



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

GUILHERME WILLIAM PETRINI DA SILVEIRA

**O IMPACTO DA ALTERAÇÃO DO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO
BRASILEIRO EM PROJETO PADRÃO: O CASO DAS UNIDADES BÁSICAS DE
SAÚDE TIPO I**

**BAURU
2020**

GUILHERME WILLIAM PETRINI DA SILVEIRA

**O IMPACTO DA ALTERAÇÃO DO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO
BRASILEIRO EM PROJETO PADRÃO: O CASO DAS UNIDADES BÁSICAS DE
SAÚDE TIPO I**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, como requisito final para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria

BAURU

2020

Petrini da Silveira, Guilherme William.

O impacto da alteração do zoneamento bioclimático brasileiro em projeto padrão: o caso das unidades básicas de saúde tipo I / Guilherme William Petrini da Silveira. -- Bauru, 2020

155 p. : il, tabs., fotos

Orientador: João Roberto Gomes de Faria

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2020

1. Conforto térmico. 2. Zoneamento Bioclimático. 3. Unidade Básica de Saúde. 4. Simulação Computacional. 5. Projeto Padrão. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GUILHERME WILLIAM PETRINI DA SILVEIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 21 dias do mês de setembro do ano de 2020, às 14:00 horas, no(a) via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA - Orientador(a) do(a) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/UNESP/Bauru, Prof.^a Dr.^a MARIA SOLANGE GURGEL DE CASTRO FONTES do(a) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/UNESP/Bauru, Prof. Dr. ENEDIR GHISI do(a) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil / CTC/UFSC, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GUILHERME WILLIAM PETRINI DA SILVEIRA, intitulada **O IMPACTO DA ALTERAÇÃO DO ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO EM PROJETO PADRÃO: O CASO DAS UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE TIPO I**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

participação dos demais membros:
Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA 
realizado via videoconferência
Prof.^a Dr.^a MARIA SOLANGE GURGEL DE CASTRO FONTES
Prof. Dr. ENEDIR GHISI

Dedico este trabalho à Deus e à minha
família, em especial à minha mãe pelo
carinho e aprendizado.

RESUMO

Apresentadas como a porta de acesso ao sistema único de saúde, as unidades básicas de saúde (UBS) são os locais onde se visam resolver até 80% das enfermidades relatadas pela população brasileira. Com o programa requalifica UBS, o governo federal forneceu projetos padrões para construção de milhares dessas edificações; no entanto, questões importantes não são avaliadas, o que prejudica o conforto térmico dos usuários na edificação. Devido à sua importância são necessários estudos da adequabilidade dos projetos padrões ao zoneamento bioclimático (ZB) brasileiro. Normatizado pela NBR 15.220-3, o ZB divide o território nacional em oito grupos a partir da classificação de cidades com características climáticas semelhantes. Apesar de sua relevância, diversos estudos apontam que esta classificação não reflete a diversidade climática do Brasil e apresenta falhas na definição adequada das recomendações técnico-construtivas. Sobretudo devido ao aumento de fontes de dados climáticos no território nacional, novas propostas para a sua revisão são apresentadas. Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo analisar se a avaliação de desempenho térmico a partir da proposta de Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0, apresentada pelo Prof. Maurício Roriz em 2014, impacta os indicadores de conforto térmico em edificações padrões de UBS tipo I. Por se tratar de uma análise para todo território nacional, foram realizadas simulações térmicas computacionais com o programa *EnergyPlus* e as temperaturas operativas resultantes foram comparadas com os limites de conforto térmico do método adaptativo da ASHRAE 55. A análise é realizada através da comparação do percentual de horas ocupadas em conforto térmico e quantidade de graus-hora de desconforto total para diferentes cenários. Foi demonstrado que: o projeto padrão porte I não apresenta desempenho térmico adequado para a sua implantação em todo o território nacional; a adoção de estratégias passivas combinadas são suficientes para melhoria térmica na edificação para maioria dos climas brasileiros, mas em 25% dos casos não é recomendado o uso desses projetos; a definição de elementos construtivos e estratégias passivas por simulação computacional mostra-se mais apropriada que pelo uso de tabelas preditivas e pelas diretrizes recomendadas pela NBR 15.220-3; a adoção da proposta de zoneamento de Roriz impacta significativamente a avaliação do desempenho térmico da edificação, proporciona aumento médio de 30% do percentual de horas ocupadas em conforto térmico, mais adequados que os 16% calculados com a utilização do zoneamento previsto pela NBR 15.220-3.

Palavras-Chave: Conforto térmico, Zoneamento Bioclimático, Unidade Básica de Saúde, Simulação Computacional, Projeto Padrão.

ABSTRACT

Presented as the gateway to the Brazilian unified health system, basic health units (BHU) are places where up to 80% of the illnesses reported by the Brazilian population are addressed. With the BHU requalification program, the federal government has provided standard projects for the construction of thousands of these buildings; however, important issues are not evaluated, which interferes with the thermal comfort of users in the building. Due to their importance, studies on the suitability of standard projects for Brazilian bioclimatic zoning (BZ) are necessary. Standardized by NBR 15.220-3, the BZ divides the national territory into eight groups from the classification of cities with similar climatic characteristics. Despite its relevance, several studies point out that this classification does not reflect the climate reality in Brazil and presents flaws in the adequate definition of technical-constructive recommendations. Especially due to the increase of climate data sources in the national territory, new proposals for its revision are presented. In this context, this research aims to analyze whether the evaluation of thermal performance from the proposed Brazilian Climate Classification - Version 3.0, presented by Prof. Maurício Roriz in 2014, impacts the thermal comfort indicators in BHU type I buildings. As this is a nationwide analysis, thermal computer simulations were performed with the EnergyPlus program and the resulting operating temperatures were compared with the thermal comfort limits of the ASHRAE 55 adaptive method. The analysis is carried out by comparing the percentage of hours occupied in thermal comfort and the amount of degree hours of total discomfort for different scenarios. It was demonstrated that: the standard project size I does not present adequate thermal performance for implementation throughout the national territory; the adoption of combined passive strategies are sufficient for thermal improvement of the building for most of the Brazilian climates, but in 25% of the cases its use is not recommended; the definition of constructive elements and passive strategies by computational simulation is more appropriate than by the use of predictive tables and the guidelines recommended by NBR 15. 220-3; the adoption of the Roriz zoning proposal significantly impacts the evaluation of the thermal performance of the building, providing an average increase of 30% in the percentage of hours occupied in thermal comfort, more appropriate than the 16% calculated with the use of the zoning provided by NBR 15.220-3

Keywords: thermal comfort, bioclimatic zoning, Basic Health Unit, thermal simulation, Standard Design

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de conforto – ambientes ventilados naturalmente.....	29
Figura 2: Zoneamento bioclimático brasileiro – NBR 15.220-3:2005.....	35
Figura 3: Segunda proposta para o Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	41
Figura 4: Espacialização das recomendações arquitetônicas – proposta 5.....	46
Figura 5: Fluxograma da pesquisa.....	51
Figura 6: Etapas iniciais de simulação computacional.....	52
Figura 7: Etapas das simulações com uso de estratégias bioclimáticas.	53
Figura 8: Planta de Leiaute da UBS Porte I.	54
Figura 9: Perspectiva 01 - Geometria da Edificação.	58
Figura 10: Perspectiva 02 - Geometria da Edificação.	58
Figura 11: Identificação dos ambientes e Zonas Térmicas (ZT).....	59
Figura 12: Distribuição das rotinas de uso da edificação.	63
Figura 13: Representações das paredes	76
Figura 14: Representações das coberturas.....	77
Figura 15: Representações das paredes, segundo NBR 15.220-3.	80
Figura 16: Representações das coberturas, segundo NBR 15.220-3.....	81
Figura 17: Quantidade de graus-hora de desconforto total em três regiões climáticas.	83
Figura 18: Percentual de horas ocupadas em conforto e desconforto nas 24 ZB.....	84
Figura 18: Quantidade de graus-hora em desconforto total para as 24 ZB.	85
Figura 20: Percentual de horas (média das zonas térmicas) em conforto – ZB NBR 15.220-3 e Roriz (2014).....	101
Figura 21: Comparação da quantidade de graus-hora em desconforto para o frio.....	102
Figura 22: Comparação da quantidade de graus-hora em desconforto para o calor.....	102
Figura 23: Corte AA - especificação das alturas da UBS porte I.	122
Figura 24: Fachada principal - UBS Porte I instalada em Colombo-PR.....	123
Figura 25: Elevação Posterior - UBS Porte I: renderização do projeto.....	123
Figura 26: Gráficos dos resultados: ZB 01 e 02.....	150
Figura 27: Gráficos dos resultados: ZB 03 e 04.....	150
Figura 28: Gráficos dos resultados: ZB 05 e 06.....	151
Figura 29: Gráficos dos resultados: ZB 07 e 08.....	151
Figura 30: Gráficos dos resultados: ZB 09 e 10.....	152
Figura 31: Gráficos dos resultados: ZB 11 e 12.....	152
Figura 32: Gráficos dos resultados: ZB 13 e 14.....	153

Figura 33: Gráficos dos resultados: ZB 15 e 16.....	153
Figura 34: Gráficos dos resultados: ZB 17 e 18.....	154
Figura 35: Gráficos dos resultados: ZB 19 e 20.....	154
Figura 36: Gráficos dos resultados: ZB 21 e 22.....	155
Figura 37: Gráficos dos resultados: ZB 23 e 24.....	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Obras habilitadas distribuídas por porte e unidade federativa.....	25
Tabela 2: Conjunto de critérios para definição das Zonas Bioclimáticas: Proposta 01.	39
Tabela 3: Critérios e resultados da classificação dos climas: proposta 3.	42
Tabela 4: Fontes dos dados das médias mensais de temperaturas máximas e mínimas.....	44
Tabela 5: Critérios para classificação de Climas do Brasil – versão 3.0.....	45
Tabela 6: Comparativo dos ZB da norma vigente e das propostas de revisão.	47
Tabela 7: Propriedades físicas dos materiais: modelo base.....	60
Tabela 8: Cargas térmicas internas produzidas por pessoas, iluminação e equipamentos.	61
Tabela 9: Temperatura mensal de solo (média mensal de ar) em diferentes localidades.....	64
Tabela 10: Detalhamento das esquadrias.....	66
Tabela 11: Características das esquadrias e rotinas de abertura.....	67
Tabela 12: Resumo das estratégias bioclimáticas.....	72
Tabela 13: Agenda de funcionamento da estratégia de ventilação noturna.	74
Tabela 14: Agenda de funcionamento dos brises.	75
Tabela 15: Valores limites das propriedades das envoltórias, segundo Mahoney.	76
Tabela 16: Características físicas das paredes.....	76
Tabela 17: Características físicas das coberturas	77
Tabela 18: Resumo das estratégias bioclimáticas segundo NBR 15.220-3.....	78
Tabela 19: Valores limites das envoltória, NBR 15.220-3.....	79
Tabela 20: Características físicas das paredes, segundo NBR 15.220-3.....	79
Tabela 21: Características físicas das coberturas, NBR 15.220-3.....	80
Tabela 22: Cidades selecionadas e sua classificação bioclimática.....	82
Tabela 23: Síntese do percentual de horas ocupadas em conforto.	87
Tabela 24: Síntese do percentual de alteração de graus-hora em desconforto total.....	88
Tabela 25: Modelos dos projetos de UBS tipo I com estratégias bioclimáticas combinadas. .	95
Tabela 26: Síntese dos percentuais de horas ocupadas em conforto e alteração dos graus-hora em desconforto total utilizando as estratégias passivas combinadas.....	96
Tabela 27: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.....	98
Tabela 28: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.....	99
Tabela 29: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.....	100
Tabela 30: Síntese do percentual de alteração de graus-hora de desconforto total. Comparativo entre os zoneamentos da NBR 15.220-3 e da proposta de Roriz (2014).....	103
Tabela 28: Dados Climáticos – São Joaquim/SC	124

Tabela 29: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – São Joaquim /SC.....	124
Tabela 30: Dados Climáticos de Campos do Jordão/SP	125
Tabela 31: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Campos do Jordão/SP	125
Tabela 32: Dados Climáticos de Petrópolis/RJ	126
Tabela 33: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Petrópolis/RJ.....	126
Tabela 34: Dados Climáticos de Patrocínio/MG.....	127
Tabela 35: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Patrocínio/MG	127
Tabela 36: Dados Climáticos de Pelotas/RS	128
Tabela 37: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Pelotas/RS	128
Tabela 38: Dados Climáticos de Porto Alegre/RS	129
Tabela 39: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Porto Alegre/RS.....	129
Tabela 40: Dados Climáticos de Vacaria/RS	130
Tabela 41: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Vacaria/RS	130
Tabela 42: Dados Climáticos de Ivaí/PR.....	131
Tabela 43: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Ivaí/PR.....	131
Tabela 44: Dados Climáticos de Cristalina/GO	132
Tabela 45: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Cristalina/GO	132
Tabela 46: Dados Climáticos de Campo Verde/MT	133
Tabela 47: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Campo Verde/MT	133
Tabela 48: Dados Climáticos de Irecê/BA	134
Tabela 49: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Irecê/BA	134
Tabela 50: Dados Climáticos de Corumbá/MS	135
Tabela 51: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Corumbá/MS	135
Tabela 52: Dados Climáticos de Campos dos Goytacazes/RJ	136
Tabela 53: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Goytacazes/RJ	136
Tabela 54: Dados Climáticos de Carangola/MG.....	137
Tabela 55: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Carangola/MG.....	137
Tabela 56: Dados Climáticos de Londrina/PR	138
Tabela 57: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Londrina/PR.....	138
Tabela 58: Dados Climáticos de Ituverava/SP	139
Tabela 59: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Ituverava/SP	139
Tabela 60: Dados Climáticos de Remanso/BA	140
Tabela 61: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Remanso/BA	140
Tabela 62: Dados Climáticos de Natal/RN	141

Tabela 63: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Natal/RN.....	141
Tabela 64: Dados Climáticos de Goiás/GO.....	142
Tabela 65: Dados Climáticos de Palmas/TO.....	143
Tabela 66: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Palmas/TO	143
Tabela 67: Dados Climáticos de Aimorés/MG	144
Tabela 68: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Aimorés/MG.....	144
Tabela 69: Dados Climáticos de Itapetinga/BA	145
Tabela 70: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Itapetinga/BA	145
Tabela 71: Dados Climáticos de Espinosa/MG.....	146
Tabela 72: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Espinosa/MG.....	146
Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).Tabela 73: Dados Climáticos de Pão de Açúcar/AL	146
Tabela 74: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Pão de Açúcar/AL	147
Tabela 75: Dados e resultados Teste Shapiro-Wilk.....	148
Tabela 76: Dados e resultados Teste Mann-Whitney.....	148
Tabela 77: Dados e resultados Teste Tukey.	149

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AMA - Amplitude Média Anual.

AmedAno - Média Anual da Amplitude Térmica.

Amp - Amplitude Média mensal.

ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

ASHRAE - International technical Society Organized to Advance the Arts and Sciences of Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration

dA - Diferença entre a maior e menor Amplitude Térmica Mensal.

dpA - Desvio Padrão de Amplitude.

dpT - Desvio Padrão da média mensal das Temperaturas Médias diárias.

dT - Diferença entre a maior e menor Temperatura Média Mensal.

EPW - EnergyPlus Weather File.

GhC – Graus-hora de calor

GhF – Graus-hora de frio

GhR – Graus-hora de resfriamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NASA – National Aeronautics and Space Administration

RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações para edifícios comerciais, de serviços e públicos.

RTQ-R – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações para edifícios residenciais.

TMA - Temperatura Média Anual.

Tmax - Média mensal das Temperaturas Máximas diárias.

Tmed - Média mensal das Temperaturas Médias diárias.

TmedAno - Média Anual da Temperatura do Ar.

Tmin - Média mensal das Temperaturas Mínimas diárias.

SUS – Sistema Único de Saúde

UBS – Unidade Básica de Saúde

ZB – Zona Bioclimática

ZT – Zona Térmica

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	19
1.2	Objetivos específicos	19
1.3	Estrutura da dissertação.....	20
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	A Unidade Básica de Saúde	22
2.1.1	O projeto padrão.....	25
2.2	Conforto térmico	27
2.2.1	Ventilação natural e o conforto térmico em ambientes de saúde.....	30
2.3	Zonas Bioclimáticas	32
2.3.1	O Zoneamento Bioclimático da NBR 15.220-3	33
2.3.2	Propostas de revisão da classificação bioclimática brasileira	36
2.4	Síntese do referencial teórico.	48
3.	METODOLOGIA	50
3.1	Estudo de caso.....	54
3.2	Modelagem e configurações dos parâmetros (<i>inputs</i>).....	55
3.2.1	Configurações iniciais	55
3.2.2	Geometria do modelo e definição das zonas térmicas	56
3.2.3	Definição das características da envoltória e das esquadrias.	59
3.2.4	Cargas térmicas internas	60
3.2.5	Padrões de usos e operação do edifício.....	61
3.2.6	Parâmetros de troca de energia com o solo	63
3.2.7	Infiltrações e ventilação natural	65
3.3	Intervalo de conforto e indicadores adotados.....	68
3.4	A seleção das cidades para as simulações e os arquivos climáticos.	69
3.5	Teste de sensibilidade	70
3.6	Estratégias Bioclimáticas	71
3.6.1	Ventilação natural e artificial	73
3.6.2	Aquecimento solar da edificação	74
3.6.3	Sombreamento de aberturas	74
3.6.4	Definição da envoltória	75
3.7	Estratégias Bioclimáticas, segundo a NBR 15.220-3	78
4.	RESULTADOS.....	82
4.1	Cidades selecionadas.....	82

4.2	Avaliação da alteração da orientação sobre o modelo.	82
4.3	Avaliação do modelo base.	84
4.4	Avaliação individual de estratégias bioclimáticas	86
4.4.1	Ventilação cruzada	88
4.4.2	Ventilação noturna	89
4.4.3	Ventilação mecânica	89
4.4.4	Sombreamento das esquadrias	90
4.4.5	Alteração das propriedades da cobertura	90
4.4.6	Alteração das propriedades das paredes.....	92
4.5	Avaliação das estratégias bioclimáticas combinadas.....	94
4.6	Avaliação do impacto da nova proposta de zoneamento bioclimático.	100
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
5.1	Limitações da Pesquisa	106
5.2	Recomendações de pesquisas futuras.....	107
	REFERÊNCIAS	109
	APÊNDICE A – Projeto padrão UBS Porte I	120
	APÊNDICE B – Características climáticas, diagnósticos e estratégias Bioclimáticas.	124
	APÊNDICE C – Testes estatísticos – análise de sensibilidade	148
	APÊNDICE D – Resultados das simulações: Percentual de horas ocupadas em conforto térmico, Graus-hora de desconforto para o frio e calor nas 24 Zonas Bioclimáticas.....	150

1. INTRODUÇÃO

As unidades básicas de saúde (UBS) são edificações institucionais onde se realizam diversos serviços de prevenção, orientação e tratamento relacionados à saúde física e mental das diversas idades da população brasileira. Apresentadas pelo governo federal como área de acesso principal ao Sistema Único de Saúde, nessas unidades procura-se suprir até 80% dos problemas de saúde relatados pelo cidadão (BRASIL, 2002).

Visando a melhoria no acesso e qualidade do atendimento da atenção básica de saúde, o governo federal instituiu em 2011 o Programa de Requalificação de Unidades Básicas de Saúde, o qual destinou recursos para a construção de milhares de edifícios no território brasileiro, disponibilizando, inclusive, projetos padrões de quatro portes. No entanto, questões importantes do projeto de arquitetura, como insolação, ventilação, topografia e as condicionantes climáticas são desconsideradas na etapa de projeto, o que ocasiona problemas à qualidade térmica dos espaços construídos (BRASIL, 2013).

A adequação de projeto padrão ao clima local, principalmente com a avaliação do impacto sobre o conforto térmico do usuário, é amplamente discutida para as edificações de uso residencial, sobretudo para as habitações de interesse social e conjuntos habitacionais (WALLAUER, 2003; OCHOA, et al., 2012; SILVEIRA, 2014; DALBEM, et al., 2019) e para a escolar (FONSECA, 2015; LAMENHA 2016; SPAGNUOLO, 2019). Na área hospitalar os poucos estudos realizados restringem-se aos hospitais (MASCARELLO, 2005; FELIX et al., 2010; 2012; COMIRAN, 2014; QUADROS; MIZGIER, 2019) e, geralmente, são avaliadas as salas de operação e internação (WYON; LIDWELL; WILLIAMS, 1968; CHO et al., 1997; MELHADO et al., 2006; BALARAS et al., 2007; VERHEYEN et al., 2011; WANG et al., 2012).

Dada a importância para saúde física e mental dos profissionais e pacientes que frequentam as UBS, e devido à sua relevância para o sistema único de saúde brasileiro, são necessárias pesquisas que avaliem o percentual de horas ocupadas em conforto térmico nos projetos padrões, e a sua adequabilidade ao zoneamento bioclimático (ZB) brasileiro.

Inserido na Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, NBR 15.220-3, o ZB divide o território nacional em oito grupos criados pela reunião de cidades com características climáticas semelhantes, e são baseadas nas normais climatológicas de 6% dos municípios brasileiros. Publicada em 2005, a norma teve como objetivo elevar o padrão de habitabilidade, sobretudo os aspectos do conforto térmico, das edificações residenciais unifamiliares térreas (RORIZ, 2012a). Apesar de ter sido criado especificamente para habitações de interesse social, e por falta de normativa específica, a NBR passou a ser referência para estudos de edificações de diversas ocupações.

Embora seja importante para fornecer diretrizes em prol do conforto térmico, e mesmo que utilize critérios e estratégias passivas definidas pela Carta Bioclimática de Givoni (1971) e pelas tabelas de Mahoney (KOENIGSBERGER; MAHONEY; EVANS, 1971), foi observada na criação do zoneamento brasileiro a configuração de grupos com baixa homogeneidade climática. Diversos estudos apontam falhas na definição adequada de valores de transmitância térmica e outras propriedades termofísicas das envoltórias; das estratégias passivas e falta da consideração do regime de ventos do país (PEREIRA; ASSIS, 2005; BRITO et al., 2012; BOGO, 2016).

Sobretudo devido ao aumento de fontes de dados climáticos no território nacional, que hoje somam 27% das cidades brasileiras, novas propostas para revisão do zoneamento bioclimático estão sendo realizadas, dentre elas destaca-se o último estudo apresentado por Roriz (2014), o qual divide o território brasileiro em 24 tipos de clima. Devido à sua adequabilidade, a proposta está sendo utilizada pelo Regulamento Técnico da Qualidade para

o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e para Edificações Residenciais (PROCEL, 2017), com ajustes, subdividindo o grupo 1 da proposta de Roriz (2014) em duas novas categorias 1A e 1B, uma vez que neste conjunto alguns climas englobados apresentam diferenças significativas (CB3E, 2017).

Se por um lado o zoneamento bioclimático da atual norma brasileira recomenda as estratégias bioclimáticas, a proposta apresentada por Roriz (2014) teve como objetivo primário o mapeamento de climas do Brasil, para posteriormente ser utilizada para especificação de recomendações construtivas para diferentes tipologias de edificações. Para a diversidade climática do país, Ferreira, Souza e Assis (2015) indicam os limites das propriedades termofísicas das tabelas de Mahoney, uma vez que proporcionam melhores condições de desempenho térmico se comparados aos limites previstos pela NBR 15.220-3 e NBR 15.575.

Sarvezuk e Lukiantchuki (2019) compararam os aspectos climáticos e bioclimáticos de diversas cidades distribuídas na zona bioclimática 3, conforme a NBR 15.220-3, com o zoneamento de Roriz (2014) e destacaram que a norma não representa adequadamente a diversidade climática do país. A utilização de critérios mais rigorosos para uma classificação climatológica pressupõe maior distinção dentre os diversos climas brasileiros, no entanto, poucos estudos demonstram a efetividade de elevar o número de grupo e mudar a metodologia de sua classificação.

Neste contexto, insere-se esta pesquisa com objetivo de analisar se a avaliação de desempenho térmico a partir da proposta de Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0, apresentada pelo Prof. Maurício Roriz em 2014, impacta os indicadores de conforto térmico em edificações padrões de UBS tipo I

Por se tratar de uma análise para todo território nacional, foram realizadas simulações térmicas computacionais com o programa EnergyPlus e as temperaturas operativas resultantes

foram comparadas com os limites de conforto térmico do método adaptativo da ASHRAE 55, uma vez que o objeto analisado é um edifício ventilado naturalmente.

O projeto padrão é avaliado através da comparação do percentual de horas ocupadas em conforto térmico e quantidade de graus-hora de desconforto total para diferentes cenários: implantado sob diferentes orientações; sob a influência de diversos climas; com mudanças baseadas em estratégias passivas e limites das propriedades termofísicas das tabelas de Mahoney; com mudanças baseadas nas estratégias definidas pela NBR 15.220-3.

Ressalta-se que o presente trabalho diferencia-se das pesquisas que avaliam o conforto térmico em projeto padrão uma vez que: são realizadas simulações termoenergéticas com uma grande variedade de condições climáticas; são considerados os aspectos importantes que impactam no resultado do cálculo do balanço térmico pelo *EnergyPlus*, como as cargas térmicas internas, as simulações durante todo o ano (e não apenas dia típico), é utilizado o módulo *aiflownetwork*, assim como a temperatura do solo distinta para cada região e época do ano analisada; é aplicado uma série de estratégias bioclimáticas, inclusive com alteração dos elementos construtivos da envoltória; é utiliza uma nova proposta de classificação do zoneamento bioclimático e um método mais atual para a determinação dos elementos técnico-construtivos adequados para a edificação estudada.

1.1 Objetivos

Analisar se a avaliação de desempenho térmico a partir da proposta de Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0, apresentada pelo Prof. Maurício Roriz em 2014, impacta os indicadores de conforto térmico dos usuários em edificações padrões de UBS tipo I.

1.2 Objetivos específicos

- Comparar a quantidade de horas e de graus-hora de desconforto térmico das UBS nas ZB presentes na NBR 15220-3 e na proposta por Roriz (2014);

- Verificar as alterações desses indicadores nas mesmas condições a partir do uso de estratégias bioclimáticas passivas.

1.3 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. Neste primeiro são apresentadas a introdução ao tema, a problemática que envolve o atual zoneamento bioclimático brasileiro e o projeto padrão e são descritos os objetivos principal e específicos da pesquisa.

O segundo capítulo compreende o referencial teórico relacionado ao tema. Neste é apresentada uma breve exposição sobre os passos dados para o estabelecimento das unidades básicas de saúde e os números de sua implantação; os conceitos principais de conforto térmico adaptativo e os índices preditivos de conforto térmico geralmente utilizados para sua avaliação; o caminho realizado no desenvolvimento do zoneamento bioclimático presente na norma brasileira NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e as propostas existentes de sua revisão.

O terceiro capítulo é sobre os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa. Nele descreve-se detalhadamente o estudo de caso, suas características físicas e como se desenvolveram as configurações do modelo digital para uso em simulação térmica. Expõe-se também as estratégias bioclimáticas utilizadas e o parâmetro para análise do conforto e desempenho térmico.

O quarto capítulo traz os resultados e as análises das simulações realizadas, identifica a adequabilidade do projeto padrão porte I de UBS para os climas brasileiros estudados; o impacto da aplicação de estratégias bioclimáticas passivas individualmente e combinadas sobre o percentual de horas ocupadas em conforto térmico na edificação; e o impacto sobre os indicadores de conforto térmico utilizados quando adotado o zoneamento definido por Roriz (2014) em comparação ao da NBR 15.220-3.

Ao final, em considerações finais, são apresentadas as principais contribuições desta pesquisa e as sugestões para pesquisas futuras que favoreçam o crescimento da literatura científica sobre o tema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Unidade Básica de Saúde

O processo de organização do sistema de saúde brasileiro passou por diversas transformações desde a sua origem. O seu avanço histórico é similar à organização sanitária brasileira, atrelado aos diversos contextos políticos, ideológicos e sociais que legitimaram as tomadas de decisão no âmbito social e coletivo. Neste processo, especial atenção é dada ao surgimento dos Centros de Saúde e estabelecimento da Estratégia de Saúde da Família (SANTOS, 2012).

As primeiras participações do Estado em prol da saúde pública ocorreram no início de 1930, quando a preocupação com a saúde do trabalhador, principalmente o trabalhador formal da classe industrial e comercial, começou a ser vinculada ao crescimento econômico do país, reconhecendo a importância da força do trabalho para aumento de produção (BRAVO, 2006). Baseado em modelos de organização sanitarista dos Estados Unidos, data do início do século XX a origem dos primeiros Centros de Saúde. Nestes as ações eram realizadas principalmente por médicos sanitaristas e profissionais da enfermagem, os quais desenvolviam principalmente os serviços de educação e prevenção sanitária, controle de endemias e epidemias (muito comuns à época), e outros serviços básicos em favor do bem-estar da população (CAMPOS, 2007).

O processo de industrialização brasileira no século XX, e simultâneo processo de urbanização não planejada, promoveu um intenso êxodo rural e crescimento das cidades. Em contramão ao desenvolvimento econômico, pouca atenção foi dada durante anos para a saúde pública, que visualizava as altas taxas de morbidade devido às doenças parasitárias e epidêmicas (BERTOLLI FILHO, 2000).

Segundo Santos (2012), a partir da década de 1960, novos modelos de organização e práticas médicas começavam a ser discutidas internacionalmente, em especial nos Estados

Unidos e Canadá, com objetivo de criação de um modelo de medicina comunitária em detrimento à tecnicista. Nesta época, a Organização Pan-Americana da Saúde propôs o fortalecimento da Atenção Primária à Saúde, com a implantação de Sistemas Locais de Saúde (SILOS), que, dentre outros objetivos, visavam auxílio ao indivíduo e a sua família por meio da participação social, descentralização, promoção da pesquisa científica, qualificação profissional e prevenção de doenças. No Canadá, os *Centres Locaux des Services Communautaires* (CLSC) apresentavam-se como o acesso primário da população aos serviços da rede de saúde pública.

Tais discussões auxiliaram a sociedade civil brasileira a se mobilizar por melhorias no sistema público de saúde. Em 1988, com o processo de redemocratização da política brasileira, a Constituição Federal estabeleceu o direito de todo cidadão à saúde e o dever do estado na sua promoção.

Regulamentado pelas leis orgânicas 8080/1990 e 8142/1990, a criação do Sistema Único de Saúde (SUS) representou o primeiro passo para assegurar o direito constitucional. Em uma época quando se incluíam restrições aos gastos públicos e ocorria a expansão do sistema particular de plano de saúde para classe de maior renda, a passos curtos o novo sistema promovia melhores condições de saúde sob princípios de universalização, equidade, integralidade e participação social. Nesse processo, a integração das três esferas do governo foi de grande importância para a descentralização do sistema de saúde, passando ao município a tomada de decisão sobre os investimentos (BRASIL, 2003).

As Unidades Básicas de Saúde (UBS), anteriormente mais conhecidas como postos de saúde, surgiram da maneira como hoje se apresentam na década de 1980, em um contexto de organização dos serviços para proporcionar maior eficácia no tratamento de endemias (CHIAPINOTTO; FAIT; JUNIOR, 2007). Estes estabelecimentos institucionais são apresentados pelo governo federal como área de acesso principal ao Sistema Único de Saúde.

Nas UBS são realizados os diversos serviços gratuitos de prevenção e tratamento médico relacionados à saúde física e mental, e tem por objetivo suprir 80% dos problemas de saúde relatada pelo cidadão. Nas unidades realizam-se também os acompanhamentos de doenças crônicas, como diabetes e hipertensão, os atendimentos de inalação, imunização, coleta para exames laboratoriais e tratamento odontológico (BRASIL, 2003).

Com objetivo de melhorar o acesso e a qualidade no atendimento da atenção básica de saúde, o governo federal instituiu em 2011 o Programa de Requalificação de Unidades Básicas de Saúde, o qual investiu recursos para ampliação e instalação de novas unidades de território brasileiro. Como apoio à esfera municipal foram disponibilizados projetos padrões de quatro portes de acordo com cada necessidade (BRASIL, 2013).

Para garantir contato preferencial aos usuários, as UBS são instaladas em pontos estratégicos, conforme áreas de abrangência de atendimento, perto de onde a população reside, estuda e trabalha, sendo que a capacidade dos serviços oferecidos varia de acordo com o porte da UBS, de I a IV, em função do número similar de equipes de Saúde da Família (BRASIL, 2003).

Segundo o Ministério da Saúde¹ até o final de 2019 já haviam sido construídas mais de 5 mil UBS em todo o território nacional com investimentos na ordem de 3,8 bilhões de reais. Em um total de 6.747 unidades de saúde, entre as 5 mil concluídas e as demais em fase de execução e preparação para o início de obras, 83% são unidades básicas de porte I, 11% II, 5% III e apenas 1% porte IV, conforme distribuição territorial apresentada na tabela 1.

¹ Informação repassada através do Sistema eletrônico do serviço de informação ao cidadão (e-SIC) em 09/12/2019, conforme protocolo de pedido de informação 25820.009123/2019-00.

Tabela 1: Obras habilitadas distribuídas por porte e unidade federativa.

UF	Porte I	Porte II	Porte III	Porte IV	UF	Porte I	Porte II	Porte III	Porte IV
AC	108	9	1	1	PB	284	16	3	1
AL	158	19	7	5	PE	360	24	11	3
AM	75	23	8	6	PI	281	28	25	-
AP	34	9	3	3	PR	223	51	22	7
BA	570	79	15	20	RJ	156	27	16	10
CE	417	29	13	2	RN	169	25	2	1
DF	7	2	4	5	RO	43	9	1	-
ES	102	7	4	3	RR	68	1	6	2
GO	271	54	15	-	RS	217	46	14	2
MA	345	40	7	-	SC	213	35	20	1
MG	365	56	30	3	SE	100	1	1	1
MS	62	8	1	-	SP	366	87	53	12
MT	157	19	8	-	TO	117	10	10	-
PA	321	46	7	3	TOTAL	5.589	760	307	91

Fonte: Ministério da Saúde¹

2.1.1 O projeto padrão

O verbete padronizar no Dicionário da Arquitetura Brasileira (CORONA; LEMOS, 1989) significa “empregar solução arquitetônica, genérica ou em detalhe, para servir de padrão, de modelo”; portanto, a construção de edificações através de projetos padronizados é o ato de empregar uma solução arquitetônica genérica a partir de um programa de necessidades comum das atividades a serem desenvolvidas naquela tipologia de edificação. O uso de projetos genéricos é uma prática comum em obras de edificações públicas para atendimento a programas governamentais setoriais, nos quais a partir de pressupostos comuns, elabora-se o programa de necessidades e se desenvolvem os projetos de arquitetura e engenharia (BARROS, 2001)

A defesa da padronização se alicerça na economia pela construção em massa, redução do custo do projeto, do tempo de elaboração, no incremento de qualidade pela execução repetida e na melhoria do projeto padrão através de avaliações pós-ocupação. Além dos argumentos técnicos há também o desejo de relacionamento do prédio a um momento político (KOWALTOWSKI, 2011).

Em programas governamentais de grande extensão geográfica, somente adequações ao projeto de implantação não são suficientes para adequar a edificação ao local, principalmente

em países de grande diversidade climática como o Brasil. Assim, questões importantes do projeto de arquitetura, como insolação, ventilação, topografia e clima, são desconsideradas na etapa de projeto, ocasionando, principalmente, problemas à qualidade térmica dos espaços construídos. É o que ocorre com os projetos padronizados das UBS disponibilizados pelo governo federal, os quais diferenciam-se apenas pela área construída e demanda de usuários atendidos, não oferecendo sugestões para sua adaptação à realidade de implantação.

A adequação do projeto padrão ao clima local, e consequente impacto sobre o conforto térmico do usuário, é amplamente discutida para o tipo residencial, sobretudo das habitações de interesse social e conjuntos habitacionais (WALLAUER, 2003; OCHOA, et al., 2012; SILVEIRA, 2014; DALBEM, et al., 2019), mas não é restrita para este uso.

Na arquitetura escolar, diversos são os exemplos das análises de conforto e desempenho térmico. Lamenha (2016) analisou as condições de insolação e distribuição da pressão externa por ventos sobre o bloco pedagógico do projeto padrão de Escola Técnica do MEC – PPET-MEC. Utilizando técnicas de simulação computacional, essenciais para estudos de desempenho térmico sob grande quantidade de variáveis climáticas e construtivas, Fonseca (2015) e Spagnuolo (2019) compararam o desempenho térmico do projeto padrão tipo C e B, respectivamente, do Programa Proinfância do Ministério da Educação (MEC), com as propostas de alterações construtivas da envoltória sugeridas pela NBR 15.220-3, em oito zonas bioclimáticas (ZB).

Outro exemplo de avaliação de unidades padronizadas é o de Kruger e Mori (2012), os quais calcularam a eficiência energética de um projeto padrão de agência bancária, conforme parâmetros do método prescritivo do RTQ-C.

No âmbito de avaliação de instituições de saúde, a importância da adequação do projeto padrão de unidades de pronto atendimento (UPA) foi demonstrada por Quadros e Ordenes (2017) em análise de uma enfermaria naturalmente ventilada do estabelecimento

implantado em Florianópolis/SC. Com o uso de simulação computacional pelo programa *Energyplus*, e adaptação de seis cenários com diferentes estratégias para favorecer sombreamento e ventilação, os autores observaram que a supressão das aberturas zenitais reduziu o ganho de energia solar direta e melhorou em até 25% as condições de conforto na edificação.

Neto, Almeida e Nunes (2019) avaliaram a eficiência energética da envoltória da UBS porte II, utilizando critérios do RTQ-C para a zona bioclimática 7 e a ferramenta *WebPrescritivo*. Observaram que o projeto original não obteve classificação positiva, sendo que as alterações das propriedades da envoltória, sobretudo a absorvância, contribuiu expressivamente para melhorias das condições de conforto na edificação padrão.

Neste contexto, apesar dos benefícios de ordem econômica inicial em sua construção, o uso dos projetos padronizados com alcance nacional, independente do seu fim, deve ser criteriosamente avaliado, sobretudo nos aspectos do conforto térmico. A consequente inadequação dos mesmos impacta substancialmente no seu uso, sem contar a necessidade de sistemas de aquecimento e refrigeração mecânicos, que aumentam o custo de operação dos prédios públicos (SPAGNUOLO, 2019).

2.2 Conforto térmico

Segundo a ANSI/ASHRAE 55-2017, conforto térmico é uma “condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é analisado por uma avaliação subjetiva”. No âmbito da teoria do conforto adaptativo, o termo conforto térmico é complexo e subjetivo, sendo relacionado a aceitabilidade e satisfação térmica do usuário. Este é influenciado não apenas pelos diversos fatores físicos que o cercam, mas, principalmente, pelos psicológicos, sobretudo pela expectativa em relação ao clima interno em determinado contexto (DE DEAR; BRAGER, 2001).

O desenvolvimento das primeiras pesquisas sobre a influência termohigrométrica sobre o homem foram realizadas em 1916 pela *New York State Commission on Ventilation* (NYSCV). Esses primeiros estudos visaram, sobretudo, a avaliação da alteração do rendimento de trabalhadores na produção industrial. Muitos outros estudos posteriores buscaram desenvolver índices a partir de diferentes aspectos do conforto térmico, sendo classificados como índices biofísicos, fisiológicos e subjetivos, inseridos em diferentes normativas (FROTA; SHIFFER, 2001), dentre as quais se destacam internacionalmente: *European Committee for Standardization* (CEN) - *European Standard* EN 15.251:2007; *International Organization for Standardization* (ISO) - *ISO Standard* 7.730:2005; *American National Standard Institute* (ANSI) e *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) - *ANSI/ASHRAE Standard* 55-2017.

Para a avaliação do conforto térmico das pessoas que utilizam ambientes naturalmente ventilados, Pereira e Assis (2010) consideram os estudos realizados sobre a teoria do conforto adaptativo proposto por De Dear e Brager (2002) como o método mais adequado, apesar de não indicarem estratégias bioclimáticas.

