



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE
EDIFICAÇÕES DESPORTIVAS NA CIDADE
DE SANTA MARIA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Maristela Guareschi

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE
EDIFICAÇÕES DESPORTIVAS NA CIDADE
DE SANTA MARIA - RS**

por

Maristela Guareschi

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

Orientador: Prof. Dr. Joaquim César Pizzutti dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES
DESPORTIVAS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS**

elaborada por

Maristela Guareschi

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

Comissão examinadora:

**Joaquim César Pizzutti dos Santos, Dr.
(Presidente/Orientador)**

Heitor da Costa Silva, P.h.D. (UFRGS, RS)

Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra. (UFSM, RS)

Santa Maria, 14 de julho de 2008

Dedico este trabalho principalmente aos que mais amo, mas também a todos que de alguma forma criaram dificuldades e obstáculos no meu caminho, pois graças a estes é muito grande a força que carrego comigo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar aqui meus agradecimentos a todas as pessoas e entidades que contribuíram para realização deste trabalho:

Ao meu orientador Joaquim César Pizzutti dos Santos, por sua disponibilidade, paciência, tranqüilidade e motivação, mas, principalmente pela amizade e os conhecimentos repassados, que serão levados para toda vida.

À UFSM que proporcionou minha formação como arquiteta e me ofereceu também a oportunidade de realizar mais este trabalho.

Aos colegas e professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil pela construtiva convivência ao longo das disciplinas cursadas. E especialmente à Renata Rotta pela colaboração no uso conjunto de materiais e equipamentos.

À bolsista Christiane Krum pelo auxílio prestado no levantamento de dados.

A todas as pessoas e entidades que colaboraram possibilitando o acesso às edificações, principalmente à direção dos Colégios Coração de Maria, Santa Catarina, da Escola Paulo de Tarso e do SEST/SENAT que permitiram o monitoramento das temperaturas. Agradeço, também, a especial contribuição de Wilson Ziegler Costa, da Irmã Nelza Trindade Lopes, de Cleusa L. L. Guma e dos professores Amílcar Campos Bernardi e Antônio A. Centurião Filho.

A André Lübeck, que além de namorado foi exímio colaborador em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus pais, Paulo e Nelcinda pelo amor e apoio incondicional.

Muito obrigada!!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES DESPORTIVAS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS

AUTOR: MARISTELA GUARESCHI
ORIENTADOR: JOAQUIM CÉSAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 14 de julho de 2008.

As atividades esportivas proporcionam uma vida mais saudável, promovendo bem-estar mental e a integração social dos indivíduos. Os espaços que sediam essas atividades devem ser apropriados para as mesmas, garantindo condições mínimas de conforto aos usuários. Assim, neste trabalho, é analisado o desempenho térmico de edificações desportivas na cidade de Santa Maria – RS, a fim de que sejam propostas recomendações de projeto visando à adaptação ao clima temperado. No contexto desta pesquisa, edificações desportivas correspondem aos ginásios onde a quadra é delimitada por paredes, constituindo, na maior parte dos casos, um edifício de grande volumetria com formato retangular em planta. A ênfase da análise se volta ao compartimento da quadra. A abordagem se deu pela análise dos dados adquiridos com o monitoramento das temperaturas internas e externas de quatro tipologias tidas como mais representativas de um total de vinte edificações levantadas. O comportamento térmico observado nos edifícios estudados indica que grande volume, maior valor de inércia térmica e ventilação seletiva mostram-se como as características mais relevantes para um desempenho positivo dos ginásios em relação ao clima local. A contribuição deste trabalho se dá no sentido de apresentar informações acerca de uma tipo de edificação pouco explorado no que concerne à análise de desempenho térmico.

Palavras-chave: Desempenho térmico; edificações desportivas.

ABSTRACT

Master's Thesis
Civil Engineering Postgraduation Program
Santa Maria's Federal University, RS, Brazil

EVALUATION OF SPORT BUILDINGS'S THERMAL PERFORMANCE IN SANTA MARIA - RS

AUTHOR: MARISTELA GUARESCHI
THESIS ADVISOR: JOAQUIM CÉSAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Date and place of presentation: Santa Maria, July 14th, 2008.

The sport activities get a healthy life, they warrant mental well-being and the social meeting to people. The spaces to these activities must be suitable to them and must offer minimum conditions of comfort to the users. Therefore, in this paper the thermal performance of sport building from Santa Maria – RS is analysed, in order to propose project recommendations aiming the adaptation to the temper climate. In this research context, sport buildings are gymnasiums whose court is bound by walls; in most cases, they have great volumetry and rectangular shape in plan. The analysis's emphasis is about the court room. The approach was by parsing of date from the temperature measurement. Internal and external temperatures were measured in four building types, regarded the most representative ones inside a total of twenty edifices. The thermal performance verified in studied buildings shows that great volume, higher values of thermal inertia and selective ventilation are the most relevant characteristics towards a building's positive performance in relation to the local climate. This study's contribution is to present informations about a type of edifice that have been little explored concerning thermal performance.

Keywords: Thermal performance; Sport buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Primeiros Jogos Olímpicos da Era Moderna	20
Figura 1.2	O ursinho Misha	21
Figura 2.1	Carta Bioclimática para países em desenvolvimento e suas estratégias de condicionamento térmico	29
Figura 2.2	Zoneamento Bioclimático brasileiro para fins de edificação (1995).....	30
Figura 2.3	Carta Bioclimática adaptada e suas estratégias de condicionamento térmico	31
Figura 2.4	Zoneamento Bioclimático brasileiro (1999)	32
Figura 2.5	Ação dos ventos combinada ao efeito chaminé	39
Figura 2.6	Esquema explicativo da inércia térmica	45
Figura 2.7	Variação de temperaturas operativas internas aceitáveis em espaços condicionados naturalmente	49
Figura 3.1	Vistas internas de edificações do levantamento preliminar	56
Figura 3.2	Vistas externas de edificações do levantamento preliminar	56
Figura 3.3	Localização dos equipamentos de medição no interior dos ginásios	59
Figura 4.1	Mapa político do Rio Grande do Sul e a localização de Santa Maria	61
Figura 4.2	Malha urbana de Santa Maria	62
Figura 4.3	Mapa de Clima do Brasil (2002)	62
Figura 4.4	Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (2006)	63

Figura 4.5	Vistas externa e interna do Ginásio do Colégio Coração de Maria	64
Figura 4.6	Planta do Ginásio do Colégio Coração de Maria	65
Figura 4.7	Vistas externa e interna do Ginásio da Escola Paulo de Tarso	66
Figura 4.8	Planta do Ginásio da Escola Paulo de Tarso	66
Figura 4.9	Vistas externa e interna do Ginásio do Colégio Santa Catarina	67
Figura 4.10	Planta do Ginásio do Colégio Santa Catarina	67
Figura 4.11	Vista externa do Ginásio do Colégio Santa Catarina com destaque para mecanismos de exaustão e telhas translúcidas da cobertura	68
Figura 4.12	Vistas externa e interna do Ginásio SEST/SENAT	69
Figura 4.13	Planta do Ginásio do SEST/SENAT	69
Figura 4.14	Abertura de exaustão na cobertura do Ginásio SEST/SENAT..	70
Figura 5.1	Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio do Colégio Coração de Maria	73
Figura 5.2	Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria	74
Figura 5.3	Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio da Escola Paulo de Tarso	76
Figura 5.4	Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso	77
Figura 5.5	Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio do Colégio Santa Catarina	78
Figura 5.6	Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio do Colégio Santa Catarina	79
Figura 5.7	Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio SEST/SENAT	80
Figura 5.8	Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio SEST/SENAT	81
Figura 6.1	Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria	84

Figura 6.2	Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso	86
Figura 6.3	Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio do Colégio Santa Catarina	88
Figura 6.4	Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio SEST/SENAT	90
Figura 6.5	Gráficos de Dia Médio do Período de Verão	92
Figura 6.6	Gráficos de Dia Médio do Período de Inverno	92
Figura 6.7	Valores de amplitude térmica diária externa e interna para os períodos de verão e inverno	93
Figura 6.8	Redução da amplitude térmica x propriedades construtivas	100
Figura 6.9	(a) Capacidade térmica x redução de amplitude térmica (b) índice de ventilação natural x redução de amplitude térmica	101
Figura 6.10	Limites de conforto nas curvas de variação de temperatura do Dia Médio de verão	104
Figura 6.11	Graus-hora de desconforto no interior das edificações – Período de verão	105
Figura 6.12	Limites de conforto nas curvas de variação de temperatura do Dia Médio de inverno	106
Figura 6.13	Graus-hora de desconforto no interior das edificações – Período de inverno	106
Figura 6.14	Graus-hora de desconforto exterior x interior – Período de verão	107
Figura 6.15	Graus-hora de desconforto exterior x interior – Período de inverno	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Edificações do levantamento preliminar	55
Quadro 3.2	Valores dos critérios de divisão das tipologias	58
Quadro 4.1	Características das Edificações Monitoradas	71
Quadro 6.1	Quadro-resumo da Avaliação Bioclimática	91
Quadro 6.2	Quadro-resumo da Avaliação de Dia Médio	102
Quadro 6.3	Quadro-resumo da Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto	108
Quadro 6.4	Quadro comparativo do desempenho térmico dos ginásios analisados	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Dados de Verão – Ginásio do Colégio Coração de Maria	73
Tabela 5.2	Dados de Inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria ...	75
Tabela 5.3	Dados de Verão – Ginásio da Escola Paulo de Tarso	76
Tabela 5.4	Dados de Inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso	77
Tabela 5.5	Dados de Verão – Ginásio do Colégio Santa Catarina	78
Tabela 5.6	Dados de Inverno – Ginásio Colégio Santa Catarina.....	79
Tabela 5.7	Dados de Verão – Ginásio SEST/SENAT	81
Tabela 5.8	Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio SEST/SENAT	82
Tabela 6.1	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Coração de Maria – Período de Verão ...	94
Tabela 6.2	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio da Escola Paulo de Tarso – Período de verão	94
Tabela 6.3	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Santa Catarina – Período de verão	95
Tabela 6.4	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio SEST/SENAT – Período de verão	96
Tabela 6.5	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Coração de Maria – Período de inverno .	96
Tabela 6.6	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio da Escola Paulo de Tarso – Período de inverno	97
Tabela 6.7	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Santa Catarina – Período de inverno	98

Tabela 6.8	Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio SEST/SENAT – Período de inverno	99
------------	--	----

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Planilha de Edificações do Levantamento Preliminar	121
---	-----

