

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PATRYCK MACHADO DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL NA
SENSAÇÃO TÉRMICA DO USUÁRIO EM AMBIENTE
EDUCACIONAL.**

VITÓRIA

2019

PATRYCK MACHADO DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL NA
SENSAÇÃO TÉRMICA DO USUÁRIO EM AMBIENTE
EDUCACIONAL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Construção Civil.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Engel de Alvarez

VITÓRIA

Março de 2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

A447i Almeida, Patryck Machado de, 1986-
INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL NA
SENSAÇÃO TÉRMICA DO USUÁRIO EM AMBIENTE
EDUCACIONAL. / Patryck Machado de Almeida. - 2019.
92 f. : il.

Orientadora: Cristina Engel de Alvarez.
Coorientadora: Edna Aparecida Nico-Rodrigues.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Construção Civil. I. Alvarez, Cristina Engel de. II. Nico Rodrigues, Edna Aparecida. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 624

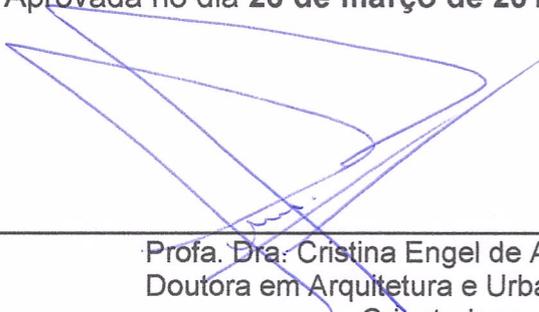
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

INFLUÊNCIA DA VENTILAÇÃO NATURAL NA SENSAÇÃO TÉRMICA DO USUÁRIO EM AMBIENTE EDUCACIONAL

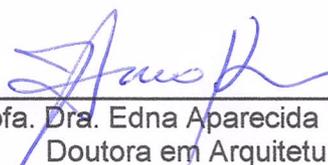
Patryck Machado de Almeida

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Construção Civil.

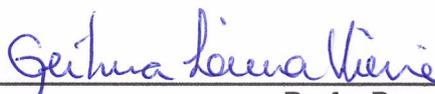
Aprovada no dia **26 de março de 2019** por:



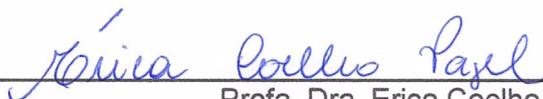
Profa. Dra. Cristina Engel de Alvarez
Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Orientadora – UFES



Profa. Dra. Edna Aparecida Nico Rodrigues
Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Coorientadora – UFES



Profa. Dra. Geilma Lima Vieira
Doutora em Engenharia Civil
Examinadora Interna – UFES



Profa. Dra. Erica Coelho Pagel
Doutora em Engenharia Ambiental
Examinadora Externa - UUV

À minha amada esposa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita misericórdia e apesar das minhas fraquezas, tornou possível a conclusão deste trabalho.

À Prof.^a Dr.^a Cristina Engel de Alvarez, orientadora, pela confiança, orientações, paciência e incentivo. Agradeço também pela aquisição dos equipamentos para realização da pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Edna Aparecida Nico Rodrigues, coorientadora, pela sugestão do tema da pesquisa, pelas orientações e incentivo. Agradeço também pela aquisição dos equipamentos para realização da pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Geilma Lima Vieira pelo conhecimento partilhado durante o mestrado e participação da banca.

À Prof.^a Dr.^a Erica Coelho Pagel, por gentilmente aceitar participar da banca.

À minha esposa, Cíntia, pelas orações, amor, companheirismo, incentivo, paciência, sorriso e olhar tão importantes para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos pelo amor e incentivo.

A todos os usuários da Biblioteca Central da Ufes (BC) pela disponibilidade e atenção em responder os questionários.

A todos os funcionários da BC, na pessoa do diretor Sr. Fabio Massanti Medina que concordou e autorizou a realização da pesquisa na biblioteca. Em especial ao secretário Fábio e todos os funcionários da Seção de Coleções Especiais que me permitiram guardar os equipamentos durante os dias das medições.

Aos colegas do Laboratório de Planejamento e Projetos da Ufes, pela partilha do conhecimento e companhia. Em especial agradeço à Alice, Lara e Júlia pela contribuição no lançamento das medições e questionários. Ao Filipe pela revisão do texto e auxílio na tradução do resumo. Ao Anderson, Ana Karol, Ingrid, Jéssica, Jordano, Lucas e Malena.

Aos professores do PPGE e PPGAU pelos ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O aumento do consumo de energia é um tema que tem despertado a preocupação de diversos pesquisadores e autoridades em quase todo mundo, e um dos fatores que influenciam este consumo é a ampliação do uso de sistemas de climatização artificial, principalmente de aparelhos de ar condicionado. Dessa forma, a busca por edificações que demandem menor consumo de energia tem se tornado cada vez mais comum nos últimos anos. Neste contexto, o uso de ventilação natural destaca-se como importante estratégia para promover conforto térmico e qualidade do ar em ambientes internos, com mínimo ou nenhum consumo energético. A pesquisa avaliou as condições higrotérmicas e a aceitabilidade do movimento do ar enquanto estratégia de conforto em ambiente educacional naturalmente ventilado para a cidade de Vitória/ES, cujo clima é classificado como tropical quente e úmido. Verificou também, a influência da ventilação no conforto do usuário e o impacto da exposição prévia dos usuários a ambientes condicionados em sua preferência térmica. Para tal, foram realizadas medições das variáveis ambientais internas (temperatura do ar, temperatura de globo negro, umidade relativa do ar e velocidade do ar) enquanto os ocupantes respondiam ao questionário a respeito das sensações térmicas e de velocidade do ar. Deste modo, obtiveram-se as relações entre os valores das variáveis ambientais com as sensações relatadas pelos ocupantes. Os resultados são apresentados em forma de tabelas e gráficos por meio do cruzamento entre as variáveis microclimáticas internas e as respostas dos ocupantes. Os resultados demonstraram que os maiores valores de neutralidade térmica se concentravam com a temperatura operativa entre 26 °C e 28 °C. Já os ocupantes, em maior parte, aceitaram velocidades do ar superiores à 1m/s, principalmente a partir de 26 °C, e essas foram fundamentais na redução do desconforto térmico por calor. Houve diferenças entre a preferência térmica dos ocupantes com e sem exposição rotineira a ambientes com ar condicionado. Em relação ao tipo de climatização no ambiente estudado, 53,6% dos usuários responderam que preferem ventilação natural, enquanto 26,8% preferem ventilação natural e ventiladores e 19,6% optaram por ar condicionado.

Palavras-chave: ventilação natural; conforto térmico; velocidade do ar; clima quente e úmido.

ABSTRACT

The increase in energy consumption is a theme that has aroused a wide concern of many researchers and authorities in almost all the world, and one of the factors that influence this consumption is the increasing in the use of artificial acclimatization systems, mainly air conditioners. Thus, the search for buildings that demand less energy has become increasingly common in the last years. Therefore, the use of natural ventilation stands out as an important strategy to promote thermal comfort and indoor air quality, with minimal or no energy consumption at all. The research evaluated the hygrothermal conditions and the air movement acceptability as a comfort strategy in a naturally ventilated educational environment in the city of Vitória / ES, which climate is classified as tropical hot and humid. It also verified the influence of the ventilation on the comfort of the users and the impact of prior exposure of users to conditioned environments in their thermal preference. For this, measurements of the internal environmental variables (air temperature, globe temperature, relative air humidity and air velocity) were carried out while the occupants answered the questionnaire regarding thermal sensations and air velocity. In this way, the associations between the values of the environmental variables and the sensations reported by the occupants were obtained. The results are presented in the form of tables and graphs by relating the internal microclimatic variables with the occupants' responses. The results demonstrated that the highest values of thermal neutrality were concentrated with the operating temperature between 26 °C and 28 °C. The occupants, for the most part, accepted air velocities above 1m/s, mainly from 26°C, and these were fundamental in reducing thermal discomfort by heat. There were differences between the thermal preference of occupants with and without the routine exposure to air conditioned environments. Regarding the type of acclimatization in the environment studied, 53.6% of users answered that they prefer natural ventilation, while 26.8% prefer natural ventilation and fans and 19.6% opted for air conditioning.

Keywords: natural ventilation; thermal comfort; air speed; hot and humid climate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Síntese metodológica da pesquisa	17
Figura 2: Os três componentes da adaptação ao clima interno	23
Figura 3: Modelo adaptativo de conforto térmico segundo a ASHRAE Standard 55 (2013).....	25
Figura 4: Alteração no limite superior de aceitabilidade térmica por meio da velocidade do ar segundo a ASHRAE Standard 55 (2013).....	26
Figura 5: Aceitabilidade de velocidade do ar em diferentes estudos e países.	29
Figura 6: Votos de sensação térmica X velocidade do ar X temperatura.....	29
Figura 7: Zoneamento Bioclimático Brasileiro com a localização da cidade de Vitória	31
Figura 8: Rosa dos ventos com a frequência de ventos na cidade de vitória.....	31
Figura 9: Carta psicrométrica para a cidade de Vitória	32
Figura 10: Localização do Campus de Goiabeiras em Vitória.....	34
Figura 11: Localização da Biblioteca Central na Ufes	35
Figura 12: Vista da Biblioteca Central com localização do ambiente analisado	36
Figura 13: Planta baixa esquemática do terceiro pavimento da BC com demarcação da parcela do ambiente de estudo analisado.....	36
Figura 14: Ambiente de estudo selecionado	37
Figura 15: Ambiente de estudo selecionado	37
Figura 16: <i>Data logger</i> , sonda externa com globo negro e tripé.....	38
Figura 17: Termo anemômetro de fio a quente	39
Figura 18: Informações sobre a estação meteorológica automática em Vitória	40
Figura 19: Equipamentos de medição no ambiente analisado	44
Figura 20: Termo anemômetro para medição pontual	45
Figura 21: Incenso para determinação da ventilação predominante	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos usuários por naturalidade	53
Gráfico 2: Distribuição dos usuários por tempo de moradia (em anos) em Vitória	53
Gráfico 3: Frequência dos valores de temperatura operativa.....	55
Gráfico 4: Valores de temperatura operativa mês a mês	56
Gráfico 5: Frequência dos valores de velocidade do ar interno.....	57
Gráfico 6: Diagrama adaptativo do estudo de campo, baseado na ASHRAE <i>Standard</i> 55 (2013).....	57
Gráfico 7: Votos de sensação térmica.....	58
Gráfico 8: Votos de preferência térmica	59
Gráfico 9: Frequência de votos de sensação térmica X preferência térmica	60
Gráfico 10: Votos de aceitabilidade da velocidade do ar.....	60
Gráfico 11: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura operativa	61
Gráfico 12: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura - MASCULINO	62
Gráfico 13: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura - FEMININO	62
Gráfico 14: Preferência térmica dos usuários de acordo com a temperatura operativa	63
Gráfico 15: Votos de sensação térmica X aceitabilidade do movimento do ar	64
Gráfico 16: Votos de preferência térmica X aceitabilidade do movimento do ar	65
Gráfico 17: Preferência dos usuários com relação a velocidade do ar.....	65
Gráfico 18: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 21°C	66
Gráfico 19: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 23°C	66
Gráfico 20: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 24°C	67
Gráfico 21: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 25°C	67
Gráfico 22: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 26°C	68
Gráfico 23: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 27°C	68
Gráfico 24: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 28°C	69
Gráfico 25: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 29°C	69
Gráfico 26: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 30°C	69
Gráfico 27: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 31 °C.....	69
Gráfico 28: Distribuição dos ocupantes, entre habituados e não habituados ao ar condicionado	70

Gráfico 29: Locais com ar condicionado onde os ocupantes habitualmente permanecem	70
Gráfico 30: Preferência por modo condicionamento	71
Gráfico 31: Preferência por movimentação do ar com relação a habituados e não habituados ao uso de ar condicionado	72
Gráfico 32: Sensação térmica com relação aos usuários habituados e não habituados ao uso de ar condicionado	72
Gráfico 33: Sensação térmica dos usuários habituados ao uso do ar condicionado.	74
Gráfico 34: Sensação térmica dos usuários não habituados ao uso do ar condicionado	74
Gráfico 35: Preferência térmica dos usuários habituados ao uso do ar condicionado	75
Gráfico 36: Preferência térmica dos usuários não habituados ao uso do ar condicionado	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estratégias de projeto para Vitória	32
Quadro 2: Características individuais dos usuários.....	41
Quadro 3: Características de vestimenta dos usuários	41
Quadro 4: Votos de sensação térmica	42
Quadro 5: Preferências de climatização e exposição prévia	42
Quadro 6: Protocolo de realização do estudo de campo.....	46
Quadro 7: Determinação do coeficiente A conforme a velocidade do ar.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Determinação da Tmpe conforme indicado pela Ashrae Standard (2013).....	50
Tabela 2: Quantitativo de votos na pesquisa de campo.....	52
Tabela 3: Estatística descritiva da população estudada.....	53
Tabela 4: Variáveis ambientais internas.....	54
Tabela 5: Variáveis ambientais externas.....	55

LISTA DE SIGLAS

AC – Ar-condicionado

BC – Biblioteca Central

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ES – Espírito Santo

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO – International Organization for Standardization

NBR – Norma

NV – Naturalmente ventilado

PIB – Produto Interno Bruto

PPGAU – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

PPGEC – Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Civil

RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória

T_{ar} – Temperatura do ar (°C)

T_{globo} – Temperatura de globo negro (°C)

T_{mpe} – Temperatura média predominante externa (°C)

T_{op} – Temperatura operativa (°C)

T_{rm} – Temperatura radiante média (°C)

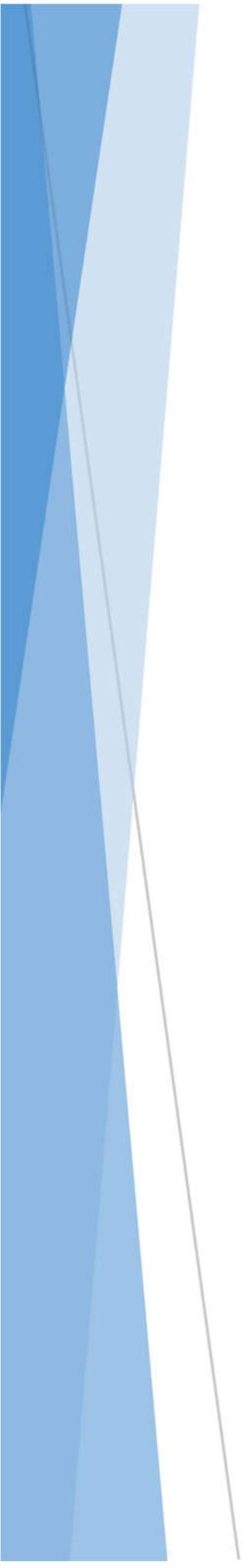
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UR – Umidade relativa do ar (%)

V_{ar} – Velocidade do ar (m/s)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2	MÉTODO DE PESQUISA	17
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO	20
2.1.1	CONFORTO ADAPTATIVO	22
2.2	MOVIMENTO DO AR	27
2.3	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE VITÓRIA /ES	30
3	METODOLOGIA	34
3.1	CARATERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO E AMBIENTE ANALISADOS	34
3.2	ESTUDO DE CAMPO	37
3.2.1	INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E VARIÁVEIS AMBIENTAIS	37
3.2.2	QUESTIONÁRIOS	40
3.2.3	PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO E APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS	43
3.3	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	47
3.3.1	CÁLCULO DA TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA (TRM)	47
3.3.2	CÁLCULO DA TEMPERATURA OPERATIVA MÉDIA (TOP)	48
3.3.3	CÁLCULO DA TEMPERATURA MÉDIA PREDOMINANTE EXTERNA (TMPE)	49
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS	52
4.2	VARIÁVEIS AMBIENTAIS	53
4.3	VARIÁVEIS AMBIENTAIS E PERCEPÇÃO TÉRMICA DOS USUÁRIOS	58
4.4	INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO AO AR CONDICIONADO	70
5	CONCLUSÕES	78
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	79
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE	88



INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia é um tema que tem despertado a preocupação de diversos pesquisadores e autoridades em quase todo o mundo. No Brasil, os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2018, ano base 2017, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (2018), registrou uma leve progressão no consumo de energia de 0,9% em relação ao ano anterior, justificado pela retomada do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). No âmbito global, o Quinto Relatório de Avaliação Grupo de Trabalho III do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) indica que, caso não sejam tomadas medidas mitigadoras, o consumo de energia nos edifícios pode duplicar e potencialmente triplicar até 2050, em comparação com os níveis atuais.

Além da questão do consumo energético, estudos apontam que as pessoas passam aproximadamente 90% do tempo no interior de ambientes construídos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2018) e estes locais necessitam promover o conforto a seus ocupantes. Dessa forma, a busca por edificações que demandem menor consumo de energia tem se tornado cada vez mais comum nos últimos anos. Neste contexto, o uso da ventilação natural destaca-se como importante estratégia para propiciar o conforto térmico e melhorar a qualidade do ar em ambientes internos, com o mínimo ou nenhum consumo energético.

Destaca-se, também, a preocupação com a demanda de pico, haja vista que no Brasil, em janeiro de 2015, houve a interrupção na distribuição de energia elétrica em dez estados e no Distrito Federal. Neste período, a demanda de energia elétrica ficou bem acima do programado e o uso do ar condicionado foi apontado como um dos principais responsáveis por esta carga (ONS, 2015). Conforme informa a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019) em junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2018, houve a utilização da denominada “bandeira tarifária vermelha” na conta de energia elétrica. Esta tarifa é mais cara e é utilizada quando é necessário o uso de usinas térmicas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019).

Outro fator importante é que o uso demasiado do ar condicionado está associado a uma forma de vício, no qual, quanto mais o usuário permanece em ambientes com condicionamento artificial, maior é seu desejo de permanecer nesses espaços e conseqüentemente, maior é sua intolerância às temperaturas mais altas (DE VECCHI;

CÂNDIDO; LAMBERTS, 2012). Embora o uso de condicionamento artificial implique no uso de grande quantidade de energia para proporcionar conforto aos usuários, de acordo com os estudos da *International Facility Management Association* (IFMA, 2009) nesses espaços ocorrem os maiores níveis de reclamações relacionados ao conforto térmico, uma vez que, por problemas na movimentação do ar frio ou características pessoais, algumas pessoas relatam a sensação de frio nestes ambientes.

Com relação à saúde humana, a permanência em locais fechados que não proporcionam uma adequada renovação do ar também desperta preocupação. A concentração de alguns poluentes são, frequentemente, de 2 a 5 vezes superior às concentrações em locais abertos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2018). Além disso, pesquisadores da área de fisiologia humana afirmam que a constante utilização do condicionamento artificial atrai implicações indiretas, como por exemplo, o ganho de peso (VAN MARKEN LICHTENBELT, 2011).

Observa-se que muitos estudos publicados relacionam o uso da ventilação natural e mecânica com o aumento do conforto e a aceitabilidade por parte dos usuários em climas quentes (CÂNDIDO et al. 2011; DE VECCHI et al. 2012 MISHRA E RAMGOPAL 2014; HAMZAR et al. 2016; BUONOCORE et al. 2018). Esses estudos alertam, ainda, para a importância de se avaliar o desempenho de edifícios por meio de medições específicas *in loco* e questionários aplicados aos ocupantes.

Neste contexto, a pesquisa foi direcionada para avaliar as condições de conforto térmico dos ocupantes de uma parcela de ambiente educacional naturalmente ventilado, identificando os fatores de influência e, conseqüentemente, as variáveis arquitetônicas que podem interferir no melhor desempenho da edificação.

1.1 Objetivos

O objetivo principal desta pesquisa foi identificar a influência da temperatura operativa e da velocidade interna do ar na sensação de conforto térmico dos usuários de um ambiente educacional na cidade de Vitória/ES, cujo clima é classificado como tropical quente e úmido.

1.1.1 Objetivos Específicos

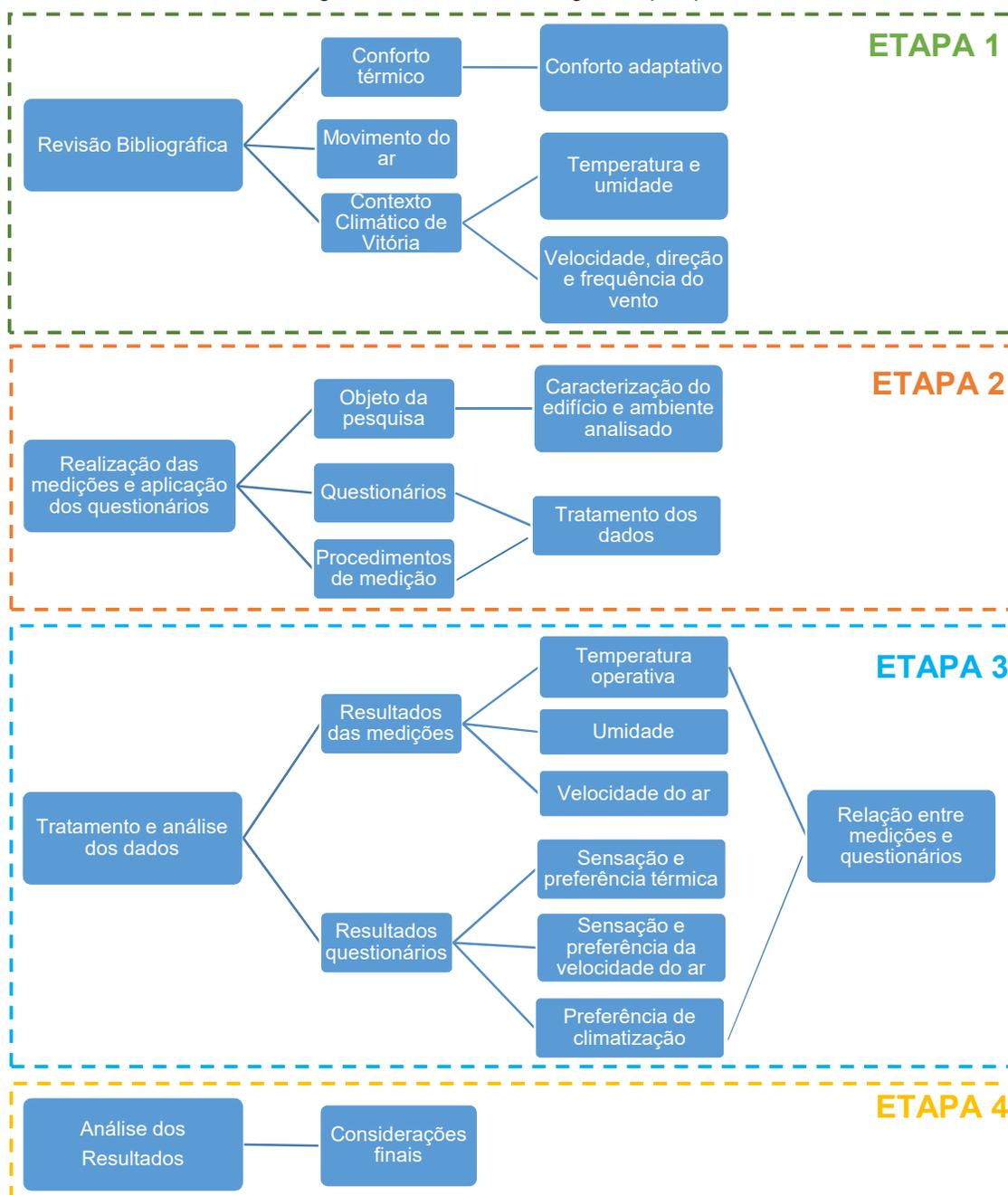
Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Avaliar, por meio da temperatura e velocidade do ar, as condições de sensação térmica dos ocupantes do ambiente;
- Analisar o impacto da exposição prévia dos usuários a ambientes condicionados em sua preferência térmica e do movimento do ar;

1.2 Método de pesquisa

Para melhor compreensão dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, foi elaborado o fluxograma (Figura 1) que demonstras as etapas realizadas.

Figura 1: Síntese metodológica da pesquisa



Fonte: O autor (2019).

1.3 Estrutura da dissertação

O desenvolvimento da dissertação está estruturado em seis capítulos, conforme descrito a seguir:

O **capítulo 1** refere-se à introdução, contendo a contextualização da pesquisa, objetivos geral e específicos, método de pesquisa e sua estrutura.

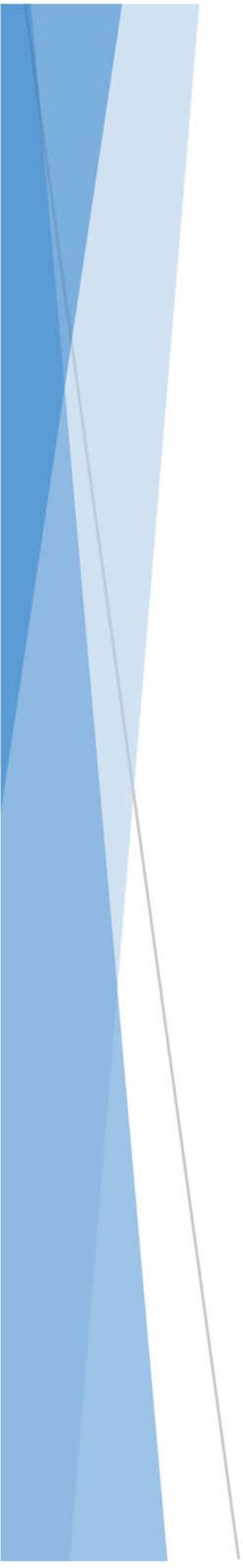
O **capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica dos temas principais abordados nesta pesquisa, tais como a influência das variáveis ambientais internas, conforto térmico, conforto adaptativo, as características para a utilização do movimento do ar e a contextualização do clima da cidade de Vitória.