Na avaliação pelo método de conforto adaptativo, o ser humano é considerado como um agente ativo em busca de melhorias no conforto térmico, sendo assim realiza intervenções sobre o meio ou sobre si. Nesta abordagem, além dos aspectos físicos e psicológicos, são importantes os conceitos de aclimação que são inerentes à demografia, ao contexto e à cognição. De Dear e Brager (2002) citam que a sensação de conforto surge da comparação da média mensal de temperatura de bulbo seco com os valores de temperatura operativa interna do ambiente, uma vez que o desconforto surge da expectativa do usuário, sendo contraposto a temperatura do espaço em que se pretende estar com o que geralmente se encontra.

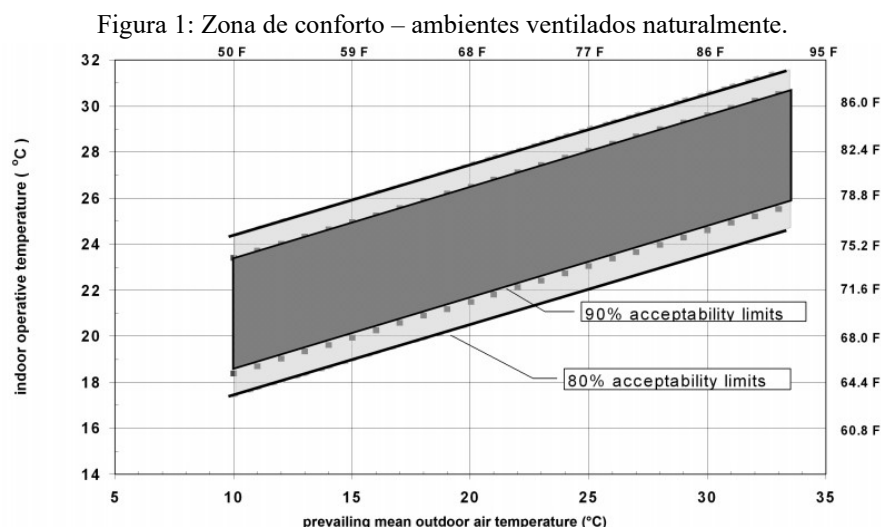
Inserido na norma americana ANSI/ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017), o modelo considera como premissa um usuário dentro de um ambiente ventilado naturalmente. Este

indivíduo possui capacidade de operar as esquadrias – controle de ventilação e iluminação – e alteração da vestimenta – controle do isolamento térmico. Também a sua sensação térmica é influenciada pela expectativa em relação ao clima local. Sendo assim, os parâmetros de conforto térmico variam de acordo com o contexto em que se inserem e época do ano.

Assim como ocorre com outros índices, um método de cálculo é definido pela norma de modo a se estabelecer/prever zonas de conforto térmico. O cálculo dessa faixa de conforto é baseado na temperatura neutra (T_n), a qual tem origem na temperatura predominante externa (T_{pe}). Esta se relaciona com o tempo de aclimação do indivíduo, sendo calculada por média aritmética da temperatura média diária em período que varie de 7 a 30 dias. A T_n é definida pela equação 01 e, a partir dela, estabelece-se uma zona de conforto com variação $\pm 3,5\text{ }^\circ\text{C}$ para satisfação de 80% dos usuários e $\pm 2,5\text{ }^\circ\text{C}$ para satisfação de 90%.

$$T_n = 0,31.T_{pe} + 17,8 \quad (01)$$

Conforme os estudos de De Dear e Brager (2002), a determinação de conforto térmico ocorre quando a temperatura operativa (T_o) interna do ambiente analisado localiza-se entre os limites da zona de conforto. Do contrário, o usuário médio irá declarar-se como em desconforto para o calor, quando a T_o está acima do limite, ou desconforto para o frio, abaixo do limite, conforme figura 1.



Fonte: ANSI/ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017)

2.2.1 Ventilação natural e o conforto térmico em ambientes de saúde

Seja uma iniciativa para a melhoria da eficiência energética da edificação ou do aumento do conforto térmico do usuário, o uso de estratégias da arquitetura bioclimática mostra-se uma ferramenta adequada a favor desses objetivos, como a promovida pelo condicionamento passivo por ventilação natural. Respeitadas as características climáticas de cada local, a circulação de ar nos edifícios de saúde promove o conforto térmico, ao mesmo tempo que auxilia na renovação de ar dos seus espaços.

Sendo fundamental para dissipação de contaminantes do ambiente, a renovação de ar em espaços de saúde visa, sobretudo, a proteção do usuário contra as diversas infecções potenciais transmitidas nesse meio. Yau et al. (2011) citam que nesses prédios diversos gases poluentes são provenientes do próprio organismo, contaminantes biológicos, como bactérias e vírus; existem também contaminantes químicos que advêm de várias atividades desenvolvidas no edifício, como limpeza e uso anestésico (óxido nitroso, desflurano e halotano).

Segundo a ASHRAE (2003), a temperatura e a umidade podem inibir, ou mesmo favorecer, o crescimento de bactérias e também ativar determinados vírus, sendo o movimento de ar de extrema importância para controle das proliferações, e assim minimizar os riscos de contaminação. A mesma fonte define taxas de renovação de ar, umidade relativa e temperatura do ar para diversos ambientes hospitalares.

Em estudos realizados por Argiriou et al. (1994) e Escombe et al. (2007) foram avaliadas a qualidade de ar e riscos de infecção hospitalar por transmissão aérea de patógenos. Ao comparar os edifícios condicionados artificialmente com os ventilados naturalmente, observaram que aqueles que utilizavam desta estratégia passiva as taxas de infecção eram menores.

O fluxo de ar dentro de quartos de internação foi o elemento de análise principal da pesquisa desenvolvida por Quadros (2016) na cidade de Florianópolis, SC. Através de

simulação computacional CFD com o programa *Phoenix*, a autora analisou diferentes configurações de aberturas nesses ambientes durante um período típico de verão e de meia estação. O conforto térmico foi avaliado pelos parâmetros definidos com base no modelo adaptativo proposto pela ANSI/ASHRAE 55 (2013) e o grau de adequação de renovação de ar pela resolução brasileira RE nº09 (ANVISA, 2003). A autora observou que as estratégias de ventilação unilateral dupla e cruzada foram as que mais propiciaram a melhoria no conforto térmico e troca de ar no ambiente analisado, quando comparadas ao sistema de ventilação unilateral simples, configuração típica visualizada nos diversos hospitais de grande porte da cidade. Ao citar o hospital Infantil Joana de Gusmão, local especializado no tratamento de tuberculose, a autora destaca o uso dessa estratégia para diminuir os riscos de infecção pela doença.

Embora existam diversos estudos sobre o conforto térmico em escritórios, residências e salas de aula, na área hospitalar os poucos realizados restringem-se aos hospitais (MASCARELLO, 2005; FELIX et al., 2010; 2012; COMIRAN, 2014; QUADROS; MIZGIER, 2019) e geralmente aos ambientes condicionados artificialmente. Poucos trabalhos analisam edifícios para assistência à saúde de menor porte (QUADROS; ORDENES, 2017; NETO; ALMEIDA; NUNES, 2019), como as unidades básicas de saúde, as quais são instaladas nos locais mais próximos da população.

Na literatura internacional os focos dos estudos também são, na maioria das vezes, salas de operação e internação de hospitais (WYON; LIDWELL; WILLIAMS, 1968; CHO et al., 1997; MELHADO et al., 2006; BALARAS et al., 2007; VERHEYEN et al., 2011; WANG et al., 2012). A discussão sobre o modelo ideal de conforto térmico, para avaliação do ambiente hospitalar, enfrenta o desafio de identificar as condições adequadas para os pacientes e os funcionários da área, os quais possuem variáveis de atividades metabólicas, isolamento térmico de roupas e aspectos psicológicos distintos. Mesmo para ambientes com

climatização artificial, há uma lacuna muito grande de dados pessoais e microclimáticos para permitir avaliações de conforto térmico confiáveis (MORA; METEYER, 2018).

Com o objetivo de analisar as diferenças de percepção entre a população saudável e doente, Hwang et al. (2007) conduziram uma pesquisa exploratória no hospital universitário na cidade de Taiwan, com medições de variáveis microclimáticas e aplicação de questionários para avaliação da percepção do usuário. Os autores observaram que a idade, o gênero e os aspectos de aclimação não alteram a sensação térmica do paciente; no entanto, seu estado físico, ou fragilidade sim. Concluíram que a temperatura neutra é maior que a declarada pela população saudável, sugerindo que pacientes esperam ambientes mais aquecidos do que o proposto pela ANSI/ASHRAE 55 (2004), assim como concluído por Mora e Meteyer (2018), em revisão da literatura sobre este tema.

Para avaliação do conforto térmico em ambientes internos, a ANSI/ASHRAE 55 (2017) apresenta diferentes procedimentos. Apesar de recomendar o uso do modelo analítico para o estudo tanto de ambientes condicionados, quanto ventilados naturalmente, para estes locais os fundamentos do conforto adaptativo têm se mostrado o mais adequado no território brasileiro (PEREIRA; ASSIS, 2010; VECCHI, 2015; RUPP; GHISI, 2017; 2019).

2.3 Zonas Bioclimáticas

Desde a criação de um edifício, e principalmente durante o seu funcionamento, a construção civil emprega grande quantidade de matéria-prima e energia elétrica (JOHN, 2000). A preocupação com o crescente aumento do consumo energético, no entanto, não foi suficiente para mudança dos hábitos desse e de outros setores da economia brasileira. Grande parte desse aumento se deve aos atuais sistemas de iluminação e climatização artificiais empregados nos edifícios comerciais, residenciais, de serviços e públicos (EPE, 2016).

O principal motivo da baixa eficiência energética de um edifício é o seu desempenho térmico deficitário, devido, principalmente, ao uso inadequado de materiais e estratégias

arquitetônicas em relação às características físicas e climáticas dos lugares em que são implantados, afetando diretamente no conforto térmico do indivíduo que utiliza esta edificação (TAVARES; LAMBERTS, 2004).

Descrevendo uma série de estratégias passivas, a arquitetura bioclimática fornece ferramentas para a melhoria dos indicadores de conforto, o que só é possível com o conhecimento do clima da região. Givoni (1992) destaca que, para adequar a arquitetura às condições locais, devem-se conhecer as características climáticas regionais, como índices médios de umidade relativa, precipitações atmosféricas, radiação solar e temperatura do ar. Existem inclusive aspectos que são inerentes às condições do ser humano, como, por exemplo, as ações desenvolvidas no local, às suas características físicas e aos aspectos da ordem psicológica (LAMBERTS et al., 2014). Para facilitar esse processo existem sistemas de classificação climática os quais buscam aglomerar regiões similares em Zonas Climáticas.

Neste contexto, diversos países realizam esforços para estudar e sistematizar as diferentes formações climáticas para o estabelecimento de normas de desempenho, resultando na elaboração de Zonas Bioclimáticas (ZB), as quais já surgem como parte de normativa para aplicação de medidas passivas a favor do conforto dos usuários e eficiência energética da edificação (COSTOLA, 2006)

Para Evans (2004), o zoneamento bioclimático traduz a distribuição geográfica dos fatores climáticos que afetam o desempenho térmico das edificações, ao identificar áreas geográficas com condições climáticas similares e definir estratégias para reduzir a demanda energética devido à calefação ou refrigeração, e assim, contribuir para a redução dos impactos ambientais.

2.3.1 O Zoneamento Bioclimático da NBR 15.220-3

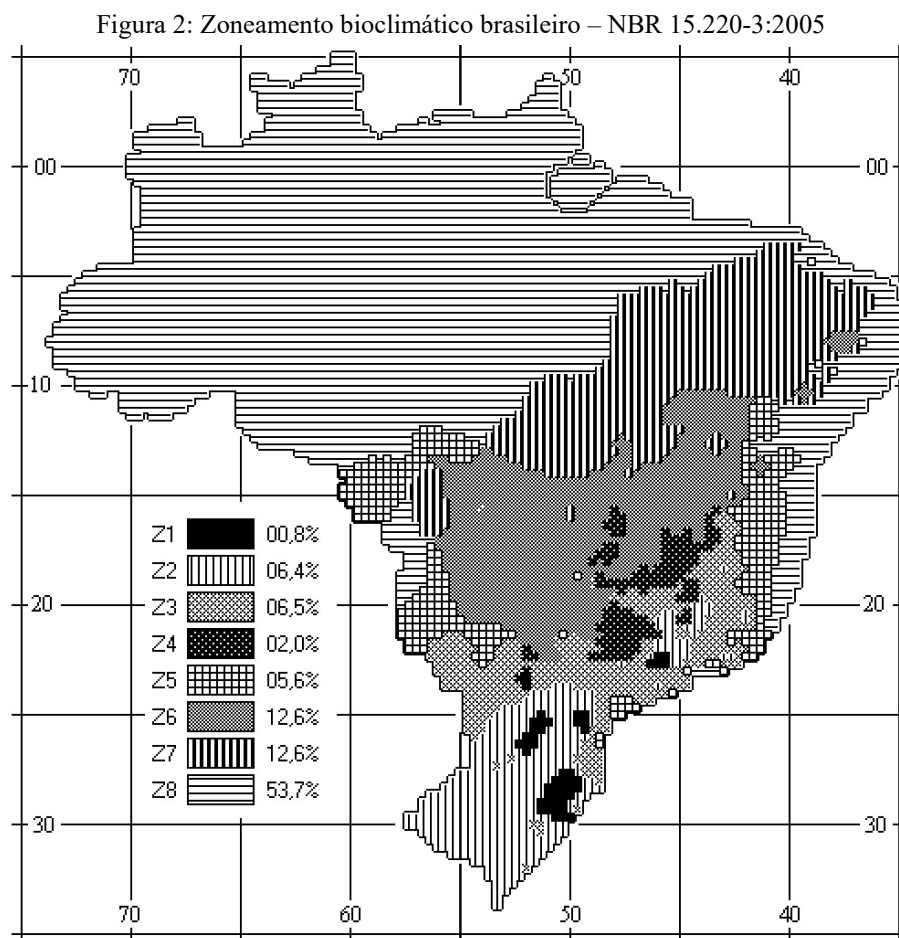
Vários passos foram dados para criação de uma norma de desempenho térmico para edificações brasileiras. As primeiras iniciativas datam da década de 1980 com a formação do

Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC), resultando já em 1991 nas primeiras publicações sobre o uso racional de energia e conforto térmico em edificações (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999). No início dos anos 90, Silva (1994) fez uma contribuição no estabelecimento de um primeiro zoneamento bioclimático para o território nacional, com a utilização de normais climatológicas de 204 cidades brasileiras. Para unificar e oficializar o processo de constituição de uma normativa, foi estabelecida a Comissão de Estudos sobre o Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificação pelo grupo recém-criado da ANTAC. Em 1998 ocorre a compatibilização de diferentes textos para submissão ao Comitê Brasileiro de Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT CB-002) (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999).

No entanto, somente em 2005 foi publicado o atual zoneamento bioclimático brasileiro, sendo uma das cinco partes da norma NBR 15.220 - Desempenho Térmico de Edificações. Integrante à parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitação Unifamiliar de Interesse Social, a norma divide o território nacional em 8 Zonas Bioclimáticas, e para cada uma são apresentadas estratégias passivas e recomendações técnico-construtivas para melhor adequação da edificação ao clima local (ABNT, 2005). A proposta do zoneamento e definição dessas diretrizes teve como intuito contribuir para elevar o padrão de habitabilidade das edificações residenciais em diferentes realidades climáticas do país, e, sobretudo, melhorar o desempenho térmico delas (RORIZ, 2012a).

A base de dados climáticos do método da ABNT contou com as Normais climatológicas de 330 cidades brasileiras (6% do total do país), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para definição deste zoneamento foram utilizados três parâmetros baseados nas médias mensais de: temperaturas mínimas, máximas e umidade

relativa do ar. A partir desses dados realizou-se a técnica de interpolação estatística para atribuir características climáticas a locais que não possuíam informações coletadas no local, dividindo o país num total de 6500 células (MARTINS; BITTENCOURT; KRAUSE, 2012). Cada uma dessas foi classificada com base na carta bioclimática de Givoni (1992). No entanto, observou-se que a utilização da carta original não representava a diversidade climática e cultural do país, uma vez que climas distintos eram agrupados em um mesmo zoneamento e o contrário, climas semelhantes em zonas diferentes. Assim, foram realizadas algumas adaptações à carta original, como nos limites de temperatura da zona de conforto; a divisão de estratégias bioclimáticas e criação da Zona F, o qual reflete melhorias na troca de ar úmido interno por ar seco externo (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 1999).



Fonte: ABNT (2005)

Ao conjunto de células da mesma classificação, conforme a carta adaptada de Givoni, atribuiu-se uma Zona Bioclimática, resultando no total de 8, conforme figura 2. Para cada um desses grupos foram recomendadas estratégias passivas à edificação propostas por Givoni e por indicadores de desempenho térmico adaptados das tabelas de Mahoney (KOENIGSBERGER; MAHONEY; EVANS, 1971).

2.3.2 Propostas de revisão da classificação bioclimática brasileira

Após a publicação do zoneamento bioclimático brasileiro, em diversas pesquisas que o utilizaram, percebeu-se que, mesmo com a utilização de critérios e estratégias passivas definidas pela Carta Bioclimática de Givoni e pelas tabelas de Mahoney, foram configuradas zonas de baixa homogeneidade climática. Também, foi constatado um número insuficiente de grupos para representar adequadamente a diversidade climática brasileira, sobretudo devido ao elevado nível de incertezas que a interpolação gerou na definição do mapa bioclimático (RORIZ, 2012a).

Em pesquisa realizada para o clima de Belo Horizonte, ZB 3, Pereira e Assis (2005) observaram a discrepância entre os valores de transmitância sugeridos pela NBR 15.220-3 (2005) e o adequado para se atingir nível de conforto mínimo, de acordo com a realidade daquele clima. Ao encontro dessas ideias, Brito et al. (2012), em análise da NBR 15.575, expõe que os valores de transmitância térmica recomendados para a zona bioclimática 8 deveriam ser mais rigorosos.

Outra crítica feita ao atual zoneamento refere-se à falta de consideração do regime de ventos do país. Lima (2008) destacou a importância da ventilação natural ao sobrepor o mapa de potencial eólico com o do Zoneamento Bioclimático. Para a região norte, ZB 8, por exemplo, há uma grande variação da velocidade do ar, o que interfere consideravelmente na adoção de estratégias para melhoria do desempenho térmico da edificação.

Os limites dos valores das propriedades termofísicas das envoltórias de uma edificação multifamiliar propostos pela NBR 15.220-3, NBR 15.575 e pelas tabelas de Mahoney foram comparados por Ferreira, Souza e Assis (2015), nas oito zonas bioclimáticas brasileiras. As autoras observaram que os valores sugeridos por Mahoney resultam em condições de conforto térmico superiores aos sugeridos pelos valores normativos, além de resultar em temperaturas internas máximas mais baixas.

Bogo (2016) expõe uma série de recomendações sobre as duas normas de desempenho térmico brasileiras. Sobre a NBR 15.220-3 destaca a ausência de diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento passivo adequados para cidades de clima subtropical, principalmente para as localizadas nas ZB 1 a 3. Nestas, por exemplo, a estratégia de sombreamento das aberturas no verão é necessária para prevenir o sobreaquecimento devido à insolação direta. Identificou também que parâmetros de transmitância térmica das coberturas são elevados para diversas localidades.

Outro equívoco apontado pelo autor é a classificação de cidades com altitudes muito diversas nas mesmas zonas bioclimáticas, como Camboriú-SC (8 m de altitude) e Chapecó-SC (679 m de altitude) ambas enquadradas na Zona Bioclimática 3. Em relação à NBR 15.575, cita a ausência de parâmetros como o fator solar máximo para abertura e a capacidade térmica das coberturas, o que influencia diretamente no comportamento térmico da edificação, sobretudo aquelas localizadas em áreas de climas quentes.

Apesar da grande importância para a análise de desempenho térmico de edificações para fins de habitação unifamiliar de interesse social, a NBR 15.220-3 não utiliza os principais parâmetros mundiais indicados por Walsh (2014) como umidade, temperatura do ar, graus-dia, amplitude térmica, sendo estes dados necessários para tornar os zoneamentos mais seguros (BOSCOLI, NEVES, 2019).

Após alguns anos de implantação do zoneamento bioclimático brasileiro pela ABNT NBR 15.220-3, muitos pesquisadores utilizaram-no como objeto de estudo, sendo alvo de diversas críticas construtivas, sobretudo impulsionados pelo avanço tecnológico, aumento e disponibilidade de dados climáticos no território nacional e melhorias nas ferramentas de medição, armazenamento e divulgação de dados climáticos (WALSH; LABAKI; CÓSTOLA, 2014).

A primeira proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro, publicada por Roriz (2012a) em janeiro de 2012, utilizou a base de dados climáticos de 610 municípios brasileiros, correspondente a 11% dos existentes no país, valor quase o dobro se comparado ao utilizado pela norma atual. Esta discussão, no entanto, retringiu-se ao estabelecimento de novas zonas com melhor nível de homogeneidade climática, sem considerar a definição de estratégias técnico-construtivas para melhoria térmica da edificação.

Para tanto, foram utilizados dados climáticos de estações automáticas do INMET em 400 municípios, de estações convencionais do mesmo órgão para 22 cidades e normais climatológicas de 188 cidades, publicadas na revista do INMET (2009). Para os demais municípios aplicou-se a técnica de regressão linear, a partir da qual se estimaram as temperaturas mínimas, médias e as respectivas amplitudes. Aos pontos externos das sedes municipais aplicou-se a técnica de interpolação de dados de temperaturas médias e mínimas, e território nacional foi dividido em 233.455 células, as quais representam um quadrado com 6 km de lado, bem menor que os 36 km proposto pela interpolação vigente na NBR 15.220-3 (RORIZ, 2012a).

A definição das zonas bioclimáticas propostas nesta primeira revisão contou com 4 parâmetros para classificação climática: média anual de temperatura do ar; diferenças entre maior e menor temperatura média mensal; média anual da amplitude térmica e diferenças entre maior e menor amplitude térmica mensal, resultando em 20 zonas, conforme tabela 2.

Roriz (2012a) destaca diversos apontamentos provenientes da discussão da primeira proposta da revisão do zoneamento bioclimático. A utilização de critérios rigorosos para classificação climática, por exemplo, pode resultar em uma excessiva quantidade de zonas. O oposto também produz zonas sem homogeneidade climática, como ocorre com o atual sistema, e compromete a melhoria do desempenho térmico e energético das edificações analisadas. No entanto, devido ao processo de urbanização e formação de ilhas de calor, distintos climas são formados dentro de uma mesma cidade, como exemplifica o autor ao comparar, na cidade do Rio de Janeiro, a formação de três zonas distintas nos bairros da Penha, Santa Teresa e Jardim Botânico (ZB 13), Vila Militar (ZB 14) e Bangu (ZB 15).

Tabela 2: Conjunto de critérios para definição das Zonas Bioclimáticas: Proposta 01.

		TmedAno ≤ 20		20 < TmedAno ≤ 26		TmedAno > 26
		dT $\leq 8,4$	dT > 8,4	dT $\leq 5,4$	dT > 5,4	
		A1	A2	B1	B2	C1
AmedAno ≤ 10	dA $\leq 2,3$	D1	Z1: A1D1	Z5: A2D1		
	dA > 2,3	D2	Z2: A1D2	Z6: A2D2		
AmedAno > 10	dA $\leq 2,3$	E1	Z3: A1E1	Z7: A2E1		
	dA > 2,3	E2	Z4: A1E2	Z8: A2E2		
AmedAno ≤ 10	dA $\leq 3,6$	D1		A9: B1D1	Z13: B2D1	
	dA > 3,6	D2		Z10: B1D2	Z14: B2D2	
AmedAno > 10	dA $\leq 3,6$	E1		Z11: B1E1	Z15: B2E1	
	dA > 3,6	E2		Z12: B1E2	Z16: B2E2	
AmedAno ≤ 10	dA $\leq 4,2$	D1				Z17: C1D1
	dA > 4,2	D2				Z18: C1D2
AmedAno > 10	dA $\leq 4,2$	E1				Z19: C1E1
	dA > 4,2	E2				Z20: C1E2

Fonte: Roriz (2012a)

Amorim (2015) demonstra que, apesar do aumento do número de estações meteorológicas, a primeira proposta de revisão da norma, 7 anos após a sua publicação, apresenta ainda um número restrito de cidades com dados mensurados pelo INMET. Citando Barnaby e Crawley (2011), justifica a falta de dados em larga escala devido ao interesse primário às atividades da aviação e agricultura, e apenas mais recentemente sendo necessários para áreas de arquitetura e engenharia.

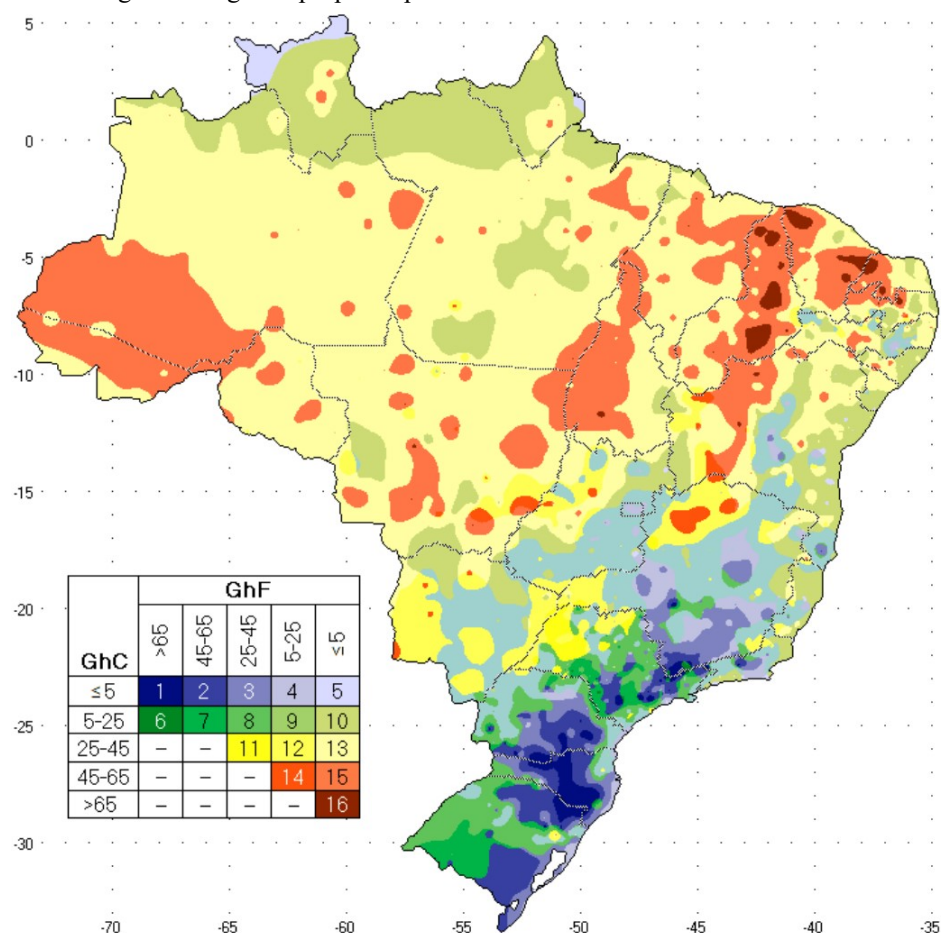
A segunda proposta para revisão do zoneamento bioclimático brasileiro, apresentada em agosto de 2012 (RORIZ, 2012b), considerou as diversas sugestões apresentadas durante a discussão da primeira revisão. A nova pesquisa elevou para 1.281 o número de pontos de dados coletados, provenientes de 11 fontes (380% maior que o zoneamento vigente). Nos locais onde não se identificou medições das variáveis climáticas, estabeleceu-se uma grade com pontos a cada latitude e longitude do país. Nesses locais, os valores de médias mensais de temperaturas máximas e mínimas foram calculados de acordo com os dados observados entre 1983 e 2006 por satélites da NASA (RORIZ, 2012b).

Devido às diversas lacunas da grande maioria dos dados climáticos apresentados, realizaram-se diversos procedimentos para a sua correção, como inspeção visual em séries históricas para seleção de períodos regulares e exclusão de valores medidos exagerados. Quando identificada a ausência de informações, o seu preenchimento foi realizado com análise dos dados de cidades próximas, de acordo com as curvas típicas de variação de temperaturas máximas e mínimas mensais (RORIZ, 2012b).

Com objetivo de dividir o território brasileiro em zonas que representassem adequadamente a diversidade climática do país, principalmente em relação ao comportamento térmico e energético dos edifícios, na presente proposta foram realizados cálculos do total anual de graus-horas de calor (GhC) e graus-horas de frio (GhF), com o intervalo de conforto da Carta Bioclimática de Givoni (1992), com limite inferior de 18 °C e superior 28 °C. Ao final, dividiu-se o território em 16 Zonas Bioclimáticas, conforme figura 3 (RORIZ, 2012b).

A terceira proposta de revisão elaborada pelo Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC (RORIZ, 2013a) foi publicada em novembro de 2013 em duas versões, denominadas pelo autor como “Classificação de Climas do Brasil – Versão 2.0” e posteriormente revisada e alterada para a versão 2.1.

Figura 3: Segunda proposta para o Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: Roriz (2012b)

As medições das variáveis de temperaturas do ar foram obtidas de estações automáticas e convencionais de 1.131 cidades. Novamente foram utilizados dados de satélites da NASA, o que elevou para 1.511 o número de cidades brasileiras monitoradas². Assim como nas demais propostas não são considerados os dados de ventilação, insolação ou umidade relativa. Pela primeira vez foram incluídos dados de 230 cidades externas ao território nacional provenientes de países sul americanos de modo a contribuir para o cálculo de interpolação de dados ausentes. Foram também adotados como parâmetros de caracterização do clima as médias anuais de temperatura (TMA) e de amplitudes (AMA), os

² Apesar de alguns artigos citarem 1513 cidades, na versão 2.1 de Roriz (2013b) o autor destaca a exclusão de 2 cidades por repetição, assim como apresenta as alterações de arredondamentos das temperaturas mínimas e máximas e a adoção de 4 intervalos de TMA.

desvios-padrão da média mensal das temperaturas médias diárias (dpT) e desvios-padrão da amplitude média mensal (dpA) (RORIZ, 2013a).

Tabela 3: Critérios e resultados da classificação dos climas: proposta 3.

TMA	dpT	AMA	dpA	Grupo	Número de cidades	
					Quantidade	(%)
<20,5	≤2,9	≤11,5	≤1,0	1	29	1,92
			>1,0	2	22	1,46
		>11,5	≤1,4	3	27	1,79
			>1,4	4	28	1,85
	>2,9	≤11,5	≤0,8	5	32	2,12
			>0,8	6	22	1,46
		>11,5	≤1,0	7	24	1,59
			>1,0	8	25	1,65
≥20,5 <23,5	≤2,2	≤11,2	≤1,1	9	59	3,90
			>1,1	10	67	4,43
		>11,2	≤1,1	11	55	3,64
			>1,1	12	66	4,37
	>2,2	≤12,6	≤1,0	13	58	3,84
			>1,0	14	52	3,44
		>12,6	≤2,4	15	59	3,90
			>2,4	16	55	3,64
≥23,5 <26,5	≤1,8	≤10,8	≤1,0	17	78	5,16
			>1,0	18	85	5,63
		>10,8	≤1,5	19	86	5,69
			>1,5	20	86	5,69
	>1,8	≤11,3	≤0,9	21	77	5,10
			>0,9	22	55	3,64
		>11,3	≤1,1	23	50	3,31
			>1,1	24	81	5,36
≥26,5	≤0,9	≤9,7	≤0,9	25	26	1,72
			>0,9	26	28	1,85
		>9,7	≤1,6	27	24	1,59
			>1,6	28	30	1,99
	>0,9	≤11,3	≤1,2	29	26	2,38
			>1,2	30	30	1,99
		>11,3	≤2,0	31	32	2,12
			>2,0	32	27	1,79

Fonte: Roriz (2013b)

A fim de se evitar a formação de grupos climáticos com número inexpressivo de cidades, e após atender a sugestões de pesquisadores, foram adotados 4 grupos de temperatura média anual (TMA), com limites próximos de 14%, 45% e 85% da curva de distribuição do percentual do conjunto (RORIZ, 2013b). Diferentemente das outras propostas, esta revisão pretendeu, pelos critérios acima expostos, estabelecer um Mapeamento dos Climas no Brasil,

para posteriormente, com a utilização de simulação computacional, definir zonas bioclimáticas para tipos diversos de edificações e as suas respectivas estratégias passivas (RORIZ, 2013a). Ao final são apresentados 32 grupos, conforme tabela 3.

A última proposta apresentada por Roriz (2014), em março de 2014, incorpora os ajustes sugeridos nos grupos de discussão sobre a nova classificação de climas brasileiros, discutidas pela ANTAC desde 2012 (CB3E, 2017). Assim como na anterior, este estudo contou com informações de 1.511 cidades brasileiras, além das 226 cidades de países sul-americanas e 1.067 pontos de satélites da NASA.

Devido à importância dos arquivos *EnergyPlus Weather File* (EPW) para viabilização de simulações computacionais e definição posterior das estratégias bioclimáticas, foi reduzido de 263 para 110 o número de dados provenientes de estações convencionais do Inmet e subiu de 14 para 413 o número de dados com origem nos arquivos EPW (RORIZ, 2014).

Na tabela 4 é apresentado o resumo das fontes de dados utilizadas para definição dos climas da proposta quatro. Ao comparar com a norma atual nota-se um grande aumento do número locais e da diversidade de fontes de dados coletados, elevando-se de 330 cidades, ou 6% do total no país, utilizados pela NBR 15.220-3, para 1.511 (27%). As medições concentram-se, principalmente, no nordeste, Sul e Sudeste, sendo necessária a implantação de novas estações automáticas para a cobertura uniforme do território nacional, sobretudo na região centro-oeste e norte do país. Como apontam Amorim e Carlo (2017), o aumento de estações, mesmo que sem séries históricas de medição, ajudará eliminar as lacunas de dados existentes, hoje calculados com base em interpolação de informações próximas

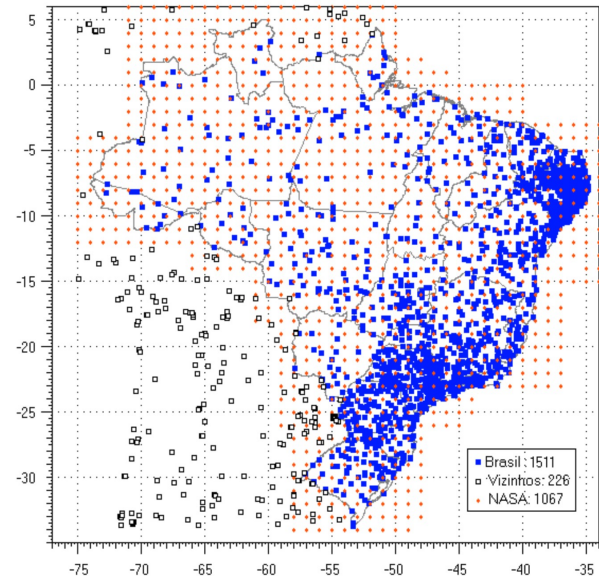
Para a caracterização do clima deste estudo foram mantidos os quatro critérios utilizados na proposta 3, TMA, AMA, dpT e dpA. No entanto, retornou-se para três os números dos intervalos de TMA para classificação do clima, em valores que variam entre 21 °C e 25 °C, com limites próximos de 25% e 66% da curva de distribuição do percentual do

conjunto (RORIZ, 2014). Ao final são apresentados 24 grupos de climas brasileiros, conforme critérios organizados na tabela 5.

Tabela 4: Fontes dos dados das médias mensais de temperaturas máximas e mínimas.

N.	QD	Fontes de dados
1	110	BDMEP-INMET (Estações convencionais (1970-2012))
2	101	Normais Climatológicas (1961-1990) (BRASIL, 2009)
3	30	Normais Climatológicas (1931-1960) (BRASIL, 1969)
4	413	Arquivos EPW da base da ANTAC (RORIZ, 2012)
5	401	Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico
6	6	INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
7	30	CEPAGRI – Clima dos Municípios Paulistas
8	145	Agência Nacional das Águas
9	18	Berkeley University
10	6	SIMEHGO – Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás
11	3	SEPLAN-MT
12	3	SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais
13	117	CIAGRO – Centro Integrado de informações Agrometeorológicas do Estado de São Paulo.
14	86	EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
15	42	Diversos (Teses, Monografias, Artigos, Relatórios, etc)
16	226	Países Vizinhos – Berkeley University
17	1067	NASA (satélite)

Fonte: Roriz (2014)



Em razão da importância da ventilação natural como estratégia passiva para obtenção de conforto térmico no território brasileiro, e da disponibilidade de ventos como uma variável fundamental para a classificação bioclimática (BASTOS; KRAUSE; BECK, 2007), Ferreira, Souza e Assis (2014) apresentaram uma quinta proposta de revisão ao atual zoneamento bioclimático. Por se tratar de uma abordagem dinâmica, basearam a proposta na classificação climática de Nimer (1979), a qual consideram as condições normais e extremas, frequências e durações de fatores climáticos.

A divisão climática apresentada por Nimer (1979) é baseada em três sistemas. O primeiro deles é relativo aos padrões de circulação atmosférica e define três climas: equatorial, temperado e tropical. O segundo fundamenta-se na frequência e médias de valores extremos mensais e divide as regiões térmicas em quatro intervalos de temperatura:

mesotérmico médio (entre 0 e 10 °C), mesotérmico brando (entre 10 e 15 °C), subquentes (entre 15 e 18 °C) e climas quentes (acima de 18 °C). Finalmente, o último sistema utiliza-se de padrões de umidade e secas mensais, de acordo com critérios de Gaüssen Bagnouls (NIMER, 1979), e define mais quatro divisões: semiárido, semiúmido, úmido e superúmido. Ao final a divisão climática apresentada por Nimer classifica 17 tipos de climas.

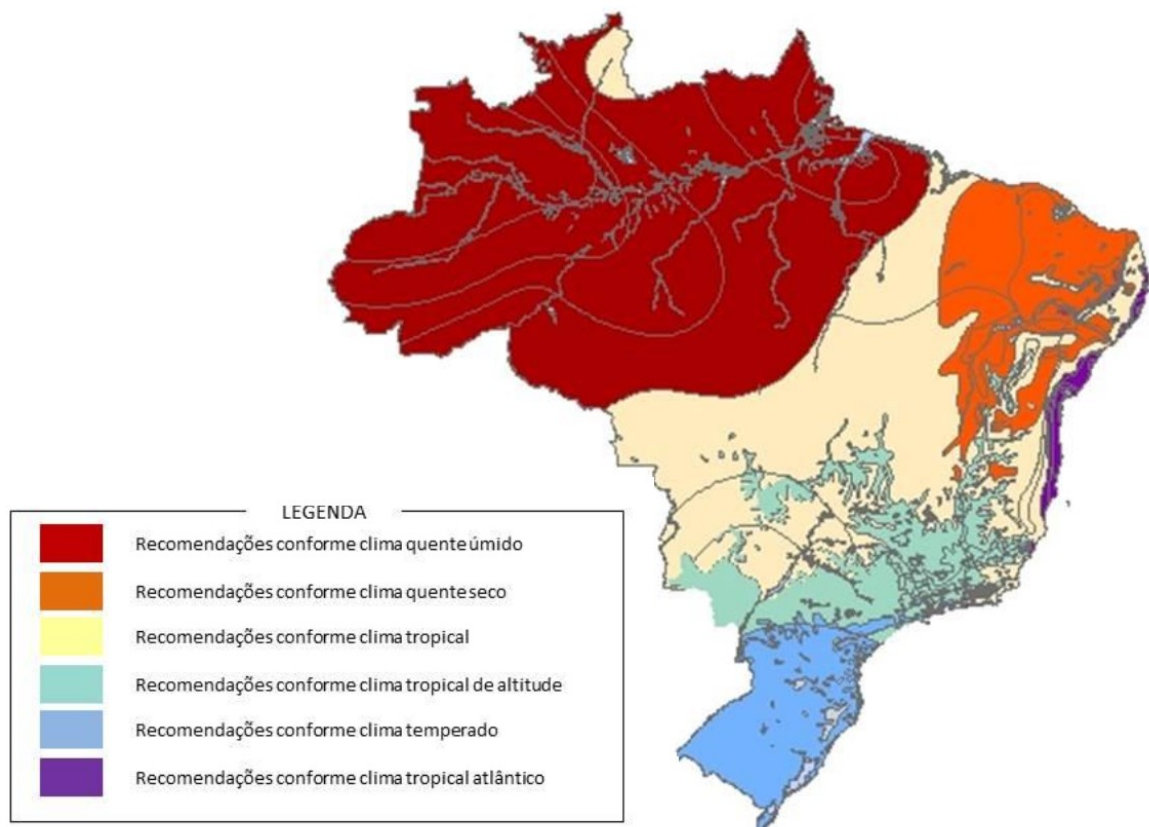
Tabela 5: Critérios para classificação de Climas do Brasil – versão 3.0.