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

Aa	Área total da abertura
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ap	Área total do compartimento
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.
COI	Comitê Olímpico Internacional
e	Espessura de material sólido homogêneo
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IVN	Índice de ventilação natural
J	Joule
K	Graus Kelvin
m²	Metro quadrado
m³	Metro cúbico
NBR	Norma brasileira
PIB	Produto interno bruto
R	Resistência térmica
Raa	Coeficiente de redução de área de abertura
Rc₁	Resistência térmica da camada 1
Rc₂	Resistência térmica da camada 2
Rda	Coeficiente de redução por atrito
Rmd	Coeficiente de redução por mudança de direção
Rse	Resistência térmica superficial externa

R_{si}	Resistência térmica superficial interna
R_T	Resistência térmica total
Temp.	Temperatura
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
α	Absortância térmica
λ	Coefficiente de condutividade
ρ	Refletância térmica
μ	Coefficiente de amortecimento
°C	Graus Célsius

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ANEXOS	14
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	15
1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Objetivos	23
1.1.1 Objetivo Geral	23
1.1.2. Objetivos Específicos	23
1.2 Estrutura do Trabalho	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1. Conforto Térmico	25
2.1.1. Conforto Térmico no Brasil	26
2.2. Arquitetura Bioclimática	27
2.2.1. Zoneamento Bioclimático Brasileiro	29
2.3. Clima	32
2.3.1. Climas Urbanos e as Ilhas de Calor	32
2.3.2. Climas Temperados	33
2.4. Variáveis Ambientais	33
2.4.1. Temperatura	34
2.4.2. Insolação	35

2.4.3. Umidade	36
2.4.4. Ventilação	36
2.4.4.1 Ventos	39
2.4.4.2 IVN: Índice de Ventilação Natural	39
2.5. Variáveis Arquitetônicas	41
2.5.1. Resistência Térmica	42
2.5.2. Inércia Térmica	43
2.5.3. Absortância e Refletância	44
2.6. Normalização	45
2.7. Análise de Desempenho Térmico	48
3. METODOLOGIA	53
3.1. Primeira Fase: levantamento preliminar	53
3.2. Segunda Fase: definição das edificações para monitoramento	56
3.3. Terceira Fase: monitoramento das temperaturas	58
3.3.1. Equipamentos	58
3.3.2. Período de Monitoramento	59
3.4. Quarta Fase: análise dos resultados	60
4. OBJETO DE ESTUDO	61
4.1. Caracterização Climática de Santa Maria	61
4.2. Descrição da Edificações Analisadas	63
4.2.1. Ginásio do Colégio Coração de Maria	64
4.2.2. Ginásio da Escola Paulo de Tarso	65
4.2.3. Ginásio do Colégio Santa Catarina	66
4.2.4. Ginásio SEST/SENAT.....	68
5. RESULTADOS	72
5.1. Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado	73
5.2. Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado	75
5.3. Ginásio de Menor Volume Ventilado	77
5.4. Ginásio de Maior Volume Ventilado	80
6. ANÁLISE DE RESULTADOS	83
6.1. Avaliação Bioclimática	83
6.1.1. Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado	84
6.1.2. Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado	86

6.1.3. Ginásio de Menor Volume Ventilado	87
6.1.4. Ginásio de Maior Volume Ventilado	89
6.2. Avaliação do Dia Médio	91
6.2.1. Redução da Amplitude Térmica no Dia Médio	100
6.3. Avaliação dos Graus-hora de Desconforto	102
6.3.1. Limites de Conforto no Dia Médio	103
7. CONCLUSÕES	111
7.1. Sugestão para Trabalhos Futuros	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

1 INTRODUÇÃO

A prática esportiva pode ser associada à humanidade há aproximadamente quatro mil anos, já que o registro mais antigo remonta a um mural datado de 1850 a.C. com ilustrações alusivas a movimentos de luta, na Necrópole de Beni-Hassan no Egito. “O esporte sempre acompanhou o homem. A necessidade fez com que ele praticasse natação, arco e flecha, luta e outros” (DUARTE, 2000, p. 22).

As competições esportivas já aconteciam com regularidade na Grécia há cerca de três mil anos, onde, por conseguinte, deu-se a primeira edição dos Jogos Olímpicos, em 776 a.C.

“Os jogos tinham significado religioso, já que os atletas competiam em honra de Zeus, o principal deus dos gregos. Havia também orientação política: as cidades gregas interrompiam as guerras entre si, durante as disputas.” (TURCO, 2006, p. 2)

Após a proibição dos Jogos Olímpicos, tidos como ritual pagão pelo imperador Teodósio na Roma cristã em 393 d.C. as competições esportivas de que se tem notícia na Idade Média resumiram-se a esgrima e torneios de cavalaria.



Figura 1.1 - Primeiros Jogos Olímpicos da Era Moderna

Fonte: (MEMÓRIA OLÍMPICA)

Os jogos olímpicos só voltaram a ser realizados em 1896, depois do congresso esportivo de Paris e da criação do Comitê Olímpico Internacional (COI);

feitos que se devem, principalmente, ao barão de Coubertin (primeiro presidente do COI), educador francês que foi bastante influenciado pelas idéias do pedagogo inglês Thomas Arnold, “para quem a prática regular do esporte devia fazer parte da educação dos jovens” (TURCO, 2006, p. 3-4). Uma imagem dos primeiros jogos olímpicos da era moderna pode ser vista na figura 1.1.

Desde então o esporte vem sendo um meio de aproximação e congregação entre os povos de diferentes raças, religiões e regimes políticos. Sua representatividade pode ser medida pelos fatos ocorridos no cenário esportivo que marcaram para sempre a história da humanidade: como as 4 medalhas de ouro conquistadas pelo atleta negro norte-americano Jesse Owens nas Olimpíadas da Berlim de Adolf Hitler; o ataque terrorista à Vila Olímpica de Munique em 1972; e a popularização do ursinho Misha (figura 1.2), o mascote da edição dos jogos olímpicos de 1980 em Moscou (TURCO, 2006, p. 5-7).



Figura 1.2 - O ursinho Misha.

Fonte: (MOTTA, 2007)

“Cada vez mais a atividade física está presente no nosso dia-a-dia, seja como lazer, esporte recreativo, ou de competição”, favorecendo, principalmente, o corpo, pois “promove uma melhor condição orgânica no indivíduo, permitindo uma forma de vida mais saudável” (CARTILHA OLIMPISMO); além de proporcionar bem-estar mental e integração social.

Em função dessa série de benefícios, espera-se que os espaços que sediam a prática do esporte estejam aptos para tal, apresentando um funcionamento

adequado às atividades realizadas e garantindo condições mínimas de conforto aos usuários, sendo que conforto ambiental é definido por EGAN (1975 apud MALHEIROS, 2005, p. 10-11) como a:

“combinação de aspectos fisiológicos (visuais, higiênicos, acústicos, térmicos), psicológicos (de reconhecimento, adaptação), funcionais (atividades, permanência, convivência) e dimensionais (espaços para as atividades, antropometria) que atuam em conjunto, nos espaços artificialmente construídos para uso humano e que transmitem momentaneamente uma ‘sensação’ agradável aos usuários desses espaços.”

A adaptação do ser humano a um ambiente é um processo complexo que depende de todos esses fatores, além dos padrões sócio-culturais próprios de cada indivíduo, de maneira que a realização de uma análise global, sob o ponto de vista técnico, mostra-se bastante difícil conforme AROZTEGUI (1990, p. 121) menciona em:

“Läs variables que determinam el desempeño térmico de una vivienda son innumerables y cualquier modelización globalizada incluye excesivas para ser operativo.”

Sendo assim, este trabalho aborda edificações desportivas analisadas quanto ao desempenho térmico. No contexto desta pesquisa, entende-se que *Edificações Desportivas* correspondem a ginásios onde o ambiente da quadra é delimitado por paredes, constituindo um edifício de grande volume com formato retangular em planta. A ênfase da análise será voltada ao compartimento da quadra.

FANGER (1973) afirma que a sensação térmica em determinado ambiente é influenciada por variáveis fisiológicas (metabolismo) e ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa, velocidade do fluxo de ar, radiação solar). Assim, no presente trabalho a avaliação se volta às variáveis ambientais, de maneira que não serão medidas as condições de conforto dos usuários nos espaços em questão e, sim, será analisado o comportamento térmico do espaço interno das quadras esportivas frente às variações do clima de Santa Maria, em função das características construtivas dos edifícios.

A cidade de Santa Maria está situada na Depressão Central Gaúcha e apresenta clima temperado mesotérmico brando super úmido, com temperaturas médias entre 10º e 15ºC.

Com uma configuração climática bastante diferente do resto do território brasileiro, Santa Maria e todo o estado do Rio Grande do Sul apresentam condições críticas de clima tanto no verão quanto no inverno. Dificultando, assim, que os edifícios apresentem boas condições de conforto térmico unicamente por meios naturais, já que características que favorecem o conforto da edificação na estação quente se mostram impróprias na estação fria e vice-versa. (TURIK, 1990, p. 109)

Diante de uma notável lacuna de estudos acerca de edifícios voltados a prática esportiva, a contribuição deste trabalho dá-se em função de que os resultados obtidos com a análise do desempenho térmico das tipologias permitem estabelecer recomendações de projeto, a partir das quais será possível executar edificações desportivas cujo comportamento térmico seja adequado ao clima da região estudada. Estes parâmetros poderão ser empregados tanto nos projetos de ginásios na cidade de Santa Maria quanto em edifícios a serem executados em locais que apresentam condições climáticas semelhantes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho térmico apresentado por edificações desportivas na cidade de Santa Maria – RS, relacionando aspectos projetuais, construtivos e climáticos, a fim de propor recomendações de projeto para este tipo de edificação que resultem em melhores condições térmicas internas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar a Avaliação Bioclimática das edificações a fim de analisar a adequação das mesmas ao clima em questão;

- Realizar a Avaliação de Dia Médio a fim de analisar a adequação das edificações aos períodos de verão e inverno;
- Determinar o número de graus-hora de desconforto em cada edificação empregando o método alternativo da ASHRAE (2004) a fim de relacionar o desempenho térmico com as condições de conforto nas edificações.

1.2 Estrutura do Trabalho

A dissertação foi estruturada em sete capítulos, sendo que o capítulo I traz a introdução do trabalho, na qual se discorre acerca das edificações desportivas e da relevância do tema, bem como são apresentados os objetivos da pesquisa.

O capítulo II consiste na revisão bibliográfica que aborda noções sobre conforto e clima, as variáveis que influenciam o comportamento térmico das edificações, a normalização pertinente e uma breve revisão sobre os métodos de análise de desempenho térmico.

No capítulo III define-se a metodologia empregada na realização do trabalho, especificando os procedimentos, materiais e equipamentos utilizados em cada etapa da pesquisa.

O capítulo IV trata do objeto de estudo, abordando as características do município de Santa Maria e a apresentação e descrição física das edificações analisadas.

No capítulo V são expostos os resultados obtidos com o monitoramento, através de gráficos, tabelas e a descrição dos mesmos.

