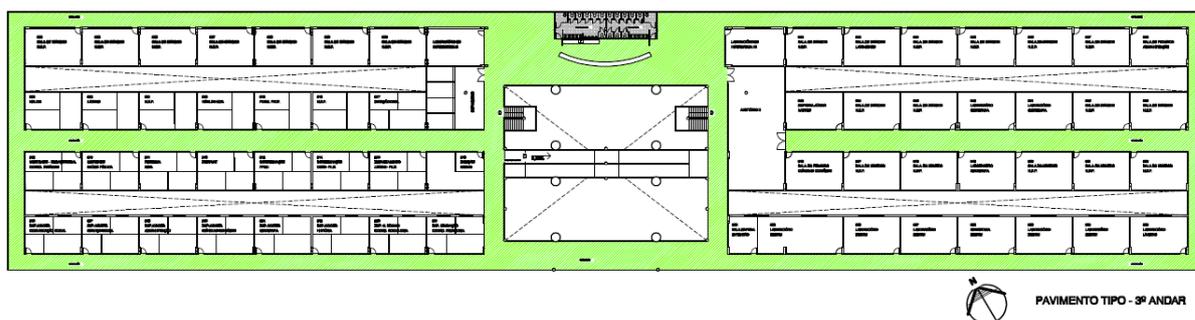
O 1º andar (Figura 3.8) contempla 50 salas de aula, 2 salas de professores, 2 bibliotecas, 1 sala para comércio de conveniências e 1 sala da administração do prédio, além de instalações sanitárias.

Figura 3.9 – Planta baixa – 2º andar da CIAC – UEPB.



O 2º andar (Figura 3.9) contempla 55 salas de aula, 5 laboratórios de informática, 2 auditórios e 1 sala técnica para equipamentos de transmissão de dados, além de instalações sanitárias.

Figura 3.10 – Planta baixa – 3º andar da CIAC – UEPB.



O 3º andar da CIAC (Figura 3.10) é um pouco diferenciado do ponto de vista da finalidade das salas. Este pavimento possui 13 salas destinadas às Direções, Departamentos e Coordenações de Cursos, 36 salas para estudos, pesquisa e extensão, 10 salas para laboratórios de Geografia, Comunicação e Línguas, 2 laboratórios de informática, 1 auditório e 1 sala para comércio de conveniências, além de instalações sanitárias.

Os dados para realização da pesquisa foram coletados no interior de várias salas de aula e ambientes de trabalho, distribuídos nos pavimentos superiores da edificação, levando-se em consideração a distribuição espacial e a localização dos ambientes em relação à insolação e incidência de ventos.

3.2 Pesquisa de campo

A pesquisa de campo compreendeu os seguintes passos:

- Escolha dos ambientes nos quais os dados foram coletados;
- Determinação da amostra da população;
- Caracterização dos ambientes pesquisados;
- Aplicação de questionário individual, sobre a sensação térmica do ambiente, para vários alunos e funcionários, nos locais escolhidos para realização da pesquisa;
- Coleta de dados de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e IBUTG (índice de bulbo úmido e temperatura de globo).

3.2.1 Escolha dos ambientes

Foram escolhidas salas de aula, nos 1º e 2º andares e salas administrativas, no 3º andar, por abrigarem populações fixas, ou seja, por terem os mesmos ocupantes diariamente e por estarem submetidas à ventilação natural.

A escolha das salas de aula e ambientes de trabalho foi inicialmente baseada na incidência de radiação solar e dos ventos dominantes na edificação. Então foram previamente escolhidas salas das extremidades leste e oeste, bem como salas mais centralizadas, na parte interna do prédio, a fim de se obterem resultados para as diferentes situações térmicas que ocorrem nos ambientes da edificação.

Como o prédio da CIAC tem dimensões diferenciadas, com um grande número de salas por pavimento, tomou-se o cuidado de se escolher uma quantidade de salas que pudesse oferecer resultados representativos de toda a edificação, ao mesmo tempo em que essa quantidade não culminasse em um número excessivo de dados a serem analisados, incompatível com o prazo de conclusão da pesquisa.

Por conseguinte foram fixadas três salas por pavimento, sendo que no 3º andar foram escolhidas salas apenas no lado oeste, visto que o lado leste deste pavimento é dotado de laboratórios e salas de estudo, não havendo ocorrência de atividades diárias com população fixa, o que diverge das características das demais

salas selecionadas e dos objetivos da pesquisa. Assim foi fixado um total de nove salas para a coleta dos dados desse estudo, no turno da manhã.

No período noturno foram repetidas as mesmas salas do turno da manhã, com exceção dos ambientes do 2º andar, que não foram incluídos nesta fase da pesquisa devido às dificuldades de logística, por falta de colaboradores voluntários como no turno da manhã. Também foi excluída da pesquisa uma das salas do 3º andar, por não haver atividade no período noturno. Então, para o turno da noite, foram fixados 5 ambientes para a coleta de dados.

3.2.2 Determinação da amostra da população participante

Após a fixação da quantidade de salas da edificação em que seriam realizadas as medições ambientais de conforto térmico, foi determinada uma amostra da população de cada sala de aula, para participar da pesquisa respondendo aos questionários.

Para tanto foi feito um mapeamento das salas pré-escolhidas para se obter as informações das quantidades de alunos matriculados em cada turma que desenvolve atividades nas referidas salas.

As informações foram fornecidas pelas coordenações dos cursos, de acordo com o número da sala escolhida. As Figuras 3.11, 3.12 e 3.13 ilustram o referido mapeamento, sendo os ambientes hachurados em azul os escolhidos para a pesquisa.

Figura 3.11 – Mapeamento – 1º andar da CIAC – UEPB.

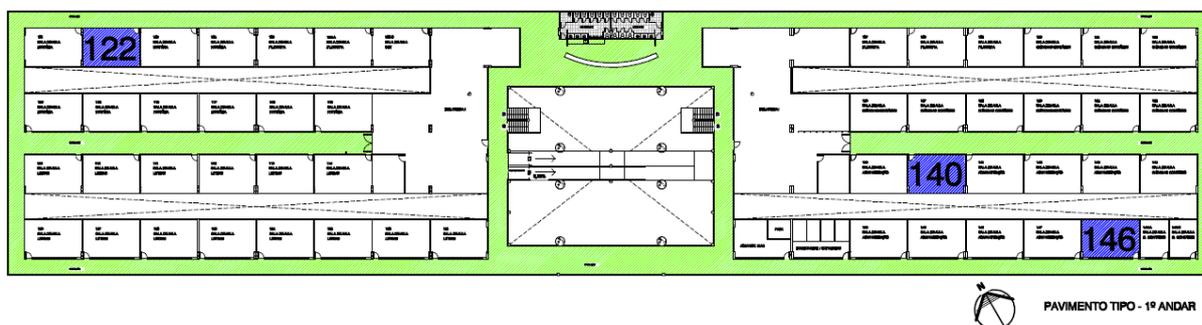


Figura 3.12 – Mapeamento – 2º andar da CIAC – UEPB.

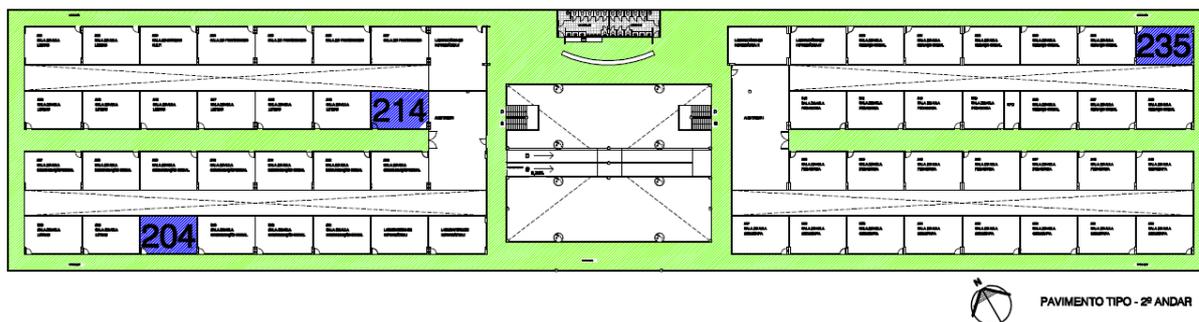
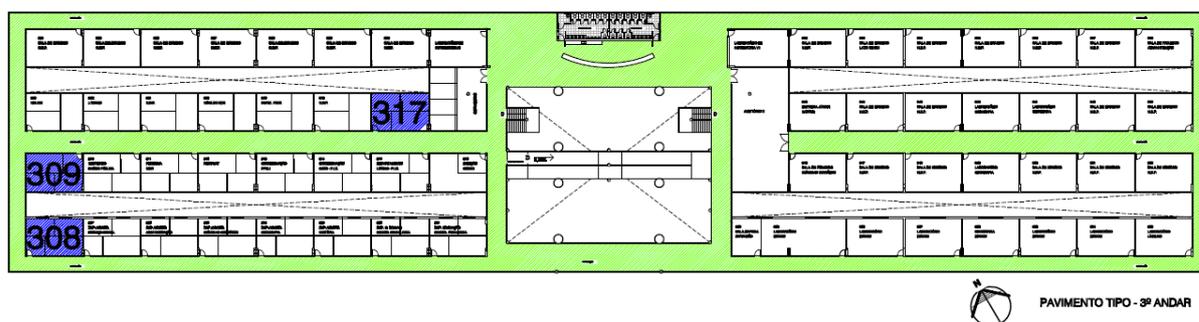


Figura 3.13 – Mapeamento – 3º andar da CIAC – UEPB.



As informações obtidas para as salas escolhidas estão descritas nas Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3.

Tabela 3.1 – Mapeamento das salas do 1º andar da CIAC – UEPB

Sala	Curso	Turma	Quantidade de alunos matriculados	
			Manhã	Noite
122	História	2º período	37	38
140	Administração	2º período	40	30
146	Administração	6º período	17	25

Tabela 3.2 – Mapeamento das salas do 2º andar da CIAC – UEPB

Sala	Curso	Turma	Quantidade de alunos matriculados	
			Manhã	Noite
204	Jornalismo	4º período	32	36
214	Letras	1º período	40	40
235	Serviço Social	5º período	30	28

Tabela 3.3 – Mapeamento das salas do 3º andar da CIAC – UEPB

Sala	Atribuição	Quantidade de funcionários	
		Manhã	Noite
308	Depart./Coord. Comunicação Social	04	03
309	Mestrado – Serviço Social	01	-
317	Direção do CCSA	03	02

Nota: CCSA – Centro de Ciências Sociais Aplicadas

De posse das informações das quantidades de alunos por sala selecionada, foi usado um método estatístico para determinação da amostra desejada. O método utilizado foi o da *proporção populacional para população finita*, com nível de confiança de 90% para a amostra obtida.

A quantidade de alunos que efetivamente acompanhava as aulas normalmente era inferior ao número de matriculados, porém os cálculos das amostras foram feitos utilizando as quantidades de matriculados, o que favoreceu o grau de confiabilidade real das amostras.

A média das amostras obtidas para cada sala do 1º andar, no turno da manhã, foi de 8 (oito) indivíduos. Da mesma forma foram obtidas médias para o 2º andar e para o turno da noite, cujos resultados também foram de 8 (oito) indivíduos por sala. A escolha dos participantes foi aleatória, prevalecendo os voluntários.

Para as salas do 3º andar não houve cálculo de amostras, pois todos os funcionários técnico-administrativos de cada sala escolhida foram convidados a participar da pesquisa.

Os dados foram obtidos nos turnos da manhã e da noite por estes serem os turnos de concentração das aulas da edificação, não havendo praticamente atividades no turno da tarde, exceto aulas esporádicas.

Concluído o trabalho de mapeamento das salas, pôde-se determinar a quantidade de dados a serem coletados ao longo desta pesquisa. Logo, levando em consideração a realização de 8 (oito) a 10 (dez) conjuntos de coletas em cada sala, durante o mês de outono, repetindo as quantidades durante o mês de inverno, pôde-se chegar à seguinte perspectiva:

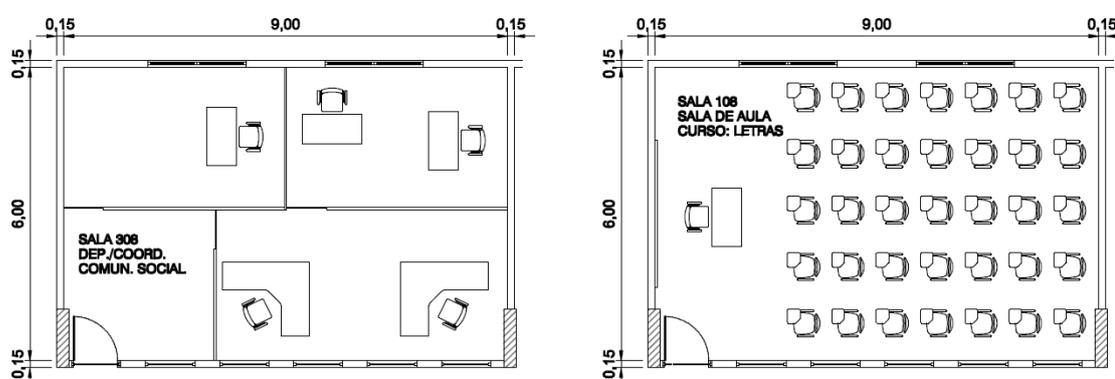
- 256 conjuntos de dados de variáveis ambientais;
- 1.456 conjuntos de dados em questionários subjetivos.

3.2.3 Caracterização dos ambientes a serem pesquisados

O prédio da CIAC foi concebido para abrigar apenas salas de aula, porém foi necessária uma adaptação de última hora para instalação de bibliotecas, auditórios e salas administrativas, além de outros ambientes.

Por esse motivo as salas são todas de tamanho padrão, conforme croquis da Figura 3.14.

Figura 3.14 – Croquis das salas padronizadas da CIAC.



As salas são dotadas de janelas nas paredes frontal e posterior (Figura 3.15), com o objetivo de favorecer a ventilação natural cruzada, abrangendo a maior parte do ambiente. Porém é comum que alguns professores prefiram manter a porta e as janelas da parede frontal fechadas para minimizar as interferências sonoras oriundas da circulação externa das salas (Figura 3.16).

Figura 3.15 – Vista interna de uma sala de aula da CIAC.



Figura 3.16 – Vista externa de uma sala de aula da CIAC.



Nos ambientes administrativos, no 3º andar, foram instaladas divisórias leves nas salas, para melhorar sua funcionalidade, como pode ser visualizado na Figura 3.17. Porém essa subdivisão prejudica a circulação natural do ar, o que proporciona o aumento da temperatura ambiente no interior dessas salas.

Figura 3.17 – Vista interna de uma sala administrativa da CIAC.



Quanto ao material construtivo, todas as salas escolhidas para a pesquisa são de alvenaria de tijolos cerâmicos, revestida com argamassa (cimento, cal e areia) e pintura com tinta lavável sobre emassamento.

O forro falso é de gesso comum e o piso possui acabamento em granilite polido. As portas das salas são de madeira de lei, com pintura em esmalte branco e as janelas são de alumínio anodizado e vidro liso transparente. A iluminação artificial das salas é feita com lâmpadas fluorescentes.

Não há nenhum tipo de revestimento especial para isolamento térmico ou acústico dos ambientes selecionados. Nenhuma sala de aula dispõe de ventiladores ou ar condicionado.

3.2.4 Aplicação dos questionários

Para a coleta dos dados dos votos e das variáveis pessoais de influência no conforto térmico, foi adotado um modelo de questionário, idealizado pelo Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) do Campus I da UEPB.

Em cada ambiente da pesquisa foi feita uma explanação em torno do tema e da metodologia aqui adotada antes da escolha dos voluntários, quando, então, foi apresentado o questionário aos participantes.

De posse desse questionário, o indivíduo participante da pesquisa forneceu informações pessoais físicas, tipo de atividade desenvolvida, votos de percepção de variáveis ambientais e de sensações térmicas, bem como informações das vestimentas usadas no exercício de sua atividade.

O modelo do questionário utilizado encontra-se no Apêndice A1 deste trabalho.

Quando da aplicação dos questionários, buscou-se abordar o participante quando este se encontrasse estabilizado no desenvolvimento de sua atividade há pelo menos 30 minutos, de forma que o mesmo já estivesse aclimatado ao ambiente.

3.2.5 Coleta de dados de variáveis ambientais

Para a determinação das variáveis ambientais, discutidas no capítulo anterior, foram utilizados equipamentos eletrônicos portáteis, disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental do CCT da UEPB.

O equipamento utilizado para medir a velocidade do vento nos ambientes da pesquisa foi um termo-anemômetro digital portátil da Incoterm®, modelo TAN100 (Figura 3.18).

Figura 3.18 – Termo-anemômetro digital utilizado nas medições.



Um termômetro de globo portátil da Instrutemp, modelo ITWTG 2000 foi o instrumento utilizado para fornecer dados de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar e IBUTG - índice de bulbo úmido e temperatura de globo (Figura 3.19).

Figura 3.19 – Termômetro de globo utilizado nas medições.



Para a leitura dos dados, o responsável pelo manuseio dos equipamentos se posicionava sentado, próximo aos participantes da pesquisa, com os aparelhos na altura do tronco. Após o tempo de estabilização das leituras, eram registrados os valores verificados da temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar e IBUTG. Para a velocidade do vento, eram registrados os valores máximos e mínimos observados nesse intervalo de tempo.

Os dados de variáveis ambientais foram coletados concomitantemente com a aplicação dos questionários e registrados no formulário de dados, cujo modelo encontra-se no Apêndice A2.

A coleta e o registro de dados das variáveis ambientais, assim como a aplicação dos questionários, foram realizados com a colaboração de alunas do curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB, em Campina Grande-PB.

3.3 Software para simulação computacional

3.3.1 Tratamento estatístico

Todos os dados coletados na pesquisa de campo foram analisados e alguns deles foram tratados estatisticamente. As variáveis ambientais e pessoais foram utilizadas para a realização da simulação computacional.

Foi determinada a média dos valores de vestimentas dos indivíduos, em cada ambiente e para cada momento de coleta de dados, visto que não há exigência de padronização de vestimentas no local da pesquisa.

Para os dados de atividade desenvolvida no ambiente, não foi necessário nenhum tratamento estatístico, pois todos os participantes da pesquisa realizam o mesmo tipo de atividade, segundo a classificação constante na Norma ISO 7730 (2005).

Para os votos reais de sensações térmicas, na mesma escala de 7 pontos utilizada no método do PMV, foi determinada a moda, para representação do voto majoritário (S), em cada sala e em cada momento da pesquisa.

Para se ter uma ideia das preferências térmicas dos indivíduos, foi determinado um índice de insatisfeitos (I), com base nos votos de S , além de se

coletar votos reais (*I_r*) sobre a insatisfação térmica dos participantes. Com esses índices pôde-se obter as frequências de insatisfação térmica para cada ambiente e dia da pesquisa.

A média aritmética foi estimada para as velocidades do vento registradas nos momentos das coletas de dados. Esses valores médios foram utilizados como dados de entrada no software.

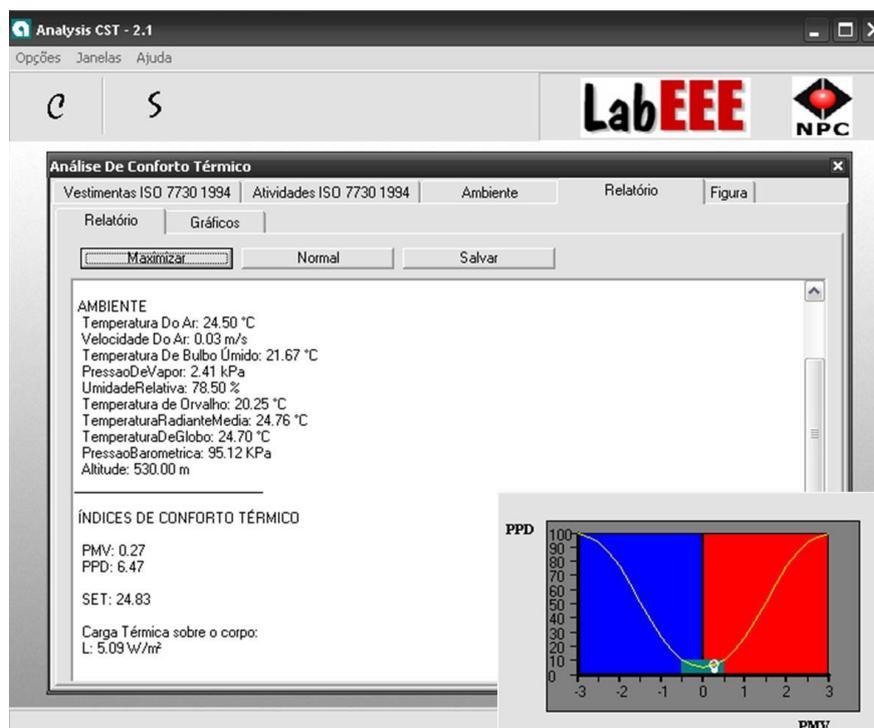
3.3.2 Aplicação dos dados em software

Após o primeiro tratamento estatístico dos dados coletados, foram feitas simulações no software Analysis CST 2.1, desenvolvido por pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e disponibilizado para esta pesquisa pelo Laboratório de Eficiência Energética e Conforto Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba.

O software Analysis CST 2.1 é destinado à avaliação das condições de conforto térmico de um ambiente, segundo a norma internacional ISO 7730 (1994), a partir da entrada de dados de variáveis ambientais, vestimentas e atividades desenvolvidas pelos ocupantes do ambiente.

Após o fornecimento dos dados, o software apresenta um relatório (Figura 3.20) sobre o índice de conforto térmico do ambiente (como o de Fanger de 1972) e sobre as formas de trocas de calor pelo corpo, como também fornece o gráfico do PPD em função do PMV.

Figura 3.20 – Relatório de análise de conforto térmico do Analysis CST 2.1, com gráfico.



Esta ferramenta permite que se obtenham certos resultados sem a necessidade de se fazer uso de fórmulas mais complexas, como é o caso do balanço energético e PMV.

Seguindo essa metodologia e de posse dos dados coletados nos meses mais quentes (março, abril e maio) e nos meses mais frios (julho e agosto) do período da pesquisa, dentro do ano letivo, pôde-se chegar aos resultados que traduzem o comportamento térmico dos ambientes da edificação estudada, os quais serão apresentados no capítulo 4.

3.4 Dificuldades encontradas

Este trabalho propôs a realização de um estudo sobre conforto térmico em uma instituição de ensino superior, com alunos e funcionários, durante o desempenho normal de suas respectivas atividades.

O local da realização do estudo é um bloco de salas de aula da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, na cidade de Campina Grande – PB. Logo os horários de coleta de dados limitam-se aos horários de aula e de trabalho da própria instituição.

As pesquisas sobre conforto térmico em regiões de clima quente, como a deste trabalho, buscam coletar dados nos horários do dia com temperaturas mais elevadas, que ocorrem normalmente no turno da tarde. Porém as aulas da edificação alvo dessa pesquisa são concentradas nos turnos da manhã e da noite, praticamente não havendo aulas no turno da tarde, o que inviabiliza a coleta de dados nos horários vespertinos.

Inicialmente se pretendia coletar dados em cada uma das quatro estações do ano para que se obtivesse um resultado mais completo sobre o comportamento térmico da edificação ao longo do ano letivo. Então as coletas deveriam ter iniciado em outubro de 2015, se estendendo até meados de 2016, conforme cronograma apresentado no Plano de Dissertação.

Contudo, no ano de 2015, uma greve dos docentes da UEPB paralisou as atividades acadêmicas entre os meses de junho e novembro do mesmo ano, implicando em um novo planejamento para a coleta de dados do presente trabalho.

Diante de tal situação, as primeiras intervenções para coleta de dados só foram possíveis a partir de março de 2016. Assim, forçosamente, a nova meta para o desenvolvimento dessa atividade passou a ser entre os meses de março e agosto de 2016.

Pela ausência de um número maior de colaboradores e pela existência de apenas um conjunto de instrumentos de medição, as primeiras coletas de dados de campo das salas do 2º andar ocorreram durante o mês de maio, após o término das coletas do 1º e 3º andares. Por não haver colaboradores no turno da noite, as coletas de dados foram reduzidas ao 1º e 3º andares.

No início das coletas de dados, percebeu-se que os dias e horários pré-estabelecidos para as intervenções em salas de aula tiveram que se adaptar às permissões dos professores e à variabilidade dos horários de início e término das aulas, sempre com a preocupação de se interferir o mínimo possível no desenvolvimento das atividades discentes e docentes.

Assim poder-se-á perceber os dias não consecutivos e os variados horários de coletas desta pesquisa, como resultado da adaptação à rotina acadêmica da instituição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da etapa de campo, a fim de se atingir os objetivos deste trabalho. Para tanto, a análise das salas escolhidas será efetuada separadamente, por turnos (manhã e noite) e por estações do ano (outono e inverno) e, após concluída essa análise, será feita uma discussão global, por estação do ano, dos resultados obtidos e com outros trabalhos existentes na literatura.

No período de março a agosto de 2016 foram coletados 256 conjuntos de dados de variáveis ambientais e cerca de 1.450 conjuntos de dados em questionários com variáveis pessoais de todos os indivíduos participantes deste estudo.