TMA	dpT	AMA	dpA	Grupo	Número de cidades	
					Quantidade	(%)
≤21,0	≤3,0	≤11,1	≤1,0	1	160	1,13
			>1,0	2	172	0,73
		>11,1	≤1,6	3	194	1,27
			>1,6	4	159	0,71
	>3,0	≤10,2	≤0,7	5	198	1,36
			>0,7	6	145	1,01
		>10,2	≤0,9	7	298	1,25
			>0,9	8	82	0,98
>21,0 ≤25,0	≤2,1	≤10,6	≤1,0	9	296	3,97
			>1,0	10	331	4,33
		>10,6	≤1,4	11	363	4,55
			>1,4	12	314	5,60
	>2,1	≤11,9	≤1,1	13	357	2,08
			>1,1	14	197	1,69
		>11,9	≤2,1	15	251	1,27
			>2,1	16	242	1,09
>25,0	≤1,1	≤9,6	≤1,0	17	251	13,45
			>1,0	18	190	18,88
		>9,6	≤1,8	19	310	6,73
			>1,8	20	278	8,69
	>1,1	≤10,7	≤1,2	21	183	3,64
			>1,2	22	172	9,00
		>10,7	≤1,6	23	239	2,15
			>1,6	24	183	3,44

Fonte: Roriz (2014)

Baseados nos trabalhos de Givoni (1976), Brasil (1983), Mascaró (1983), Blume (1984) e Cunha (2006), Ferreira, Souza e Assis (2014) traçam uma série de recomendações para a configuração de projetos arquitetônicos, que variam desde decisões sobre orientação e formas da edificação às características das suas envoltórias. Os autores associaram as recomendações das estratégias passivas à classificação climática de Nimer (1979) e delimitaram 6 zonas bioclimáticas, com distribuição conforme apresentado na figura 4.

Figura 4: Espacialização das recomendações arquitetônicas – proposta 5.



Fonte: Ferreira, Souza e Assis (2014)

Ao comparar o zoneamento bioclimático brasileiro com a proposta de classificação climática de Nimer (1979), observa-se haver pouca correspondência entre ambas. Há um pouco de convergência entre a região sul e norte do Brasil, áreas de climas mais homogêneos. Nas demais regiões do território, por serem mais heterogêneas, não há correspondência, sobretudo devido às diferentes abordagens utilizadas para formulação dos dois sistemas de classificação. Enquanto a de Nimer utiliza os conceitos da climatologia dinâmica, como distribuição de chuvas e duração dos períodos de seca, o zoneamento atual da NBR 15.220-3 utiliza apenas de dados mensais de temperatura e umidade relativa para cada mês do ano (FERREIRA; SOUZA; ASSIS, 2014).

Boscoli e Neves (2019) realizaram uma revisão de literatura e análise crítica sobre o zoneamento bioclimático brasileiro, desde as suas origens até o formato que se apresenta a

NBR 15.220-3, e resumiram na Tabela 6 o processo de evolução das propostas de revisão apresentadas acima e comparam as áreas, métodos de medição, origem de dados, métodos das classificações bioclimáticas, dados de entrada e resultados.

Tabela 6: Comparativo dos ZB da norma vigente e das propostas de revisão.

	ABNT 15.220-3	Revisão 01	Revisão 02	Revisão 03		Revisão 04		Revisão 05
Autor	ABNT (2005)	Roriz (2012a)	Roriz (2012b)	Roriz (2013)		Roriz (2014)		Ferreira, Souza e Assis (2014)
Áreas Medidas	330	610	1281	Brasil América do Sul	1513 230	Brasil América do Sul	1511 226	Não informado
Fonte	INMET	INMET	Diversas	Diversas		Diversas		Não informado
Método de Medição	Temp. de Bulbo Seco	Temp. de Bulbo Seco	Diversos	Diversos		Diversos		Não informado
Obtenção de Dados Climáticos	Dados de Entrada	T. Max.	Média Mensal T. Max	Média Mensal T. Max.	Média Mensal T. Max		Média Mensal T. Max	Média Mensal Temp.
		T. Min.	Média Mensal T. Min		Média Mensal T. Min		Média Mensal T. Min	Média Mensal precipitação
		Média Mensal Temp.	Média Mensal Temp.	Média Mensal T. Mín.	Média Anual Temp.		Média Anual Temp.	Valores Extremos de Temp.
		Umidade Relativa	Méd. Mensal de Amplitude Térmica		Amp. Térmica Anual		Amp. Térmica Anual	Freq. De Valores extremos de temp.
		Método para Áreas sem Medição	Inter- polação	Regressão Linear Múltipla e Interpolação	Médias mensais de T. Max e T. Mín medidas por Satélites e Interpolação		Regressão Linear Múltipla e Interpolação	Médias mensais de T. Max e T. Mín. medidas por Satélites, Regressão linear e Interpolação
Considera Altitude	Não	Sim	Não informado	Não informado		Não informado		Não
Metodologia de Classificação	Tabela de Mahoney Curva de Givoni	Média anual de temperatura e amplitude média anual	Graus hora de calor e graus hora de frio	Média anual de temp. Amp. média anual Desvio padrão de T.med. Desvio padrão de Amp.		Média anual de temp. Amp. média anual Desvio padrão de T.med. Desvio padrão de Amp.		Circulação atmosférica Köppen (1936) Gausson e Bognouls (1963)
Zonas Bioclimáticas	8	20	16	24		24		17
Recomendações projetuais e construtivas	Sim	Não	Não	Não		Não		Sim

Fonte: Boscoli, Neves (2019)

Os autores também observaram que, assim como em cenário mundial, as propostas de revisão à norma brasileira não apresentam um consenso sobre qual o método de zoneamento mais eficaz, confirmando as incertezas metodológicas apontadas por Walsh (2017).

Em consonância com as discussões sobre o atual zoneamento bioclimático brasileiro, na atualização do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) e Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) adotou-se a classificação bioclimática apresentada por Roriz (2014) para elaboração dos grupos Climáticos do Regulamento Brasileiro. No entanto, optou-se pela subdivisão do grupo 1 em duas novas categorias, 1A e 1B, uma vez que neste, alguns climas englobados apresentam diferenças significativas, sendo recomendada sua divisão para configuração de áreas mais homogêneas (CB3E, 2017).

2.4 Síntese do referencial teórico.

A revisão bibliográfica apresentada teve como intuito contextualizar as principais informações referentes à análise de desempenho térmico de projetos padrões, de forma a embasar esta pesquisa.

O projeto padrão de unidade básica de saúde foi uma iniciativa do governo federal para a construção em larga escala de edifícios públicos, a fim de promover melhores condições de acesso aos serviços gratuitos de cuidado à saúde do cidadão. Apesar da economia inicial na fase de gestão de projetos, o uso de projetos padrões para a diversidade climática brasileira necessita de uma correta avaliação termoenergética, o que não ocorreu até o momento para o edifício em estudo.

Nos diversos trabalhos citados, constatou-se que não há consenso sobre qual o método mais adequado para avaliação do comportamento térmico de edificações institucionais. Para este fim, e devido à ausência de uma normativa específica, a norma Brasileira NBR 15.220-3

tem sido constantemente utilizada por pesquisadores brasileiros; no entanto há restrições devido as já conhecidas falhas na definição adequada das estratégias passivas, dos valores de transmitância térmica e devido aos grupos pouco homogêneos do seu Zoneamento Bioclimático.

Sobretudo devido ao aumento de fontes de dados climáticos no território nacional, que hoje somam 27% das cidades brasileiras, novas propostas para revisão deste zoneamento estão sendo apresentadas, e dentre as cinco identificadas destaca-se a proposta de Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0, apresentada pelo Prof. Maurício Roriz em 2014 e inserido no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e para Edificações Residenciais.

Uma vez que a proposta não apresenta recomendações construtivas e não define faixas de conforto térmico no território nacional, alguns estudos recomendam o uso das tabelas de Mahoney e da teoria do conforto adaptativo da ANSI/ASHRAE 55 para estes propósitos, respectivamente. Neste contexto, Walsh (2017), Boscoli e Neves (2019) destacam também, a tendência no uso de simulações de desempenho térmico de edificações para auxiliar na criação de zoneamentos e definição de estratégias bioclimáticas mais assertivas e abrangentes, de acordo com cada uso da edificação.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os materiais e os métodos utilizados para a realização desta pesquisa. No presente trabalho é realizado um estudo de caso para mostrar as implicações da alteração da classificação de Zoneamento Bioclimático (ZB), proposto por Roriz (2014), sobre o conforto térmico de usuários e o desempenho térmico do projeto padrão Porte I de uma Unidade Básica de Saúde (UBS) em vinte e quatro ZB.

A avaliação foi realizada através de simulação computacional com a utilização dos programas *Sketchup Student* 2017 (® Trimble Navigation), com o *plugin OpenStudio* v. 2.9.1 (GUGLIELMETTI; MACUMBER; LONG, 2011), o qual possui também um módulo autônomo e o *EnergyPlus* versão 9.2.0 (CRAWLEY et al., 2000) para realização de cálculo de balanço térmico entre a edificação e o meio externo e determinação da temperatura operativa interna dos ambientes.

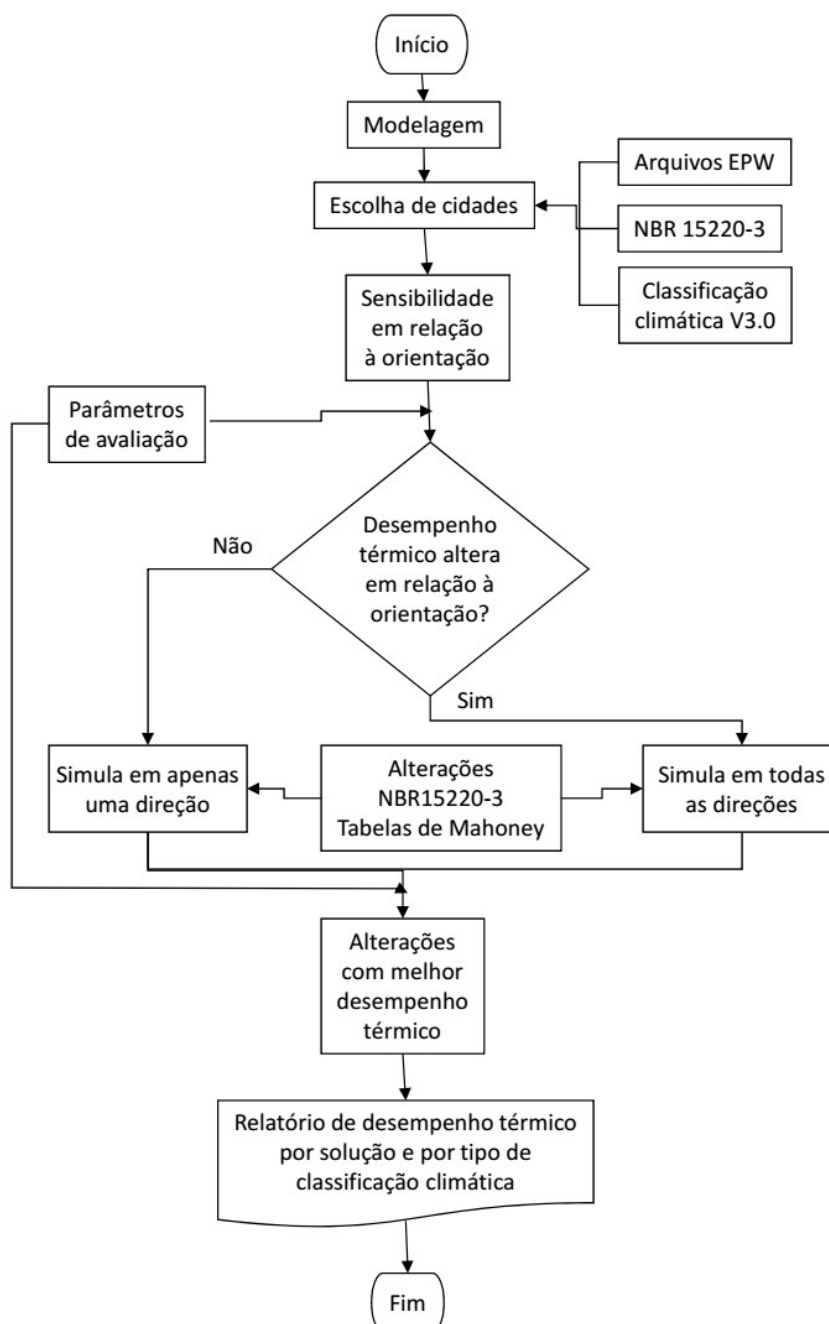
O método de conforto adaptativo estabelecido pela ANSI/ASHRAE 55 (ANSI/ASHRAE, 2017) foi aplicado para a determinação da zona de conforto térmico dos usuários que ocupam a edificação. A média da temperatura operativa de oito ambientes de maior uso na edificação foi comparada com a zona de conforto variável, e identificadas as horas em uso da edificação com conforto ou desconforto por frio ou calor.

Na figura 5 é apresentado o fluxograma do desenvolvimento desta pesquisa e nas figuras 6 e 7 o resumo das etapas realizadas. Inicialmente, nas seções 3.1 e 3.2, são descritas, respectivamente, as características físicas das UBS porte I e as configurações inseridas no modelo base para a simulação computacional. Na seção 3.3 destaca-se o intervalo de conforto adotado, bem como formas de avaliação dos resultados.

Este estudo de caso é realizado em seis etapas. A primeira refere-se a seleção das cidades e respectivos arquivos climáticos, conforme critérios apresentados na seção 3.4. Na segunda, é observada a influência da orientação sobre o conforto térmico nas edificações, a

partir do estudo realizado em três regiões climáticas distintas. Na sequência são apresentados os resultados da simulação computacional do projeto padrão em 24 zonas bioclimáticas, a fim de identificar a sua adequação aos climas brasileiros. Na etapa 4 é analisada individualmente cada estratégia bioclimática e sua interferência sobre o conforto térmico do usuário e o desempenho térmico da edificação, e na sequência avaliada a adequabilidade do conjunto de estratégias passivas aplicadas na edificação.

Figura 5: Fluxograma da pesquisa.



Um quadro geral é apresentado para comparar as estratégias de maior e menor influência sobre as condições de conforto na edificação. Ao final são realizadas as simulações conforme as estratégias e configurações da envoltória determinadas pela NBR 15.220-3, sendo comparados com os resultados das simulações do ZB proposto por Roriz (2014).

Figura 6: Etapas iniciais de simulação computacional.

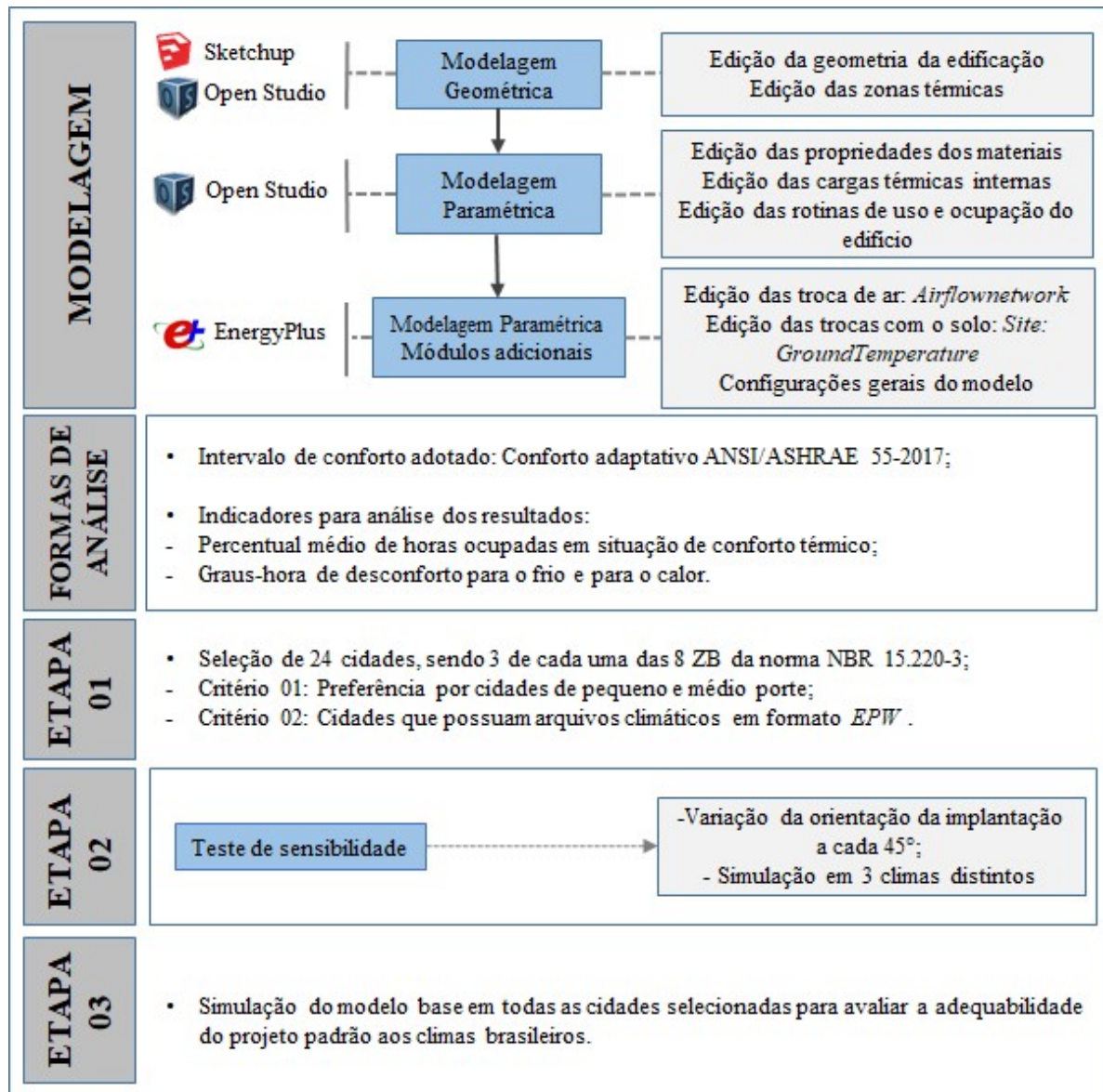
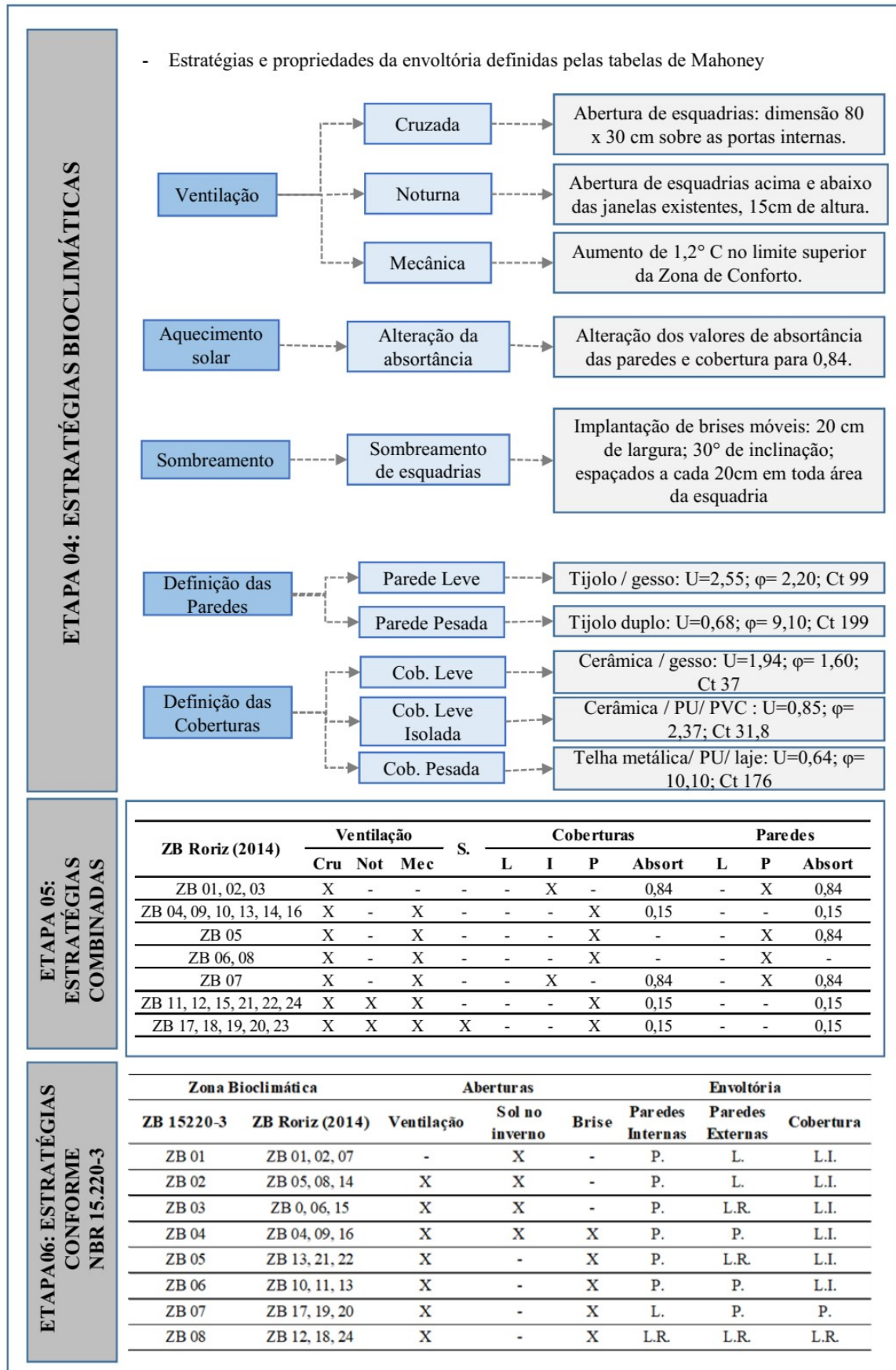


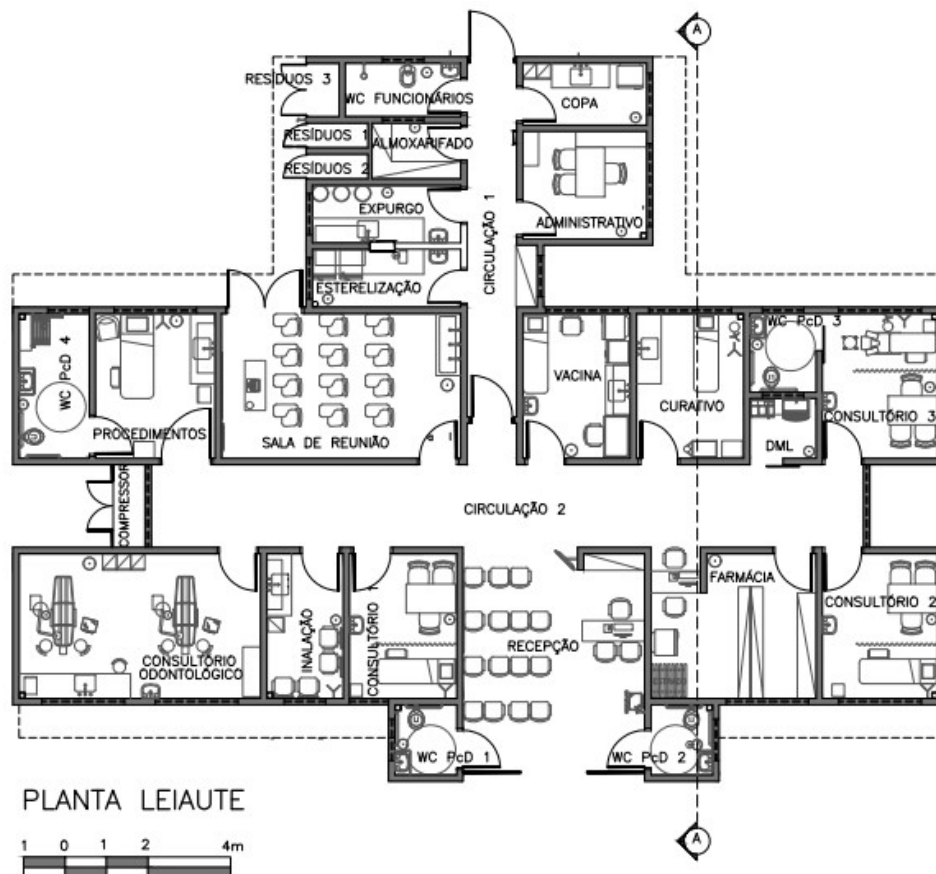
Figura 7: Etapas das simulações com uso de estratégias bioclimáticas.



3.1 Estudo de caso

Conforme descrito na seção 2.1, existem quatro tipos de projetos padrões das unidades básicas de saúde disponibilizados pelo governo federal, e para este estudo foi escolhido o projeto Tipo I. Apesar de ser o menor em área construída, este é o porte com maior quantidade de construções no país e implantado principalmente em cidades pequenas (até 50 mil habitantes) e médias (até 300 mil habitantes), que representam, respectivamente, 88% e 10% da quantidade de cidades brasileiras, e abrigam, em conjunto, 60% da população do país (IBGE, 2019). Para a descrição do padrão adotado, apresenta-se na figura 8 a planta do leiaute adaptado dos projetos fornecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013).

Figura 8: Planta de Leiaute da UBS Porte I.



Fonte: Adaptado de Brasil (2013)

Para melhor entendimento deste estudo de caso, apresentam-se no apêndice A desta dissertação as características construtivas da edificação, partido arquitetônico adotado, composição e funções dos ambientes internos da UBS porte I.

3.2 Modelagem e configurações dos parâmetros (*inputs*)

As ações para o desenvolvimento da simulação termoeenergética da UBS porte I são sequenciais e complementares, sendo utilizados para esta pesquisa três programas: *Sketchup* v. *Student 2017 com plugin OpenStudio*, o módulo autônomo do *OpenStudio* v. 8.9.1 e *EnergyPlus* v. 9.2.0.

Inicialmente são realizadas as modelagens geométricas da edificação e definidas as zonas térmicas com os programas *Sketchup* e *plug-in OpenStudio*.

Com o uso isolado do programa *OpenStudio* foram definidas as características da envoltória da edificação, conforme projeto executivo de arquitetura, memorial descritivo e planilha orçamentária disponibilizada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013). Posteriormente foram inseridas as cargas térmicas internas provenientes da atividade humana e de equipamentos elétricos, assim como configuradas as agendas de operação do edifício. Finalizada a configuração desses parâmetros iniciais o arquivo é exportado em formato “idf” para edição direta no programa *Energyplus*. De interface gráfica tabular, as demais configurações e parâmetros da simulação são definidas por este programa.

Nele realiza-se a formatação dos coeficientes de pressão nas janelas e frestas para ventilação natural, assim como aspectos que nortearão a simulação de ventilação natural pelo algoritmo de cálculo *Airflownetwork*; definem-se os parâmetros de transferência térmica junto ao solo e demais parâmetros básicos que nortearão todas as simulações. Finalmente escolhe-se o arquivo climático de referência *EPW* disponibilizados no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2018) para execução da simulação anual e obtenção da temperatura operativa.

3.2.1 Configurações iniciais

A seguir são apresentadas as configurações adotadas no programa *EnergyPlus* para realização da simulação computacional da edificação em todos os cenários avaliados.

- a) Controle de Simulação (*Simulation Control*): para simulação anual em 8.760 horas adotou-se a utilização dos dados anuais do arquivo climático importado;
- b) Edificação (*Building*): com relação ao sistema de distribuição solar no edifício adota-se a configuração *FullExterior*, uma vez que neste modelo foram configuradas zonas térmicas não convexas. Para o valor de *Maximum Number Warmup Day*, atribui-se o mínimo de 15 e máximo de 25 dias. Uma vez que o objeto desta pesquisa é implantado em pequenas e médias cidades, foi atribuída a característica de terreno como *Suburbs*, áreas menos densas e de construções baixas.
- c) Cálculo de sombras (*Shadow Calculation*): para maior precisão dos cálculos de sombreamento do modelo, sobretudo nos cenários de brises a serem descritos na seção 3.6, foram configurados os parâmetros *Calculation Frequency = 1* e *Maximum Figures in Shadow Overlap Calculation = 80.000*.
- d) Algoritmo de convecção superficial (*Surface Convection Algorithm*): referente aos coeficientes de convecção das faces voltadas para interior e exterior das zonas térmicas foram utilizados os algoritmos TARP e DOE-2, respectivamente, recomendados quando a edificação é ventilada naturalmente (DOE, 2013);
- e) Algoritmo de Balanço Térmico (*Heat Balance Algorithm*): para o cálculo da transferência de calor e umidade entre os ambientes e o meio externo utilizou-se o modelo *CTF – Conduction Transfer Function*.
- f) Intervalo de interação (*Timestep*): definiu-se o valor de 6 interações por hora para este estudo, com nível e precisão de 10 minutos para obtenção dos cálculos do programa.

3.2.2 Geometria do modelo e definição das zonas térmicas

Com base no projeto de arquitetura básico disponibilizado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013), foram configuradas as dimensões da unidade básica de saúde em

modelagem tridimensional realizada com os programas *Sketchup v. Student 2017* e *OpenStudio v.8.9.1*. Nestes são definidos os parâmetros geométricos da edificação, sendo codificados em coordenadas textuais cada um dos seus vértices.

O programa *EnergyPlus* é utilizado isoladamente por alguns pesquisadores, no entanto, a ausência de interface gráfica demanda ampla quantidade de tempo para definição da geometria da edificação. A edição em conjunto com os programas anteriormente citados também apresenta diversas vantagens como: visualização gráfica de erros relacionados à definição da geometria; definição precisa dos elementos de sombreamento e seu ângulo exato de implantação; delimitação das condições de fronteiras das superfícies internas e externas, dentre outras.

Na edição da geometria pelos programas, todas as superfícies do modelo são definidas por planos finos horizontais ou verticais sem espessuras, estas sendo atribuídas no sistema construtivo de cada superfície e utilizadas para o cálculo da condução e massa térmica (DOE, 2019). Com o propósito de minimizar os erros no volume e área da edificação, as paredes internas foram construídas a partir dos seus respectivos eixos; as externas construídas a partir das linhas exteriores, como recomenda o manual de uso do programa. Assim se manteve a área construtiva da edificação e não 10% a menos, caso se utilizasse apenas as linhas internas dos ambientes.

Uma vez que as projeções da sombra dos telhados e paredes são normais a estas superfícies (DOE, 2019), e que a edificação deste estudo é formada por platibandas em toda sua cobertura, as áreas dos áticos foram modeladas com delimitação espacial pelas zonas inferiores a elas. Os beirais e o prolongamento das platibandas foram editados como “superfícies de sombras”, as quais produzem sombras em ambas as direções (nas paredes e nas telhas), comportando-se como ocorre na edificação real. As figuras 9 e 10 exibem a representação gráfica do modelo 3D.

Figura 9: Perspectiva 01 - Geometria da Edificação.



Figura 10: Perspectiva 02 - Geometria da Edificação.

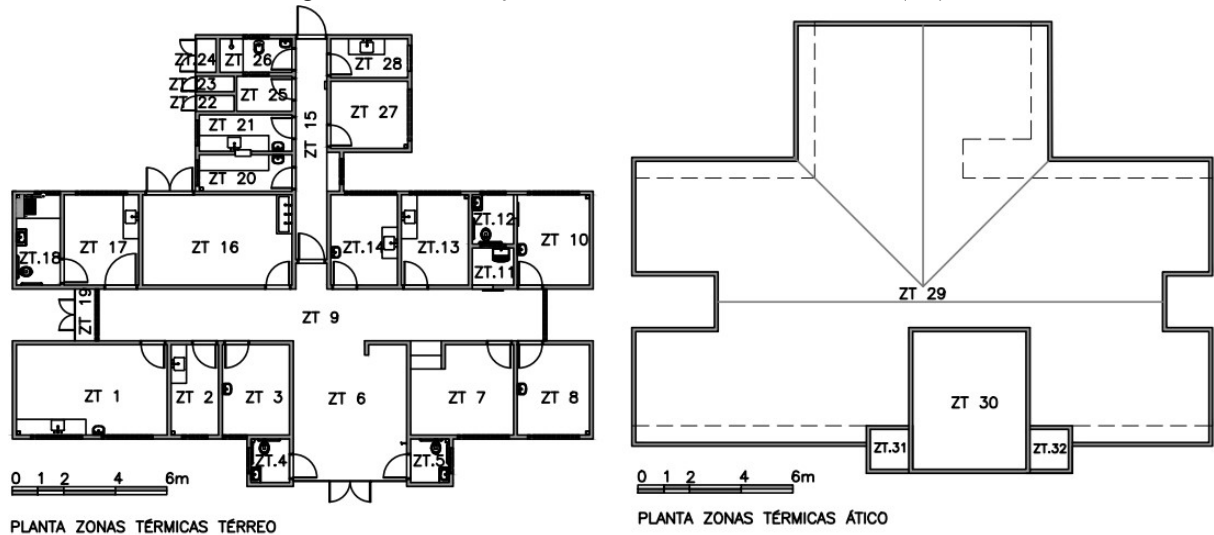


Para realização do cálculo do balanço térmico da edificação, o programa *EnergyPlus* utiliza subdivisões internas dos ambientes denominadas Zonas Térmicas (ZT), que são áreas que apresentam temperaturas de ar relativamente homogêneas. Quanto maior a quantidade de zonas, maior a precisão dos resultados do cálculo, uma vez que se aumenta a interação entre os diversos elementos internos da edificação (SILVEIRA, 2014). Para o ático é recomendada, também, a configuração de uma zona térmica específica, uma vez que a sua substituição por uma camada de resistência térmica equivalente pode alterar substancialmente o resultado da pesquisa (MAZZAFERO et al., 2014).

Neste sentido, para maior precisão dos cálculos de transferência de calor, definiu-se uma zona térmica individual para cada ambiente interno da edificação. Os corredores, por serem ambientes de passagem, foram representados individualizados da sala de espera, assim

como para os áticos das coberturas, que são quatro, resultando no total de 33 zonas térmicas. Na figura 11 é apresentada a definição dos ambientes e zonas térmicas deste edifício.

Figura 11: Identificação dos ambientes e Zonas Térmicas (ZT)



3.2.3 Definição das características da envoltória e das esquadrias.

A composição dos elementos construtivos é configurada no programa *EnergyPlus* em camadas de materiais transversais ao fluxo de calor, inseridas em série formam os componentes como paredes, teto e piso. Para cada material são atribuídas suas propriedades físicas, como condutividade térmica, calor específico, espessura e absorvância. Neste ponto o programa apresenta uma limitação, pois não permite inserir componentes em paralelo, uma vez que a composição dos componentes construtivos desta forma pode gerar dados de transmitância equivocados (SILVEIRA, 2014). Isso acontece com elementos construtivos que apresentem ar em seu interior, como tijolo, laje pré-moldada de lajotas cerâmicas e laje protendida alveolar.

Para corrigir esta limitação o Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Estadual de Santa Catarina desenvolveu a Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros (WEBER et al., 2017), sendo utilizada nesta pesquisa como referência para a definição das propriedades físicas dos materiais e composições dos componentes, conforme apresentada na tabela 7.

Tabela 7: Propriedades físicas dos materiais: modelo base

Componente Construtivo	Nome do Material	e [cm]	λ [W/m°C]	ρ [Kg/m³]	c [KJ/(Kg.K)]	Rt [m².°C/W]
Parede em Tijolo Cerâmico 8 furos (9x19x19)	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
	Cerâmica	1,30	0,90	1600	0,92	0,014
	Câmara Ar Tijolo	6,40	0,356	-	-	0,180
	Cerâmica	1,30	0,90	1600	0,92	0,014
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
Laje Pré-moldada H8, Capa esp 12cm	Concreto	4,00	1,75	2200	2,00	0,023
	Cerâmica Laje	1,20	1,05	2000	0,92	0,110
	Câmara Ar Laje	4,60	0,565	-	-	0,081
	Cerâmica Laje	1,20	1,05	2000	0,92	0,110
	Argamassa Laje	1,00	1,15	2000	1,00	0,009
Cobertura Cerâmica	Telha Cerâmica	1,00	1,05	2000	0,92	0,0095
Piso Cerâmico sobre contrapiso e regularização	Piso Cerâmico	0,75	1,05	2000	0,92	0,0071
	Regularização	2,00	1,15	2000	1,00	0,0174
	Contrapiso	7,00	1,75	2200	1,00	0,0400
	Solo Natural	40,925	0,87	1361	0,8373	0,4704
Porta Madeira	Porta Madeira	3,50	0,23	675	1,34	0,1521
Porta em Alumínio	Alumínio	0,10	230	2700	0,88	4,34e-6
Esquadria Vidro Temperado	Vidro temperado	1,00	1,00	2500	0,84	0,010
Esquadria Vidro comum	Vidro 3mm	0,30	1,00	2500	0,84	0,003

Fonte: Adaptado de WEBER et al. (2017) e ABNT (2005)

3.2.4 Cargas térmicas internas

Devido a sua influência sobre o balanço térmico do edifício foram atribuídas cargas térmicas internas produzidas por pessoas, iluminação e equipamentos, conforme discriminado na tabela 8.

Tabela 8: Cargas térmicas internas produzidas por pessoas, iluminação e equipamentos.

ZT	Ambiente	Carga Térmica Pessoas			Carga Térmica Iluminação		Carga Térmica Equipamentos		
		Nº	Taxa met. total [W/h]	Fração radiante	Potência [W/m²]	Fração radiante	Equipamento	Potência [W/m²]	Fração radiante
1	Odontologia	3	210	0,50	9,36	0,37			
2	Inalação	2	140	0,50	9,89	0,37			
3	Consultório 1	2	140	0,50	14,06	0,37	PC	32,96	0,20
4	WC PcD 1				14,11	0,37			
5	WC PcD 2				14,11	0,37			
6	Recepção	15	1.050	0,50	8,05	0,37	Computador + TV + Impressora	18,25	0,20
7	Farmácia	2	140	0,50	9,14	0,37	Computador + Impressora	24,64	0,20
8	Consultório 2	2	140	0,50	13,06	0,37	PC	30,61	0,20
9	Circulação 2				5,54	0,37			
10	Consultório 3	2	140	0,50	13,06	0,37	PC	30,61	0,20
11	DML				15,51	0,37			
12	WC PcD 3				11,84	0,37			
13	Curativo	2	140	0,50	14,06	0,37			
14	Vacina	2	140	0,50	14,06	0,37	Geladeira	27,47	0,20
15	Circulação 1				26,39	0,37			
16	Reunião	6	420	0,50	12,61	0,37			
17	Procedimento	2	140	0,50	12,61	0,37			
18	WC PcD 3				6,05	0,37			
19	Compressor						Compressor	2500	0,20
20	Esterilização				12,70	0,37			
21	Expurgo				12,70	0,37			
22	Resíduos 1				36	0,37			
23	Resíduos 2				36	0,37			
24	Resíduos 3				36	0,37			
25	Almoxarifado				22,06	0,37			
26	WC Func.				17,58	0,37			
27	Adm.	1	70	0,50	8,20	0,37	PC	38,46	0,20
28	Copa	3	70	0,50	14,22	0,37	Geladeira	55,55	0,20
Fon-te			ISO, 2005)	(ASHRAE, 2017)	(BRASIL, 2013)	(ASHRAE 2017)	(BRASIL, 2013)	(BRASIL, 2013)	(ASHRAE, 2017)

3.2.5 Padrões de usos e operação do edifício

A rotina de uso e operação do edifício é configurada pelo *Energyplus* no dado de entrada *Schedule*. Com ela determina-se, por exemplo, quando uma lâmpada é acesa, uma pessoa entra na sala, em quais períodos uma janela é aberta e permite a ventilação natural no ambiente. Neste sentido, a dissipação de energia de pessoas, equipamentos e iluminação, assim como o funcionamento do sistema de sombreamento dinâmico produzido por brises, é determinada pela agenda de uso diária, mensal e anual pelo programa.