O **capítulo 3** contempla a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados, caracterizando o objeto de estudo, os instrumentos e procedimentos de medição, questionários e procedimentos de aplicação, além do tratamento e análise dos dados coletados.

O **capítulo 4** apresenta os resultados e as discussões dos dados obtidos nas etapas de medição *in loco* e aplicação dos questionários, correlacionando os resultados de ambos e destes com o embasamento conceitual.

O **capítulo 5** contempla as conclusões obtidas pela análise dos resultados, as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

Ao final da dissertação são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho, e posteriormente, os apêndices contendo o questionário aplicado e o formulário elaborado no *Google* Formulários para compilação dos resultados.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa da pesquisa consiste na contextualização e elaboração de um referencial teórico a respeito do conforto e desempenho térmico no ambiente construído. Foram analisados, principalmente, estudos de campo que monitoravam variáveis ambientais internas e pesquisavam quais as sensações e preferências dos ocupantes. Devido à proximidade com o estudo de campo realizado nessa pesquisa, foram priorizadas investigações ocorridas em ambientes com utilização da ventilação natural. Por fim, realizou-se a caracterização climática da cidade de Vitória/ES, local onde foi desenvolvida a pesquisa.

A fim de organizar os assuntos, dividiu-se a revisão nos seguintes temas principais: conforto térmico no ambiente construído; ventilação natural; e contexto climático de Vitória/ES.

2.1 Conforto térmico no ambiente construído

Conforto térmico, é definido pela ASHRAE *Standard 55* (2013, p.4) como um “estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Já a norma brasileira NBR 15220:1 (ABNT, 2005a, p.5) conceitua o termo como “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”.

A sensação de conforto térmico segundo De Vecchi (2011) é essencialmente subjetiva, depende da percepção, expectativa e preferência de cada indivíduo. Dessa forma, um ambiente pode estar confortável, quente ou frio, conforme as características de cada pessoa. Considerando essas diferenças de cada indivíduo, torna-se muito difícil satisfazer a todos ocupantes, uma vez que as condições exigidas para conforto não serão as mesmas (ASHRAE, 2013). Desse modo, percebe-se que o conforto térmico envolve variáveis humanas (subjetivas) e climáticas (ambientas).

Os estudos relativos à avaliação do conforto térmico tiveram como referência inicial os estudos de Povl Ole Fanger na década de 1970 com experimentos na Dinamarca. Suas equações e métodos são ainda mundialmente utilizados e foram base para a elaboração de normas importantes, como a ANSI/ASHRAE 55 (1992), tendo a última atualização em 2013 e a ISO 7730 (1984), sendo sua última atualização feita em 2005 (DE VECCHI 2011).

Destaca-se, também, as questões relacionadas a aceitabilidade e à preferência em relação ao conforto térmico. Esses conceitos se relacionam, haja vista que um indivíduo pode não estar em total conforto térmico, mas indica que o ambiente está termicamente aceitável, apesar de sua preferência ser por mais aquecido ou mais resfriado.

Diversas pesquisas sobre conforto térmico em ambientes reais – não controlados pelos pesquisadores – e naturalmente ventilados, identificam que a maioria dos votos dos usuários é de “neutro” ou “levemente calor”. Essa situação foi identificada em pesquisas com temperatura interna que variaram entre 25 °C a 35 °C em salas de aula de universidades e escritórios (CÂNDIDO *et al.*, 2011; MISHRA e RAMGOPAL, 2014; KUMAR *et al.*, 2016; HAMZAR *et al.*, 2016; GRUPTA *et al.*, 2016; BUONOCORE *et al.*, 2018).

Já ao analisar a preferência térmica em função do voto de sensação térmica, verificou-se que houve entre 30 e 50% de preferência por maior resfriamento quando a resposta de sensação térmica foi “neutro” (MISHRA e RAMGOPAL, 2014b; KUMAR *et al.*, 2016; LU *et al.*, 2018) e mais de 80% de preferência por maior resfriamento quando a sensação foi de “levemente com calor” (MISHRA e RAMGOPAL, 2014b; LU *et al.*, 2018), pesquisas também realizadas em salas de aula de universidades e escritórios.

Nas pesquisas de Mishra e Ramgopal (2014) e Hamzah e outros (2016), em salas de aula naturalmente ventiladas, o conforto térmico dos usuários foi medido em função de uma escala com sete itens, que considera três pontos centrais como confortáveis (“confortavelmente frio”, “confortável” e “confortavelmente quente”), designada como escala de Bedford. Nos dois trabalhos, a opção “confortavelmente quente” foi a mais frequente, com 43% dos votos. Somando os votos nos três pontos centrais da escala, registrou-se 86% de estudantes confortáveis em ambos os casos, valor significativo levando-se em consideração as condições de elevado calor (temperaturas operativas internas entre 22 e 35 °C).

Diante dos estudos apresentados, realizados em clima tropical, em ambientes naturalmente ventilados, em ambientes de estudo ou escritórios, é possível compreender que as pessoas participantes das pesquisas esperam por ambientes internos mais resfriados, embora aceitem condições internas com elevadas temperaturas.

2.1.1 Conforto adaptativo

Segundo Buonocore (2018), a abordagem adaptativa de conforto térmico foi elaborada ao longo de décadas de estudos sobre a percepção térmica humana em ambientes internos reais, em complemento à abordagem analítica proposta por Fanger na década de 70 do Século XX. O relatório ASHRAE RP-884 do ano de 1997 (DE DEAR *et al.*, 1997) trata do desenvolvimento de um modelo adaptativo de conforto que tem como base diversas pesquisas de campo em ambientes reais em vários países. Esse relatório foi um importante embasamento para a utilização da abordagem adaptativa de conforto térmico na norma americana ASHRAE 55, a partir da versão de 2004. O relatório sugere que além dos processos de termo regulação, propostos por Fanger em 1970, as componentes comportamental e psicológica da adaptação também têm influência sobre a percepção térmica dos usuários.

A ASHRAE (2013), por sua vez, define modelo adaptativo como aquele que relaciona a temperatura interna, ou gamas de temperatura aceitáveis, com os parâmetros meteorológicos ou climatológicos externos.

A pesquisa que gerou o relatório ASHRAE RP-884 (DE DEAR *et al.*, 1997) citado anteriormente, baseia-se em três pontos principais (Figura 2):

- Comportamentais: são as modificações conscientes e inconscientes das pessoas, que por sua vez pode modificar o fluxo de calor e massas que regem o equilíbrio térmico. Estes ajustes podem ser divididos em subcategorias, que são: ajuste pessoal (roupa, alimentação, postura, atividade), ajuste tecnológicos ou ambiental (abrir/fechar janelas, ligar ventiladores), ajustes culturais (alterações de horários, vestimentas);
- Fisiológicos: são mudanças nas respostas fisiológicas, que resultam da exposição a fatores ambientais térmicos, e que levam a uma diminuição gradual da tensão criada por tal exposição. Pode ser dividida em: adaptação genética (alterações que se tornaram parte da herança genética de um indivíduo ou grupo de pessoas) e aclimatação (mudanças no sistema de termorregulação fisiológica durante um período de dias ou semanas);
- Psicológicos: são a percepção e a reação do indivíduo a informações sensoriais. As percepções são diretas e significativamente atenuadas pelas experiências e expectativas do clima interno. Esta forma de adaptação pode

ser comparada ao hábito ou exposição repetida, que leva à diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente.

Figura 2: Os três componentes da adaptação ao clima interno



Fonte: Adaptado de ASHRAE RP 884, (DE DEAR *et al.*, 1997).

Com relação ao conforto adaptativo, Nicol e Humphreys (2002), afirmam que caso ocorram mudanças de temperatura que produza desconforto, as pessoas reagem de maneira a restaurar o conforto. O conforto adaptativo mostrou que os ocupantes desempenham um papel ativo na criação de suas próprias preferências térmicas, e a satisfação com um ambiente interno ocorre por meio de adaptação adequada (CÂNDIDO, 2010). A partir dessas informações, é possível concluir que as temperaturas de conforto são dinâmicas e podem variar frequentemente conforme o clima local.

A abordagem adaptativa também é baseada em uma adaptação psicológica, em que considera-se que em ambientes com climatização artificial os ocupantes tendem a esperar que a temperatura permaneça estável e agradável, e até mesmo o menor afastamento dessa expectativa é suficiente para alguma queixa. Por outro lado, os ocupantes de edifícios naturalmente ventilados esperam a variabilidade térmica, e de acordo com a teoria do conforto adaptativo, isto leva a uma ampliação da gama de temperaturas consideradas aceitáveis (DEAR, 2007).

Ainda com relação a dimensão psicológica da adaptação, Mishra e Ramgopal (2015a), realizaram pesquisas sobre conforto e aceitabilidade em salas de aula naturalmente

ventiladas em clima quente-úmido da Índia e identificaram relações entre as expectativas dos estudantes e a aceitabilidade térmica relatada por eles. Em um dia específico, embora a temperatura fosse 34 °C os níveis de aceitabilidade ficaram perto de 80%, enquanto em dias com 35 °C a aceitabilidade foi de 40%. A explicação encontrada nos relatos dos alunos é que nesse dia a ocorrência de chuva inesperada tornou o ambiente mais ameno. Como os estudantes esperavam um ambiente mais quente, o inesperado alívio causado pela chuva, aumentou a aceitação consideravelmente.

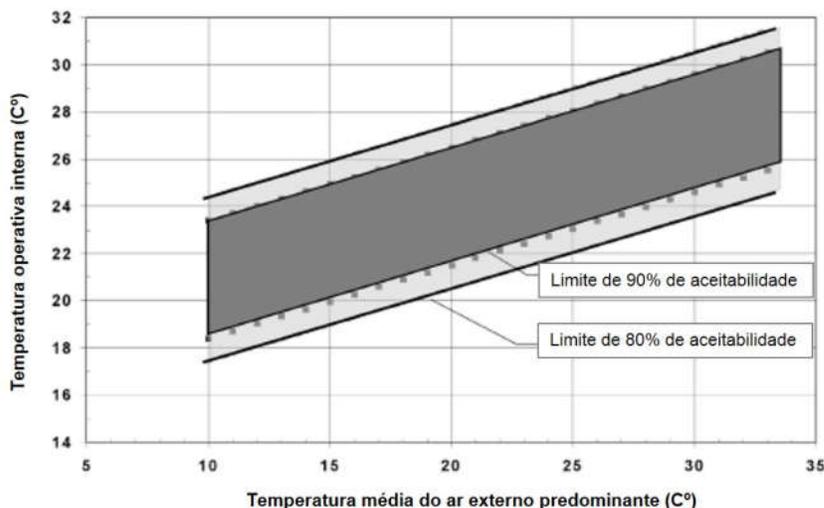
Sobre o ponto fisiológico, a pesquisa de Zhang e outros (2016), em região de clima quente-úmido na China, constatou a influência no componente de aclimação sobre as pessoas que responderam o questionário.

Os estudos apresentados anteriormente confirmam as ocorrências das três dimensões no processo de adaptação, ou seja, comportamental (ajustes/ações), fisiológica (aclimação) e psicológica (expectativas). A respeito de ambientes naturalmente ventilados, em alguns casos também em ambientes com climatização mista, controlados pelos ocupantes, nota-se que este atua ativamente sobre o próprio ambiente térmico a fim de buscar melhoria no conforto.

O modelo adaptativo adotado pela norma ASHRAE *Standard* 55 (2013) propõe uma relação linear entre a temperatura neutra interna, de ambientes naturalmente ventilados e controlados pelos usuários, com a temperatura média predominante externa. Essa relação aponta que a temperatura interna neutra aumenta de acordo com que a temperatura média predominante externa aumenta, fundamentado no princípio de adaptação ao clima local.

Na abordagem adaptativa da ASHRAE *Standard* 55 (2013), foram elaboradas faixas de aceitabilidade térmica cujos limites de $\pm 3,5$ °C para 80% de aceitabilidade térmica e $\pm 2,5$ °C de aceitabilidade térmica, onde o ocupante encontra-se em grau de conforto ou aceitabilidade de acordo com as possibilidades de adaptação térmica (Figura 3).

Figura 3: Modelo adaptativo de conforto térmico segundo a ASHRAE Standard 55 (2013)



Fonte: Adaptado de ASHRAE Standard 55 (2013).

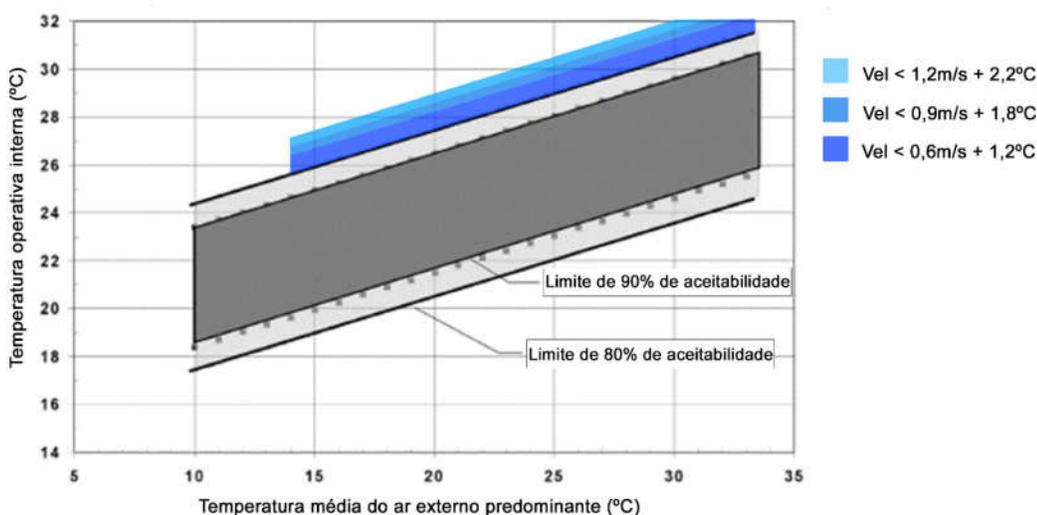
A aplicação desse gráfico é recomendada apenas para ambientes naturalmente ventilados, controlados pelos usuários e que contemplem as seguintes características (ASHRAE, 2013):

- Não há sistema de refrigeração mecânica (por exemplo, ar condicionado, resfriamento radiante ou resfriamento dessecante) instalado;
- Nenhum sistema de aquecimento está em operação;
- Ocupantes têm taxas metabólicas que variam de 1,0 a 1,3 met;
- Ocupantes são livres para adaptar suas roupas às condições térmicas interiores e / ou exteriores dentro de um alcance pelo menos tão largo quanto 0,5 a 1,0 clo; e
- A temperatura média predominante externa é maior que 10 °C e menor que 33,5 °C.

A abordagem adaptativa apresentada por meio de relação entre a temperatura interna neutra e temperatura média predominante externa, foi analisada na pesquisa de Halawa e Van Hoof (2012). Os autores citaram que a ausência de variáveis como a temperatura radiante média, umidade relativa do ar, velocidade do ar interno, taxa metabólica e isolamento da vestimenta no “modelo matemático” da abordagem adaptativa é questionada em outras pesquisas também.

No caso da velocidade do ar interno, tanto para espaços naturalmente ventilados ou mecanicamente condicionados, o efeito do resfriamento passou a ser contemplado no modelo adaptativo na revisão da ASHRAE *Standard 55* lançada em 2013, ajustando os limites de conforto quando o movimento do ar ocorre. Na Figura 4 está representada a alteração no limite superior de aceitabilidade térmica para o caso de ambientes naturalmente ventilados. Ressalta-se que para o caso da alteração do limite, o controle das variáveis do ambiente, janelas e ventiladores por exemplo, deve ser a grupos de, no máximo, 6 pessoas, ou a cada 84m² de área útil.

Figura 4: Alteração no limite superior de aceitabilidade térmica por meio da velocidade do ar segundo a ASHRAE Standard 55 (2013)



Fonte: Adaptado de ASHRAE Standard 55 (2013).

Outra importante norma de avaliação do conforto térmico em ambientes internos é a ISO 7730 que teve a sua última revisão em 2005. Essa norma é focada principalmente no modelo de Fanger, da década de 1970, e no cálculo do PMV/PPD. Porém, os índices PMV (*Predicted Mean Vote*, ou voto médio predito) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*, ou porcentagem predita de insatisfeitos) não são os mais indicados para ambientes naturalmente ventilados. Parkinson (2016), indica que os modelos de estado estacionário como PMV/PPD, apesar de oferecerem importantes contribuições para a compreensão do conforto térmico, nunca foram planejados para uso em condições dinâmicas, como é o caso de ambientes naturalmente ventilado.

Nos resultados da pesquisa de Buonocore e outros (2017) em ambiente naturalmente ventilado, o modelo PMV superestimou a sensação de leve frio dos ocupantes, a qual

não foi exprimida nos votos coletados por questionários. Os usuários responderam, em sua maioria, com votos de neutralidade térmica ou de leve calor, optando por permanecer dessa maneira e considerando a condição de movimento do ar interno aceitável.

Em outra pesquisa, De Vecchi (2015) também encontrou discrepâncias entre o método PMV e as respostas dos ocupantes, sendo novamente superestimada a sensação de frio a partir do método PMV em intervalos de temperatura mais baixas. Ainda segundo a autora, a inaplicabilidade deste método em ambientes com ventilação natural reforça a fundamentação teórica do modelo adaptativo.

A partir das pesquisas analisadas entende-se que tanto o modelo adaptativo como o modelo baseado em Fanger sejam válidos metodologicamente, porém, o que os distingue é o tipo de ambiente utilizado, controlado ou real. Adicionalmente, o modelo adaptativo favorece a maior consciência ambiental, uma vez que os ocupantes podem alterar o meio em que se encontram conforme suas preferências.

Outra característica também observada nas pesquisas é a adaptação dos ocupantes às condições climáticas locais. Tratando-se de clima quente, as pessoas que vivem em locais com essas características estão mais acostumadas a essa condição (CÂNDIDO *et al.*, 2011; BUONOCORE *et al.*, 2018; MISHRA e RAMGOPAL, 2014; KUMAR *et al.*, 2016; HAMZAH *et al.* 2016; LU *et al.*, 2018), logo, entende-se que os elevados percentuais de tolerância a ambientes naturalmente ventilados e com elevadas temperaturas se deva aos mecanismos de adaptação próprios.

2.2 Movimento do ar

O movimento do ar é um importante aliado para elevar os níveis de satisfação e conforto térmico dos ocupantes em climas quentes, promovendo as trocas térmicas por meio da convecção e evaporação entre o corpo e o ambiente (DE VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2013). Devido a esse motivo, é correto afirmar que o movimento do ar é muito importante também em climas úmidos, uma vez que a sensação de pele molhada é constante e propicia a sensação de desconforto dos ocupantes. Neste contexto, a ventilação natural configura-se como uma estratégia eficiente para resfriamento passivo de edifícios, promovendo a renovação do ar interior e o conforto dos ocupantes, auxiliando assim no bem-estar e produtividade (SACHT; LUKIANTCHUKI; CARAM, 2017). Ressalta-se que a contribuição do

movimento do ar na remoção do calor pode variar de acordo com a temperatura e a umidade, podendo eventualmente causar o efeito contrário (DE VECCHI, 2015).

A utilização da ventilação natural como forma passiva para amenizar o desconforto térmico é resultado da utilização de elementos construtivos adequados, tecnologias apropriadas e o aproveitamento dos condicionantes climáticos de cada região na produção das edificações, evidenciando a importância da ventilação natural como método eficiente na redução da condição de calor (NICO-RODRIGUES; ALVAREZ, 2011).

Cândido (2011), afirma que edifícios com ventilação natural proporcionam ambientes internos com índices mais altos de satisfação dos ocupantes e contribuem com os desafios de redução do uso de energia no setor da construção. De acordo com De Dear e Brager (2002), a ventilação natural contribui para a redução da necessidade de refrigeração mecânica de quatro maneiras: 1) remove diretamente o ar quente quando o ar de entrada estiver mais frio que o ar de saída, 2) reduz a sensação de calor dos ocupantes devido ao efeito de resfriamento do movimento do ar; 3) favorece resfriamento noturno do edifício; e 4) aumenta o intervalo aceitável de temperaturas através de adaptação psicológica, nos locais que os ocupantes têm controle direto das janelas operáveis.

A estimulação com o vento um único local da pele, como por exemplo a face ou o colo, é capaz de influenciar percepção térmica global. Além disso, o prazer térmico positivo pode ser alcançado quando as relações de contraponto entre as temperaturas locais e globais da pele são estabelecidas através da ventilação (PARKINSON, 2016). O autor também afirma que em decorrência do efeito de resfriamento causado pela velocidade do ar, é possível tolerar temperaturas até 4 °C mais elevadas, e quando se utiliza ventiladores, pode ser adicionado mais 2 °C.

Huang e outros (2013), compilaram resultados de diversas pesquisas, com medições realizadas em ambientes controlados, que consideraram diferentes limites de velocidade do ar em distintas partes do mundo (Figura 5). Ao analisar a Figura 5, é possível constatar que a partir do momento que a temperatura é elevada, também aumentam os limites aceitáveis para velocidade do ar, apesar de existir variação entre os limites de velocidade do vento para as semelhantes faixas de temperatura. Os autores também realizaram pesquisas em câmara climatizada com ventiladores em Pequim, na China, correlacionando sensação térmica, velocidade do ar e temperatura

do ar. Os resultados mostraram que velocidades acima de 0,80 m/s eram bem aceitas, principalmente quando se eleva a temperatura do ambiente (Figura 6). Cândido e outros (2011) confirmam que em condições climáticas quentes a sensação causada pela velocidade do ar, normalmente, é desejada pelos ocupantes.

Figura 5: Aceitabilidade de velocidade do ar em diferentes estudos e países.

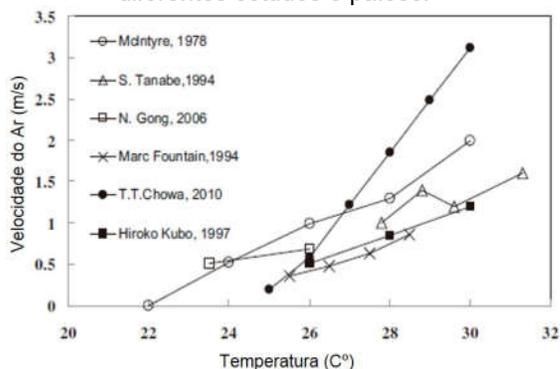
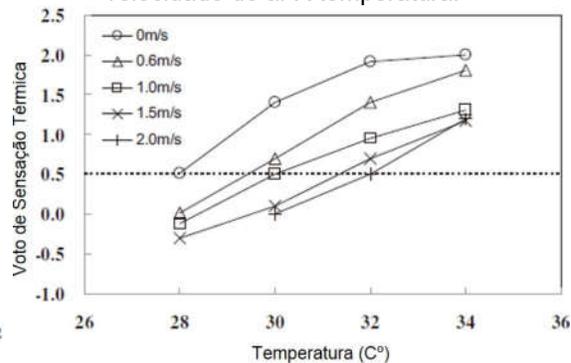


Figura 6: Votos de sensação térmica X velocidade do ar X temperatura.



Fonte: Adaptado de Huang et al., (2013).

As primeiras investigações a respeito da relação do movimento do ar sobre o conforto térmico foram realizadas em locais de clima frio, o que levou a relacionar como correntes de ar indesejadas pois intensificavam a sensação de frio. Dessa forma foram adotadas restrições com relação aos níveis de velocidade do ar recomendados em ambientes construídos (ISO 7730, 2005; ASHRAE Standard 55, 2013). Em locais com temperaturas elevadas (acima de 26 °C) o movimento do ar é importante para o alívio da sensação de calor, porém, é possível que elevadas velocidades do ar causem insatisfação ou desconforto devido a outros motivos, como ruído causado por ventiladores ineficientes ou deslocamento de papeis e pequenos objetos (ZHANG, Y. *et al.*, 2015).

Outra característica perceptível em climas quente e úmido são os elevados índices de umidade relativa do ar, que ocorrem em pelo menos uma estação do ano. O desconforto associado às altas taxas de umidade relativa do ar é sentido em climas quentes devido à redução da perda de calor pela respiração e pela evaporação do suor (JIN *et al.*, 2017). Os mesmos autores verificaram um significativo aumento de desconforto nos votos dos usuários quando a umidade relativa do ar estava acima de 70% a uma temperatura de 29 °C, sendo que neste experimento a velocidade do ar era mantida constante em uma velocidade muito baixa. Mishra e Ramgopal (2015) verificaram que os percentuais de desconforto dos ocupantes foram maiores quando

a temperatura interna ultrapassou 31 °C, porém, houve uma tendência maior de insatisfação quando a umidade do ar foi elevada. Diante desses resultados, entende-se que em elevadas temperaturas e umidade do ar, acima de 29 °C e 70% respectivamente, o movimento do ar tem sua eficácia limitada para contribuição na satisfação dos usuários.