O capítulo VI traz a análise dos resultados, onde se dá a avaliação bioclimática das tipologias monitoradas relacionando as características construtivas e projetuais com o clima da região em estudo.

No capítulo VII são apresentadas as conclusões da dissertação, baseadas na análise dos resultados, além de sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conforto Térmico

O conforto térmico se mostra como uma necessidade do ser humano, que sempre buscou, mesmo que por intuito, um abrigo que garantisse proteção contra as intempéries e condições desfavoráveis do clima. De acordo com a ASHRAE (1993, apud LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 1997, p. 41), conforto térmico pode ser definido como:

“um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.”

FANGER (1973, p. 14) complementa afirmando que o rendimento intelectual, manual e perceptivo da pessoa é mais elevado se a mesma estiver em conforto térmico.

Ao longo da história, registros mostram que a arquitetura vernacular primava pela utilização das condições favoráveis do clima externo e pela proteção quando o mesmo apresentava características indesejáveis, de maneira a promover “com baixo recurso energético o nível de conforto dos ocupantes apropriado ao clima regional”, conforme observam SILVA e KINSEL (2007, p. 125). Estes autores exemplificam a boa resposta ao ambiente natural mencionando as construções de alta massa térmica da cultura ashanti em Gana, bem como no Oriente Médio, onde além de elevada inércia as edificações apresentam aberturas de pequenas dimensões a fim de oferecer proteção contra a intensa radiação solar. Referem-se, também, aos iglus de forma curva e sem janelas para dificultar as trocas térmicas e manter o aquecimento do ambiente interno.

SCHLEE (2001, p. 23) cita a arquitetura indígena brasileira, destacando a boa inserção da mesma ao clima, à topografia e à paisagem natural; ressaltando, ainda, que:

“... as casas respondiam, de maneira satisfatória, a todas as necessidades de seus moradores. A palha espessa protegia o interior da chuva, do vento e, sobretudo, do sol. Quando fazia frio, era aquecida pelo calor das fogueiras. No calor excessivo, bastava afastar as folhas de broto de babaçu e deixar que a corrente de ar refrescasse o ambiente. Para o índio das regiões tropicais do Brasil, o importante era o isolamento do calor do sol, por isso optaram por uma construção fechada, com apenas duas pequenas aberturas que servem de portas. Uma arquitetura construída, testada e vivenciada ao longo de centenas de anos...”

No entanto, com a Revolução Industrial e o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais na construção civil, teve início um processo de desvalorização gradual da preocupação em adaptar as edificações ao clima, onde a grande variedade de materiais acarretou, muitas vezes, na aplicação inadequada dos mesmos em relação ao conforto térmico. (SOUZA, 1990)

HOUGH (1998, apud DUARTE, SERRA, 2003, p. 8) menciona que o condicionamento artificial tornou possível maior controle das condições climáticas internas dos edifícios, assim, estas passaram a depender quase que exclusivamente de sistemas mecânicos. RHEINGANTZ (2001, p. 39) inclusive declara que:

“A função climática do abrigo se dilui com os ajustes das formas arquitetônicas às novas máquinas... A qualidade do abrigo independe cada vez mais das relações entre cultura e geografia e as condições de conforto passam a ser garantidas por meio da tecnologia – a ponto de levar o homem a colocar-se na posição de ‘criar’ a totalidade do mundo em que vive.”

Uma etapa importante na história da arquitetura, representando um passo rumo ao retorno da relevância do clima como um determinante de projeto, se dá através da obra de Le Corbusier e seu invento: o *brise-soleil*, “que pode ser considerado como magistral, uma das poucas inovações estruturais criadas neste século para o controle ambiental.” (MASCARÓ, 1979, p. 80)

Porém, o envolvimento tecnológico experimentado a partir da II Guerra Mundial deu continuidade à tendência do controle total das condições ambientais através dos meios mecânicos; só, então, com a crise do petróleo dos anos 70 e 80 foi evidenciada a fragilidade do modelo até então adotado e...

“...neste contexto que o conforto ambiental surge como um novo e promissor campo de estudos com o objetivo de estudar a vinculação entre arquitetura e clima, motivado pela necessidade de controlar o desperdício de energia provocado pela arquitetura globalizada e seus monumentos de irracionalidade.” (RHEINGANTZ, 2001, p. 40)

2.1.1 Conforto Térmico no Brasil

Em se tratando do conforto térmico das edificações no Brasil, pode-se afirmar que a arquitetura indígena mostrava-se bastante adaptada ao meio conforme já citado por SCHLEE (2001), e confirmado por BITTENCOURT (1988, p. 17) ao expor que as habitações indígenas visavam principalmente oferecer abrigo noturno e caracterizando-se pelo isolamento térmico que atenuava o calor proveniente do sol durante o dia e mantinha o ambiente mais aquecido que o exterior no período da noite.

Ao longo do período colonial as construções, em geral, apresentavam alta resistência térmica devido à maior espessura das paredes, ausência de fechamentos transparentes e da prevalência dos cheios sobre os vazios. Também podem ser destacados alguns elementos arquitetônicos como alpendres, urupemas, muxarabis, grandes beirais, entre outros, que foram empiricamente utilizados na busca de melhores condições de conforto e adaptação às diferentes regiões brasileiras.

Porém, com a chegada da Família Real em 1808 passaram a ser utilizados elementos industrializados como vidro, calhas e dutos e as edificações coloniais incorporaram platibandas, frontões, pilastras e capitéis de forma que a adequação da construção ao clima tropical foi abandonada em detrimento do estilo europeu e, apenas a partir de 1930 que a Escola Carioca propôs-se a expressar a identidade nacional, através principalmente da retomada das condições climáticas como condicionantes de projeto. (SCHLEE, 2001)

No entanto, os edifícios foram perdendo qualidade (espacial, material e tecnológica) ao longo do tempo, de modo que, apesar da crise energética da década de 70, prédios totalmente inadequados ao clima vem crescendo em número nos centros urbanos atualmente.

2.2 Arquitetura Bioclimática

A arquitetura bioclimática pode ser representada pelas edificações que proporcionam conforto aos usuários, utilizando-se dos recursos naturais, elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas, com baixo dispêndio de energia. Para realização da mesma o conhecimento do clima mostra-se imprescindível, conforme mencionado em MASCARÓ e MASCARÓ (1992, p. 34):

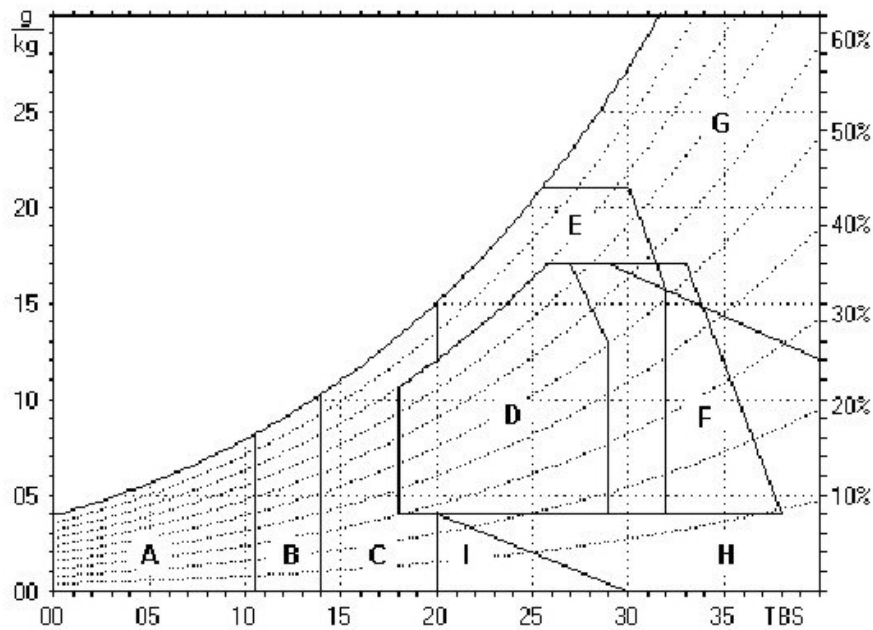
“A solução dos espaços habitáveis não será mais um problema fechado em si mesmo, mas deverá analisar também o modo e a quantidade das manifestações climáticas circundantes. Delas terá que se proteger ou tirar vantagens, explorando-as, por outro lado, da melhor maneira possível para obter o máximo conforto com o mínimo consumo de energia possível”.

Os mesmos autores ainda afirmam que é importante “registrar as características climáticas, definindo-as em termos de requisitos, e elaborar um repertório de soluções técnicas articuladas de modo a satisfazer esses requisitos” (p.24). O nível de adequação ao clima das tipologias em estudo neste trabalho vem a contribuir para a criação desse repertório de soluções técnicas especificamente para o clima temperado mesotérmico (ou para a Zona 2, de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro).

GOULART, LAMBERTS e FIRMINO (1997) ressaltam que algumas diretrizes e métodos para realização de projetos bioclimáticos advém das Cartas Bioclimáticas, definidas como documentos que

“...associam informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas para cada período do ano. As estratégias indicadas pela carta podem ser naturais (sistemas passivos) ou artificiais (sistemas ativos).” (GOULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1997, p. 9)

e apontam a carta bioclimática apresentada por GIVONI (1992) para países em desenvolvimento, na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, como a mais adequada para uso em relação ao clima do Brasil. A carta juntamente com as respectivas estratégias está representada na figura 2.1.



- | | |
|--|---|
| A – Sistema artificial de aquecimento | F – Massa térmica de refrigeração |
| B + C – Aquecim. solar da edificação | G – Sistema artificial de refrigeração |
| C – Massa térmica para aquecimento | H – Resfriamento evaporativo |
| D – Conforto térmico | I – Umidificação do ar |
| E – Ventilação | |

Figura 2.1 - Carta Bioclimática para países em desenvolvimento e suas estratégias de condicionamento térmico

Fonte: (RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999)

Nesta nova versão para a *Building Bioclimatic Chart*, Givoni considera os efeitos da aclimação apresentada por habitantes de países quentes, de forma que não são previstas estratégias de aquecimento, e as propostas para resfriamento incluem ventilação diurna, resfriamento convectivo noturno e resfriamento evaporativo direto e indireto.

2.2.1 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

O Zoneamento Bioclimático Brasileiro foi exposto primeiramente por SILVA, SATTLER e LAMBERTS (1995) com o propósito de apresentar estratégias para as diferentes configurações climáticas do território brasileiro e, assim, oferecer parâmetros para elaboração de uma norma de desempenho térmico. Para a realização do mesmo foram empregadas as normais climatológicas de 204 cidades aplicadas à carta de Givoni já mencionada, de forma que a divisão estabelecida foi composta por 13 zonas, que podem ser vistas na figura 2.2, nas quais as cidades foram agrupadas por afinidade de condições ambientais.