Foram estabelecidos os padrões de uso da edificação conforme informações da Secretaria Municipal de São Paulo - SMS (2015). O horário de funcionamento da unidade básica de saúde é das 7 às 19h, durante todo o ano, com exclusão dos finais de semana. Consideraram-se em uso os períodos de feriados e recessos, uma vez que cada município estabelece ponto facultativo distinto, demandando vasto tempo para definir cada feriado nacional com a ferramenta. Para cada ambiente foram atribuídas ocupações distintas, de acordo com seu uso diário recomendado, representado na figura 12, e de acordo com as informações abaixo.

a) Recepção: uso constate durante todo o período de funcionamento, uma vez que se trata do primeiro contato com o usuário e onde este permanece à espera de atendimento;

b) Sala de Reunião (equipe de agente comunitário de saúde): a rotina de uso envolve uma reunião diária com toda equipe no período da manhã, uma hora em atividades coletivas, uma para grupo educativo e atividade com comunidade e as outras 5 horas são destinadas às atividades externas de visita domiciliar. Considera-se, portanto, o ambiente com toda sua ocupação durante a primeira hora do dia e 2/6 de uso durante os demais períodos, uma vez que a utilização interna é alternada pelos funcionários.

c) Odontologia (equipe de saúde bucal): a agenda de uso envolve uma reunião diária com toda a equipe; atividades administrativas e procedimentos coletivos que somam 4 horas de trabalho. Nas demais 8 horas são realizadas consultas com até duas equipes de saúde bucal, uma comum de 40 horas de trabalho semanal e a outra de 20 horas.

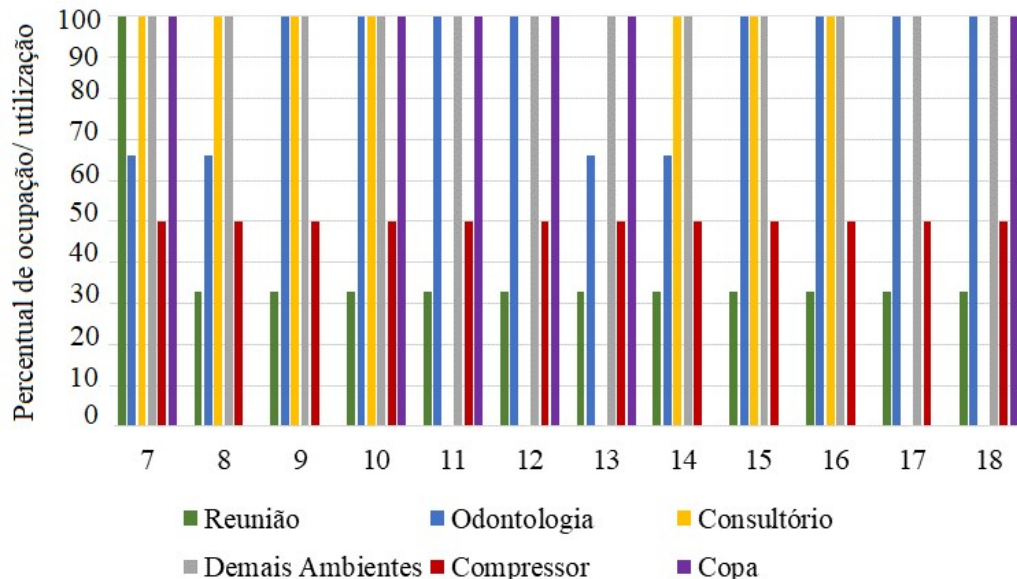
d) Consultório: foi considerada o padrão de 8 horas diárias do uso dos espaços dos consultórios. A atribuição demanda uma hora de reunião diária pelo período da manhã; 5,6 horas em consultas; 1,4 horas em visitas domiciliares e atividades educativas.

e) Copa: atribuiu-se a rotina de uso diário na primeira hora da manhã e durante o intervalo de funcionários (11 às 14h).

f) Demais ambientes: por ser variável não foi possível identificar o parâmetro de uso dos demais ambientes, como no caso da sala de vacina e curativo, sendo atribuído o uso constante durante todo o dia.

g) Equipamentos e Iluminação: o uso dos equipamentos e sistema de iluminação assemelha-se ao dos seus respectivos espaços, portanto sendo eles desligados na ausência de pessoas dentro do ambiente. Para o compressor, devido à variação de uso, uma vez que o mesmo não precisa estar em funcionamento durante todo o procedimento odontológico, atribuiu-se 50% da potência instalada durante o uso da sala de odontologia. A geladeira na cozinha foi mantida como ligada constantemente.

Figura 12: Distribuição das rotinas de uso da edificação.



3.2.6 Parâmetros de troca de energia com o solo

Uma das simulações realizadas pelo *EnergyPlus* é a interação térmica entre o piso e o solo. Sobretudo nas edificações térreas, principalmente no caso do Brasil, onde dificilmente o isolamento térmico é utilizado neste elemento construtivo, a configuração deste parâmetro é de grande importância para resultado do balanço térmico da edificação. Para a realização

desses cálculos o programa utiliza vários métodos, no entanto, se incorretamente configurados, geram impacto negativo no desempenho térmico da edificação (CHVATAL; MARQUES, 2016).

Apesar da recomendação do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Eficiência Energética para Edifícios Residenciais (RTQ-R, 2012) pelo uso do pré-processador *Slab* para simulação entre o piso e o solo, a forma como ele é utilizado pode gerar resultados incorretos durante a simulação. Seu uso apropriado depende da convergência de algoritmo adequada e diversos dados de entrada como condutividade do solo, albedo e evapotranspiração (COSTA, 2017).

Uma vez que não se dispõe de dados das características dos diferentes solos onde se implantarão as edificações, seguiu-se a recomendação de Costa (2017) em que, na ausência desses dados, deve ser utilizada a temperatura média mensal externa como temperatura de solo. Para tanto foram usadas as informações dos arquivos climáticos de cada localidade a ser simulada, resumidas na tabela 9.

Tabela 9: Temperatura mensal de solo (média mensal de ar) em diferentes localidades.

Local	ZB	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
São Joaquim/SC	ZB 01	16	17	17	14	12	10	12	12	10	13	14	15
Campos do Jordão/ SP	ZB 02	18	18	17	16	13	13	12	14	13	17	16	17
Petrópolis/RJ	ZB 03	16	16	15	15	12	11	12	13	12	15	13	14
Patrocínio/MG	ZB 04	21	22	21	21	18	18	17	20	21	23	22	21
Pelotas/RS	ZB 05	24	23	22	18	16	13	13	13	16	19	20	21
Porto Alegre/RS	ZB 06	25	24	23	20	16	16	17	15	16	20	21	25
Vacaria/RS	ZB 07	18	20	19	17	14	10	11	13	13	15	20	20
Ivaí/PR	ZB 08	22	22	22	20	16	16	14	17	17	20	21	22
Cristalina/GO	ZB 09	22	22	20	19	18	20	20	20	22	21	22	21
Campo Verde/MT	ZB 10	22	23	23	22	21	21	23	25	25	24	24	23
Irecê/BA	ZB 11	24	25	26	24	23	22	22	23	25	25	25	24
Corumbá/MS	ZB 12	28	27	28	27	22	23	22	22	28	27	27	29
Campos dos Goytacazes /RJ	ZB 13	26	27	26	24	22	20	21	22	23	24	26	26
Carangola/MG	ZB 14	23	23	23	23	19	18	17	21	24	23	26	25
Londrina/PR	ZB 15	24	24	24	23	18	19	16	20	23	23	23	24
Ituverava/SP	ZB 16	24	25	24	22	19	18	20	20	24	23	23	24
Remanso/BA	ZB 17	27	27	27	26	26	26	26	26	28	28	28	28
Natal/RN	ZB 18	28	27	27	27	27	26	26	26	27	27	27	28

continua....

Local	ZB	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Goiás/GO	ZB 19	25	25	25	24	24	23	25	26	27	25	25	24
Palmas/TO	ZB 20	26	25	26	26	27	27	27	29	29	26	27	26
Aimorés/MG	ZB 21	25	27	27	24	23	22	22	23	25	25	26	26
Itapetinga/BA	ZB 22	27	27	26	25	24	22	22	22	24	25	26	27
Espinosa/MG	ZB 23	25	26	26	24	23	23	23	24	27	26	26	26
Pão de Açúcar/AL	ZB 24	30	29	30	28	26	25	24	24	25	28	29	29

Fonte: UFSC (2018)

3.2.7 Infiltrações e ventilação natural

Para o cálculo das perdas de cargas térmicas por infiltração de ar e ventilação natural nas aberturas e frestas da cobertura, portas e janelas da edificação utilizou-se nesta pesquisa o algoritmo de cálculo *AirflowNetwork*. Este modelo surgiu a partir do uso de dois algoritmos, o COMIS (FEUSTEL & RAYNOR-HOSEN, 1990) e AIRNET (WALTON, 1989), os quais determinam o fluxo de ar entre os diferentes espaços internos e o exterior, a partir do cálculo do coeficiente de pressão. Para tanto são consideradas as diferenças de temperatura dos ambientes, velocidade e direção dos ventos e as características das áreas de entrada do ar (DOE, 2019). O algoritmo não considera os diferentes obstáculos externos que modificam o regime da ventilação e o coeficiente de pressão final nas esquadrias. Apesar de ser mais recomendado para uso em volumetrias retangulares, devido a sua aplicabilidade prática, sem a necessidade de recorrer a programas de simulação de dinâmica de fluido (CFD) específicos e externos, tem sido escolhido em diversas pesquisas, a fim de se avaliar de maneira mais adequada os efeitos da ventilação natural sobre a edificação.

Quando uma esquadria está fechada o programa *EnergyPlus* cria quatro frestas ao redor da abertura para simulação da infiltração de ar. Nesta configuração foram considerados os coeficientes e expoentes de fluxo de ar médios definidos por Liddament (1986) em função da abertura, material da esquadria e sua vedação. A partir das características individuais das diferentes esquadrias que compõe a UBS, conforme projeto de detalhamento de esquadrias disponibilizados pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013), foram definidos seis padrões de

esquadrias, resumidos na tabela 10. Adotaram-se os valores de 0,60 para os coeficientes de descarga de portas e janelas retangulares (AYNSLEY, 1999) e 0,275 para esquadria fixa com tela artística, adaptado do trabalho de Kosmos, Riskowski e Chistianson (1993) ao analisar o fluxo de ar através de tela pela equação de Bernoulli.

Tabela 10: Detalhamento das esquadrias.

Parâmetro	Janela 80%	Janela 53%	Esquadria Aço Fixa	Porta Recepção	Porta Reunião	Porta Madeira	Porta Alumínio
Coeficiente Fluxo de ar	0,00041	0,00041	0,0154	0,00005	0,00005	0,0024	0,00005
Expoente Fluxo de ar	0,6	0,6	0,66	0,66	0,66	0,6	0,66
Nº de fatores de abertura	2	2	2	2	2	2	2
Fator de abertura nº 1	Fator de abertura 1	0	0	0	0	0	0
	Coeficiente de descarga	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Fator de largura	0	0	0	0	0	0
	Fator de altura	0	0	0	0	0	0
	Fator inicial de altura	0	0	0	0	0	0
Fator de abertura nº 2	Fator de abertura 2	1	1	1	1	1	1
	Coeficiente de descarga	0,6	0,6	0,275	0,6	0,6 ³	0,6
	Fator de largura	1	1	1	0,33	1	1
	Fator de altura	0,8	0,66	1	1	1	1
	Fator inicial de altura	0	0,33	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de Linddament (1986).

A operação das esquadrias é determinada no programa pelas rotinas de uso da edificação, sendo configurada no modelo de acordo com a tabela 11.

Áreas de uso comum, ou de baixa presença de usuários, como sanitários, copa, circulação e recepção, permanecem com as esquadrias abertas durante todo o período de uso da UBS a partir da configuração *Constant*.

³ No vão de interligação entre a recepção e a circulação 02 foi criada uma esquadria de madeira com coeficiente de descarga 1, com abertura constante durante todo o funcionamento para permitir a passagem constante de ar entre os ambientes, como ocorre na realidade. Para os demais ambientes que possuem porta de madeira foi configurado o coeficiente de descarga igual a 0,6.

Tabela 11: Características das esquadrias e rotinas de abertura

Zona Térmica	Ambiente	Nome da Esquadria	Detalhamento	Rotina de Abertura
1	Odontologia	Odontologia J1 Odontologia J2	Janela 80%	<i>Temperature</i>
2	Inalação	Inalação J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
3	Consultório 1	Consultório J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
4	WC PcD 1	WC PcD 1 J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
5	WC PcD 2	WC PcD 2 J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
6	Recepção	Recepção Porta Vidro	Porta Recepção	<i>Constant</i>
		Recepção J1	Janela Vidro não operável	-
7	Farmácia	Farmácia J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
8	Consultório 2	Consultório 2 J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
		Circulação 2 J1	Janela 53%	<i>Constant</i>
9	Circulação 2	Circulação 2 J2	Janela Vidro não operável	-
		Circulação 2 J3	Janela 80%	<i>Constant</i>
10	Consultório 3	Consultório 3 J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
11	DML	-	-	-
12	WC PcD 3	WC PcD 3 J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
		WC PcD 3 J2	Esquadria Aço Fixa	<i>Constant</i>
13	Curativo	Curativo J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
14	Vacina	Vacina J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
15	Circulação 1	Circulação 1 J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
		Circulação 1 P1	Porta Alumínio	<i>Constant</i>
16	Reunião	Reunião P1	Porta Reunião	<i>Temperature</i>
		Reunião J1	Janela Vidro não operável	-
17	Procedimento	Procedimento J1	Janela 80%	<i>Temperature</i>
18	WC PcD 4	WC PcD 4 J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
19	Compressor	-	-	<i>Constant</i>
20	Esterilização	Esterilização J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
21	Expurgo	Expurgo J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
22	Resíduos 1	Resíduos 1 P1	Esquadria Aço Fixa	<i>Constant</i>
23	Resíduos 2	Resíduos 2 P1	Esquadria Aço Fixa	<i>Constant</i>
24	Resíduos 3	Resíduos 3 P1	Esquadria Aço Fixa	<i>Constant</i>
25	Almoxarifado	-	-	-
26	WC Funcionários	WC Funcionários J1	Janela 80%	<i>Constant</i>
		WC Funcionários J2	Esquadria Aço Fixa	<i>Constant</i>
27	Administrativo	Administrativo	Janela 80%	<i>Temperature</i>
28	Copa	Copa J1	Janela 80%	<i>Constant</i>

Áreas de uso restrito, como consultórios, podem ser controladas pelo usuário. Nesta pesquisa o controle da ventilação natural em cada abertura varia em função do critério *Temperature*, em que as esquadrias são abertas em função de duas condições referentes à

temperatura da zona térmica: a) ser maior que a externa; b) ser maior que o *setpoint* de temperatura adotado, neste estudo de caso como 25 °C, conforme estudos de Martins, Bittencourt e Krause (2009, apud PEGLOW et al., 2016).

Para a simulação da passagem do ar pelas frestas das telhas cerâmicas da cobertura (ático) definiu-se uma taxa fixa de uma renovação de ar por hora, conforme recomendação da Norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013) e estudos de Silveira (2014). Uma vez que o uso do algoritmo *AirflowNetwork* não considera uma definição de taxa fixa de renovação de ar horária, foram implantadas aberturas nas laterais dos áticos para permitir a ventilação, assim o resultado foi controlado para se adequar ao recomendado pela ABNT, semelhante ao estudo realizado por Spagnuolo (2019).

3.3 Intervalo de conforto e indicadores adotados

A avaliação do conforto térmico foi realizada com base nos parâmetros de conforto adaptativo definidos pela ANSI/ASHRAE 55-2017, uma vez que o estudo de caso é um edifício ventilado naturalmente. Atualmente o cálculo da zona de conforto indicado pela norma é realizado a partir da definição da Temperatura neutra (T_n). Esta é definida a partir de uma função polinomial, que contém a variável alfa, cujos valores são alterados conforme cada tipo de clima (ANSI/ASHRAE, 2017, p. 44). Devido à grande quantidade de climas a ser abordada nesta pesquisa e à ausência de trabalhos anteriores que validem os valores de alfa no Brasil, foram adotados os procedimentos de cálculo da T_n a partir da temperatura predominante externa, conforme estudos de De Dear e Brager (2002), com base na média dos últimos quinze dias em relação ao dia de referência.

A zona de conforto considerou a adequação térmica para 80% dos usuários, com limites de $\pm 3,5$ °C em relação a T_n . Assim, toda ocorrência de temperatura operativa interna (calculada pelo *Energyplus*) que extrapola os limites definidos é considerada como hora em desconforto para calor ou frio.

Adotada pelo modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 desde 2004, e inserida em sua última atualização (ASHRAE, 2017), a temperatura operativa considera os efeitos da radiação, tão importantes para climas quentes como o do Brasil (FERREIRA; SOUZA; ASSIS, 2015), sendo a mais recomendada quando os estudos de casos são ambientes ventilados naturalmente (MONTEIRO; ALUCCI, 2009).

Nesta pesquisa propõe-se a apresentação de resultados com dois indicadores. O primeiro, denominado percentual de horas ocupadas em conforto, é caracterizado pela soma das horas em uso na edificação em que se observa a temperatura operativa interna calculada dentro da faixa de conforto adaptativo.

O segundo, denominado graus-hora de desconforto, caracteriza-se pela soma de valores das diferenças das temperaturas operativas horárias que ultrapassem os limites da zona de conforto adaptativo. Assim, para cada hora que a temperatura operativa extrapole o limite superior de conforto, a soma gera um valor denominado graus-hora de desconforto para o calor. Analogamente, temperaturas abaixo da linha limite de conforto geram graus-hora de desconforto para o frio.

A adoção desse indicador permite a avaliação global do desempenho térmico do ambiente e auxilia na verificação de estratégias adequadas para a sua melhoria. Outra característica desta avaliação é a identificação da intensidade do desconforto gerado no ambiente. O indicador é comumente citado em pesquisas científicas que procuram identificar o desempenho térmico de um edifício (SILVEIRA, 2014).

3.4 A seleção das cidades para as simulações e os arquivos climáticos.

Para a escolha das cidades e climas a serem analisados nesta pesquisa foram utilizados dois critérios. Primeiramente foram definidas até três cidades pertencentes a cada uma das 8 zonas bioclimáticas da atual NBR 15.220-3. Estas foram escolhidas caso apresentassem características climáticas, e de classificação em relação à nova proposta de revisão do ZB

brasileiro (Roriz, 2014), mais distintas possíveis. Dessa maneira são avaliadas 24 localidades no território nacional. Em seguida foram avaliadas a disponibilidade de arquivos climáticos com preferência às cidades de pequeno e médio porte, onde são geralmente implantadas as unidades básicas de saúde porte I, resultando nas cidades indicadas na tabela 9.

Amorim (2015), em avaliação das diferentes propostas de revisão do zoneamento bioclimático para classificação de cidades do norte/noroeste do Espírito Santo, observou que o método de criação de um arquivo climático exerce influência significativa sobre a última proposta apresentada por Roriz (2014). Dessa maneira, para a determinação das características climáticas, foram usados apenas arquivos climáticos de referência das cidades escolhidas em formato *EnergyPlus Weather* (EPW) disponibilizados no portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2018). Os arquivos climáticos contêm valores para as 8.760 horas do ano, e apresenta para cada hora de um ano característico os valores das variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade do vento e radiação solar, com origem nas medições do Instituto Nacional de Meteorologia e procedimentos de controle de qualidade e de alguns cálculos de conversão de dados climáticos utilizados para estimar variáveis sem medição (RORIZ, 2012).

3.5 Teste de sensibilidade

Previamente à definição de todas as variáveis analisadas foi realizado um teste de sensibilidade no modelo, com variação de 45° na orientação da edificação, no total de 8 implantações. Foram selecionados três tipos de climas, um mais quente (Belém/PA), outro mais frio (São Joaquim/SC) e um ameno (Londrina/PR), e realizado o total de 24 simulações. Foi analisada a sensibilidade entre os diferentes ambientes de uso contínuo e da edificação na totalidade. Para avaliação desta foi considerada a média da temperatura operativa de oito zonas térmicas de uso mais frequente na edificação.

A verificação da interferência da orientação sobre o modelo deste estudo foi realizada a partir de análise estatística com significância de 95% ($p < 0,05$). Inicialmente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificar se as amostras tinham distribuição normal; se identificadas como normal, os dados das direções seriam comparados com o teste de Tukey (1949); caso contrário, com o de Mann-Whitney (MINITAB BLOG EDITOR, [s. d.]).

3.6 Estratégias Bioclimáticas

A proposta de zoneamento bioclimático apresentada por Roriz (2014) teve como objetivo primário o mapeamento de climas do Brasil, para posteriormente ser utilizada para especificação de estratégias construtivas para diferentes tipologias de edificações.

A definição das estratégias bioclimáticas desta pesquisa basearam-se nas cartas bioclimáticas de Szokolay (DOCHERTY; SZOKOLAY, 1999) e Givoni (1970), estas adaptadas aos climas brasileiros por Roriz, Ghisi e Lamberts (1999). Ajustando as estratégias definidas pelas tabelas Mahoney, Szokolay define os intervalos de conforto diurno e noturno a partir da temperatura e umidade relativa média mensal e dos diferentes desempenhos térmicos do edifício. Sua adaptação⁴ às rotinas de cálculo em planilha eletrônica Microsoft Excel permitiu a síntese das estratégias de Mahoney, com indicação para cada mês do ano de uma série de recomendações envolvendo a morfologia da edificação, necessidades de ventilação, sombreamento e características da sua envoltória. No apêndice B são apresentadas as informações das características climáticas, diagnósticos e estratégias bioclimáticas recomendadas para cada uma das 24 zonas bioclimáticas. Foram utilizadas informações climáticas extraídas dos arquivos EPW disponibilizados pelo portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2018).

⁴ Adaptações realizadas pelo Professor Dr. João Roberto Gomes de Faria para serem utilizadas como ferramentas de projeto durante as aulas de conforto térmico em edificações, disponibilizado neste trabalho para definição das estratégias bioclimáticas.

Por se tratar de edifício público foram definidas estratégias bioclimáticas de menor impacto financeiro, e assim possibilitar a adaptação da edificação e o seu uso futuro por órgãos governamentais. Dessa maneira não são exauridas as estratégias bioclimáticas e tipos construtivos para esta pesquisa.

Na tabela 12 são apresentadas as estratégias recomendadas pelas tabelas de Mahoney para as 24 zonas bioclimáticas propostas por Roriz (2014), descritas com maior precisão nas seções abaixo.

Tabela 12: Resumo das estratégias bioclimáticas.

Zona Bioclimática		Aberturas			Envoltória			
Zoneamento ABNT NBR 15220-3 (2005)	Zoneamento proposta 4 (RORIZ, 2014)	Ventilação	Permitir sol em meses frios	Sombreamento	Tipo de Parede	Tipo de Cobertura	Aquecimento solar da edificação	Massa térmica para refrigeração
Zona Bioclimática 01	ZT 01	X	X	-	L.	L.I.	X	-
	ZB 07	X	X	-	L.	L.I.	X	-
	ZB 02	X	X	-	L.	L.I.	X	-
Zona Bioclimática 02	ZB 08	X	-	X	L.	L.I.	-	-
	ZB 05	X	X	-	L.	L.I.	X	-
	ZB 14	X	-	X	P.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 03	ZB 06	X	X	-	L.	L.I.	X	-
	ZB 03	X	X	-	L.	L.I.	X	-
	ZB 15	X	-	X	L.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 04	ZB 16	X	-	X	P.	P.	-	-
	ZB 04	X	-	X	P.	L.I.	-	-
	ZB 09	X	-	X	L.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 05	ZB 21	X	-	X	L.	L.R.	-	-
	ZB 22	X	-	X	P.	L.I.	-	-
	ZB 13	X	-	X	L.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 06	ZB 10	X	-	X	P.	L.I.	-	X
	ZB 11	X	-	X	P.	P.	-	X
	ZB 23	X	-	X	P.	P.	-	X
Zona Bioclimática 07	ZB 17	X	-	X	L.	L.R.	-	-
	ZB 19	X	-	X	P.	L.I.	-	X
	ZB 20	X	-	X	P.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 08	ZB 12	X	-	X	P.	L.I.	-	X
	ZB 18	X	-	X	L.	L.R.	-	-
	ZB 24	X	-	X	P.	P.	-	X

Legenda: L. = leve; L. I. = leve e bem isolada; L. R.= leve e refletiva; P. = pesada;

3.6.1 Ventilação natural e artificial

Utilizada principalmente em climas quentes, a estratégia de ventilação natural tem efetividade quando a temperatura externa é menor que a interna, e em climas úmidos quando encontra-se menor que a temperatura da pele (próxima de 37 °C) (ANDRADE, 1996).

Para climas quentes e úmidos Watson e Labs (1983) destacam a importância da estratégia na refrigeração de edificações leves, sobretudo através da ventilação cruzada. Para climas quentes e secos recomendam a ventilação noturna associada a maior massa térmica da envoltória, com restrição da ventilação durante o dia.

Neste estudo são avaliados três casos de uso da ventilação como estratégia para melhoria do conforto térmico: a cruzada, a noturna e a mecânica com uso de ventiladores. A ventilação natural no modelo já opera segundo o módulo *Airflownetwork* do programa *EnergyPlus*, com abertura das esquadrias programadas quando a temperatura operativa interna atinge 25 °C. Nas zonas bioclimáticas onde a estratégia é essencial, uma esquadria de 80 x 30 cm foi implantada acima das portas de acesso dos ambientes internos, com o intuito de permitir a ventilação cruzada na edificação. O tamanho reduzido da esquadria é necessário neste estudo de caso devido ao uso da edificação como unidade de saúde, evitando a propagação de som pelos ambientes. Uma vez que o funcionamento da esquadria opera de acordo com uma temperatura de conforto, foram realizadas simulações em todos os períodos do ano.

A utilização da ventilação noturna foi aplicada em situações com presença de desconforto para o calor, a partir da implantação de aberturas acima e abaixo das esquadrias existentes medindo sua respectiva largura e altura de 15 cm. Seu funcionamento é permitido em alguns períodos do ano, conforme tabela 13. Mesmo não sendo adequada para as Zonas Térmicas 1, 2, 3 e 7, segundo as tabelas de Mahoney, a estratégia foi utilizada com o propósito de confirmar, através das simulações, o seu efeito negativo sobre o desempenho térmico da edificação.

Tabela 13: Agenda de funcionamento da estratégia de ventilação noturna.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fev	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mar	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Abr	x	x	x	x	-	-	x	-	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mai	x	x	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Jun	x	x	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Jul	x	x	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Ago	x	x	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Set	x	x	x	-	-	-	x	-	x	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Out	x	x	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nov	x	x	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dez	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Para locais onde se pratiquem atividades sedentárias, inferiores a 1,3 met., a ASHRAE 55-2017 destaca que o aumento da velocidade interna do ar, como por meios mecânicos, pode auxiliar na troca térmica entre o corpo e o ar, aumentando em até 2,2 °C o limite de conforto. Onde a estratégia é recomendada, e há incidência de desconforto para o calor, a ventilação mecânica foi utilizada. Neste caso foi aumentado em 1,20 °C o limite superior da zona de conforto adaptativo, e considerado constante a ventilação do ar por ventiladores de teto em 0,60 m/s.

3.6.2 Aquecimento solar da edificação

O aquecimento da edificação foi proporcionado pela incidência de raios solares diretamente sobre os ambientes internos. Também foram realizadas simulações com a alteração da absorvância das coberturas e das paredes com alteração dos seus valores para $\alpha = 0,84$, o que representa a pintura em tons de azul ou cinza escuros. Com o objetivo de avaliar o impacto da estratégia, mesmo que negativo para algumas regiões climáticas, foram simuladas todas as zonas bioclimáticas.

3.6.3 Sombreamento de aberturas

De suma importância para prevenção do sobreaquecimento interno e das envoltórias da edificação, a estratégia bioclimática de sombreamento pressupõe o cálculo adequado da máscara solar para se obter configurações ótimas da proteção das esquadrias.

Devido à complexidade dessa operação, por conta da variação de 24 localidades e suas respectivas latitudes, nesta pesquisa o sombreamento foi definido pelo acréscimo de brises móveis horizontais e verticais, com planos de 20 cm de largura, espaçados a cada 20 cm e inclinados em 30 graus, sendo implantados em todas as janelas da edificação. O uso do sistema combinado, horizontal e vertical, foi avaliado por Gutierrez (2004) como o mais eficiente.

Por ser uma estratégia que interfere nas demais, foi definida uma agenda de uso dos elementos móveis, conforme tabela 14. Assim, nos períodos de inverno, quando é recomendado o aquecimento da edificação, os brises são manuseados para permitir a passagem de raios solares. Mesmo não sendo adequada para as Zonas Térmicas 1, 2, 3, 7, 8 e 9, conforme tabelas de Mahoney, a estratégia foi utilizada para verificar seu efeito negativo sobre o desempenho térmico da edificação.

Tabela 14: Agenda de funcionamento dos brises.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fev	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Abr	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mai	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jun	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Jul	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ago	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Set	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Out	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nov	x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dez	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

3.6.4 Definição da envoltória

Foram simulados três sistemas de coberturas: leve, leve e isoladas e pesada e dois de paredes: leves e pesadas, conforme as características da envoltória das tabelas de Mahoney, o qual estabelece valores limites de transmitância térmica, fator solar e atraso térmico, representado na tabela 15. Ferreira, Souza e Assis (2015) ao comparar estes valores com os propostos pelas atuais normas de desempenho, NBR 15.220-3 e NBR 15.575, observaram que as recomendações das envoltórias de Mahoney proporcionam melhor desempenho térmico

para o modelo analisado nos climas brasileiros. As propriedades dos materiais e composições dos sistemas construtivos das paredes estão representadas na tabela 16 e figura 13, e das coberturas na tabela 17 e figura 14.

Tabela 15: Valores limites das propriedades das envoltórias, segundo Mahoney.

Tipo	Transmitância Térmica – U (W/m ² K)	Fator Solar – FS _o (%)	Atraso Térmico - φ (h)
Paredes			
Leve (L.)	U ≤ 2,80	FS _o ≤ 4,00	φ ≤ 3,0
Pesada (P.)	U ≤ 2,00	FS _o ≤ 4,00	φ ≥ 8,0
Coberturas			
Leve (L.)	U ≤ 1,10	FS _o ≤ 4,00	φ ≤ 3,0
Leve e bem isolada (L.I.)	U ≤ 0,85	FS _o ≤ 3,00	φ ≤ 3,0
Pesada (P.)	U ≤ 0,85	FS _o ≤ 3,00	φ ≥ 8,0

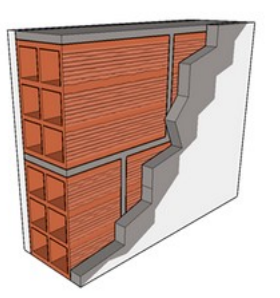
Fonte: Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 16: Características físicas das paredes

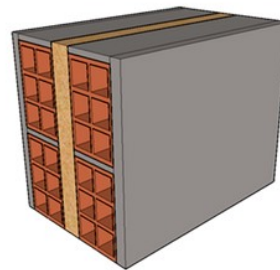
Componente Construtivo	Nome do Material	e [cm]	λ [W/m°C]	ρ [Kg/m ³]	c [KJ/(Kg.K)]	Rt [m ² .°C/W]
Parede Leve Tijolo Cerâmico 6 furos (9x14x24)	Placa gesso	0,20	0,35	900	0,87	0,006
	Cerâmica	1,34	0,90	1600	0,92	0,015
	Câmara Ar Tijolo	6,32	0,383	-	-	0,165
	Cerâmica	1,34	0,90	1600	0,92	0,015
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
Parede Pesada Tijolo duplo Cerâmico 6 furos (9x14x24)	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920	0,015
	Câmara Ar	6,32	0,639	-	-	0,099
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920	0,015
	Lã de Rocha	4,00	0,045	100	0,80	0,0889
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920	0,015
	Câmara Ar	6,32	0,639	-	-	0,099
	Cerâmica	1,34	0,900	1600	0,920	0,015
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022

Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017).

Figura 13: Representações das paredes



Parede Leve: Tijolo cerâmico 9X14x24:
Transmitância: 2,55 W/m².K
Atraso Térmico: 2,20h
Capacidade Térmica: 99Kj/m²K



Parede Pesada: Tijolo cerâmico duplo 9X14x24:
Transmitância: 0,68 W/m².K
Atraso Térmico: 9,10 h
Capacidade Térmica: 199Kj/m²K

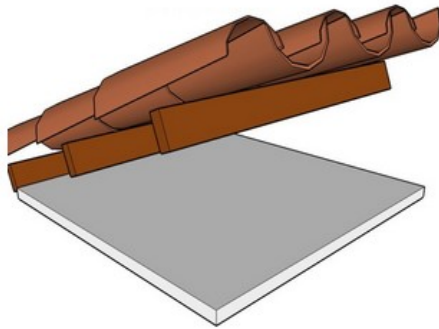
Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017) e Projeteec (2020).

Tabela 17: Características físicas das coberturas

Componente Construtivo	Nome do Material	e [cm]	λ [W/m°C]	ρ [Kg/m³]	c [KJ/(Kg.K)]	Rt [m².°C/W]
Cobertura Leve: Ar Telha/ Forro	Cerâmica	1,00	1,05	2000	0,920	0,0095
	Câmara Ar	25	1,190	-	-	0,210
	Gesso	3,00	0,350	900	0,870	0,086
Cobertura leve isolada: Cerâmica/Ar Espuma poliuretano/ PVC	Cerâmica	1,00	1,05	2000	0,920	0,0095
	Câmara Ar	25	1,190	-	-	0,210
	EPS	2,00	0,04	16	1,420	0,05
	Forro de PVC	1,00	0,071	273	0,960	0,1410
Cobertura Pesada: Telha metálica sanduiche/Laje e pré-moldada/ argamassa	Aço+PE	4,20	0,042	154	1,42	1,00
	Câmara ar	25,00	1,190	-	-	0,210
	Concreto	4,00	1,75	2200	1,00	0,023
	Cerâmica	1,20	1,05	2000	0,920	0,011
	Câmara Ar	4,60	0,560	-	-	0,081
	Cerâmica	1,20	1,05	2000	0,920	0,011
	Argamassa	1,00	1,15	2000	1,00	0,009

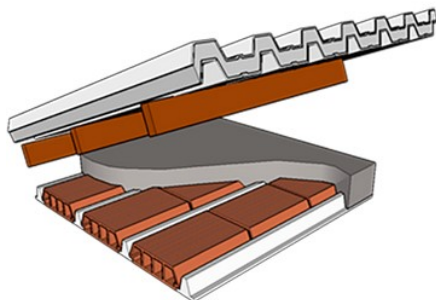
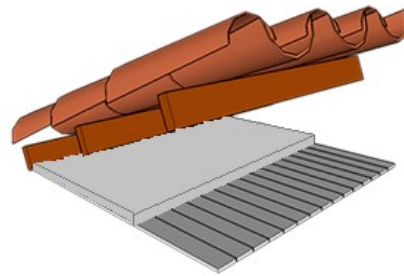
Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017).

Figura 14: Representações das coberturas



Cobertura Leve: Telha cerâmica/Câmara de ar/
Forro de gesso
Transmitância: 1,94 W/m².K
Atraso Térmico: 1,60h
Capacidade Térmica: 37 KJ/m²K

Cobertura Leve e bem isolada: Telha cerâmica/
Câmara de ar/Espuma de poliuretano/ Forro de PVC
Transmitância: 0,85 W/m².K
Atraso Térmico: 2,37h
Capacidade Térmica: 31,80 KJ/m²K



Cobertura Pesada: Telha metálica sanduiche/
Câmara de Ar/ Laje pré-moldada
Transmitância: 0,64 W/m².K
Atraso Térmico: 10,10h
Capacidade Térmica: 176 KJ/m²K

Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017) e Projeteer (2020).

3.7 Estratégias Bioclimáticas, segundo a NBR 15.220-3

Para analisar o impacto da alteração da classificação do zoneamento bioclimático sobre os indicadores de conforto, foram feitas comparações de desempenho térmico e conforto térmico nas edificações. Os resultados das simulações realizadas nas 24 cidades, conforme a proposta de Roriz (2014) e estratégias de Mahoney, foram comparados aos dados das mesmas cidades classificadas segundo as ZB da NBR 15.220-3. Para tanto são realizadas simulações com as recomendações das estratégias bioclimáticas previstas na NBR 15.220-3, resumidas na tabela 18, e valores limites das características termofísicas, de acordo com a tabela 19.

Tabela 18: Resumo das estratégias bioclimáticas segundo NBR 15.220-3.

Zona Bioclimática		Aberturas			Envoltória				
Zoneamento ABNT NBR 15220-3 (2005)	Zoneamento proposta 4 (RORIZ, 2014)	Ventilação	Permitir sol em meses frios	Sombreamento	Tipo de Parede interna	Tipo de Parede externa	Tipo de Cobertura	Aquecimento solar da edificação	Massa térmica para refrigeração
Zona Bioclimática 01	ZT 01	-	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
	ZB 07	-	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
	ZB 02	-	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
Zona Bioclimática 02	ZB 08	X	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
	ZB 05	X	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
	ZB 14	X	X	-	P.	L.	L.I.	X	-
Zona Bioclimática 03	ZB 06	X	X	-	P.	L.R.	L.I.	X	-
	ZB 03	X	X	-	P.	L.R.	L.I.	X	-
	ZB 15	X	X	-	P.	L.R.	L.I.	X	-
Zona Bioclimática 04	ZB 16	X	-	X	P.	P.	L.I.	X	X
	ZB 04	X	-	X	P.	P.	L.I.	X	X
	ZB 09	X	-	X	P.	P.	L.I.	X	X
Zona Bioclimática 05	ZB 21	X	-	X	P.	L.R.	L.I.	-	-
	ZB 22	X	-	X	P.	L.R.	L.I.	-	-
	ZB 13	X	-	X	P.	L.R.	L.I.	-	-
Zona Bioclimática 06	ZB 10	X	-	X	P.	P.	L.I.	-	X
	ZB 11	X	-	X	P.	P.	L.I.	-	X
	ZB 23	X	-	X	P.	P.	L.I.	-	X
Zona Bioclimática 07	ZB 17	X	-	X	L.	P.	P.	-	X
	ZB 19	X	-	X	L.	P.	P.	-	X
	ZB 20	X	-	X	L.	P.	P.	-	X
Zona Bioclimática 08	ZB 12	X	-	X	L.	L.R.	L.R.	-	-
	ZB 18	X	-	X	L.	L.R.	L.R.	-	-
	ZB 24	X	-	X	L.	L.R.	L.R.	-	-

Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

Assim como realizado na avaliação do ZB proposto por Roriz (2014), não foram alterados os tamanhos das esquadrias. Quando previsto sombreamento das aberturas foram implantados os mesmos brises e agenda de utilização descrita na seção 3.6.3.

A norma define três tipos de paredes: leve, leve refletora, pesadas. As propriedades dos materiais e a composição do sistema construtivo dessas paredes estão descritas na tabela 20 e figura 15, as quais indicam, nesta ordem, as configurações da envoltória no programa *EnergyPlus* e seu aspecto visual.