O aumento da velocidade do movimento do ar em ambientes internos, incidindo nos usuários para que aconteça a perda de calor, depende de diversos fatores como um projeto arquitetônico com premissas de aproveitamento da ventilação natural, condição natural de ocorrência de ventos constantes e com velocidade considerável, além do entorno da edificação sem obstáculos e, preferencialmente, sombreado.

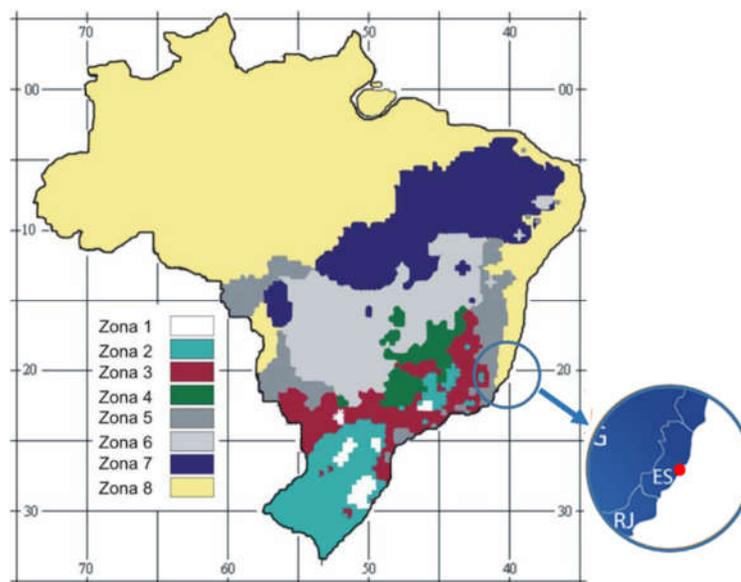
Diante desse cenário, o incremento da velocidade do ar com o uso de ventiladores mecânicos torna-se uma boa opção com baixo custo energético. Segundo Chow e outros (2010), o aumento na velocidade do ar pode promover os mesmos índices de conforto que a redução na temperatura e na umidade relativa do ar proporcionam através do uso de ar condicionado.

Diante do exposto, sobre a relação da temperatura e umidade com o movimento do ar, é possível perceber a importância da utilização da ventilação natural e, em alguns casos, o incremento da velocidade do ar com o uso de ventilação mecânica em ambientes de clima quente e úmido. É notório o potencial dessa estratégia, a fim de atenuar os efeitos das elevadas temperaturas e umidade relativa do ar, ainda que em situações de extremo calor é necessário a utilização de outras estratégias adicionais.

2.3 Caracterização climática de Vitória /ES

A cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, delimitação geográfica dessa pesquisa, está localizada na Latitude 20°19' e Longitude 40°20' (Prefeitura de Vitória,2018). De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro estabelecido na NBR 15.220 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), está inserida na Zona Bioclimática 8 (ZB8), conforme ilustra a Figura 7.

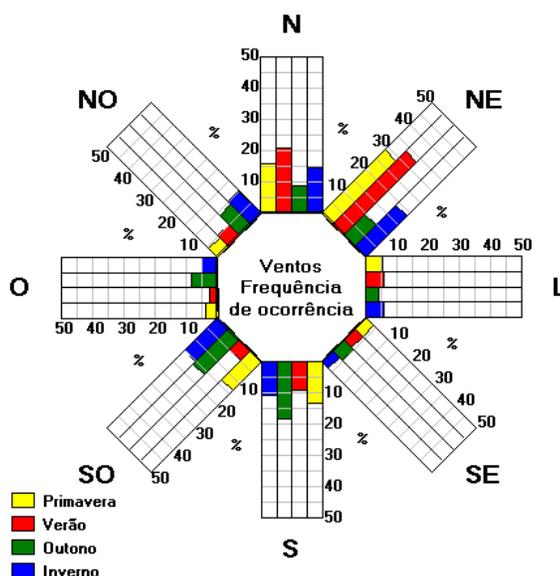
Figura 7: Zoneamento Bioclimático Brasileiro com a localização da cidade de Vitória



Fonte: Adaptado de Lamberts *et al.* (2014) e ETES (2019).

De acordo com a escala climática de Köppen-Geiger o clima de Vitória é classificado como tropical quente e úmido, está inserido no grupo climático A por apresentar temperaturas médias mensais $\geq 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOTTEK *et al.*, 2006). O clima também é caracterizado pela presença de uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno (INMET, 2019). A frequência da ocorrência dos ventos é predominantemente no quadrante nordeste (Figura 8).

Figura 8: Rosa dos ventos com a frequência de ventos na cidade de vitória



Fonte: Extraída do software analysis SOL-AR.

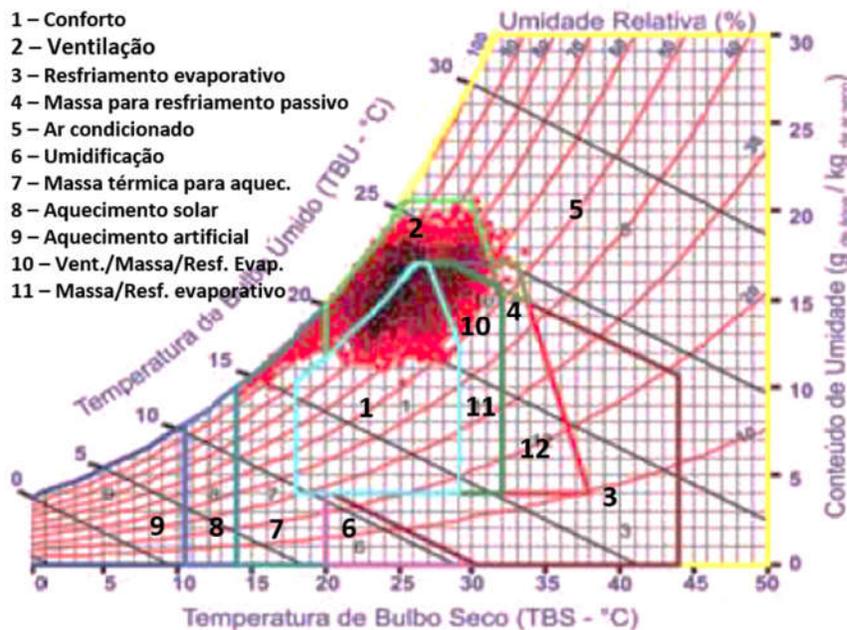
De acordo com Lamberts *et al.* (2014), a cidade de Vitória possui 82,1% das horas do ano em situação de desconforto, sendo 64% devido ao calor e 18% relativo ao frio. A respeito das estratégias projetuais, a ventilação é a mais indicada para atenuar o desconforto devido ao calor em até 56,9% das horas do ano, por outro lado o uso do ar condicionado é indicado em apenas 2,7% das horas do ano, e essas e demais estratégias são apresentadas no Quadro 1 e na Carta psicrométrica (Figura 9).

Quadro 1: Estratégias de projeto para Vitória

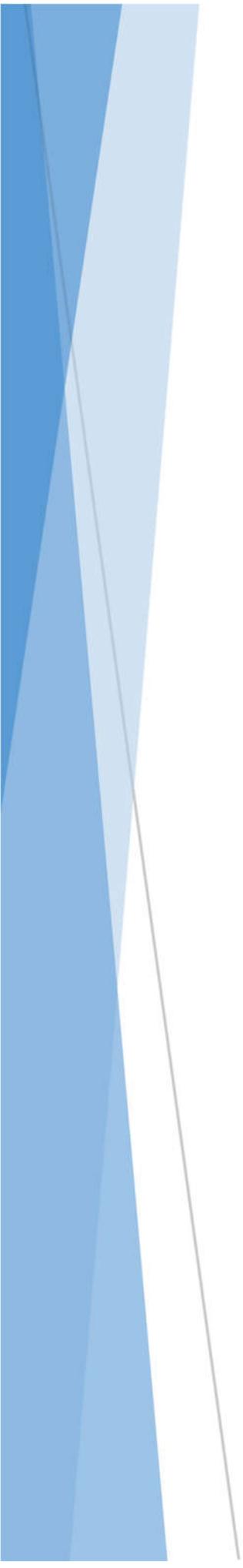
Conforto			17,80%
Desconforto	Calor	Ventilação	56,90%
		Resfriamento evaporativo	3,80%
		Massa térmica para resfriamento	0,10%
		Ar condicionado	2,70%
		Ventilação/massa térmica para resfriamento	0,40%
		Ventilação/massa térmica para resfriamento/resfriamento passivo	3,70%
		Massa térmica para resfriamento/resfriamento passivo	0,10%
	Frio	Massa térmica para aquecimento/aquecimento solar	17,80%
		Aquecimento solar passivo	0,10%

Fonte: Adaptado de LAMBERTS *et al.* 2014.

Figura 9: Carta psicrométrica para a cidade de Vitória



Fonte: Adaptado de LAMBERTS *et al.* 2014.



METODOLOGIA

3 METODOLOGIA

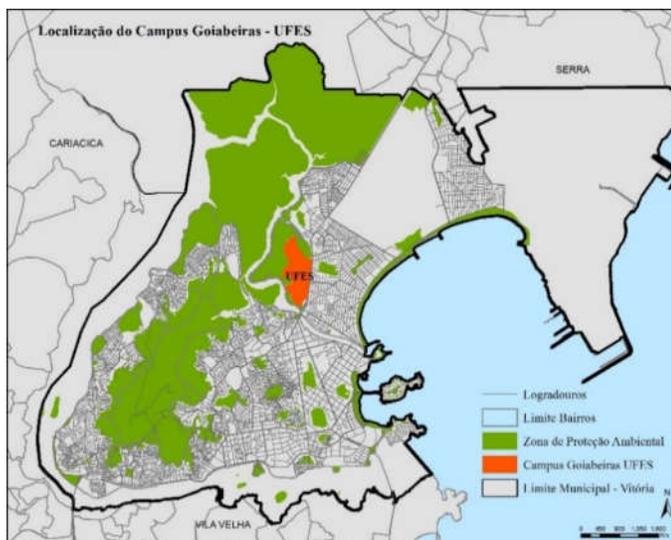
O presente capítulo aborda os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento deste trabalho, apresentando estratégias de pesquisa e métodos utilizados a fim de alcançar o objetivo geral e os objetivos específicos. Em síntese, os procedimentos metodológicos compreenderam as seguintes etapas:

1. Caracterização da edificação e ambientes analisados;
2. Estudo de campo com medições das variáveis ambientais internas e aplicação dos questionários;
3. Tratamento e análise dos dados.

3.1 Caracterização da edificação e ambiente analisados

A seleção do ambiente para a realização da pesquisa adotou como parâmetros o uso da ventilação natural e ocupantes que realizassem a mesma atividade. A edificação selecionada para o estudo é a Biblioteca Central (BC) da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) que está localizada no Campus Universitário Alair de Queiroz Araújo, também conhecido como Campus de Goiabeiras. O campus está localizado na cidade de Vitória, concentra a maior parte dos cursos de graduação e de pós-graduação, além dos principais setores administrativos da universidade (Figura 10).

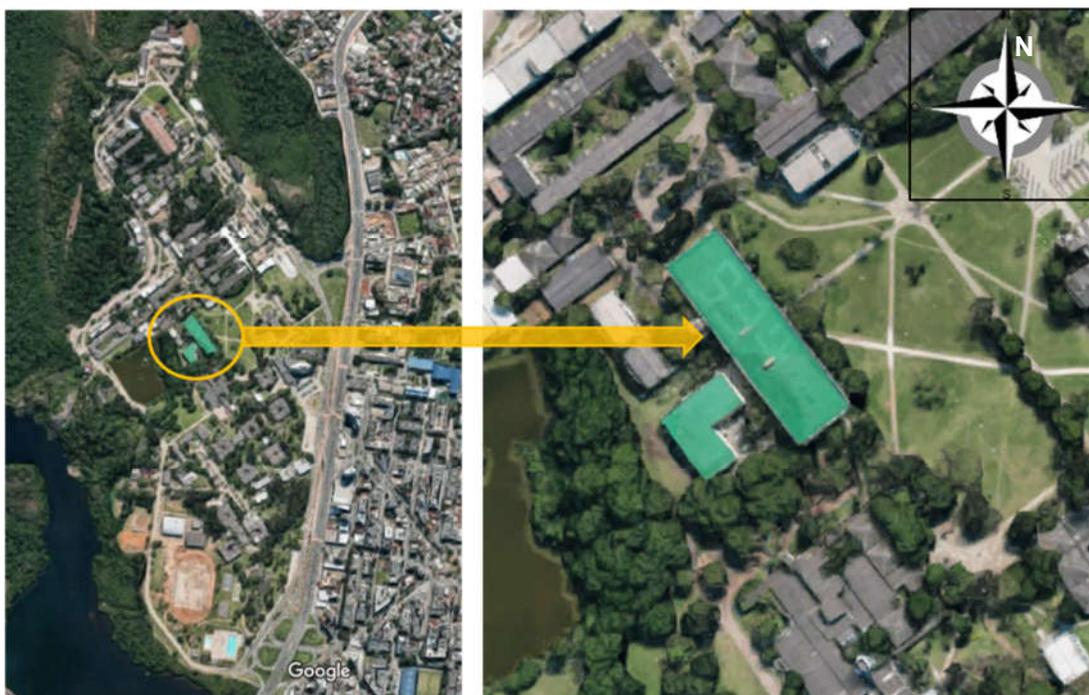
Figura 10: Localização do Campus de Goiabeiras em Vitória



Fonte: SILVA *et al.* (2018).

A biblioteca foi projetada pelo arquiteto Jose Galbinski, inaugurada em 1982, e recebeu o nome do professor Fernando de Castro Moraes, possuindo área total de 5.578m² (Sistema Integrado de Bibliotecas, 2019). Sua fachada principal está de frente a um largo gramado e, nas demais faces, é rodeada por edifícios de ensino de menor altura. Essas edificações possuem um afastamento considerável da biblioteca, menor cota de implantação e altura inferior à da BC, não interferindo de forma direta na ventilação e insolação do ambiente a ser analisado (Figura 11).

Figura 11: Localização da Biblioteca Central na Ufes



Fonte: Modificado a partir de Google Maps (2019).

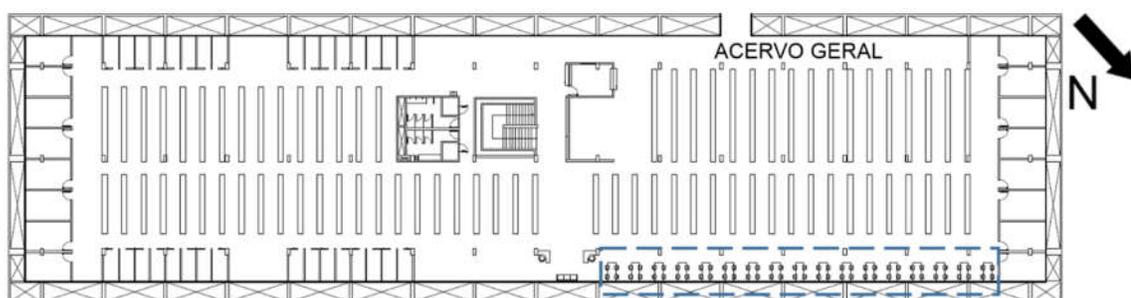
Além dos edifícios, existem algumas árvores no entorno, sendo algumas de médio e grande porte, auxiliando no sombreamento da edificação em determinados pontos, porém, em frente ao local analisado não existe arborização significativa e que interfira na ventilação e insolação do mesmo (Figura 12). A BC também conta com beiral de 2 metros em todo seu perímetro, que auxilia na proteção solar, reduzindo a incidência de radiação solar direta no interior dos ambientes (Figura 12). A parcela do ambiente selecionada para a pesquisa possui aproximadamente 100m², e situa-se no terceiro pavimento, com aberturas na fachada nordeste da edificação, no salão de acervo geral da biblioteca (Figura 13). Cabe ressaltar que essa orientação recebe maior frequência de ocorrência de ventos na cidade de Vitória (Ver item 2.3).

Figura 12: Vista da Biblioteca Central com localização do ambiente analisado



Fonte: O autor (2018).

Figura 13: Planta baixa esquemática do terceiro pavimento da BC com demarcação da parcela do ambiente de estudo analisado na pesquisa



Fonte: Adaptado a partir de planta cedida pela Prefeitura Universitária da Ufes (2019).

Com relação às vedações, as paredes são em alvenaria convencional, as esquadrias são em alumínio, o vidro incolor, do tipo basculante e fixo com o peitoril de 0,95m e altura de 2,35m, presentes em todo o perímetro da BC, o que permite ampla iluminação natural, além de renovação e circulação do ar. A parcela do ambiente analisado possui 17 mesas, com 4 cadeiras cada, 6 ventiladores de teto, recebe iluminação natural e artificial. As paredes são pintadas em cinza e os pilares, vigas e laje são em concreto aparente. O piso é em revestimento emborrachado, sendo a maior área da cor preta e em alguns pontos, vermelho. Próximo as mesas de estudos estão as prateleiras com o acervo geral de livros da biblioteca (Figuras 14 e 15).

Figura 14: Ambiente de estudo selecionado

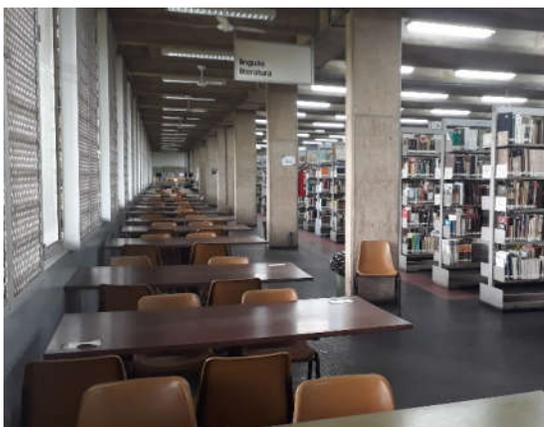
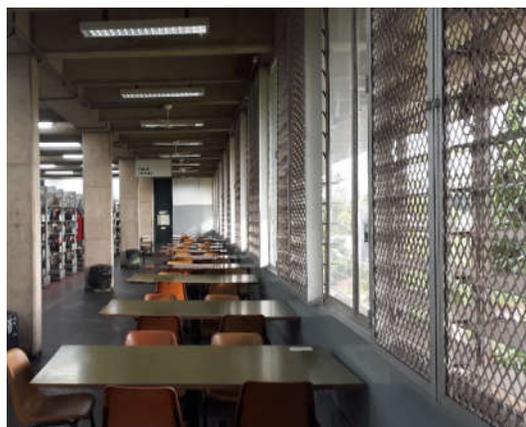


Figura 15: Ambiente de estudo selecionado



Fonte: O autor (2019).

3.2 Estudo de campo

Os estudos de campo contemplaram duas principais fontes para a obtenção de dados: as medições e a aplicação de questionários, conforme a seguir detalhado

3.2.1 Instrumentos de medição e variáveis ambientais

Para a realização das medições das variáveis ambientais foram utilizados equipamentos que atendem os requisitos das normas ASHRAE *Standard* 55 (2013) e ISO 7726 (1998), sendo eles os seguintes:

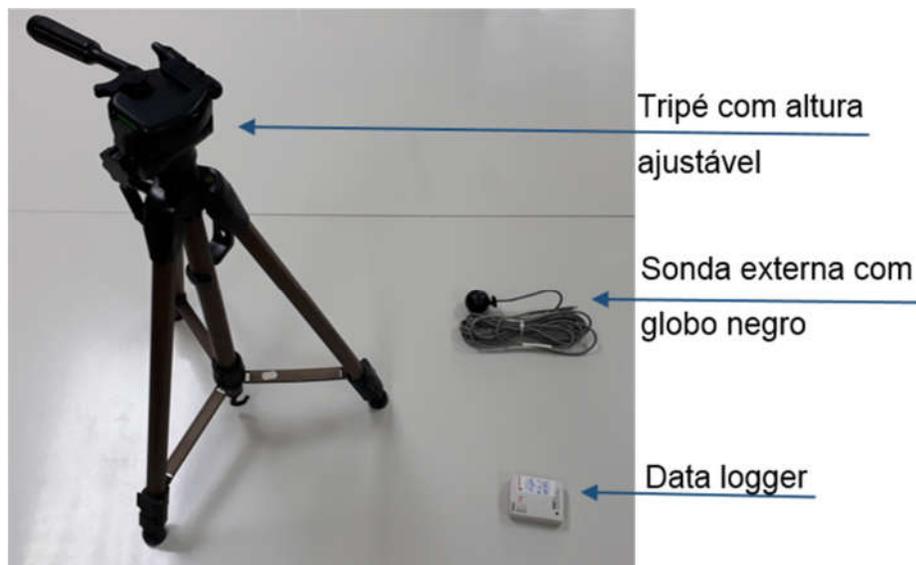
- *Data logger*, modelo HOBO U12-013, marca Onset;
- Sonda externa TMC20-HD, marca Onset, acoplada a um globo negro e ao data logger;
- Termo Anemômetro de fio quente modelo TAFR-200, marca Instrutherm.

O *Data logger* ONSET HOBO U12-013 e Sonda externa TMC20-HD com globo negro foi utilizado durante todas as medições para a aferição de dados de temperatura do ar (T_{ar} - °C), umidade relativa do ar (UR - %) e temperatura de globo negro (T_{globo} - °C), sendo que para a aquisição dessa última informação, foi necessário conectar o globo negro ao *data logger* utilizando a sonda externa. Esses equipamentos foram instalados em um tripé com altura ajustável (Figura 16). O data logger foi calibrado anteriormente ao início das medições.

Os dados das variáveis ambientais são armazenados no *data logger* e após a medição, o aparelho é conectado a um computador. Para tal, é necessária a instalação

de um *software* próprio, o Hoboware Pro, desenvolvido e fornecido pelo fabricante do equipamento.

Figura 16: *Data logger*, sonda externa com globo negro e tripé



Fonte: O autor (2019).

Conforme o fabricante, os intervalos de medição e precisão para cada variável são indicados abaixo:

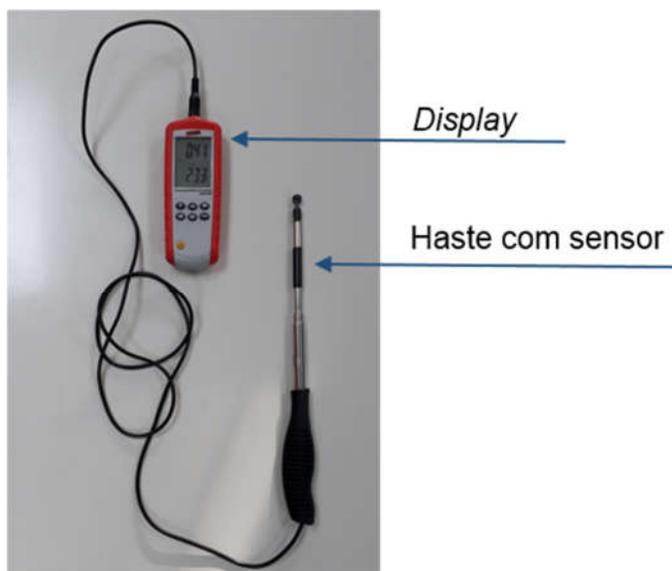
- Temperatura do ar (T_{ar} - °C): intervalo de - 20 a 70 °C, precisão de $\pm 0,35$ °C;
- Umidade relativa do ar (UR - %): intervalo de 10 a 90%, precisão de $\pm 2,5\%$;
- Temperatura de globo negro (T_{globo} - °C): intervalo de - 20 a 70 °C, precisão de $\pm 0,35$ °C.

Também foi utilizado um Termo anemômetro de fio quente, marca Instrutherm TAFR-200, que registra a velocidade (V_{ar} - m/s) e a temperatura do ar (T_{ar} - °C), porém na presente pesquisa ele foi utilizado exclusivamente para o registro da velocidade do ar, considerando que os equipamentos anteriormente descritos foram utilizados para as medições de temperatura.

O Termo anemômetro é composto por uma haste metálica ajustável com o sensor na extremidade e por um *display* digital que controla o acionamento e possibilita a visualização das medições no próprio equipamento (Figura 17). O equipamento foi adquirido para realização da presente pesquisa e veio calibrado de fábrica.

O sensor do aparelho é unidirecional, ou seja, mede a velocidade do ar em apenas uma direção de ventilação, nesse caso, na direção predominante do vento. Foram utilizados 2 equipamentos desse modelo, sendo um para registro da velocidade do ar próximo ao *datalogger*, a fim de se obter os dados para posterior elaboração da temperatura operativa do ambiente; e o outro, aplicado para realizar medições nas mesas de estudos que são utilizadas pelos ocupantes, a fim de se obter os dados para análise de aceitabilidade do ar.

Figura 17: Termo anemômetro de fio a quente



Fonte: O autor (2019).