Para uma melhor compreensão acerca dos participantes, serão apresentados, a seguir, os dados de suas características pessoais (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Resumo estatístico dos dados pessoais dos participantes da pesquisa

Ocupação	Quantidade	(%)
Aluno	69	84,1%
Funcionário	13	15,9%
Gênero		
Masculino	28	34,1%
Feminino	54	65,9%
Idade (anos)		
Máxima	60	
Mínima	17	
Média	25,85	
Desvio Padrão	10,92	
Estatura (m)		
Máxima	1,90	
Mínima	1,50	
Média	1,68	
Desvio Padrão	0,10	
Peso (Kg)		
Máximo	130,00	
Mínimo	42,00	
Média	67,04	
Desvio Padrão	15,99	

A maior parte da pesquisa se deu nas salas de aula, com alunos, em sua maioria, do sexo feminino. A média de idade dos estudantes foi de 22,5 anos, enquanto que a dos funcionários foi de 43,8 anos.

Em virtude da diversidade das características físicas da população envolvida na pesquisa e das condições arquitetônicas da edificação, já mencionadas anteriormente, e visando obter respostas às hipóteses deste trabalho, foi feita uma análise sala a sala, para cada turno e estação climática diferente.

4.1 Resultados da pesquisa no turno da manhã, durante os meses de março a maio (estação de outono).

As coletas de dados de campo foram iniciadas no mês de março de 2016, no turno da manhã, no 1º e no 3º andares do prédio da CIAC, conforme estabelecido anteriormente. Foram feitos inicialmente 10 (dez) conjuntos de medições em cada uma das seguintes salas: 122, 140 e 146, no 1º andar e 308, 309 e 317, no 3º andar. Em seguida foram feitas as coletas de dados das salas 204, 214 e 235, do 2º andar.

Pela Norma ISO 7730, a equação do PMV pode ser utilizada generalizadamente, fornecendo resultados compatíveis com as sensações relatadas pelas pessoas, desde que respeitadas as condições de aplicabilidade da referida equação (GRZYBOWSKI, 2004).

As condições de aplicabilidade da equação do PMV são:

- a) O valor do PMV calculado deve situar-se entre -2 e +2;
- b) A taxa metabólica deve situar-se entre 46 e 232 W/m²;
- c) A temperatura do ar deve situar-se entre 10 e 30 °C;
- d) A temperatura radiante média deve situar-se entre 10 e 40 °C;
- e) A velocidade do vento deve situar-se entre 0 e 1 m/s;
- f) A pressão parcial do vapor deve situar-se entre 0 e 2,7 kPa.

As Tabelas 4.2 a 4.29 apresentam os resultados de cada sala investigada, tendo as nomenclaturas nelas utilizadas os seguintes significados:

Roupas: Isolamento térmico médio das vestimentas utilizadas, em clo;

Ativid.: Taxa metabólica relativa à atividade desenvolvida, em W/m²;

Ta: Temperatura do ar do ambiente, verificada durante a medição, em °C;

- Tg:** Temperatura de globo do ambiente, verificada durante a medição, em °C;
- Vv:** Velocidade do vento média no ambiente, verificada durante a medição, em m/s;
- UR:** Umidade relativa do ar do ambiente, verificada durante a medição, em %;
- PMV:** Voto médio predito, determinado pelo software Analysis CST 2.1, mediante entrada de dados do ambiente e dos indivíduos, conforme ISO 7730 (1994);
- PPD:** Porcentagem de pessoas insatisfeitas (%), determinada pelo software Analysis CST, mediante entrada de dados do ambiente e dos indivíduos, conforme ISO 7730 (1994);
- S:** Moda das sensações térmicas reais informadas pelos participantes nos questionários aplicados durante as medições, na escala de sete pontos (de -3 a +3);
- I:** Percentual de insatisfeitos, obtido a partir das respostas sobre as sensações térmicas reais, sendo considerados insatisfeitos todos aqueles que marcaram -3, -2, +2 ou +3 e 50% daqueles que marcaram -1 ou +1;
- Ir:** Percentual de insatisfeitos, obtido a partir das respostas dos participantes sobre nível de conforto térmico, no questionário, onde foram considerados termicamente satisfeitos aqueles que marcaram *bom* ou *ótimo* e 50% daqueles que marcaram *regular*, assim como foram considerados insatisfeitos aqueles que marcaram *ruim* ou *péssimo* e 50% daqueles que marcaram *regular*;
- Cond. Tempo:** Condições do tempo, no momento da coleta dos dados, numa escala de 1 a 5 representando as alternativas que constam no questionário aplicado, sendo 1-Chuvoso, 2-Neblinando, 3-Nublado, 4-Parcialmente Nublado e 5-Ensolarado/Limpo;
- IBUTG:** Índice de bulbo úmido e temperatura de globo verificado no interior do ambiente, durante a medição, em °C.

4.1.1 Salas do 1º andar

A sala 122 fica localizada no lado oeste da edificação, no 1º andar, voltada para o norte, recebendo pouca ventilação natural (Figura 3.11).

Percebe-se que no interior da sala a ventilação foi praticamente imperceptível, notando-se sutis ocorrências de ventos fracos apenas na região da sala próxima da porta, onde não há presença de alunos.

O valor nulo para a velocidade do vento informado na Tabela 4.2 indica que a velocidade máxima do vento aferida no momento da coleta de dados foi abaixo de 0,1 m/s, o que caracteriza situação de ar parado.

Tabela 4.2 – Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 122		Estação: Outono											Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
28/03	10:20	0,49	70,00	29,00	29,30	0,00	69,00	1,59	55,90	1,00	58,33	50,00	4	25,70
31/03	10:30	0,35	70,00	27,30	27,70	0,00	72,40	0,90	22,00	1,00	50,00	50,00	4	24,80
04/04	9:20	0,37	70,00	28,70	28,20	0,00	74,10	1,25	37,70	1,00	64,29	57,14	5	25,90
07/04	9:05	0,45	70,00	26,80	27,10	0,00	77,30	0,90	21,94	1,00	50,00	50,00	3	24,70
11/04	8:30	0,46	70,00	26,10	26,40	0,00	91,10	0,77	17,51	1,00	60,00	20,00	3	25,40
12/04	8:40	0,40	70,00	25,40	25,80	0,00	85,80	0,41	8,54	0,00	60,00	20,00	3	24,20
13/04	8:30	0,59	70,00	26,40	26,40	0,00	81,50	0,94	23,10	0,00	30,00	20,00	4	24,70
14/04	9:00	0,41	70,00	26,90	27,20	0,00	84,90	0,93	23,26	0,00	37,50	25,00	4	25,50
18/04	9:00	0,56	70,00	24,50	24,90	0,00	93,50	0,45	9,25	0,00	16,67	0,00	3	24,10
19/04	8:45	0,63	70,00	23,80	24,20	0,00	93,00	0,35	7,62	-2,00	62,50	0,00	3	23,30

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

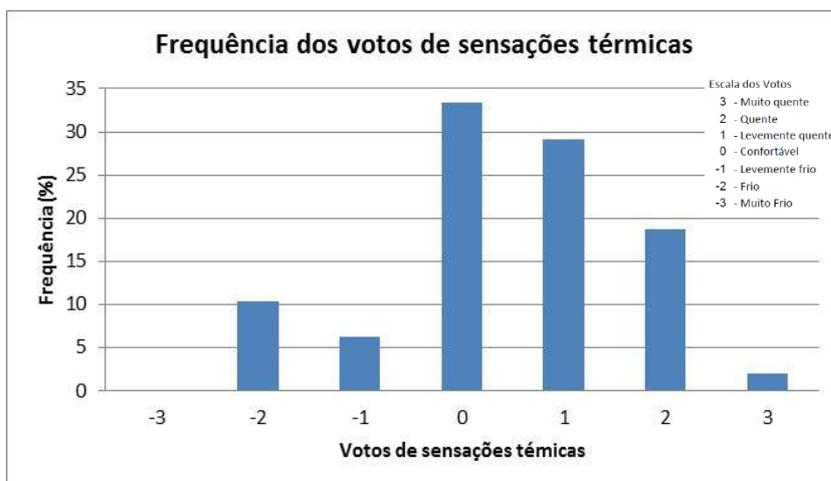
Variações centesimais da velocidade do vento não interferem significativamente nos resultados de *PMV*, logo a ausência de registros de velocidades do vento entre 0 e 0,1 m/s não alterou a condição térmica do ambiente obtida pelo método *PMV*.

As temperaturas do ar mais elevadas foram registradas nos primeiros dias, resultando em situação de desconforto térmico para os alunos daquela turma. Ao longo dos demais dias a temperatura ambiente externa foi decaindo, verificando-se a ocorrência de chuvas fracas na região, acarretando a queda da temperatura também no interior da sala em questão, resultando numa média de 26,5 °C no período. Também se observa o aumento dos valores de *UR*, ao longo do período de coletas.

Verifica-se, analisando os valores de *PMV* e *S*, que a queda de temperatura implicou numa melhora da sensação de conforto térmico, principalmente nos horários das primeiras aulas.

A Figura 4.1 mostra a frequência dos votos de sensações térmicas no período, quando a maioria dos participantes declarou estar sentindo calor leve, calor e muito calor. Os votos para sensação de conforto, frio leve ou frio foram registrados nos dias de temperaturas mais baixas.

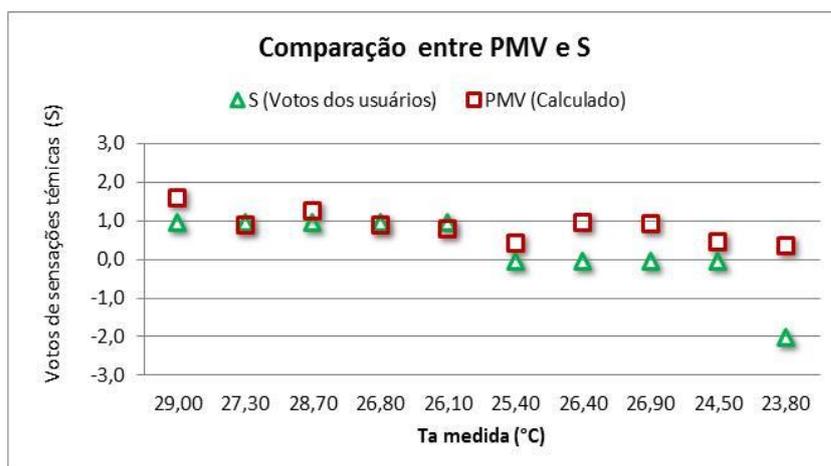
Figura 4.1 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (manhã – outono).



A faixa de temperatura de conforto observada, segundo o *PMV*, foi de 23,8 a 25,4 °C, com média de 24,6 °C. Porém, de acordo com os valores de *S*, a faixa de temperatura de conforto foi de 24,5 a 26,9 °C, com média de 25,8 °C, o que denota uma maior aceitabilidade dos indivíduos por temperaturas mais elevadas.

A variação das sensações térmicas em função da temperatura do ambiente pode ser verificada na Figura 4.2, percebendo-se uma maior amplitude de sensações, segundo os votos diretos dos usuários, em relação ao método *PMV*.

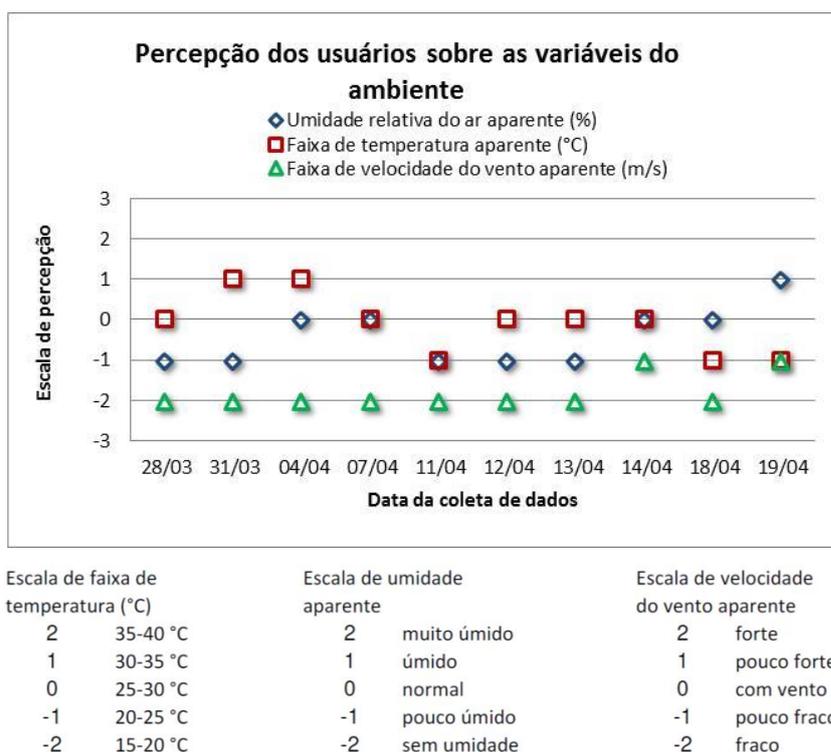
Figura 4.2 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (manhã – outono).



A Figura 4.3 apresenta os registros pessoais, nos questionários, das sensações acerca das variáveis de influência da sala 122. Os resultados mostraram que os pesquisados sentiram as baixas ventilações e tiveram razoável percepção

sobre as variações da temperatura do ar, porém, considerando variação da faixa de umidade relativa do ar, observada durante o período da pesquisa (Tabela 4.2), e a imprecisão dos resultados informados nos questionários, em relação aos valores aferidos com instrumento, constatou-se uma baixa percepção dos pesquisados a respeito desse parâmetro.

Figura 4.3 – Modas das percepções dos usuários sobre as variáveis do ambiente, por dia de pesquisa - sala 122 (manhã – outono).



A boa sensibilidade à ventilação e às variações de temperatura, por parte dos pesquisados, foi verificada nas demais salas, via questionários, ao longo de toda a pesquisa, da mesma forma que foi verificada, também, a baixa sensibilidade às variações da umidade relativa do ar.

Assim, para não se tornar repetitivo, os gráficos das percepções dos usuários sobre as variáveis dos ambientes das demais salas não serão apresentados.

Com a repetição das coletas durante vários dias, foi possível verificar o quanto as condições térmicas no interior dessa sala são variáveis e dependem das condições ambientais externas.

A sala 140 fica localizada no lado leste da edificação, porém na parte interna, mais próxima ao centro do prédio (Figura 3.11). Essa localização a torna menos susceptível à incidência direta da radiação solar.

A ventilação dessa sala também é fraca, ocorrendo ventos fracos na região da sala próxima da porta apenas quando esta está aberta.

As salas nesse local do prédio estão muito sujeitas às interferências sonoras oriundas do corredor central, logo é bastante comum as portas e janelas permanecerem fechadas durante as aulas, contribuindo, assim, para os baixíssimos valores de velocidade do vento.

A exemplo da sala 122, os primeiros dias foram de temperaturas mais altas, diminuindo nos últimos dias, com média de 26,1 °C, enquanto que a umidade relativa do ar oscilou bastante nesse período (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Valores resultantes das medições feitas na sala 140 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 140		Estação: Outono										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
28/03	10:45	0,64	70,00	27,80	28,20	0,00	70,70	1,39	45,09	2,00	75,00	50,00	4	24,80
31/03	8:30	0,67	70,00	25,40	25,60	0,00	84,30	0,85	20,27	-1,00	50,00	0,00	4	24,00
04/04	10:45	0,56	70,00	28,10	27,80	0,00	74,40	1,32	41,10	1,00	68,75	50,00	5	25,40
05/04	9:10	0,48	70,00	26,90	27,00	0,00	80,00	0,95	24,01	1,00	50,00	40,00	4	25,20
07/04	8:50	0,47	70,00	25,70	26,10	0,00	78,50	0,58	11,97	1,00	66,67	33,33	3	23,90
11/04	10:20	0,51	70,00	26,30	26,50	0,00	86,80	0,86	20,57	-2,00	66,67	33,33	3	25,10
13/04	10:15	0,48	70,00	25,90	26,20	0,00	82,60	0,67	14,43	-2,00	64,29	28,57	4	24,30
14/04	8:40	0,47	70,00	25,70	26,10	0,00	88,50	0,65	13,88	-1,00	60,00	20,00	4	24,80
18/04	8:50	0,65	70,00	24,40	24,80	0,00	94,20	0,58	11,94	-1,00	66,67	16,67	3	24,10
19/04	10:25	0,52	70,00	24,90	25,30	0,00	86,10	0,46	9,36	-1,00	66,67	0,00	3	23,80

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

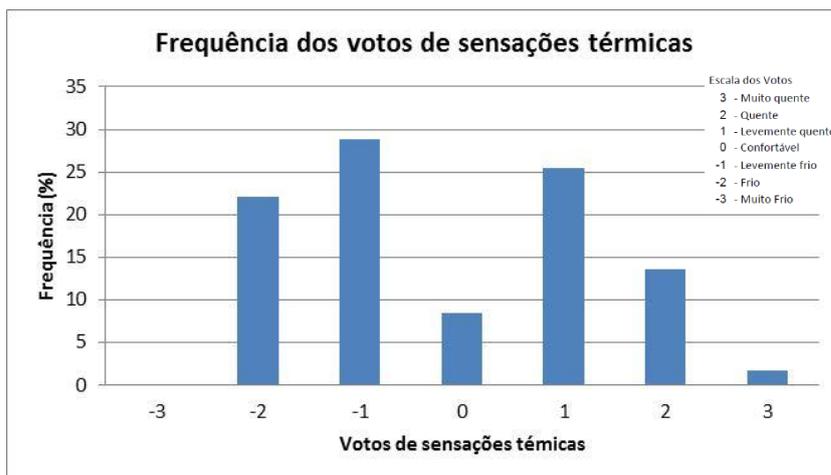
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

A variação de temperatura na sala 140 foi menor do que na sala 122, ao longo do período medido, provavelmente devido à sua localização na edificação, ficando menos exposta à incidência direta de radiação solar. Apesar disso, a frequência de votos para conforto térmico na sala 140 foi baixa, de apenas 8,5% (Figura 4.4), sendo a maioria dos votos para sensações de frio leve e frio.

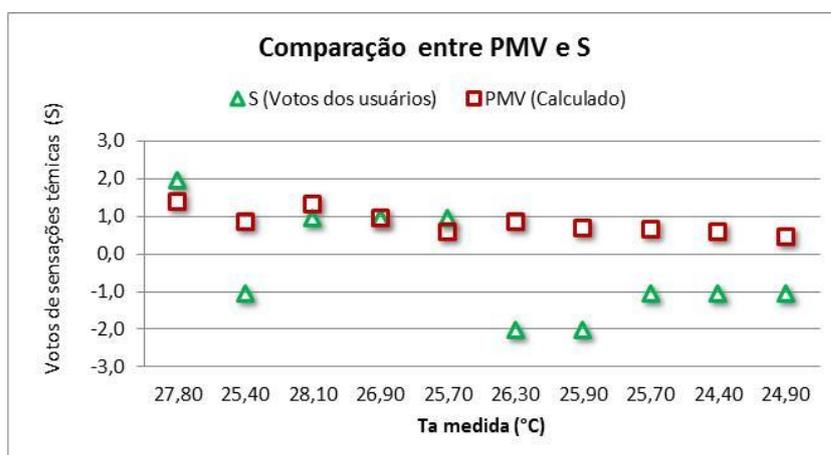
Figura 4.4 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 140 (manhã – outono).



Essa diversificação nos votos de sensações térmicas expressou a insatisfação dos usuários da sala 140 com a variação das condições ambientais, durante essa etapa de coleta de dados.

De acordo com os valores de *PMV* da sala 140, só foi verificada situação de conforto térmico no último dia, quando a temperatura do ar foi de 24,9 °C. Porém, pelos valores de *S*, não houve situação de conforto (Figura 4.5), sendo a sala considerada quente, na primeira metade do período de pesquisa e desconfortavelmente fria na segunda metade.

Figura 4.5 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 140 (manhã – outono).



Comparando com os alunos da sala 122, percebe-se que os alunos da sala 140 aparentaram maior intolerância às baixas de temperatura do ambiente, apesar

da temperatura do ar mínima desta sala (24,2 °C) ser acima da temperatura do ar mínima da sala 122 (23,8 °C).

A sala 146 está posicionada na parte leste da edificação, voltada para a face sul (Figura 3.11), numa das localizações mais favoráveis com relação à ventilação. Pode-se considerar como a posição oposta à da sala 122.

De forma análoga às outras salas, a temperatura interna deste ambiente diminuiu com a queda da temperatura externa, ao longo dos dias desta fase da pesquisa. Porém a temperatura interna média foi de 26,9 °C, ficando acima das médias das demais salas analisadas até o momento.

Esperava-se que, por sua localização, a sala 146 apresentasse bons níveis de ventilação e temperaturas internas mais amenas do que nas outras salas, porém, conforme Tabela 4.4, o ambiente se mostrou sem ventilação em todo o período e as temperaturas internas foram compatíveis com as da sala do lado oeste da edificação.

Tabela 4.4 – Valores resultantes das medições feitas na sala 146 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 146														Estação: Outono		Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)			
28/03	9:25	0,61	70,00	26,60	26,30	0,00	78,40	0,94	23,71	0,00	25,00	37,50	4	25,00			
29/03	8:40	0,53	70,00	28,30	27,90	0,00	71,90	1,31	40,57	0,00	20,00	40,00	4	25,00			
30/03	10:05	0,48	70,00	27,00	26,80	0,00	86,00	0,98	25,47	0,00	16,67	41,67	4	25,70			
31/03	9:20	0,53	70,00	26,60	26,70	0,00	78,80	0,91	22,31	0,00	18,75	18,75	4	24,40			
04/04	9:05	0,57	70,00	28,00	27,60	0,00	74,40	1,28	39,12	1,00	30,00	30,00	5	25,30			
05/04	10:25	0,59	70,00	28,60	29,00	0,00	73,80	1,61	56,72	0,00	20,00	30,00	4	26,20			
07/04	9:25	0,56	70,00	26,20	26,90	0,00	76,50	0,92	22,83	1,00	42,86	42,86	3	24,50			
11/04	9:00	0,56	70,00	26,50	26,70	0,00	86,30	0,99	25,58	-1,00	31,25	25,00	3	25,30			
12/04	8:50	0,66	70,00	25,70	25,90	0,00	82,90	0,86	20,66	0,00	25,00	8,33	3	24,20			
13/04	8:40	0,62	70,00	25,90	25,80	0,00	82,70	0,82	19,13	-1,00	40,00	10,00	4	24,20			

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

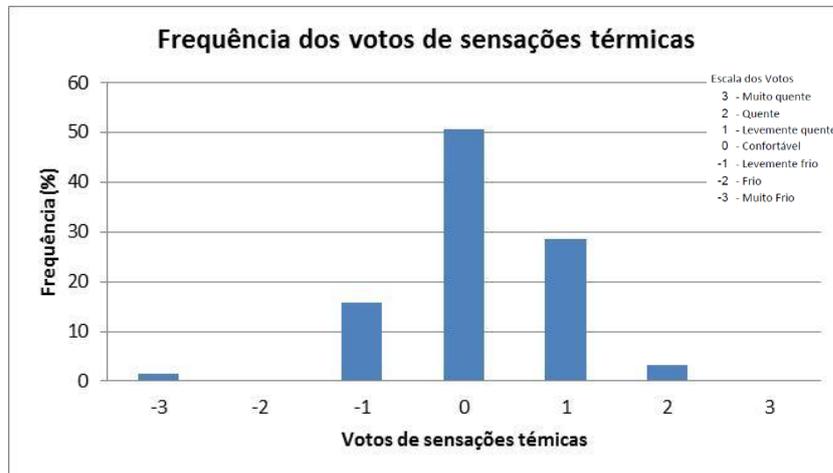
IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

A circulação do ar na região da sala onde se concentram os alunos foi praticamente nula, porque os ocupantes desse ambiente preferiram manter as janelas sempre fechadas para conservar as temperaturas em um nível agradável, segundo suas preferências térmicas, favorecendo, inclusive, o isolamento acústico da sala contra o barulho proveniente da circulação externa, conforme relatado no

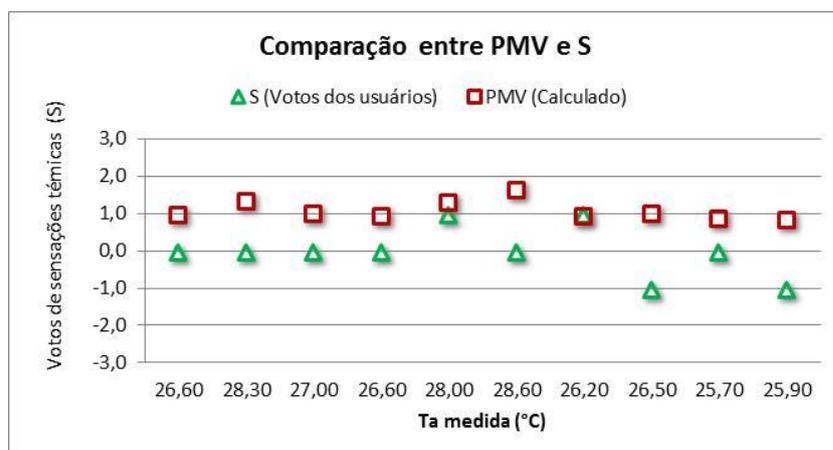
período de outono. Com isso os votos pessoais de sensações térmicas foram na maioria para conforto (Figura 4.6), ao longo dos dias da pesquisa.

Figura 4.6 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 146 (manhã – outono).



As preferências térmicas dos alunos da sala 146 implicaram em divergência entre os resultados obtidos através dos métodos utilizados nesta pesquisa. Isso pode ser verificado ao se observar o gráfico da Figura 4.7, no qual os valores de *S* indicam conforto térmico na maior parte dos dias, enquanto que o *PMV* indica desconforto térmico para o calor em todo o período.

Figura 4.7 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 146 (manhã – outono).