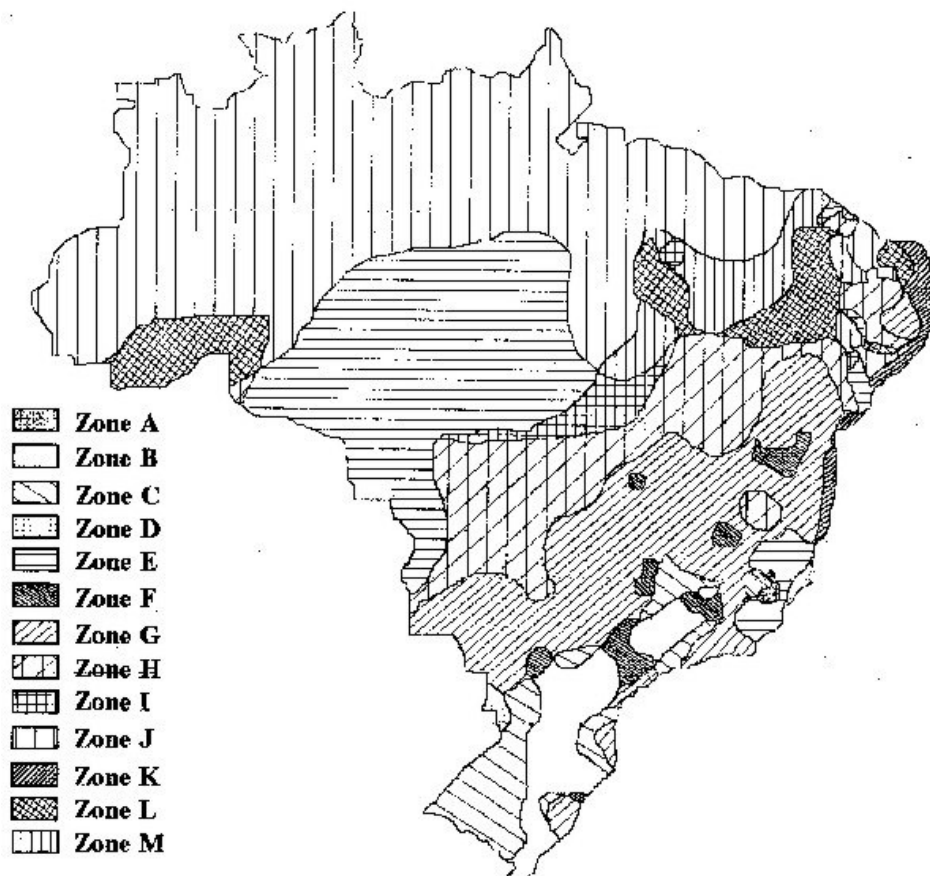
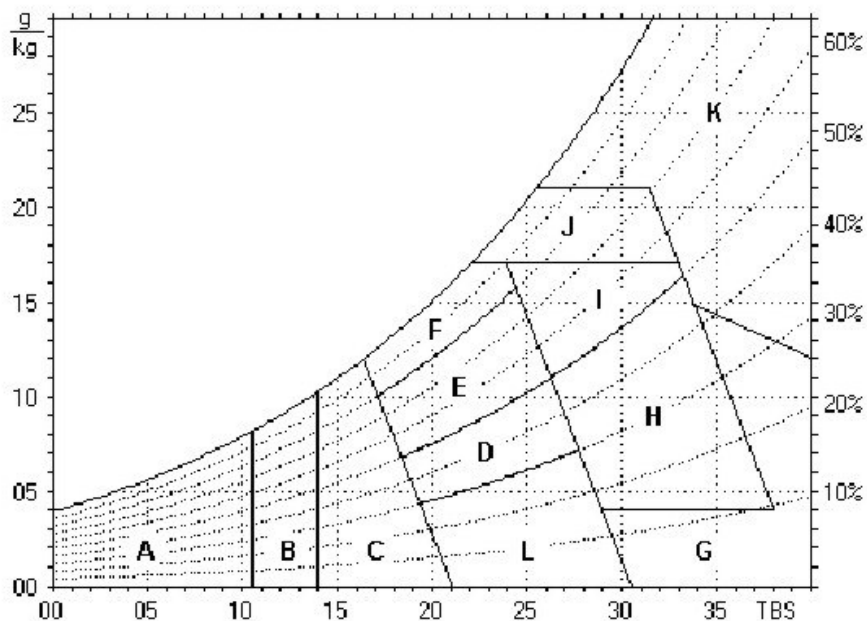


Figura 2.2 - Zoneamento Bioclimático brasileiro para fins de edificação (1995)

Fonte: (SILVA, SATTLER e LAMBERTS, 1995, p. 165)

Já RORIZ, GHISI e LAMBERTS (1999) sugerem algumas adaptações ao desenho da carta de Givoni por considerar que a mesma não representa adequadamente a realidade climática brasileira. Dentre as alterações propostas destaca-se a distinção dos tipos de ventilação em permanente e seletiva (noturna); e a divisão da zona de conforto em duas partes, considerando diferentes valores de umidade relativa, dando origem, assim a Carta Bioclimática e as estratégias apresentadas na figura 2.3.



- | | |
|--|---|
| A – Sistema artificial de aquecimento | F – Desumidificação |
| B – Aquecimento solar da edificação | G + H – Resfriamento evaporativo |
| C – Massa térmica para aquecimento | H + I – Massa térmica de refrigeração |
| D – Conforto térmico (baixa umidade) | I + J – Ventilação |
| E – Conforto térmico | K – Sistema artificial de refrigeração |
| | L – Umidificação do ar |

Figura 2.3 - Carta Bioclimática adaptada e suas estratégias de condicionamento térmico

Fonte: (RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999)

Estas alterações resultaram em um novo zoneamento bioclimático, que divide o país em 8 zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e distribuídas geograficamente conforme representado na figura 2.4:

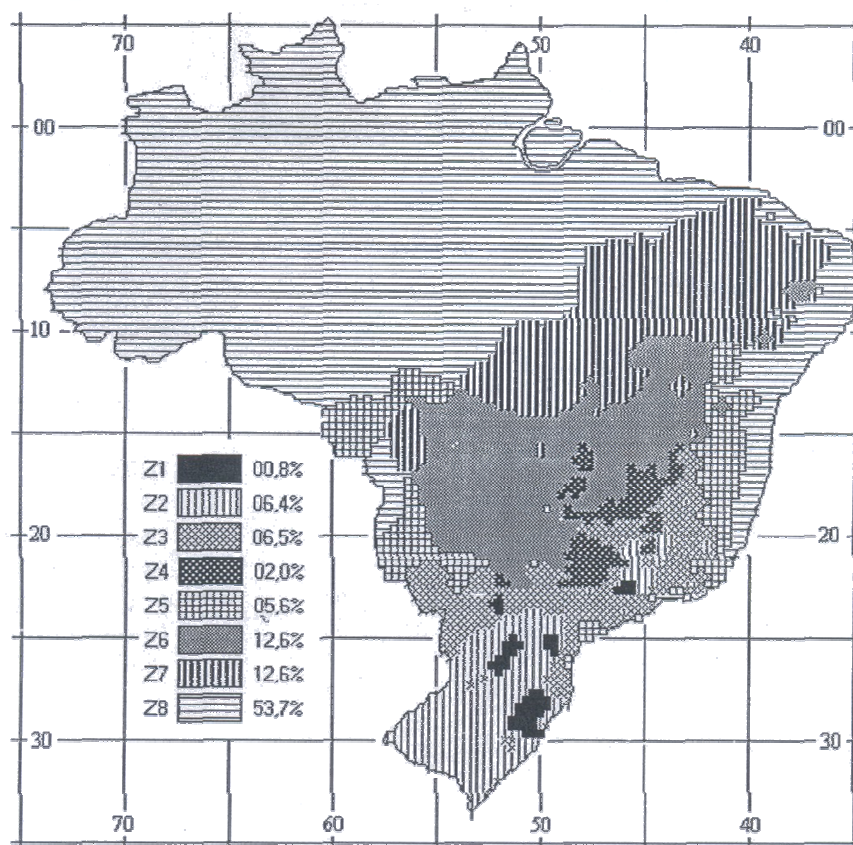


Figura 2.4 - Zoneamento Bioclimático brasileiro (1999)

Fonte: (NBR 15220-3, 2005)

A ABNT adotou o zoneamento apresentado em 1999 na composição da NBR 15220-3 de 2005, estabelecendo diretrizes construtivas para cada zona. A cidade de Santa Maria enquadra-se na zona bioclimática 2 e as diretrizes previstas para tal serão apresentadas no item 2.6.

2.3 Clima

Conhecer as características do lugar em que se projeta é de fundamental importância para uma boa resposta arquitetônica, e a noção do clima local mostra-se como um importante condicionante a ser considerado na elaboração de projetos.

BITTENCOURT (1988, p. 16) comenta sobre a importância que Vitruvius creditava ao clima em relação à arquitetura. O arquiteto romano, autor de um dos mais importantes tratados de arquitetura, afirmava que:

“Os edifícios estarão bem adequados se, desde o princípio, se tem em conta o clima do lugar em que se constrói, porque não há dúvida de que devem ser distintos os edifícios que se fazem no Egito dos que se fazem em Roma”. (GHISI et al, 2005)

Sendo assim, o ambiente construído deve ser concebido de maneira a aproveitar os benefícios do clima e se proteger do seu rigor, buscando o melhor emprego dos recursos naturais e a valorização do lugar.

2.3.1 Climas Urbanos e as Ilhas de Calor

FROTA e SCHIFFER (1995, p. 65) discorrem acerca do clima urbano, mencionando as diferenças de condições climáticas apresentadas pelo mesmo em relação ao macroclima regional. Essas modificações climáticas são consequência do nível de urbanização das cidades, e estão vinculadas diretamente com a densidade da massa construída e as propriedades dos materiais que a compõe, as atividades de produção e o fluxo de veículos, resultando em *Ilhas de Calor*.

De acordo com OKE (1982, apud ASSIS, FRANCISCO, 2006, p. 66) a ilha de calor urbana “é o aumento da temperatura do ar nas áreas mais densas, fenômeno observado principalmente durante o período noturno”. Ainda, segundo ASSIS e FRANCISCO (2006, p. 66), o fenômeno ocorre porque as condições das cidades “acabam provocando a redução das perdas térmicas por resfriamento evaporativo e

convectivo, aumentando o fluxo térmico de calor sensível e favorecendo o estoque de calor nas estruturas urbanas”.

Em função dos ginásios estudados situarem-se na zona urbana, a interferência das ilhas de calor e a possibilidade de diferenças nas temperaturas externas medidas deve ser levada em conta.

2.3.2 Climas Temperados

Os climas temperados apresentam grande amplitude de temperatura anual, com estações claramente definidas e certo rigor climático em ambos os períodos de verão e de inverno.