Conforme o fabricante informa, os intervalos de medição e precisão para cada variável são indicados abaixo:

- Temperatura do ar (T_{ar} - °C): intervalo de 0 a 50 °C, precisão de ± 1 °C;
- Velocidade do ar no (V_{ar} - m/s): intervalo de 0,1 a 25 m/s, precisão de $\pm 5\%$;

Em relação às condições externas, a fim de calcular a temperatura média predominante, nos padrões da abordagem adaptativa de conforto térmico, foram obtidas as temperaturas do ar externo nos meses em que ocorreram o trabalho de campo. Os dados foram coletados no portal *online* do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 2019), que possui as informações das estações meteorológicas instaladas no Brasil. Para a presente pesquisa foi utilizada a estação meteorológica automática instalada no próprio Campus de Goiabeiras (Figura 18), localizada a aproximadamente 630m da biblioteca.

Figura 18: Informações sobre a estação meteorológica automática em Vitória



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019) e INMET (2019).

3.2.2 Questionários

Para a obtenção da percepção de conforto dos usuários do ambiente, foi adotado como principal instrumento de coleta um questionário (Apêndice A) com questões voltadas para a verificação da frequência das variáveis individuais dos usuários durante o trabalho de campo. O questionário foi elaborado baseado nas referências da norma ASHRAE *Standard* 55 (2013), Apêndice K e nas pesquisas de Cândido (2010) e De Vecchi (2015). As questões foram focadas nas sensações térmicas e aceitabilidade da velocidade do ar, exposição rotineira ou não a ambientes com ar condicionado, à preferência de climatização dos ambientes por parte dos usuários, dados antropométricos e vestimentas.

No início do questionário está o convite para participação e a apresentação da pesquisa, com informação a respeito da voluntariedade de participação e confidencialidade das informações, nome do responsável pela pesquisa e programa de pós-graduação, além do endereço eletrônico do pesquisador para contato, caso o respondente assim desejar.

Para facilitar a compreensão, marcação temporal, organização e posterior tratamento dos dados, o questionário foi dividido em 4 partes, sendo as partes 1 e 2 (Quadros 2

e 3) com informações a respeito das características dos usuários, destacando-se que essas informações são preenchidas no início da pesquisa.

Quadro 2: Características individuais dos usuários

Enunciado	Opções de resposta	Observação/Objetivo
Data	Questão aberta	Relacionar a hora de chegada na BC com a hora de início de preenchimento, a fim de resguardar o tempo de estabilização do metabolismo.
Hora		
Hora de chegada na BC		
Idade	Questão aberta	Características antropométricas que podem ser utilizadas no agrupamento e análise dos resultados.
Sexo		
Peso		
Altura		
Mora a quanto tempo na Grande Vitória?	Questão aberta	Análise sobre a influência da aclimação na percepção térmica.
Cidade onde morava antes da Grande Vitória		
Você concorda em participar deste estudo?	Questão aberta	Verificar a disponibilidade do ocupante.
Como você considera sua característica de humor e saúde hoje?	Bem-humorado/Tranquilo	Parâmetro de descarte de questionário em caso de resfriado/gripado, devido à possibilidade de interferência nas sensações térmicas.
	Mal-humorado/Ansioso	
	Saudável	
	Resfriado/gripado	

Fonte: O autor (2019).

Quadro 3: Características de vestimenta dos usuários

Enunciado	Opções de resposta	Observação/Objetivo
Vestimenta. Marque as peças de roupas que está usando nesse momento e acrescente o que faltar.	Baseado na ASHRAE 2013 e com opção para complementar.	Calculo do isolamento da vestimenta em unidade clo.

Fonte: O autor (2019).

No verso da folha encontram-se as partes 3, com perguntas a respeito de sensações térmicas, e 4 com questões a respeito de preferências e exposição prévia ao uso de aparelhos de ar condicionado (Quadros 4 e 5). A terceira etapa do questionário, sobre as sensações térmicas, foi denominada como “votos de sensações térmicas”, e foi solicitado que fossem respondidas a cada 20 minutos, enquanto eram realizadas medições e durante a permanência do usuário na mesa de estudo pelo período de, no máximo, 1 hora e 40 minutos (Quadro 4). Cada conjunto de respostas às três primeiras questões do questionário de sensações, Quadro 4, em um determinado instante corresponde a um voto.

Quadro 4: Votos de sensação térmica

Enunciado	Opções de resposta	Observação/Objetivo
Qual opção melhor representa como você se sente nesse momento?	Marcação de uma opção na escala sétima. Com muito frio; Com frio; Levemente frio; Neutro; Levemente calor; Com Calor; Com muito calor.	Identificar a sensação do usuário com relação ao ambiente térmico para posteriormente relacionar com as variáveis ambientais medidas.
Como você preferia estar se sentindo agora?	Mais aquecido; Não mudar; Mais resfriado.	Verificar a preferência térmica do usuário a fim de confrontar com a questão anterior e variáveis ambientais levantadas.
Como você se sente com relação à velocidade do ar (vento)?	Aceitável; Inaceitável Velocidade do ar insuficiente; Inaceitável Velocidade do ar muito alta.	Verificar a aceitabilidade do movimento do ar e relacionar com as variáveis ambientais aferidas.

Fonte: O autor (2019).

Na etapa final do questionário o usuário respondeu apenas uma vez as duas últimas questões, concluindo assim o preenchimento do questionário (Quadro 5).

Quadro 5: Preferências de climatização e exposição prévia

Enunciado	Opções de resposta	Observação/Objetivo
Se você pudesse escolher, qual desses tipos de climatização utilizaria neste ambiente agora?	Ventilação natural; Ventilação natural e ventiladores; Ar condicionado.	Verificar a preferência de climatização dos usuários.
Por quanto tempo (horas) você fica em ambientes com ar condicionado?	Questão com opções para completar em horas. Em casa; No trabalho/faculdade; No transporte.	Avaliar a influência de exposição térmica a ambientes com climatização artificial na avaliação do conforto, além de agrupar os indivíduos para correlacionar com as outras questões.

Fonte: O autor (2019).

3.2.2.1 Planejamento amostral

Foram considerados como população de referência nesta pesquisa, os ocupantes do local de estudo a ser analisado na Biblioteca Central, sendo o método utilizado o de amostragem aleatória simples (Equação 1). Neste mecanismo selecionou-se sequencialmente cada unidade amostral com igual probabilidade, de tal forma que

cada amostra tenha a mesma chance de ser escolhida (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). Dessa forma, foi considerada a população de referência de 122 usuários, definidos após realização de contagens *in loco* durante o período de uma semana, com um erro amostral $d = 0,05$, e como não era conhecida a variância (S^2) da população foi utilizado um S^2 de 0,25 (BARNETT, 2002). Adotou-se o nível de confiança de 95% para os cálculos e assim o tamanho amostral encontrado foi de 93 ocupantes. Porém o número total de questionários na pesquisa superou esse valor e chegou a 126 unidades. Esse quantitativo foi alcançado em virtude da realização das medições e aplicação de questionários em vários dias do ano, com a finalidade de se obter maior variedade das variáveis ambientais, e não na semana e contagem para a definição da amostra.

$$n \geq N \cdot \left[1 + N \cdot \left(\frac{d}{S \cdot za} \right)^2 \right]^{-1} \quad (1)$$

Onde:

n: tamanho da amostra

N: tamanho da população

d: erro amostral

S: variância da população

3.2.3 Procedimentos de medição e aplicação dos questionários.

A realização dos experimentos em campo foi baseada nas recomendações contidas na norma ASHRAE *Standard* 55 (2013), na ISO 7726 (1998) e na Base Brasileira de Dados em Conforto Térmico (CÂNDIDO *te al.*, 2008). Como a metodologia adotada nesta pesquisa consiste na associação entre as variáveis ambientais (temperatura operativa e velocidade do ar) e as respostas dadas pelos usuários em questionários de sensação térmica, as medições e aplicação dos questionários ocorreram concomitantemente.

Segundo Cândido e outros (2008), estudos de campo característicos da Classe 2 compreende o registro das variáveis ambientais para uma altura de medição e são bem-vindos no intuito de se obter uma amostragem maior. Na presente pesquisa foi adotada a altura de referência de 0,60 m do piso, indicada para medições em ambientes com pessoas sentadas (ISO 7726, 1998), desse modo, o tripé com o *data logger* e o globo negro e o termo anemômetro, utilizados para realizar cálculo da

temperatura operativa, foram instalados de forma que os sensores estivessem a essa altura (Figura 19). A localização do tripé e do termo anemômetro no ambiente atendeu ao critério de, no mínimo, 1 metro de distância para as superfícies vizinhas, como o mobiliário, paredes e esquadrias.

Figura 19: Equipamentos de medição no ambiente analisado



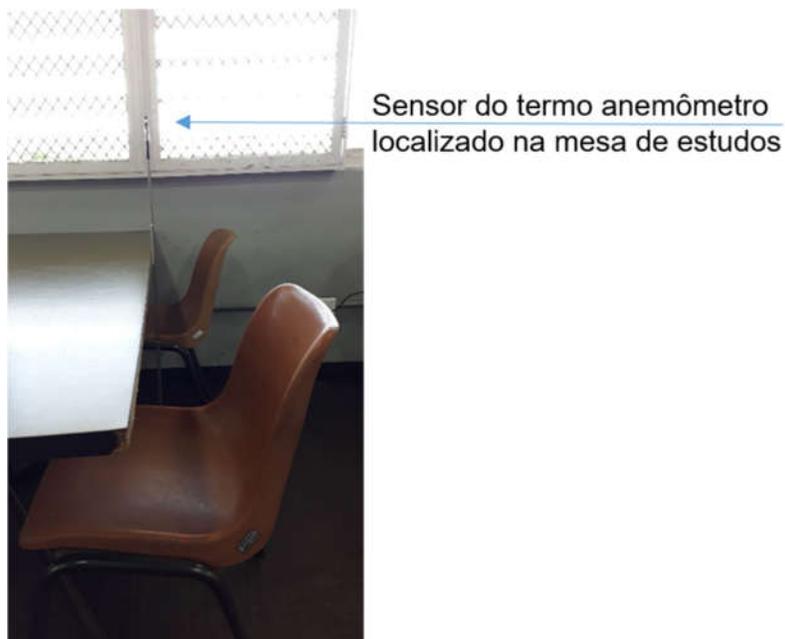
Fonte: O autor (2019).

Nos ambientes com ventilação natural, a velocidade do ar sobre os ocupantes normalmente é bem-vinda, recordando que se trata de clima tropical litorâneo em que o efeito da ventilação é mais significativo sobre a pele descoberta, pois facilita a troca de calor. Como exemplo, a pesquisa de Huang e outros (2013) coletou a velocidade do ar em torno da face do usuário e Buonocore e outros (2018) realizou a aferição a altura da face, colo e nuca dos ocupantes. No ambiente de estudo analisado, o mobiliário tende a interferir na passagem do fluxo de ar na altura de 0,60 m do piso, e dessa forma, a medição pontual de velocidade do ar foi coletada a altura de 1,10 m, aproximadamente à altura da face ou nuca dos ocupantes, conforme demonstrado na Figura 20.

Candido e outros (2008) recomendam que a medição de velocidade do ar realizada por termo anemômetro unidirecional deve ser auxiliada por sinalizadores de fumaça ou similares. Nessa pesquisa foi utilizado incenso, para a visualização da direção predominante do fluxo de ar pelo ambiente, e então realizado o posicionamento

adequado do equipamento. Devido ao odor, foi realizada a experiência com incenso em momento que não haviam usuários no ambiente, admitindo-se que o comportamento do ar seria predominantemente o verificado no experimento.

Figura 20: Termo anemômetro para medição pontual



Fonte: O autor (2019).

Com a finalidade de registrar o deslocamento do ar, foram realizadas fotografias. Com esses registros, foi possível posicionar o sensor do termo anemômetro perpendicularmente a direção predominante da ventilação natural (Figura 21).

Figura 21: Incenso para determinação da ventilação predominante



Fonte: O autor (2019).

Foram realizadas medições e aplicação de teste em dois dias nos meses de abril e maio, e após o refinamento do método, foi definido o protocolo para realização da pesquisa. A aplicação de questionários e medições válidas foram realizadas em oito meses do ano – junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro – a fim de obter informações com diferentes condições das variáveis ambientais. A coleta de dados foi realizada em diferentes horários durante o período de funcionamento da BC, entre 7 e 21 horas, com a finalidade de obter informações em diferentes condições climáticas e de distintos usuários.

Os equipamentos eram instalados nos locais previamente definidos, sendo aguardado o prazo de 30 minutos visando a estabilização dos sensores e do metabolismo dos ocupantes. Após esse período os alunos eram abordados e convidados a participar do experimento. Na abordagem era realizada uma breve explanação a respeito da pesquisa e solicitado que as perguntas sobre sensações térmicas fossem preenchidas com intervalos de 20 minutos, no máximo 6 vezes, enquanto estivessem nas mesas de estudos e disponíveis para a pesquisa. As medições de temperatura do ar e de globo negro foram realizadas a cada 5 minutos e as medições pontuais de velocidade do ar foram aferidas de 20 em 20 minutos, no momento em que os usuários preenchiam os questionários. Destaca-se que os ocupantes tinham liberdade de ações relacionadas à busca de adaptação térmica, tais como abertura e fechamento das janelas, acionamento dos ventiladores e mudanças na vestimenta.

A realização das medições e aplicação dos questionários foram realizados, resumidamente, conforme o Quadro 6:

Quadro 6: Protocolo de realização do estudo de campo

TEMPO	ATIVIDADES
Chegada ao local da pesquisa	Instalação, acionamento dos equipamentos e início da gravação dos dados. Anotação dos ocupantes já presentes.
Primeiros 30 minutos	Estabilização dos equipamentos. Estabilização do metabolismo dos ocupantes, 1,2 met, conforme tabela B1 do anexo B na ISO 7730/2005.
Após 30 minutos iniciais	Abordagem dos ocupantes e início do preenchimento dos questionários.
Durante todo período de permanência do pesquisador no ambiente de estudo (mínimo 2 horas).	Preenchimento dos questionários a cada 20 minutos. Medição pontual da velocidade do ar com o termoanemômetro.
Após preenchimento dos questionários e medições.	Recolhimento dos questionários. Finalização da gravação das variáveis ambientais.

Fonte: Elaborado com base nos estudos de Cândido *et al.* (2010a), De Vecchi (2015), Rupp *et al.* (2017) e Buonocore *et al.* (2018).

3.3 Tratamento e análise dos dados

Após realização do estudo de campo, as variáveis ambientais coletadas pelos instrumentos e os dados obtidos no portal INMET, foram registrados e organizados em planilhas eletrônicas elaboradas no Microsoft Office Excel. Após a organização das variáveis ambientais em planilhas eletrônicas, foi elaborado um formulário através do Formulários *Google* (Apêndice B) com as perguntas constantes no questionário e as variáveis ambientais, a fim de correlacionar as respostas com os valores das variáveis ambientais.

Algumas variáveis ambientais são intituladas como derivativas, por serem encontradas a partir dos valores das variáveis medidas *in loco* – temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), temperatura de globo negro (T_{globo}) e velocidade do ar (V_{ar}) –, tais como a temperatura operativa média (T_{op}) e temperatura radiante média (T_{rm}).

3.3.1 Cálculo da temperatura radiante média (T_{rm})

A temperatura radiante média é um valor que representa a troca de calor por radiação no ambiente real, considerando todas superfícies, e calor do corpo humano inserido nesse ambiente, de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005). Esse valor é calculado baseado na temperatura de globo negro, que representa a mesma quantidade de radiação térmica que seria trocada por um ambiente real. Dessa forma, a temperatura de globo negro obtida nas medições foi utilizada para o cálculo da T_{rm} .

Para determinar a T_{rm} primeiro é necessário calcular o coeficiente de troca de calor por convecção natural e forçada, que são determinados em função da velocidade do ar (coeficiente de troca de calor por convecção). Os cálculos dos coeficientes são obtidos por meio das equações 2 (convecção natural) e 3 (convecção forçada), essas equações são encontradas anexo B da norma ISO 7726 (1998). O cálculo desse coeficiente é para determinar qual equação será utilizada para o cálculo da T_{rm} .

$$hcg = 1,4 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad (2)$$

$$hcg = 6,3 \cdot \frac{V^{0,6}}{D^{0,4}} \quad (3)$$

Onde:

Hcg: coeficiente de troca de calor por convecção do globo

ΔT : diferença de temperatura ($T_{\text{globo}} - T_{\text{ar}}$) - °C

D: diâmetro do globo

V: velocidade do ar (m/s)

Após determinar o coeficiente de troca de calor por convecção natural e forçada, adota-se a convecção que obteve o maior resultado a fim de aplicar a respectiva equação para o cálculo da T_{rm} , equação 4 (convecção natural) e 5 (convecção forçada), essas equações também são apresentadas no anexo B da norma ISO 7726 (1998).

$$T_{\text{rm}} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 \cdot \sqrt[4]{|t_g - t_a|} \cdot (t_g - t_a)} - 273 \quad (4)$$

$$T_{\text{rm}} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273 \quad (5)$$

Onde:

T_{rm} : temperatura radiante média - °C

t_g : temperatura de globo negro (T_{globo}) - °C

t_a : temperatura do ar (T_{ar}) - °C

V: velocidade do ar (m/s)

3.3.2 Cálculo da temperatura operativa média (T_{op})

A temperatura operativa média pode ser definida como a temperatura no qual o ocupante poderia trocar, de forma combinada, a quantidade de calor por radiação e convecção em determinado ambiente (ABNT, 2005). A partir da Equação 6, constante no apêndice A da norma ASHRAE *Standard 55* (2013), é possível constatar que seu resultado é a ponderação dos valores de T_a e T_{rm} com relação a velocidade do ar:

quanto maior a velocidade do ar, maior será o efeito de convecção e, assim, menor o efeito da radiação (ver Quadro 7).

$$T_{op} = A.Ta + (1 - A).T_{rm}$$

(6)

Onde:

Top: temperatura operativa média - °C

A: coeficiente a ser determinado de acordo com a Tabela 9

Trm: temperatura radiante média - °C

Ta: temperatura do ar (Tar) - °C

Quadro 7: Determinação do coeficiente A conforme a velocidade do ar

Var	<0,2 m/s	0,2 até 0,60 m/s	0,6 até 1,0 m/s
A	0,5	0,6	0,7

Fonte: ASHRAE *Standard* 55 (2013).

3.3.3 Cálculo da temperatura média predominante externa (T_{mpe})

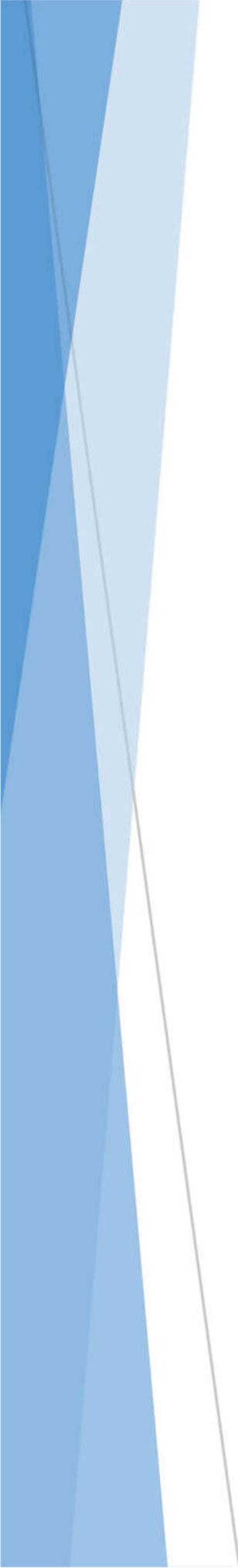
Conforme indica a ASHRAE *Standard* 55 (2013), a T_{mpe} é utilizada para a avaliação do ambiente selecionado pelo método indicado para ambientes naturalmente ventilados. Segundo a norma, a T_{mpe} pode ser calculada pelo método linear, ou seja, a média aritmética simples das temperaturas externas médias diárias, e devem ser levadas em consideração as temperaturas médias externas entre 7 e 30 dias que antecedem o dia do estudo de campo. Dessa forma, definiu-se por determinar a T_{mpe} considerando os 7 dias prévios à realização das medições.

A planilha *online* disponibilizada pelo INMET contém a temperatura do ar (bulbo seco) máxima e mínima registrada a cada hora. A partir desses dados, foi calculado, para cada um dos sete dias antecedentes à realização das medições, a média aritmética do valor máximo e mínimo. Com esses dois valores, foi realizada uma nova média e encontrou-se a temperatura média externa para cada dia. Com esses 7 valores, foi novamente calculada a média aritmética, encontrando a temperatura média predominante externa relativa a um dia do estudo de campo em um determinado dia. Pode ser verificado na Tabela 1 o exemplo de cálculo para o dia 21 de dezembro.

Tabela 1: Determinação da Tmpe conforme indicado pela Ashrae Standard (2013)

Determinação da Tmpe pelo método linear do dia 21 de dezembro de 2018.			
Dia	Temp. máxima (24h)	Temp. mínima (24h)	Temp. média (24h)
14 - Dezembro	28,25	26,99	27,62
15 - Dezembro	28,13	26,80	27,46
16 - Dezembro	27,64	26,44	27,04
17 - Dezembro	27,70	26,37	27,04
18 - Dezembro	28,34	27,15	27,74
19 - Dezembro	28,44	27,18	27,81
20 - Dezembro	28,80	27,65	28,22
Tmpe dia 21/Dez.			27,56

Fonte: O autor (2019).



ANÁLISE DOS RESULTADOS

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor compreensão da análise, a descrição dos resultados obtidos na pesquisa foi dividida em quatro etapas. Primeiramente foram apresentadas as características dos usuários envolvidos na pesquisa. Posteriormente, realizada a caracterização das variáveis ambientais e em seguida sua relação com a percepção térmica dos ocupantes. Por fim foi realizada a análise da relação entre os usuários habituados ou não com o uso do ar condicionado e suas preferências.

4.1 Caracterização dos usuários

Neste tópico são apresentadas as características da população pesquisada, bem como as estatísticas a respeito do preenchimento dos questionários (Apêndice 1). Ao total foram aplicados 159 questionários, porém 20 foram descartados por preenchimento errado ou falha durante a gravação das variáveis ambientais. Entre os 139 restantes, 13 foram excluídos pois os usuários se declararam gripados, sendo avaliado que esta condição de saúde interfere nas respostas. Dessa forma, ao final da pesquisa foram contabilizados 126 questionários válidos. Cada conjunto de respostas às três primeiras questões do questionário de sensações em um determinado instante corresponde a um voto, o que resultou em um total de 576 votos, apresentado por mês, de acordo com o demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantitativo de votos na pesquisa de campo

Mês	Nº Votos
Junho	81
Julho	42
Agosto	61
Setembro	104
Outubro	39
Novembro	214
Dezembro	12
Janeiro	23
Total	576

Fonte: O autor (2019).

A Tabela 3 demonstra os valores de média, mediana, desvio padrão, máximo, mínimo para os indicadores de idade, peso, altura e isolamento da vestimenta da população pesquisada. Dentre os 126 questionários válidos, 58 responderam ser do sexo feminino e 68 do sexo masculino. Destaca-se os baixos índices de isolamento da

vestimenta, média de 0,44 clo e mínimo de 0,23 clo, em virtude da maioria dos ocupantes utilizarem roupas leves e curtas, justificado pela flexibilidade de vestimentas em ambientes universitários e o clima local. Outro ponto também justificado pelo ambiente universitário é a idade média de cerca de 24 anos dos ocupantes.

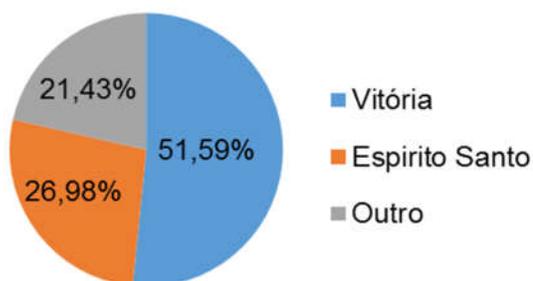
Tabela 3: Estatística descritiva da população estudada

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	Isol. vestim (clo)
Média	23,88	67,36	1,71	0,44
Mediana	22	67	1,71	0,46
Desvio Padrão	6,58	14,28	0,946	0,146
Mínimo	17	1,61	1,5	0,23
Máximo	57	115	1,92	0,83
Contagem	126	124	125	125

Fonte: O autor (2019).

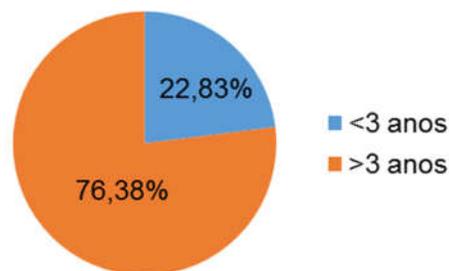
A naturalidade dos ocupantes e período que moram na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) são apresentados nos gráficos 1 e 2, sendo que aproximadamente 52% nasceram na RMGV e apenas cerca de 21% são de outros estados. Dentre os que não nasceram na RMGV, a maioria – 76% – moram na região a mais de três anos, permitindo indicar que já estão habituados às condições climáticas locais. Portanto, admite-se que a naturalidade não foi uma variável a impactar substancialmente os resultados desta pesquisa.