Analisando-se os valores do isolamento por vestimentas, a sala 146 obteve a maior média, de 0,57 clo, enquanto que para as salas 122 e 140 os valores médios foram de 0,47 clo e 0,55 clo, respectivamente.

A faixa de temperatura de conforto relatada pelos alunos da sala 146, segundo os valores de S , foi de 25,7 a 28,6 °C, com média de 27,1 °C, sendo a maior média entre as três salas do 1º andar.

Para um mesmo período, os alunos participantes dessa pesquisa mostraram ter percepções térmicas distintas para cada sala selecionada. Os participantes da sala 122 votaram majoritariamente em sensação de calor (Figura 4.1), a maioria dos participantes da sala 140 votou em sensação de frio (Figura 4.4) e a maioria dos votos dos participantes da sala 146 foi para sensação de conforto térmico (Figura 4.6).

Observando-se os índices de insatisfeitos reais (I_r), nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4), percebe-se que, de forma geral, esses valores são menores quando os votos de sensações térmicas são para o frio. Isso pode indicar que os participantes da pesquisa preferem os ambientes um pouco mais frios aos ambientes mais quentes.

4.1.2 Salas do 2º andar

As salas do 2º andar foram escolhidas como um espelho das salas do 1º andar, de forma a estarem nas posições sudoeste, nordeste e oeste interna (Figura 3.12). Nessas salas foram coletados dados em oito datas do mês de maio.

A posição sudoeste da sala 204 sugere uma maior incidência de radiação solar, porém percebeu-se que a incidência de ventos é maior do que no lado norte, como na sala 122.

As condições do tempo para esse período de coleta de dados foram bem favoráveis às quedas de temperaturas, com o céu quase sempre encoberto por nuvens e com ocorrência de chuvas, além de umidade relativa do ar bastante elevada (Tabela 4.5).

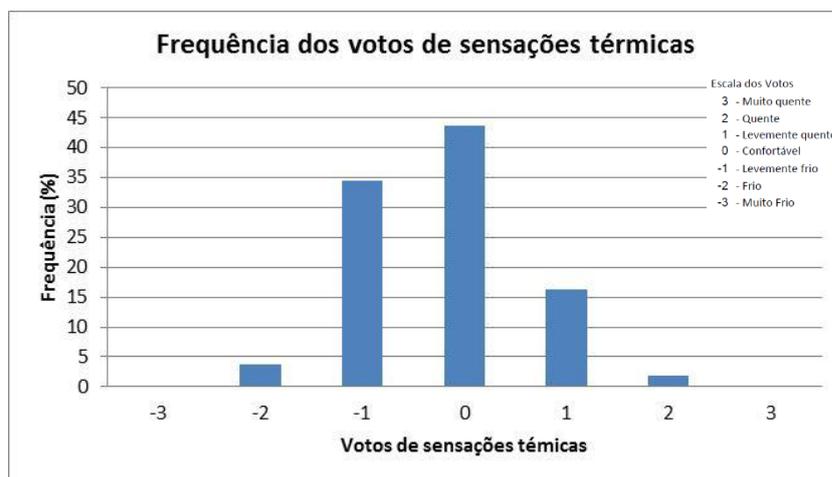
Tabela 4.5 – Valores resultantes das medições feitas na sala 204 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 204		Estação: Outono										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
06/05	8:40	0,48	70,00	26,10	26,20	0,00	84,50	0,71	15,65	0,00	18,75	25,00	3	24,90
09/05	8:35	0,64	70,00	24,20	24,20	0,00	93,40	0,43	8,87	-1,00	31,25	31,25	2	23,40
10/05	8:45	0,67	70,00	24,50	24,90	0,00	99,60	0,67	14,51	0,00	30,00	10,00	2	24,60
11/05	9:10	0,68	70,00	25,10	24,90	0,00	95,20	0,74	16,58	0,00	35,71	21,43	1	24,60
16/05	10:40	0,51	70,00	25,80	26,70	0,00	82,10	0,80	18,51	1,00	37,50	18,75	4	24,40
17/05	8:45	0,58	70,00	25,50	25,30	0,00	90,20	0,68	14,59	-1,00	31,25	12,50	3	24,60
18/05	8:50	0,48	70,00	25,10	25,30	0,00	86,70	0,41	8,58	-0,50	30,00	10,00	4	24,00
20/05	8:50	0,64	70,00	24,40	24,50	0,00	88,10	0,47	9,60	-1,00	33,33	16,67	3	24,10

Roupas: vestimentas (clo) Ta: Temperatura do ar (°C) Vv: Velocidade do vento (m/s) S: Sensação térmica real
 Ativ.: Taxa metabólica (W/m²) Tg: Temperatura de globo (°C) UR: Umidade relativa do ar (%) I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"
 IBUTG interno (°C) Ir: Índice de insatisfeitos real

Os alunos dessa sala relataram oralmente, durante as coletas de dados, que preferiam manter as janelas fechadas para evitar circulação do vento frio no interior do ambiente e, assim, se sentirem mais confortáveis termicamente. De fato, observando-se a Figura 4.8, percebe-se que a maioria dos votos de sensações térmicas foi para conforto térmico, com poucos votos para sensação de calor.

Figura 4.8 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 204 (manhã – outono).



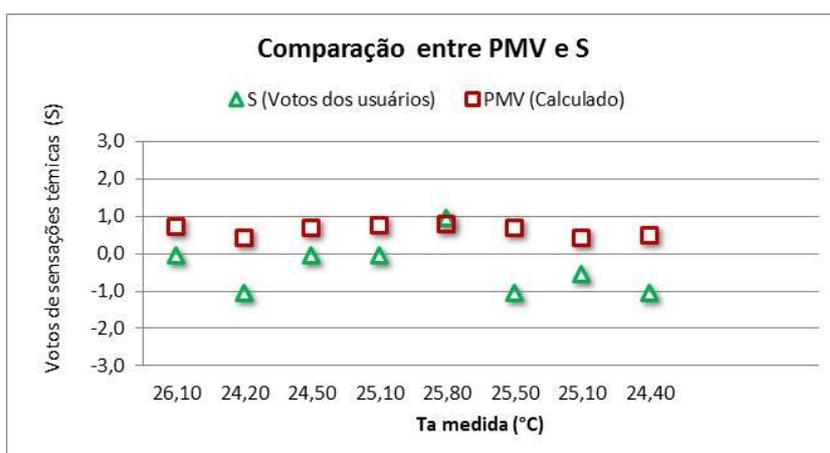
Na sala 204 a média das temperaturas do ar internas foi de 25,1 °C, enquanto que a média das temperaturas externas, medidas próximo à porta da sala, foi de 24,2 °C, comprovando que, sem a devida renovação do ar do ambiente, a temperatura interna se eleva.

A média dos valores de vestimentas foi de 0,59 clo e a média dos votos *Ir* foi de 18,2 %, sendo esta bem abaixo das médias de *Ir* do 1º andar.

De acordo com os resultados do *PMV*, a faixa de temperatura de conforto para a sala 204 foi de 24,2 a 25,1 °C, com média de 24,6 °C. Entretanto, de acordo com os valores de *S*, a faixa de temperatura de conforto foi de 24,5 a 26,1 °C, com média de 25,2 °C.

Na Figura 4.9 percebe-se que os alunos relataram sensação de conforto térmico sob temperaturas em que o método analítico do *PMV* indicou desconforto por calor, deixando claro, mais uma vez, que os ocupantes das salas têm maior tolerância às temperaturas mais altas do que o previsto pela Norma.

Figura 4.9 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 204 (manhã – outono).



A sala 214 tem localização central interna, como a sala 140, porém do lado oeste da edificação (Figura 3.12). O corredor central desta parte do prédio é bloqueado pelo Auditório I, o que impede a circulação de ar pela parte externa frontal da sala.

Nesta localização a sala recebe incidência direta dos raios solares através das janelas da parede posterior, no lado do poço de iluminação zenital.

Sob estas condições o ambiente se mostrou mais susceptível a aumentos de temperaturas em dias com sol, do que a sala 140. Entretanto, como as condições do tempo foram de parcialmente nublado a chuva fina, as temperaturas internas do ar não chegaram a 27 °C no período (Tabela 4.6).

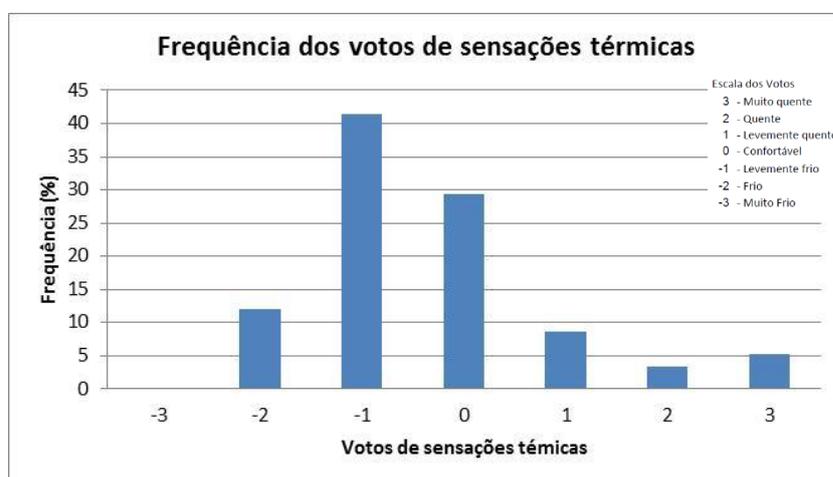
Tabela 4.6 – Valores resultantes das medições feitas na sala 214 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 214			Estação: Outono										Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
05/05	9:10	0,49	70,00	26,10	26,70	0,00	78,20	0,77	17,62	-1,00	25,00	25,00	4	24,30
09/05	8:50	0,57	70,00	24,40	24,50	0,00	92,70	0,38	8,02	-1,00	50,00	18,75	2	23,90
10/05	10:25	0,61	70,00	25,40	25,50	0,00	93,90	0,76	17,33	-1,00	50,00	14,29	2	24,80
12/05	8:30	0,63	70,00	25,10	25,80	0,00	92,20	0,79	18,28	0,00	28,57	35,71	4	24,70
16/05	10:55	0,45	70,00	26,70	27,70	0,00	82,40	1,04	27,69	2,00	78,57	85,71	4	25,30
17/05	10:20	0,52	70,00	26,40	26,60	0,00	87,60	0,91	22,55	0,00	50,00	41,67	3	25,30
18/05	9:20	0,53	70,00	24,60	24,80	0,00	86,00	0,34	7,43	-1,00	37,50	25,00	4	23,90
20/05	9:10	0,57	70,00	24,20	24,30	0,00	88,60	0,65	13,88	-1,00	50,00	21,43	3	24,00

Roupas: vestimentas (clo) Ta: Temperatura do ar (°C) Vv: Velocidade do vento (m/s) S: Sensação térmica real
 Ativ.: Taxa metabólica (W/m²) Tg: Temperatura de globo (°C) UR: Umidade relativa do ar (%) I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"
 IBUTG interno (°C) Ir: Índice de insatisfeitos real

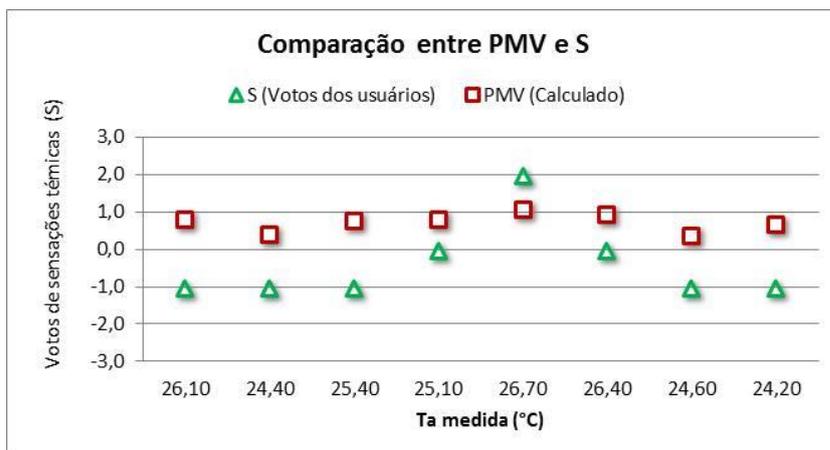
A alta frequência de votos para o frio leve e frio não impediu que houvesse situação de sensação de calor máximo na escala de votos (Figura 4.10). Isso mostra a variabilidade de sensações térmicas de indivíduo para indivíduo, dentro de um mesmo ambiente.

Figura 4.10 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 214 (manhã – outono).



Os valores de *PMV* tiveram pouca variação no período, com média de 0,71 e desvio padrão de 0,24, enquanto que os valores de *S* tiveram uma média de -0,38 e desvio padrão de 1,06, devido ao pico de sensação de calor no dia de maior temperatura (Figura 4.11).

Figura 4.11 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 214 (manhã – outono).



Os alunos da sala 214 demonstram ter boa percepção quanto à temperatura aparente e velocidade do vento, porém não percebem tão bem as variações de umidade relativa, conforme respostas aos questionários, confirmando o que foi observado para a sala 122, na Figura 4.3.

Nessa sala, a média das temperaturas de conforto, pelo método PMV, foi 24,5 °C e, pelo voto direto dos pesquisados, foi 25,7 °C, com zonas de conforto nos intervalos de 24,4 a 24,6 °C e 25,1 a 26,4 °C, respectivamente.

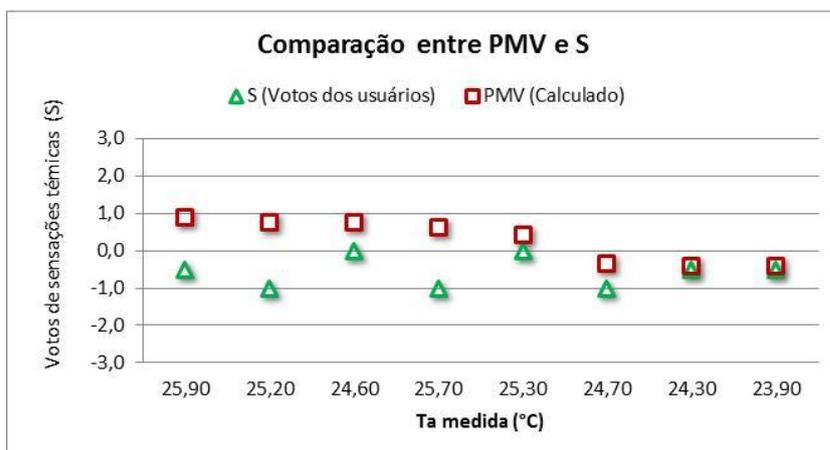
O valor médio de *I_r*, de 33,4 %, demonstra que os ocupantes deste ambiente foram os mais insatisfeitos termicamente de todas as salas de aula desta fase da pesquisa, com baixa tolerância às oscilações de temperatura do local.

A localização nordeste da sala 235 (Figura 3.12) lhe confere a vantagem de receber bastante ventilação direta. Assim, em alguns dias de coleta de dados, verificou-se a ocorrência de ventos com velocidades consideráveis no interior desse ambiente (Tabela 4.7).

Essa condição, associada com as temperaturas externas mais baixas, devido às condições do tempo, implicaram nos primeiros resultados negativos para o *PMV*, predizendo as sensações de frio.

O comportamento térmico do ambiente, sob o ponto de vista do método analítico, foi de levemente quente até confortavelmente frio, ao longo dos dias da pesquisa e, apenas nos dois últimos dias, as sensações calculadas praticamente coincidiram com as relatadas pelo voto direto (Figura 4.13).

Figura 4.13 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 235 (manhã – outono).



Segundo os valores de PMV, a faixa de temperatura de conforto da sala 235 foi de 23,9 a 25,3 °C, com média de 24,5 °C. Com base nos valores de S essa faixa vai até 25,9 °C, com média de 24,8 °C.

4.1.3 Salas do 3º andar

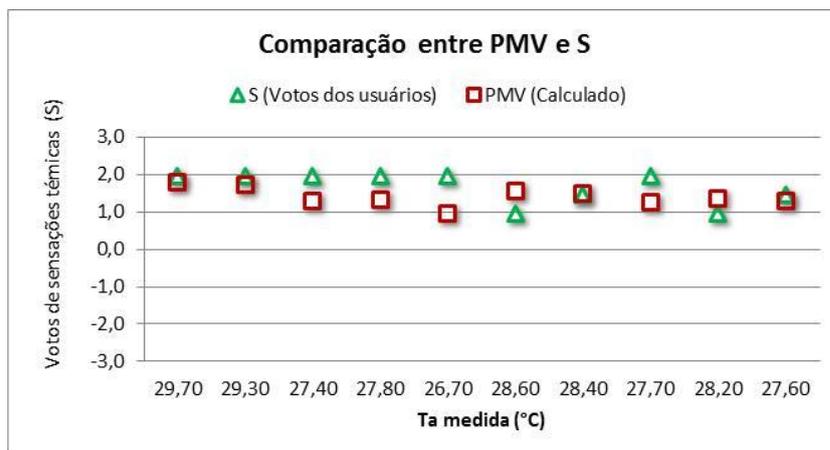
Para finalizar o turno da manhã da primeira etapa da pesquisa, serão apresentados, a seguir, os resultados das salas do 3º andar.

A sala 308 está no extremo oeste do pavimento, voltada para a direção sul (Figura 3.13) e está numa posição teoricamente desfavorável em relação à insolação e ventilação.

De fato, analisando-se os valores elevados das temperaturas do ambiente, com a máxima de 29,7 °C, e os resultados do PMV, percebe-se que a sala proporcionou a seus ocupantes situações de desconforto térmico para o calor ao longo de todo o período de coleta de dados (Tabela 4.8).

A temperatura do ar interna média foi de 28,1 °C, sendo esta a mais alta de todas as salas.

Figura 4.15 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (manhã – outono).



A sala 308 obteve as maiores médias de T_a , T_g , PMV , PPD , S e I_r , em relação às demais salas pesquisadas, nesta etapa de outono, resultando em ausência de zonas de conforto, em relação aos métodos aqui utilizados. Esses resultados evidenciaram a situação de desconforto térmico para o calor vivenciada pelos ocupantes desse ambiente.

Assim como a sala 308, a sala 309 está localizada no extremo oeste do pavimento, porém voltada para o corredor interno (Figura 3.13), com menor incidência de radiação solar direta.

Dessa forma os resultados da sala 309 mostram um comportamento térmico semelhante ao da sala 308, como pode ser observado na Tabela 4.9, com a temperatura média interna de 27,8 °C, média de vestimenta de 0,57 clo, PMV médio de 1,3 e S médio de 1,0.

Apesar das altas temperaturas do ambiente, a intolerância ao calor, nessa sala, não foi tão alta. Os votos de sensação térmica para conforto chegaram a 30 %, sendo a maioria para sensação de calor leve (Figura 4.16).

Percebe-se que não houve relato de sensação de frio, com as sensações térmicas relatadas variando entre conforto e calor. De acordo com os resultados de PMV , todo o período proporcionou desconforto para o calor.

Tabela 4.9 – Valores resultantes das medições feitas na sala 309 da CIAC – UEPB (manhã – outono)

Sala 309		Estação: Outono											Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
28/03	11:35	0,56	70,00	29,60	29,40	0,00	67,20	1,73	63,29	2,00	100,00	100,00	4	26,10
30/03	9:25	0,56	70,00	27,60	27,70	0,00	83,00	1,29	39,93	0,00	0,00	0,00	4	25,70
31/03	10:15	0,56	70,00	27,30	27,50	0,00	74,40	1,15	32,64	1,00	50,00	0,00	4	24,80
01/04	9:00	0,56	70,00	27,40	26,90	0,00	76,40	1,08	29,45	2,00	100,00	50,00	3	24,90
04/04	10:55	0,61	70,00	28,60	28,80	0,00	72,00	1,57	54,87	1,00	50,00	0,00	5	25,80
05/04	9:15	0,56	70,00	28,00	27,90	0,00	76,80	1,33	41,97	0,00	0,00	0,00	4	25,60
07/04	10:00	0,56	70,00	27,60	27,70	0,00	72,70	1,21	35,68	1,00	50,00	50,00	3	25,00
08/04	9:10	0,56	70,00	28,50	28,60	0,00	70,20	1,46	49,00	2,00	100,00	50,00	4	25,50
11/04	10:40	0,56	70,00	27,80	27,70	0,00	82,70	1,32	41,15	1,00	50,00	50,00	3	26,20
12/04	9:00	0,56	70,00	25,70	26,00	0,00	80,30	0,72	15,82	0,00	0,00	0,00	3	23,90

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

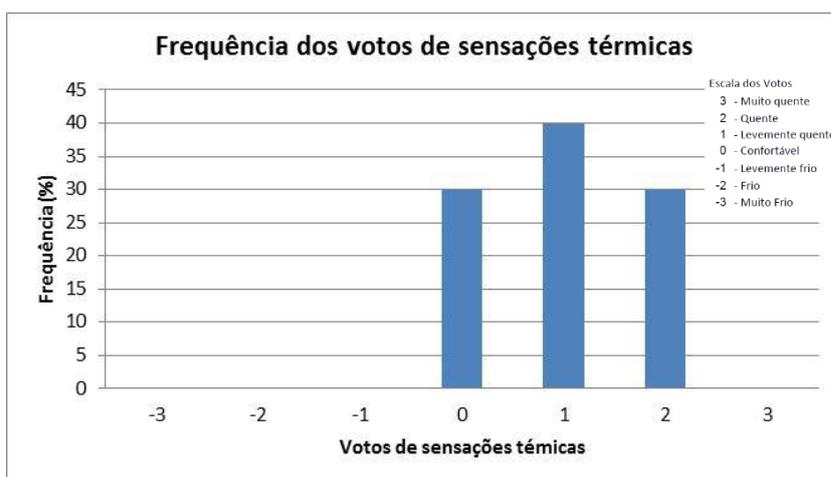
UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Figura 4.16 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 309 (manhã – outono).

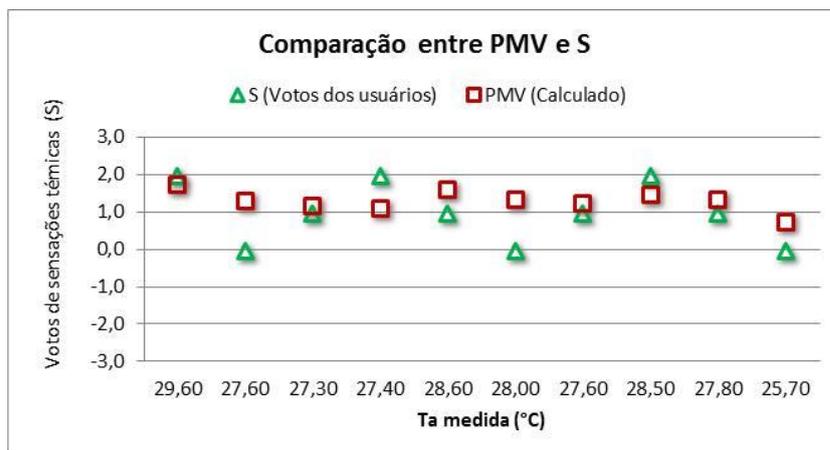


Na Figura 4.17 percebe-se a maior amplitude na variação de *S*, em relação à variação do *PMV*, indicando que a percepção do usuário da sala sobre as variações térmicas são maiores do que a predita pela Norma ISO 7730.

Para a sala 309, a faixa de temperatura de conforto, segundo os votos diretos, é de 25,7 °C a 28,0 °C, com média de 27,1 °C.

A posição da sala 317 no pavimento é semelhante à da sala 214, porém com a vantagem de não ter o corredor central bloqueado, como no 2º andar (Figuras 3.12 e 3.13), permitindo a circulação do ar na sua parte externa frontal.

Figura 4.17 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 309 (manhã – outono).



Apesar disso a sala 317 tem divisórias internas, prejudicando substancialmente a ventilação do ambiente e, assim, dificultando a renovação do ar.

Como resultado verificaram-se altos valores de temperatura interna (Tabela 4.10), com a segunda maior média da pesquisa (28,0 °C), durante os dias de coleta de dados.

Tabela 4.10 – Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (manhã- outono)

Sala 317			Estação: Outono									Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
28/03	11:25	0,56	70,00	29,40	29,60	0,00	66,00	1,73	63,39	1,00	66,67	50,00	4	25,90
29/03	10:55	0,56	70,00	28,90	29,20	0,00	71,80	1,64	58,36	1,33	50,00	33,33	4	26,20
30/03	9:10	0,56	70,00	27,70	27,80	0,00	83,00	1,33	41,56	0,00	33,33	33,33	4	26,10
31/03	11:50	0,54	70,00	27,70	27,90	0,00	74,30	1,25	37,68	1,00	33,33	33,33	4	25,30
01/04	8:55	0,56	70,00	26,80	26,80	0,00	76,70	0,98	25,09	0,00	33,33	16,67	3	24,70
04/04	10:50	0,56	70,00	28,40	28,70	0,00	74,00	1,50	51,11	0,00	33,33	16,67	5	25,90
05/04	9:15	0,51	70,00	27,70	27,90	0,00	79,40	1,26	38,06	1,00	50,00	25,00	4	25,70
07/04	9:45	0,56	70,00	27,70	27,50	0,00	74,20	1,20	35,25	1,00	50,00	16,67	3	25,10
08/04	9:00	0,56	70,00	27,90	28,20	0,00	73,60	1,34	42,55	0,00	33,33	16,67	4	25,30
11/04	10:30	0,51	70,00	27,90	27,90	0,00	82,30	1,32	41,19	1,00	50,00	25,00	3	26,20

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

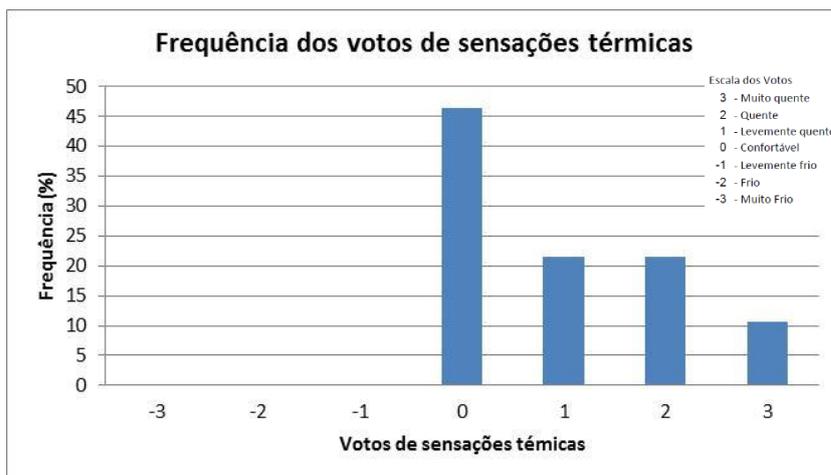
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

A maioria dos votos de sensações térmicas foi para o calor, todavia a frequência de votos de sensação de conforto térmico não foi baixa, chegando a 46,4% do total dos votos (Figura 4.18).