MENDONÇA e ASSIS (2003) apontam as dificuldades de aplicação de estratégias bioclimáticas que possam satisfazer as distintas necessidades de conforto ao longo de todo o ano, e principalmente não acarretar em efeitos paradoxais, ou seja, onde o conforto em determinado período venha a comprometer a qualidade de uso do mesmo espaço no período seguinte.

Deste modo, FROTA e SCHIFFER (1995, p. 74) prevêm que:

“Nas localidades onde tanto o calor como o frio apresentam certo rigor, devem-se visar alternativas que permitam ora a ventilação cruzada e intensa, ora a possibilidade de fechamento hermético das aberturas para barrar eventuais ventos frios.”

2.4 Variáveis Ambientais

Tem-se em MASCARÓ (1992, p.46) que no início do século o nível de conforto térmico estava apenas relacionado à temperatura do ambiente em questão; hoje já sabemos que o conforto depende principalmente da temperatura, mas também da umidade e da velocidade do ar, além da temperatura radiante das superfícies próximas.

RUAS (1999, p.29) divide as variáveis que interferem no conforto térmico em *variáveis de natureza ambiental* (temperatura do ar, temperatura radiante média,

velocidade do ar e umidade relativa do ar ambiente) e variáveis de natureza pessoal (tipo de vestimenta e tipo de atividade física executada pelo usuário). Como este trabalho visa analisar o desempenho térmico das edificações e não seus níveis de conforto, serão abordadas apenas as variáveis de natureza ambiental.

2.4.1 Temperatura

A temperatura do ar é a variável mais comumente relacionada ao conforto térmico, sendo que a sensação de conforto depende grandemente da mesma, ou seja, depende da perda ou ganho de calor do corpo (decorrente do diferencial de temperatura entre a pele e o ar), complementada pelos efeitos dos demais mecanismos reguladores.

De acordo com COSTA (2003, p.18) a temperatura “é o conceito físico que nos permite medir o estado térmico de um sistema, estabelecendo a sua maior ou menor capacidade de transmitir calor”. Essa transmissão de calor pode ser por condução, convecção ou radiação.

A condução ocorre quando a passagem de calor dá-se pelo movimento das moléculas dos corpos; o fluxo térmico é diretamente proporcional à superfície dos corpos em contato e à diferença de temperatura.

Já a convecção é a passagem de calor em função do movimento das partículas, decorrente da diferença de pressão ocasionada pelo gradiente de temperatura; está diretamente relacionada ao movimento do fluido transmissor e à diferença de temperatura.

E a radiação consiste na emissão de energia calorífica sob a forma de radiações semelhantes à luz. A transmissão de calor por radiação depende do gradiente de temperatura, das dimensões, forma, disposição e natureza das superfícies radiante e irradiada.

A temperatura do ar é a resultante de um balanço energético onde atuam a radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora; a condutividade e a capacidade térmica do solo, que determinam a transmissão de calor por condução; e as perdas por evaporação, convecção e radiação (GHISI et al (2005, p.22).

Também é interessante destacar o conceito de temperatura operativa, apresentado por MERCADO e ESTEVES (2006, p. 336) como a combinação entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média; ou seja, a temperatura operativa resume as perdas ou ganhos de calor em um corpo, desiguais por todos os lados, a uma temperatura homogênea fictícia.

2.4.2 Insolação

A insolação é responsável por grande parte dos ganhos de calor do edifício, influenciando as temperaturas internas e externas. WEBER (2005, p. 11) a descreve como:

“... um fator de grande importância na definição do projeto arquitetônico, pois influencia diversas decisões, tais como orientação de fachadas e aberturas, tipos de fechamentos transparentes e principalmente as proteções solares.”

A intensidade de radiação solar máxima na superfície terrestre é de aproximadamente 1000 W/m^2 , sendo que parte atinge a mesma de forma direta, e parte de forma difusa, ao ser dispersada pela atmosfera, refletida pelas nuvens, etc. (SZOKOLAY, 1983, p.10).

Segundo LECHNER (1991) a quantidade e a composição da radiação solar que atinge a camada externa da atmosfera são praticamente invariáveis, porém quando a mesma chega à terra, sofre variações decorrentes da constituição da atmosfera e dos diferentes ângulos gerados pelo movimento do Sol, implicando na variação de intensidades ao longo do globo terrestre.

Nos pontos de maior latitude tem-se um intervalo de valores de radiação mais amplo para as diferentes orientações, de maneira que ocorram variações significativas na quantidade de insolação recebida por fachadas de orientações distintas, conforme ressalta MASCARÓ (1992, p. 40). Observa-se que a orientação solar assume importância ainda maior para edificações localizadas no município de Santa Maria e cercanias, por situarem-se aproximadamente entre as latitudes $29^{\circ}39'53''$ a $29^{\circ}43'56''$ Sul.

2.4.3 Umidade

A umidade do ar resulta da evaporação da água (de fontes como mares, rios e lagos) e da evapotranspiração dos vegetais, sendo também influenciada pelo regime de chuvas (FROTA e SCHIFFER, 1995, p. 62). LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (1997) a apontam como a variável climática mais estável ao longo do dia.

A *umidade absoluta* corresponde ao peso de vapor de água contido em cada metro cúbico de ar; como esta quantidade é limitada (dependendo da pressão de saturação do vapor), diz-se que o ar está saturado quando o mesmo contiver o peso máximo de umidade compatível com sua temperatura.

Já a relação estabelecida entre a quantidade de vapor de água existente no ar, e a quantidade que o mesmo conteria caso estivesse saturado representa a *umidade relativa* do ar. (COSTA, 1982, p. 47)

GHISI et al (2005, p.24) descreve a influência desta variável em vales, situação esta que pode ser aplicada à cidade de Santa Maria, cuja área faz parte da Depressão Central Gaúcha, bastante próxima aos Patamares da Borda Oriental da Bacia do Rio Paraná:

“A umidade relativa de mesoclimas podem ser caracterizadas pela topografia, como no caso de vales. As encostas protegem a área do vento, de forma que a umidade dentro do vale se torna alta. Esta alta umidade realça a sensação térmica, razão pela qual os climas de vale são considerados frios no inverno e quentes e abafados no verão.”

2.4.4 Ventilação

A ventilação consiste no processo de renovar o ar de um compartimento; sua principal função é fornecer o volume de ar necessário à respiração ao diluir a concentração de poluentes e restabelecer os níveis de oxigênio. Age, também, melhorando as condições térmicas por influenciar a temperatura e a umidade de um ambiente através da transmissão por convecção, na qual o fluxo de ar pode retirar ou ceder calor aos elementos que compõem o ambiente em questão. (COSTA, 2003)

Outra função da ventilação relacionada ao conforto térmico é o resfriamento provocado pela mesma quando em ação direta sobre o corpo humano, por acelerar as trocas térmicas na superfície da pele, aumentando a evaporação do suor, conforme mencionado por SCIGLIANO e HOLLO(2001, p.14):

“O ser humano sente frescor frente à corrente de ar de um ventilador, aliviando assim sua sensação de calor. A ventilação, seja ela mecânica ou natural, aumenta a evaporação do suor e o efeito de condução, aumentando o processo de transferência de calor da pessoa para o ambiente. Quando o ar se desloca sobre a pele de uma pessoa, devido ao aumento desta evaporação, ela tem a sensação de que a temperatura do ambiente é mais baixa do que na realidade é.”

COSTA (2003, p. 108-109) classifica a ventilação em natural (ou espontânea) e artificial (ou forçada). Definindo a ventilação natural como:

“...aquela que se verifica em virtude das diferenças de pressões naturais (originadas pelos ventos e gradientes de temperatura), existentes através das superfícies que limitam o ambiente considerado.

Com efeito, no interior das habitações, a temperatura do ar varia de local para local de tal forma que a variação de densidade do mesmo cria diferenças de pressão, que se escalonam no sentido vertical. Da mesma forma a ação dos ventos provoca um escalonamento de pressão no sentido horizontal.”

O mesmo autor prevê que os efeitos da ventilação podem ser intensificados por meio da correta disposição das aberturas, tanto pelo aproveitamento da ação dos ventos com a inserção de esquadrias que permitam o direcionamento dos mesmos para o interior do recinto; quanto pela distribuição de portas e janelas em paredes opostas, de forma que o volume de ar atinja todo o ambiente; ou ainda, pela diferença de altura que favorece o movimento convectivo, valendo-se do gradiente de pressão no sentido vertical.

Pode-se afirmar que ao fazer uso da diferença de nível das aberturas, a intensidade da ventilação aumenta proporcionalmente à cota vertical entre as mesmas, ficando claramente configuradas a entrada e a saída do fluxo. A isto denomina-se *efeito chaminé*, bastante comum em edifícios fabris pelo emprego de lanternins e assemelhados. A figura 2.5 representa esquematicamente como se dá a ventilação de um compartimento pela combinação da ação dos ventos com o efeito chaminé.

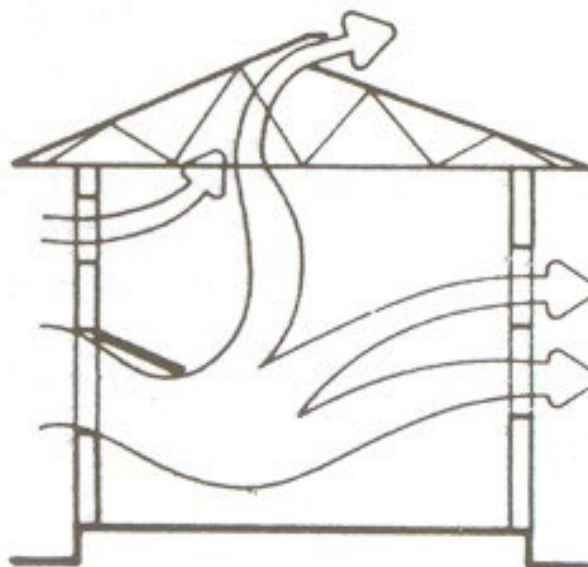


Figura 2.5 – Ação dos ventos combinada ao efeito chaminé

Fonte: (MACINTYRE, 2005, p. 39)

SILVA e KINSEL (2007, p. 132) ao comentar as estratégias previstas pelas cartas bioclimáticas definem a ventilação como:

“... a estratégia de maior eficácia para o condicionamento das edificações durante o verão. Isso ocorre porque a temperatura e a umidade são dissipadas com a movimentação do ar. Essa requer atenção para que o ar utilizado para ventilar seja de temperatura inferior ao contido nos ambientes. Em geral, esse processo é mais efetivo durante a noite.”