Tabela 19: Valores limites das envoltória, NBR 15.220-3.

Tipo	Transmitância Térmica – U (W/m²K)	Fator Solar – FS _o (%)	Atraso Térmico - φ (h)
Paredes			
Leve (L.)	$U \leq 3,00$	$FS_o \leq 5,00$	$\varphi \leq 4,3$
Leve Refletora (L.R.)	$U \leq 3,60$	$FS_o \leq 4,00$	$\varphi \leq 4,3$
Pesada (P.)	$U \leq 2,20$	$FS_o \leq 3,50$	$\varphi \geq 6,5$
Coberturas			
Leve isolada (L.I)	$U \leq 2,00$	$FS_o \leq 6,50$	$\varphi \leq 3,3$
Leve refletora (L.R.)	$U \leq 2,30.FT$	$FS_o \leq 6,50$	$\varphi \leq 3,3$
Pesada (P.)	$U \leq 2,00$	$FS_o \leq 6,50$	$\varphi \geq 6,5$

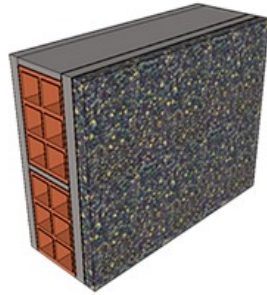
Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

Tabela 20: Características físicas das paredes, segundo NBR 15.220-3.

Componente Construtivo	Nome do Material	e [cm]	λ [W/m°C]	ρ [Kg/m³]	c [KJ/(Kg.K)]	Rt [m².°C/W]
Parede leve Tijolo Cerâmico 6 furos (9x14x24)	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
	Cerâmica	1,34	0,90	1600	0,92	0,015
	Câmara Ar Tijolo	6,32	0,378	-	-	0,167
	Cerâmica	1,34	0,90	1600	0,92	0,015
	Argamassa	2,50	1,15	2000	1,00	0,022
	Granito	2,50	3,00	2600	0,800	0,008
Parede refletora	Propriedades idênticas a da “parede leve” e descritas na seção 3.6.4.					
Parede pesada	Propriedades idênticas a da “parede pesada” e descritas na seção 3.6.4.					

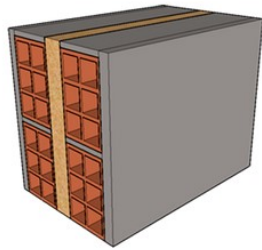
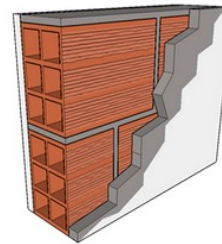
Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017).

Figura 15: Representações das paredes, segundo NBR 15.220-3.



Parede Leve: Tijolo cerâmico 9X14x24:
 Transmitância: 2,39 W/m².K
 Atraso Térmico: 4,5h
 Capacidade Térmica: 210Kj/m²K
 Fator Solar: 4,72%
 $\alpha = 0,5$

Parede Refletora: Tijolo cerâmico 9X14x24:
 Transmitância: 2,55 W/m².K
 Atraso Térmico: 2,20h
 Capacidade Térmica: 99Kj/m²K
 Fator Solar: 3,10%
 $\alpha = 0,3$



Parede Pesada:
 Tijolo cerâmico duplo 9X14x24:
 Transmitância: 0,68 W/m².K
 Atraso Térmico: 9,10 h
 Capacidade Térmica: 199Kj/m²K
 Fator Solar: 1,76%
 $\alpha = 0,7$

Fonte: Adaptado de Projeteec (2020) e Ferreira, Souza e Assis (2015)

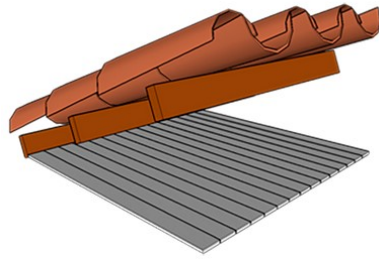
A norma também define três tipos de coberturas: leve isolada, leve refletora e pesada. As propriedades dos materiais e a composição do sistema construtivo das coberturas estão representadas na tabela 21 e figura 16, as quais indicam, respectivamente, as configurações da envoltória no programa *EnergyPlus* e seu aspecto visual.

Tabela 21: Características físicas das coberturas, NBR 15.220-3.

Componente Construtivo	Nome do Material	e [cm]	λ [W/m°C]	ρ [Kg/m ³]	c [KJ/(Kg.K)]	Rt [m ² .°C/W]
Cobertura	Cerâmica	1,00	1,05	2000	0,920	0,0095
Leve Isolada:	Câmara Ar	25	1,190	-	-	0,210
Telha						
Cerâm./Ar/Forro PVC	PVC	1,00	0,071	273	0,960	0,1410
Cobertura	Fibrocimento	0,80	0,950	1900	0,840	0,0084
Leve	Câmara Ar	25	1,190	-	-	0,210
Refletora:						
Fibroc./Ar/Forro Gesso	Gesso	3,00	0,350	900	0,870	0,086
Cobertura Pesada	Propriedades idênticas a da “cobertura pesada” e descritas na seção 3.6.4.					

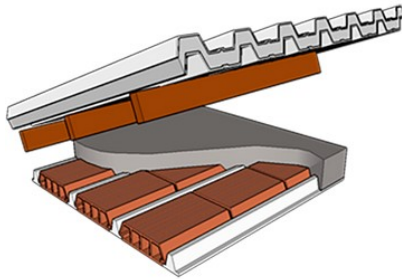
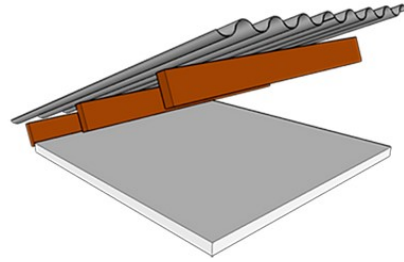
Fonte: Adaptado de Weber et al. (2017).

Figura 16: Representações das coberturas, segundo NBR 15.220-3.



Cobertura Leve Isolada: Telha cerâmica/Câmara de ar/Forro de PVC
 Transmitância: 1,75 W/m².K
 Atraso Térmico: 0,6h
 Capacidade Térmica: 21 Kj/m²K
 Fator Solar: 4,9%
 $\alpha = 0,7$

Cobertura Leve Refletora: Telha fibrocimento/Câmara de ar/Forro de gesso
 Transmitância: 1,95 W/m².K
 Atraso Térmico: 1,6h
 Capacidade Térmica: 32 Kj/m²K
 Fator Solar: 5,46%
 $\alpha = 0,7$



Cobertura Pesada: Telha metálica sanduíche/Câmara de Ar/ Laje pré-moldada
 Transmitância: 0,64 W/m².K
 Atraso Térmico: 10,10h
 Capacidade Térmica: 176 Kj/m²K
 Fator Solar: 1,90%
 $\alpha = 0,7$

Fonte: Adaptado de Projeteer (2020) e Ferreira, Souza e Assis (2015)

4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações computacionais, sendo comparada, nos diferentes cenários apontados no capítulo anterior, a temperatura operativa com os limites do conforto adaptativo.

A maioria das avaliações é realizada a partir do cálculo do percentual de alteração de horas em conforto térmico na edificação e do percentual de graus-hora de desconforto total. Estes dados são expostos em formas de gráficos em barras, com indicações dos máximos e mínimos e tabelas comparativas em escala cromática.

4.1 Cidades selecionadas.

O portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2018) disponibiliza arquivos climáticos para 478 municípios brasileiros, dentre estes 411 em formato *EPW*. A pequena quantidade de arquivos foi a maior limitação na seleção das cidades estudadas, sendo estas apresentadas na tabela 22.

Tabela 22: Cidades selecionadas e sua classificação bioclimática.

ZB				ZB			
NBR	Roriz	Cidade	Altitude (m)	NBR	Roriz	Cidade	Altitude (m)
15220-3	(2014)			15220-3	(2014)		
01	01	São Joaquim/SC	1410	05	13	Campos dos Goytacazes/RJ	25
	02	Campos do Jordão/SP	1642		21	Aimorés/MG	84
	07	Vacaria/RS	986		22	Itapetinga/BA	279
02	05	Pelotas/RS	18	06	10	Campo Verde/MT	749
	08	Ivaí/PR	808		11	Irecê/BA	755
	14	Carangola/MG	399		23	Espinosa/MG	492
03	03	Petrópolis/RJ	1777	07	17	Remanso/BA	401
	06	Porto Alegre/RS	47		19	Goiás/GO	512
	15	Londrina/PR	566		20	Palmas/TO	280
04	04	Patrocínio/MG	976	08	12	Corumbá/MS	126
	09	Cristalina/GO	1202		18	Natal/RN	49
	16	Ituverava/SP	600		24	Pão de Açúcar/AL	19

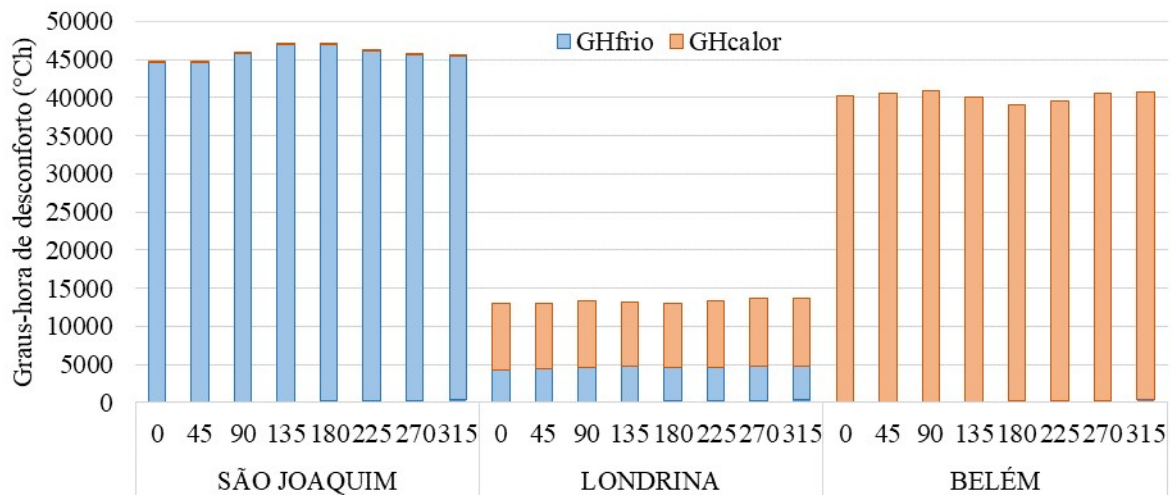
4.2 Avaliação da alteração da orientação sobre o modelo.

Para a unidade básica de saúde porte I, a variação da orientação solar do edifício não modificou, significativamente, o percentual das horas ocupadas em conforto, com índice de alteração médio em 1%.

A análise individual dos ambientes demonstra que a sala de reunião (ZT. 16), consultório 02 (ZT. 08) e consultório 03 (ZT. 10) são os locais mais sensíveis à mudança de orientação. Ao comparar a diferença do percentual de horas em uso em conforto nos ambientes da UBS, observou-se que há uma variação de até 27% em climas quentes e média de 10% em climas frios e amenos. Assim a escolha entre analisar um ambiente, ou analisar toda a edificação, altera consideravelmente a determinação do grau de conforto final.

Na análise pelo indicador graus-hora de desconforto, observou-se, também, ocorrer pouca diferença no desempenho térmico global da UBS, conforme figura 17.

Figura 17: Quantidade de graus-hora de desconforto total em três regiões climáticas.



Na análise estatística, apresentada no apêndice C, a aplicação do teste Shapiro-Wilk resultou em amostras de distribuição normal em todas as comparações, exceto nas condições de sobreaquecimento da edificação com implantação em São Joaquim/SC. Neste caso, a comparação por Mann-Whitney resultou em amostras sem diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$), com nível de confiança de 95% entre as direções estudadas. Nos demais casos, resultado semelhante foi identificado com a comparação pelo teste Tukey.

Neste contexto, devido à baixa influência da alteração da orientação sobre o percentual de horas ocupadas em conforto e desempenho térmico deste estudo de caso, as demais avaliações foram realizadas em apenas uma orientação, 0°, com fachada principal voltada

para o Sul. A conclusão deste teste de sensibilidade é similar aos resultados de estudos que avaliam o conforto/desempenho global em edificações ventiladas naturalmente, como são os casos dos estudos realizados por Silveira (2014), ao tratar de residência unifamiliar, e Spagnuolo (2019), projeto padrão escolar.

4.3 Avaliação do modelo base.

Nesta seção serão apresentados os resultados e análise do modelo base simulado sem a aplicação de estratégias bioclimáticas. A figura 18 apresenta o percentual (média das zonas térmicas) das horas ocupadas em conforto, desconforto para o frio e calor, calculadas em todas as regiões analisadas, com indicação dos máximos e mínimos em cada situação.

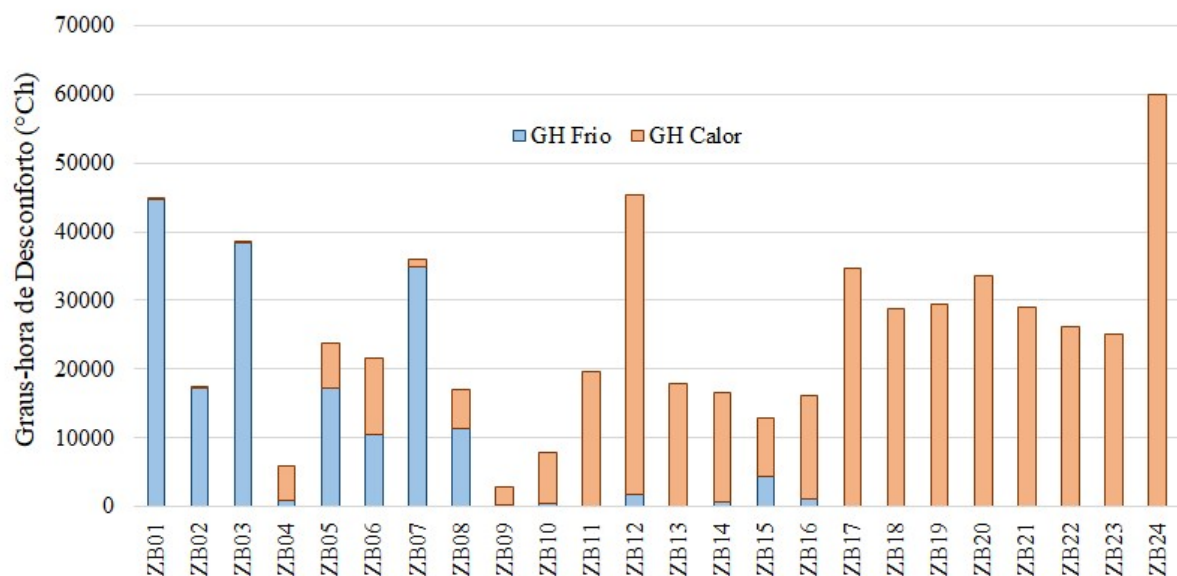
Figura 18: Percentual de horas ocupadas em conforto e desconforto nas 24 ZB.



Em condições de climas predominantemente quentes, ou frios, os resultados indicam valores inferiores a 50% das horas ocupadas em conforto, com taxas mínimas de 26% em Pão de Açúcar (ZB 24) e 29% em Natal (ZB 18). Os maiores percentuais foram registrados nas zonas bioclimáticas 09 e 04 com taxas de 89% e 82%, respectivamente, os únicos locais que atingiram índices considerados adequados neste estudo.

A figura 19 apresenta a quantidade de graus hora de desconforto total calculada para a edificação em todas as regiões analisadas. Foi identificada uma variação de até 20 vezes entre o clima de Cristalina (ZB 9), que registra 2.916 °C.h, e o de Pão de Açúcar (ZB 24), que registra 59.942 °C.h de desconforto total. Nota-se que, apesar do maior percentual de horas ocupadas em conforto na edificação sob influência climática da ZB 12, comparando-se com a ZB 17, por exemplo, os períodos em desconforto são mais intensos, uma vez que são maiores as diferenças entre a temperatura operativa aceitável e a calculada para os ambientes.

Figura 19: Quantidade de graus-hora em desconforto total para as 24 ZB.



Os resultados obtidos demonstram que o projeto padrão porte I de unidade básica de saúde não é adequado para a implantação no território nacional sem as devidas adequações. A padronização de projetos como solução arquitetônica para construção de edifícios em larga

escala, independente do seu uso, não considera a diversidade física e climática do local, resultando em condições de conforto adversas do recomendado.

Semelhante constatação foi identificada por outros estudos que discutem a implantação de projetos padrões em países de grande diversidade climática, como é o caso dos projetos de unidades escolares (FONSECA, 2015; SPAGNUOLO, 2019), unidades de saúde (QUADROS; ORDENES, 2017; NETO, ALMEIDA; NUNES, 2019) e instituições bancárias (KRUGER; MORI, 2012).

O presente trabalho, no entanto, difere desses por realizar a simulação termoenergética com uma variedade maior de características climáticas; considerar aspectos importantes que impactam no resultado do cálculo do balanço térmico pelo EnergyPlus, como cargas térmicas internas, simulação durante todo o ano (e não apenas dia típico), uso do módulo *aiflownetwork*, uso de temperatura do solo distinta para cada região e época do ano analisada; aplicar uma série de estratégias bioclimáticas, inclusive com alteração dos elementos construtivos da envoltória e por utilizar uma nova proposta de classificação do zoneamento bioclimático.

4.4 Avaliação individual de estratégias bioclimáticas

Nesta seção serão apresentados os resultados e realizada a análise com a utilização de estratégias bioclimáticas passivas individualmente sobre o modelo base. Dessa forma é alterado um parâmetro por vez, e se mantêm os demais. Expõe-se no apêndice D o resultado de todas as simulações.

Na tabela 23 é apresentado, resumidamente, o percentual de horas ocupadas em conforto pelos usuários na edificação, com a utilização de uma escala de cor para comparação visual entre os diferentes modelos. Na tabela 24 é apresentado, resumidamente, o percentual de alteração do valor de graus hora de desconforto total, também com a utilização de uma escala cromática para comparação dos resultados.

Tabela 23: Síntese do percentual de horas ocupadas em conforto.

Cidade/Estado	ZB		Modelo	Ventilação			Sombreamento	Cobertura					Paredes			
	NBR 15220-3	Roriz (2014)		Cruzada	Noturna	Mecânica		Leves	Leves e isoladas	Pesadas	Absortância 0,15	Absortância 0,84	Leve	Pesada	Absortância 0,15	Absortância 0,84
São Joaquim/SC	01	01	44	49	31	44	42	46	49	41	34	47	46	46	38	46
Campos do Jordão/ SP	01	02	66	71	49	67	63	66	71	64	54	68	66	70	58	67
Vacaria/RS	07	07	55	58	45	57	54	53	57	56	52	56	53	58	53	56
Pelotas/RS	05	05	58	64	61	64	59	56	61	63	59	58	57	60	58	58
Ivaí/PR	02	08	66	69	68	73	66	61	66	73	70	64	62	70	68	65
Carangola/MG	14	14	67	68	72	78	68	60	63	75	78	64	61	68	73	65
Petrópolis/RJ	03	03	42	51	23	42	38	46	48	36	30	46	46	44	33	45
Porto Alegre/RS	03	06	60	64	64	68	61	57	62	67	64	59	57	64	61	59
Londrina/PR	15	15	69	72	73	80	71	63	67	78	78	67	64	73	75	68
Patrocínio/MG	04	04	82	84	85	90	84	73	79	90	89	80	74	86	86	81
Cristalina/GO	04	09	89	90	92	95	90	80	86	95	94	86	82	92	93	87
Ituverava/SP	16	16	65	67	71	78	68	56	60	75	78	62	57	68	72	63
Campos dos Goytacazes /RJ	13	13	64	68	71	78	67	60	62	71	75	61	61	64	71	62
Aimorés/MG	05	21	52	54	63	68	55	48	50	62	69	48	49	51	62	49
Itapetinga/BA	22	22	53	56	64	69	56	48	50	61	69	49	49	51	63	50
Campo Verde/MT	10	10	76	80	81	89	79	66	71	85	89	72	68	80	85	74
Irecê/BA	06	11	60	63	69	76	63	52	54	71	79	55	54	60	71	57
Espinosa/MG	23	23	54	57	64	71	57	48	50	62	72	49	50	53	65	51
Remanso/BA	17	17	33	37	47	56	36	31	30	40	52	29	33	29	45	31
Goiás/GO	07	19	46	48	58	65	50	42	43	55	67	42	43	45	58	44
Palmas/TO	20	20	40	43	52	60	43	38	37	45	57	37	40	34	50	38
Corumbá/MS	12	12	37	39	43	50	38	35	36	42	47	35	36	36	42	35
Natal/RN	08	18	29	37	43	57	32	28	28	37	47	26	29	24	39	27
Pão de Açúcar/AL	24	24	26	27	39	43	28	25	25	32	41	22	27	22	34	24

Tabela 24: Síntese do percentual de alteração de graus-hora em desconforto total.

Cidade/Estado	ZB		Modelo base (°C.h de desconforto)	Ventilação			Sombreamento	Cobertura				Paredes				
	NBR 15220-3	Roriz (2014)		Cruzada	Noturna	Mecânica		Leves	Leves e isoladas	Pesadas	Absortância 0,15	Absortância 0,84	Leve	Pesada	Absortância 0,15	Absortância 0,84
São Joaquim/SC	01	01	44677	-17	53	0	7	-4	-15	0	24	-6	-2	-12	18	-5
Campos do Jordão/SP		02	17399	-20	101	-1	12	7	-15	1	49	-10	9	-23	36	-7
Vacaria/RS		07	35893	-15	51	-2	5	2	-12	-4	14	-3	2	-13	12	-3
Pelotas/RS	02	05	23737	-19	-7	-15	-3	19	-7	-20	3	2	16	-20	6	0
Ivaí/PR		08	16967	-16	-8	-21	1	30	-4	-28	-3	6	27	-26	-1	3
Carangola/MG		14	16649	-4	-30	-48	-9	51	16	-48	-59	20	42	-14	-38	12
Petrópolis/RJ	03	03	38290	-23	76	0	9	-5	-15	6	28	-7	-3	-14	22	-5
Porto Alegre/RS		06	21578	-15	-13	-28	-4	26	-5	-33	-15	7	22	-23	-8	4
Londrina/PR		15	12973	-15	-16	-40	-9	42	7	-43	-33	14	42	-27	-21	10
Patrocínio/MG	04	04	5918	-13	-23	-54	-12	91	29	-57	-47	27	80	-31	-34	18
Cristalina/GO		09	2916	-16	-38	-65	-13	121	27	-69	-61	40	98	-33	-50	29
Ituverava/SP		16	16117	-9	-25	-50	-10	61	24	-50	-58	21	52	-17	-37	14
Campos dos Goytacazes/RJ	05	13	18007	-18	-31	-51	-10	37	12	-40	-51	18	28	-5	-33	12
Aimorés/MG		21	29074	-7	-30	-44	-8	35	8	-43	-58	18	25	-5	-35	11
Itapetinga/BA		22	26245	-11	-32	-48	-9	36	12	-40	-56	18	28	-4	-34	12
Campo Verde/MT	06	10	7838	-17	-18	-62	-14	80	36	-49	-63	28	70	-26	-44	18
Irecê/BA		11	19703	-10	-32	-53	-10	51	17	-51	-67	24	40	-9	-41	15
Espinosa/MG		23	25180	-9	-29	-48	-9	39	14	-42	-61	20	30	-6	-36	12
Remanso/BA	07	17	34780	-11	-32	-52	-9	29	11	-34	-53	17	21	-5	-36	12
Goiás/GO		19	29403	-5	-31	-49	-11	41	18	-40	-60	19	33	-12	-41	13
Palmas/TO		20	33494	-7	-24	-48	-9	31	18	-27	-48	15	25	-4	-32	10
Corumbá/MS	08	12	45336	-8	-19	-38	-7	21	4	-30	-41	12	16	-5	-25	7
Natal/RN		18	28715	-28	-45	-66	-11	35	14	-39	-55	19	25	-3	-37	12
Pão de Açúcar/AL		24	59942	-7	-25	-36	-6	20	6	-27	-43	13	14	1	-24	7

4.4.1 Ventilação cruzada

O aumento da circulação de ar, com a implantação da estratégia de ventilação cruzada, foi aplicado para todas as zonas bioclimáticas, uma vez que o indivíduo controla a abertura das esquadrias, e dessa forma o fluxo de ar, de acordo com a necessidade de refrigerar ou aquecer o ambiente de uso e mostrou-se um método eficaz para todas as situações climáticas analisadas.

Nas regiões de climas quentes a estratégia favoreceu a troca de ar quente dos ambientes internos por ar frio externo, diminuindo a temperatura operativa. O contrário ocorreu nas regiões de climas frios, onde o ar mais aquecido externo proporcionou situações mais adequadas de conforto térmico interno. A partir dos resultados foi observado o aumento médio de 4% do percentual de horas ocupadas em conforto, com maior índice de 9% na ZB 03, e diminuição de até 28% em graus-hora de desconforto total na ZB 18.

4.4.2 Ventilação noturna

A ventilação noturna é geralmente associada a edifícios de alta inércia térmica, com circulação de ar no período noturno e restrição no diurno. No entanto, devido à característica do uso da edificação como instituição de saúde, para a qual recomenda-se a abertura das esquadrias durante o dia para a circulação de ar, neste estudo de caso a ventilação natural também ocorreu durante o dia.

A estratégia proporcionou aumento de até 14% no percentual de horas ocupadas em conforto no modelo implantado nas ZB 17, 18 e 24, regiões de climas quentes. Em todas as demais zonas observaram-se melhorias de desempenho térmico do edifício, sendo adequado para este objeto de estudo a refrigeração por convecção à noite da edificação padrão, salvo nas ZB 1, 2, 3 e 7. A maior redução de graus-hora em desconforto foi observada na zona bioclimática 24, com diminuição de 55.039 °C.h de desconforto total.

4.4.3 Ventilação mecânica

O aumento do limite superior da zona de conforto em 1,2 °C, devido à ventilação constante por meios mecânicos (ventiladores) de no mínimo 0,60 m/s, aumentou consideravelmente o percentual de horas ocupadas em conforto térmico na edificação.

A estratégia ativa, de baixo consumo energético, proporcionou acréscimo médio de 12% no percentual de horas em conforto, sendo identificado maiores melhorias nas ZB 18, 17 e 20, com acréscimos de 28%, 22% e 20% respectivamente. Observou-se uma redução média

de 38% no valor total de graus-hora de desconforto do projeto padrão, demonstrando ser uma estratégia adequada para a edificação.

4.4.4 Sombreamento das esquadrias

Para aumentar o sombreamento da edificação foram implantados brises móveis em todas as janelas, com agenda de uso conforme discriminado no capítulo 3. O uso do dispositivo reduziu a absorção de energia térmica pelas aberturas, intensificando o conforto térmico dos ocupantes.

O bloqueio de incidência de luz direta sobre os ambientes internos é geralmente uma das estratégias mais recomendadas para climas quentes, uma vez que previne o aquecimento interno do ar. Neste estudo de caso, no entanto, a estratégia implantada não demonstrou eficiência conforme esperado e recomendada pelas tabelas de Mahoney, uma vez que o projeto padrão já possui adequado sombreamento devido ao formato da edificação em “T”, à existência de beirais e à disposição de esquadrias com peitoris elevados.

A partir dos resultados observa-se aumento médio de 2% das horas ocupadas em conforto, onde a estratégia é recomendada, o que não é o caso do seu uso nas ZB 1, 2, 3, 7 e 8.

4.4.5 Alteração das propriedades da cobertura

A alteração das propriedades construtivas e valores da absorvância das coberturas, segundo limites definidos pelas tabelas de Mahoney, foram simuladas para todas as zonas bioclimáticas.

Observa-se que a utilização de cobertura leve, sem forro em laje, foi benéfica apenas para as ZB 01 e 03, com aumento médio de 3% em relação às horas ocupadas em conforto e redução em média de 5% nos demais casos simulados. O uso da cobertura leve mostrou-se recomendado apenas para regiões com presença predominante de desconforto para o frio. O local menos recomendado foi na ZB 09, onde há um aumento de até 121% em graus-hora de desconforto total.

A utilização de cobertura leve e isolada, sem forro em laje e isolamento térmico com EPS, apesar de ser recomendada pelas tabelas Mahoney para os climas mais frios e amenos, neste modelo proporcionou melhores resultados apenas no primeiro caso. Registrou-se aumento de até 6% no índice de conforto avaliado na ZB 03 com reduções na maioria dos casos simulados.

O uso de cobertura pesada, com a utilização de laje pré-moldada e telha sanduíche, foi benéfica na maior parte dos casos deste estudo, com exceção de onde há predominância de desconforto para o frio, como nas ZB 01 a 03. Nas demais regiões observou-se aumento médio de 7% das horas ocupadas em conforto térmico e redução de 69% de graus-hora de desconforto total na ZB 09. O uso de coberturas pesadas, de baixa transmitância favoreceu redução de ganhos térmicos durante o dia, principalmente no verão, e evitou a dissipação de calor interno no inverno, auxiliando significativamente na melhoria do desempenho térmico da edificação padrão.

A alteração da absorptância solar do sistema de cobertura demonstrou-se uma intervenção de grande impacto sobre o desempenho global da edificação. O projeto padrão prevê a utilização de telhado de barro, com valor de absorptância próximo de 0,70, o que não é indicado para a maioria dos climas estudados. A alteração do valor para $\alpha = 0,84$ proporcionou ganhos térmicos benéficos apenas aos climas frios das ZB 01 a 03, onde registrou aumento médio de 2% no índice de conforto térmico.

O uso de cores claras, com valor de $\alpha = 0,15$, e consequente redução de ganho térmico pelas coberturas, foi adequado para implantação da UBS porte I em grande parte das zonas bioclimáticas, principalmente onde se observa maior desconforto pelo calor, como na ZB 24, onde se reduziu até 33.175 °C.h de desconforto total na edificação.

Na análise individual das estratégias bioclimáticas aplicadas ao projeto, a alteração da absorptância da cobertura com o uso de cores claras foi a que proveu maiores benefícios ao

projeto padrão estudado, aumentando em média 12% o percentual de horas ocupadas em conforto térmico.

4.4.6 Alteração das propriedades das paredes

A alteração das propriedades construtivas e valores da absorvância das paredes, segundo os limites definidos pelas tabelas de Mahoney, foram testadas em todas as zonas bioclimáticas.

A partir dos resultados observa-se que a alteração da camada de argamassa interna, por gesso e o bloco cerâmico (com diminuição dos níveis de transmitância e capacidade térmica e aumento do atraso térmico) proporcionou aumento de 2% e 3% do tempo de uso em conforto apenas nas Zonas bioclimáticas 01 e 03, respectivamente. O uso das paredes leves proporcionou acréscimo de altas taxas de graus hora de desconforto na edificação para maioria dos climas estudados, oposto ao recomendado pelas tabelas de Mahoney. A maior diferença foi identificada na ZB 9, onde, apesar da redução de 7% do tempo em conforto, nota-se um aumento de até 98% de graus hora em desconforto, subindo de 2.916 °C.h para 5.769°C.h.

Para o objeto de estudo, projeto padrão porte I de unidade básica de saúde, a alteração do sistema de vedação com paredes pesadas (diminuindo-se o nível de transmitância e aumentando o de atraso térmico) proporcionou bons resultados de desempenho térmico da edificação, indo também de encontro às recomendações das tabelas de Mahoney.

No entanto, em climas com temperaturas do ar elevadas e de alta amplitude térmica, onde é recomendada, o uso característico da edificação, principalmente devido à necessidade de manterem-se as esquadrias abertas, interferiu na manutenção das temperaturas internas. A partir dos resultados observou-se a diminuição média de 15% de graus-hora de desconforto. Apesar de serem adequadas para esse modelo a estratégia demanda alto custo de implantação,

e devido à média de melhoria de 3% nas horas ocupadas em conforto não é a mais recomendada para o edifício público em questão.

A alteração dos valores da absorptância solar com o uso de cores claras, e assim diminuição do sobreaquecimento da edificação, mostrou-se benéfica na maior parte dos casos simulados. Os maiores aumentos no tempo ocupado em conforto térmico foram verificados em situações de climas quentes como o de Goiás, ZB 19.

A alteração para cor mais escura do que a atual, utilizando-se, por exemplo, azul escuro ($\alpha = 0,84$), proporcionou melhoras de apenas 1% apenas nas ZB 01, 02 e 03, onde ela é recomendada. Nas demais zonas bioclimáticas o uso de cor escura, como é o caso da paleta de cor atual da edificação, não é o recomendado. Neste sentido observou-se que, a escolha adequada da cor da edificação proporciona grandes ganhos no nível de conforto e desempenho térmico na UBS porte I, sem alterar em nada o custo da construção da edificação.

Destacado em vermelho na tabela 24, observou-se que a utilização de algumas estratégias impactam negativamente no desempenho térmico do edifício, não sendo indicadas para uso no projeto padrão porte I. Sobressaem-se os usos inadequados das paredes e coberturas leves e leves/isoladas na maioria dos climas estudados, assim como pela escolha incorreta de cores escuras para paredes e coberturas.

De maneira geral o aumento da ventilação natural, diurna ou noturna, proporcionaram grandes melhorias ao diminuir o desconforto por calor e propiciar a refrigeração da edificação e troca térmica por convecção com o usuário. No entanto, a estratégia de melhor impacto está relacionada à pintura de cor clara sobre as coberturas, com redução em média de 49% na quantidade de graus hora de desconforto total.

Apesar de não ser realizado uma análise estatística sobre as influências das diferentes estratégias aplicadas, observou-se que neste estudo de caso, a alteração da absorptância solar

das paredes e coberturas, dos elementos construtivos da cobertura e do aumento de circulação de ar noturno e/ou mecânica, foram as modificações que mais impactaram no desempenho térmico da edificação.

Resultados semelhantes foram alcançados por Silva e Ghisi (2019), os quais avaliaram a influência de diferentes elementos construtivos sobre o desempenho térmico de edificações residenciais, através de um procedimento sistemático com simulação e análise estatística. Os autores observaram que os principais elementos que influenciam no desempenho também são a transmitância térmica e absorvância solar do telhado e a área de ventilação das janelas.

Ao encontro dessas conclusões Santos, Porto e Silva (2020) observaram que as variáveis absorvância da cobertura e paredes, e variação dos elementos construtivos da envoltória, são as alterações que mais influenciaram o conforto e desempenho térmico de projeto padrão de unidade habitacional de interesse social.

4.5 Avaliação das estratégias bioclimáticas combinadas.

Apesar dos ganhos significativos com o aumento da ventilação interna na edificação e com o uso de cores claras nas coberturas e paredes, a utilização de estratégias bioclimáticas isoladas só se demonstrou suficiente para adequação da edificação padrão em sua implantação nas ZB 04, 09, 10 e 15, e, mesmo entre essas, duas regiões já apresentavam altos índices de desempenho térmico pelo modelo base. Assim, visando ao melhor desempenho térmico da edificação, o uso de estratégias passivas combinadas mostra-se como necessário para adequar o projeto padrão porte I de UBS à implantação sobre influência dos diversos climas brasileiros.

A comparação dos resultados das simulações das estratégias individuais, seção 4.4, com as recomendações das tabelas de Mahoney demonstrou que estas apresentam precisão de apenas 56% para este estudo de caso. Observou-se que a definição dos elementos construtivos das coberturas e paredes são os itens menos assertivos, com taxas médias de 29%. Assim, a

determinação dos elementos técnico construtivos combinados ideais para cada modelo foi realizada de acordo com os melhores resultados de cada parâmetro isolado.

Essa estratégia segue as observações de Walsh García (2017) e Boscoli e Neves (2019), que apontam a tendência no uso de simulações de desempenho térmico de edificações para auxiliar na criação de zoneamentos e na definição de estratégias bioclimáticas mais assertivas e abrangentes de acordo com o uso da edificação.

Ao final foram configurados 7 modelos de projetos, conforme tabela 25.

Tabela 25: Modelos dos projetos de UBS tipo I com estratégias bioclimáticas combinadas.

ZB Roriz (2014)	Ventilação			Sombreamento	Coberturas				Paredes		
	Cruzada	Noturna	Mecânica		Leve	Leve e isolada	Pesada	Absortância	Leve	Pesada	Absortância
ZB 01, 02, 03	X	-	-	-	-	X	-	0,84	-	X	0,84
ZB 04, 09, 10, 13, 14, 16	X	-	X	-	-	-	X	0,15	-	-	0,15
ZB 05	X	-	X	-	-	-	X	0,70	-	X	0,84
ZB 06, 08	X	-	X	-	-	-	X	0,70	-	X	0,70
ZB 07	X	-	X	-	-	X	-	0,84	-	X	0,84
ZB 11, 12, 15, 21, 22, 24	X	X	X	-	-	-	X	0,15	-	-	0,15
ZB 17, 18, 19, 20, 23	X	X	X	X	-	-	X	0,15	-	-	0,15

Na tabela 26 são apresentados os percentuais de horas em conforto na edificação implantada em todas as zonas bioclimáticas deste estudo, bem como o percentual de alteração da quantidade de graus hora de desconforto total.

A partir dos resultados foram observadas que as maiores taxas de aumento de conforto térmico do usuário ocorreram em situações onde, inicialmente, registrou-se maior desconforto para o calor. A adoção das estratégias bioclimáticas passivas representou um aumento médio de 56% das horas ocupadas em conforto na edificação, mostrando-se suficiente para atingir níveis adequados, salvo em climas que apresentam baixas temperaturas do ar, como nas cidades de São Joaquim, Petrópolis, Vacaria e Porto Alegre, onde continuam sendo

necessárias outras intervenções no projeto padrão. Após as alterações, 12% dos modelos ainda são inadequados, 16% apresentam taxas entre 70% e 80% de horas ocupadas em conforto e 72% apresentaram taxas acima de 80%.

Tabela 26: Síntese dos percentuais de horas ocupadas em conforto e alteração dos graus-hora em desconforto total utilizando as estratégias passivas combinadas.

Localização		Percentual da ocupação em conforto			Graus-hora de desconforto total	
Cidade/Estado	ZB NBR 15.220-3	ZB Roriz (2014)	Base	Combinadas	Base	Combinadas
São Joaquim/SC	ZB 1	ZB 01	44%	55%	44.677	-35%
Campos do Jordão/ SP		ZB 02	66%	80%	17.399	-52%
Vacaria/RS		ZB 07	55%	65%	35.893	-35%
Pelotas/RS	ZB 2	ZB 05	58%	77%	23.737	-66%
Ivaí/PR		ZB 08	66%	82%	16.967	-56%
Carangola/MG		ZB 14	67%	92%	16.649	-89%
Petrópolis/RJ	ZB 3	ZB 03	42%	56%	38.289	-40%
Porto Alegre/RS		ZB 06	60%	72%	21.578	-44%
Londrina/PR		ZB 15	69%	85%	12.973	-51%
Patrocínio/MG	ZB 4	ZB 04	82%	93%	5.918	-68%
Cristalina/GO		ZB 09	89%	96%	2.916	-76%
Ituverava/SP		ZB 16	65%	93%	16.117	-88%
Campos dos Goytacazes /RJ	ZB 5	ZB 13	64%	94%	18.007	-94%
Aimorés/MG		ZB 21	52%	93%	29.074	-96%
Itapetinga/BA		ZB 22	53%	93%	26.245	-95%
Campo Verde/MT	ZB 6	ZB 10	76%	97%	7.838	-90%
Irecê/BA		ZB 11	60%	97%	19.703	-98%
Espinosa/MG		ZB 23	54%	96%	25180	-97%
Remanso/BA	ZB 7	ZB 17	33%	95%	16.117	-70%
Goiás/GO		ZB 19	46%	96%	29.403	-98%
Palmas/TO		ZB 20	40%	90%	33.494	-94%
Corumbá/MS	ZB 8	ZB 12	37%	77%	45.336	-83%
Natal/RN		ZB 18	29%	100%	28.715	-100%
Pão de Açúcar/AL		ZB 24	26%	73%	59.942	-84%

Os usos das estratégias passivas de ventilação natural cruzada e noturna para aumento da troca de ar entre os espaços internos e externos da edificação; de sombreamento permanente das esquadrias; do uso de coberturas pesadas e claras, e paredes originais do

projeto, mas claras, nas condições climáticas da ZB 18, proporcionaram os maiores ganhos em horas em conforto na edificação, com acréscimo de 70%, sem representar necessariamente grande aumento de custo durante a construção da edificação.