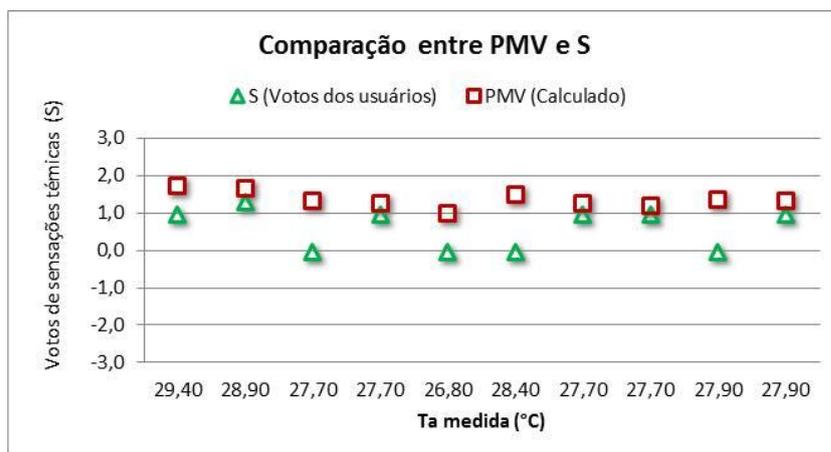
Figura 4.18 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (manhã – outono).



Assim como nas demais salas desse pavimento, não houve relatos de sensação de frio, porém o índice de insatisfeitos reais teve a menor média dentre as salas do 3º andar.

Segundo os valores de *PMV*, as condições do ambiente não proporcionaram situações de conforto térmico no período, porém os usuários da sala demonstraram tolerância às temperaturas, indicando sensação de conforto em alguns dias de coletas (Figura 4.19), sendo, neste caso, a faixa de temperatura de conforto de 26,8 a 28,4 °C.

Figura 4.19 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (manhã – outono).



Considerando todas as salas do turno da manhã, nesta etapa de outono, as faixas de temperaturas de conforto, obtidas através do método analítico da Norma e por votos diretos em questionários, foram de 23,8 a 25,4 °C e 23,9 a 28,6 °C,

respectivamente, deixando clara a aceitabilidade dos usuários às temperaturas acima do limite indicado pela Norma.

4.2 Resultados da pesquisa no turno da noite, durante os meses de março a maio (estação de outono).

As coletas de dados no turno da noite abrangeram dias dos meses de março a maio de 2016, no 1º e no 3º andares do prédio da CIAC.

A temperatura ambiente média noturna um pouco mais baixa do que a diurna sugere que as condições térmicas das salas sejam, no geral, melhores do que aquelas verificadas no turno da manhã.

Os resultados das análises térmicas dos ambientes, a seguir, permitem a verificação dessa previsão.

4.2.1 Salas do 1º andar

Em comparação com o turno da manhã, os resultados noturnos da sala 122 mostram uma melhora significativa das condições térmicas, com temperatura do ar média interna de 25,4 °C.

Verificou-se uma melhora da circulação de ar no interior da sala, proporcionando valores de *PMV* mais próximos da zona de conforto (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 – Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (noite – outono)

Sala 122		Estação: Outono											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
31/03	18:55	0,54	70,00	27,20	27,30	0,00	82,40	1,14	32,30	0,50	31,25	31,25	4	25,20
04/04	18:55	0,65	70,00	27,10	27,20	0,30	85,20	0,93	23,36	0,50	37,50	12,50	4	25,70
11/04	18:35	0,56	70,00	25,60	25,70	0,00	88,70	0,73	16,16	-1,00	43,75	25,00	3	24,60
12/04	18:40	0,61	70,00	24,40	24,80	0,00	91,90	0,50	10,12	-2,00	75,00	33,33	3	23,80
14/04	18:45	0,56	70,00	25,70	25,80	0,10	93,50	0,58	12,11	-0,50	25,00	0,00	3	25,10
04/05	18:35	0,54	70,00	25,50	25,40	0,00	82,80	0,57	11,72	-0,50	25,00	0,00	5	23,90
09/05	18:55	0,76	70,00	23,70	23,90	0,10	96,50	0,36	7,64	-1,50	60,00	0,00	1	23,50
10/05	18:30	0,74	70,00	24,20	24,30	0,10	97,20	0,41	8,47	-1,00	33,33	0,00	1	24,50

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

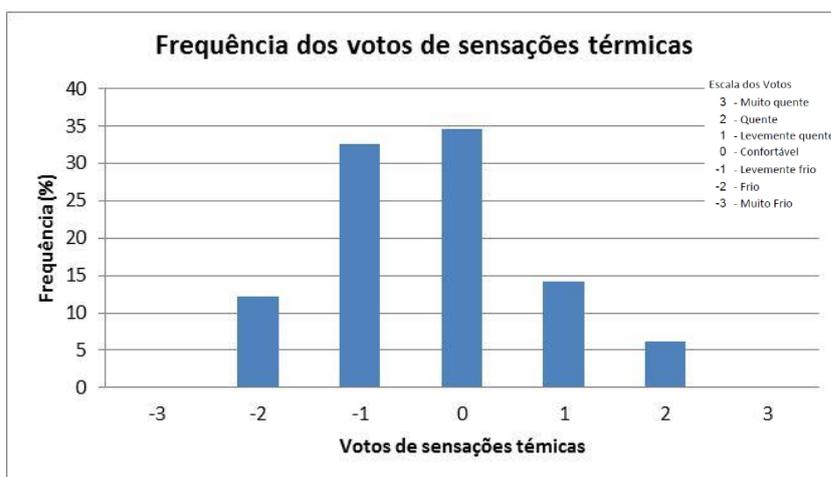
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

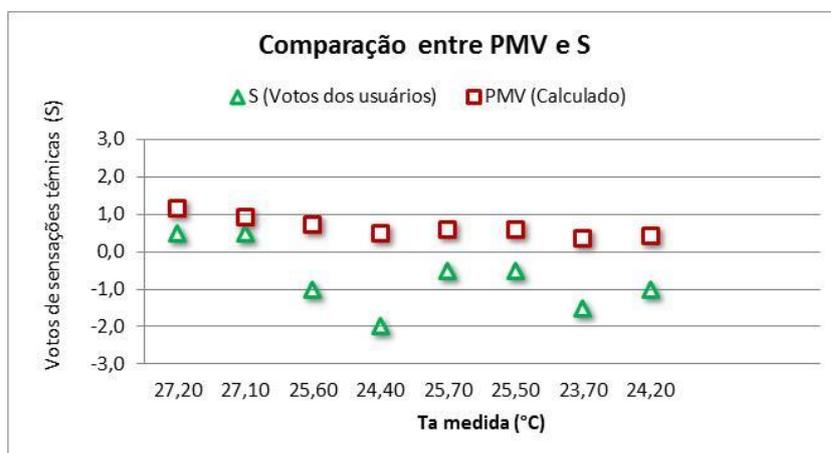
Os votos de sensações térmicas ficaram distribuídos entre os valores -2 e +2 da escala de sensações térmicas, sendo a maioria para situação de conforto (Figura 4.20). As indicações de frio foram mais frequentes do que no turno da manhã, porém os índices de insatisfeitos reais foram baixos, com *I_r* médio de 12,8 %.

Figura 4.20 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (noite – outono).



A faixa de temperatura de conforto, pelo método PMV, foi de 23,7 a 24,4 °C. Segundo os votos reais de satisfação térmica, o intervalo de conforto ficou entre 25,5 e 27,2 °C. Essa diferença entre as zonas de conforto indica que os alunos não aceitaram bem as temperaturas mais baixas, como pode ser visualizado na Figura 4.21.

Figura 4.21 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (noite – outono).



No geral a sala 122 proporcionou melhores condições de conforto térmico aos seus ocupantes no turno da noite, quando houve uma quantidade menor de insatisfeitos, tanto pelo método PMV, quanto pelos votos diretos.

Assim como na sala 122, o comportamento térmico noturno da sala 140 foi melhor do que o diurno. As temperaturas internas se mostraram mais amenas e a umidade relativa do ar esteve alta durante todo o período (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Valores resultantes das medições feitas na sala 140 da CIAC – UEPB (noite – outono)

Sala 140		Estação: Outono										Turno: Noite		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
30/03	19:20	0,58	70,00	25,60	26,10	0,00	89,10	0,82	19,05	0,00	37,50	25,00	3	24,70
31/03	19:15	0,57	70,00	26,50	26,70	0,00	84,30	0,98	25,46	0,00	21,43	21,43	4	25,00
04/04	19:45	0,58	70,00	26,30	26,70	0,00	88,20	1,01	26,53	0,00	8,33	8,33	4	25,40
07/04	20:15	0,51	70,00	26,30	26,80	0,00	80,90	0,87	20,92	0,00	8,33	8,33	4	24,60
12/04	19:20	0,71	70,00	24,10	24,20	0,00	94,20	0,53	10,95	-1,00	30,00	10,00	3	23,60
14/04	19:20	0,67	70,00	25,10	25,20	0,00	95,40	0,77	17,60	0,00	0,00	0,00	3	24,70
09/05	18:40	0,61	70,00	24,20	23,90	0,00	93,40	0,33	7,29	-1,00	50,00	0,00	1	23,60
10/05	19:30	0,58	70,00	24,60	24,70	0,00	98,50	0,50	10,24	-1,00	60,00	40,00	1	24,40

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

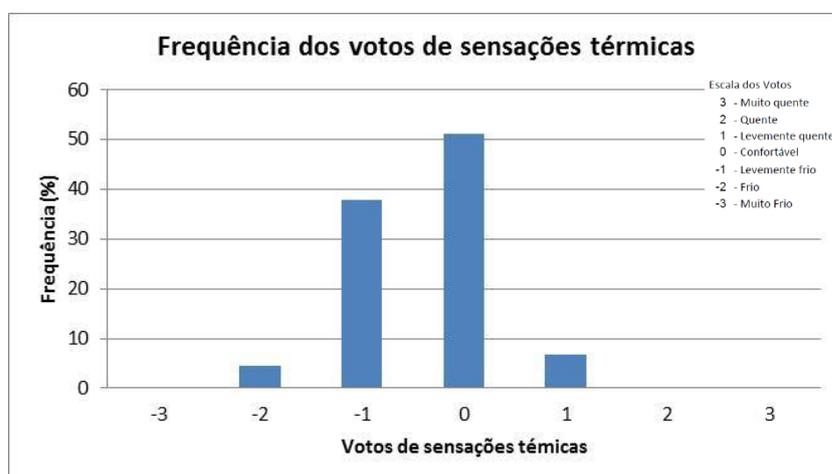
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Com maioria dos votos de sensações térmicas indicando situação de conforto e poucos votos indicando sensação de calor (Figura 4.22), os usuários do turno da noite da sala 140 demonstraram maior aceitação das condições do ambiente do que os do turno da manhã.

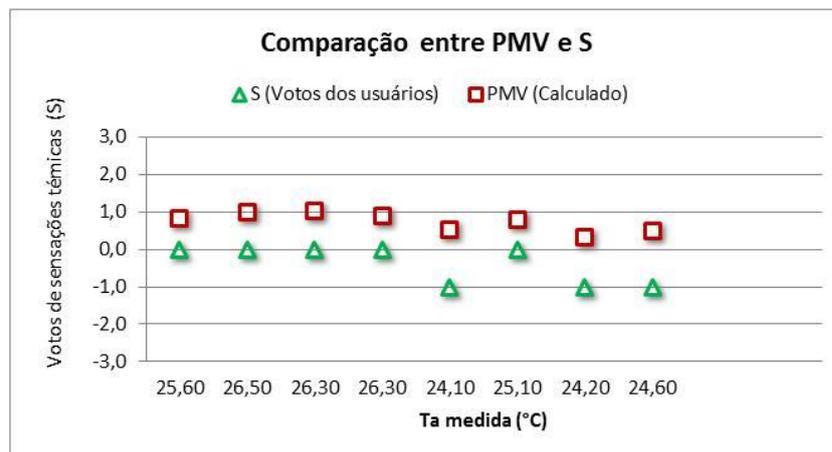
Figura 4.22 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 140 (noite – outono).



Houve uma melhora nos valores de *PMV*, cuja média, de 0,73, se aproximou mais da zona de conforto e o percentual de insatisfeitos *Ir* caiu para 14,1 % em média. Percebeu-se que o índice de insatisfação diminuiu quando as temperaturas ficaram entre 24 °C e 25 °C, exceto no último dia, no qual foi notório o alto índice de umidade relativa do ar, possivelmente responsável pelo aumento do valor de *Ir* neste dia.

As sensações térmicas relatadas ficaram mais próximas dos valores preditos pelo método da Norma (Figura 4.23), porém a maior sensibilidade pelas temperaturas mais amenas mantém a divergência entre as zonas de conforto.

Figura 4.23 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 140 (noite – outono).



As temperaturas de conforto da sala 140 ficaram dentro das faixas de 24,2 a 24,6 °C, em relação ao *PMV* e 25,1 a 26,5 °C, em relação aos resultados de *S*, com médias de 24,4 °C e 26,0 °C, respectivamente.

Os resultados da análise noturna da sala 146 mostram que os ocupantes deste ambiente têm um comportamento semelhante aos alunos do turno da manhã, no que se refere às sensações térmicas.

Diferentemente do período de outono, o principal objetivo dos alunos, ao manterem fechadas as janelas e porta da sala, foi evitar o resfriamento excessivo do ambiente, visto que as temperaturas externas, verificadas próximo à porta da sala, estiveram sempre abaixo das temperaturas internas. Como exemplo, no último dia

de coleta de dados, quando a temperatura interna do ar medida foi de 25,8 °C (Tabela 4.13), a temperatura externa medida foi de 23,4 °C.

Tabela 4.13 – Valores resultantes das medições feitas na sala 146 da CIAC – UEPB (noite – outono)

Sala 146		Estação: Outono											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
30/03	20:10	0,53	70,00	25,40	25,50	0,10	89,40	0,41	8,47	0,00	16,67	25,00	3	24,60
31/03	20:20	0,50	70,00	27,00	27,10	0,20	78,70	0,67	14,34	1,00	50,00	50,00	4	25,10
04/04	20:10	0,48	70,00	26,40	26,20	0,00	89,10	0,80	18,61	0,00	33,33	41,67	4	25,30
07/04	20:00	0,52	70,00	26,30	26,40	0,00	79,20	0,80	18,43	0,00	25,00	41,67	4	24,50
12/04	18:55	0,67	70,00	24,30	23,90	0,00	93,80	1,28	39,12	0,00	20,00	40,00	3	23,70
04/05	18:50	0,56	70,00	25,40	25,40	0,00	82,60	0,59	12,29	1,00	50,00	37,50	5	23,80
09/05	19:40	0,71	70,00	24,00	24,10	0,00	94,20	0,50	10,33	-0,50	25,00	25,00	1	23,80
10/05	18:45	0,58	70,00	25,80	25,40	0,00	91,40	0,74	16,37	0,00	37,50	25,00	1	24,90

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

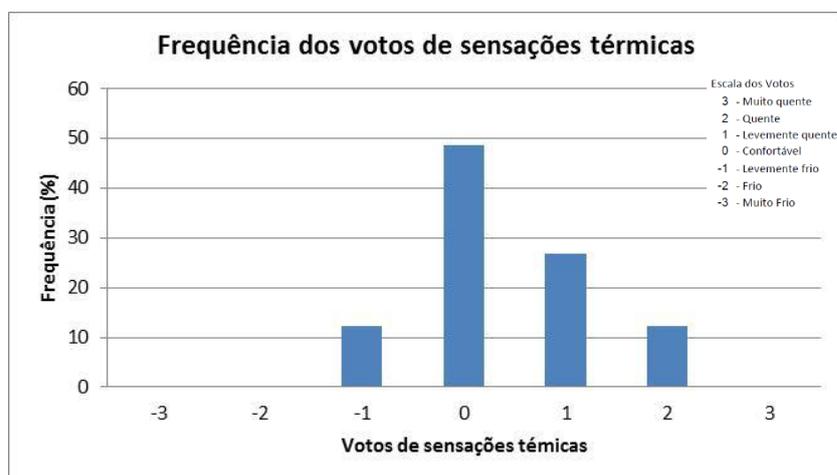
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Dessa forma, foi observado que a maioria dos votos dos alunos foi para conforto térmico e apenas 12,2 % para sensação de frio leve (Figura 4.24).

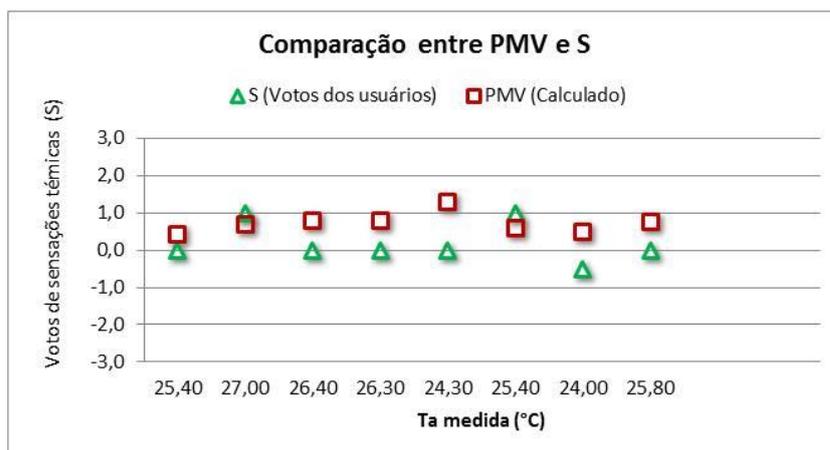
Figura 4.24 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 146 (noite – outono).



Percebeu-se que esses alunos preferiram optar por fechar janelas e porta a aumentar o isolamento por roupas, visto que a média de vestimentas foi de 0,57 clo, igual à do turno da manhã, que teve temperatura média interna 1,3 °C acima da média noturna.

Na Figura 4.25 percebe-se uma maior proximidade entre os resultados dos dois métodos, havendo, inclusive, interseção de valores. Isso mostra que, em algumas situações, o resultado previsto pela Norma coincidiu com as sensações relatadas pelos indivíduos.

Figura 4.25 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 146 (noite – outono).



Os intervalos de temperaturas de conforto, segundo os valores de *PMV* e *S*, foram de 24,0 °C a 25,4 °C e 24,0 °C a 26,4 °C respectivamente, com valores comuns aos dois, conforme observado anteriormente.

4.2.2 Salas do 3º andar

O ambiente da sala 308, no turno da noite, se mostrou tão desconfortavelmente quente quanto no turno diurno, tendo em vista os altos valores de temperaturas do ar interno e a circulação do ar quase inexistente (Tabela 4.14).

Apenas nos dias de temperaturas mais baixas a condição térmica do ambiente se aproximou da zona de conforto.

Os valores médios do *PMV*, *S* e *Ir* ficaram próximos dos mesmos valores, respectivamente, no turno da manhã, indicando que o ambiente proporcionou sensações semelhantes a seus ocupantes, independentemente do turno de trabalho.

Tabela 4.14 – Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (noite – outono)

Sala 308		Estação: Outono											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
30/03	19:50	0,55	70,00	26,80	27,30	0,00	84,70	1,11	30,99	3,00	83,33	66,67	3	25,60
31/03	19:35	0,61	70,00	28,30	28,10	0,00	74,10	1,43	47,13	1,50	50,00	75,00	4	25,70
04/04	19:30	0,51	70,00	27,90	28,10	0,00	82,10	1,35	42,66	2,00	83,33	50,00	4	26,20
07/04	20:45	0,61	70,00	27,30	27,60	0,00	78,20	1,26	38,07	1,50	75,00	25,00	4	25,20
11/04	19:25	0,58	70,00	26,40	26,40	0,00	87,50	0,96	24,42	1,33	50,00	50,00	3	25,20
12/04	18:25	0,66	70,00	24,40	24,60	0,00	92,10	0,54	11,20	0,00	0,00	0,00	3	23,90
14/04	18:25	0,61	70,00	26,10	26,30	0,00	91,80	0,98	25,31	1,00	33,33	16,67	3	25,30
04/05	19:10	0,61	70,00	26,50	26,30	0,00	80,60	0,94	23,82	1,50	75,00	25,00	5	24,40
09/05	19:10	0,57	70,00	24,00	24,20	0,00	94,70	0,29	6,69	-1,00	33,33	16,67	1	23,70
10/05	19:00	0,66	70,00	25,10	24,90	0,00	98,10	0,73	16,31	-0,50	25,00	0,00	1	24,80

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

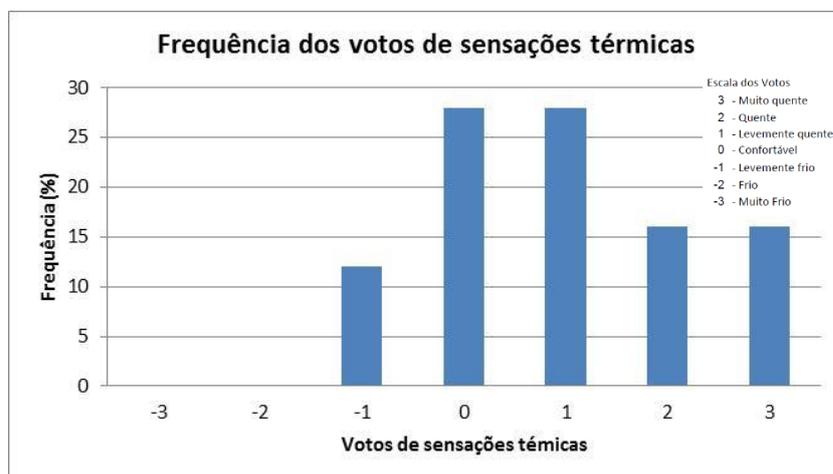
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

A frequência de votos de sensações térmicas para o conforto e para o calor se assemelhou com os resultados da mesma sala no turno da manhã, porém, no turno da noite, ocorreram votos para sensação de frio leve, justamente nos dois últimos dias, quando o tempo estava chuvoso (Figura 4.26).

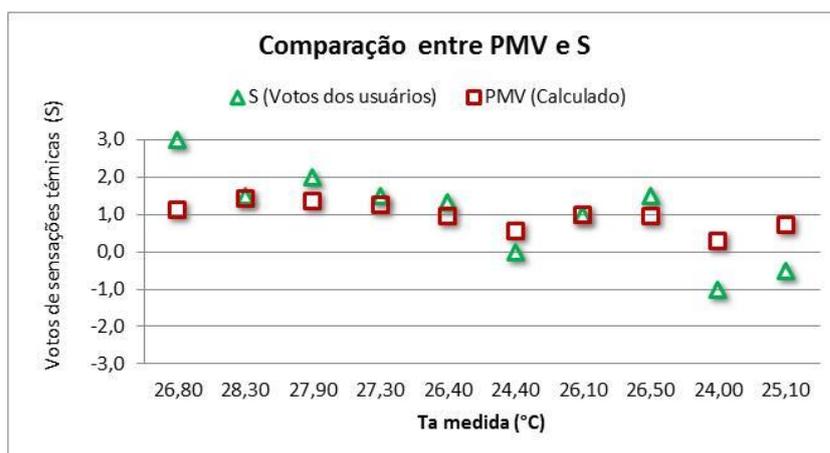
Figura 4.26 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (noite – outono).



Pelo método PMV a temperatura de conforto foi de 24,0 °C, enquanto que pelos valores de S obteve-se o intervalo de 24,4 a 25,1 °C como zona de conforto, com temperatura média de 24,7 °C.

Ocorreu proximidade de resultados entre os métodos, em alguns dias, porém os votos pessoais deixaram evidente a maior sensibilidade dos usuários às variações de temperatura interna (Figura 4.27).

Figura 4.27 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (noite – outono).



Comparando-se os resultados da sala 317, no turno da noite, com os resultados obtidos no turno da manhã, percebe-se que, no período noturno, a temperatura média do ar foi mais baixa, assim como o valor médio de *PMV*, porém os valores de *S* e *Ir* (Tabela 4.15) sugerem que os usuários da sala 317, no período noturno, são bem mais sensíveis e intolerantes ao calor do que aqueles que ali trabalham, no turno da manhã.