No que concerne aos climas temperados e a ventilação, RIVERO (1985) destaca mais uma ambigüidade relativa a este tipo de clima, ao informar que:

“Para o arquiteto, a situação mais complexa se dá nas zonas temperadas, que têm um período frio e outro quente. A arquitetura deve adaptar-se às necessidades diferentes originando o que chamaremos ventilação de inverno, onde a única preocupação são as exigências higiênicas, e a ventilação de verão, que deverá satisfazer tanto às higiênicas quanto às térmicas. Esta dupla condição vai se refletir na localização, área e forma de abrir dos dispositivos, de maneira que no inverno o fluxo se desloque pela zona superior, para evitar o efeito direto sobre as pessoas, enquanto que no verão a massa de ar se movimentará por todo o espaço...”

2.4.4.1 Ventos

De acordo com GHISI et al (2005, p. 24) a distribuição dos ventos no globo se dá em função das diferenças de intensidade de radiação solar apresentadas entre latitudes altas e baixas. Já FROTA e SCHIFFER (1995, p. 62) complementam afirmando que além do gradiente de temperatura no globo, o aquecimento e esfriamento das terras e mares e o movimento de rotação da Terra também são determinantes das direções e características dos ventos.

O movimento de ar também sofre influência da altitude, topografia e rugosidade do terreno. Regiões de topografia acidentada podem alterar a direção do vento ou então canalizá-lo, aumentando sua intensidade. Já a rugosidade é decorrente do tipo de solo, da presença de maciços de vegetação, ou ainda da cobertura urbana (edifícios e pavimentações). Quanto maior a rugosidade do solo, menor a velocidade do vento. (GHISI et al, 2005)

Em relação à ação dos ventos nas cidades, deve-se considerar que o próprio espaço urbano e o posicionamento dos edifícios agem alterando a direção e a velocidade originais que o fluxo apresentaria em campo aberto, ou seja:

“... a direção do ar está então determinada pelas ruas, ao mesmo tempo em que se geram turbulências de toda ordem, entre as quais se incluem correntes ascendentes e descendentes que fazem inoperante qualquer esquema de ventilação baseado em dados proporcionados pelos serviços meteorológicos.” RIVERO (1985, p. 116)

2.4.4.2 IVN: Índice de Ventilação Natural

O Índice de Ventilação Natural é um método apresentado por SCIGLIANO e HOLLO (2001) que permite quantificar a ventilação natural de uma edificação a partir de tamanho, quantidade e tipo de abertura das esquadrias em relação às dimensões do compartimento em planta, ou seja,

“... representa o grau de eficiência da ventilação natural de um edifício e é facilmente calculado a partir da área de piso e da área e do formato das aberturas de ventilação, respeitando-se os valores mínimos para pé-direito bem como a posição e a uniformidade de distribuição das aberturas.” (SCIGLIANO e HOLLO, 2001, p. 5)

O método de cálculo se mostra bastante adequado para a tipologia de pavilhão industrial por ter surgido a partir da observação empírica desse tipo de edificação, e quantifica mais precisamente a ventilação decorrente do efeito chaminé, independente da velocidade dos ventos no exterior. Como pontos que mais influenciam e determinam a eficácia do efeito chaminé, os autores destacam a altura do pé-direito, as dimensões e localização das esquadrias, além da área efetiva de passagem de ar e o direcionamento do fluxo nas mesmas.

A fim de estabelecer o IVN de um edifício, o primeiro passo seria determinar os IVNs parciais correspondentes à entrada e à saída de ar, considerando como índice válido o menor destes valores; que geralmente variam de 0,15 a 4,00. A partir da observação realizada constatou-se que a eficiência da ventilação é proporcional ao valor de IVN, de maneira que valores entre 3,00 e 4,00 configuram edificações bem ventiladas.

O IVN é calculado pela fórmula:

$$IVN = \frac{Aa}{Ap} \times Raa \times Rda \times Rmd \times 100$$

(equação 01)

Sendo que:

Aa = área total da abertura;

Ap = área total do compartimento;

Raa = coeficiente de redução de área de abertura;

Rda = coeficiente de redução por atrito;

Rmd = coeficiente de redução por mudança de direção.

Em relação aos coeficientes, o valor de Raa equivale ao quociente entre a área efetivamente disponível para a passagem de ar e a área da abertura. O Rda representa o grau de dificuldade em função do atrito, a que o fluxo de ar é submetido quando passa pela esquadria, e depende da distância entre aletas ou da presença

de telas de proteção, por exemplo. Uma tabela com valores mais usuais de Rda pode ser encontrada em SCIGLIANO e HOLLO (2001, p.84). Já o Rmd consiste na perda de eficiência da ventilação sempre que o fluxo de ar tiver que mudar de direção, por exemplo, quando o ar quente precisa descer antes de sair do edifício, sendo que sua tendência natural seria subir. Valores de Rmd constam em SCIGLIANO e HOLLO (2001, p.96-99).

A fim de estabelecer o IVN de um edifício, o primeiro passo seria determinar os IVNs parciais correspondentes à entrada e à saída de ar, considerando como índice válido o menor destes valores; que geralmente variam de 0,15 a 4,00. A partir da observação realizada constatou-se que a eficiência da ventilação é proporcional ao valor de IVN, de maneira que valores entre 3,00 e 4,00 configuram edificações bem ventiladas.

2.5 Variáveis Arquitetônicas

A envolvente do edifício determina as trocas térmicas entre os meios exterior e interior, e suas propriedades implicam nas condições ambientais dos espaços internos. (SILVEIRA, 2005, p. 1923)

Tem-se em GIVONI (1998) que as propriedades dos fechamentos que controlam estas trocas são:

- a resistência térmica das superfícies;
- a inércia térmica do conjunto construído;
- a absorção ou reflexão da radiação solar pelas faces externas das edificações.

2.5.1 Resistência Térmica

A NBR 15220-1 (2005, p. 1) define resistência térmica (R) como o “quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário”.

O conceito de resistência está relacionado com a condutividade térmica, que é uma característica física própria do material, de maneira que quanto maior a condutividade, menor será a resistência do elemento ou componente construtivo:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

(equação 02)

Sendo que:

R = resistência térmica;

e = espessura de material sólido homogêneo;

λ = coeficiente de condutividade.

De acordo com COSTA (2003, p. 69) o valor do coeficiente de condutividade diminui na ordem sólido-líquido-gasoso, tendo como extremos os valores da prata: 360 Kcal/m.h.°C, altamente condutora; e do ar puro: 0,02 Kcal/m.h.°C, um mau condutor de calor.

Em se tratando de fechamentos heterogêneos, a resistência térmica total é a resultante do somatório da resistência de cada camada homogênea mais as resistências superficiais externa e interna:

$$R_T = R_{c1} + R_{c2} + \dots + R_{Se} + R_{Si}$$

(equação 03)

RIVERO (1985, p. 35) afirma que no cálculo da resistência térmica considera-se que o fluxo de calor permanece constante na passagem de um ambiente para

outro através do fechamento, constituindo, assim, o chamado *regime estacionário* ou *uniforme*.

Já no *regime transitório* ou *variável*, o valor das temperaturas varia no interior do fechamento, e “parte do calor que entra por uma das faces da parede serve para aquecê-la, de modo que a quantidade de calor que sai pela outra face é menor, isto é, o fluxo térmico não é permanente.” (COSTA, 2003, p. 101)

2.5.2 Inércia Térmica

DORNELLES (2004, p. 18) descreve a inércia térmica como a capacidade de uma edificação de armazenar calor e liberá-lo algum tempo depois, em função da qual pode ocorrer a diminuição de amplitude das temperaturas internas no ambiente construído.

Dois fenômenos de grande relevância para o comportamento térmico do edifício estão associados à inércia: o *retardo* ou *atraso térmico* e o *amortecimento* da onda de calor. Ambos serão tanto maiores quanto maior for a inércia da construção.

Segundo a NBR 15220-1 (2005, p. 2) o atraso térmico consiste no...

“Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.”

Já a capacidade de amortecimento é a propriedade do material que vem a diminuir a amplitude de variações térmicas. É medida pelo coeficiente de amortecimento (μ), calculado pela razão entre a amplitude de variação da temperatura interna em relação à da temperatura externa, cujos valores são sempre menores do que 1, de modo que podem ser estabelecidas as seguintes relações:

- quanto menor for o valor de μ , maior será a capacidade de amortecimento;
- a capacidade de amortecimento é inversamente proporcional ao coeficiente de condutividade. (RIVERO, 1985, p. 45)

O amortecimento e o atraso térmico podem ser visualizados nas curvas de temperatura do gráfico da figura 2.6.

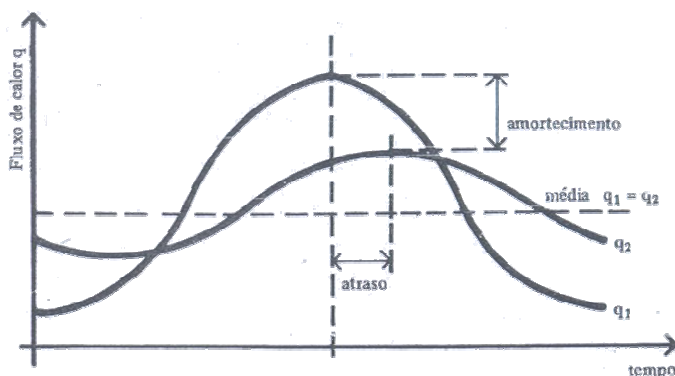


Figura 2.6 - Esquema explicativo da inércia térmica

Fonte: (FROTA e SCHIFFER, 1995, p. 49)

Ainda em relação à inércia térmica de um fechamento, pode-se afirmar que as propriedades termofísicas que a determinam são o calor específico, a condutividade, a difusividade e a efusividade térmicas.

O calor específico é definido por RIVERO (1985, p. 42) como a quantidade de calor necessária para elevar em uma unidade a temperatura de um corpo de massa igual à unidade. Quando este valor pode ser relacionado a espessura de um fechamento, tem-se então a *capacidade térmica*, que vem a ser a quantidade de calor requerida para elevar em uma unidade a temperatura de um fechamento de área igual à unidade e de uma espessura determinada.

FROTA e SCHIFFER (1995, p.49) apresentam o conceito de *superfície equivalente pesada* como forma de avaliar a inércia térmica total das construções, a qual corresponde ao somatório das superfícies das paredes, piso e teto multiplicados pela capacidade térmica respectiva, em relação à área do piso local.

2.5.3 Absortância e Refletância

A radiação solar é responsável pela maior parte dos ganhos de calor de uma edificação, de forma que a absortância das superfícies externas exerce grande

influência na carga térmica total da mesma. DORNELLES e RORIZ (2006, p. 314) definem absorptância como “a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e o total da energia solar incidente sobre ela”.

Já a refletância consiste no “quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (NBR 15220-1, p. 3) e estas duas propriedades (em materiais opacos) podem ser relacionadas da seguinte forma:

$$\alpha = 1 - \rho$$

(equação 04)

Sendo que:

α = absorptância térmica;

ρ = refletância térmica.