O uso de estratégias passivas combinadas proporcionou uma melhoria média de 75% no desempenho térmico da edificação, e mesmo para climas mais frios como da ZB 1 obteve-se alto índice de melhoria térmica, com queda de 35% na quantidade de graus hora de desconforto total. A maior taxa de redução foi em Natal (ZB 18) de 100%, onde o projeto padrão com as configurações originais indicavam 28.715 °C.h e com o uso das estratégias somam 26 °C.h.

Nos casos em que o projeto padrão apresentou-se inadequado, há a necessidade de mudanças estruturais da edificação; da disposição dos ambientes; das dimensões das esquadrias e uso de sistemas construtivos alternativos. Dessa forma, o uso do projeto padrão da unidade de saúde porte I para toda diversidade climáticas brasileira não é recomendado, assim como não se recomendaram o uso de outros projetos padronizados em diferentes usos (FONSECA, 2015; LAMENHA, 2016; SPAGNUOLO, 2019).

Apresenta-se nas tabelas 27 a 29 a síntese das propostas construtivas para cada zona bioclimática avaliada, sendo possível a sua utilização por gestores governamentais na adequação das futuras unidades básicas de saúde porte I a serem construídas.

Tabela 27: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.

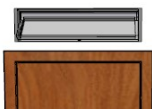
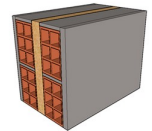
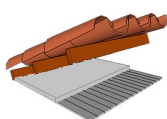
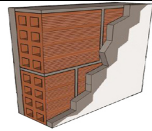
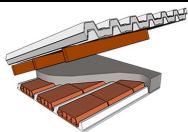
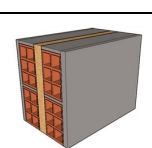
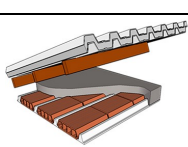
Zonas bioclimáticas 01, 02 e 03.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Coberturas: Telha cerâmica com pintura escura. Forro de PVC e espuma de poliuretano; • Paredes: Internas com tijolos cerâmicos 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara. Externas com tijolo cerâmico duplo 9x19x24, lã de rocha no centro esp.=4cm, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura escura.
	
	
Zonas bioclimáticas 04, 09, 10, 13, 14 e 16.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção; • Coberturas: Telha metálica sanduiche com pintura clara. Forro em laje pré-moldada; • Paredes: Internas e externas com tijolo cerâmico 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara.
	
	
Zona bioclimática 05.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção; • Coberturas: Telha metálica sanduiche. Forro em laje pré-moldada; • Paredes: Internas com tijolos cerâmicos 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara. Externas com tijolo cerâmico duplo 9x19x24, lã de rocha no centro esp.=4cm, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura escura.
	
	

Tabela 28: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.

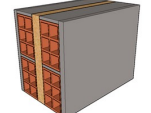
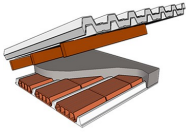
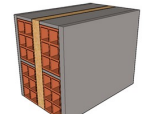
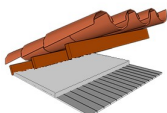
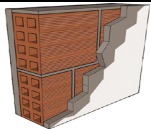
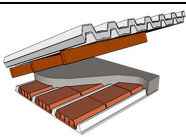
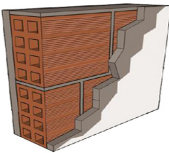
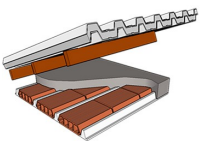
Zonas bioclimáticas 06 e 08.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção;
	• Coberturas: Telha metálica sanduiche. Forro em laje pré-moldada; • Paredes: Internas com tijolos cerâmicos 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara. Externas com tijolo cerâmico duplo 9x19x24, lã de rocha no centro esp.=4cm, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura cores originais (verde, azul e cinza).
	
Zona bioclimática 07.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção;
	• Coberturas: Telha cerâmica com pintura escura. Forro de PVC e espuma de poliuretano; • Paredes: Internas com tijolos cerâmicos 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara. Externas com tijolo cerâmico duplo 9x19x24, lã de rocha no centro esp.=4cm, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura cores escuras.
	
Zonas bioclimáticas 11, 12, 15, 21, 22 e 24.	
	• Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção;
	• Utilizar janelas com om sistema basculante para permitir a ventilação noturna na edificação. • Coberturas: Telha metálica sanduiche pintada com cor clara. Forro em laje pré-moldada; • Paredes: Internas e externas com tijolo cerâmico 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara.
	

Tabela 29: Recomendações construtivas e estratégias bioclimáticas.

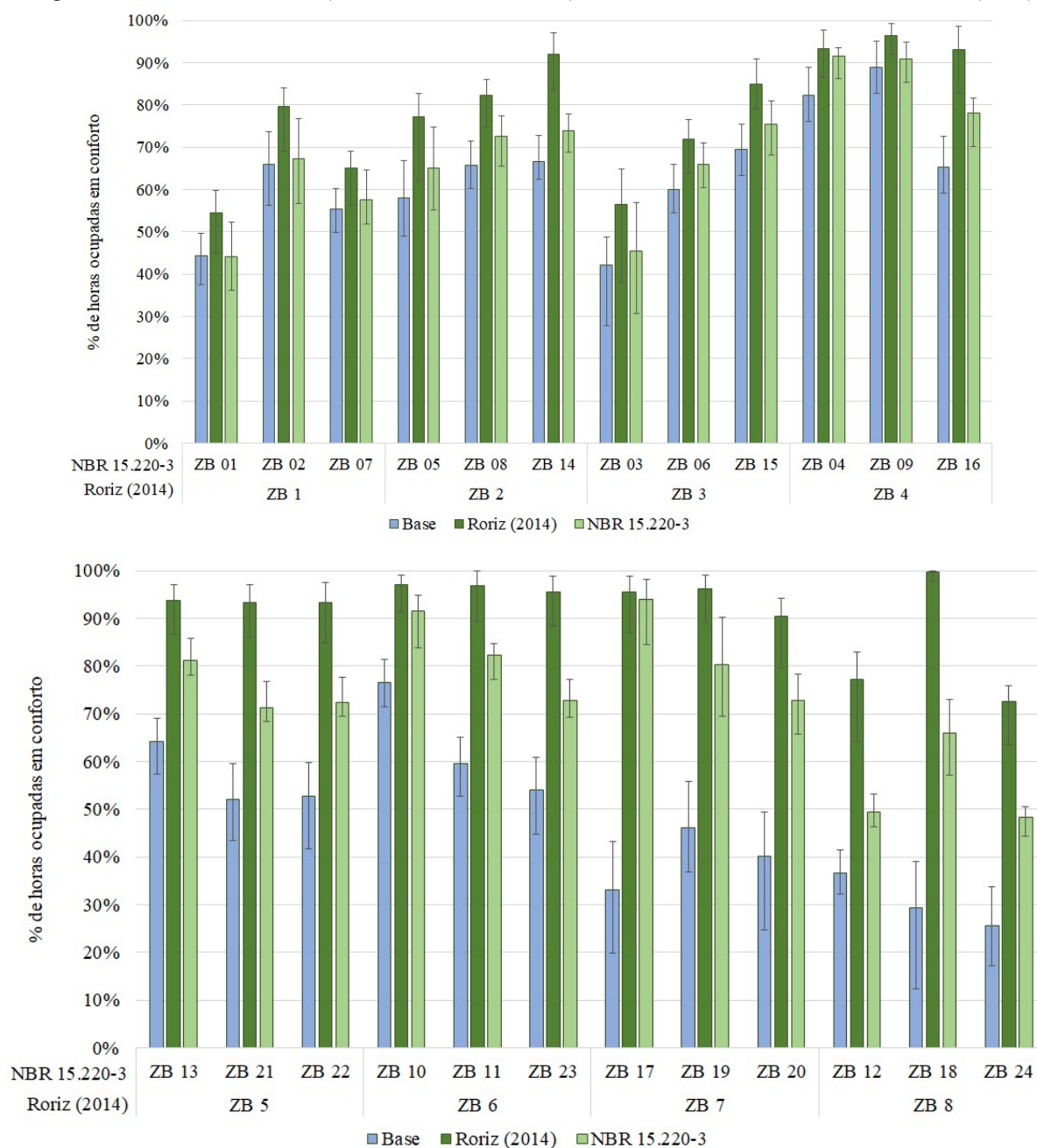
Zonas bioclimáticas 17, 18, 19, 20 e 23	
	• Instalação de brises móveis externas às janelas; • Implantação de esquadria acima das portas internas; • Instalação de ventiladores nos consultórios e recepção;
	• Utilizar janelas com um sistema basculante para permitir a ventilação noturna na edificação. • Coberturas: Telha metálica sanduiche pintada com cor clara.
	Forro em laje pré-moldada; • Paredes: Internas e externas com tijolo cerâmico 9x19x19, chapisco e reboco paulista esp.=2,5cm e pintura clara.

4.6 Avaliação do impacto da nova proposta de zoneamento bioclimático.

As estratégias bioclimáticas e os limites das propriedades das envoltórias definidos pela NBR 15.220-3 proporcionaram, a este estudo de caso, uma melhoria média de 16% no percentual de horas ocupadas em conforto na edificação, inferior à média de 30% alcançada com o uso de estratégias combinadas e zoneamento proposto por Roriz (2014). Na figura 20 é apresentada a comparação dos dois métodos para todas as zonas bioclimáticas.

A partir dos resultados observa-se que, com as adequações sugeridas pela norma, apenas 29% dos modelos simulados alcançaram valores acima 80% das horas ocupadas em conforto. Os menores ganhos foram em situações de climas frios, como na ZB 01 onde a alteração do modelo original não modificou o indicador. As maiores reduções em desconforto ocorreram para regiões de climas quentes, sendo destaque a implantação do projeto padrão na cidade de Remanso, ZB 17, onde o percentual de graus-hora em desconforto reduziu 61%.

Figura 20: Percentual de horas (média das zonas térmicas) em conforto – ZB NBR 15.220-3 e Roriz (2014).



As figuras 21 e 22 apresentam a quantidade de graus-hora em desconforto para o frio e calor, respectivamente, resultados da simulação pelos dois métodos para todas as zonas bioclimáticas.

Observa-se, com o indicativo, uma ampla diferença calculada no desconforto durante o uso no projeto padrão pelos dois métodos de classificação bioclimática. Os maiores índices de redução na quantidade de graus-hora de conforto total da edificação utilizando as

estratégias combinadas foram de 100% para ZB 18, e média de 75% de redução. No uso do método recomendado pela norma, as maiores reduções foram de 81% e 76% para as ZB 19 e 11, respectivamente, e média de 29% de redução.

Figura 21: Comparação da quantidade de graus-hora em desconforto para o frio.

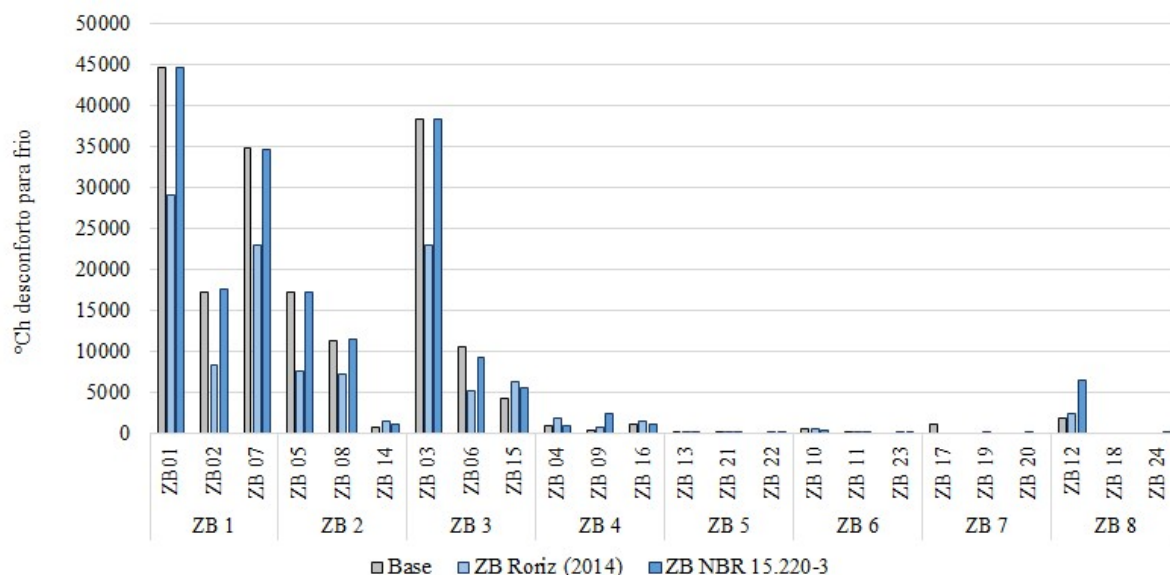
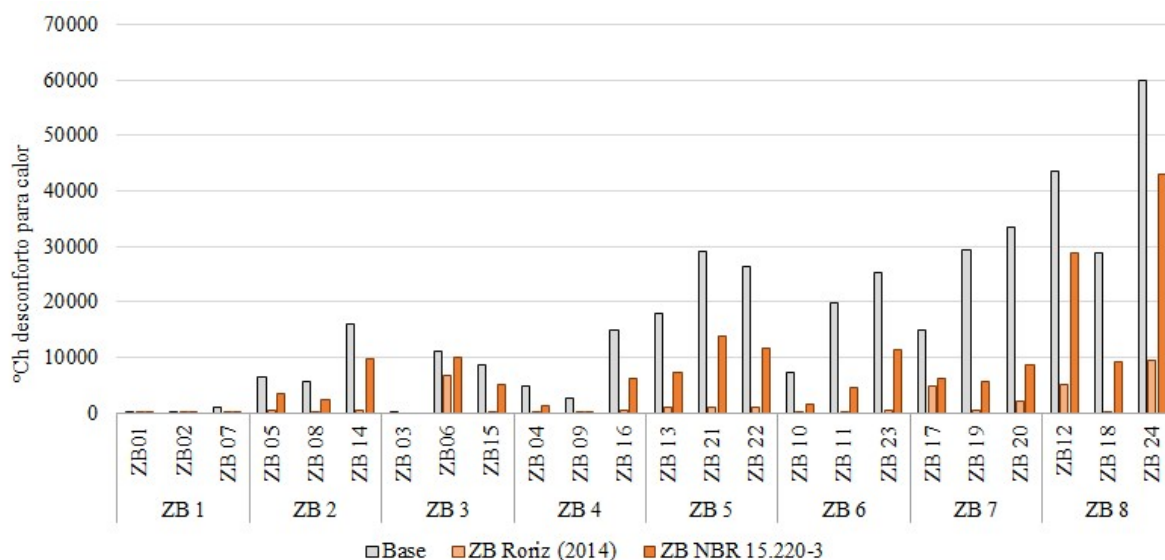


Figura 22: Comparação da quantidade de graus-hora em desconforto para o calor.



O modelo simulado com as estratégias bioclimáticas propostas pela NBR 15.220-3 apresentou aumento de 1% em graus-hora de desconforto devido ao frio para a cidade de Campos do Jordão/SC. No entanto, pelos limites termofísicos previstos nas tabelas de Mahoney e zoneamento de Roriz (2014), o modelo apresentou uma redução de 52%, conforme tabela 30.

Ao encontro de outros estudos, constata-se que o uso das diretrizes recomendadas na NBR 15220-3, criadas para ambientes residenciais, não se mostraram eficientes para adequação de outros uso, no caso desta pesquisa as edificações de saúde. Por outro lado, a definição das estratégias passivas e propriedades termofísicas da envoltória por simulação computacional, assim como a utilização da classificação bioclimática mais rigorosa desenvolvida por Roriz (2014), foram as mais apropriadas para a diversidade climática do país e para o estudo de caso desta pesquisa.

Tabela 30: Síntese do percentual de alteração de graus-hora de desconforto total. Comparativo entre os zoneamentos da NBR 15.220-3 e da proposta de Roriz (2014).

Cidade/Estado	ZB NBR 15.220-3	ZB Roriz (2014)	Base		Roriz (2014)	NBR 15.220-3
			Frio	Calor	Alteração	Alteração
São Joaquim/SC	ZB 1	ZB 01	44.636	40	-35%	0%
Campos do Jordão/ SP		ZB 02	17.173	225	-52%	1%
Vacaria/RS		ZB 07	34.900	992	-35%	-3%
Pelotas/RS	ZB 2	ZB 05	17.246	6.491	-66%	-13%
Ivaí/PR		ZB 08	11.284	5.682	-56%	-17%
Carangola/MG		ZB 14	746	15.902	-89%	-35%
Petrópolis/RJ	ZB 3	ZB 03	38.288	1	-40%	0%
Porto Alegre/RS		ZB 06	10.541	11.037	-44%	-10%
Londrina/Pr		ZB 15	4.331	8.642	-51%	-18%
Patrocínio/MG	ZB 4	ZB 04	1.019	4.898	-68%	-63%
Cristalina/GO		ZB 09	346	2.569	-76%	-12%
Ituverava/SP		ZB 16	1.100	15.016	-88%	-55%
Campos dos Goytacazes /RJ	ZB 5	ZB 13	47	17.960	-94%	-58%
Aimorés/MG		ZB 21	2	29.072	-96%	-52%
Itapetinga/BA		ZB 22	0	26.245	-95%	-56%
Campo Verde/MT	ZB 6	ZB 10	503	7.334	-90%	-74%
Irecê/BA		ZB 11	0	19.703	-98%	-76%
Espinosa/MG		ZB 23	0	25.180	-97%	-55%
Remanso/BA	ZB 7	ZB 17	1.100	15.016	-70%	-61%
Goiás/GO		ZB 19	0	29.403	-98%	-81%
Palmas/TO		ZB 20	0	33.494	-94%	-74%
Corumbá/MS	ZB 8	ZB 12	1.840	43.496	-83%	-22%
Natal/RN		ZB 18	0	28.715	-100%	-68%
Pão de Açúcar/AL		ZB 24	0	59.942	-84%	-28%

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa avaliou o impacto da proposta de Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0, apresentada pelo Prof. Maurício Roriz em 2014, sobre indicadores de conforto térmico dos usuários em edificações padrões porte I de Unidades Básicas de Saúde, em comparação ao definido pela NBR 15.220-3. Para tanto foi adotado o método de simulação computacional, com uso do programa *Energplus* v 9.2.0. As temperaturas operativas resultantes foram comparadas com os limites da zona de conforto térmico definida pelo modelo de conforto adaptativo da ANSI/ASHRAE 55 (2017).

Inicialmente, na seleção das cidades, foi observado que há uma limitação na comparação das diferentes realidades climáticas com os zoneamentos bioclimáticos da NBR 15220-3 e da proposta de Classificação de Climas do Brasil – versão 3.0, devido à pequena quantidade de arquivos climáticos existentes e disponibilizados pelo portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

A alteração da orientação do edifício padrão não exerceu influência significativa sobre a avaliação de seu desempenho térmico global.

A avaliação do projeto padrão da unidade básica de saúde porte I, sob a influência de 24 características de climas distintos, destacou que, sem as devidas adequações, o mesmo não proporciona níveis de conforto e desempenho térmicos adequados para sua utilização e implantação nos diversos climas brasileiros. De fato, a padronização de projetos como solução arquitetônica para construção de edifícios em larga escala, independente do seu uso, não considera a diversidade física e climática do local, assim, resulta em condições de conforto adversas ao recomendado.

Na modificação da edificação com estratégias passivas individualizadas, demonstrou-se o impacto de cada proposta sobre a avaliação das condições de conforto térmico na mesma. De maneira geral, o aumento da ventilação natural, diurna ou noturna, proporcionaram

grandes melhorias ao diminuir o desconforto por calor e propiciar a refrigeração da edificação e troca térmica por convecção com o usuário. No entanto, a estratégia de melhor impacto foi relacionada à pintura de cor clara sobre as coberturas, com redução em média de 49% na quantidade de graus-hora de desconforto total. A alteração da absorvância solar das paredes e coberturas, dos elementos construtivos da cobertura e do aumento de circulação de ar noturno e/ou mecânica, nesta ordem, foram as modificações que mais impactaram no desempenho térmico do prédio estudado.

Apesar dos ganhos significativos, a utilização de estratégias bioclimáticas isoladas só se demonstrou suficiente para adequação da edificação padrão em sua implantação nas ZB 04, 09, 10 e 15. Neste sentido, o uso de estratégias passivas combinadas mostrou-se como necessário para adequar o edifício de assistência à saúde à implantação sobre influência dos diversos climas brasileiros.

Na definição do conjunto das estratégias pelas tabelas de Mahoney, após a simulação computacional, observou-se que estas apresentaram precisão de apenas 56% nas recomendações para este estudo de caso. Na definição dos elementos construtivos das coberturas e paredes a taxa média de acerto foi de 29%. Assim, a determinação das estratégias combinadas ideais para cada modelo foi realizada de acordo com os melhores resultados de cada parâmetro isolado simulado, indo ao encontro de pesquisas que apontam tendência no uso desta técnica para auxiliar na definição de estratégias bioclimáticas mais assertivas.

A adoção das estratégias bioclimáticas passivas combinadas proporcionou um aumento médio de 30% das horas ocupadas em conforto na edificação. Também foi observado uma melhoria média de 75% no seu desempenho térmico, o que se mostrou suficiente para auxiliar no alcance de níveis de conforto térmico mínimos, salvo em climas com características de baixas temperaturas do ar, como nas cidades de São Joaquim e Petrópolis, onde são necessárias outras intervenções no projeto padrão. Após as alterações,

12% dos modelos ainda são inadequados, 16% apresentam taxas entre 70% e 80% de horas ocupadas em conforto e 72% apresentaram taxas acima de 80%.

Nos casos em que o modelo se apresentou inadequado, há a necessidade de mudanças da estrutura da edificação; da disposição dos ambientes; das dimensões das esquadrias e uso de sistemas construtivos alternativos, o que demonstra que o uso do projeto padrão não é recomendado para a implantação em toda diversidade climática brasileira.

A adoção das estratégias bioclimáticas e propriedades de materiais recomendadas pela NBR 15.220-3, proporcionaram melhorias no índice de conforto térmico na ordem de duas vezes menor se comparado aos resultados obtidos quando utilizado o Zoneamento Bioclimático proposto por Maurício Roriz (2014). A diferença é ainda maior quando comparado com o indicador de graus-hora de desconforto, em que se observa ser até três vezes menor.

Dada a importância para saúde física e mental dos profissionais e pacientes que frequentam as unidades básicas de saúde brasileiras, este projeto de pesquisa destacou a necessidade de adaptações dos projetos padrões porte I das UBS com a utilização de estratégias passivas para melhoria no conforto térmico. De forma prática foi apresentado um quadro síntese com as recomendações principais para cada zona bioclimática analisada.

A utilização de uma classificação bioclimática mais rigorosa, como a definida por Maurício Roriz, em Classificação de Climas do Brasil, versão 3.0, demonstrou a necessidade de estratégias passivas em consonância com as distintas condições climáticas avaliadas, e foi a mais adequada para a realidade do Brasil e para o estudo de caso desta pesquisa.

5.1 Limitações da Pesquisa

A pesquisa realizada teve abordagem exploratória, a partir da simulação computacional do modelo do prédio escolhido como caso para o estudo em diferentes cenários. Para tanto apresenta algumas limitações, dentre elas destacam-se:

- Foi utilizada a zona de conforto adaptativo baseada na norma Americana da ASHRAE 55-2017, qualquer outra diretriz produziria resultados e análises distintas;
- As simulações foram realizadas para as horas de uso da ocupação, neste caso 3.380 horas, sendo desprezados os demais períodos;
- Foram escolhidas apenas 24 localidades, e arquivos climáticos, uma para cada grupo da Classificação proposta por Roriz (2014), não permitindo a generalização dos resultados para edificações de serviços;
- Há limitação na quantidade de estratégias passivas e recomendações técnico construtivas utilizadas em razão da possibilidade de uso dessas modificações por órgãos governamentais;
- Foram adotados os mesmos padrões de ocupação, de uso de equipamentos e de iluminação, abertura/fechamento de portas e janelas para todas as localidades.

5.2 Recomendações de pesquisas futuras

Como sugestões para trabalhos futuros foram listados os possíveis projetos de pesquisas:

- Identificação de taxas reais da circulação de ar das coberturas ou dos coeficientes de descarga de diferentes sistemas dessa envoltória, para utilização nas simulações pelo módulo *Airflownetwork*;
- Avaliação, com uso de simulação computacional, de outros projetos padrões, como UBS porte II e III;
- Avaliação, com uso de simulação computacional, do projeto padrão tipo I com aplicação de outras estratégias bioclimáticas, elementos construtivos, ventilação do ático e mudança de esquadrias, com objetivo de adequá-lo às ZB 01, 03, 06 e 07;

- Comparação das alterações recomendadas nesta pesquisa ao custo necessário para adequação de cada modelo;
- Determinação das estratégias bioclimáticas e parâmetros construtivos para os diferentes usos de edificações com base no ZB de Roriz (2014). A avaliação pode ser realizada para todas as cidades que possuem arquivos climáticos e utilizar a ferramenta de simulação computacional;

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING. **ASHRAE Standards 55:** thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2017

AMORIM, A. C. **Análise de métodos de determinação do zoneamento bioclimático brasileiro a partir do estudo de caso de Colatina – ES.** (Dissertação). Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 2015. p. 113.

ANDRADE, S., F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC, 1996. p. 135.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC n.50**, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais à saúde. Brasília, 2002.

_____. **Resolução n. 9**, de 16 de janeiro de 2003. Dispõe sobre padrões referenciais de qualidade de ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília, 2003.

ARGIRIOU, A.; ASIMAKOPOULOS, D.; BALARAS, C. On the energy consumption and indoor air quality in office and hospital buildings in Athens, Hellas. **Energy Conversion and Management**, v. 35, n. 5, p. 385-394, 1994.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Chapter seven:** healthcare facilities. In: HVAC Applications handbook. ASHRAE; 2003

_____. **ASHRAE Standard 55:** thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15220-3:** desempenho térmico de edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005

_____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro/RJ, p. 60, 2013

AZEVEDO, G. A. N.; BASTOS, L. E. G.; BLOWER, S. H.; Escolas de ontem, educação hoje: é possível atualizar usos em projetos padronizados? In: III Seminário Projetar, 2007, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre/RS, 2007.

AYNSLEY, R. M. Unresolved Issues in Natural Ventilation for Thermal Comfort. In: INTERNATIONAL ONE DAY FORUM ON NATURAL AND HYBRID VENTILATION, 1, 1999, Sydney. **Technical Paper...** Sydney, 1999.

BALARAS, C. A.; DESCALAKI, E., GAGLIA, A. HVAC and Indoor conditions in hospital operating rooms. **Energy and Buildings**. 2007. p. 454–470.

BARNABY, C.S.; CRAWLEY, D.B. Weather data for building performance simulation. **In... Building Performance Simulation For Design and Operation**. Spon Press, 2011. p. 37 – 55

BARROS, L. Aplicação de simulação computacional no projeto padrão de creche. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro-SP: ANTAC, 2001.

BERTOLLI FILHO, C. **História da Saúde Pública no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2000.

BOGO, A. J. **Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575**. HOLOS, [S.l.], v. 7, p. 290-298, nov. 2016. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4389>>. Acesso em: 17 nov. 2019. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2016.4389>.

BOSCOLI, D.; NEVES, L. O. Norma de desempenho térmico de edificações ABNT 15.220 parte 3: análise crítica e possibilidades de avanço. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XI - Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ANTAC, 2019. p. 1937 – 1946.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **O desenvolvimento do sistema único de saúde: avanços, desafios e reafirmação dos seus princípios e diretrizes**. Ministério da Saúde, Conselho da Saúde. – 1ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2003. 72p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Básica. **Autoavaliação para a Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica: AMAQ / Ministério da Saúde**. Departamento de Atenção Básica: Ministério da Saúde, 2012. p. 134. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/geral/amaq.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. **Programa de requalificação de unidades básicas de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/ape/requalificaUbs>. Acesso em 20 jan 2018.

BRAVO, M. I. Política de Saúde no Brasil. In: MOTA, A. E. et al. (Org.). **Serviço Social e Saúde: formação e trabalho profissional**. São Paulo: Cortez/OPAS/OMS/Ministério da Saúde: 2006. p. 88-110.

BRITO, A. C. D; AKUTSU, M.; VITTORINO, F.; AQUILINO, M. M. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15.575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012. P. 3191-3197.

CAMPOS, C. E. As origens da rede de serviços de atenção básica no Brasil: o Sistema Distrital de Administração Sanitária. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.14, n. 3, p. 877-906, 2007.

CARVALHO, A. P. A. de. **Temas de arquitetura de estabelecimentos assistenciais de saúde**. 2 ed. Salvador: UFBA/FAU/ISC, 2003.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – CB3E. **Classificação de climas brasileiros empregada na atualização dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações**. 2017. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatorio_GruposClimaticos.pdf. Acesso em: nov de 2019.

CHIAPINOTTO, L.; FAIT, C. S.; MAYER-JÚNIOR, M. **O modo de fazer saúde**: reflexões sobre o cotidiano de uma Unidade Básica de Saúde de Porto Alegre – RS. *Saúde Soc.*, v. 16, n. 1, p. 155-164, jan-abr., 2007.

CHO, J. S.; TANABER, S. I.; CHO, G. Thermal comfort properties of cotton gowns with dual and nonwoven surgical functional finish. **Applied Human Science: Journal of Physiology and Anthropology**. 1997. p. 87–95.

CHVATAL, K. M. S.; MARQUES, T. H.T. Avaliação de diferentes alternativas de modelagem de habitações de interesse social no programa de simulação de desempenho térmico Energyplus Evaluation. **Revista Tecnológica**, v.25, n.1, p. 67-79, 7 nov. 2016.

COMIRAN, S. **Conforto e desempenho térmico em hospitais**: estudo de caso na área de internação do hospital universitário de Santa Maria/RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, RS, 2014. p. 154.

CORBELLA, O; YANNAS, S. Y. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os tópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: 2009.

CORONA, E.; LEMOS, C., A., C. **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. São Paulo: [s.n.], 1989.

COSTA, V. A. C. DA. **Trocas de calor entre edificações térreas e o solo e sua modelagem no pré-processador Slab**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo e Tecnologia). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. p. 237.

CÓSTOLA, F. J. M. **Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação**. (Dissertação). Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Tecnologia da Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

CRAWLEY, D. B.; PEDERSEN, C. O.; LAWRIE, L. K.; WINKELMANN, F. C. EnergyPlus: energy simulation program. **ASHRAE Journal**, n. 42, p. 10, 2000.

DALBEM, R. et al. Optimisation of a social housing for south of Brazil: From basic performance standard to passive house concept. **Energy**. v. 167. 2019, p. 1278-1296. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.053>.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. **Climate, Comfort & Natural Ventilation**: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55. Berkeley, 2001.

_____. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings**: revisions to ASHRAE Standard 55. v. 34, p. 549–561, 2002.

QUADROS, B. M.; ORDENES, M. Importância da adequação de um projeto padrão de unidade de saúde para o clima de Florianópolis (SC). In: XIV Encontro Nacional e X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2017, Balneário Camboriú/SC. **Anais...** Balneário Camboriú: ANTAC, 2017. p. 818-827.

QUADROS, B. M.; MIZGIER, M. O. Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 113-134, abr./jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000200391>

DOCHERTY, M.; SZOKOLAY, S. **Climate analysis**. Brisbane: PLEA International/ Department of Architecture, The University of Queensland, 1999. (Design tools and techniques, note 5).

DOE - U. S. **Tips and tricks for using EnergyPlus**: Energyplus version 9.2.0 documentation. DOE: 2019. Disponível em: https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.2.0/TipsAndTricksUsingEnergyPlus.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Balanço Energético Nacional 2016**: Ano base 2015. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2016.

ESCOMBE, A. R.; et al. Natural ventilation for prevention of airborne contagion. **PLoS Medicine**, v.4, n. 2, p. e68, 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **Standard EN 15251-2007**: Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics.

EVANS, J. M. **Zonificación bioambiental en Latinoamérica para una arquitectura sustentable**, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 8, Nº 1, 2004.

FANGER, P.O. **Thermal Comfort**. Nova York: Me Graw - Hill Book Company, 1970.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura Escolar - o Projeto do Ambiente de Ensino**. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2011.

FAUSTO, M. **Inauguração da unidade básica de saúde César Augusto acontece no dia 21**. 2015. 1 fotografia. Disponível: [emhttp://portal.colombo.pr.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/foto-1.jpg](http://portal.colombo.pr.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/foto-1.jpg). Acesso em: 28 jan. 2020.

FELIX, V. B.; MOURA, D.; PEREIRA, M. L.; TRIBESS, A. Avaliação de conforto térmico em ambientes cirúrgicos utilizando método de Fanger e temperaturas equivalentes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 69-78, 2010.

_____. Análise de desconforto térmico local em ambientes cirúrgicos com o uso de manequim, medição de variáveis ambientais e avaliação subjetiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-129, jan./mar. 2012.

FERREIRA, C.; SOUZA, H. A.; ASSIS, E. S. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. In: XV Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014.

_____. Comparação de desempenho de envoltórias recomendadas por normas de desempenho e Mahoney. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Campinas, 2015. **Anais...** Campinas: ANTAC, 2015.

FEUSTEL, H. E.; RAYNOR-HOSEN, A. **Fundamentals of the Multizone AirFlow Model** – COMIS. Technical Note 29. Great Britain: AIVC, 1990.

FONSECA, L. E. B.. **Comparação de desempenho térmico de pré-escolas do programa proinfância nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras**: estudo do projeto padrão tipo C e projeto conforme recomendações normativas de envoltória. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

FROTA, A; SCHIFFER, S. **Manual do conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNARI, F. L. **O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, 2006.

GIVONI, B. (1992): Comfort, climate analysis and building design guidelines, **Energy and Buildings**, v. 18 pp. 11-23.

GUGLIELMETTI, R.; MACUMBER, D.; LONG, N. OpenStudio: an open source integrated analysis platform. In: BUILDING SIMULATION 2011. **Proceedings** [...]. Sydney: IBPSA, 2011. p. 11.

GUTIERREZ, G. C. R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Campinas UNICAMP, 2004

HWANG, R. L.; LIN, T. P.; CHENG, M.J; CHIEN, J.H. Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan. **Building and Environment**. 42. 2980-2987. 2007. 10.1016/j.buildenv.2006.07.035.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1 de**

julho de 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 16 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101662.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730**. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Validação de softwares aplicativos para simulação do comportamento térmico das edificações**. 73p. v.1 (Relatório Técnico 72 919-205). São Paulo: IPT, 2004

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

KOENIGSBERGER, O. H.; MAHONEY, C.; EVANS, M. **Climate and house design**. United Nations, New York, 1971.

KOSMOS S. R., RISKOWSKI G. L., CHISTIANSON, L. L. **Force and static pressure resulting from airflow through screens**. 1993. Transactions of the ASAE, 36, 1467-1472.

KRUGER, E. L; MORI, F. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente construído [online]**. 2012, vol.12, n.3, pp.89-106. ISSN 1678-8621. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212012000300007>.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. p. 382.

LAMENHA, M. A. **A escola técnica do programa Brasil profissionalizado: um projeto padrão para diferentes zonas bioclimáticas?** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

LEITE, R. C. V. **Cidade, vento, energia: limites de aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido**. 2015. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LIMA, A. J.O. **Diretrizes para alta qualidade ambiental de fóruns judiciais de 1ª e 2ª entrâncias em região de clima quente e úmido**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

LIDDAMENT, M. **Air Ilfiltration Calculation Techniques An Applications Guide**. Bracknell: 1986. v. 1

MANN, H. B., & WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, 18(1), 50-60. (947. <http://dx.doi.org/10.1214/aoms/1177730491>).

MARTINS, T. A. L.; BITTENCOURT, L. S.; KRAUSE, C. M. de L. B. Contribuição ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 59-75, abr./jun. 2012.

MASCARELLO, V. L. D. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, RS, 2005.

MAZZAFERRO, L.; SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise comparativa de modelagens de áticos e zonas subterrâneas no programa energyplus. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014. **Anais...** Maceio: ANTAC, 2014.

MELHADO, M.A.; HENSEN J. L. M.; LOOMANS M. Literature review of staff thermal comfort and patient thermal risks in operating rooms. **Proceedings...** HealthBuildings Conference. 2006. p. 111–14

MINITAB BLOG EDITOR. **Data not normal? Try letting it be, with a nonparametric hypothesis test**. [s. d.]. Disponível em: <https://blog.minitab.com/blog/understanding-statistics/data-not-normal-try-letting-it-be-with-a-nonparametric-hypothesis-test>. Acesso em: 22 jul. 2020.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto térmico em ambientes semi-confinados: Proposição de Modelo Adaptativo. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v.1, n.4, p. 42-60, 01 nov. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/parc.v1i4.8634500>. Acesso em: 20 jan. 2020.

MORA, R.; METEYER, M. Using thermal comfort models in health care settings: a review Conference. [Online] **ASHRAE Transaction**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331485215_Using_thermal_comfort_models_in_health_care_settings_a_review#:~:text=A%20fundamental%20challenge%20in%20assessing,are%20satisfactory%20for%20human%20occupancy. Acesso em: 20 mar 2020.

MUELLER, C. M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto**. 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NETO, J. C. L.; ALMEIDA, R. D.; NUNES, E. R. D. Análise da eficiência energética da envoltória de uma unidade básica de saúde na zona bioclimática 7. In: XV Encontro Nacional e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** João Pessoa: ANTAC, 2019. p. 2085 – 2092.

OCHOA, J. M., et al. Thermal Comfort and Energy Performance of Social Housing in Hot-Dry Climates. In: PLEA 2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, Perú. **Proceedings...** Lima: PLEA. Pontifica Universidad Catolica Del Peru, 2012, v: 1.

PEGLOW, J. et al. Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil

em Pelotas / RS – ZB2. In: XVI Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. **Anais...**São Paulo/SP: 2016

PEREIRA, I.; ASSIS, E. S. D. Discussão das Estratégias Propostas pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações através de Estudo de Caso. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino de Conforto no Ambiente Construído, Macéio, 2005. **Anais...** Maceio: ANTAC, 2005. p. 1480-1489.

PEREIRA, I. M.; ASSIS, E.S. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**. [online]. 2010, vol.10, n.1, pp.31-51. ISSN 1678-8621. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000100002>.

PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS. **Indicadores sobre UBS – unidade básica de saúde**. Brasília, 2018. Disponível em: http://dados.gov.br/dataset/sismob_ubs. Acesso em: 26 ago 2019.

PROCEL. PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Etiquetagem de edificações comerciais e de serviços**. 2017. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais>. Acesso em: 22 set 2020.

PROJETEEE. **Componentes construtivos**. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2020. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos>. Acesso em: 03 fev. 2020.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS R. Uma Proposta de Norma Técnica Brasileira Sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: ENCAC-ELECAC, 1999.

_____. Bioclimatic zoning of Brazil: a proposal based on the Givoni and Mahoney methods. In: PLEA'99 CONFERENCE: SUSTAINING THE FUTURE, 1999. Brisbane, Austrália. **Proceedings...** Brisbane: PLEA International/ Department of Architecture, The University of Queensland, 1999. p. 211-216. v. 1.

RORIZ, M. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. ANTAC: São Carlos, 2012a. 22 p. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Proposta_Revisao_Zoneamento_Bioclimatico.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2019.

_____. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático do Brasil**. ANTAC: São Carlos, 2012b. 13 p. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos /Zoneamento.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2019.