Tabela 4.15 – Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (noite – outono)

Sala 317		Estação: Outono											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
30/03	19:35	0,48	70,00	26,20	26,30	0,00	85,30	0,75	16,90	2,00	100,00	100,00	3	25,50
31/03	19:50	0,48	70,00	28,00	28,40	0,00	75,40	1,33	42,00	2,00	100,00	100,00	4	25,60
04/04	19:15	0,45	70,00	27,50	27,60	0,00	83,50	1,14	32,35	2,00	100,00	75,00	4	25,90
07/04	20:30	0,48	70,00	27,60	27,70	0,00	77,10	1,16	33,43	2,00	100,00	100,00	4	25,80
11/04	19:05	0,40	70,00	27,70	28,20	0,00	82,00	1,21	35,69	2,50	100,00	50,00	3	26,20
12/04	18:10	0,50	70,00	24,80	24,90	0,00	90,00	0,35	7,61	1,50	75,00	25,00	3	24,20
14/04	18:25	0,48	70,00	26,60	26,80	0,00	88,70	0,93	23,28	2,00	100,00	100,00	3	25,60
04/05	19:25	0,45	70,00	26,90	27,10	0,00	79,80	0,92	23,06	2,00	100,00	75,00	5	24,80
09/05	19:25	0,53	70,00	24,60	24,60	0,00	94,00	0,36	7,75	0,50	25,00	0,00	1	23,80
10/05	19:15	0,50	70,00	24,90	25,00	0,00	96,70	0,43	8,93	1,00	50,00	50,00	1	24,50

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

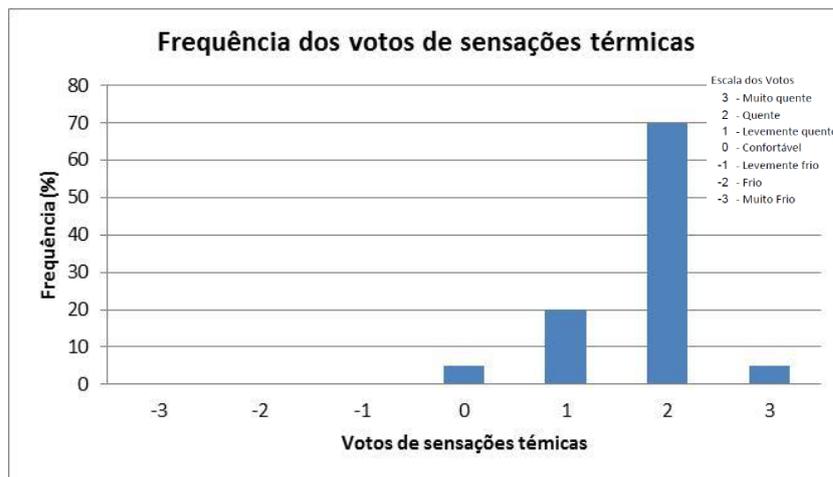
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

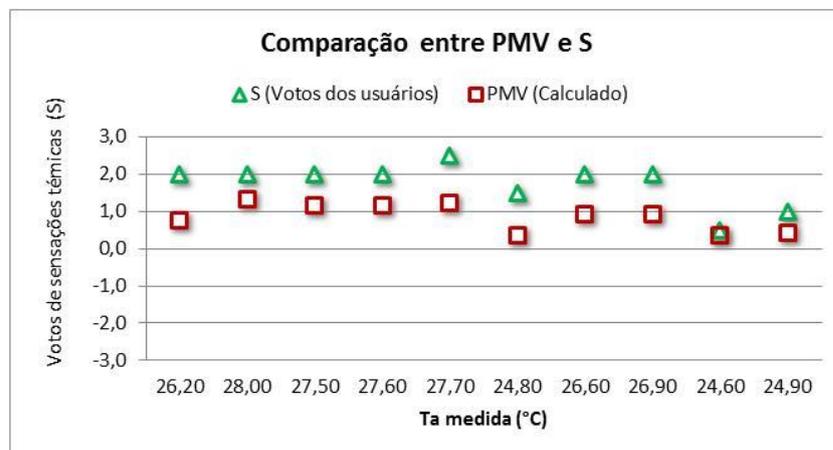
A frequência dos votos de sensações térmicas, que se observa na Figura 4.28, reitera a observação anterior. 70 % das respostas dos pesquisados foram para sensação de calor, não havendo, mesmo no período noturno, nenhum voto para as sensações de frio.

Figura 4.28 – Gráfico da frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (noite – outono).



O ambiente de trabalho da sala 317 proporcionou situação de desconforto para o calor em quase todo o período noturno da pesquisa, tanto pelos resultados de *PMV* quanto pelos votos diretos (Figura 4.29).

Figura 4.29 – Gráfico da comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (noite – outono).



Embora as temperaturas de conforto térmico tenham ficado entre 24,6 °C e 24,9 °C, segundo os valores de *PMV*, os usuários do período noturno da sala 317 mostraram, através dos valores de *S*, que só experimentaram sensação de conforto térmico em um único dia do período de coletas de dados, com temperatura do ar de 24,6 °C.

4.3 Discussão sobre os resultados do período de outono.

Em termos gerais as salas da CIAC ofereceram melhores condições de conforto térmico aos seus ocupantes durante o período noturno, para a estação de outono. As exceções foram para as salas 146 e 317, onde alunos e funcionários do turno da noite mostraram maior grau de insatisfação com as condições térmicas do ambiente, tendo em vista os valores médios de *I_r*. Isto foi observado mesmo com médias de temperaturas, *PMV* e *PPD* mais baixas no turno da noite do que no turno da manhã, o que implica que esses indivíduos tiveram baixa tolerância com as condições ambientais dessas salas.

Foi observado que as variáveis que mais tiveram influência sobre as sensações térmicas dos usuários foram as temperaturas e a velocidade do vento.

As temperaturas do ar e de globo tiveram influência direta na variação dos votos de sensações térmicas, pois sempre que as temperaturas diminuíram, os votos de sensações variaram no sentido de calor para frio.

Na região dessa pesquisa e para essa estação do ano, a ventilação ajuda a manter a temperatura do ambiente em um nível mais agradável. Logo foi verificado que as médias de *S* foram mais baixas nos ambientes onde se registraram, ao longo dos dias da pesquisa, velocidades de ventos perceptíveis, acima de 0,1 m/s.

O estudo realizado por Batiz et al. (2009) comprova a importância de serem mantidas temperaturas ambientes dentro da faixa de conforto para preservação da atenção e da concentração dos estudantes em salas de aula. Portanto, pode-se aferir que a ventilação também é um importante fator de contribuição do aumento ou da diminuição do conforto térmico nos ambientes.

Este fato pôde ser comprovado neste estudo tanto por meio dos resultados obtidos para as salas 140 e 146 (situadas no lado leste), onde, por vezes, os usuários fechavam as janelas para reduzir a incidência de ventilação no ambiente e,

consequentemente, garantir o conforto térmico, quanto pelos resultados obtidos nas salas 308, 309 e 317 (localizadas no lado oeste) onde a incidência de ventilação era muito baixa ocasionando desconforto térmico para o calor.

A baixa ventilação verificada na pesquisa de Fernandes et al. (2010) também gerou insatisfação devido ao calor, que foi confirmado pelo valor médio de PMV de +1,8 e índice de insatisfação médio de 67,6 %.

Não houve relato de incômodo por parte dos pesquisados pelas variações de umidade relativa do ar, exceto na última noite, na sala 140 (Tabela 4.12), onde o índice de insatisfeitos foi o mais alto do período de pesquisa, para o valor de *UR* também mais alto, mesmo que a temperatura, na ocasião, tenha ficado dentro da faixa de conforto.

A variável *Roupas* pode ser considerada como variável adaptativa, visto que seu valor depende das condições ambientais, pois a não padronização das vestimentas possibilita que as pessoas possam usar mais ou menos roupas, de acordo com a temperatura ambiente.

A taxa metabólica, neste trabalho, teve comportamento não de variável, mas de constante, uma vez que todos os pesquisados desempenhavam a mesma atividade (sedentária), sob o ponto de vista das Normas seguidas.

Analisando-se as zonas de conforto obtidas, pelo método da Norma ISO 7730 e pela sensação individual relatada nos questionários, percebe-se que os usuários das salas, de uma forma geral, toleraram uma zona mais ampla do que a prevista pela Norma.

A faixa de temperatura do ar que, em conjunto com as demais variáveis de influência, proporcionou sensação de conforto térmico, segundo o método PMV, da Norma ISO 7730, foi de 23,8 a 25,4 °C no período matinal e de 23,7 a 25,4 °C no período noturno.

Os votos dos usuários relataram sensação de conforto térmico quando a temperatura do ar do ambiente estava no intervalo de 23,9 a 28,6 °C durante o dia e de 24,0 a 27,2 °C durante a noite.

Essas zonas de conforto se assemelham à encontrada por Araújo (1996), para a região da cidade de Natal, também no Nordeste brasileiro, que foi de 25,1 a 28,1 °C. Porém diferem da zona de conforto determinada por Xavier (1999), para uma região de clima subtropical, no Sul do Brasil, a qual foi de 20,0 a 26,0 °C.

Wong e Khoo (2003) obtiveram, em Singapura, uma faixa de temperatura aceitável de 27,1 a 29,3 °C, enquanto que Pereira et al. (2014) determinaram que a temperatura máxima aceitável nas salas de aula pesquisadas, em Portugal, durante o período de sua pesquisa (do final de abril até meados de maio de 2013), foi de 25,2 °C.

Esses resultados evidenciam o fato de que há uma adaptabilidade das pessoas ao clima do local em que vivem.

A gama maior de temperaturas de conforto observada nos votos pessoais, em relação àquela relativa ao método do PMV, mostrando que as pessoas têm mais tolerância com temperaturas mais altas, reforça os estudos do princípio adaptativo, como o de Nicol e Humphreys (2002), que coloca a zona de conforto dependente do clima da região estudada.

Os limites de tolerância para exposição ao calor nos ambientes investigados foram respeitados, segundo a NR 15 (BRASIL, 2015), citada no primeiro capítulo deste trabalho. Esta Norma estabelece que o limite máximo do IBUTG no local onde se desenvolve atividade leve, contínua ou com período de descanso, deve ser de 30,0 °C, porém o valor máximo de IBUTG, verificado nas salas pesquisadas, nesse período de outono, foi de 26,3 °C.

4.4 Resultados da pesquisa no turno da manhã, durante os meses de junho e julho (estação de inverno).

Todo o processo de coletas de dados de campo foi repetido, com as mesmas turmas de alunos e nos mesmos ambientes administrativos, para se fazer um paralelo entre os resultados obtidos durante o outono e durante o inverno.

Por ter havido mudança de período letivo, no meio do ano, a maioria das turmas foi relocada nas salas imediatamente vizinhas às que estavam ocupando no primeiro semestre do ano, mas com características semelhantes em relação à localização no pavimento. Nesta fase da pesquisa, preferiu-se manter os mesmos indivíduos entrevistados na estação do outono para se entender melhor as diferenças entre as sensações térmicas, quando das mudanças das variáveis ambientais de uma estação para outra, uma vez que, apesar da troca de sala, não houve mudança na localização em relação ao setor do pavimento (nordeste,

sudoeste, leste interno...) e esta pesquisa busca obter resultados por setor e não por sala isolada.

4.4.1 Salas do 1º andar

A turma do curso de História, que ocupava a sala 122, agora ocupa a sala 121, que tem a mesma localização noroeste, ao lado da anterior.

Nos resultados, percebe-se que houve melhora na ventilação da sala e a umidade relativa do ar média ficou abaixo de 72 %, visto que não foi registrada ocorrência de chuvas, no período (Tabela 4.16). As temperaturas foram bem mais amenas, sendo, em média, 2,1 °C abaixo da média das temperaturas no outono.

Tabela 4.16 – Valores resultantes das medições feitas na sala 121 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 121		Estação: Inverno										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	8:30	0,44	70,00	24,10	24,30	0,10	74,20	-0,29	6,77	0,00	7,14	7,14	4	22,10
21/07	10:15	0,42	70,00	25,20	24,80	0,10	68,30	-0,14	5,40	0,00	20,00	20,00	4	21,80
22/07	8:35	0,45	70,00	23,50	23,70	0,00	74,50	-0,26	6,40	0,00	25,00	0,00	4	21,30
25/07	11:40	0,45	70,00	25,60	25,90	0,10	62,60	0,18	5,68	1,00	30,00	20,00	4	22,10
26/07	10:35	0,43	70,00	25,30	25,40	0,10	60,50	-0,03	5,02	1,00	25,00	25,00	5	21,80
29/07	10:25	0,48	70,00	24,50	24,70	0,00	71,20	0,11	5,24	-0,50	25,00	0,00	4	21,40
01/08	8:45	0,56	70,00	22,60	23,00	0,30	76,30	-0,81	18,90	-2,00	87,50	25,00	4	20,60
02/08	11:25	0,56	70,00	23,80	24,10	0,10	80,90	-0,07	5,09	-1,00	28,57	14,29	4	22,20
03/08	8:30	0,63	70,00	23,40	23,90	0,10	79,10	-0,02	5,01	0,00	0,00	0,00	4	21,80
08/08	11:20	0,44	70,00	26,00	26,30	0,00	66,70	0,53	10,87	1,00	30,00	30,00	4	22,80

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

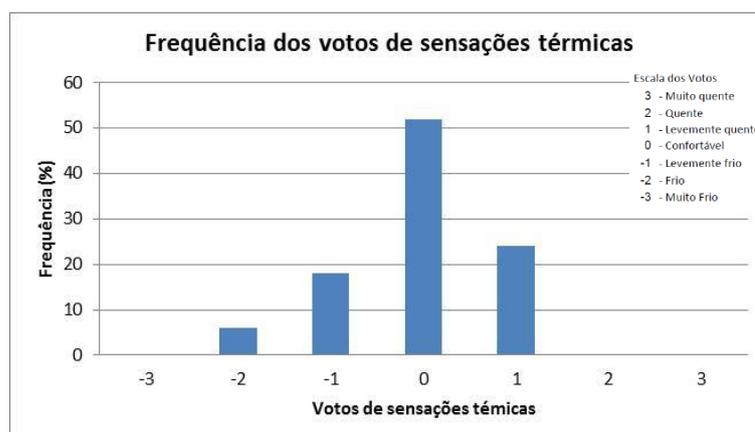
IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Na maioria dos dias da pesquisa os votos de sensações térmicas ficaram concentrados no intervalo de -1 a +1, com 52 % para sensação de conforto térmico (Figura 4.30). Apenas no dia de temperatura mais baixa os votos foram para sensação de frio (-2 na escala de sensações).

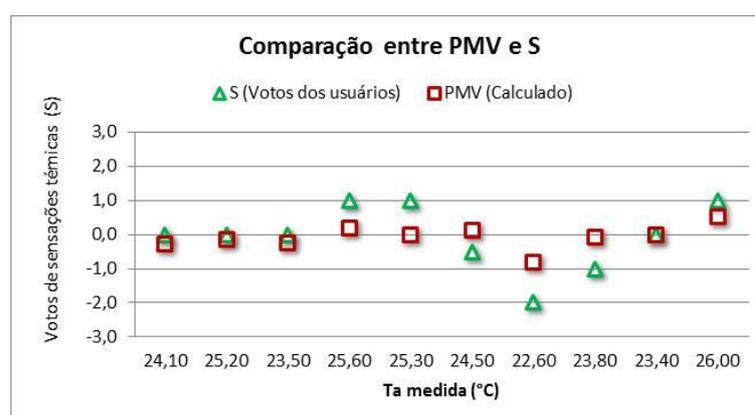
Essa condição térmica da sala 121 foi mais aceitável, do ponto de vista dos pesquisados, resultando em índice de insatisfeitos *Ir* abaixo de 15 %, em média.

Figura 4.30 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 121 (manhã – inverno).



As temperaturas registradas giraram em torno de uma média de 24,4 °C, com desvio padrão de 1,1 °C, proporcionando sensações de conforto térmico na maioria dos dias de pesquisa, segundo o método PMV (Figura 4.31).

Figura 4.31 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 121 (manhã – inverno).



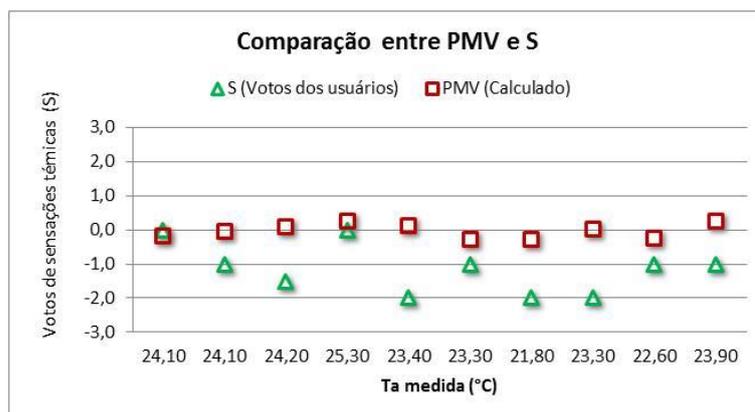
As faixas de temperaturas de conforto, verificadas através dos resultados de *PMV* e *S*, foram de 23,4 a 25,6 °C e de 23,4 a 25,2 °C respectivamente.

A coincidência entre as zonas de conforto pode indicar que os pesquisados já estavam aclimatados com as temperaturas médias de inverno, uma vez que, de acordo com os votos diretos, a faixa de conforto de inverno abrangeu temperaturas mais baixas do que no período de outono.

Os níveis de ventilação da sala 141 (que abriga a mesma turma que ocupava a sala 140), por sua localização do lado leste, foram melhores do que os verificados na sala 121.

Os valores de *S* indicaram um ambiente desconfortavelmente frio na maior parte do tempo, entretanto, pelo método *PMV*, as condições ambientais da sala 141 ofereceram situação de conforto térmico a seus ocupantes durante todo o período (Figura 4.33).

Figura 4.33 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 141 (manhã – inverno).



Para esta sala, as faixas de temperatura de conforto, segundo os valores de *PMV* e *S*, foram de 21,8 a 25,3 °C e de 24,1 a 25,3 °C respectivamente.

A zona de conforto por votos diretos é semelhante àquela encontrada para a sala 121, indicando que há uma tendência a uma faixa preferencial de temperaturas, por parte dos indivíduos pesquisados.

Os alunos da sala 146 passaram a ocupar a sala vizinha 147, nesse segundo semestre letivo do ano da pesquisa.

O comportamento térmico de inverno da sala 147 foi muito semelhante ao da sala 141, com temperaturas internas abaixo de 26 °C, velocidades de ventos relevantes, com média de 0,14 m/s e valor médio de *Ir* de 18,2 % (Tabela 4.18).

Os votos de sensações térmicas indicaram um ambiente predominantemente frio, durante o período de coleta de dados.

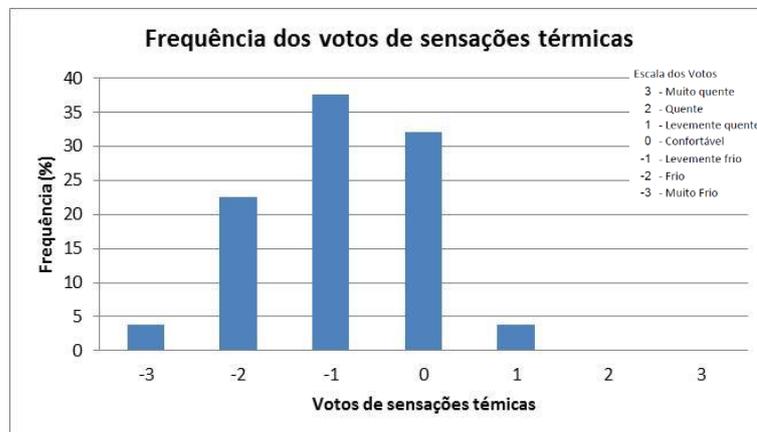
Tabela 4.18 – Valores resultantes das medições feitas na sala 147 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 147		Estação: Inverno										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	9:00	0,61	70,00	24,30	24,70	0,10	75,80	0,17	5,61	-0,50	40,00	10,00	4	22,30
21/07	10:45	0,60	70,00	24,60	24,10	0,00	68,80	0,23	6,12	0,00	20,00	10,00	4	21,40
25/07	12:10	0,50	70,00	25,30	26,00	0,20	64,40	0,10	5,22	0,00	0,00	16,67	4	22,10
26/07	8:35	0,54	70,00	23,40	23,60	0,10	69,90	-0,34	7,37	-1,00	50,00	0,00	4	20,70
27/07	9:00	0,72	70,00	22,30	22,90	0,40	76,30	-0,55	11,22	-2,00	83,33	33,33	4	20,40
29/07	10:10	0,71	70,00	22,70	22,80	0,30	76,60	-0,46	9,47	-2,00	91,67	33,33	4	20,60
01/08	10:00	0,55	70,00	23,40	23,40	0,10	70,50	-0,35	7,55	-1,00	50,00	0,00	4	20,80
02/08	8:55	0,73	70,00	22,20	22,40	0,10	88,80	-0,17	5,61	-2,00	78,57	28,57	4	21,20
08/08	10:20	0,56	70,00	25,00	25,30	0,10	67,50	0,21	5,94	0,00	0,00	25,00	4	22,10
09/08	11:00	0,52	70,00	25,50	25,30	0,00	65,80	0,39	8,24	0,50	25,00	25,00	4	22,20

Roupas: vestimentas (clo) Ta: Temperatura do ar (°C) Vv: Velocidade do vento (m/s) S: Sensação térmica real
 Ativ.: Taxa metabólica (W/m²) Tg: Temperatura de globo (°C) UR: Umidade relativa do ar (%) I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"
 IBUTG interno (°C) Ir: Índice de insatisfeitos real

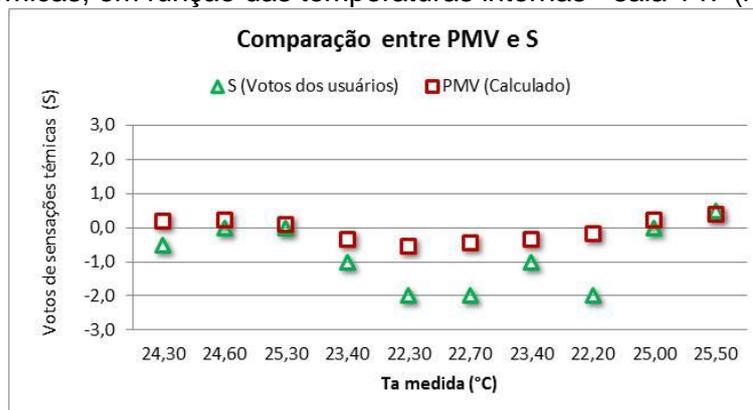
Na Figura 4.34 percebe-se que a maioria dos votos foi para as sensações de frio, porém com uma frequência um pouco maior para sensação de conforto, ficando em 32,1 % contra 25,5 % da sala 141, ambas localizadas no setor leste da edificação.

Figura 4.34 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 147 (manhã – inverno).



O comportamento dos valores de *PMV* indicou uma condição térmica do ambiente variando de confortavelmente quente a levemente frio (Figura 4.35). Entretanto o comportamento de *S* indicou variação de sensações de conforto a frio, fortalecendo a teoria da maior sensibilidade dos participantes dessa pesquisa às temperaturas mais baixas.

Figura 4.35 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 147 (manhã – inverno).



Então os intervalos de temperaturas de conforto verificadas foram bem próximos aos da sala 141. Pelos valores de *PMV* obteve-se o intervalo de conforto de 22,2 a 25,5 °C e pelos valores de *S* o intervalo foi de 24,3 a 25,5 °C, reiterando a observação da faixa de temperaturas preferidas dos alunos do turno da noite.

4.4.2 Salas do 2º andar

A sala 207 abrigou a mesma turma que estava na sala 204, durante o segundo semestre letivo, e também se localiza do lado oeste da edificação.

Os alunos da sala 207 relataram oralmente que estavam se utilizando da estratégia de manter as janelas fechadas para que o ambiente não sofresse a ação da ventilação, diminuindo a temperatura interna. Com isso as temperaturas registradas ficaram um pouco acima das temperaturas das salas do 1º andar, com média de 24,5 °C (Tabela 4.19).

Contudo a sensibilidade dos alunos por temperaturas mais baixas foi mantida, o que gerou o índice de insatisfação térmica médio mais alto, de 32,8 %, do turno da manhã, no período de inverno, segundo os votos diretos.