Gráfico 1: Distribuição dos usuários por naturalidade



Fonte: O autor (2019).

Gráfico 2: Distribuição dos usuários por tempo de moradia (em anos) em Vitória



Fonte: O autor (2019).

4.2 Variáveis ambientais

Na pesquisa de campo foram medidas as variáveis ambientais referentes ao microclima interno (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar) e com esses dados foram calculados os valores de temperatura radiante média e

temperatura operativa. A realização da pesquisa de campo durante 8 meses – de junho de 2018 a janeiro de 2019 – permitiu uma amplitude maior nos valores das variáveis ambientais, principalmente com relação à temperatura do ar, proporcionando análises das sensações térmicas dos ocupantes em variadas situações climáticas. A Tabela 4 apresenta resumidamente as variáveis ambientais obtidas no local selecionado, separando-as mensalmente durante o período da pesquisa. Destaca-se a temperatura do ar interno mínima de 21,03 °C em junho e máxima de 32,18 °C em janeiro, sendo que as médias variaram entre 24,52 °C e 30,3 °C.

Tabela 4: Variáveis ambientais internas

Temperatura do ar (°C)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	24,81	25,84	24,77	24,52	27,26	27,63	29,90	30,30
Mediana	24,65	26,41	25,05	24,68	26,40	27,90	30,65	30,32
Menor	21,03	23,03	23,30	22,85	25,82	24,41	25,21	28,67
Maior	27,38	27,28	26,48	25,72	29,89	31,33	31,79	32,18
Umidade Relativa do ar (%)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	69,22	62,11	69,58	71,15	72,74	67,83	61,78	60,19
Mediana	70,61	61,05	69,90	67,88	80,95	69,75	61,58	59,66
Menor	28,92	55,75	59,51	62,57	53,74	28,29	58,80	51,29
Maior	75,58	70,65	76,81	84,38	84,48	80,36	66,64	69,28
Velocidade do ar (m/s)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	0,40	0,42	0,31	0,58	0,86	0,66	1,20	0,88
Mediana	0,35	0,41	0,27	0,45	0,89	0,50	1,24	0,88
Menor	0,09	0,14	0,10	0,08	0,36	0,19	0,91	0,59
Maior	1,62	0,79	0,73	1,30	1,35	2,25	1,46	1,29
Temperatura operativa (°C)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	24,76	25,77	24,62	24,42	27,18	27,54	30,62	30,21
Mediana	24,58	26,35	24,83	24,56	26,33	27,80	30,74	30,29
Menor	21,03	23,12	22,88	22,67	25,71	24,43	28,96	28,57
Maior	27,38	27,35	26,48	25,55	29,89	31,22	31,73	32,25

Fonte: O autor (2019).

A Tabela 5 apresenta as variáveis ambientais externas e, conforme era esperado, as menores temperaturas médias se encontram no inverno, no mês de julho, com 21,81°C; e as maiores no verão, em janeiro, com 27,68 °C. Vale destacar que a

velocidade do ar foi mais alta no mês de janeiro, período quente em que a ventilação natural normalmente é desejada para alívio da sensação de calor.

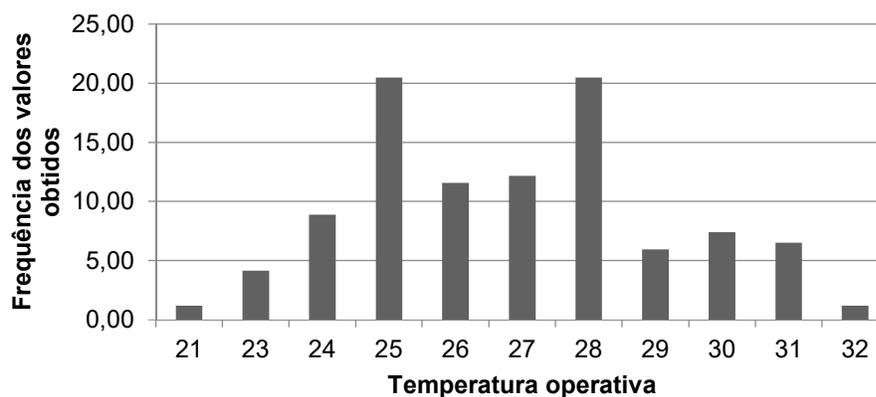
Tabela 5: Variáveis ambientais externas

Temperatura do ar externo (°C)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	22,52	21,81	21,99	23,5	24,27	24,76	25,96	27,68
Mediana	21,9	20,9	21,6	23,3	23,9	24,4	25,5	27,2
Menor	16,3	15,4	15,6	16,7	17,1	18,8	18,8	21
Maior	36,7	32	31,8	33,3	33,3	34,2	34,4	35,4
Umidade Relativa do ar externo (%)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	81,65	79,61	79,93	74,68	76,49	80,36	76,14	70,44
Mediana	84	83	82	77	78	82	78	72
Menor	44	32	34	34	38	40	39	34
Maior	98	97	97	96	96	97	96	96
Velocidade do ar externo (m/s)								
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
Média	1,32	1,38	1,42	1,75	1,81	1,59	1,78	2,09
Mediana	1,15	1,2	1,3	1,55	1,7	1,45	1,6	2
Menor	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Maior	3,6	4,1	4,3	1,75	5,4	4,6	4,6	4,8

Fonte: O autor (2019).

Ao analisar a frequência dos intervalos de temperatura operativa (Gráfico 3), verifica-se que os maiores valores se concentraram nas faixas de 25 °C e 28 °C.

Gráfico 3: Frequência dos valores de temperatura operativa

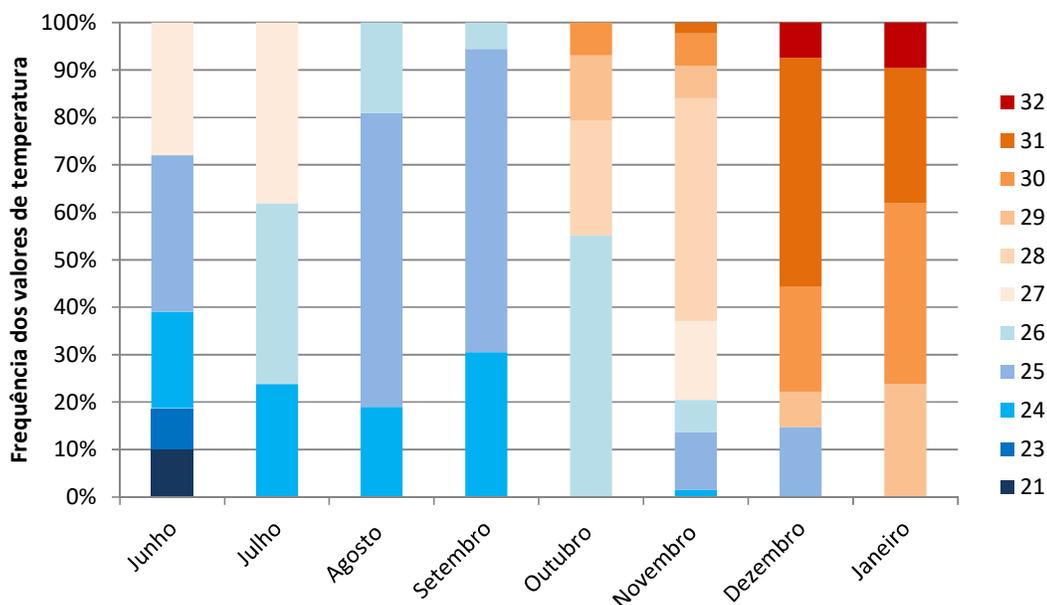


Fonte: O autor (2019).

Com os intervalos de temperatura operativa dispostos mês a mês e empilhados foi possível analisar a frequência de cada faixa de temperatura (Gráfico 4). A temperatura operativa obteve os menores índices registrados no mês de junho, mês onde o inverno

se inicia, enquanto os maiores valores foram encontrados no mês de janeiro, em pleno verão. Valores próximos a 24 °C foram encontrados nos meses de junho, julho, agosto e setembro e valores maiores, próximos a 29 °C foram registrados nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro. Destaca-se que em janeiro foram registradas as temperaturas operativas mais altas, sempre superiores a 29 °C.

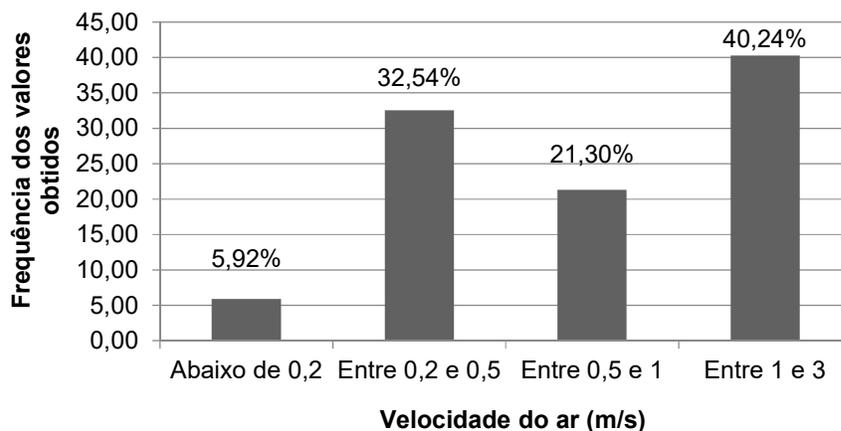
Gráfico 4: Valores de temperatura operativa mês a mês



Fonte: O autor (2019)

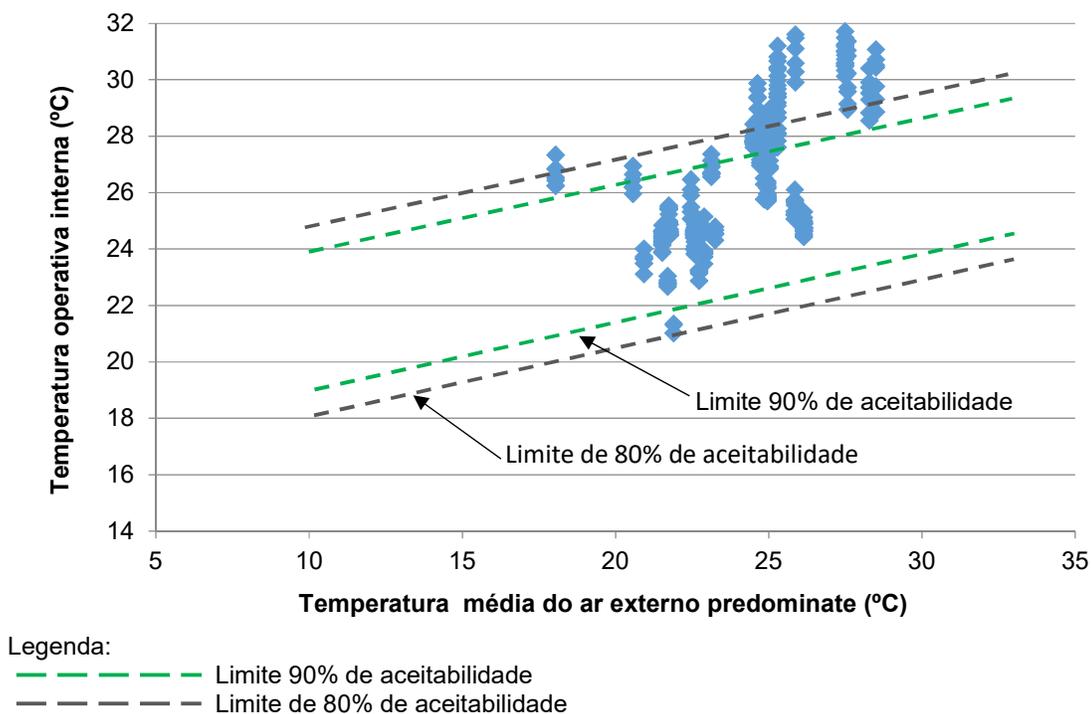
A fim de verificar a frequência de cada intervalo de velocidade do ar interno, foi elaborado o Gráfico 5. Observa-se que o intervalo de velocidade entre 1 e 3 m/s atingiu o maior percentual, cerca de 40%, ao passo que o intervalo com menores índices de velocidade alcançou apenas aproximadamente 6%. Esse dado é interessante uma vez que o movimento do ar incidindo nos ocupantes é desejável para o alívio da sensação de calor em climas tropicais e os registros indicam o potencial de uso da ventilação na região em questão. Conforme indicado no item 2.1.1, até a versão publicada em 2010, a ASHRAE *Standard* 55 apontava a velocidade de 0,8 m/s como limite da velocidade do ar, porém a revisão da norma lançada em 2013 retirou esse limite e indica que para velocidade do ar entre 0,9 e 1,2 m/s pode ocorrer a elevação do limite superior de temperatura em até 2,2 °C. Essas informações reforçam o potencial de aproveitamento da ventilação natural no local da pesquisa para favorecer o alívio do calor aos usuários.

Gráfico 5: Frequência dos valores de velocidade do ar interno



Fonte: O autor (2019)

Baseado no diagrama adaptativo, Figura 3, constante na ASHRAE *Standard 55* (2013) para ambientes naturalmente ventilados foi elaborado o Gráfico 6. Nele foram plotadas as temperaturas operativas internas obtidas a cada 20 minutos nos estudos de campo, durante todos os dias de medições, e as respectivas temperaturas médias do ar externo predominante, calculadas de acordo com o item 3.3.3, além dos limites de aceitabilidade indicados pela norma. Ao todo foram plotados 340 pontos no gráfico.

Gráfico 6: Diagrama adaptativo do estudo de campo, baseado na ASHRAE *Standard 55* (2013)

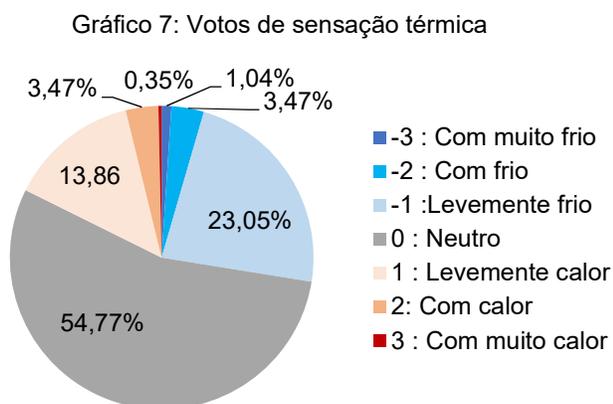
Fonte: Elaborado a partir de ASHRAE *Standard 55* (2013).

A maioria das temperaturas operativas internas obtidas no trabalho de campo encontram-se dentro do limite de 90% de aceitabilidade (linhas tracejadas na cor verde), com aproximadamente 67% dos pontos. Ao considerar o limite de aceitabilidade de 80% (linhas tracejadas na cor cinza) esse índice sobe para cerca de 84%, esses resultados apontam que a edificação estudada obteve bom índice de conforto adaptativo. As demais temperaturas operativas que se encontram fora dos limites de aceitabilidade proposto pela norma correspondem a aproximadamente 16% das medições, observando-se que todas essas temperaturas estão acima da faixa de aceitabilidade, indicando que a inaceitabilidade térmica, conforme o diagrama, seria principalmente devido ao calor.

4.3 Variáveis ambientais e percepção térmica dos usuários

Seguem inicialmente os gráficos com os resultados dos votos de sensação térmica, preferência térmica e aceitabilidade da velocidade do ar, sendo posteriormente realizada a correlação entre os resultados dos votos dos usuários e as variáveis ambientais. Os gráficos correspondem às medições e questionários realizados durante toda pesquisa.

A respeito das sensações térmicas, aproximadamente 55% os usuários responderam que se sentiam em neutralidade. As duas opções imediatamente próximas a de “neutro”, ou seja, “levemente frio” (com aproximadamente 23%) e “levemente calor” (com 13 %) foram a segunda e terceira mais citadas, respectivamente. Ao total, essas três opções centrais da escala sétima, inseridas na faixa de sensação térmica considerada confortável pela ISO 7730 (2005), refletiram cerca de 92% (Gráfico 7).

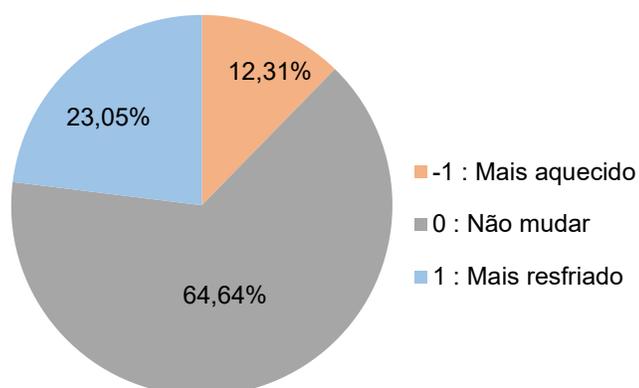


Fonte: O autor (2019)

Ao analisar as respostas sobre as preferências térmicas dos usuários no Gráfico 8, verifica-se que cerca de 65% preferem não alterar o ambiente térmico em que se

encontram, apesar do número de respostas na opção “neutro” do gráfico anterior ser em torno de 55%. Diante dessa informação, é possível afirmar que alguns ocupantes preferem não alterar as condições térmicas, ainda que não se encontrem em posição neutra.

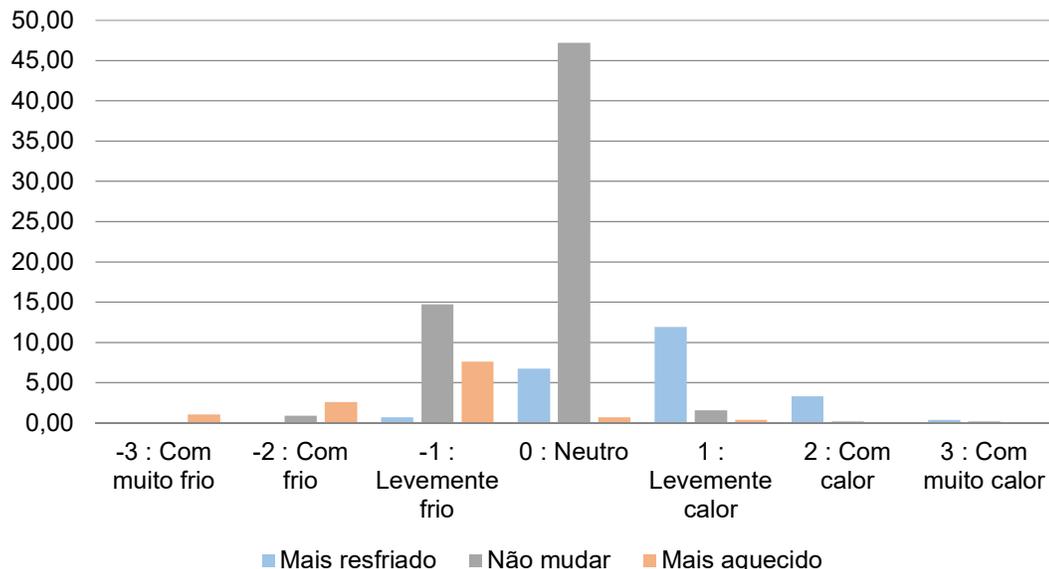
Gráfico 8: Votos de preferência térmica



Fonte: O autor (2019)

O Gráfico 9 foi elaborado com base nos votos de sensações térmicas e preferências térmicas de cada usuário. A partir dele constata-se que aproximadamente 15% dos ocupantes que responderam a opção “levemente frio” indicavam também a opção “não mudar”, quando indagados sobre a preferência térmica. Por outro lado, 12% que estavam sentindo “levemente calor”, preferiam que o ambiente estivesse “mais resfriado”. Esses resultados reforçam os resultados indicados no Gráfico 6 em que, baseado nos limites estipulados pela ASHRAE *Standard* 55 (2013), a maioria da inaceitabilidade térmica seria devido ao calor.

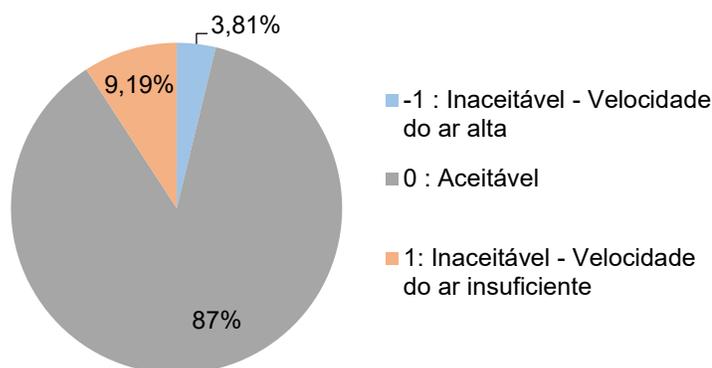
Gráfico 9: Frequência de votos de sensação térmica X preferência térmica



Fonte: O autor (2019)

O Gráfico 10 resume a frequência da aceitabilidade da velocidade do ar, percebendo-se que o índice de aceitabilidade do movimento do ar no âmbito dessa pesquisa é alto, chegando a 87% dos votos.

Gráfico 10: Votos de aceitabilidade da velocidade do ar



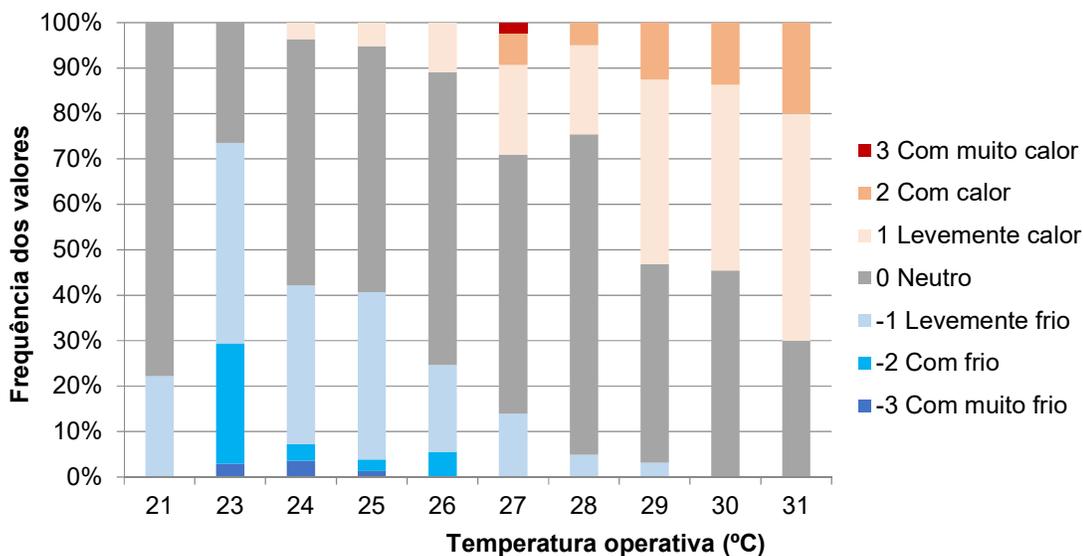
Fonte: O autor (2019)

As frequências dos votos de sensação térmica dos ocupantes foram correlacionadas com as faixas de temperatura operativa do ambiente de estudo, conforme demonstrado no Gráfico 11. Ao se analisar esse gráfico verifica-se que o maior índice de neutralidade, 78%, ocorreu na temperatura aproximada de 21 °C. Porém, esta faixa pode ter representado uma sensação muito específica de alguns usuários e assim ter influenciado no resultado final, visto que essa faixa de temperatura ocorreu em poucos momentos e apenas três ocupantes preencheram o questionário. Ao se analisar a

faixa de 23 °C verifica-se que ela possui apenas cerca de 26% de votos na opção “neutro” e os demais, em torno de 74%, com votos relacionados a sensação de frio, indicando que com 21 °C provavelmente os votos nas sensações de frio seriam mais coerentes se tivessem tido mais respondentes. Além disso, as faixas de 24 °C e 25 °C obtiveram índices de “muito frio”, “com frio” e “levemente frio” somados acima de 40% em cada nível de temperatura.

Em contrapartida, a faixa de 28 °C foi a segunda que obteve índice mais alto de neutralidade, cerca de 71%, seguida da faixa de 26 °C com aproximadamente 64% de neutralidade. A partir da análise do gráfico também é possível perceber que os votos relacionados com a sensação de calor aumentam significativamente a partir de 28 °C, atingindo o maior índice na faixa de temperatura de 31 °C com 50% para “levemente calor” e 20% para a opção “com calor”, apontando apenas 30% de neutralidade.