_____. **Classificação de Climas do Brasil – Versão 2**. ANTAC: São Carlos, 2013a. 30 p. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v2.pdf. Acesso em: 25 jul. 2019.

_____. **Classificação de Climas do Brasil – Versão 2.1**. ANTAC: São Carlos, 2013b. 3 p. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v2-1.pdf. Acesso em: 25 jul. 2019.

_____. **Classificação de Climas do Brasil** – Versão 3. ANTAC: São Carlos, 2014. 5 p. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v3.pdf. Acesso em: 23 jul. 2019.

RUPP, R.F.; GHISI, E. Predicting Thermal Comfort in Office Buildings in a Brazilian Temperate and Humid Climate. **Energy and Buildings**, v. 144, p. 152-166, 2017.

_____. Avaliação de modelos preditivos de conforto térmico em escritórios no clima subtropical brasileiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 91-107, abr./jun. 2019.

SANTOS, H. **Avaliação da rede de unidades básicas de saúde com foco na integralidade**. Dissertação – Mestrado em Enfermagem. Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2012. 144p.

SANTOS, T. L.; PORTO, F. H. F. S.; SILVA, A. S. Análise da correlação entre conforto e desempenho térmico em habitações de interesse social por simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 211-229, jun. 2020.

SÃO PAULO. SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **UBS Unidade Básica de Saúde Diretrizes Operacionais**. São Paulo: CESCO/SMS. Ed.1. 2015. Disponível em: https://www.pucsp.br/prosaude/downloads/bibliografia/Diretrizes%20operacionais_AB_2015.pdf. Acesso em: 31 jan 2020.

SILVA, A. C. S. B. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro para Fins de Edificações**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 139. 1994.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Estimating the sensitivity of design variables in the thermal and energy performance of buildings through a systematic procedure. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118753>. Acesso em: 20 mai. 2020.

SILVEIRA, F. M. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente**: NBR 15575 E ASHRAE 55. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2014. 240 p.

SARVEZUK, L. C.; LUKIANTCHUKI, M. A Análise climática e bioclimática: comparação entre cidades classificadas na zona bioclimática 3. In: XV Encontro Nacional e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ANTAC, 2019. p. 1465 – 1474.

SPAGNUOLO, A. Y. N. **Projeto padrão e conforto térmico**: estudo de caso nas creches proinfância tipo B. 2019. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, SP, 2019. p. 93.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS R. Estudos comparativos sobre consumo energético no ciclo de vida de edificações residenciais do Brasil, Austrália e Suécia. In: X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído – ENTAC. **Anais...** ANTAC, 2004.

TERA ANALYSIS LTD. **QuickField 6.2, User's guide**. [s.i]. 2016; Disponível em: <http://www.quickfield.com/demo/manual.pdf>. Acesso em: 30 de jan 2020.

UFSC. **Arquivos climáticos INMET 2018**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018>. Acesso em: 15 out. 2019

VECCHI, R. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. Florianópolis, 2015. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

VERGARA, L. G. L. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da unidade de terapia intensiva**. Dissertação – Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2001. p. 202.

VERHEYEN, J.; THEYS, N., ALLONSIUS, L.; DESCAMPS, F. Thermal comfort of patients: objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility. **Building and Environment**. 2011. p. 1194–204.

YAU, Y. H.; CHANDRASEGARAN, D.; BADARUDIN, A. The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: a review. **Building and Environment**, v. 46, n 5, p. 1125-1132, 2011.

WALLAUER, M. D. **Utilização do programa energyplus para simulação do conforto térmico em edificações populares em quatro capitais brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS 2003. p. 121

WALSH, A.; LABAKI, L.; CÓSTOLA, D. Panorama do zoneamento bioclimático nas américas. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Maceió, 2014. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2004. p. 994-1003.

WALSH GARCÍA, A. S. **Zoneamento bioclimático para edificações baseado no desempenho térmico**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2017. (151 p.). Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/331745>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

WALTON, G. N. **AIRNET – A Computer Program for Building Airflow Network Modeling**. NISTIR 89-4072, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland. 1989.

WANG, F.; LEE, M.; CHENG, T.; LAW, Y. Field evaluation of thermal comfort and indoor environment quality for a hospital in a hot and humid climate. **HVAC&RResearch**. p. 671–80. 2012

WATSON, D; LABS, K. **Climatic Building Design: Energy- Efficient Building/Principles and Practice**. Ed McGraw-Hill, Inc. New York. 1983.

WEBER, F. S.; MELO, A. P.; MORINOSKI, D.; LAMBERTS, R. **Elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção,

Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: http://projeteec.mma.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Biblioteca_ComponentesConstrutivos-1.pdf. Acesso em 03 abr. 2018.

WYON, D. P.; LIDWELL, O. M.; WILLIAMS, R. E. O. Thermal Comfort During Surgical Operations. **Journal of Hygiene**, v. 66, p. 229-248, 1968.

APÊNDICE A – Projeto padrão UBS Porte I

Projetado conforme o programa de necessidades mínimo fornecido pelo Departamento de Atenção Básica – DAB/SAS/MS (BRASIL, 2013) do ministério da Saúde, o projeto padrão porte I possui 267,27 m² de área construída em sua edificação principal, com acesso frontal no ponto médio da edificação protegido por uma marquise em policarbonato com 35,36 m², e soma ao todo 302,63 m².

O edifício irregular em formato de “T” possui acesso por esquadria de vidro temperado de 4,25 x 3,00 m, a qual ocupa toda a largura e a maior parte do pé direito da sala de espera (3,50 m). Esta tem dois banheiros anexos com dimensões acessíveis a pessoas com deficiência (PcD). Através de um corredor linear com 2,00 m de largura e pé direito de 2,80 m, interligam-se as salas de atendimento ao usuário sendo: 3 consultórios médicos, um consultório odontológico, salas de inalação, observação/procedimentos, atividades coletivas/agente comunitário de saúde, de vacinas, curativos e estocagem/dispensação de medicamentos e depósito de material de limpeza, todas com dimensões variadas e pé direito único de 2,80 m.

Na lateral esquerda (de quem acessa a edificação) do corredor instalou-se a central de compressores para uso odontológico e da inalação, no entanto, além de não ser prevista proteção acústica nas paredes da central, existe uma janela com sistema de abertura projetante instalada nesta área. Enquanto ela é benéfica para a ventilação natural e cruzada no edifício, favorece a passagem do som produzido pelos compressores e prejudica a qualidade acústica desta lateral. Na lateral direita o corredor esta instalada uma esquadria de maior dimensão, 2,00 x 2,20 m, o que permite permeabilidade visual e de ventos, além de ser uma ótima estratégia para prolongamento da edificação em casos de ampliações futuras.

Em direção aos fundos, com acesso restrito para funcionários e separados por esquadria de madeira, um corredor de 1,20 m de largura interliga os ambientes da copa, banheiro de funcionários, almoxarifado, expurgo, esterilização e sala de administração/gerência, todos os ambientes com pé direito de 2,80 m.

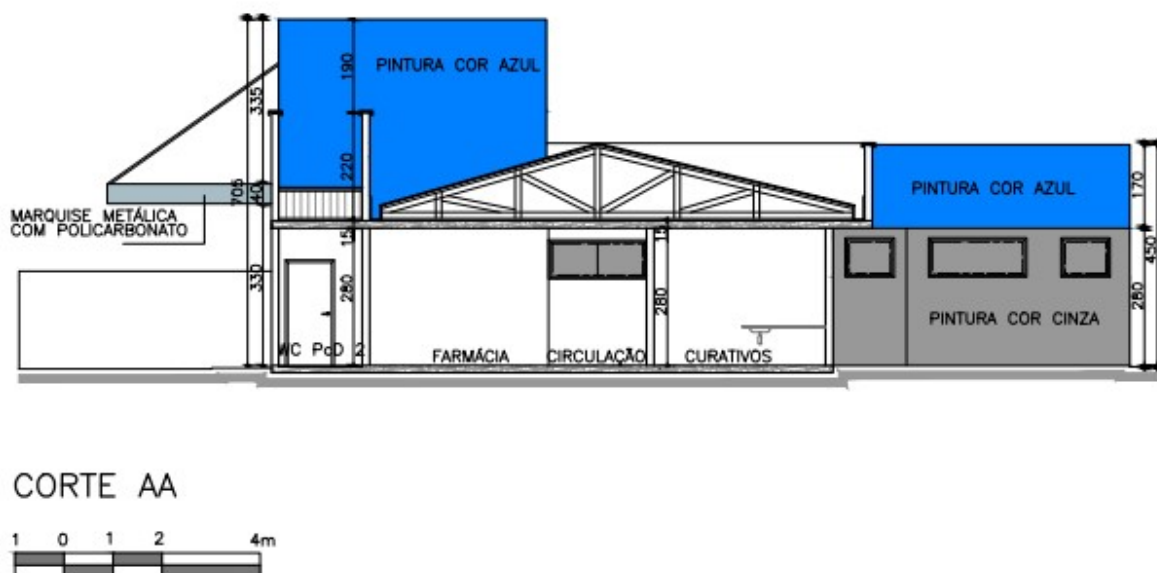
O edifício em “T” permite em alguns períodos do dia, e em determinadas implantações, o sombreamento das janelas pelo próprio corpo da edificação, devido às alturas das platibandas da cobertura, sobretudo sobre a área da recepção, que chega a medir 7,05 m de altura, conforme figura 23. Todas as janelas dos ambientes de maior ocupação diária são parcialmente sombreadas por beirais de 80 cm de largura.

O sistema construtivo da edificação é o convencional, constituído de estrutura em concreto armado com vedação das paredes internas e externas formadas por blocos cerâmicos furados de 10 x 20 x 20 cm, assentadas com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia) em espessura de 12 mm. Os acabamentos são formados por chapisco interno em traço 1:4 (cimento, areia) e externo 1:3 ambos com 0,5 cm. Após a cura de 24 horas recebem emboço paulista, argamassa única em traço de 1:2:8 (cimento, cal, areia) com 2 cm; assim a parede atinge a espessura final de 15 cm.

O forro é formado por laje pré-moldada preenchida in loco com concreto, sobre trilhos de concreto armado, capas de lajota cerâmicas e acabamento em chapisco e reboco em dosagem igual às utilizadas nas paredes externas, espessuras de 0,5 e 1,5 cm respectivamente, assim a espessura final do elemento de 15 cm. O sistema de cobertura é formado por telhas cerâmicas apoiadas em estrutura de madeira. Os pisos são formados por camadas de solo natural compactado, lastro de concreto em traço de 1:4 (cimento, areia) em espessura de 7 cm, regularização em argamassa de concreto 1:3 (cimento, areia) em espessura de 2 cm e finalmente a camada de revestimento cerâmico de 40 x 40 cm. Na seção 3.2.3 descrevem-se,

detalhadamente, as propriedades térmicas e características da envoltória e piso, além das configurações desses elementos na simulação computacional.

Figura 23: Corte AA - especificação das alturas da UBS porte I.



Fonte: Adaptado de Brasil (2013)

Com jogo de 3 volumes ascendentes em direção à recepção, a edificação formada por platibandas, possui linhas retas e estética limpa com 3 padrões de cores principais em textura acrílica: azul nas platibandas da edificação, verde no volume formado pelos banheiros anexos à sala de espera e cinza no corpo principal do edifício, conforme figuras 25 e 26.

Através do portal da Secretaria de Atenção Primária à Saúde (SAPS) são disponibilizados pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013) o projeto básico de arquitetura, detalhamento das áreas e esquadrias com as dimensões construtivas da unidade porte I, plantas baixas, de cobertura/implantação, planta de leiaute, cortes e elevações, plantas de acabamento de piso, parede e teto, detalhamentos de áreas molhadas, bancadas, bancos, esquadrias, marquise, resíduos e sanitários, além do memorial descritivo com as características de cada etapa construtiva da edificação.

Figura 24: Fachada principal - UBS Porte I instalada em Colombo-PR.



Fonte: Fausto (2015)

Figura 25: Elevação Posterior - UBS Porte I: renderização do projeto.



Fonte: Brasil (2013)

APÊNDICE B – Características climáticas, diagnósticos e estratégias Bioclimáticas.

Tabela 31: Dados Climáticos – São Joaquim/SC

Local	São Joaquim/SC												Zona Bioclimática	1
Latitude	-28,28	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	1410	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	20,4	22,0	21,7	18,9	15,5	14,2	16,6	15,9	15,3	16,7	18,0	20,9	22,0	14,1
Mínima	12,3	13,8	13,4	10,4	8,4	7,1	9,5	8,6	6,3	9,8	10,7	10,8	6,3	15,8
Amplitude	8,1	8,2	8,3	8,5	7,1	7,1	7,1	7,3	9,1	6,9	7,3	10,1	Min	Ampl
Umidade Relativa do ar (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	81,4	83,81	82,8	82,8	78,3	89,3	75,7	82,1	82,9	86,3	86	79,9		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 32: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – São Joaquim /SC

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	20,4	22,0	21,7	18,9	15,5	14,2	16,6	15,9	15,3	16,7	18,0	20,9		
Conforto diurno: superior	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
Conforto diurno: inferior	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
Solicitação térmica diurna	C	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	
Temp. média mínima	12,3	13,8	13,4	10,4	8,4	7,1	9,5	8,6	6,3	9,8	10,7	10,8		
Conforto noturno: superior	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial														0
Movimento de ar desejável	X	X	X	X							X	X		6
Capac. térmica necessária														0
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Distribuição compacta													
Movimento do ar	Quartos em fila dupla, ventilação eventual													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo, a barlavento e nas paredes internas													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 33: Dados Climáticos de Campos do Jordão/SP

Local	Campos do Jordão/SP												Zona Bioclimática:	2
Latitude	-22,74	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	1642	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	23,2	23,8	22,4	22,0	18,4	18,5	17,6	20,5	18,9	23,3	20,4	21,9	23,8	15,325
Mínima	14,9	14,0	13,2	11,3	9,3	8,0	6,8	9,2	8,7	11,9	12,4	13,4	6,8	17,0
Amplitude	8,3	9,8	9,2	10,7	9,0	10,5	10,8	11,3	10,2	11,4	7,9	8,5	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor Médio	86,3	83,81	84,71	79,5	83	79,22	78,6	72,64	79,7	71,1	81,8	85,6		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 34: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Campos do Jordão/SP

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	23,2	23,8	22,4	22,0	18,4	18,5	17,6	20,5	18,9	23,3	20,4	21,9		
Conforto diurno: superior	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
Conforto diurno: inferior	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Solicitação térmica diurna	C	C	C	C	F	F	F	C	F	C	C	C		
Temp. média mínima	14,9	14,0	13,2	11,3	9,3	8,0	6,8	9,2	8,7	11,9	12,4	13,4		
Conforto noturno: superior	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial													0	
Movimento de ar desejável	X	X	X	X				X		X	X	X	8	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Distribuição compacta													
Movimento do ar	Quartos em fila dupla, ventilação eventual													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo, a barlavento e nas paredes internas													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 35: Dados Climáticos de Petrópolis/RJ

Local	Petrópolis/RJ												Zona Bioclimática:	3
Latitude	-22,74	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	1642	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	18,2	19,4	18,6	17,6	14,4	14,0	15,3	16,1	15,6	18,0	16,8	17,4	19,4	14,2
Mínima	14,2	13,4	12,9	12,5	9,6	9,2	9,0	10,1	9,3	11,9	11,2	12,1	9,0	10,4
Amplitude	3,9	5,9	5,7	5,1	4,8	4,8	6,3	6,0	6,3	6,1	5,6	5,2	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	72	72,2	72	73,6	79,1	79	79,2	74,7	74,2	71,6	71,1	69		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 36: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Petrópolis/RJ

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	18,2	19,4	18,6	17,6	14,4	14,0	15,3	16,1	15,6	18,0	16,8	17,4		
Conforto diurno: superior	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	26		
Conforto diurno: inferior	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19		
Solicitação térmica diurna	C	C	C	F	F	F	F	F	F	C	F	F		
Temp. média mínima	14,2	13,4	12,9	12,5	9,6	9,2	9,0	10,1	9,3	11,9	11,2	12,1		
Conforto noturno: superior	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial													0	
Movimento de ar desejável	X	X	X							X			4	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Distribuição compacta													
Movimento do ar	Quartos em fila dupla, ventilação eventual													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo, a barlavento e nas paredes internas													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 37: Dados Climáticos de Patrocínio/MG

Local	Patrocínio/MG												Zona Bioclimática:	4
Latitude	-18,94	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	976	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	26,4	27,0	26,6	26,7	24,7	24,8	24,6	27,5	28,8	29,1	27,9	26,3	29,1	19,3
Mínima	17,5	17,9	17,1	16,4	12,6	12,0	9,6	12,8	14,1	17,0	17,0	17,2	9,6	19,6
Amplitude	8,9	9,1	9,5	10,3	12,1	12,8	15,0	14,7	14,7	12,1	10,8	9,2	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	81	81,6	83	80,1	73	72	58,2	54,6	56,2	62,4	75,6	82		
Grupo	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 38: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Patrocínio/MG

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	26,4	27,0	26,6	26,7	24,7	24,8	24,6	27,5	28,8	29,1	27,9	26,3		
Conforto diurno: superior	25	25	25	25	25	25	28	28	28	28	25	25		
Conforto diurno: inferior	20	20	20	20	20	20	19	19	19	19	20	20		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	17,5	17,9	17,1	16,4	12,6	12,0	9,6	12,8	14,1	17,0	17,0	17,2		
Conforto noturno: superior	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	20	20		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X							X	X	6	
Movimento de ar desejável					X	X							2	
Capacidade térmica necessária							X	X	X	X			4	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 39: Dados Climáticos de Pelotas/RS

Local	Pelotas/RS												Zona Bioclimática:	5
Latitude	-31,72	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	18	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	29,7	30,4	25,7	22,0	18,8	19,0	16,9	18,1	20,8	23,1	25,2	26,0	30,4	19
Mínima	19,3	17,3	18,1	14,2	12,5	8,1	9,3	7,7	11,1	14,6	15,9	16,9	7,7	22,7
Amplitude	10,4	13,0	7,6	7,8	6,3	11,0	7,6	10,5	9,7	8,6	9,3	9,1	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	70	85,9	84	82,1	81,5	90	81,9	84	80,6	85,9	75,6	71		
Grupo	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 40: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Pelotas/RS

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	29,7	30,4	25,7	22,0	18,8	19,0	16,9	18,1	20,8	23,1	25,2	26,0		
Conforto diurno: superior	28	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
Conforto diurno: inferior	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	C	F	F	F	F	F	C	C	Q	Q	
Temp. média mínima	19,3	17,3	18,1	14,2	12,5	8,1	9,3	7,7	11,1	14,6	15,9	16,9		
Conforto noturno: superior	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial		X	X								X	X	4	
Movimento de ar desejável				X					X	X			3	
Capacidade térmica necessária	X												1	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 41: Dados Climáticos de Porto Alegre/RS

Local	Porto Alegre/RS												Zona Bioclimática	6
Latitude	-30,03	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	47	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,7	29,5	28,5	25,3	19,7	20,4	21,9	20,7	21,5	25,8	25,6	30,6	30,7	20,7
Mínima	21,1	20,4	19,7	16,4	12,3	12,1	13,5	10,7	11,6	15,8	16,6	20,0	10,7	19,9
Amplitude	9,5	9,0	8,8	8,9	7,4	8,4	8,4	10,0	9,9	10,0	9,0	10,6	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	72,3	72,19	71,9	73,6	79,1	79,2	79,2	74,7	74,2	71,6	71,1	69		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 42: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Porto Alegre/RS

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,7	29,5	28,5	25,3	19,7	20,4	21,9	20,7	21,5	25,8	25,6	30,6		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	C	F	F	F	F	F	F	C	C	Q	
Temp. média mínima	21,1	20,4	19,7	16,4	12,3	12,1	13,5	10,7	11,6	15,8	16,6	20,0		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X										3	
Movimento de ar desejável				X						X	X		3	
Capacidade térmica necessária												X	1	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 43: Dados Climáticos de Vacaria/RS

Local	Vacaria/RS												Zona Bioclimática:	7
Latitude	-28,51	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	986	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	24,0	25,2	24,8	23,2	19,3	15,3	14,7	19,1	17,5	21,3	25,5	25,4	25,5	15,4
Mínima	13,6	15,3	14,5	11,3	8,8	5,3	6,8	7,5	9,1	10,3	15,6	15,1	5,3	20,1
Amplitude	10,5	9,9	10,3	12,0	10,5	9,9	7,9	11,6	8,4	11,0	9,9	10,2	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	79	82	82	77,4	83	86	88,8	77,5	87,3	81	82,8	80		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 44: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Vacaria/RS

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	24,0	25,2	24,8	23,2	19,3	15,3	14,7	19,1	17,5	21,3	25,5	25,4		
Conforto diurno: superior	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
Conforto diurno: inferior	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Solicitação térmica diurna	C	Q	C	C	F	F	F	F	F	C	Q	Q		
Temp. média mínima	13,6	15,3	14,5	11,3	8,8	5,3	6,8	7,5	9,1	10,3	15,6	15,1		
Conforto noturno: superior	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial		X									X	X	3	
Movimento de ar desejável	X		X	X						X			4	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 45: Dados Climáticos de Ivaí/PR

Local	Ivaí/PR												Zona Bioclimática:	8
Latitude	-25,01	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	808	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	27,6	27,9	28,6	26,0	21,3	22,6	19,6	23,7	22,8	26,3	26,2	27,9	28,6	18,5
Mínima	18,6	17,9	17,3	15,1	11,1	10,0	8,4	11,5	11,4	15,5	16,0	18,3	8,4	20,2
Amplitude	8,9	10,0	11,4	10,9	10,3	12,6	11,2	12,2	11,4	10,8	10,2	9,7	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	83	79,4	78	80,5	83,9	76	77,2	68,8	77,5	76,7	77	78		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 46: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Ivaí/PR

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	27,6	27,9	28,6	26,0	21,3	22,6	19,6	23,7	22,8	26,3	26,2	27,9		
Conforto diurno: superior	25	25	25	25	25	25	25	25	28	25	25	25	25	
Conforto diurno: inferior	20	20	20	20	20	20	20	20	19	20	20	20	20	
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	F	C	C	C	Q	Q	Q	
Temp. média mínima	18,6	17,9	17,3	15,1	11,1	10,0	8,4	11,5	11,4	15,5	16,0	18,3		
Conforto noturno: superior	20	20	20	20	20	20	20	20	21	20	20	20	20	
Conforto noturno: inferior	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Solicitação térmica noturna	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X						X	X	X	7	
Movimento de ar desejável					X	X			X				3	
Capacidade térmica necessária								X					1	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 47: Dados Climáticos de Cristalina/GO

Local	Cristalina/GO												Zona Bioclimática:	9
Latitude	-16,79	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	1202	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	25,8	26,5	26,9	24,7	23,6	23,2	25,1	24,9	27,3	26,2	27,0	24,8	27,3	20,8
Mínima	18,1	18,2	18,5	17,2	15,8	14,2	15,7	15,3	17,8	17,8	18,7	18,0	14,2	13,1
Amplitude	7,7	8,3	8,4	7,4	7,9	9,0	9,4	9,6	9,5	8,4	8,3	6,7	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	80	76,8	75	81	76	70	55,6	58	61,1	77,1	71,8	83		
Grupo	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 48: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Cristalina/GO

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	25,8	26,5	26,9	24,7	23,6	23,2	25,1	24,9	27,3	26,2	27,0	24,8		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	27	29	29	29	27	27	27	
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	22	22	22	
Solicitação térmica diurna	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Q	C	
Temp. média mínima	18,1	18,2	18,5	17,2	15,8	14,2	15,7	15,3	17,8	17,8	18,7	18,0		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	21	23	23	23	21	21	21	
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	F	F	F	F	C	C	C	C	C	
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial											X		1	
Movimento de ar desejável	X	X	X	X	X	X				X		X	8	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Distribuição compacta													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Grandes: 50-80% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo, a barlavento e nas paredes internas													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 49: Dados Climáticos de Campo Verde/MT

Local	Campo Verde/MT												Zona Bioclimática:	10
Latitude	-15,55	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	749	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	26,6	27,7	28,2	27,6	26,4	27,0	29,5	31,8	31,6	30,5	29,7	27,8	31,8	24
Mínima	19,8	19,6	19,8	19,2	16,7	16,2	16,7	19,1	19,3	20,3	20,3	19,8	16,2	15,5
Amplitude	6,8	8,1	8,4	8,4	9,7	10,8	12,7	12,7	12,3	10,1	9,3	8,0	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	87	85	84	83,8	77,3	72	41,4	39	48,2	68,2	78,8	83		
Grupo	4	4	4	4	4	4	2	2	2	3	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 50: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Campo Verde/MT

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	26,6	27,7	28,2	27,6	26,4	27,0	29,5	31,8	31,6	30,5	29,7	27,8		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	31	31	31	29	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	25	25	25	23	22	22		
Solicitação térmica diurna	C	Q	Q	Q	C	Q	C	Q	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	19,8	19,6	19,8	19,2	16,7	16,2	16,7	19,1	19,3	20,3	20,3	19,8		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	24	24	24	23	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	F	F	F	C	C	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial		X	X	X		X					X	X	6	
Movimento de ar desejável	X				X								2	
Capacidade térmica necessária							X	X	X	X			4	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Quartos externos e drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 51: Dados Climáticos de Irecê/BA

Local	Irecê/BA												Zona Bioclimática:	11
Latitude	-11,33	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	755	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,0	30,8	32,2	28,7	27,7	27,9	28,2	28,8	32,1	30,8	31,2	30,3	32,2	24,3
Mínima	19,4	19,3	20,7	19,8	18,6	17,3	16,5	16,9	18,5	20,0	19,3	20,1	16,5	15,7
Amplitude	10,6	11,5	11,5	8,8	9,2	10,6	11,7	11,9	13,6	10,8	11,9	10,2	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	71	68,1	65	74	70,1	69	63	59,7	49,7	62,2	57,4	66		
Grupo	4	3	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 52: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Irecê/BA

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,0	30,8	32,2	28,7	27,7	27,9	28,2	28,8	32,1	30,8	31,2	30,3		
Conforto diurno: superior	27	29	29	27	27	29	29	29	31	29	29	29		
Conforto diurno: inferior	22	23	23	22	22	23	23	23	25	23	23	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	19,4	19,3	20,7	19,8	18,6	17,3	16,5	16,9	18,5	20,0	19,3	20,1		
Conforto noturno: superior	21	23	23	21	21	23	23	23	24	23	23	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	C	C	F	F	C	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X			X	X								3	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária		X	X			X	X	X	X	X	X	X	9	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Pequenas: 20 a 30% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Pesada, defasagem acima de 8 horas													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 53: Dados Climáticos de Corumbá/MS

Local	Corumbá/MS												Zona Bioclimática:	12
Latitude	-19,01	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	126	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	32,2	31,9	32,8	31,9	26,1	27,2	26,9	27,2	33,6	32,2	32,2	34,5	34,5	25,8
Mínima	24,8	24,6	24,7	24,2	18,6	19,2	17,2	17,1	22,6	22,3	21,7	24,3	17,1	17,4
Amplitude	7,4	7,2	8,0	7,8	7,6	8,0	9,8	10,0	11,0	9,9	10,4	10,2	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	82,2	79	73,3	71,4	69,1	66	62	57,1	48,2	59,2	62,3	63		
Grupo	4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	3	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 54: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Corumbá/MS

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	32,2	31,9	32,8	31,9	26,1	27,2	26,9	27,2	33,6	32,2	32,2	34,5		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	29	29	29	29	31	29	29	29		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	23	23	23	23	25	23	23	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	24,8	24,6	24,7	24,2	18,6	19,2	17,2	17,1	22,6	22,3	21,7	24,3		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	23	23	23	23	24	23	23	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	C	C	C	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X						X			5	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária								X	X		X	X	4	
Dormitórios exteriores desejáveis									X				1	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 55: Dados Climáticos de Campos dos Goytacazes/RJ

Local	Campos dos Goytacazes/RJ												Zona Bioclimática:	13
Latitude	-21,75	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	25	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,2	32,4	31,6	28,6	27,4	25,3	26,0	26,3	28,5	28,1	31,5	30,8	32,4	24,6
Mínima	22,7	23,3	22,9	20,9	19,0	16,8	17,8	18,0	20,0	21,0	22,6	22,7	16,8	15,7
Amplitude	7,5	9,2	8,6	7,8	8,3	8,5	8,2	8,3	8,5	7,1	9,0	8,1	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	82	78,6	80	81,6	81,1	81	82,1	79,2	79,7	82,6	77,2	81		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 56: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Goytacazes/RJ

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,2	32,4	31,6	28,6	27,4	25,3	26,0	26,3	28,5	28,1	31,5	30,8		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	C	Q	Q	Q	Q	
Temp. média mínima	22,7	23,3	22,9	20,9	19,0	16,8	17,8	18,0	20,0	21,0	22,6	22,7		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	Q	Q	C	C	F	C	C	C	C	Q	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X	X				X	X	X	X	9	
Movimento de ar desejável						X	X	X					3	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Grandes: 50-80% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 57: Dados Climáticos de Carangola/MG

Local	Carangola/MG												Zona Bioclimática:	14
Latitude	-20,73	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	399	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	28,1	29,4	28,5	28,3	25,3	24,7	25,4	27,3	30,1	29,0	32,3	30,9	32,3	21,9
Mínima	18,6	19,2	18,8	18,6	14,2	13,6	11,5	15,3	18,6	19,6	20,7	20,9	11,5	20,8
Amplitude	9,5	10,2	9,7	9,7	11,1	11,0	13,9	12,0	11,4	9,5	11,6	10,0	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	73	75,2	77	78,1	75,8	75	68,6	68,1	66,6	75	67,2	73		
Grupo	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 58: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Carangola/MG

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	28,1	29,4	28,5	28,3	25,3	24,7	25,4	27,3	30,1	29,0	32,3	30,9		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	29	29	29	27	29	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	23	23	23	22	23	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	18,6	19,2	18,8	18,6	14,2	13,6	11,5	15,3	18,6	19,6	20,7	20,9		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	23	23	23	21	23	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	F	F	F	F	C	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X						X		X	6	
Movimento de ar desejável					X	X							2	
Capacidade térmica necessária							X	X	X		X		4	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 59: Dados Climáticos de Londrina/PR

Local	Londrina/PR												Zona Bioclimática	15
Latitude	-23,38	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	566	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	28,3	29,2	30,6	28,7	24,0	25,4	22,6	26,4	30,0	29,9	28,8	29,4	30,6	20,9
Mínima	20,9	20,0	19,3	18,3	13,5	12,9	11,1	13,7	16,9	18,0	17,6	19,3	11,1	19,6
Amplitude	7,3	9,2	11,4	10,5	10,4	12,5	11,5	12,7	13,1	11,9	11,2	10,1	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	92,2	85,55	79,1	80,7	82,1	75,3	75,4	68,1	59,7	71,8	75,1	78,9		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 60: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Londrina/PR

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temperatura média máxima	28,3	29,2	30,6	28,7	24,0	25,4	22,6	26,4	30,0	29,9	28,8	29,4		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	27	29	29	27	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	22	23	23	22	22	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Temperatura média mínima	20,9	20,0	19,3	18,3	13,5	12,9	11,1	13,7	16,9	18,0	17,6	19,3		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	21	23	23	21	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X						X	X	X	7	
Movimento de ar desejável					X	X	X						3	
Capacidade térmica necessária								X	X				2	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente e proteção contra chuvas													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 61: Dados Climáticos de Ituverava/SP

Local	Ituverava/SP												Zona Bioclimática:	16
Latitude	-20,36	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	600	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,2	31,4	30,7	29,3	27,9	27,5	29,1	30,7	31,8	31,0	29,7	30,5	31,8	21
Mínima	20,1	19,4	18,9	15,8	12,2	10,3	12,5	11,2	16,9	17,0	18,3	20,0	10,3	21,6
Amplitude	10,2	12,0	11,8	13,5	15,7	17,3	16,6	19,5	14,9	14,0	11,3	10,5	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	79	76	78	72,8	69,2	66	57,3	45,8	51,1	65,6	75,2	79		
Grupo	4	4	4	4	3	3	3	2	3	3	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 62: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Ituverava/SP

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,2	31,4	30,7	29,3	27,9	27,5	29,1	30,7	31,8	31,0	29,7	30,5		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	29	29	29	31	29	29	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	23	23	23	25	23	23	22	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	Q	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	20,1	19,4	18,9	15,8	12,2	10,3	12,5	11,2	16,9	17,0	18,3	20,0		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	23	23	23	24	23	23	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X							X	X	6	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária					X	X	X	X	X	X			6	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Pequenas: 20 a 30% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Pesada, defasagem acima de 8 horas													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 63: Dados Climáticos de Remanso/BA

Local	Remanso/BA												Zona Bioclimática:	17
Latitude	-9,62	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	401	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	31,7	31,0	31,1	29,3	29,1	29,5	30,0	30,7	32,9	31,6	32,5	31,6	32,9	27,4
Mínima	23,1	22,8	22,7	22,3	22,8	21,9	21,9	22,4	23,8	24,3	24,0	23,6	21,9	11,0
Amplitude	8,6	8,2	8,4	7,0	6,3	7,5	8,1	8,3	9,2	7,3	8,5	7,9	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	64	66,7	70	77,5	68,6	63	57,5	55,4	48	59,9	53,9	62		
Grupo	3	3	4	4	3	3	3	3	2	3	3	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 64: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Remanso/BA

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	31,7	31,0	31,1	29,3	29,1	29,5	30,0	30,7	32,9	31,6	32,5	31,6		
Conforto diurno: superior	29	29	27	27	29	29	29	29	31	29	29	29		
Conforto diurno: inferior	23	23	22	22	23	23	23	23	25	23	23	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	23,1	22,8	22,7	22,3	22,8	21,9	21,9	22,4	23,8	24,3	24,0	23,6		
Conforto noturno: superior	23	23	21	21	23	23	23	23	24	23	23	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	C	Q	Q	C	C	C	C	C	Q	Q	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Grandes: 50-80% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, refletiva, com ático													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 65: Dados Climáticos de Natal/RN

Local	Natal/RN												Zona Bioclimática:	18
Latitude	-5,80	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	49	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,7	30,3	30,6	30,0	29,9	30,1	30,5	30,9	31,4	30,2	30,9	31,2	31,4	26,8
Mínima	24,8	24,9	24,8	24,6	24,8	23,7	22,8	22,2	23,1	23,2	23,7	24,6	22,2	9,2
Amplitude	5,9	5,4	5,7	5,4	5,1	6,4	7,7	8,7	8,3	7,0	7,3	6,6	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	73	75,1	79	81,7	80,9	78	74,3	70,7	65,5	63,9	65,9	67		
Grupo	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 66: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Natal/RN

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,7	30,3	30,6	30,0	29,9	30,1	30,5	30,9	31,4	30,2	30,9	31,2		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	27	27	27	29	29	29	29		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	24,8	24,9	24,8	24,6	24,8	23,7	22,8	22,2	23,1	23,2	23,7	24,6		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	21	21	21	23	23	23	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária													0	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Grandes: 50-80% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, refletiva, com ático													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 67: Dados Climáticos de Goiás/GO

Local	Goiás/GO												Zona Bioclimática:	19
Latitude	-15,93	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	512	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,9	31,5	32,3	30,6	30,9	30,5	32,3	32,9	34,3	31,7	30,9	29,4	34,3	26
Mínima	21,1	20,8	20,9	20,3	19,2	17,6	18,3	20,3	21,8	21,3	21,7	21,3	17,6	16,7
Amplitude	9,8	10,7	11,4	10,2	11,7	12,9	14,0	12,7	12,5	10,4	9,2	8,1	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	79	81,4	78	76,6	70,9	63	51,6	45,3	57,8	75,2	79,1	82		
Grupo	4	4	4	4	4	3	3	2	3	4	4	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 26: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Goiás/GO

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,9	31,5	32,3	30,6	30,9	30,5	32,3	32,9	34,3	31,7	30,9	29,4		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	27	29	29	31	29	27	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	22	23	23	25	23	22	22	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	21,1	20,8	20,9	20,3	19,2	17,6	18,3	20,3	21,8	21,3	21,7	21,3		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	21	23	23	24	23	21	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	C	C	C	C	C	C	C	C	Q	Q	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X	X					X	X	X	8	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária						X	X	X	X				4	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 68: Dados Climáticos de Palmas/TO

Local	Palmas/TO												Zona Bioclimática		20
Latitude	-10,17	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)													
Altitude	280	m													
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual	
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med	
Máxima	32,0	30,5	31,0	30,2	31,5	32,5	34,3	35,8	35,3	31,8	32,3	31,4	35,8	28	
Mínima	22,8	22,3	22,7	22,8	22,8	22,4	20,2	22,5	23,6	22,8	22,7	22,3	20,2	15,7	
Amplitude	9,1	8,1	8,3	7,4	8,7	10,2	14,2	13,3	11,7	9,0	9,5	9,1	Min	Ampl	
Umidade Relativa Mensal (%)															
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
Valor médio	72,8	77,71	77,1	78,4	65,7	55,5	49,4	42	53,6	72,7	72,5	73,6			
Grupo	4	4	4	4	3	3	2	2	3	4	4	4			

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 69: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Palmas/TO

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	32,0	30,5	31,0	30,2	31,5	32,5	34,3	35,8	35,3	31,8	32,3	31,4		
Conforto diurno: superior	27	27	27	27	29	29	31	31	29	27	27	27		
Conforto diurno: inferior	22	22	22	22	23	23	25	25	23	22	22	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	
Temp. média mínima	22,8	22,3	22,7	22,8	22,8	22,4	20,2	22,5	23,6	22,8	22,7	22,3		
Conforto noturno: superior	21	21	21	21	23	23	24	24	23	21	21	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q	Q	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X	X	X	X					X	X	X	8	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária						X	X	X	X				4	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	Quartos externos e drenagem eficiente para águas de chuva													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 70: Dados Climáticos de Aimorés/MG

Local	Aimorés/MG												Zona Bioclimática:	21
Latitude	-19,50	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	84	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	29,9	32,4	33,0	29,6	28,3	27,1	27,9	28,3	30,8	30,4	31,7	31,2	33,0	25,3
Mínima	22,0	22,6	22,9	20,6	18,4	17,7	17,5	18,3	20,9	21,6	21,9	22,2	17,5	15,5
Amplitude	7,9	9,8	10,1	9,0	9,9	9,4	10,3	10,0	9,9	8,8	9,8	9,0	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	80	69,8	68	76,1	74,5	75	73,1	68,8	66	70,9	68,5	75		
Grupo	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 71: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Aimorés/MG

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	29,9	32,4	33,0	29,6	28,3	27,1	27,9	28,3	30,8	30,4	31,7	31,2		
Conforto diurno: superior	27	29	29	27	27	27	27	29	29	27	29	27		
Conforto diurno: inferior	22	23	23	22	22	22	22	23	23	22	23	22		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	22,0	22,6	22,9	20,6	18,4	17,7	17,5	18,3	20,9	21,6	21,9	22,2		
Conforto noturno: superior	21	23	23	21	21	21	21	23	23	21	23	21		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	Q	C	C	C	C	C	C	C	C	Q	C	Q		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	10	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária			X										1	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Grandes: 50-80% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Leves, baixa capacidade térmica													
Cobertura	Leve, refletiva, com ático													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 72: Dados Climáticos de Itapetinga/BA

Local	Itapetinga/BA												Zona Bioclimática:	22
Latitude	-15,24	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	279	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	33,8	33,8	31,6	29,9	29,1	27,6	27,7	27,7	30,5	30,7	31,8	33,7	33,8	25,6
Mínima	21,5	22,0	22,3	21,1	19,4	18,8	17,4	17,7	18,7	20,8	20,4	22,0	17,4	16,5
Amplitude	12,3	11,8	9,3	8,8	9,7	8,8	10,3	10,0	11,9	10,0	11,4	11,7	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	66	68,1	80	80,3	78	78	80,9	79,2	72,3	73,8	70,2	65		
Grupo	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 73: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Itapetinga/BA

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	33,8	33,8	31,6	29,9	29,1	27,6	27,7	27,7	30,5	30,7	31,8	33,7		
Conforto diurno: superior	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29		
Conforto diurno: inferior	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	21,5	22,0	22,3	21,1	19,4	18,8	17,4	17,7	18,7	20,8	20,4	22,0		
Conforto noturno: superior	23	23	21	21	21	21	21	21	21	21	21	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	Q	Q	C	C	C	C	C	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial			X	X	X	X	X	X	X	X	X		9	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária	X	X										X	3	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Médias: 30-50% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Leve, bem isolada													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 74: Dados Climáticos de Espinosa/MG

Local	Espinosa/MG												Zona Bioclimática:	23
Latitude	-14,92	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)												
Altitude	492	m												
Temperatura média mensal do ar (°C)														Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max	Med
Máxima	30,2	32,3	32,3	28,8	28,5	28,6	29,5	30,2	33,1	31,9	31,8	30,7	33,1	25,2
Mínima	20,7	21,1	21,4	20,6	17,8	17,3	17,4	18,9	21,5	22,1	21,1	21,4	17,3	15,9
Amplitude	9,5	11,2	11,0	8,2	10,7	11,3	12,1	11,3	11,7	9,8	10,8	9,3	Min	Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Valor médio	72	59,5	63	75,3	66	62	52,7	49	44,2	58	57,1	65		
Grupo	4	3	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3		

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 75: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney - Espinosa/MG

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	30,2	32,3	32,3	28,8	28,5	28,6	29,5	30,2	33,1	31,9	31,8	30,7		
Conforto diurno: superior	27	29	29	27	29	29	29	31	31	29	29	29		
Conforto diurno: inferior	22	23	23	22	23	23	23	25	25	23	23	23		
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	C	C	Q	C	Q	Q	Q	Q		
Temp. média mínima	20,7	21,1	21,4	20,6	17,8	17,3	17,4	18,9	21,5	22,1	21,1	21,4		
Conforto noturno: superior	21	23	23	21	23	23	23	24	24	23	23	23		
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
Solicitação térmica noturna	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial	X			X						X		X	4	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária		X	X		X	X	X	X	X		X		8	
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Pequenas: 20 a 30% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Pesada, defasagem acima de 8 horas													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

Tabela 76: Dados Climáticos de Pão de Açúcar/AL

Local	Pão de Açúcar/AL											Zona Bioclimática	24
Latitude	-9,75	gg,mm (negativo, se hemisfério sul)											
Altitude	19	m											
Temperatura média mensal do ar (°C)													Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Max Med
Máxima	36,6	35,0	36,8	34,4	29,6	29,3	29,0	29,1	31,9	35,2	35,9	35,9	36,8 28,7
Mínima	24,1	24,0	24,3	24,4	23,7	21,9	21,0	20,8	20,5	22,2	22,4	23,6	20,5 16,4
Amplitude	12,5	11,0	12,6	10,0	6,0	7,4	8,0	8,3	11,4	13,0	13,5	12,3	Min Ampl
Umidade Relativa Mensal (%)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Valor médio	55,9	62,75	58,4	68	81,8	83,2	83,1	82,1	74,9	62,9	59	61,4	
Grupo	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	

Fonte: UFSC (2018)

Tabela 77: Análise Bioclimática segundo tabelas de Mahoney – Pão de Açúcar/AL

Diagnóstico														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temp. média máxima	36,6	35,0	36,8	34,4	29,6	29,3	29,0	29,1	31,9	35,2	35,9	35,9		
Conforto diurno: superior	29	29	29	29	27	27	27	27	27	27	29	29	29	
Conforto diurno: inferior	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	23	23	23	
Solicitação térmica diurna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	
Temp. média mínima	24,1	24,0	24,3	24,4	23,7	21,9	21,0	20,8	20,5	22,2	22,4	23,6		
Conforto noturno: superior	23	23	23	23	21	21	21	21	21	21	23	23	23	
Conforto noturno: inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Solicitação térmica noturna	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	C	Q	
Indicações														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Totais	
Movimento de ar essencial				X	X	X	X	X	X				6	
Movimento de ar desejável													0	
Capacidade térmica necessária	X	X	X								X	X	X	6
Recomendações														
Arranjo físico	Orientação norte-sul (eixo maior leste-oeste)													
Espaçamento entre prédios	Ampla para circulação de brisas; proteção contra ventos quentes ou frios													
Movimento do ar	Quartos em fila simples, para facilitar a ventilação cruzada													
Área de aberturas	Pequenas: 20 a 30% da área da parede													
Posição das aberturas	Nas paredes N e S, na altura do corpo e a barlavento													
Proteção das aberturas	Sombreamento total permanente													
Paredes e pisos	Pesados, defasagem acima de 8 horas													
Cobertura	Pesada, defasagem acima de 8 horas													
Aspectos externos	---													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971).