DORNELLES e RORIZ (2006) destacam ainda que a relação de absorptâncias em função das cores, apresentada pela maioria dos autores, representa um dado genérico e impreciso, já que a sensação cromática percebida pelo olho humano não configura uma informação confiável desta propriedade para todo o espectro solar, e o acabamento superficial (fosco, mais ou menos brilhante) para uma mesma cor pode implicar em diferenças significativas nas parcelas de energia absorvidas e refletidas.

2.6 Normalização

As regulamentações quanto ao desempenho térmico tiveram origem nas regras empíricas de bem construir. Estas regulamentações e a normalização são instrumentos capazes de garantir condições satisfatórias de conforto aos ocupantes de diversos tipos de edifício; além de proporcionar a otimização no emprego de recursos monetários de órgãos de fomento, a diminuição no gasto de energia com a climatização dos ambientes, e servir de incentivo ao uso de fontes renováveis de

energia, conforme observam AKUTSU e VITTORINO (1997, p. 148), os quais ainda afirmam que:

“... as leis e decretos regulamentando o desempenho térmico e energético das edificações representam não só a garantia de cumprimento das Normas Técnicas, como também constituem o estímulo principal para o seu desenvolvimento, implantação e contínuo aprimoramento, propiciando condições favoráveis à realização até mesmo de pesquisas de caráter inovador. Por outro lado, refletem o grau de desenvolvimento econômico, político e social do país.”

Quanto às normas brasileiras, pode ser citada a NBR 15220 (2005), sob o título geral de “Desempenho térmico de edificações”, elaborada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Esta norma foi dividida em 5 partes, sendo que a primeira apresenta definições, símbolos e unidades; a segunda traz métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Já a terceira parte trata do zoneamento bioclimático brasileiro e aponta diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social; e a quarta e quinta partes apresentam métodos diferenciados de medição da resistência e da condutividade térmica, pelo princípio da placa quente protegida e pelo método fluximétrico.

Segundo a NBR 15220-3 (2005), Santa Maria enquadra-se na zona bioclimática de número 2, de forma que foram estabelecidas diretrizes tanto para o aquecimento, no inverno, como para o resfriamento, no período de verão; a mesma informa ainda que, apenas o condicionamento térmico passivo já é suficiente para serem mantidos níveis aceitáveis de conforto na cidade.

As principais diretrizes construtivas previstas são:

- em relação à ventilação e sombreamento das esquadrias: que as mesmas devem apresentar aberturas médias e permitir a entrada do sol durante o inverno;
- quanto ao tipo de vedação externa: as paredes devem ser leves e a cobertura leve e isolada;
- referente ao condicionamento térmico passivo, as estratégias especificadas são ventilação cruzada no verão e vedações internas pesadas (inércia térmica) no inverno.

O anexo C da referida norma especifica valores relativos às aberturas, transmitância e atraso térmicos, e fator solar para paredes externas e coberturas. De

acordo com este, as aberturas médias enquadram-se na faixa entre 15 e 25% da área do ambiente; paredes leves se caracterizam por:

- transmitância: $U \leq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- atraso térmico: $\varphi \leq 4,3 \text{ h}$;
- fator solar: $FS \leq 5\%$.

E coberturas leves e isoladas apresentam:

- transmitância: $U \leq 2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- atraso térmico: $\varphi \leq 3,3 \text{ h}$;
- fator solar: $FS \leq 6,5\%$.

Já o anexo D (NBR 15220-3, 2005) foi largamente empregado na determinação das propriedades das edificações em estudo. O mesmo tem caráter informativo e apresenta valores unitários de transmitância, capacidade e atraso térmico para paredes e coberturas, que foram utilizados nos cálculos para estabelecer a capacidade térmica total e a superfície equivalente pesada das 20 edificações relacionadas no levantamento preliminar.

Tratando ainda das normas brasileiras, encontra-se na etapa de aprovação o projeto de norma de desempenho de edificações de até cinco pavimentos, na qual se especifica a avaliação térmica de componentes e do edifício como um todo. (GIGLIO e BARBOSA, 2006, p. 92)

Em relação às normas internacionais, pode ser citada a norma Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy de 2004, elaborada pela ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.), cuja finalidade está em determinar a combinação de fatores capaz de garantir condições aceitáveis de conforto à maioria dos ocupantes do espaço. A mesma assume relevância nesta pesquisa ao trazer o modelo adaptativo como método opcional para determinação das condições térmicas aceitáveis em espaços condicionados naturalmente, como os ginásios em questão.

Segundo a norma, a sensação térmica dos usuários em ambientes não climatizados depende principalmente do clima externo, sendo que de posse de dados como a média mensal de temperatura externa pode-se dar entrada no gráfico da figura 2.7 e estabelecer um intervalo de conforto, de maneira que todas as temperaturas fora deste intervalo representam graus-hora de desconforto.

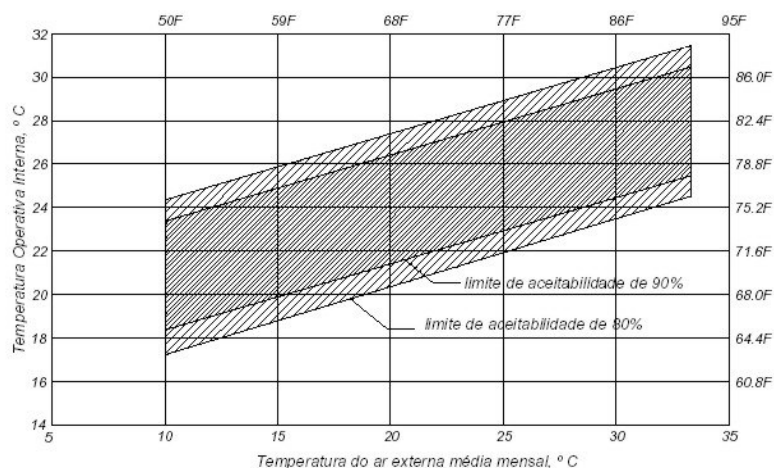


Figura 2.7 – Variação de temperaturas operativas internas aceitáveis em espaços condicionados naturalmente

Fonte: (LAZZAROTTO, 2007, p. 42)

O método volta-se a espaços ventilados naturalmente, nos quais os próprios ocupantes possam ajustar a abertura das esquadrias. Para aplicação do mesmo, considera-se que os usuários estejam usando vestimenta de acordo com a temperatura externa, dispensando, assim, a determinação do valor de isolamento da roupa como variável de influência no conforto do ambiente. (LAZZAROTTO, 2007, p.41)

2.7 Análise de Desempenho Térmico

Diante da inexistência de bibliografias que tratassem especificamente do desempenho térmico das tipologias analisadas nesta pesquisa, buscou-se referências nos trabalhos que analisaram o desempenho térmico de diferentes tipos de edificação.

MASCARÓ e MASCARÓ (1992) prevêm que na avaliação de edificações

“...é indispensável conhecer a qualidade térmica e as características construtivas do edifício, sua localização climática, o nível de conforto exigido no seu interior e a quantidade de horas por dia que ele será utilizado.” (MASCARÓ e MASCARÓ, 1992, p. 43)

E, em se tratando especificamente do desempenho térmico da envolvente, concluem, a partir da análise de habitações térreas, que $\frac{3}{4}$ da radiação térmica recebida dá-se através da cobertura, enquanto o atraso térmico apresentado pela mesma é relativamente menor do que o apresentado pelas superfícies verticais. Sendo que, os ginásios em estudo no presente trabalho são edifícios térreos e, apesar das maiores dimensões, mantêm a proporção entre fechamentos verticais e horizontais das habitações avaliadas por MASCARÓ e MASCARÓ (1992), pode-se supor a importância da cobertura no desempenho térmico da edificação como um todo.

Já ARAÚJO e MARTINS (1995) ao avaliar o desempenho térmico de salas de aula do Campus da UFRN citam AKUTSU (1987 e 88, apud ARAÚJO e MARTINS, 1995, p. 294) afirmando que:

“No processo de avaliação do desempenho térmico de uma edificação, depara-se com um grande número de informações que devem ser previamente processadas. Algumas destas informações correspondem às definições das condições que caracterizam o conforto térmico dos ocupantes, outras correspondem à seleção dos dados climáticos envolvidos e no caso de uma edificação existente, deve-se também considerar as características da construção em si e as atividades a que ela se destina.”

AKUTSU e VITTORINO (1997, p. 148) tratando acerca das tendências atuais nos métodos de avaliação de desempenho térmico, confirmam a importância do conhecimento acerca do clima ao estabelecer que:

“Um fator determinante no método para avaliação de desempenho térmico de edificações é, sem dúvida, a característica climática do local de implantação da edificação.”

E, de maneira bastante relevante para esta pesquisa em especial, acrescentam:

“Em climas quentes a ventilação e a radiação solar, elementos que não são devidamente considerados nos métodos de avaliação baseados eminentemente na resistência térmica das vedações, também exercem papel de importância significativa sobre o desempenho térmico das

edificações, principalmente nas não condicionadas. Nestas edificações, o 'parâmetro' de avaliação deixa de ser o consumo de energia e passa a ser o conforto térmico dos ocupantes, tendo-se como variáveis de análise a temperatura, a umidade e a velocidade do ar e a temperatura radiante média do ambiente."

GRIGOLETTI e SATTLER (2006) revisam métodos de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas, discorrendo acerca do trabalho de TURIK (1998), no qual foi estabelecido um método de comparação das edificações que se pretendia analisar com uma edificação padrão, construída segundo técnicas convencionais e materiais disponíveis na região de Porto Alegre, ou seja:

"O trabalho consistiria, então, em medir o desempenho de uma edificação, notoriamente aceita como padrão, definir valores de referência a partir desse padrão, e, com base nos resultados encontrados, verificar a aceitabilidade ou não de outras soluções a partir da comparação de seu desempenho com o desempenho do padrão adotado." TURIK (1988, apud GRIGOLETTI, SATTLER, 2006, p. 462)

A comparação se daria a partir de protótipos construídos que poderiam ser submetidos a diversas avaliações, inclusive por parte dos usuários, cuja satisfação é de difícil medição. Um dos pontos positivos deste método é o fato de que cada região possa definir o padrão a partir da tecnologia disponível no local, levando em conta o contexto climático e as características da população. O autor ainda defende que:

"...outros fatores além dos aspectos técnicos são relevantes para o desempenho higrotérmico das edificações e devem ser considerados, tais como: orientação solar, cores externas de paredes e fechamentos opacos das aberturas, orientação da cobertura, entre outros. Ou seja, não é suficiente apenas determinar propriedades térmicas dos fechamentos da edificação em termos quantitativos. Características ligadas à forma como tais fechamentos estão dispostos espacialmente têm relevância no comportamento térmico final da edificação." TURIK (1988, apud GRIGOLETTI, SATTLER, 2006, p. 462)

Já BARBOSA (1997) propõe uma metodologia para especificar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares aplicada a Londrina no Paraná. O método proposto baseia-se na comparação do intervalo de tempo de desconforto que determinado sistema construtivo oferece em relação ao número de horas de desconforto considerado aceitável para o referencial cultural assumido.