Gráfico 11: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura operativa

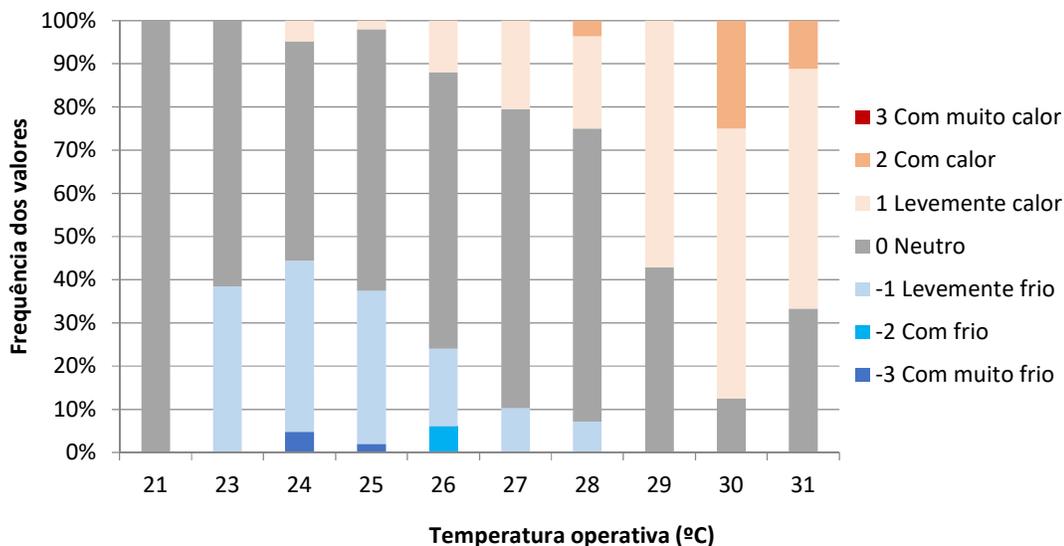


Fonte: O autor (2019)

Os Gráficos 12 e 13 apresentam a sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura distribuídos entre masculino e feminino. Ao comparar os dois gráficos, é possível perceber que as sensações térmicas relatadas possuem algumas diferenças. Destaca-se que a faixa de temperatura de 23 °C que as usuárias do sexo feminino indicaram alto índice de sensação relacionada ao frio, 95%, incluindo 42% de votos na opção com frio, enquanto os usuários do sexo masculino indicaram apenas 38% de votos na sensação levemente frio. Verificou-se também que usuários do sexo masculino indicam maiores índices de votos nas opções de calor, com destaque para

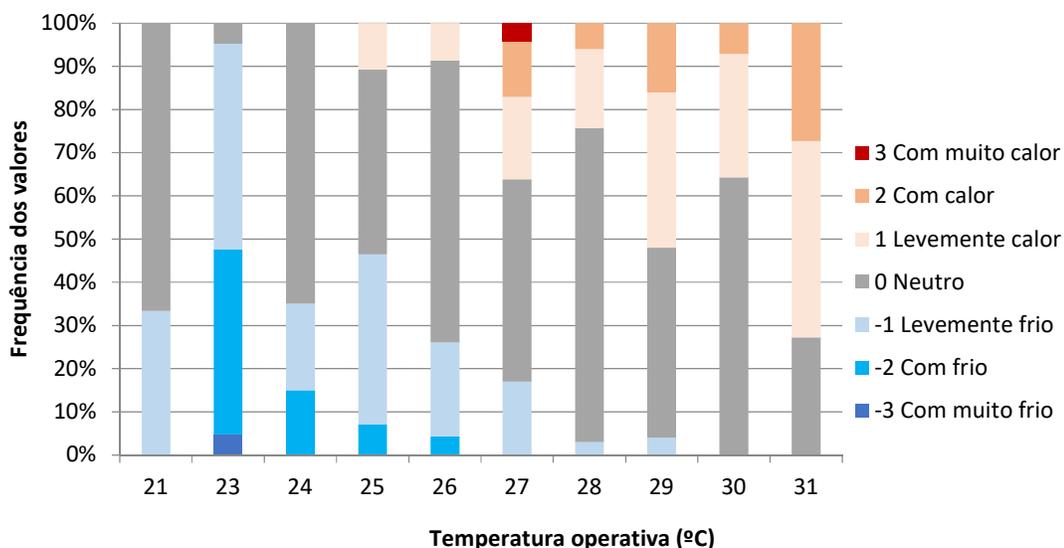
a faixa de temperatura de 30 °C, faixa em que os usuários do sexo masculino indicaram aproximadamente 88% de votos em sensações relacionadas ao calor, ao passo que as usuárias do sexo feminino indicaram o percentual de 66%. Essas diferenças com relação a sensação térmica e sexo dos usuários vão ao encontro dos resultados também encontrados por De Vecchi (2015).

Gráfico 12: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura - MASCULINO



Fonte: O autor (2019)

Gráfico 13: Sensação térmica dos usuários de acordo com a temperatura - FEMININO



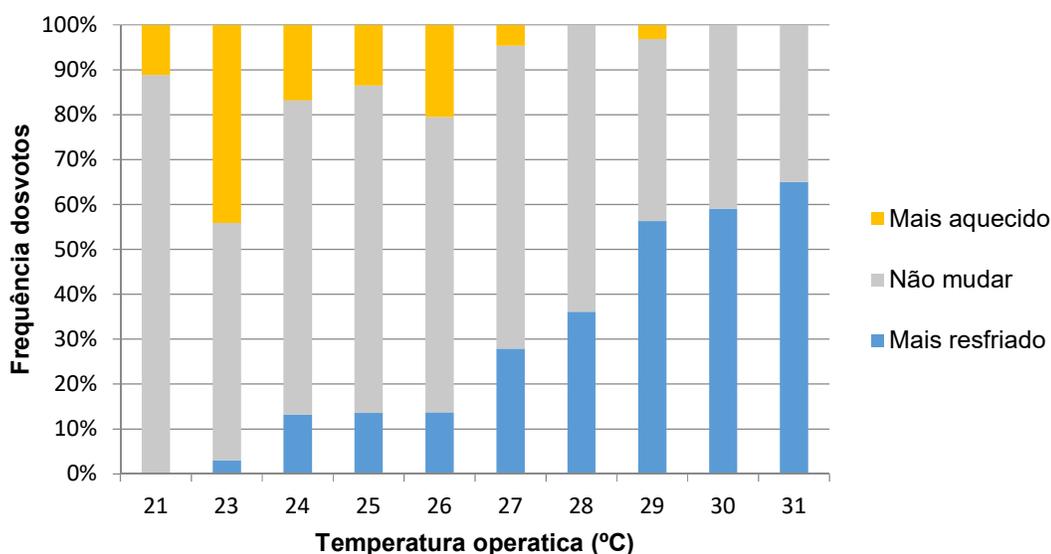
Fonte: O autor (2019)

Ao analisar a preferência térmica dos usuários correlacionada com a temperatura operativa apresentada no Gráfico 14, verifica-se que a faixa de 21 °C apresenta o

maior índice de neutralidade, porém, conforme explicado anteriormente, esse expressivo resultado pode representar sensações específicas de alguns usuários. É possível observar que a partir de 27 °C a quantidade de votos por “mais resfriado” começou a aumentar progressivamente. Interessante destacar também que nas faixas de 24, 25 e 26 °C verifica-se um maior índice de preferência por não mudar a condição térmica, sendo o maior índice na faixa de 25 °C com aproximadamente 73%. Além disso, ocorre um certo equilíbrio entre preferência por “mais aquecido” e “mais resfriado” nessas três faixas.

Comparando o Gráfico 11 com o 14, com foco nas faixas de temperatura operativa de 24 e 25 °C, é possível verificar que embora parte dos ocupantes indiquem a sensação térmica de “levemente frio”, esses também apontam como preferência térmica a opção “não mudar”. Esse resultado já havia sido apresentado no Gráfico 9, porém com os dois últimos gráficos foi possível identificar as faixas que esse evento ocorre com maior frequência.

Gráfico 14: Preferência térmica dos usuários de acordo com a temperatura operativa

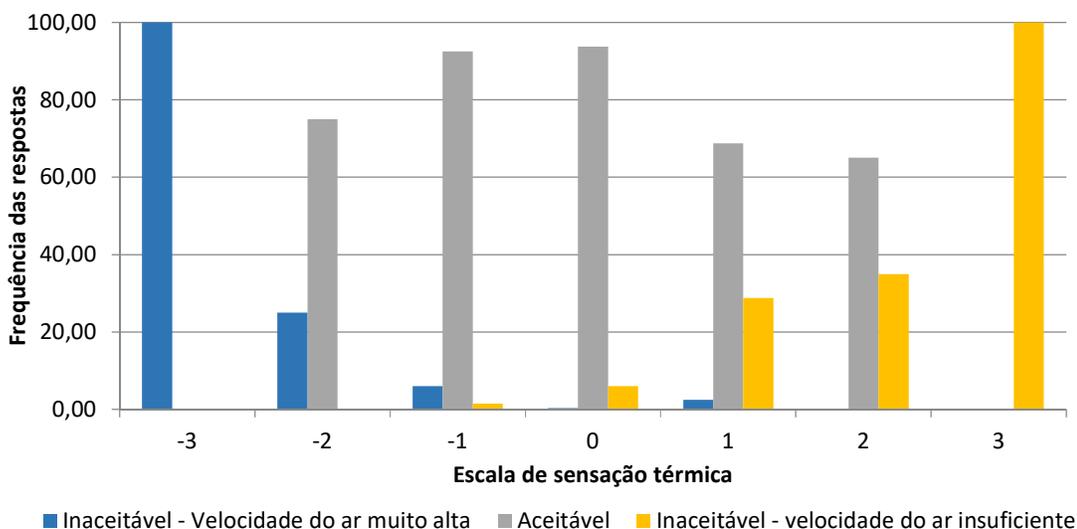


Fonte: O autor (2019)

Foi realizado também o cruzamento entre votos de sensação térmica e aceitabilidade do movimento do ar, conforme demonstrado no Gráfico 13. Como era esperado, nos votos referente ao calor são encontrados votos de “Inaceitável – velocidade do ar insuficiente” e nos votos referente as sensações de frio ocorrem votos de “Inaceitável – velocidade do ar muito alta”. Interessante observar que quando o ocupante indica o voto de “Levemente frio” a tendência é relacionar o voto de aceitabilidade do ar como

“Aceitável”. Em contraposição, quando o usuário classifica a sensação como “Levemente calor” a tendência é aumentar os votos de “Inaceitável – velocidade do ar insuficiente”. Essa relação mostra que os ocupantes se incomodam mais com baixas velocidades em temperaturas quentes do que medias e altas velocidades em temperaturas mais amenas.

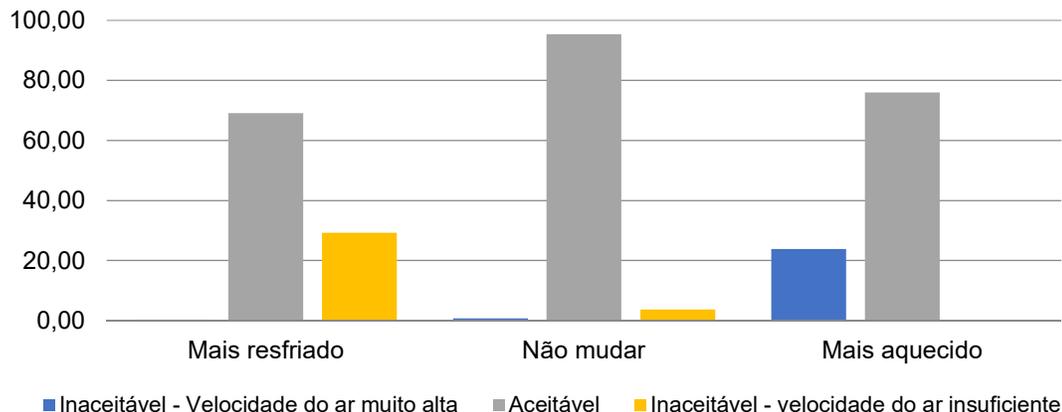
Gráfico 15: Votos de sensação térmica X aceitabilidade do movimento do ar



Fonte: O autor (2019)

Ao relacionar a preferência térmica e a aceitabilidade da velocidade do ar, conforme demonstrado no Gráfico 16, o resultado foi similar ao resultado apresentado no gráfico anterior. Quando o usuário seleciona a opção “não mudar” o ambiente térmico, o índice de aceitabilidade do movimento do ar é de 95,45%. Novamente é possível observar que os votos de “Inaceitável – velocidade do ar insuficiente” são maiores que “Inaceitável – velocidade do ar muito alta”.

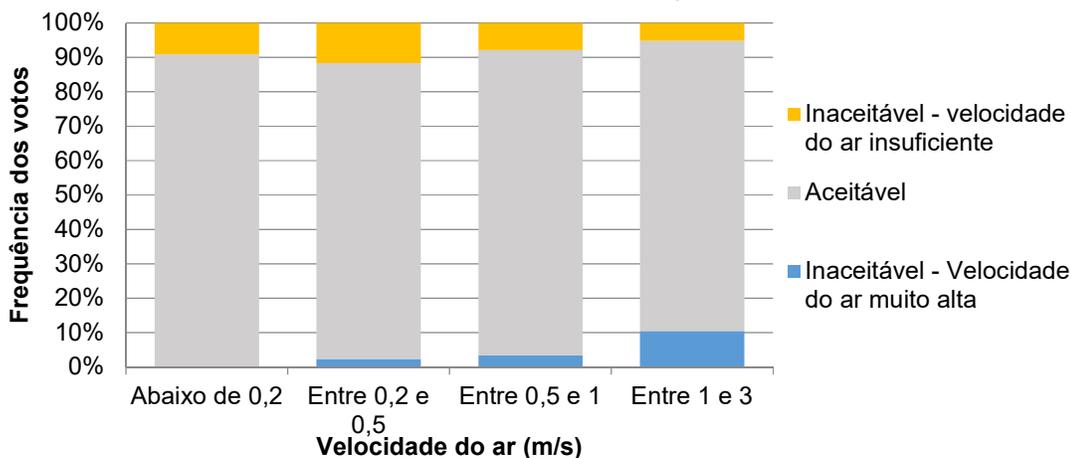
Gráfico 16: Votos de preferência térmica X aceitabilidade do movimento do ar



Fonte: O autor (2019)

Foi elaborado o Gráfico 17 para verificar a aceitabilidade dos usuários com relação aos intervalos de velocidade do ar, sendo selecionados quatro intervalos de velocidade: “Abaixo de 0,2 m/s”, “Entre 0,2 e 0,5 m/s”, “Entre 0,5 e 1 m/s” e “Entre 1 e 3 m/s”. Os valores de aceitabilidade foram altos, variando entre cerca de 84% para intervalo de velocidade “entre 1 e 3” e aproximadamente 91% para “abaixo de 0,2”, indicando que os usuários possuem flexibilidade com relação ao movimento do ar. Esses resultados vão ao encontro da revisão da ASHRAE de 2013 que retirou o limite de velocidade do ar, entendendo que em algumas situações os ocupantes aceitam velocidade do ar acima do limite proposto em versões anteriores da norma, que especificava como sendo de 0,8 m/s de velocidade máxima.

Gráfico 17: Preferência dos usuários com relação a velocidade do ar



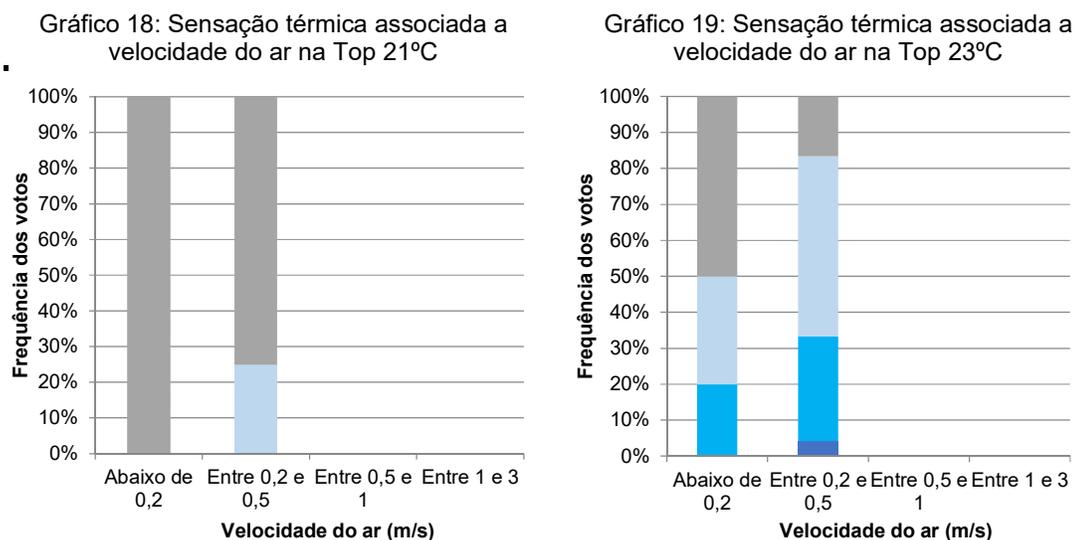
Fonte: O autor (2019)

A fim de detalhar a influência da velocidade do ar e correlacionar com a temperatura operativa, foram elaborados gráficos para cada faixa de temperatura operativa e os

quatro intervalos de velocidade do ar: “Abaixo de 0,2 m/s”, “Entre 0,2 e 0,5 m/s”, “Entre 0,5 e 1 m/s” e “Entre 1 e 3 m/s”. Para algumas temperaturas não ocorreu o movimento do ar nas quatro faixas de velocidades estipuladas durante a realização das medições, por esse motivo alguns gráficos não possuem votos em todos intervalos de velocidades.

O Gráfico 18, com temperatura operativa de 21 °C, apresentou 100% de neutralidade com velocidades abaixo de 0,2 m/s e quando a velocidade está na faixa entre 0,2 e 0,5 m/s houve a redução de neutralidade para 75%. Conforme explicações anteriores, provavelmente os votos nessa faixa de temperatura representam uma parte muito específica dos ocupantes, o que justifica o alto índice de neutralidade se comparado às temperaturas próximas.

Ao analisar o Gráfico 19, temperatura operativa de 23 °C, verifica-se que com a velocidade do ar abaixo de 0,2 m/s o índice de neutralidade é de aproximadamente 50%. Com a velocidade do ar entre 0,2 e 0,5 m/s o índice de neutralidade reduz para em torno de 17% e aparecem votos de sensação térmica “com muito frio”, indicando influência da velocidade do ar no aumento significativo do desconforto devido ao frio, nessa faixa de temperatura.



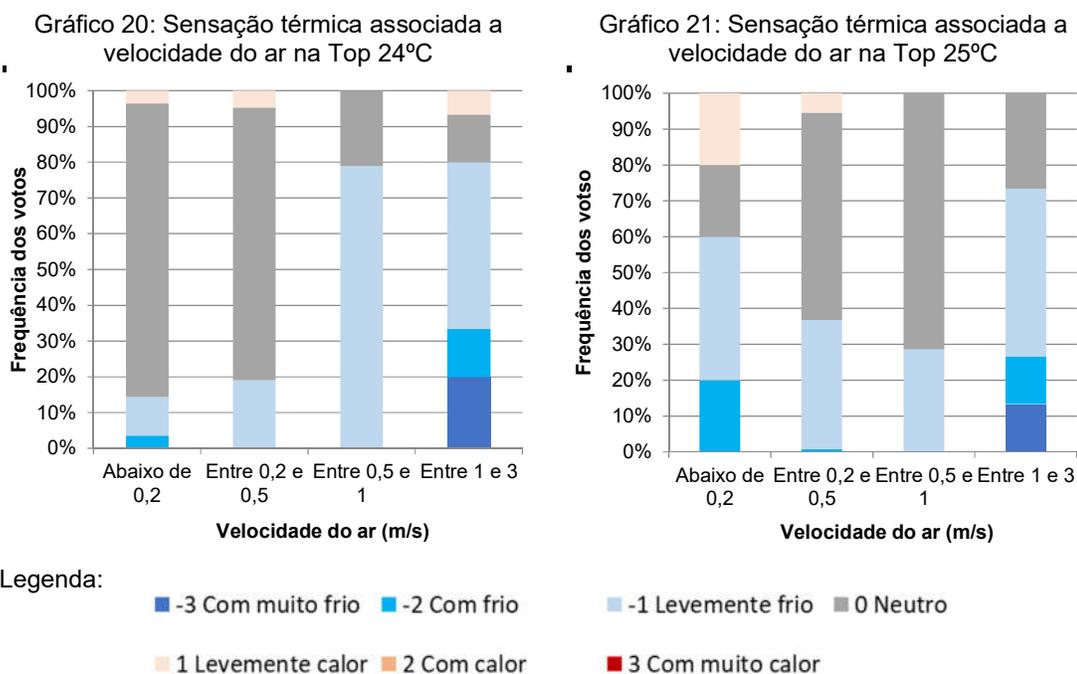
Legenda:



Fonte: O autor (2019)

No Gráfico 20, temperatura operativa de 24 °C, é ainda mais nítida a influência da ventilação pois essa ocorre nas quatro faixas estabelecidas. O maior aumento da sensação de desconforto devido ao frio é registrado quando a velocidade do ar vai de “entre 0,2 e 0,5 m/s” para “entre 0,5 e 1 m/s”, em que a opção “levemente frio” aumenta 60%. No intervalo “entre 1 e 3 m/s” as opções “com frio” e “com muito frio” são indicadas, alcançando 13% e 20%, respectivamente.

A influência do aumento da velocidade do ar na sensação de frio ocorre significativamente até a temperatura operativa de 25 °C (Gráfico 21). Nesta temperatura, o índice de sensações térmicas relacionadas ao frio elevou-se de aproximadamente 36% na faixa de velocidade “entre 0,2 e 0,5 m/s” para cerca de 73% com velocidades do ar “entre 1 e 3 m/s”. Dessa forma, a velocidade do ar acima de 1 m/s, em temperatura até 25 °C e na população estudada, afetou negativamente o conforto dos usuários e se tornou indesejada.



Fonte: O autor (2019)

Na faixa de temperatura operativa de 27 °C (Gráfico 23) ocorreu um aumento considerável dos votos relacionados a sensação de calor, quando confrontado com as temperaturas mais baixas. Comparando-se a faixa de velocidade do ar “entre 0,5 e 1 m/s” das temperaturas operativas 26 °C e 27 °C, verifica-se que os votos das sensações relacionadas ao calor sobem de aproximadamente 8 % para cerca de 35%, respectivamente. Porém, no intervalo de velocidade do ar “entre 1 e 3 m/s” os votos

relacionados ao calor na temperatura operativa de 27 °C foram reduzidos e ocorreu aumento nos votos da sensação “levemente frio”.

Gráfico 22: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 26°C

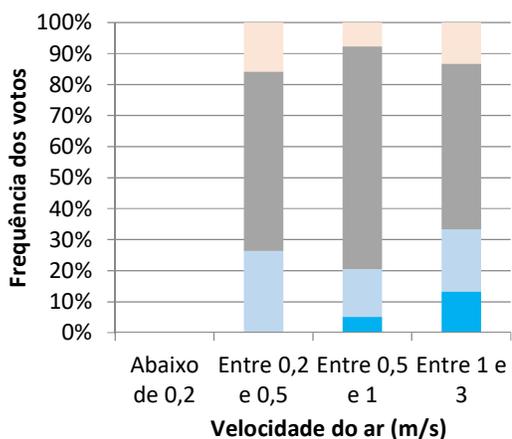
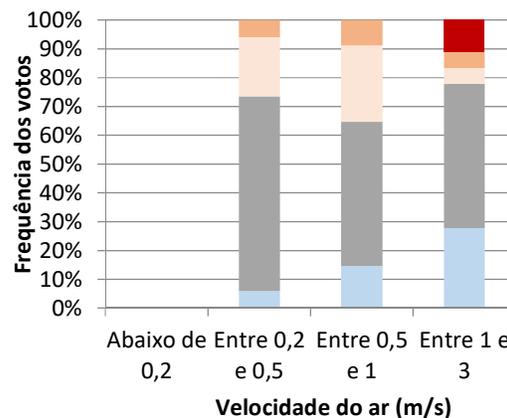
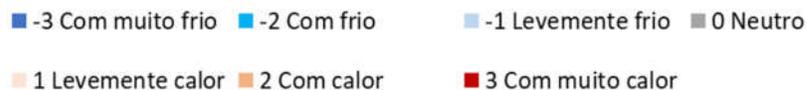


Gráfico 23: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 27°C



Legenda:



Fonte: O autor (2019)

No intervalo de temperatura operativa de 28 °C do Gráfico 24 observa-se o índice de neutralidade próximos a 70% nas faixas “entre 0,2 e 0,5 m/s” e “entre 0,5 e 1 m/s”, no caso da faixa de velocidade do ar “entre 1 e 3 m/s” sobe para aproximadamente 90%, indicando novamente a influência da ventilação sobre as sensações térmicas e seu potencial para resfriamento dos ocupantes em uma mesma temperatura operativa.

Ao analisar o Gráfico 25, faixa de temperatura operativa de 29 °C, verifica-se que os índices de sensações térmicas para calor chegam a 55% no intervalo de velocidade do ar “entre 0,5 e 1 m/s”. Com o aumento da velocidade do ar a sensação de calor é amenizada e a taxa de “levemente calor” reduz para cerca de 33%.

Nas faixas de temperatura operativa de 30 °C (Gráfico 26) e 31 °C (Gráfico 27), como era de se esperar, os votos relacionados à sensação de calor atingiram os níveis mais altos. Tampouco os votos com a velocidade do ar acima de 1 m/s conseguem ultrapassar a taxa de 50% de neutralidade térmica. Entende-se que em ambientes com essas características térmicas são necessários outros modos de climatização a fim de auxiliar no conforto térmico dos ocupantes.