Tabela 4.19 – Valores resultantes das medições feitas na sala 207 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 207		Estação: Inverno											Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	9:15	0,56	70,00	25,10	25,20	0,00	70,50	0,43	8,79	-0,50	25,00	25,00	4	22,80
21/07	9:15	0,59	70,00	24,60	24,10	0,00	70,90	0,23	6,09	-2,00	62,50	50,00	4	21,70
25/07	11:10	0,66	70,00	25,50	25,30	0,00	64,60	0,61	12,78	0,00	25,00	12,50	4	22,00
26/07	10:20	0,59	70,00	25,40	25,30	0,00	62,20	0,48	9,71	0,00	12,50	12,50	5	21,40
29/07	8:40	0,65	70,00	23,10	22,80	0,00	80,40	-0,01	5,00	-2,00	87,50	62,50	4	21,30
01/08	10:15	0,63	70,00	24,60	24,50	0,00	72,80	0,38	7,97	0,00	37,50	25,00	4	22,00
02/08	10:55	0,64	70,00	23,70	23,80	0,10	84,70	0,05	5,05	-1,00	62,50	50,00	4	22,30
03/08	9:20	0,61	70,00	24,20	24,10	0,10	72,20	0,01	5,00	-0,50	25,00	25,00	4	21,70

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

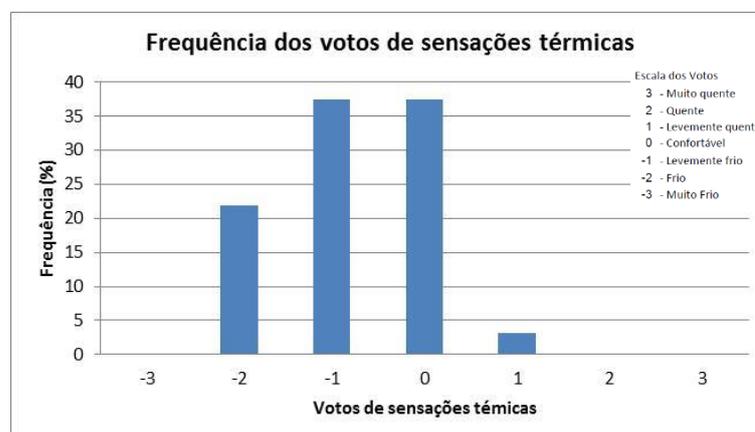
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

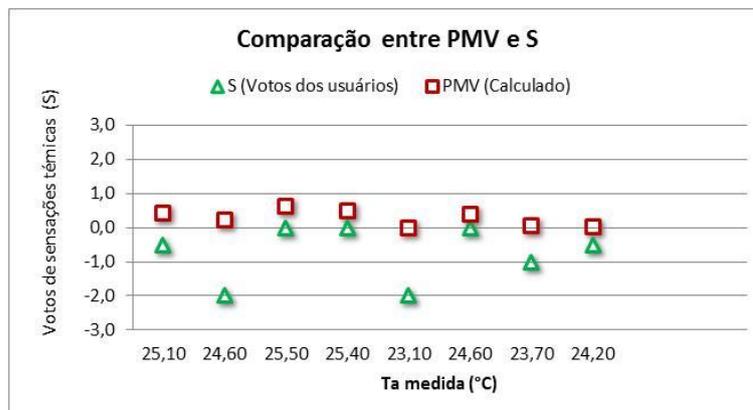
A maioria dos votos de sensações térmicas foi para sensações de desconforto por frio ou frio leve (Figura 4.36), mostrando que, mesmo mantendo a sala fechada, os usuários não conseguiram deixar o ambiente tão confortável quanto se pretendia, pois apenas 37,5 % dos votos totais foram para a sensação de conforto térmico.

Figura 4.36 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 207 (manhã – inverno).



Com isso, os valores de S mostraram que só houve sensação de conforto térmico dentro da faixa de temperaturas de 24,2 a 25,5 °C, sendo um intervalo menor do que o obtido através dos valores de PMV, que indicou um ambiente dentro da zona de conforto em quase todos os dias dessa etapa da pesquisa (Figura 4.37), com faixa de temperatura de 23,1 a 25,4 °C.

Figura 4.37 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 207 (manhã – inverno).



Apesar da sala 207 estar do lado oeste da edificação, seus resultados se assemelharam aos da sala 147, que fica do lado leste. Isso indica que as temperaturas médias de inverno aproximaram as condições térmicas das salas de aula, independentemente de suas localizações no prédio.

A sala 215 tem localização adjacente à sala 214, na parte central e do lado oeste da edificação, e demonstrou ter a mesma deficiência de ventilação relatada nos resultados da sala vizinha. Mesmo com as janelas abertas a ventilação do ambiente, nos momentos das coletas, foi praticamente nula (Tabela 4.20).

Contudo as temperaturas internas registradas seguiram a mesma tendência das demais salas do lado oeste, com média de 24,8 °C para o período, ocorrendo o mesmo para as variáveis *Tg* e *UR*.

Tabela 4.20 – Valores resultantes das medições feitas na sala 215 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 215		Estação: Inverno										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	10:20	0,51	70,00	25,90	26,10	0,00	70,70	0,61	12,75	-1,00	41,67	25,00	4	23,20
21/07	9:00	0,57	70,00	24,40	24,30	0,00	73,20	0,22	5,98	-1,00	50,00	33,33	4	22,80
22/07	8:50	0,59	70,00	24,70	24,80	0,00	69,40	0,35	7,52	-1,00	75,00	41,67	4	21,80
25/07	10:55	0,52	70,00	25,10	25,40	0,00	65,20	0,36	7,63	-1,00	41,67	16,67	4	21,80
26/07	10:05	0,54	70,00	24,70	24,80	0,00	62,10	0,21	5,91	-1,00	33,33	41,67	5	21,10
01/08	10:30	0,64	70,00	24,60	24,40	0,00	69,60	0,36	7,64	-1,00	50,00	33,33	4	21,70
02/08	11:10	0,66	70,00	24,40	24,20	0,00	82,00	0,42	8,60	-1,00	37,50	12,50	4	22,80
03/08	9:50	0,57	70,00	24,60	24,70	0,00	72,50	0,30	6,93	-1,00	30,00	10,00	4	21,90

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

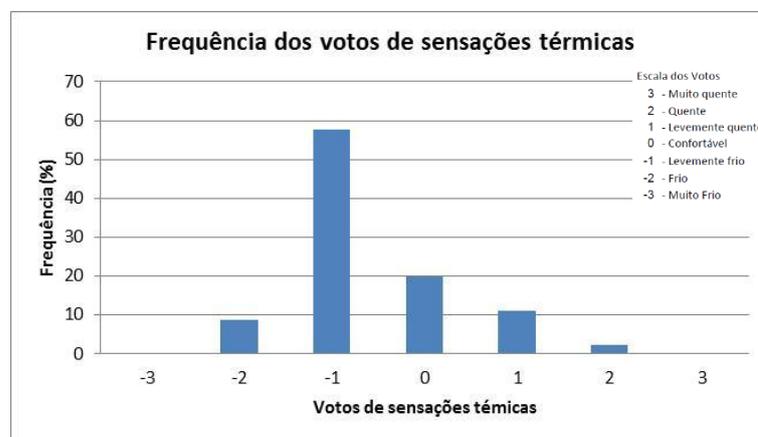
IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Verifica-se, então, que existe uma renovação do ar do ambiente, mesmo com velocidades dos ventos internos praticamente nulas, visto que as médias das variáveis medidas na sala ficaram próximas de outras salas com níveis de ventilação mais relevantes.

Do ponto de vista da percepção dos usuários da sala, as condições térmicas do ambiente proporcionaram desconforto por frio leve, com a grande maioria dos votos indicando essa sensação (Figura 4.38).

Figura 4.38 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 215 (manhã – inverno).

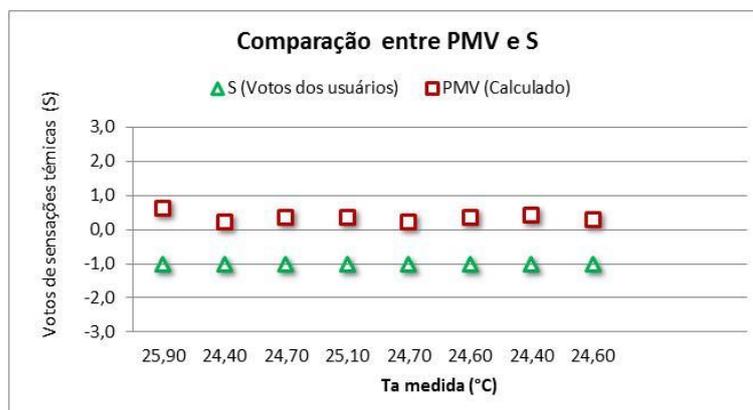


Os pesquisados da sala 215 relataram em questionário que sentiram sensação de frio leve na maior parte do tempo, resultando em 57,8 % dos votos para esta opção (Figura 4.38). As sensações de conforto térmico foram registradas em apenas 20 % dos votos, confirmando que o ambiente esteve predominantemente desconfortável na maior parte do tempo.

Os valores de *S* obtidos a partir da frequência dos votos de sensações térmicas indicaram um ambiente constantemente desconfortável para o frio, conforme Figura 4.39. Apesar disso o método analítico previu um ambiente confortável termicamente durante quase todo o período.

Com os valores de *S* sempre indicando desconforto térmico, não foi registrada faixa de temperatura de conforto por sensações reais. Entretanto, com exceção do primeiro dia, todos os valores de *PMV* ficaram dentro da zona de conforto térmico, cujas temperaturas variaram de 24,4 a 25,1 °C.

Figura 4.39 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 215 (manhã – inverno).



A ausência de relatos de situações de conforto indicou que os alunos da sala 215 mantiveram a reduzida tolerância por temperaturas abaixo de 25 °C, como havia sido verificado na estação de outono.

A sala 236, como a 235, localiza-se no extremo leste do pavimento, apresentando bons níveis de ventilação.

Observou-se, nesta sala, baixos índices de insatisfação com as condições térmicas do ambiente (Tabela 4.21), com a média dos valores de *I_r*, de 7,1 %, mais baixa do turno da manhã. Este fato já se observara durante o período de outono, quando a temperatura média interna da sala já se mostrava abaixo das demais salas pesquisadas.

Tabela 4.21 – Valores resultantes das medições feitas na sala 236 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 236		Estação: Inverno										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
25/07	10:40	0,54	70,00	25,30	26,00	0,30	61,20	0,05	5,06	-1,00	33,33	0,00	4	21,70
26/07	9:05	0,63	70,00	24,20	24,60	0,10	64,60	0,10	5,22	-1,00	41,67	0,00	5	21,10
29/07	9:00	0,71	70,00	21,90	22,20	0,00	85,10	-0,12	5,28	-2,00	100,00	40,00	4	20,80
01/08	10:45	0,56	70,00	23,60	24,00	0,30	68,90	-0,51	10,43	-0,50	25,00	8,33	4	20,90
02/08	10:40	0,58	70,00	24,50	24,50	0,00	84,60	0,36	7,68	-1,00	50,00	0,00	4	22,90
03/08	9:35	0,52	70,00	24,10	24,10	0,00	71,00	0,03	5,02	0,00	16,67	0,00	4	21,80
08/08	10:40	0,53	70,00	24,50	24,60	0,30	70,70	-0,34	7,42	0,00	20,00	0,00	4	21,80
09/08	10:20	0,52	70,00	26,70	26,20	0,20	62,30	0,49	10,02	0,00	25,00	8,33	4	22,70

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

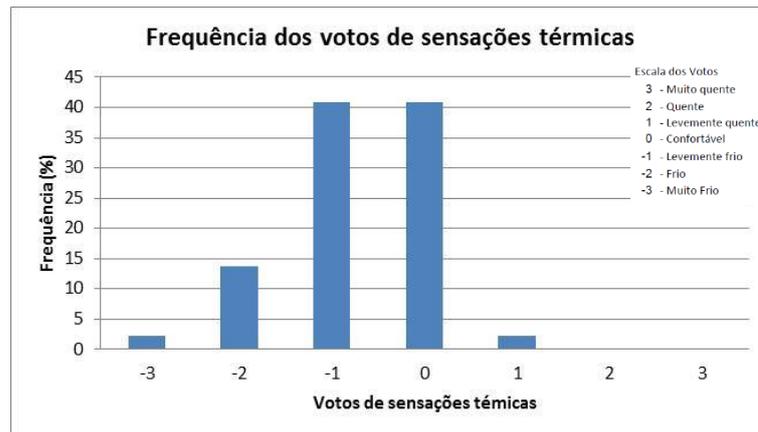
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

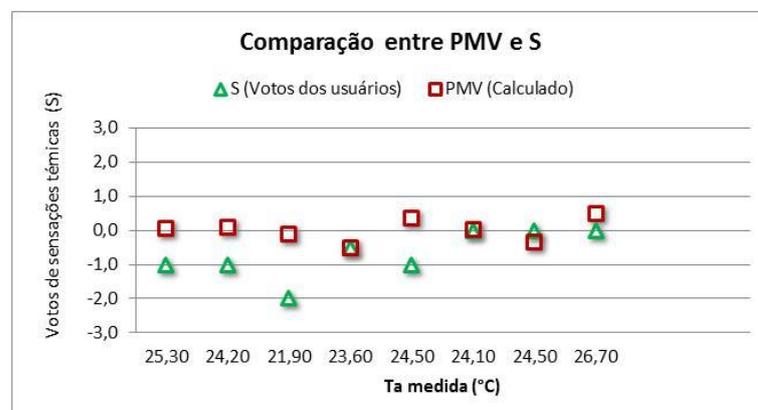
A média dos valores de isolamento por roupas foi igual à da sala 215, de 0,57 clo. Porém, conforme a frequência de votos (Figura 4.40), os alunos da sala 236 indicaram mais sensações de conforto, chegando a 40,9 % dos votos totais, indicando uma tolerância maior a essa faixa de temperaturas registrada.

Figura 4.40 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 236 (manhã – inverno).



A média das temperaturas externas, medidas próximo à porta da sala, foi de 23,9 °C e a ventilação da sala teve desempenho suficiente para manter a constante renovação do ar interno. Essas variáveis ajudaram a proporcionar um ambiente com condições térmicas favoráveis ao frio, na primeira metade dos dias de coletas, atingindo níveis de conforto térmico nos dias finais, segundo os valores de S (Figura 4.41).

Figura 4.41 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 236 (manhã – inverno).



O comportamento dos valores de *PMV*, ao longo dessa fase de coleta de dados, implicou em uma zona de conforto de 21,9 a 26,7 °C e o comportamento dos valores de *S*, com maior amplitude nos primeiros dias da pesquisa, resultou numa zona de conforto de 23,6 a 26,7 °C.

Assim, percebe-se que, mesmo com a frequente sensação de frio, os alunos demonstraram um bom nível de satisfação com as condições térmicas do ambiente, durante o período das coletas de dados.

4.4.3 Salas do 3º andar

A sala 308 havia apresentado os piores resultados para situação de calor, durante o período das manhãs de outono, porém, na estação de inverno o cenário melhorou consideravelmente, com as temperaturas internas girando em torno de uma média de 24,2 °C.

Embora a ventilação da sala tenha continuado inexpressiva, os resultados de *PMV* e *S* (Tabela 4.22) indicaram um ambiente agradável nesta estação.

Tabela 4.22 – Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 308		Estação: Inverno											Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	9:45	0,54	70,00	25,20	25,30	0,00	72,80	0,44	9,04	1,00	50,00	83,33	4	22,70
21/07	9:45	0,54	70,00	24,90	25,00	0,00	70,60	0,33	7,28	0,00	16,67	16,67	4	22,20
22/07	10:10	0,54	70,00	24,00	24,20	0,00	67,70	0,05	5,05	0,00	16,67	0,00	4	21,10
25/07	11:25	0,52	70,00	25,30	25,40	0,00	64,30	0,37	7,83	0,50	25,00	25,00	4	21,90
26/07	9:50	0,56	70,00	24,60	24,60	0,00	61,40	0,19	5,79	0,00	33,33	0,00	5	20,90
27/07	9:30	0,58	70,00	23,60	23,80	0,00	73,10	0,04	5,03	-0,50	25,00	0,00	4	21,20
29/07	9:30	0,53	70,00	23,30	23,40	0,00	77,40	-0,14	5,43	-1,00	50,00	0,00	4	21,40
01/08	9:00	0,54	70,00	23,20	23,40	0,00	73,50	-0,16	5,55	-1,00	37,50	0,00	4	20,90
02/08	9:45	0,60	70,00	23,60	23,10	0,00	83,20	0,03	5,02	0,00	16,67	0,00	4	22,10
03/08	10:20	0,55	70,00	24,40	24,60	0,00	70,50	0,21	5,92	0,00	0,00	0,00	4	21,70

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

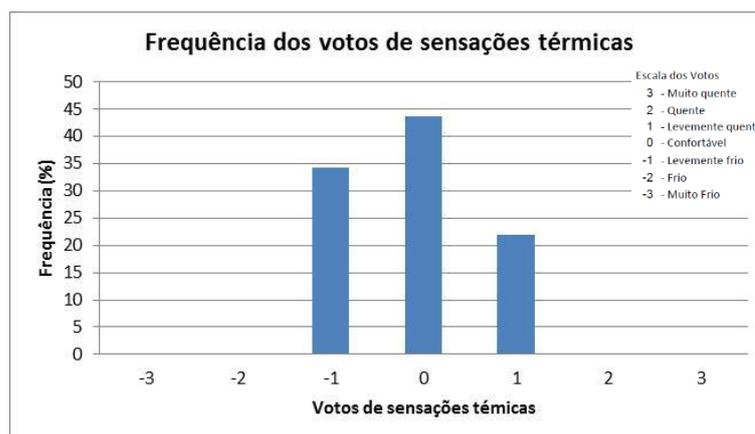
Ir: Índice de insatisfeitos real

Os percentuais de insatisfeitos relatados foram, no geral, bem baixos, com uma média de *Ir* de 12,5 %, bem abaixo da média do período de outono, que foi de 80,8 %.

Porém, se for considerado como espúrio o valor de *I_r* do primeiro dia de coleta, tendo em vista a proximidade dos valores das variáveis ambientais desse dia com as do quarto dia, por exemplo, a média de insatisfação térmica real seria de apenas 4,6 %, quando fora de 80,8 % no outono. Isso retrata a grande mudança de condições térmicas que a sala 308 sofreu da estação de outono para a estação de inverno.

A maioria dos votos de sensações térmicas registrados foi para conforto, com os demais votos para sensações de frio leve ou calor leve (Figura 4.42), confirmando, assim, a melhora considerável das condições térmicas do ambiente em relação à estação de outono, quando a maioria absoluta dos votos havia sido para sensação de calor.

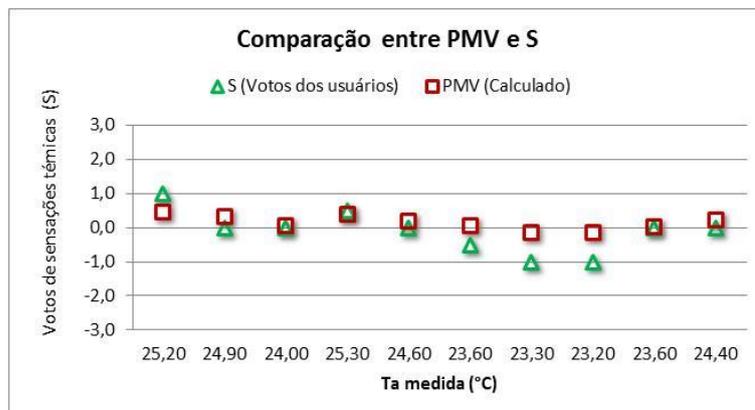
Figura 4.42 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (manhã – inverno).



Observando-se a Figura 4.43, percebe-se a pouca divergência entre os resultados dos dois métodos aplicados na pesquisa, para obtenção das zonas de conforto térmico. Pelo método da Norma, em todos os dias o ambiente proporcionou condições de conforto térmico a seus usuários, o que só não ocorreu, segundo os votos diretos, em três ocasiões do período de coletas.

Assim os valores resultantes de *PMV* ficaram dentro da zona de conforto, entre -0,5 e +0,5 na escala de sensações, numa faixa de temperatura de 23,2 a 25,3 °C.

Figura 4.43 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (manhã – inverno).



Pelos votos diretos, os usuários expressaram situação de conforto térmico em 70 % dos dias de coletas, dentro de uma faixa de temperatura de 23,6 a 25,3 °C.

Diante dos resultados, percebe-se que o ambiente da sala 308, no período de inverno, mostrou-se bem agradável termicamente para as pessoas que ali desenvolvem atividades.

Os resultados da sala 309 mostraram que, assim como na sala 308, o ambiente apresentou condições térmicas bem mais agradáveis do que no período de outono.

Os valores de *PMV* e *PPD* (Tabela 4.23) indicaram um ambiente sempre em zona de conforto térmico, segundo os preceitos da Norma ISO 7730, pois se observa que os valores de *PMV* permaneceram entre -0,5 e +0,5 e os valores de *PPD* estiveram sempre abaixo de 10 %.

Tabela 4.23 – Valores resultantes das medições feitas na sala 309 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 309		Estação: Inverno										Turno: Manhã		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	9:30	0,54	70,00	25,20	25,30	0,00	74,10	0,45	9,21	0,00	0,00	0,00	4	22,80
21/07	9:30	0,54	70,00	24,60	24,60	0,00	71,90	0,23	6,10	1,00	50,00	50,00	4	22,00
22/07	9:20	0,54	70,00	23,70	23,80	0,00	70,20	-0,04	5,04	0,00	0,00	0,00	4	21,00
25/07	10:25	0,54	70,00	25,30	25,10	0,00	64,20	0,35	7,59	0,00	0,00	0,00	4	21,80
26/07	9:20	0,54	70,00	25,20	25,00	0,00	64,00	0,32	7,14	0,00	0,00	0,00	5	21,60
27/07	9:15	0,54	70,00	23,30	23,70	0,00	73,10	-0,10	5,20	0,00	0,00	0,00	4	21,10
29/07	9:45	0,54	70,00	23,00	23,10	0,00	78,00	-0,21	5,94	-1,00	50,00	0,00	4	21,10
01/08	9:30	0,54	70,00	22,90	22,80	0,00	75,60	-0,29	6,76	0,00	0,00	0,00	4	20,80
02/08	9:25	0,54	70,00	23,20	23,10	0,00	83,10	-0,15	5,46	0,00	0,00	0,00	4	21,70
03/08	10:05	0,54	70,00	24,20	23,90	0,00	74,20	0,07	5,10	0,00	0,00	50,00	4	21,70

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

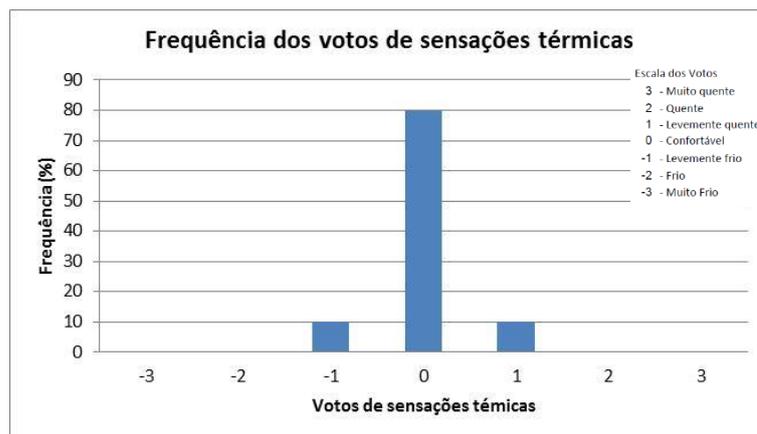
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

A temperatura média interna de 24,1 °C foi a mais baixa do 3º andar, proporcionando, em conjunto com as demais variáveis do ambiente, sensações de conforto térmico na maior parte dos dias da pesquisa, segundo os votos diretos. A frequência de votos para conforto térmico foi de 80 %, com os demais votos divididos entre -1 e +1, na escala de sensações térmicas (Figura 4.44).

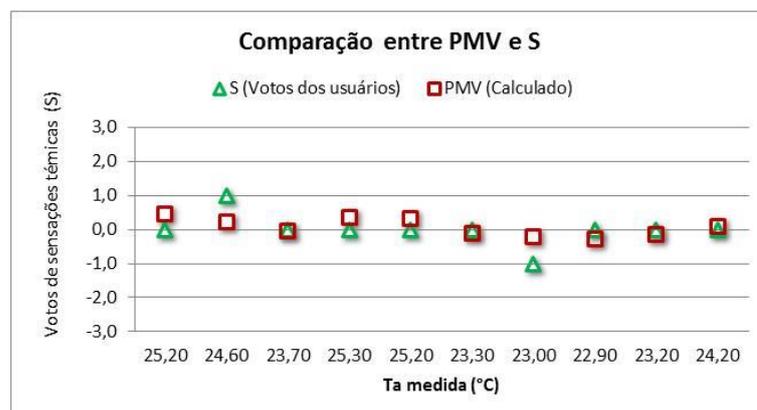
Figura 4.44 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 309 (manhã – inverno).



Isso representa a boa aceitação pelas condições encontradas no ambiente, sobretudo quando se observa os valores de *I_r*, cujo valor médio não ultrapassou 10 %.

Essa aceitabilidade alta também pode ser verificada na Figura 4.45, onde se nota que o ambiente proporcionou sensação de conforto térmico a seus ocupantes em todos os momentos da pesquisa, conforme resultados de *PMV*, não sendo tão diferente para os resultados obtidos por votos diretos.

Figura 4.45 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 309 (manhã – inverno).



A proximidade entre os resultados dos dois métodos utilizados, que também foi verificada na sala 308, indica uma tendência dos usuários das salas do 3º andar a aceitarem as condições ambientais previstas pela Norma, para obtenção do conforto térmico.

Então a faixa de temperatura de conforto da sala 309, segundo o método PMV, foi de 22,9 a 25,3 °C, coincidindo com a zona de conforto oriunda dos votos pessoais.

Assim como as demais salas do 3º andar, a sala 317 apresentou sensível melhora das condições térmicas, neste período de inverno. Todas as variáveis do ambiente tiveram valores parecidos com os das outras salas pesquisadas neste pavimento (Tabela 4.24).