APÊNDICE D – Resultados das simulações: Percentual de horas ocupadas em conforto térmico, Graus-hora de desconforto para o frio e calor nas 24 Zonas Bioclimáticas.

Figura 26: Gráficos dos resultados: ZB 01 e 02.

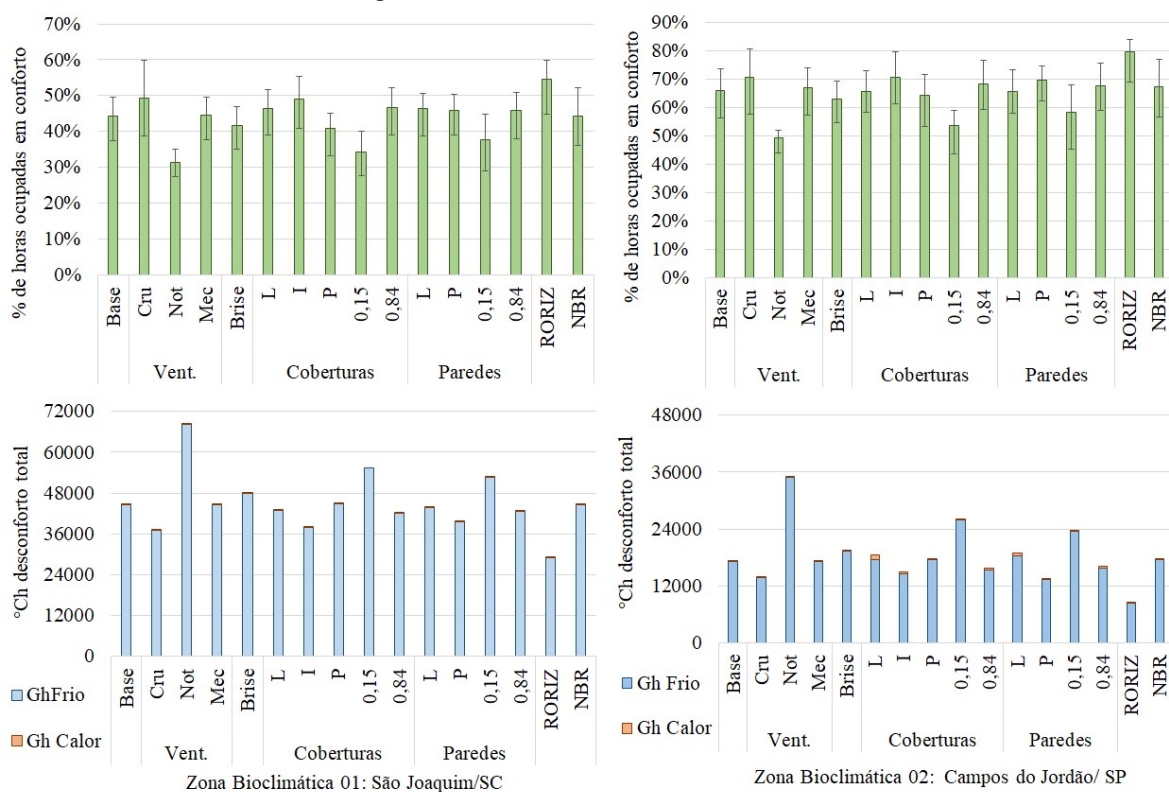


Figura 27: Gráficos dos resultados: ZB 03 e 04.

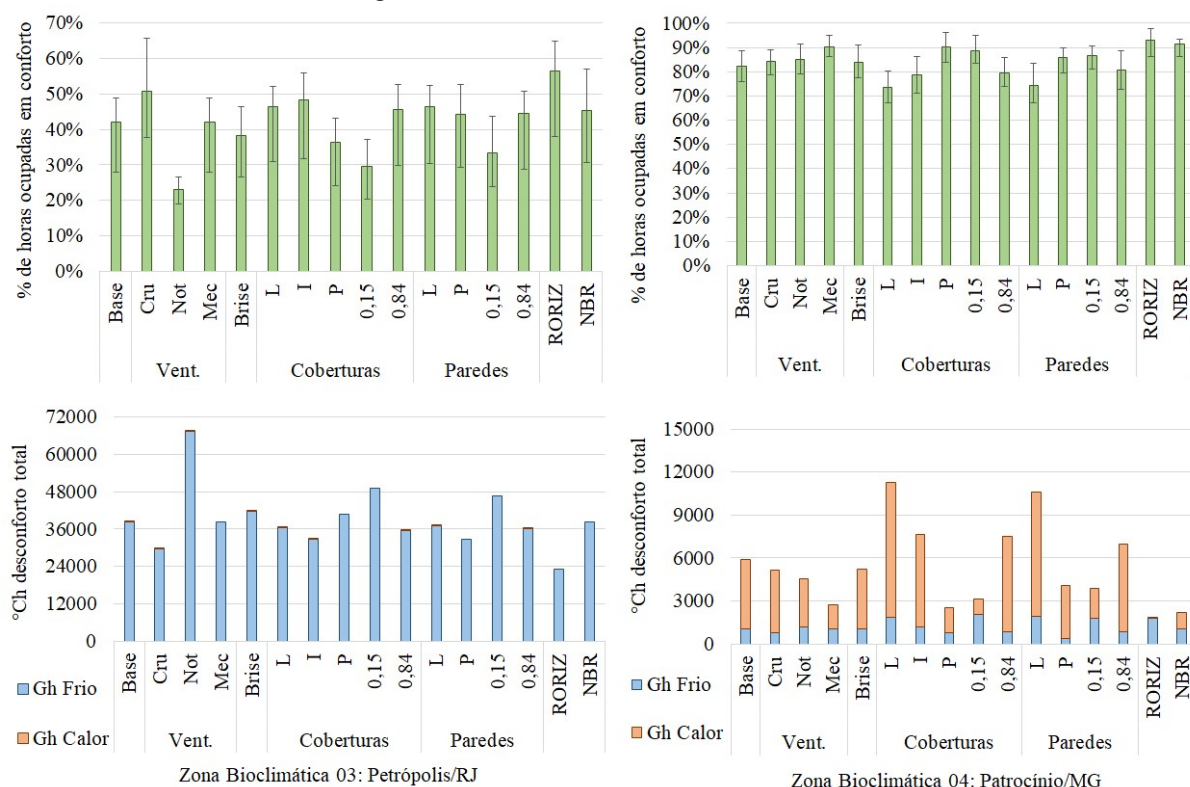


Figura 28: Gráficos dos resultados: ZB 05 e 06.

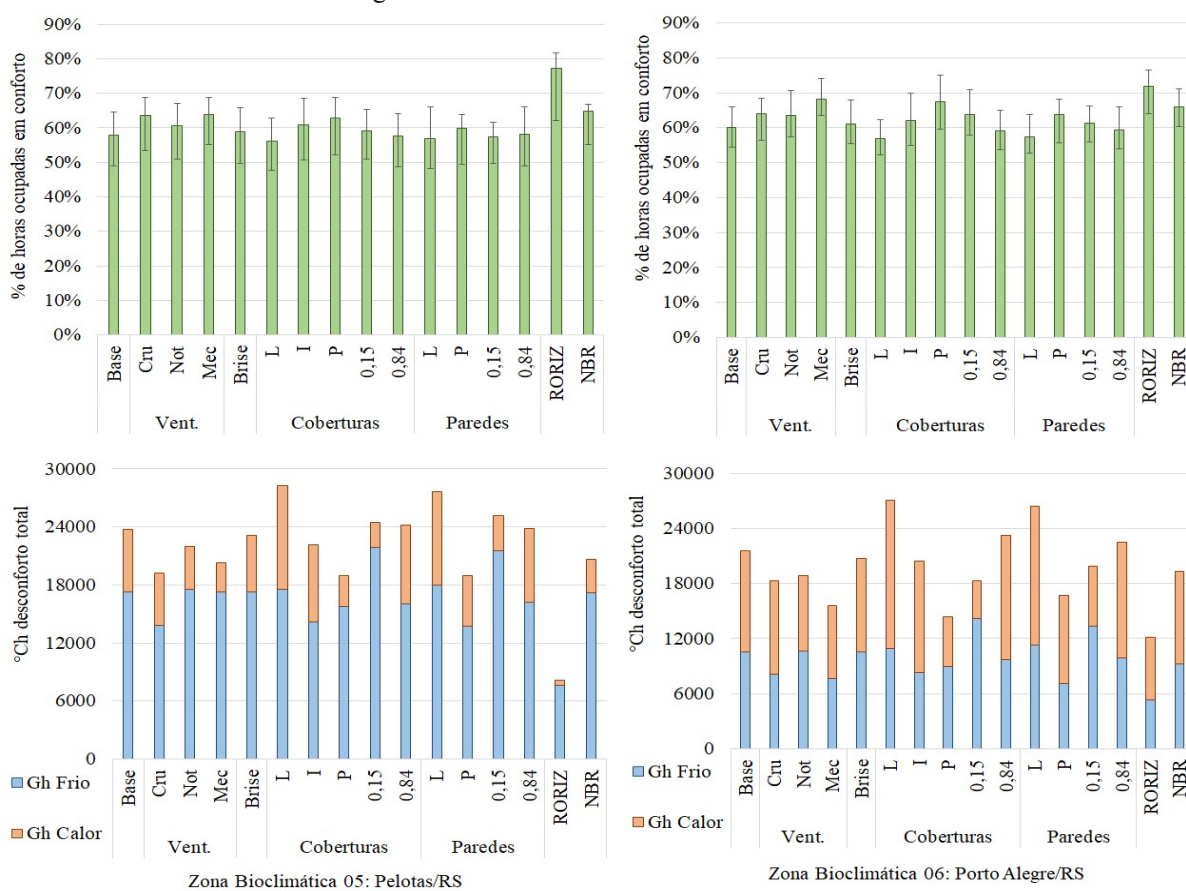


Figura 29: Gráficos dos resultados: ZB 07 e 08.

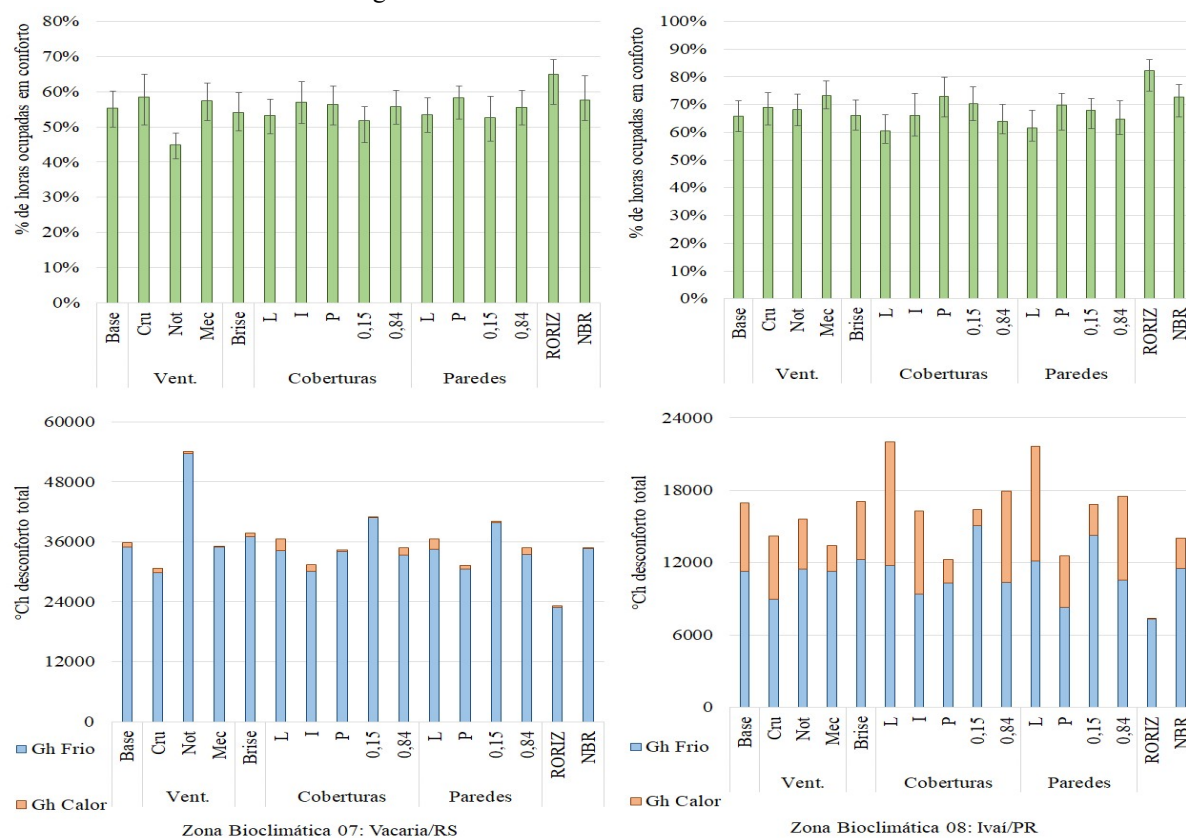


Figura 30: Gráficos dos resultados: ZB 09 e 10.

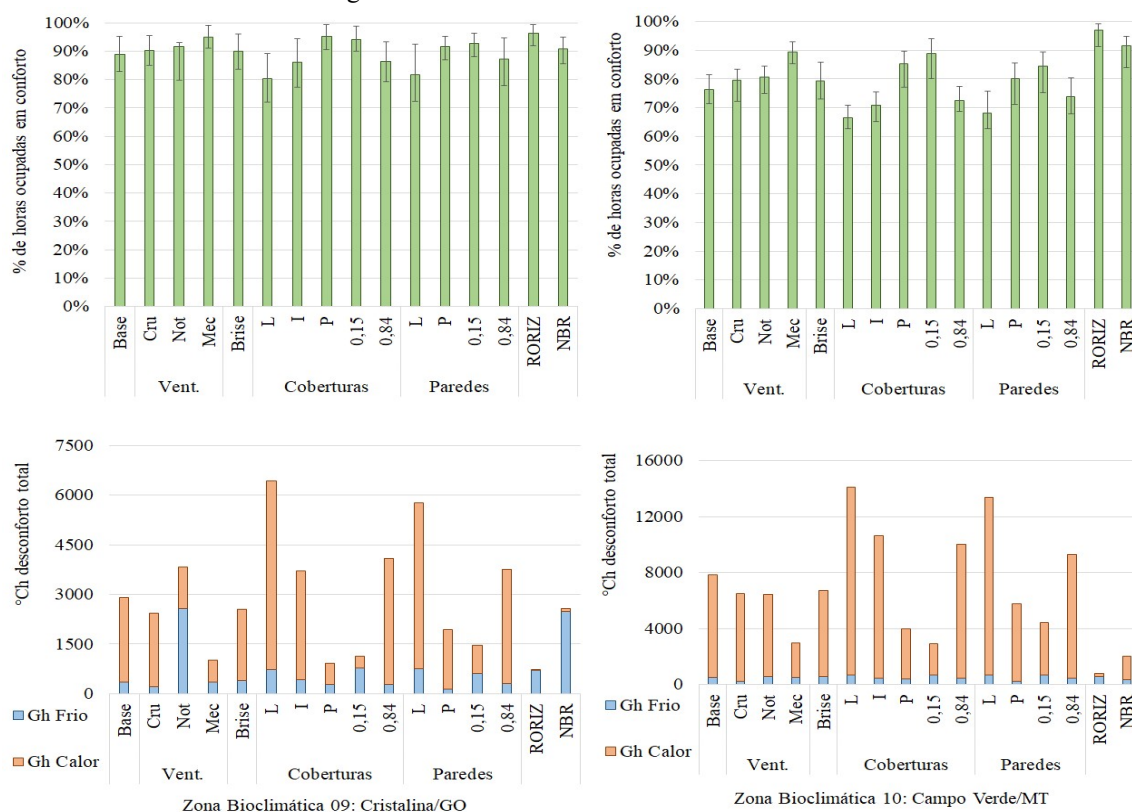


Figura 31: Gráficos dos resultados: ZB 11 e 12.

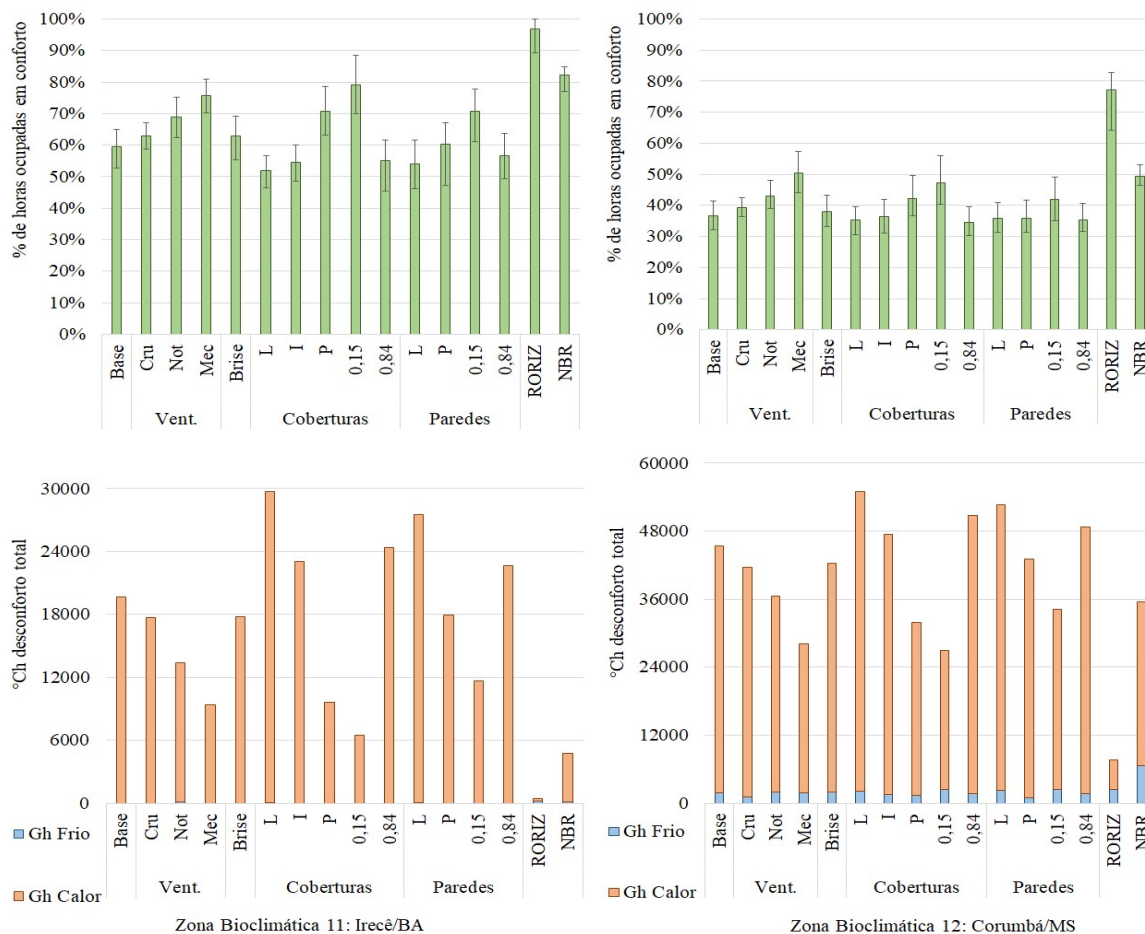


Figura 32: Gráficos dos resultados: ZB 13 e 14.

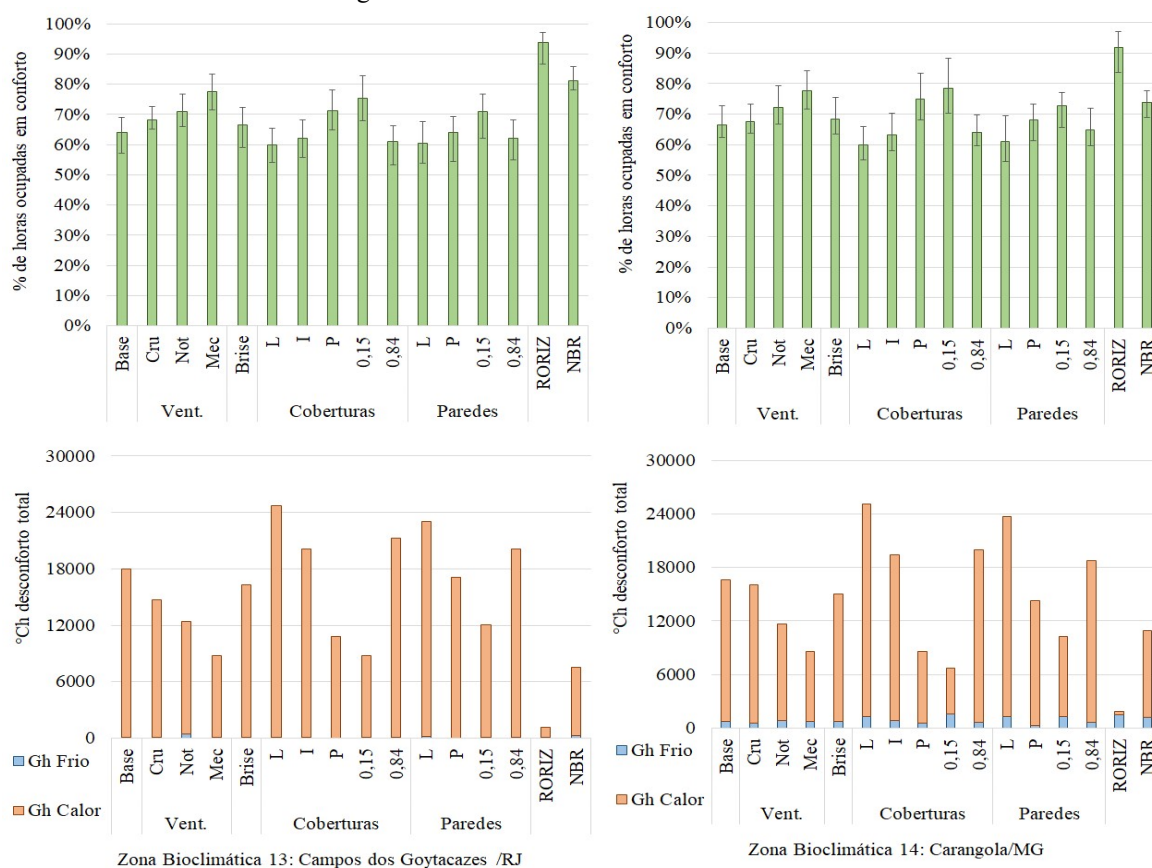


Figura 33: Gráficos dos resultados: ZB 15 e 16.

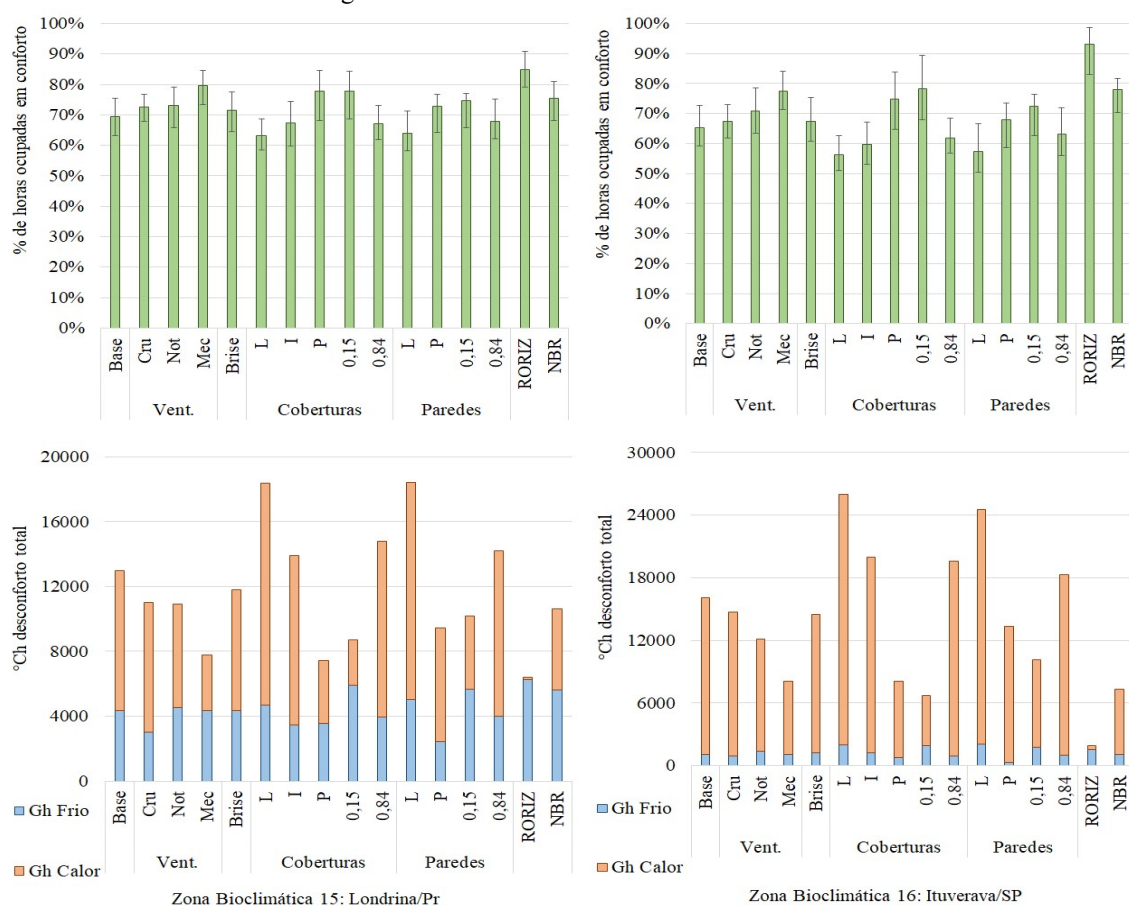


Figura 34: Gráficos dos resultados: ZB 17 e 18.

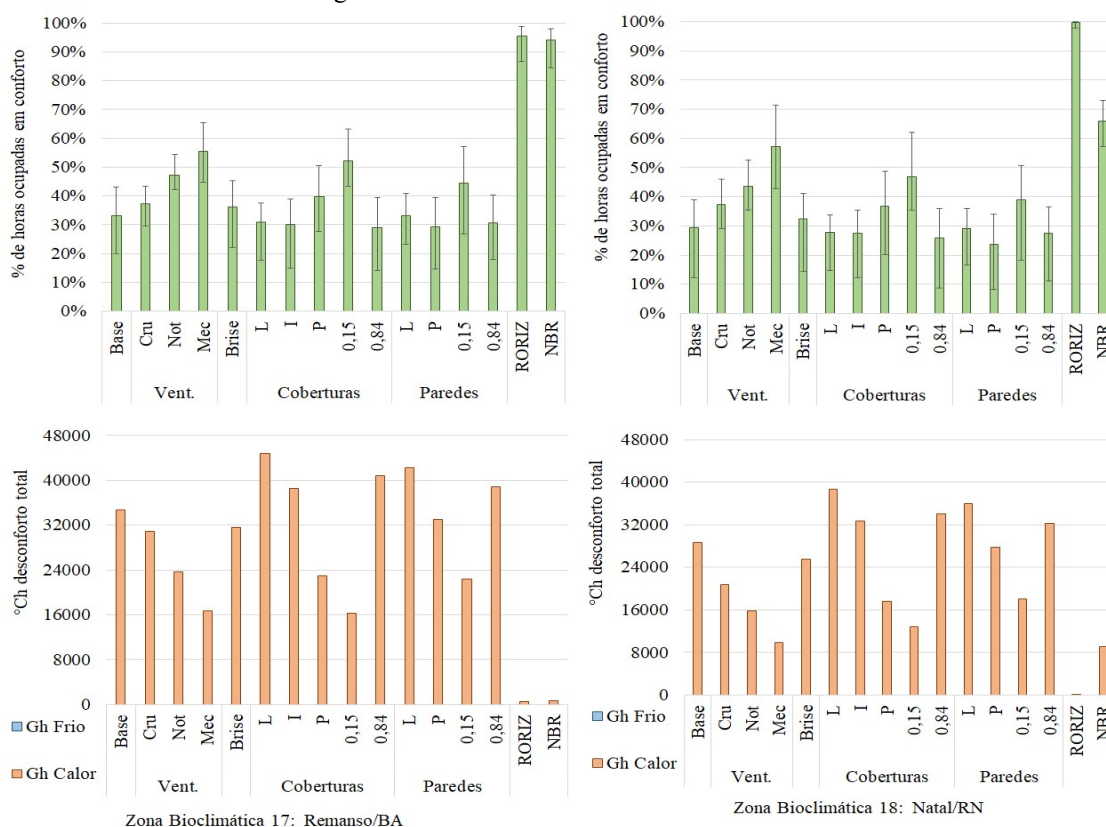


Figura 35: Gráficos dos resultados: ZB 19 e 20.

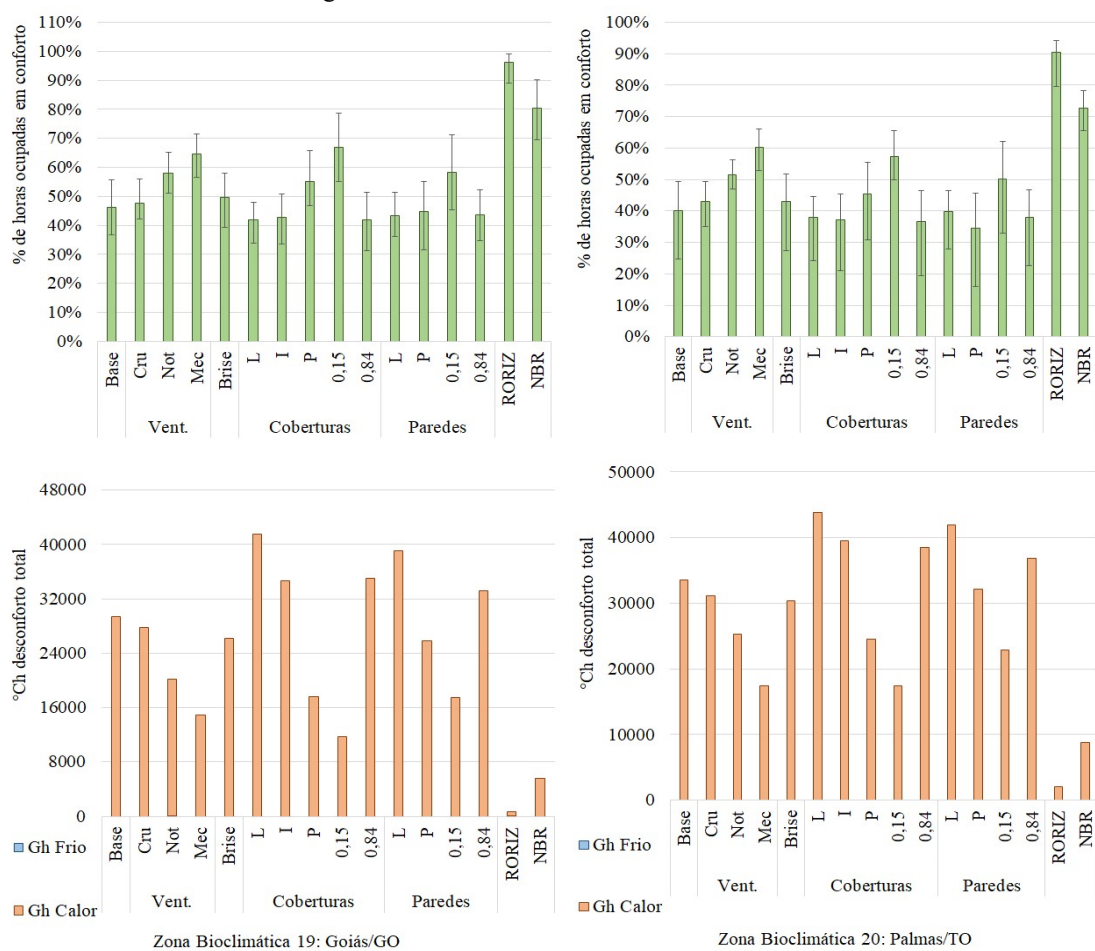


Figura 36: Gráficos dos resultados: ZB 21 e 22.

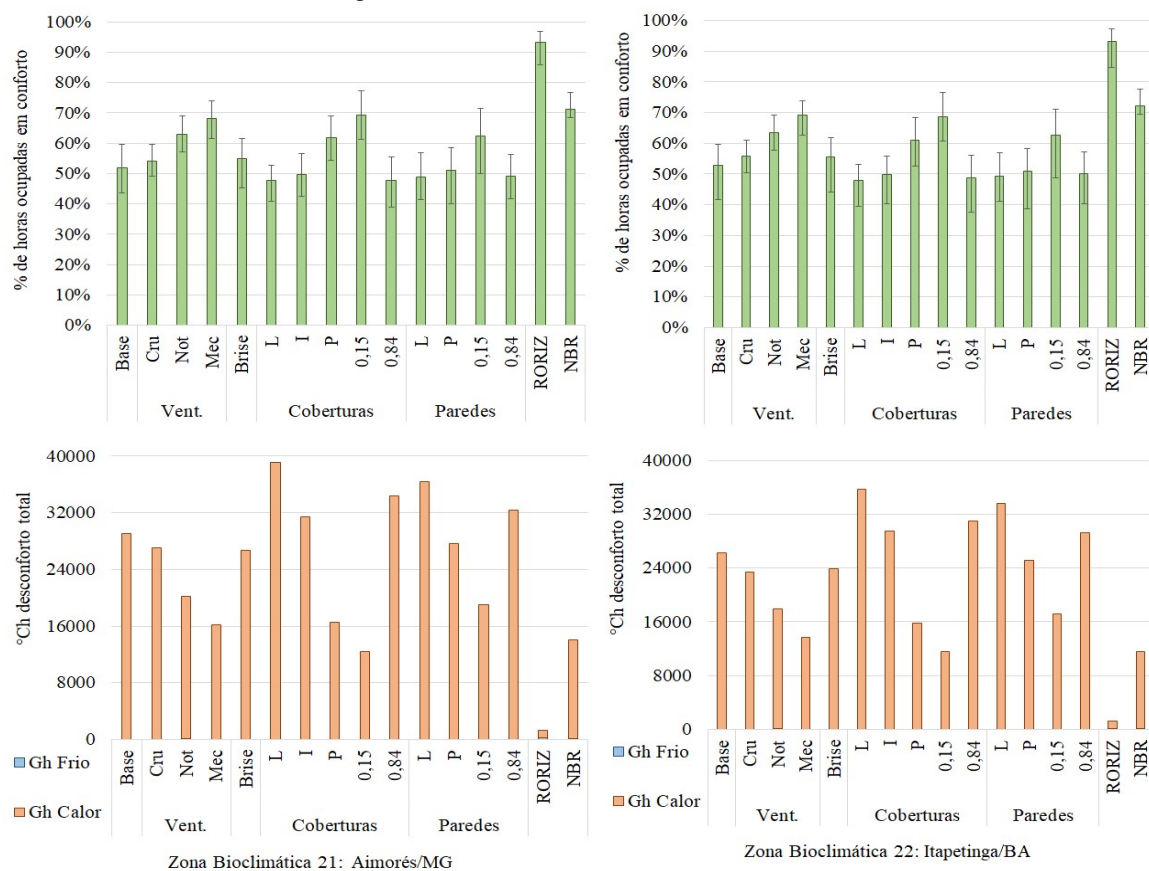


Figura 37: Gráficos dos resultados: ZB 23 e 24.