Gráfico 24: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 28°C

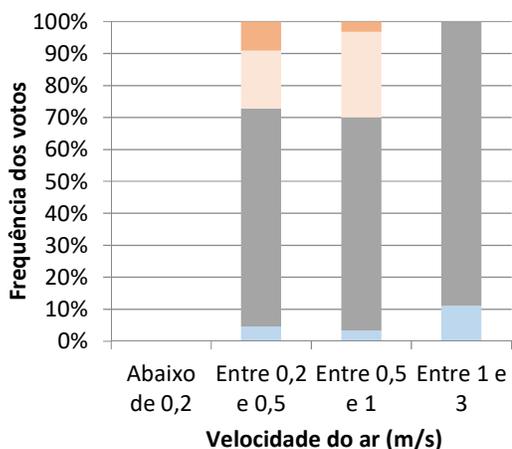


Gráfico 25: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 29°C

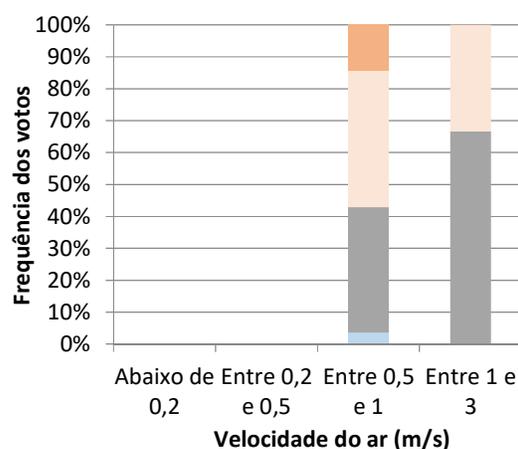


Gráfico 26: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 30°C

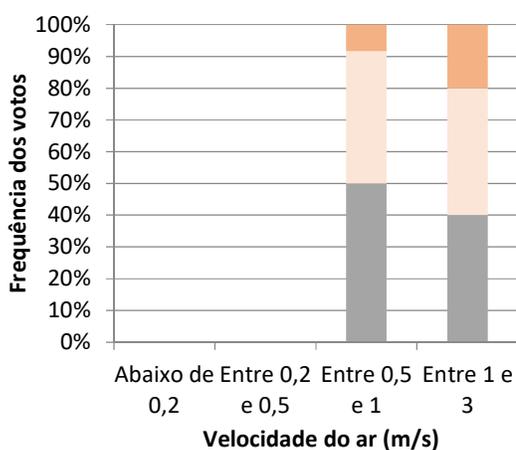
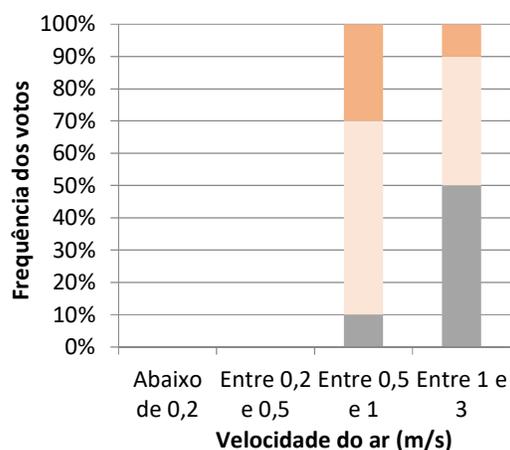


Gráfico 27: Sensação térmica associada a velocidade do ar na Top 31 °C



Legenda:



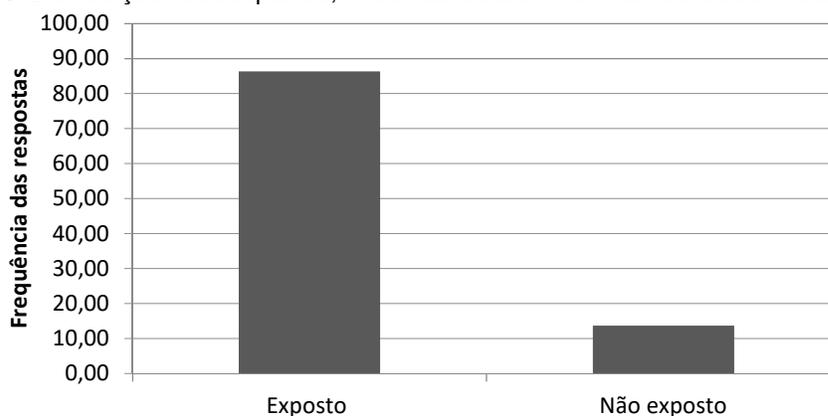
Fonte: O autor (2019)

De uma forma geral foi observado que o aumento da velocidade do ar em temperaturas operativas até 25 °C proporciona acréscimo nos votos de sensação térmica relacionada ao frio. Por outro lado, esse mesmo incremento da velocidade do ar em temperaturas entre 27 °C e 29 °C tem influência significativa na redução das sensações relativas ao calor. Finalmente, com temperaturas a partir de 30 °C o movimento do ar não foi capaz de proporcionar votos de neutralidade térmica acima de 50%, indicando que nessas condições são necessários outros modos de condicionamento para auxiliar no conforto térmico do usuário.

4.4 Influência da exposição ao ar condicionado

No questionário foi perguntado aos ocupantes sobre a vivência em ambientes com ar condicionado e neste tópico será tratada a sua influência nas respostas relacionadas às sensações térmicas, foram considerados habituados as pessoas que permanecem em ambientes com ar condicionado por no mínimo 4 horas diárias. O Gráfico 28 mostra que o índice de ocupantes que estão habituados a ambientes com ar condicionado é alto, ou seja, em torno de 86%.

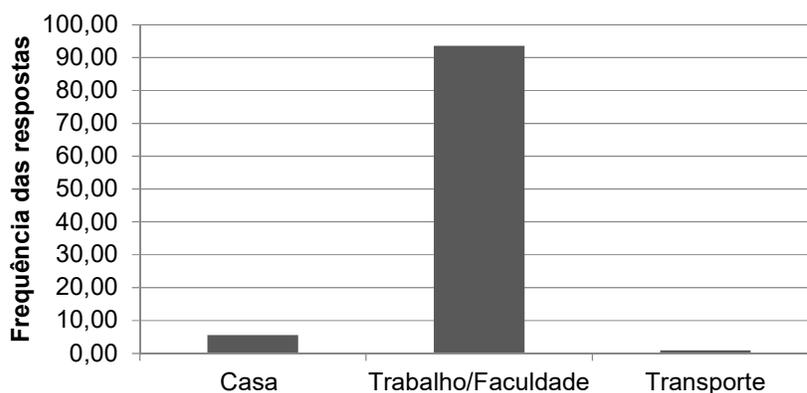
Gráfico 28: Distribuição dos ocupantes, entre habituados e não habituados ao ar condicionado



Fonte: O autor (2019)

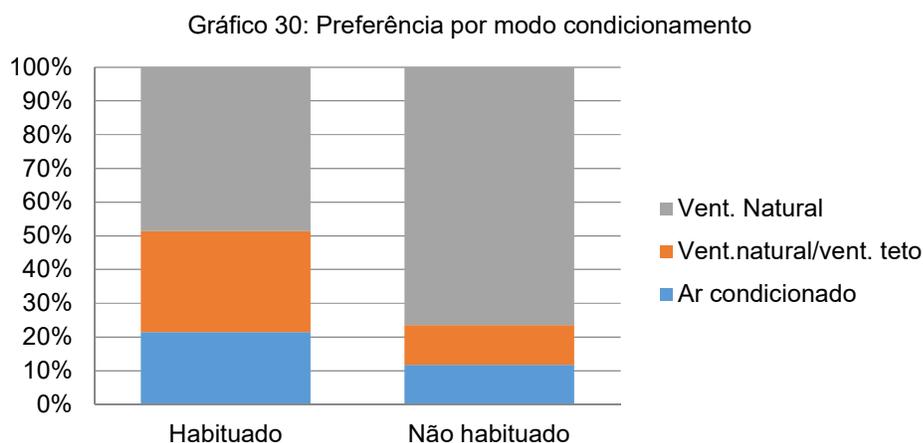
O Gráfico 29 demonstra que os locais com ar condicionado onde os usuários habitualmente permanecem, sendo que na maioria das vezes é no trabalho/faculdade, alcançando cerca de 94% das respostas. A partir desse gráfico é possível verificar que o grande número de ocupantes que estavam expostos rotineiramente a ambientes com ar condicionado, apontado no Gráfico 29, foi devido ao uso de climatização artificial nos ambientes de trabalho e de estudo na faculdade.

Gráfico 29: Locais com ar condicionado onde os ocupantes habitualmente permanecem



Fonte: O autor (2019)

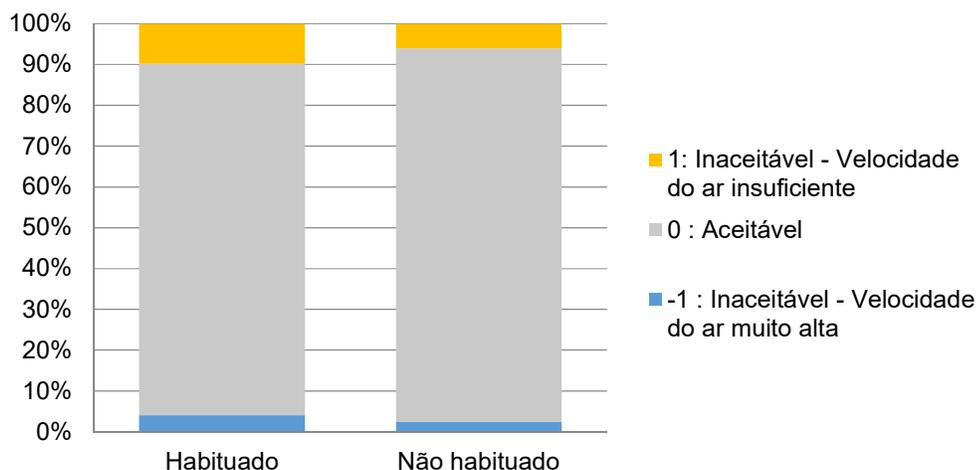
A preferência térmica por modo de condicionamento foi classificada de acordo com a exposição rotineira ou não a ambientes com ar condicionado (Gráfico 30). Deve ser destacado o maior número de votos para preferência por uso de ar condicionado quando avaliada a população exposta ao uso do mesmo. Dentre os que não estão habituados a ambientes com ar condicionado, o índice de preferência por esse tipo de climatização é de aproximadamente 12%; já entre os habituados, o índice sobe para cerca de 22%.



Fonte: O autor (2019)

A preferência por movimentação do ar é semelhante entre os dois grupos, ocorrendo em maior número de votos na opção “aceitável”, conforme é possível verificar no Gráfico 31. A categoria não habituado alcançou o índice de aproximadamente 92% enquanto os habituados ficaram em torno de 86%. O grupo habituados também obteve maior índice com relação às opções “Inaceitável – Velocidade do ar insuficiente” e “Inaceitável – Velocidade do ar muito alta” Esses valores podem ser explicados devido ao fato dos ocupantes com exposição rotineira a ambientes com ar condicionado estarem familiarizados a locais com poucas variações nas condições ambientais de temperatura e movimento do ar.

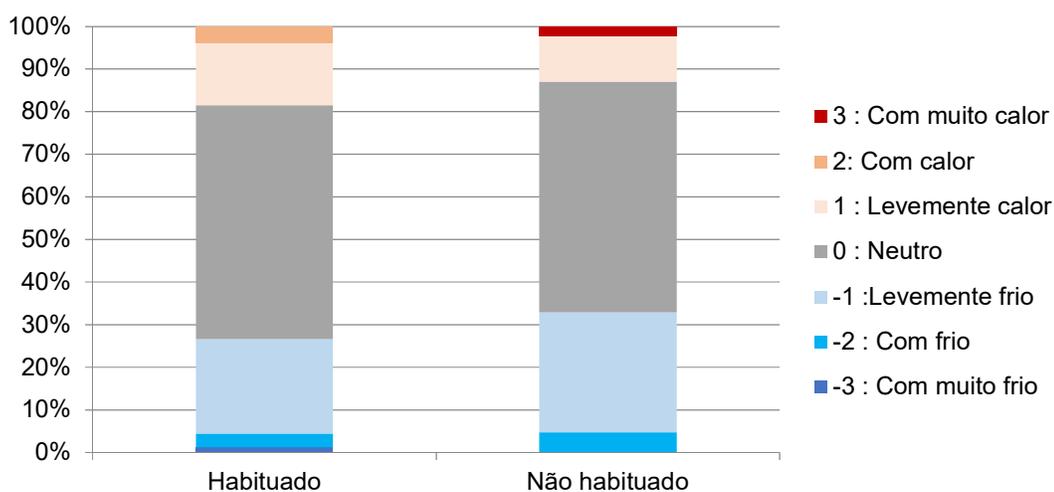
Gráfico 31: Preferência por movimentação do ar com relação a habituados e não habituados ao uso de ar condicionado



Fonte: O autor (2019)

A fim de analisar as sensações térmicas dos usuários conforme a exposição rotineira em ambientes com ar condicionado, foi elaborado o Gráfico 32. Os votos na opção “neutro” foram praticamente iguais, ou seja, 54,88% para habituados e 55,42% para não habituados. Analisando-se as três faixas centrais da escala sétima (“-1 Levemente frio; 0 neutro; 1 Levemente calor”) e a faixa de sensação térmica considerada confortável pela ISO 7730 (2005), o grupo habituados alcança 91% e os ocupantes não habituados respondem a 95%.

Gráfico 32: Sensação térmica com relação aos usuários habituados e não habituados ao uso de ar condicionado



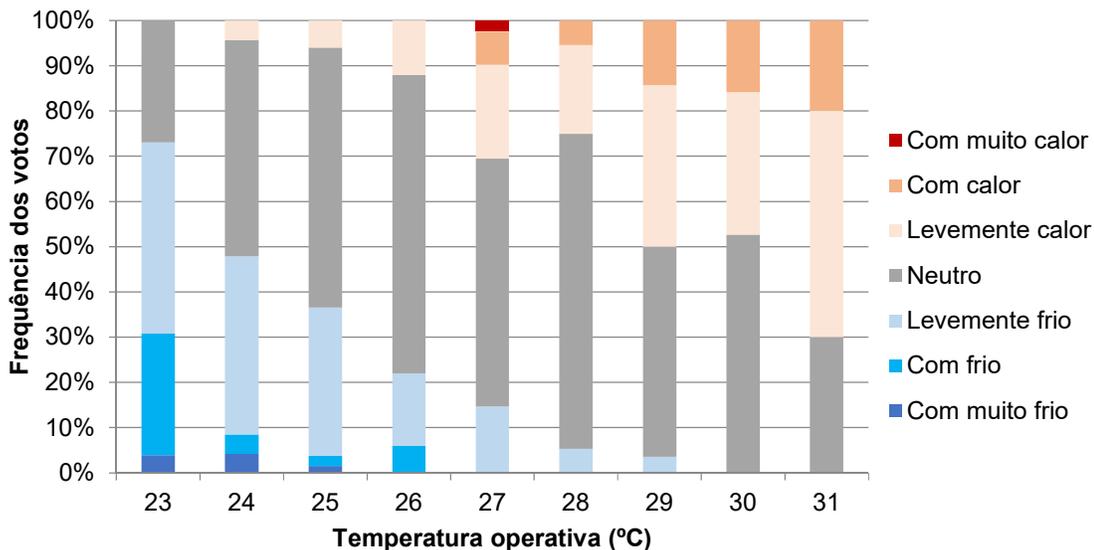
Fonte: O autor (2019)

Entre os ocupantes que não possuem exposição rotineira a ambientes com ar condicionado ocorreu um índice maior nas sensações relacionadas ao frio, em comparação com os habituados. Em contrapartida, os ocupantes habituados apresentaram maior número de votos com relação a sensações de calor, destacando-se também o fato desses usuários relatarem também a opção “com calor”; já entre os não habituados essa sensação não obteve nenhum voto. Dessa forma, é provável que a exposição habitual a ambientes com ar condicionado reduza a tolerância com relação ao calor. Pesquisas semelhantes de Cândido e outros (2010a) e Buonocore (2018) realizada em salas de aula em Maceió (Alagoas) e São Luiz (Maranhão) respectivamente, indicaram tendências semelhantes em relação aos votos de sensação térmica dos grupos habituados e não habituados ao ar condicionado.

Objetivando detalhar os votos de sensação térmica, foram elaborados os gráficos 33 e 34 com as variações conforme as diferentes faixas de temperaturas operativas, de acordo com a exposição em relação ao ar condicionado. Entre os habituados a faixa de 28 °C é a que concentra maior índice de neutralidade térmica, cerca de 70%, e entre os não habituados ao ar condicionado a maior taxa de neutralidade foi 100% dos votos na temperatura de 27 °C. Destaca-se que a faixa de 28 °C também recebeu número alto de votos de neutralidade entre os não habituados, alcançando o índice de 80%.

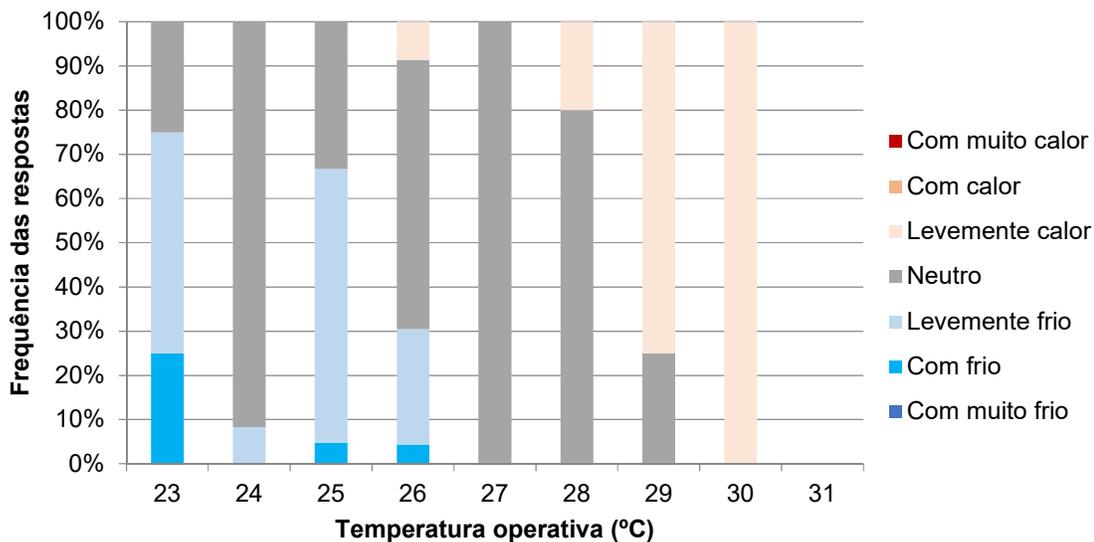
Ao comparar as faixas de 29 e 30 °C entre os dois gráficos, verifica-se que o índice de votos de neutralidade é maior entre os expostos rotineiramente ao ar condicionado. Entre os não habituados ao uso do ar condicionado a neutralidade na temperatura de 29 °C foi de apenas 25%, enquanto entre os habituados o valor foi de 50%. Na faixa de 30 °C, 100% dos votos entre os não habituados ao uso do ar condicionado foi na opção “Levemente calor”, porém destaca-se que nessa faixa de temperatura apenas um usuário não exposto rotineiramente ao ar condicionado respondeu ao questionário, fato que pode explicar a totalidade dos votos em uma opção.

Gráfico 33: Sensação térmica dos usuários habituados ao uso do ar condicionado



Fonte: O autor (2019)

Gráfico 34: Sensação térmica dos usuários não habituados ao uso do ar condicionado



Fonte: O autor (2019)

Após esses valores de votos nas temperaturas de 29 e 30 °C, foi realizada uma análise das possíveis causas dessas diferenças entre os votos e foi constatado que todos os ocupantes que responderam como não habituados ao ar condicionado nas faixas de 29 e 30 °C eram homens. Em contrapartida, no grupo com exposição rotineira ao ar condicionado na temperatura operativa de 29 °C, 88% dos votos foram de usuários do sexo feminino. Estudos de De Vecchi (2015) apontam diferenças significativas entre sexo masculino e feminino em relação à sensação térmica, sendo que a grande

maioria dos votos relacionados ao calor eram do sexo masculino, enquanto nos votos na escala de desconforto por frio, a maioria eram de mulheres. Dessa forma, entende-se que a diferença de votos entre os dois grupos, habituados e não habituados ao ar condicionado, na faixa da temperatura operativa de 29 e 30 °C, provavelmente se deu devido as diferenças de sensações térmicas relacionadas ao sexo e não necessariamente a exposição rotineira a ambientes com ar condicionado, essa diferença de sensação térmica entre os sexos pode ser verificada nos Gráficos 12 e 13.

Gráfico 35: Preferência térmica dos usuários habituados ao uso do ar condicionado

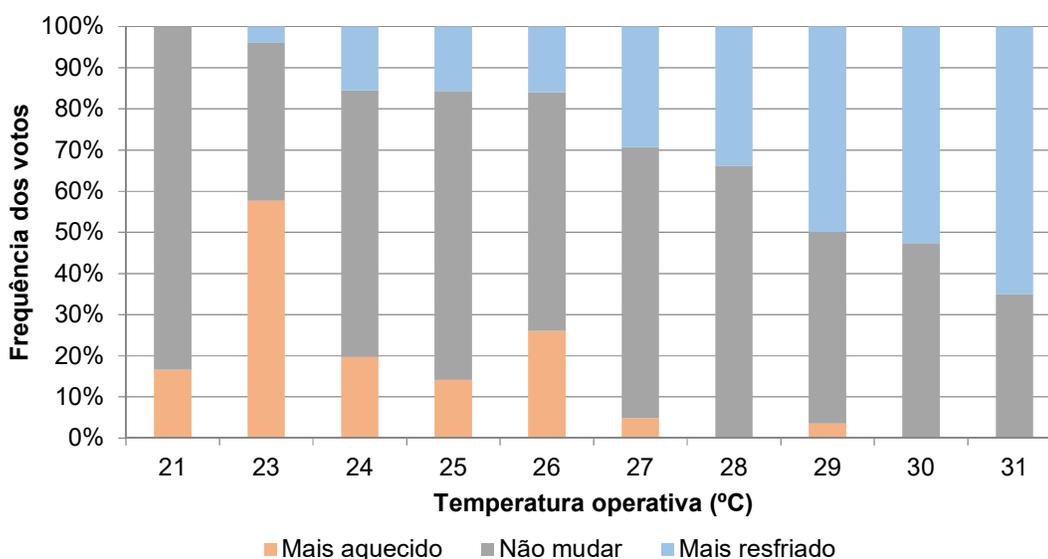
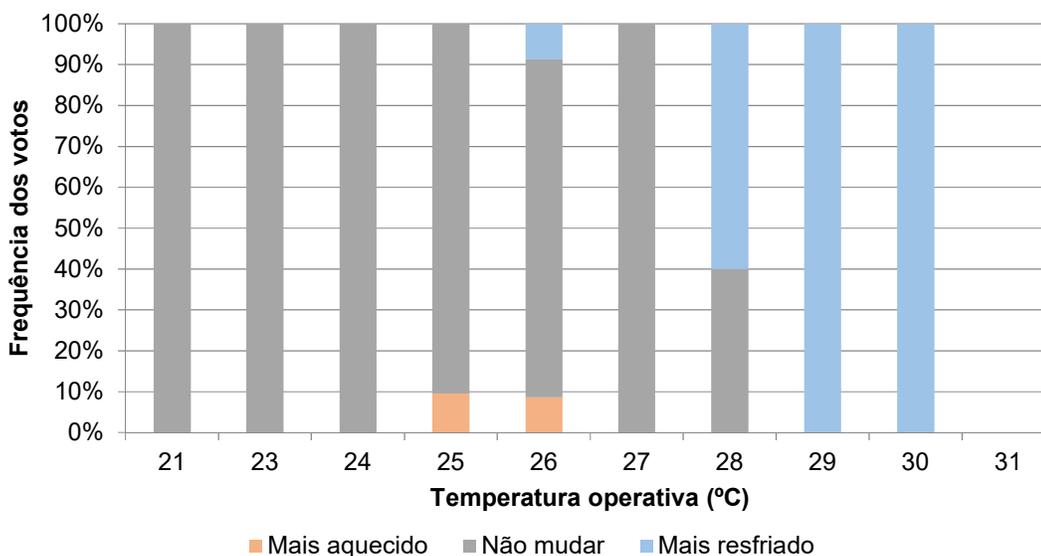


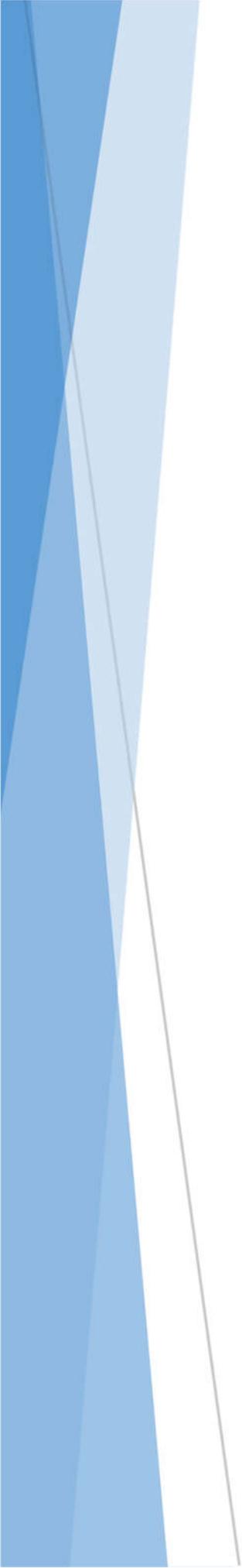
Gráfico 36: Preferência térmica dos usuários não habituados ao uso do ar condicionado



Com relação à preferência térmica considerando todas as faixas de temperatura operativa, de acordo com o apresentado nos Gráficos 33 e 34, a opção “Não mudar”

entre o grupo habituados ao uso do ar condicionado atingiu o índice de aproximadamente 62%, enquanto os usuários não habituados ao uso do ar condicionado esse índice foi cerca de 81%.