Tabela 4.24 – Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (manhã-inverno)

Sala 317		Estação: Inverno											Turno: Manhã	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	10:00	0,55	70,00	25,80	25,90	0,00	74,00	0,64	13,68	1,00	50,00	50,00	4	22,80
21/07	10:00	0,56	70,00	24,90	25,10	0,00	70,90	0,38	8,08	-0,50	25,00	0,00	4	22,10
22/07	9:05	0,56	70,00	25,40	25,40	0,00	66,80	0,48	9,73	0,00	50,00	25,00	4	22,20
25/07	10:10	0,55	70,00	25,40	25,40	0,00	63,00	0,43	8,90	0,50	25,00	50,00	4	21,70
26/07	9:35	0,56	70,00	24,80	24,90	0,00	72,60	0,35	7,54	0,50	25,00	25,00	5	22,30
27/07	9:45	0,57	70,00	23,80	23,90	0,00	70,20	0,05	5,04	0,00	0,00	0,00	4	21,10
29/07	9:15	0,61	70,00	23,40	23,70	0,00	76,50	0,08	5,12	-1,00	25,00	0,00	4	21,40
01/08	9:15	0,57	70,00	23,30	23,40	0,10	72,80	-0,29	6,79	0,00	0,00	0,00	4	20,90
02/08	9:10	0,59	70,00	23,10	23,10	0,00	83,20	-0,06	5,07	-1,00	50,00	0,00	4	22,20
03/08	10:35	0,57	70,00	24,40	24,60	0,00	72,70	0,26	6,42	0,00	0,00	0,00	4	21,90

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

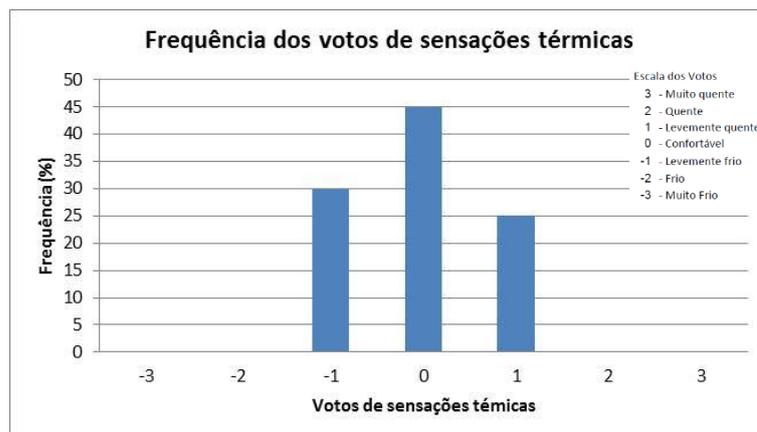
IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Os valores das vestimentas estiveram muito próximos daqueles verificados no período de outono, apesar de, na presente etapa, as temperaturas terem sido mais baixas. Isso indica que os indivíduos toleraram bem as condições mais frias do ambiente, sem a necessidade de aumentar o isolamento por roupas.

A frequência dos votos de sensações térmicas variou entre os valores -1 e +1 da escala de sensações, com maioria dos votos para conforto (Figura 4.46), assim como nas salas 308 e 309.

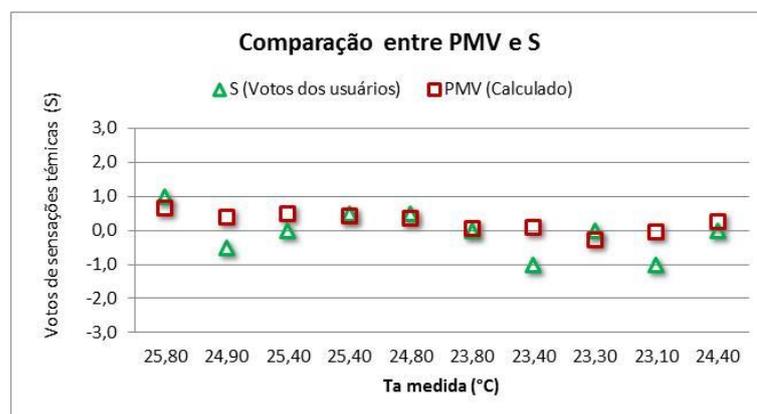
Figura 4.46 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (manhã – inverno).



Dessa forma, os valores de *PMV* e *S* demonstraram os bons níveis de conforto térmico dessa sala, durante o inverno, com zonas de conforto também semelhantes às demais salas. A faixa de temperaturas de conforto, pelo método *PMV*, foi de 23,1 a 25,4 °C, sendo muito próxima do intervalo de temperaturas de conforto obtido através dos votos diretos, que foi de 23,3 a 25,4 °C.

No gráfico da Figura 4.47 pode-se perceber essa proximidade de resultados pelos dois métodos utilizados.

Figura 4.47 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (manhã – inverno).



Reiterando o que foi observado anteriormente, percebe-se que os usuários das salas do 3º andar, nesse período de inverno, se sentiram confortáveis sob condições semelhantes àquelas previstas pelo método da Norma ISO 7730.

4.5 Resultados da pesquisa no turno da noite, durante os meses de junho e julho (estação de inverno).

Assim como no período diurno, o processo metodológico foi refeito durante a noite, na estação de inverno. Com isso pôde-se, inclusive, complementar o banco de dados proposto nos objetivos deste trabalho.

4.5.1 Salas do 1º andar

A turma do curso de História da noite permaneceu na mesma sala 122, mesmo com a mudança do semestre letivo.

No período de outono, os alunos desta turma expressaram sensações de conforto térmico até um limite mínimo de temperatura de 25,5 °C. Porém, no período de inverno, quando já estavam mais aclimatados com as temperaturas mais baixas, esses alunos indicaram como faixa de temperatura de conforto o intervalo de 23,9 a 24,9 °C, bem próxima da zona de conforto obtida pelo método do PMV, que foi de 23,1 a 24,9 °C.

As condições do tempo estiveram bem estáveis, no período de coletas, implicando em baixa variação da temperatura do ar (Tabela 4.25). A manutenção de janelas e porta fechadas, durante a maioria das aulas, proporcionou baixa incidência de ventilação na sala, ajudando a manter as temperaturas internas um pouco acima das temperaturas externas, que chegaram a atingir uma mínima de 22,1 °C, medida próximo à porta da sala.

Tabela 4.25 – Valores resultantes das medições feitas na sala 122 da CIAC – UEPB (noite – inverno)

Sala 122		Estação: Inverno										Turno: Noite		
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
18/07	18:55	0,48	70,00	24,60	24,40	0,00	77,80	0,12	5,30	0,00	25,00	25,00	5	22,90
19/07	18:45	0,47	70,00	24,50	24,20	0,00	81,20	0,07	5,10	0,00	25,00	16,67	4	22,70
20/07	18:30	0,63	70,00	24,00	24,20	0,00	64,40	0,19	5,77	0,00	21,43	14,29	4	21,30
25/07	18:30	0,53	70,00	24,10	24,40	0,10	72,10	-0,10	5,21	0,00	25,00	12,50	4	21,50
26/07	18:50	0,54	70,00	24,90	24,70	0,00	71,80	0,28	6,65	0,00	8,33	8,33	4	21,60
01/08	18:45	0,71	70,00	23,90	24,10	0,10	67,90	0,14	5,42	0,00	42,86	21,43	4	20,90
02/08	19:20	0,74	70,00	23,10	23,20	0,00	81,20	0,22	5,97	-1,00	70,00	30,00	4	22,10
03/08	19:05	0,59	70,00	24,80	24,40	0,00	75,10	0,34	7,35	0,00	40,00	10,00	4	22,40

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

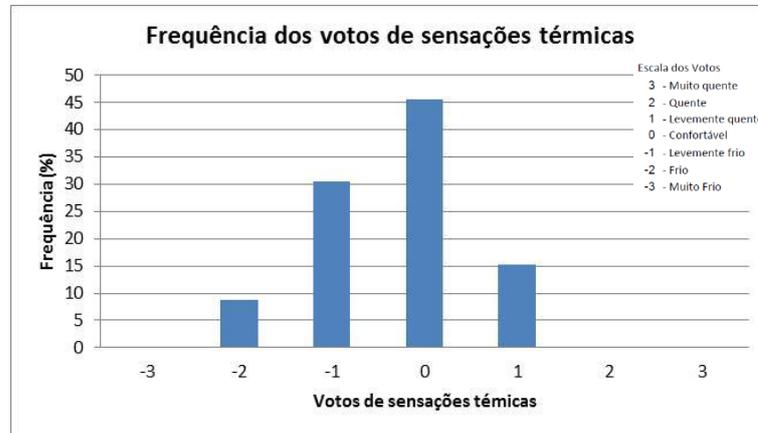
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

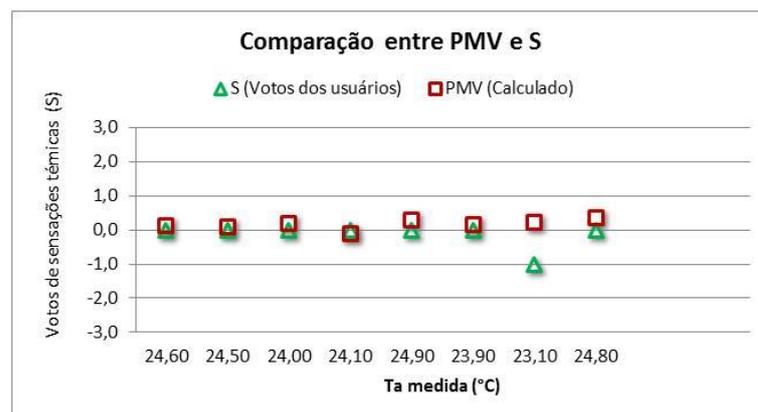
A Figura 4.48 mostra a distribuição total dos votos de sensações térmicas, variando de -2 a +1, com maioria para situação de conforto térmico.

Figura 4.48 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 122 (noite – inverno).



As condições do ambiente mantiveram os valores de *PMV* dentro da zona de conforto em todos os dias de coletas desta fase, na sala 122 (Figura 4.49), situação que quase foi acompanhada pelos valores de *S*, que indicou sensação de frio leve apenas no dia de temperaturas mais baixas.

Figura 4.49 – Comparação entre o *PMV* calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 122 (noite – inverno).



A turma do curso de Administração do turno da noite passou a ocupar a sala 141, adjacente à sala 140 e com localização análoga no pavimento.

Velocidades de ventos relevantes foram registradas no interior da sala 141, o que ajudou a manter as temperaturas do ambiente na casa de 23 °C, na maioria dos dias de coletas de dados (Tabela 4.26).

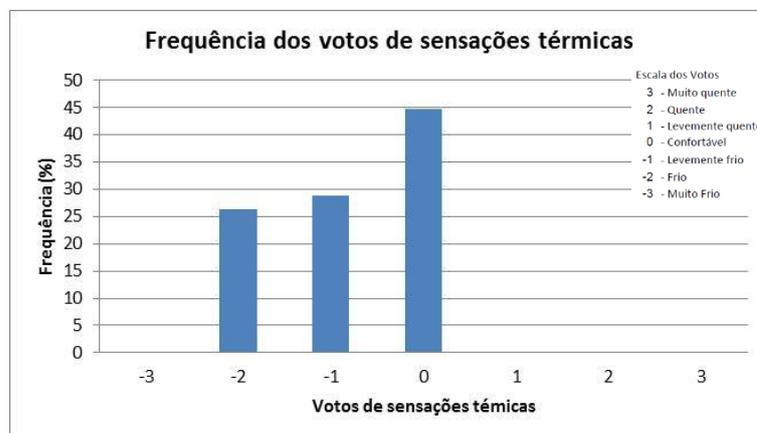
Tabela 4.26 – Valores resultantes das medições feitas na sala 141 da CIAC – UEPB (noite – inverno)

Sala 141		Estação: Inverno											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
18/07	19:30	0,61	70,00	23,80	23,90	0,10	83,10	0,01	5,00	0,00	20,00	20,00	5	22,40
19/07	19:00	0,55	70,00	24,10	24,20	0,00	84,50	0,19	5,78	0,00	10,00	20,00	4	22,70
20/07	18:45	0,61	70,00	23,60	24,20	0,20	72,60	-0,21	5,87	-1,00	50,00	12,50	4	21,30
25/07	19:25	0,62	70,00	23,90	24,00	0,10	72,80	-0,01	5,00	0,00	37,50	12,50	4	21,50
26/07	18:30	0,47	70,00	25,30	24,80	0,00	69,20	0,22	6,01	0,00	30,00	20,00	4	22,20
01/08	18:30	0,65	70,00	23,30	23,40	0,20	68,20	-0,34	7,37	-2,00	80,00	20,00	4	20,40
02/08	18:30	0,67	70,00	23,10	23,30	0,20	84,00	-0,24	6,19	-2,00	80,00	20,00	4	21,60
03/08	18:45	0,62	70,00	24,90	24,60	0,10	75,10	0,23	6,10	0,00	20,00	20,00	4	22,40

Roupas: vestimentas (clo) Ta: Temperatura do ar (°C) Vv: Velocidade do vento (m/s) S: Sensação térmica real
 Ativ.: Taxa metabólica (W/m²) Tg: Temperatura de globo (°C) UR: Umidade relativa do ar (%) I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"
 IBUTG interno (°C) Ir: Índice de insatisfeitos real

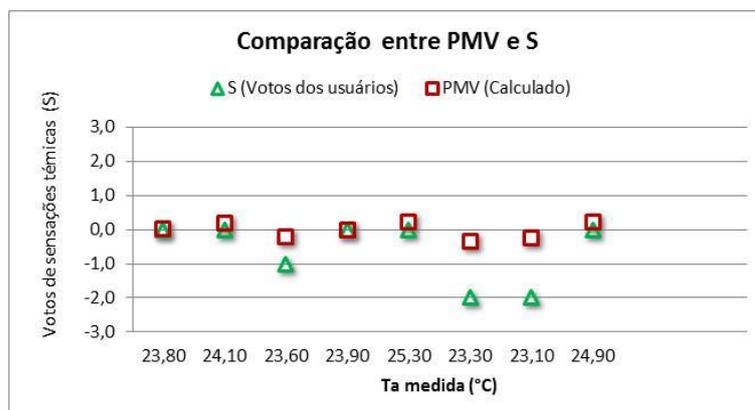
A variação dos votos de sensações térmicas mostrou ausência de sensações de calor, neste período da pesquisa, com maioria dos votos para situação de conforto térmico (Figura 4.50).

Figura 4.50 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 141 (noite – inverno).



A sala 141 obteve a menor média de temperatura interna do ar dentre as salas do turno da noite, nesta etapa da pesquisa, cujo valor foi de 24,0 °C. Com isso os valores de *PMV* oscilaram em torno do valor 0 na escala de sensações térmicas (Figura 4.51), porém sempre dentro da zona de conforto, que, neste caso, ficou dentro da faixa de temperaturas de 23,1 a 25,3 °C.

Figura 4.51 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 141 (noite – inverno).



Pelos votos de sensações térmicas, observou-se que não houve situações de conforto durante todo o período, havendo situações de frio leve e frio nos dias de temperaturas mais baixas, implicando numa faixa de temperaturas de conforto de 23,8 a 25,3 °C, sendo, assim, menor do que a prevista pelo método do PMV.

Como na maioria das turmas, os alunos da sala 146 migraram para a sala vizinha, a 147, quando da mudança do semestre letivo, tendo esta nova sala as mesmas características de localização no pavimento da sala anterior.

As condições do tempo, com poucas nuvens e sem ocorrência de chuvas no período, mantiveram a umidade relativa do ar em níveis abaixo dos observados na estação de outono.

As temperaturas registradas ficaram em torno de uma média de 24,4 °C, semelhante às demais salas do pavimento, com ventilações em níveis baixos ou nulas (Tabela 4.27), apesar de terem sido registrados ventos com velocidades em torno de 1,4 m/s no lado externo da sala, próximo à porta.

Observou-se que o ambiente agradável foi responsável por 75 % dos votos de sensações térmicas para conforto, com baixa frequência de votos para calor leve ou frio leve (Figura 4.52), corroborando com os baixos índices de insatisfação térmica relatados, cuja média foi de 10,9 %.

Tabela 4.27 – Valores resultantes das medições feitas na sala 147 da CIAC – UEPB (noite – inverno)

Sala 147		Estação: Inverno											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
19/07	19:15	0,60	70,00	23,90	24,10	0,00	85,10	0,25	6,26	0,00	0,00	0,00	4	22,40
20/07	19:00	0,53	70,00	24,30	24,20	0,00	73,20	0,11	5,25	0,00	0,00	12,50	4	21,80
25/07	19:40	0,50	70,00	24,20	24,20	0,10	72,30	-0,18	5,71	-0,50	25,00	25,00	4	21,60
26/07	19:40	0,52	70,00	24,60	24,30	0,10	72,80	-0,06	5,08	0,00	12,50	25,00	4	21,90
01/08	19:30	0,59	70,00	24,30	24,10	0,00	64,60	0,15	5,46	0,00	12,50	0,00	4	20,80
02/08	19:35	0,64	70,00	24,60	24,60	0,00	77,90	0,44	9,11	0,00	12,50	0,00	4	22,40
03/08	18:30	0,51	70,00	24,90	25,00	0,00	75,80	0,31	6,94	0,00	12,50	0,00	4	22,70
08/08	19:00	0,66	70,00	24,70	24,90	0,10	72,40	0,32	7,12	0,00	25,00	25,00	4	22,20

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

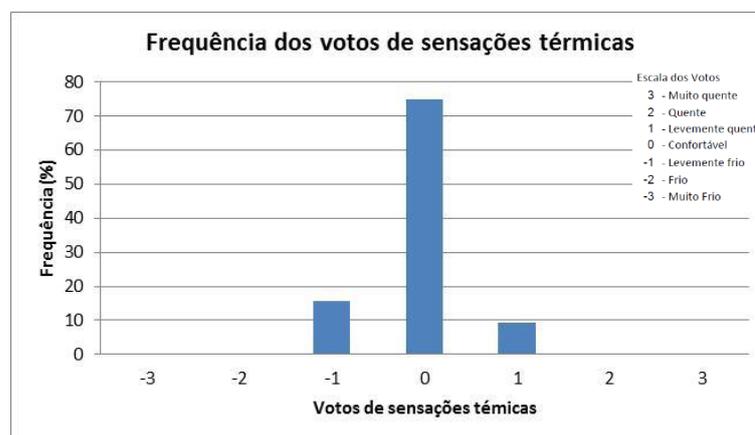
UR: Umidade relativa do ar (%)

I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

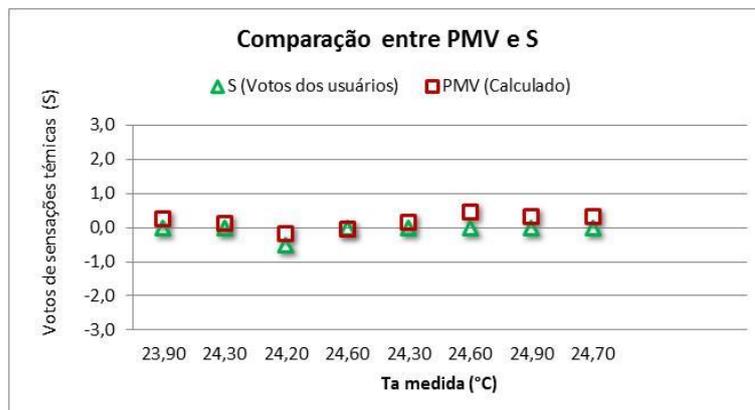
Figura 4.52 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 147 (noite – inverno).



Utilizando-se do fechamento conveniente da porta e das janelas da sala, os usuários conseguiram manter as temperaturas internas em média 1,2 °C acima das temperaturas externas, obtendo, então, um ambiente termicamente confortável, tanto do ponto de vista do *PMV* quando dos votos pessoais (Figura 4.53).

Dessa forma, as temperaturas registradas ao longo dos dias de coleta corresponderam às temperaturas de conforto, com intervalo de 23,9 a 24,9 °C para ambos os métodos aplicados.

Figura 4.53 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 147 (noite – inverno).



4.5.2 Salas do 3º andar

Os resultados observados na Tabela 4.28, para a sala 308, mostraram uma melhora significativa das condições do ambiente, neste período de inverno, em relação às noites de outono.

Tabela 4.28 – Valores resultantes das medições feitas na sala 308 da CIAC – UEPB (noite – inverno)

Sala 308		Estação: Inverno											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
18/07	18:20	0,61	70,00	25,30	25,40	0,00	76,20	0,61	12,74	0,00	50,00	25,00	5	25,40
19/07	19:45	0,60	70,00	24,30	24,40	0,00	84,40	0,35	7,50	-0,50	25,00	25,00	4	22,80
20/07	19:30	0,55	70,00	24,80	24,80	0,00	71,40	0,31	6,96	0,00	25,00	33,33	4	22,20
25/07	19:05	0,65	70,00	24,50	24,60	0,00	72,20	0,41	8,44	-0,50	25,00	0,00	4	21,90
26/07	19:20	0,55	70,00	24,70	24,80	0,00	74,60	0,31	7,05	0,00	0,00	50,00	4	22,30
01/08	19:15	0,60	70,00	24,10	24,20	0,00	65,50	0,16	5,53	-0,50	25,00	25,00	4	20,90
02/08	19:00	0,60	70,00	23,90	24,10	0,00	79,70	0,21	5,92	-0,50	25,00	25,00	4	22,20
03/08	19:50	0,65	70,00	24,70	24,80	0,00	76,10	0,49	10,04	-0,50	25,00	25,00	4	22,50
08/08	19:30	0,60	70,00	25,10	25,20	0,00	72,70	0,51	10,38	-0,50	25,00	25,00	4	22,40
09/08	19:30	0,60	70,00	25,20	25,30	0,00	78,60	0,58	12,03	0,00	0,00	50,00	4	23,30

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

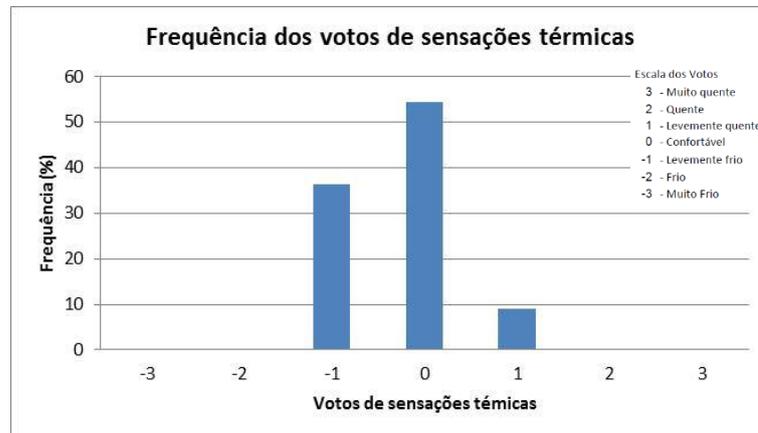
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

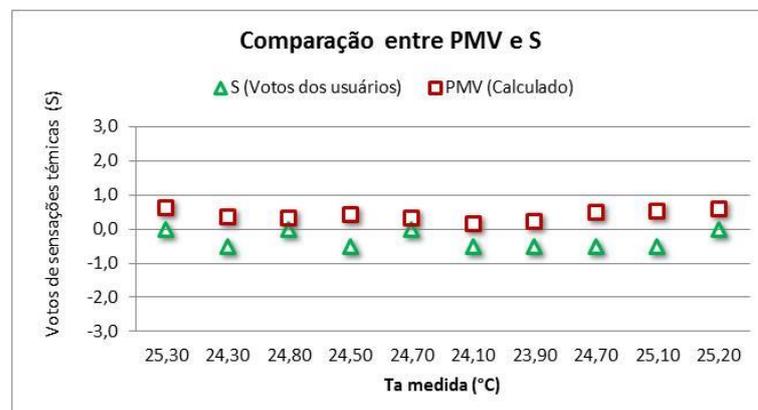
A maioria dos votos em questionários foi para sensação de conforto, seguidos de votos de sensação de frio leve. Em poucas ocasiões foram relatados votos para calor leve (Figura 4.54). Essa situação foi bem diferente do período de outono, quando a maioria dos votos ficou distribuída entre os valores +1, +2 e +3 da escala de sensações, demonstrando ambiente frequentemente quente.

Figura 4.54 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 308 (noite – inverno).



Percebeu-se que, apesar da sala continuar com ventilação deficitária, as temperaturas do ar internas caíram a um patamar mais aceitável, com média de 24,7 °C no período. Isso proporcionou resultados de *PMV* dentro da zona de conforto em quase todos os dias de coletas de dados, enquanto que do ponto de vista dos pesquisados, todo o período foi de sensação de conforto térmico (Figura 4.55).

Figura 4.55 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 308 (noite – inverno).



Notou-se, pois, que o ambiente com temperaturas próximas a 24 e 25 °C proporcionou maiores sensações de conforto térmico a seus usuários, tanto no outono quanto no inverno.

As condições ambientais da sala 317, nesta etapa noturna de inverno, resultaram, pelo método analítico do PMV, em um período integral dentro da zona

de conforto térmico, com valores de temperatura e umidade relativa do ar interno semelhantes aos da sala 308 (Tabela 4.29).

Tabela 4.29 – Valores resultantes das medições feitas na sala 317 da CIAC – UEPB (noite – inverno)

Sala 317		Estação: Inverno											Turno: Noite	
Dia	Hora	Roupas (Clo)	Ativid. (W/m ²)	Ta (°C)	Tg (°C)	Vv (m/s)	UR (%)	PMV	PPD (%)	S	I (%)	Ir (%)	Cond. Tempo	IBUTG (°C)
18/07	18:05	0,45	70,00	24,50	24,80	0,00	76,80	0,10	5,22	1,00	50,00	50,00	5	25,10
19/07	19:30	0,35	70,00	25,90	26,10	0,00	77,70	0,39	8,17	1,00	50,00	0,00	4	23,90
20/07	19:15	0,48	70,00	24,80	24,90	0,00	73,40	0,20	5,87	2,00	100,00	50,00	4	22,30
25/07	18:50	0,48	70,00	24,40	24,30	0,00	71,40	0,03	5,02	-0,50	25,00	25,00	4	21,60
26/07	19:05	0,45	70,00	24,30	24,50	0,00	75,40	0,01	5,00	0,00	0,00	25,00	4	22,70
01/08	19:00	0,45	70,00	24,60	24,80	0,00	66,60	0,05	5,05	-0,50	25,00	50,00	4	21,40
02/08	18:45	0,50	70,00	24,30	24,40	0,00	80,50	0,12	5,32	0,00	50,00	50,00	4	22,50
03/08	19:30	0,45	70,00	24,80	24,90	0,00	76,30	0,17	5,59	-0,50	25,00	50,00	4	22,70
08/08	19:15	0,50	70,00	25,60	25,70	0,00	71,20	0,48	9,85	1,00	50,00	0,00	4	22,80
09/08	19:15	0,45	70,00	25,10	25,30	0,00	77,80	0,30	6,85	1,00	50,00	50,00	4	23,10

Roupas: vestimentas (clo)

Ta: Temperatura do ar (°C)

Vv: Velocidade do vento (m/s)

S: Sensação térmica real

Ativ.: Taxa metabólica (W/m²)

Tg: Temperatura de globo (°C)

UR: Umidade relativa do ar (%)

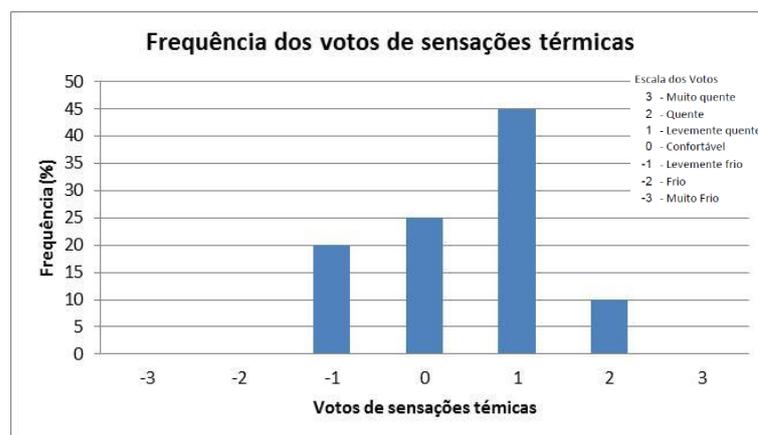
I: Índice de insatisfeitos calculado com base em "S"

IBUTG interno (°C)

Ir: Índice de insatisfeitos real

Porém a frequência de votos de sensações térmicas das usuárias dessa sala mostrou que as sensações de calor predominaram sobre as sensações de conforto ou frio, mesmo com as temperaturas internas mais amenas (Figura 4.56), resultando num *Ir* médio de 35 %, que foi o mais elevado desta etapa da pesquisa.

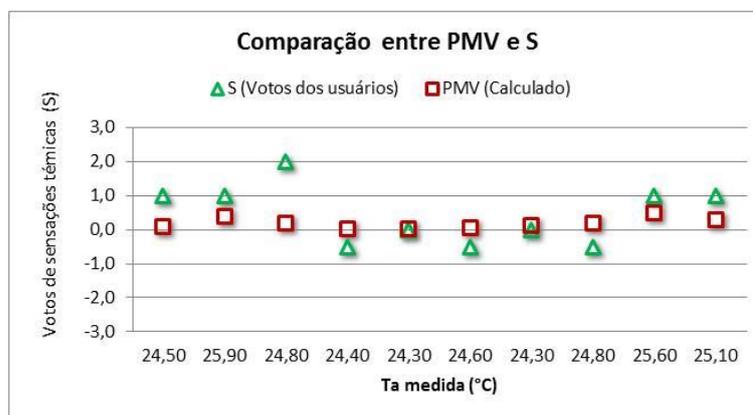
Figura 4.56 – Frequência de votos de sensações térmicas - sala 317 (noite – inverno).



A discrepância entre o comportamento térmico da sala, sob os pontos de vista do *PMV* e *S*, é visualizada na Figura 4.57. Enquanto que os resultados do *PMV* previram sempre um ambiente confortavelmente aquecido, os votos pessoais

indicaram consideráveis oscilações nas sensações térmicas ao longo dos dias da pesquisa.

Figura 4.57 – Comparação entre o PMV calculado e a moda dos votos reais de sensações térmicas, em função das temperaturas internas - sala 317 (noite – inverno).



As funcionárias do período noturno da sala 317 já haviam expressado bastante insatisfação com as condições ambientais no outono, demonstrando, através dos valores de S, que estavam constantemente em situação de desconforto térmico no ambiente em que trabalham.

Porém, nesta etapa de inverno, percebeu-se que a sensação térmica melhorou consideravelmente, tendo as condições ambientais lhes proporcionado situações de conforto térmico em 50 % dos dias da pesquisa.

O intervalo de temperaturas de conforto, calculado conforme a Norma ISO 7730, foi de 24,3 a 25,9 °C, sendo mais abrangente do que a zona de conforto estabelecida pelos votos diretos, que foi de 24,3 a 24,8 °C.

4.6 Discussão sobre os resultados do período de inverno.

De uma forma geral, para o período de inverno, notou-se que, nos casos em que os valores de S resultaram em sensações de frio ou frio leve, os valores de PMV resultaram em situações de conforto térmico. Essa observação mostra que os indivíduos participantes desta pesquisa têm mais sensibilidade ao frio do que prevê o método da Norma ISO 7730.

Em contrapartida, com as médias das temperaturas internas mais baixas no inverno, os índices médios de insatisfeitos foram quase sempre menores do que no

período de outono, ou seja, mesmo que sejam mais sensíveis às quedas de temperaturas, os indivíduos demonstraram boa aceitação às sensações de frio leve e frio.

A divergência entre os resultados de *PMV* e *S*, observada ao longo da pesquisa, foi menor no inverno do que no outono. Isso mostrou que, nos ambientes naturalmente ventilados, quando a variação de temperatura é menor, a tolerância térmica dos indivíduos também diminui, implicando em zonas de conforto com menor amplitude.

No cenário geral do turno da manhã, quando as temperaturas internas estavam mais altas (outono), com média de 26,5 °C, a média geral das temperaturas de conforto, segundo os votos pessoais, foi de 26,2 °C. Com a queda das temperaturas dos ambientes, no período de inverno, quando a média chegou a 24,2 °C, a temperatura média geral de conforto térmico caiu para 24,6 °C.

As faixas de temperaturas de conforto, para as manhãs de inverno, foram de 21,8 a 26,7 °C, pelo método analítico e 22,9 a 26,7 °C, pelos votos diretos. Esses intervalos se assemelham ao encontrado por De Dear et al. (2015), que foi de 19,5 a 26,5 °C, em escolas na Austrália, em regiões de clima subtropical e semiárido, quando a temperatura média, no período de sua pesquisa, foi de 25,1 °C, como também da zona de conforto encontrada por Xavier (1999), para uma escola da cidade de São José, na região Sul do Brasil, com clima subtropical, que foi de 20,0 a 26,0 °C. Isso sugere que, mesmo em regiões diferentes, quando as condições do ambiente são semelhantes, as respostas dos indivíduos acerca do conforto térmico se aproximam.

No período noturno, a faixa de temperatura de conforto indicada pelos pesquisados foi de 23,8 a 25,3 °C, sendo um pouco menos abrangente do que a do turno da manhã. Isto pode ser devido à menor variação de temperaturas no turno da noite do que no turno da manhã, pois, como se notou ao longo deste trabalho, quanto maior é a variação da temperatura do ambiente, maior é a faixa de temperaturas toleradas pelos indivíduos.

Nesta etapa de inverno, o turno da noite apresentou média geral de temperaturas internas de 24,4 °C, com o menor desvio padrão (0,3 °C) de toda a pesquisa. Os resultados mostraram que, nessa etapa, 50 % dos votos diretos

indicaram sensação de conforto térmico, sendo, pois, o maior índice entre todas as fases da pesquisa.

Ao investigar o conforto térmico em ambientes com temperaturas controladas, Torres (2016) obteve uma resposta análoga quando ajustou o ar condicionado de uma sala de aula, em João Pessoa – PB, para 24 °C. O autor verificou a menor variação de temperatura, com desvio padrão de 0,14 °C, e o maior índice de relatos de sensação de conforto (55,4 %), em relação às outras situações de sua pesquisa.

Assim se percebe que, no geral, as condições térmicas das salas da CIAC, no período de inverno, investigadas neste trabalho, se assemelham às condições de ambientes com temperaturas controladas mecanicamente, para temperaturas na casa de 24 °C.

As mudanças das temperaturas de uma estação para outra acarretaram uma melhora nas condições térmicas das salas pesquisadas, durante o período mais frio. Uma vez que as médias das vestimentas foram de 0,56 clo e 0,57 clo, para outono e inverno respectivamente, demonstrando que essa variável não exerceu grande interferência na diferença de temperatura média de conforto entre as estações, sob o ponto de vista da percepção individual, pôde-se verificar que houve adaptação do indivíduo à condição térmica do ambiente, quando da mudança de estação, corroborando com o preconizado pelo modelo adaptativo, que expressa a tendência natural do homem a se adaptar às mudanças climáticas do ambiente em que se encontra.

Neste período de inverno, os limites de tolerância para exposição ao calor nos ambientes investigados também foram respeitados, segundo a NR 15 (BRASIL, 2015). O valor máximo de IBUTG, verificado nas salas pesquisadas, foi de 25,4 °C, sendo, pois, abaixo do limite de 30,0 °C estabelecido pela referida Norma.

As tabelas 4.30 a 4.33 apresentam os resultados das frequências de situações de conforto térmico verificadas nas ocasiões desta pesquisa, bem como as faixas de temperatura em que foram verificadas as situações de conforto térmico nos ambientes estudados, para ambas as estações climáticas.

Tabela 4.30 – Frequência de situações de conforto térmico verificadas nas ocasiões da pesquisa, durante a estação de **outono**.

Frequência de situações de conforto térmico verificadas				
		Edificação	Lado leste	Lado oeste
Votos diretos	manhã	33,33%	39,29%	30,36%
	noite	40,91%	68,75%	25,00%
	geral	37,12%	54,02%	27,68%
PMV/PPD	manhã	15,48%	17,86%	14,29%
	noite	25,00%	25,00%	25,00%
	geral	20,24%	21,43%	19,64%

Tabela 4.31 – Faixas de temperatura em que foram verificadas as situações de conforto térmico, durante a estação de **outono**.

Faixas de temperaturas de conforto térmico		
Votos diretos	Manhã	de 23,9 a 28,6°C
	Noite	de 24,0 a 27,2°C
PMV/PPD	Manhã	de 23,8 a 25,4°C
	Noite	de 23,7 a 25,4°C

Tabela 4.32 – Frequência de situações de conforto térmico verificadas nas ocasiões da pesquisa, durante a estação de **inverno**.

Frequência de situações de conforto térmico verificadas				
		Edificação	Lado leste	Lado oeste
Votos diretos	manhã	51,19%	39,29%	57,14%
	noite	79,50%	81,25%	78,57%
	geral	65,37%	60,27%	67,86%
PMV/PPD	manhã	91,67%	92,86%	91,07%
	noite	93,20%	100,00%	89,29%
	geral	92,42%	96,43%	90,18%

Tabela 4.33 – Faixas de temperatura em que foram verificadas as situações de conforto térmico, durante a estação de **inverno**.

Faixas de temperaturas de conforto térmico		
Votos diretos	Manhã	de 22,9 a 26,7°C
	Noite	de 23,8 a 25,3°C
PMV/PPD	Manhã	de 21,8 a 26,7°C
	Noite	de 23,1 a 25,9°C

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa investigou as condições de conforto térmico no interior de salas de aula e salas administrativas do prédio da CIAC da UEPB, durante o desenvolvimento das atividades de alunos e funcionários, ao longo das estações climáticas de outono e inverno do ano de 2016.

A coleta e análise dos dados basearam-se em metodologias tradicionais, com aplicação de questionários sobre as sensações térmicas dos ocupantes das salas e cálculo das condições de conforto térmico através do método preconizado pela Norma ISO 7730 (2005).

Os resultados obtidos representam um banco inicial de dados sobre as condições térmicas no interior das salas da edificação, sujeitas à ventilação natural. Esses dados podem subsidiar projetos que visem o melhoramento térmico dos ambientes dessa edificação, como também projetos de novas edificações, além de contribuir para novas pesquisas na área de conforto térmico.

Todas as salas da CIAC incluídas nesta pesquisa possuem ventilação natural, de forma que as temperaturas internas estiveram sempre diretamente relacionadas às condições externas do tempo.

Dentre as variáveis de influência, a temperatura interna do ar foi a mais determinante nas respostas de sensações térmicas, de forma que as situações de conforto foram identificadas por faixas de temperatura do ar.

De maneira geral, para a estação de outono, a edificação em estudo ofereceu situações de conforto térmico a seus ocupantes, segundo os votos pessoais, num intervalo de temperatura do ar de 23,9 a 28,6 °C, no turno da manhã e 24,0 a 27,2 °C, no turno da noite. Essas situações de conforto térmico foram verificadas em 37,1 % das ocasiões da pesquisa, implicando que, para essa estação do ano, a edificação necessita de intervenções para melhorar as condições de conforto térmico de seus usuários.

Na estação de inverno, a zona de conforto, segundo os votos dos participantes, ficou dentro da faixa de temperaturas de 22,9 a 26,7 °C, no turno da manhã e 23,8 a 25,3 °C, no turno da noite. Neste caso, as situações de conforto térmico foram verificadas em 65,4 % das ocasiões da pesquisa.

Assim, numa visão geral da edificação, pode-se concluir que, na estação de inverno, quando as temperaturas são mais amenas, os usuários das salas se sentem termicamente confortáveis na maior parte do tempo, o que não ocorre na estação de outono, quando as sensações de desconforto são predominantes.

Analisando-se a edificação de forma zonal, verificou-se uma significativa diferença nos resultados, para a estação de outono, pois as sensações de conforto térmico do lado leste foram relatadas em 54,0 % das ocasiões da pesquisa, contra 27,7 % do lado oeste. Porém, no período de inverno, esses índices ficaram bem mais próximos, com 60,3 % para o lado leste e 67,9 % para o lado oeste.

Comparando-se os resultados dos dois métodos utilizados neste trabalho, notou-se que o modelo normatizado de Fanger não conseguiu prever com precisão as sensações térmicas reais, relatadas pelos pesquisados, pois as zonas de conforto indicadas pelo método analítico ficaram subestimadas, em comparação com aquelas obtidas pelos votos pessoais, na estação de outono, enquanto que, na estação de inverno, as faixas de temperaturas de conforto indicadas pela Norma superestimaram aquelas oriundas dos relatos dos pesquisados.

Do ponto de vista das frequências de ocorrência de situações de conforto térmico, ao longo da pesquisa, o método da Norma indicou apenas 20,2 % contra 37,1 %, pelos votos pessoais, na estação mais quente. Contudo, na estação mais fria, o método da Norma indicou 92,4 % de situações de conforto térmico, enquanto que os usuários relataram essas condições em 65,4 % das ocasiões.

Isso mostra que, em regiões de clima quente e úmido, como a da presente pesquisa, as pessoas podem se sentir confortáveis sob temperaturas acima do limite previsto pela Norma, como também podem apresentar sensações de frio diante de pequenas quedas de temperaturas, mesmo que estas estejam acima do limite inferior da zona de conforto da Norma.

Essas diferenças entre os resultados de sensações térmicas obtidos pelo método analítico do PMV e as respostas subjetivas dos indivíduos dão ênfase ao modelo adaptativo preconizado por Nicol e Humphreys (2002), que considera que a temperatura de conforto não é constante, mas varia de acordo com a região, estação climática e características pessoais de cada indivíduo.

5.1 Sugestões baseadas nos resultados desta pesquisa.

Com base nos resultados do presente trabalho, as seguintes sugestões podem ser elencadas:

- Planejar e executar intervenções de cunho arquitetônico na edificação, a fim de melhorar as condições de conforto térmico dos ambientes, sobretudo naqueles do 3º andar, onde o percentual de pessoas insatisfeitas devido ao calor foi consideravelmente alto;
- Realizar estudo sobre a influência das condições de conforto térmico no desempenho das atividades dos usuários da edificação estudada;
- Realizar novas pesquisas sobre conforto térmico em edificações de ensino, na região deste estudo, a fim de enriquecer o banco de dados e de confirmar cada vez mais a teoria da adaptabilidade humana ao clima onde se encontra.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. 1996. 138f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

ARAÚJO, M. R. de O. **Conforto térmico em salas de aula localizadas em clima quente e úmido: uma avaliação do limite inferior da zona de conforto**. 2008. 160f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2008.

ASHRAE Standard 55. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, Inc. Atlanta, GA. 2010.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI JUNIOR, P.; VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488. 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15**. Atividades e Operações Insalubres. Anexo Nº 3. Limites de tolerância para exposição ao calor. 2015.

CLIMATE-DATA.ORG. **Site**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/4449/>. Acesso em: 26 dez. 2016.

CORGNATI, S. P.; ANSALDI, R.; FILIPPI, M. Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 785-792, apr. 2009.

COUTINHO, G. **Site Gustavo Coutinho**. Disponível em: <<https://gustavocoutinho.wordpress.com/>>. Acesso em: 14 dez. 2016.

DE DEAR, R.; KIM, J.; CANDIDO, C.; DEUBLE, M. Adaptive thermal comfort in Australian school classrooms. **Building Research and Information**, v. 43, n. 3, p. 383-398. 2015.

DIAS, A. **Avaliação das condições de conforto térmico e acústico de salas de aula em escola de tempo integral** – estudo de caso da Escola Padre Jósimo em Palmas (TO). 2009. 141 fl. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FERNANDES, L. O.; ANDRADE, N. C.; LABAKI, L. C.; BERNARD, N.; BERTOLI, S. R. Avaliação do conforto térmico de salas de aula de prédio escolar da rede pública

em Campinas-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela-RS. **Anais...** Canela: ENTAC, 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**, 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.559-564, dez. 2003.

GODOI, G. **Conforto térmico nas edificações escolares públicas: análise da implantação do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná**. 2010. 54f. Monografia (Especialização em Construções de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2010.

GOOGLE MAPS. **Site**. Disponível em: <http://www.google.com.br/maps> Acesso em: 14 dez. 2016.

GOUVÊA, T. C.; LABAKI, L. C.; RUAS, A. C. Avaliação do conforto térmico: uma experiência na indústria da confecção. I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

GRZYBOWSKI, G. T. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT: estudo de caso**. 2004. 97f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2004.

HUIZENGA, C; ABBASZADEH, S.; ZAGREUS, L; ARENS, E. Air quality and thermal comfort in office buildings: results of a large indoor environmental quality survey. **Proceedings of Healthy Buildings**, Lisboa, v. 3, p. 393-397, 2006.

HWANG, R. L.; LIN, T. P.; CHEN, C. P.; KUO, N. J. Investigating the adaptive model of thermal comfort for naturally ventilated school buildings in Taiwan. **International Journal of Biometeorology**, v. 53, n. 2, p. 189-200. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 de maio de 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Site**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em: 26 dez. 2016.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 7730 International Standard**. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, Switzerland, 2005.

JEFFE, A. P. M.; WESTPHAL, F. S. Desempenho térmico de um ambiente corporativo naturalmente ventilado em Florianópolis, SC. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014. Maceió 2014. **Anais...** Maceió: ENTAC, 2014.

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de edificações. Apostila aula 2: Conforto Térmico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

NEGREIROS, B. de A. **Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo**. 2010. 102f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 563-572, jul. 2002.

NOGUEIRA, M. C. de J. A.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. de S. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 14, p. 37-49, jan./jun. 2005.

PEREIRA, L. D.; RAIMONDO, D.; CORGNATI, S. P.; SILVA, M. G. Assessment of indoor air quality and thermal comfort in Portuguese secondary classrooms: Methodology and results. **Building and Environment**, v. 81, p. 69-80, nov. 2014.

PIZARRO, P. R. **Estudo das variáveis de conforto térmico e luminoso em ambientes escolares**. 2005. 178p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Baurú, 2005.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B. de; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 14-22, abr./jun. 2010.

SKUBS, D. **O conforto térmico nos espaços de transição e sua influência como elemento apaziguador do microclima local**. 2009. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2009.

S.LOW.ENERGY. **Site**. Disponível em: <http://tecno.sostenibilidad.org/>. Acesso em: 26 abr. 2016.

TELI, D.; JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: an assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166-182, out. 2012.

TORRES, M. G. L. **Conforto térmico e desempenho nos ambientes de ensino com inovações tecnológicas – estudo de multicasos no nordeste brasileiro**.

2016. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade, 2000.

VIANA, S. S. M. **Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente-SP**. 2013. 219f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Presidente Prudente. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2013.

WANG, Z.; ZHANG, L.; ZHAO, J.; HE, Y. Thermal comfort for naturally ventilated residential buildings in Harbin. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 2406-2415, dez. 2010.

WANG, Z.; LI, A.; REN J.; HE, Y. Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. **Energy and Buildings**, v. 77, p. 192-196, jul. 2014.

WIKIPÉDIA. **Site**. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Clima_tropical_com_estação_seca#/. Acesso em: 26 dez. 2016.

WONG, N. H.; KHOO, S. S. Thermal comfort in classrooms in the tropics. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 337-351, mai. 2003.

WYON, D. P. Studies of children under imposed noise and heat stress. **Ergonomics**, v. 13, n. 5, p. 598-612, abr. 2007.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

APÊNDICES

Apêndice A1: Questionário aplicado aos alunos e funcionários que participaram desta pesquisa como voluntários (página 1).

	UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM CAMPINA GRANDE- PB	

Formulário de dados

Nome do pesquisador:

Nº do formulário:				
Data			Horário	
Dia	Mês	Ano	Hora	Min

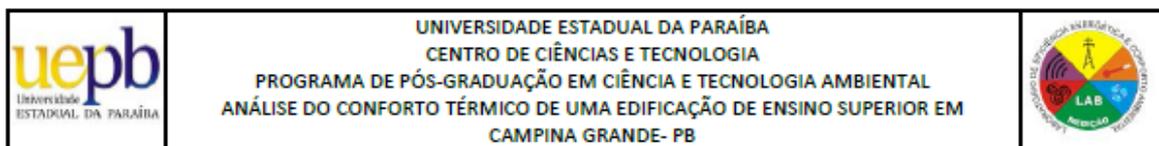
Dados do local														
Andar:				Condições do tempo:				Orientação geográfica:			Características físicas			
0	1	2	3	Chuvoso				Norte			Comprimento:			
Sala:				Neblinando				Sul			Largura:			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Nublado			Altura:	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Parcialmente Nublado				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ensolarado				

Dados pessoais do usuário				
Nome (real ou fictício):				Ocupação
Idade:		Gênero:		Características físicas
Curso:		Masculino	Estatura (m)	Estudante
Período:		Feminino	Peso (kg)	Técnico
				Professor

Tipo de Atividade	Velocidade da caminhada
Reclinado	2 km/h
Sentado/Relaxado	3 km/h
Atividades sedentárias	4 km/h
Em pé, atividades leves	5 km/h
Em pé, atividades moderadas	6 km/h

Dados qualitativos de percepção ambiental						
Qual o seu nível de conforto térmico?		Qual a sua faixa de temperatura aparente (°C)?		Qual o nível de umidade do ar aparente?		Qual a faixa de velocidade do vento aparente?
Ótimo		15-20		Sem umidade		Fraco
Bom		20-25		Pouco úmido		Pouco fraco
Regular		25-30		Normal		Com vento
Ruim		30-35		Úmido		Pouco forte
Péssimo		35-40		Muito úmido		Forte
Qual a condição térmica aparente?						
Muito frio	Frio	Levemente frio	Confortável	Levemente quente	Quente	Muito quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

Apêndice A1: Questionário aplicado aos alunos e funcionários que participaram desta pesquisa como voluntários (página 2).



Vestimenta do usuário						
Diversos						
Meia	Meia curta grossa	Meia calça nylon	Sapato sola fina	Sapato sola grossa	Botas	Luvas
Roupa de baixo		Calça	Jaquetas		Com fibra	Ambientas abertos
Calcinha	Bermuda	Jaqueta fina de verão		Macacão	Casaco	
Cueca	Calça tecido fino	Jaqueta		Calças	Jaqueta	
Camiseta	Calça normal	Avental		Colete	Parca	
Camisa ML	Calça de flanela			Jaqueta	Macacão em fibras	
Calcinha e sutiã						
Saias e vestidos		Camisas e blusas	Suéteres			
Saia fina	Camisa curta	Colete				
Saia grossa	Camisa fina ML	Suéter fino				
Vestido fino ML	Camisa normal ML	Suéter				
Vestido ML	Camisa flanela ML	Suéter grosso				
Macacão	Blusa fina ML					

ML (Manga longa)

Apêndice A2: Formulário de registro de dados das variáveis ambientais coletadas.

	UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM CAMPINA GRANDE- PB	

Formulário de dados

Nome do pesquisador:

Nº do formulário:				
Data			Horário	
Dia	Mês	Ano	Hora	Min

Dados do local														
Andar:				Condições do tempo:				Orientação geográfica:			Características físicas			
0	1	2	3	Chuvoso				Norte			Comprimento:			
Sala:				Neblinando				Sul			Largura:			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Nublado			Altura:	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Parcialmente Nublado				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ensolarado				

Dados quantitativos do conforto térmico	
Temperatura do ar (°C)	
Temperatura de globo (°C)	
Temperatura de bulbo úmido (°C)	
Índice de bulbo úmido e temperatura de globo (°C)	
Velocidade do ar (m/s)	
Umidade relativa do ar (%)	
Altitude (m)	