Esses resultados sugerem maior tolerância térmica a variações de temperatura e maior capacidade de adaptação ao ambiente térmico por parte dos ocupantes não expostos rotineiramente a locais com ar condicionado.



CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

Com a finalidade de identificar a influência da temperatura operativa e da velocidade interna do ar na sensação de conforto térmico dos usuários em ambiente de estudo naturalmente ventilado, esta pesquisa realizou estudo de campo com medições das variáveis ambientais e aplicação de questionários junto aos usuários. Foram analisadas as sensações térmicas, preferências térmicas e influência da exposição rotineira a ambientes com ar condicionado, correlacionando as respostas com as variáveis ambientais medidas. Verificou-se, também, as preferências dos ocupantes por tipo de climatização.

Em relação às sensações térmicas os maiores valores de neutralidade da população pesquisada se concentraram com a temperatura operativa entre 26 °C e 28 °C, alcançando os maiores índices na faixa de velocidade do ar entre 0,5 e 1 m/s para temperatura operativa de 26 °C e entre 1 e 3 m/s quanto a temperatura operativa era de 28 °C. Com as análises dos resultados, é possível concluir que com a temperatura de 26 °C, ou menos, a velocidade do ar acima de 1 m/s aumenta o número de votos relacionados com a sensação de frio. Já para a temperatura a partir de 28 °C, a tendência é que velocidade do ar acima de 1 m/s reduza os votos relacionados à sensação de calor.

Na faixa de temperatura operativa de 31 °C ocorreu o maior índice de votos relacionados ao calor, ou seja, 70%. Destaca-se a diferença dos votos de sensação térmica entre os intervalos de velocidade do ar nesta temperatura. No intervalo “entre 0,5 e 1 m/s” foi registrado 90% de votos relacionados ao calor; já com a velocidade “entre 1 e 3 m/s” esse percentual caiu para 50%. Esses resultados indicam novamente o potencial de redução da sensação de calor com o incremento da velocidade do ar interno, ao mesmo tempo que aponta limites para essa estratégia de resfriamento, visto que com velocidades acima de 1 m/s o nível de neutralidade não superou 50% dos ocupantes.

Ao correlacionar os votos de sensações térmicas e preferência térmica com a temperatura operativa, verificou-se que nas faixas de 24 °C e 25 °C foram registrados mais de 40% de votos relacionado a sensações de frio, porém apenas aproximadamente 15% dos ocupantes preferiam que o ambiente estivesse mais aquecido. Por outro lado, na faixa de temperatura operativa de 29 °C o índice de

sensação térmica relacionado ao calor foi de 53% e 56%, observando-se que os respondentes afirmaram preferir que o ambiente estivesse mais resfriado. Assim, é possível afirmar que os ocupantes são mais inclinados a aceitar às sensações levemente frio do que levemente calor.

Constatou-se que a exposição rotineira a ambientes com ar condicionado possui influência sobre as sensações e preferências térmicas dos usuários. Entre os habituados à ambientes climatizados a preferência por ar condicionado é quase o dobro dos não habituados, ou seja, aproximadamente 21% e 12% respectivamente. Em relação a preferência por ventilação natural, entre os habituados o índice foi de 49 % e entre os não habituados a ambientes com ar condicionado o nível foi de 76.

Com relação a preferência térmica, a opção “Não mudar” entre o grupo habituados ao uso do ar condicionado atingiu o índice de 61,87%, enquanto entre os usuários não habituados esse índice foi de 80,72%. Esses resultados sugerem maior tolerância térmica às variações de temperatura e maior capacidade de adaptação ao ambiente térmico por parte dos ocupantes não expostos rotineiramente a locais com ar condicionado.

5.1 Limitações do trabalho

No percurso da pesquisa para a obtenção dos resultados, foram identificadas algumas limitações, conforme a seguir relatado:

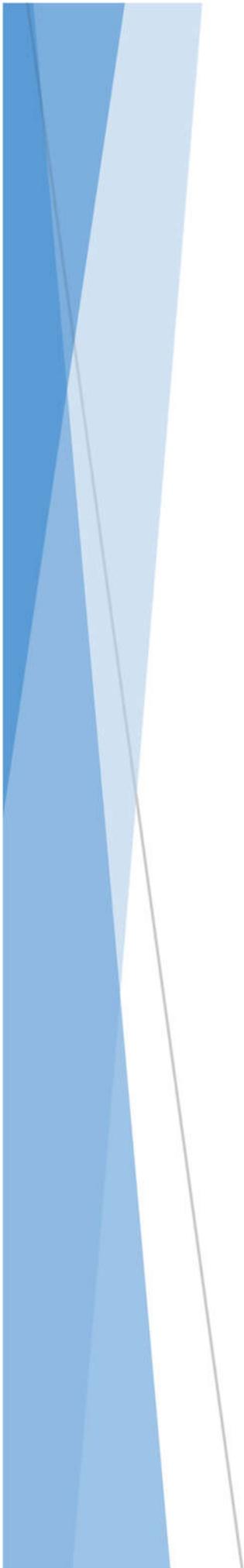
- As temperaturas operativas acima de 30 °C foram registradas majoritariamente durante os meses de dezembro e janeiro, período de férias dos estudantes e que ocorre um número reduzido de usuários na BC. Dessa forma, houve um número menor de votos nessas faixas de temperatura representando 7,47 % dos votos totais;
- No questionário foi perguntado aos usuários se houve mudança de roupa durante a realização da pesquisa, porém poderia haver também questões a respeito de outras possíveis formas individuais de adaptação, como ingestão de bebidas, ação de abano e utilização de acessórios para prender cabelos.

No entanto, tais limitações não foram consideradas representativas a ponto de interferirem no resultado final da pesquisa.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Durante o processo da pesquisa e análise dos resultados foram verificadas algumas possíveis abordagens adicionais referentes ao tema, conforme a seguir descrito:

- Desenvolver análises sobre a influência da permanência em ambientes com ar condicionado nas horas imediatamente anteriores a aplicação dos questionários;
- Analisar a influência na expectativa térmica dos usuários em dias próximos a ocorrência de frentes frias;
- Investigar as sensações e preferências térmicas de acordo com sexo e idade, com especial ênfase à idosos e crianças;
- Avaliar, além da velocidade, a constância do movimento do ar no ambiente.



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- AFLAKI, A.; MAHYUDDIN, N.; MAHMOUD, Z. A.; BAHARUM, M. R. A review on natural ventilation applications through building facade components and ventilation openings in tropical climates. **Energy and Buildings** v. 101, p. 153–162, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2018.
- ASHRAE. **Performance measurement protocols for commercial buildings**. Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010.
- ASHRAE Standard 55 - 2013. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013.
- BARNETT, V. **Sample Survey Principles & Methods**. 3. ed. Londres: Wiley, 2002.
- BOLFARINE, H. BUSSAB, W. O. **Elementos da amostragem**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2005.
- Buonocore, C. O; De Vecchi, R.; Scalco, V.; Lamberts, R. Influence of relative air humidity and movement on human thermal perception in classrooms in a hot and humid climate. **Building and Environment**, v. 146, p. 98–106, 2018.
- BUONOCORE, Carolina. **Análise das condições de conforto térmico no clima quente e úmido de São Luís (MA): estudos de campo em salas de aula naturalmente ventiladas e climatizadas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- BUONOCORE, C.; LIMA, I.; BARROS, R.; DE VECCHI, R.; LAMBERTS, R. Avaliação de conforto térmico em um ambiente acadêmico naturalmente ventilado localizado em Florianópolis-SC *In*: XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2017, Balneário Camboriu. **Anais [...]** Balneário Camboriu: ENCAC.
- CANDIDO, C.; DEAR, R. DE; LAMBERTS, R. Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate. **Building and Environment**, v. 46, p. 379–385, 2011.
- CANDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. DE; Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment**, v. 45, p. 222-229, 2010.
- CANDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. DE. Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**. v.10, n.4, p. 59-68, 2010.
- CÂNDIDO, C. **Aceitabilidade do movimento do ar e conforto térmico em climas quentes e úmidos**. 2010. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

DE DEAR, R. Adaptive comfort applications in Australia and impacts on building energy consumption. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY, VENTILATION & ENERGY CONSERVATION IN BUILDINGS*, 2007, Sendai. **Anais [...]** Sendai: IAQVEC. Disponível em: http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CIAQVEC2007%5CDear.pdf. Acesso em: 24 jan. 2019.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 549-561, 2002.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. S.; COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: Final Report on ASHRAE RP - 884**. Sydney, 1997.

DE DEAR, R.; FOLDVARY, V.; ZHANG, H.; ARENS, E.; MOAHUI, L.; PARKINSON, T.; XIUYUAN, D.; ZHANG, W.; CHUNGYOON, C.; SIJIE, L. Comfort is in the mind of the beholder: a review of progress in adaptive thermal comfort research over the past two decades. **The Fifth International Conference on Human-Environment System**. Nagoya, 2016.

DE VECCHI, Renata. **AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS QUE OPERAM SOB SISTEMAS MISTOS DE CONDICIONAMENTO AMBIENTAL EM CLIMA TEMPERADO E ÚMIDO**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015

DE VECCHI, Renata. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. O efeito da utilização de ventiladores de teto no conforto térmico em salas de aulas com condicionamento híbrido em um local de clima quente e úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 189-202, jul./set. 2013.

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. Thermal history and its influence on occupants' thermal acceptability and cooling preferences in warm-humid climates: a new desire for comfort? *In: Proceedings of the 7th Windsor Conference: The changing context of comfort in an unpredictable world*, 2012, Londres **Anais [...]** Londres: Cumberland Lodge.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017. Relatório Síntese**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 02 fev. 2019.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Disponível em: <https://cfpub.epa.gov/roe/chapter/air/indoorair.cfm>. Acesso em: 16 fev. 2018.

Empresa de Transmissão do Espírito Santo S.A. (ETES) Disponível em: <http://www.etesenergia.com.br/>. Acesso em: 14 fev. 2019

GUPTA, G.; BUDDI, D.; KUMAR, S.; SINGH, H.; ANSARI, A.; SHARMA, V. Thermal comfort assessment for naturally ventilated classrooms during summer in composite climate of Jaipur. **International Journal For Research In Applied Science & Engineering Technology**, v. 4, p.541-550, dez. 2016.

HALAWA, E.; HOOFF, J. VAN. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. **Energy and Buildings**, v. 51, p. 101–110, 2012.

HAMZAH, B.; ISHAK, M.; BEDDU, S.; OSMAN, M. Thermal comfort analyses of naturally ventilated university classrooms. **Structural Survey**, v. 34, p. 427-445, 2016.

HUANG, L.; OUYANG, Q.; ZHU, Y.; JIANG, L. A study about the demand for air movement in warm environment. **Building and Environment**, v. 61, p. 27–33, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Fifth Assessment Report (AR5), Chapter 9 Buildings. In: Lucon O. Ürge-Vorsatz, A.; Zain Ahmed, H.; Akbari, P.; Bertoldi, L. F.; Cabeza, N.; Eyre, A.; Gadgil, L. D. D.; Harvey, Y.; Jiang, E.; Liphoto, S.; Mirasgedis, S.; Murakami, J.; Parikh, C.; Pyke M. V. **Climate Change 2014: The Working Group III contribution to the IPCC’s Fifth Assessment Report (AR5) assesses literature on the scientific, technological, environmental, economic and social aspects of mitigation of climate change since 2007 when the Fourth Assessment Report (AR4) was released.** Cambridge: Cambridge University Press. p. 671-738, 2014.

International Facility Management Association - IFMA. **Temperature wars: savings vs. comfort.** Disponível em: <http://www.ifma.org/docs/surveys/hvacsurvey2009.pdf?sfvrsn=2> Acesso em: 15 fev. 2018.

International Organization For Standardization. **Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. ISO 7726:1998.** Genebra, 1998.

International Organization For Standardization. **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, ISO 7730:2005.** Genebra, 2005.

International Organization For Standardization. **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. ISO 7730:1994.** Genebra, 1994.

International Organization For Standardization. **Ergonomics of thermal environments - determinations of metabolic heat production. ISO 8996.** Genebra. 1989.

International Organization For Standardization. **Ergonomics estimation of the thermal characteristics of a clothing ensemble. ISO 9920.** Genebra. 1995.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019) Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>. Acesso em: 1 fev. 2019.

JIN, L.; ZHANG, Y.; ZHANG, Z. Human responses to high humidity in elevated temperatures for people in hot-humid climates. **Building and Environment**, v. 114, p. 257–266, 2017.

KUMAR, S.; SINGH, M. K.; LOFTNESS, V.; MATHUR, J.; MATHUR, S. Thermal comfort assessment and characteristics of occupant’s behaviour in naturally ventilated buildings in composite climate of India. **Energy for Sustainable Development**, v. 33, p. 108–121, 2016.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** PROCEL, 3ª edição. São Paulo: PW Editores, 2014. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 06 dez. 2018.

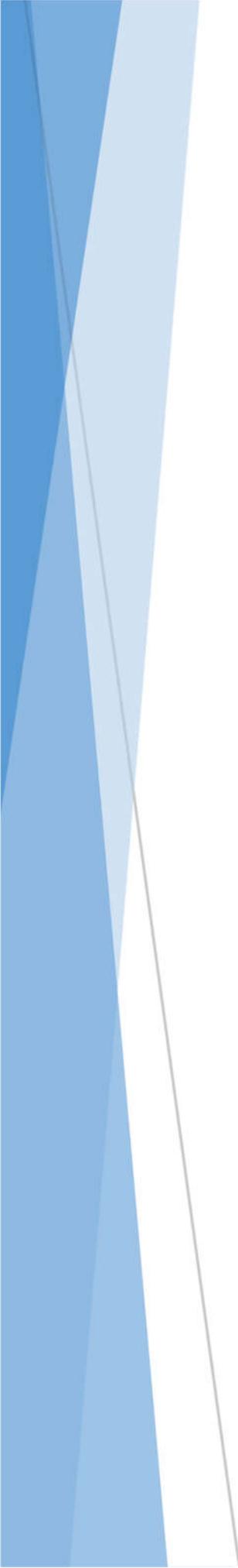
LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; DE VECCHI, R. **Towards a brazilian standard on thermal comfort.** 2013. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/node/406>. Acesso em: 16 mai. 2018.

- LU, S.; PANG, B.; QI, Y.; FANG, K. Field study of thermal comfort in non-air-conditioned buildings in a tropical island climate. **Applied Ergonomics**, v. 66, p. 89–97, 2018.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. A thermal comfort field study of naturally ventilated classrooms in Kharagpur, India. **Building and Environment**, v. 92, p. 396–406, 2015.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. A thermal comfort field study of naturally ventilated classrooms in Kharagpur, India. **Building and Environment**, v. 92, p. 396–406, 2015a.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. An adaptive thermal comfort model for the tropical climatic regions of India (Koppen climate type A). **Building and Environment**, v. 85, p. 134–143, 2015b.
- NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S. **Adaptive Thermal Comfort: Principles and practice**. Routledge: 1 edition, 2012.
- Nico-Rodrigues, E. A.; Alvarez, C. E. Método de Avaliação de Desempenho para Janelas em Residências Multifamiliares em Vitória-ES: Ênfase no Conforto Proporcionado pela Ventilação. **Hábitat Sustentable**, Concepción, v. 1, n. 1, p. 14-24, set./nov, 2011.
- NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío – Bío. Concepción 2015.
- OCHOA, J. H.; Araújo, D. L.; SATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Boletim diário - eventos e ocorrência, dia 19/01/2015**. Disponível em: < <http://sdro.ons.org.br/SDRO/DIARIO/index.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- Parkinson, Thomas. **Thermal Pleasure and Alliesthesia in the Built Environment**. 2016. Tese (Doutorado em Philosophy, Faculty of Architecture, Design and Planning) – The University of Sydney. 2016.
- PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, vol.10, n.1, p.31-51. 2010.
- Prefeitura de Vitória – Dados Geográficos – Disponível em: <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/geograficos.asp>. Acesso em: 14 fev. 2019.
- Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica – Janeiro de 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/resenha-mensal-do-mercado-de-energia-eletrica>. Acesso em: 16 fev. 2018.
- RUPP, R. F.; DE VECCHI, R.; ASMUS, B. F.; CANDIDO, C. M.; GHISI, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 111-123, jan./mar. 2017
- SILVA, M.; BRITO, J.; SALVALAIO, R.; ALVAREZ, C. Identificação de fatores para a promoção da mobilidade por bicicleta no campus Goiabeiras-UFES. In: Congresso Internacional Sustentabilidade Urbana: 14ª Jornada Urbanere e 2 Jornada Cires., 2018, Vila Velha. **Anais [...]** Vila Velha.

Sistema Integrado de Bibliotecas - Ufes. Histórico da Biblioteca Central - O jornadear da biblioteca central da Ufes: uma breve narrativa. Disponível em: <http://www.biblioteca.ufes.br/hist%C3%B3rico-da-biblioteca-central>. Acesso em: 9 fev. 2019.

VAN MARKEN LICHTENBELT, W. Human brown fat and obesity: methodological aspects. **Frontiers in endocrinology**, v. 2, n. October, p. 52, jan. 2011.

ZHANG, Y.; CHEN, H.; WANG, J.; MENG, Q. Thermal comfort of people in the hot and humid area of China - impacts of season, climate, and thermal history. **Indoor Air**, v. 26, n. 5, p. 820–830, 2016.



APÊNDICES

APÊNDICE 1

Questionário aplicado aos usuários

Anverso

Prezado (a) usuário (a) da Biblioteca Central,
 Você está convidado (a) a participar de um estudo sobre conforto térmico na Biblioteca Central. Este estudo é parte integrante de uma dissertação que tem como um dos objetivos avaliar as condições térmicas e a aceitabilidade do movimento do ar (vento) em um ambiente educacional naturalmente ventilado. Os resultados deste trabalho poderão ser utilizados para auxiliar na formulação e atualização de normas técnicas da área.
 A sua participação neste estudo é voluntária. Porém, quanto maior o número de participantes, melhor serão os resultados. Dedicar alguns minutos para preencher este questionário será muito importante para o desenvolvimento da pesquisa.
 Todas as informações destes questionários serão tratadas como confidenciais e nenhum indivíduo será identificado na publicação dos resultados.
 Obrigado.
 Patryck Machado de Almeida - patryckdealmeida@gmail.com
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC/UFES

DADOS PESSOAIS

Data:	Hora:	Idade:	Sexo:	Peso:	Altura:
Mora a quanto tempo na Grande Vitória?			Hora de chegada na Biblioteca Central:		
Cidade/Estado que morava antes da Grande Vitória:					

Você concorda em participar deste estudo?	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------

Como você considera sua característica de humor e saúde hoje?

<input type="checkbox"/> Bem humorado/Tranquilo	<input type="checkbox"/> Saudável
<input type="checkbox"/> Mal humorado/Ansioso	<input type="checkbox"/> Resfriado/gripado

VESTIMENTA - Este item é importante para calcular o isolamento térmico da roupa.

Marque as peças de roupa que está usando nesse momento e acrescente o que faltar.

<input type="checkbox"/> Cueca "samba canção"	<input type="checkbox"/> Bermuda ou short
<input type="checkbox"/> Meia fina tipo sapatilha	<input type="checkbox"/> Calça tecido fino
<input type="checkbox"/> Meia soquete grossa	<input type="checkbox"/> Calça grossa, lã ou flanela
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Calça jeans
<input type="checkbox"/> Camisa sem manga	<input type="checkbox"/> Saia leve, de verão
<input type="checkbox"/> Camisa manga curta	<input type="checkbox"/> Saia pesada, de inverno
<input type="checkbox"/> Camisa mangas longas fina	<input type="checkbox"/> Vestido leve, manga curta
<input type="checkbox"/> Camisa mangas longas normal	<input type="checkbox"/> Vestido grosso, manga longa
<input type="checkbox"/> Camisa de flanela ou moleton	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Colete sem manga, fino	<input type="checkbox"/> Calçado com sola grossa
<input type="checkbox"/> Colete sem manga, grosso	<input type="checkbox"/> Calçado com sola fina
<input type="checkbox"/> Jaqueta leve	<input type="checkbox"/> Tênis
<input type="checkbox"/> Jaqueta grossa	<input type="checkbox"/> Chinelo, sandália ou outro calçado aberto
<input type="checkbox"/> Paletó/blazer	<input type="checkbox"/>

Outros:

Verso:

SENSAÇÕES TÉRMICAS

Esta etapa do questionário deve ser respondida a cada 20 minutos - por exemplo 8h, 8:20, 8:40, 9:00 e assim por diante - enquanto você estiver na mesa de estudos ou disponível para o preenchimento do mesmo.

Qual opção melhor representa como você se sente nesse momento?

Horário	Com muito frio	Com frio	Levemente frio	Neutro	Levemente calor	Com calor	Com muito calor

Como você preferia estar se sentindo agora?

Horário	Mais aquecido	Não mudar	Mais resfriado

Como você se sente com relação à velocidade do ar (vento)?

Horário	Aceitável	Inaceitável Velocidade do ar insuficiente	Inaceitável Velocidade do ar muito alta

Se você pudesse escolher, qual desses tipos de climatização utilizaria neste ambiente agora?

Ventilação natural	
Ventilação natural e ventiladores	
Ar condicionado	

Por quanto tempo você fica em ambientes com ar condicionado?

Em casa	
No trabalho/faculdade	
No transporte	

Houve mudança de roupa durante um horário e outro? Quais peças e qual horário?

--

Obrigado pela colaboração, sua ajuda foi importante!

APÊNDICE 2

Formulário do Google.

Questionário Conforto Térmico

*Obrigatório

1. Data *

Exemplo: 15 de dezembro de 2012

2. Hora

Exemplo: 08h30

3. Idade

4. Sexo

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

5. Peso

6. Altura

7. Mora a quanto tempo na Grande Vitória?

8. Hora de chegada na Biblioteca Central

Exemplo: 08h30

9. Cidade/Estado que morava antes da Grande Vitória:

10. Como você considera sua característica de humor hoje?

Marcar apenas uma oval.

Bem humorado/Tranquilo

Mal humorado/Ansioso

11. E de saúde?

Marcar apenas uma oval.

Saudável

Resfriado/gripado

12. Cio (Índice de Isolamento térmico da vestimenta)

13. Qual opção melhor representa como você se sente nesse momento?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Com muito frio	Com frio	Levemente frio	Neutro	Levemente calor	Com calor	Com muito calor
voto 1	<input type="radio"/>						
voto 2	<input type="radio"/>						
voto 3	<input type="radio"/>						
voto 4	<input type="radio"/>						
voto 5	<input type="radio"/>						
voto 6	<input type="radio"/>						

14. Como você preferia estar se sentindo agora?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Mais aquecido	Não mudar	Mais resfriado
voto 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Como você se sente com relação à velocidade do ar (vento)?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Aceitável	Inaceitável - velocidade do ar insuficiente	Inaceitável - Velocidade do ar muito alta
voto 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
voto 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Se você pudesse escolher, qual desses tipos de climatização utilizaria neste ambiente agora?

Marcar apenas uma oval.

- Ventilação natural
- Ventilação natural e ventiladores
- Ar condicionado

17. Por quanto tempo (horas) você fica em casa com ar condicionado?

18. Por quanto tempo (horas) você fica no trabalho/faculdade com ar condicionado?

19. Por quanto tempo (horas) você fica no transporte com ar condicionado?

20. Houve mudança de roupa durante um horário e outro? Quais peças e qual horário? (Inserir clo)

21. Temperatura operativa

Marcar apenas uma oval por linha.

	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
Temperatura 1	<input type="radio"/>											
Temperatura 2	<input type="radio"/>											
Temperatura 3	<input type="radio"/>											
Temperatura 4	<input type="radio"/>											
Temperatura 5	<input type="radio"/>											
Temperatura 6	<input type="radio"/>											

22. Velocidade do vento

Marcar apenas uma oval por linha.

	abaixo de 0,2m/s	entre 0,2m/s e 0,5m/s	entre 0,5m/s e 1m/s	entre 1m/s e 3m/s
Velocidade 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Velocidade 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Velocidade 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Velocidade 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Velocidade 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Velocidade 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>