A pesquisa inclui o levantamento de COHABs existentes no Brasil a fim de identificar o sistema construtivo mais utilizado, de forma a considerá-lo como referencial cultural conhecido. Na análise de cinco tipologias em Londrina foram medidas as temperaturas internas, levantadas as características construtivas das edificações e avaliada a sensação térmica dos usuários. Estes dados permitiram o ajuste do programa de simulação (COMFIE), possibilitando, assim, a análise de diferentes combinações de materiais construtivos.

A abordagem realizada pela autora enfatiza o número de horas de desconforto admissíveis como principal critério de avaliação. O trabalho também demonstrou a validade da zona de conforto definida por GIVONI (1992) para países em desenvolvimento em relação à população das edificações em questão.

FERREIRA (2007) trabalhou na avaliação de edifícios de escritório na região central do Rio Grande do Sul. Partindo do levantamento de dados construtivos referentes a trinta e seis edifícios com altura igual ou superior a cinco pavimentos, nas cidades de Lajeado, Venâncio Aires, Santa Cruz do Sul, Santa Maria, Cruz Alta e Ijuí. Foram definidas cinco tipologias representativas, utilizando-se de critérios como a relação largura/comprimento do prédio, formato do prédio e relação área dos fechamentos transparentes/opacos nas fachadas dos edifícios.

Foram, então, monitoradas as temperaturas do ar interna e externamente em dois intervalos de treze dias, sendo um no período de inverno e outro no de verão, em condições climáticas aleatórias.

A análise se deu a partir das curvas de variação de temperatura, e dos valores de amplitude e amortecimento térmicos, determinados tanto para o intervalo de um dia quanto para o período total de medição, levando-se em consideração, principalmente, duas características de projeto: a capacidade térmica e o percentual de área envidraçada em relação à área total das fachadas.

A metodologia empregada nesta pesquisa é semelhante à realizada por FERREIRA (2007), com algumas adaptações decorrentes das diferenças tipológicas e de uso das edificações analisadas. Em razão de a autora mencionar como uma limitação no estudo a dificuldade de análise comparativa dos resultados em função das medições em períodos diferentes, nesta pesquisa foi priorizado o monitoramento simultâneo das temperaturas em todas as tipologias avaliadas.

3 METODOLOGIA

O uso de metodologias consolidadas já citadas na revisão mostrou-se de difícil aplicação em função das particularidades do tipo de edificação em análise, como a volumetria, a ausência de compartimentação interna e a variação da carga térmica gerada internamente. Cabe ressaltar novamente a lacuna de trabalhos e informações acerca de edifícios voltados a prática esportiva. Assim, a metodologia é resultado da combinação de itens passíveis de aplicação a partir dos materiais e equipamentos disponíveis.

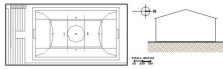

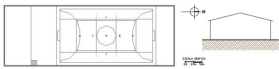

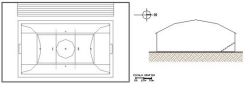

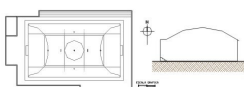

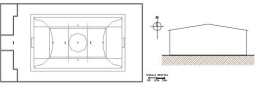

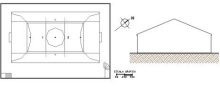

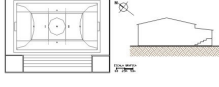

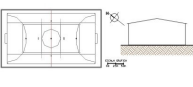

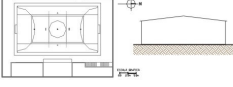

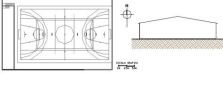

A metodologia consiste no levantamento das edificações desportivas existentes na cidade de Santa Maria e suas características construtivas para então definir as tipologias representativas, nas quais se deu o monitoramento das temperaturas internas e externas simultaneamente em todas as edificações em dois períodos do ano: verão e inverno.

Os procedimentos metodológicos ocorreram em 4 fases seqüenciais, sendo que a realização de cada uma garantiu os elementos e informações aplicados no desenvolvimento das etapas seguintes.

3.1 Primeira Fase: levantamento preliminar

As edificações desportivas de Santa Maria foram relacionadas pela Secretaria Municipal de Esporte e Lazer, sendo que essa relação abrangia ginásios municipais, particulares, de clubes e de escolas, totalizando 28 edificações. Destes, alguns foram descartados de início, em função de algumas tipologias serem consideradas não representativas, por apresentar forma ou materiais construtivos muito diversos dos usualmente empregados nos edifícios em estudo; e, em outras a visita não ter sido permitida.

 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio do Colégio Coração de Maria</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio do Colégio Santa Maria</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio 1 do Centro Desportivo Municipal</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio Didático nº. 1 da UFSM</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio da Escola Antônio Alves Ramos</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio Oreco</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio do Parque Militar</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio do Regimento Mallet</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio de São Marcos</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio do SEST/SENAT</p>

 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio da Assoc. Atlética Banco do Brasil</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio 2 do Centro Desportivo Municipal</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio do Clube Atlético</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio do Clube Socepe</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio do Colégio Centenário</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista interna</p> <p>Ginásio do Colégio Santa Catarina</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio da Escola Duque de Caxias</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio da Escola Luís Vitor Sartori</p>
 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio da Escola Marista Santa Marta</p>	 <p>Vista em planta e corte</p>  <p>Vista externa</p> <p>Ginásio da Escola Paulo de Tarso</p>

Quadro 3.1 – Edificações do levantamento preliminar

Deu-se então o levantamento preliminar de 20 edificações, cujos pontos principais observados foram: forma, dimensões, materiais, quantidade e dimensão das aberturas, relação entre a área de fechamentos opacos e transparentes e o tipo de cobertura. Estes dados juntamente com o registro fotográfico resultaram em plantas, elevações internas e lista de materiais e características construtivas de cada edificação. No quadro 3.1 estão representadas as plantas, cortes, vistas internas e externas das edificações levantadas.

3.2 Segunda Fase: definição das edificações para monitoramento

De posse dos dados advindos do levantamento preliminar, foi possível calcular a capacidade térmica, o IVN (Índice de Ventilação Natural) e a relação entre fechamentos opacos e transparentes, além de apontar a existência ou não de ventilação cruzada no espaço da quadra.

A capacidade térmica total de cada edificação foi determinada utilizando-se dos valores que constam no anexo D da NBR 15220-3, onde são indicadas propriedades térmicas de paredes e coberturas. Foram considerados dois valores relativos à capacidade térmica, o valor total calculado e o valor de superfície equivalente pesada, que vem a ser a razão do valor calculado pela área do piso. Os dados para todas as edificações do levantamento preliminar constam na planilha do Apêndice A.

O Índice de Ventilação Natural foi determinado através método de cálculo apresentado por SCIGLIANO e HOLLO (2001) conforme já tratado na revisão bibliográfica.

Os critérios para definição das edificações a serem monitoradas foram o *volume* e o *IVN*. A capacidade térmica foi descartada como critério em função de FERREIRA (2007, p. 109) ter apontado as dificuldades em se estabelecer uma relação clara e consistente entre a mesma e o amortecimento da onda térmica tanto no período de verão quanto no de inverno; já a relação entre fechamentos opacos e transparentes não apresentou valores com diferenças significativas a ponto de representar um critério de divisão entre as edificações. Porém, tanto estes

percentuais, quanto a capacidade térmica, a superfície equivalente pesada e a ocorrência de ventilação cruzada têm influência no desempenho térmico das edificações e foram utilizados como objeto de análise, participando, desta forma, da obtenção das conclusões do trabalho.

O total de 20 edificações foi dividido, primeiramente em relação ao volume:

- *ginásios de maior volume*, com mais de 10 mil m³ de ar no interior;
- *ginásios de menor volume*, com menos de 10 mil m³ de ar no interior;

Partiu-se então para uma subdivisão baseada nos valores de IVN de maneira que foram considerados:

- *ventilados*, os ginásios com IVN superior a 2;
- *pouco ventilados*, os ginásios com IVN inferior a 2.

A fim de contemplar estes critérios, foi estabelecido que o monitoramento se daria em:

- 1 Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado;
- 1 Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado;
- 1 Ginásio de Menor Volume Ventilado;
- 1 Ginásio de Maior Volume Ventilado.

A divisão das edificações segundo estes critérios teve por objetivo contemplar características opostas em cada par de edifícios a fim de medir a real influência destas no desempenho térmico do conjunto construído. Isto permite, também, que a análise se volte para a combinação das características, avaliando, por exemplo, se a ação que a ventilação exerce nas edificações de menor porte se equivale à verificada nas edificações de maior e vice-e-versa. As edificações monitoradas são apresentadas no quadro 3.2.

Edificações	Volume (m³)	IVN	
Ginásio do Colégio Coração de Maria	13228,60	0,79	<i>Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado; Volume > 10000 / IVN < 2</i>
Ginásio da Escola Paulo de Tarso	5086,28	0,82	<i>Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado; Volume < 10000 / IVN < 2</i>
Ginásio do Colégio Santa Catarina	6774,095	2,62	<i>Ginásio de Menor Volume Ventilado Volume < 10000 / IVN > 2</i>
Ginásio SEST/SENAT	17977	2,38	<i>Ginásio de Maior Volume Ventilado Volume > 10000 / IVN > 2</i>

Quadro 3.2 – Valores dos critérios de divisão dos ginásios

3.3 Terceira Fase: monitoramento das temperaturas

3.3.1 Equipamentos

Em cada edificação foram empregados 4 sensores Hobo (Onset Corporation Ltda.) fazendo a medição das temperaturas internas, sendo que um dos equipamentos registrou também a temperatura externa, a partir do cabo anexado, cuja extremidade permaneceu acondicionada em uma caixa em isopor e papel alumínio com aberturas para ventilação, posicionada sob os beirais das fachadas que não recebiam insolação direta. As plantas da figura 3.3 indicam a localização dos equipamentos no interior das edificações. A altura máxima dos pontos de medição foi de 2,1 metros.

A distribuição dos equipamentos no interior dos ginásios deu-se de maneira a abranger o mais uniformemente possível o ambiente da quadra de esportes, para que os sensores medissem as temperaturas correspondentes às áreas da edificação com diferentes orientações solares, já que DELBENE e EVANS (2006) afirmam que

as temperaturas interiores variam consideravelmente em função da orientação da fachada.

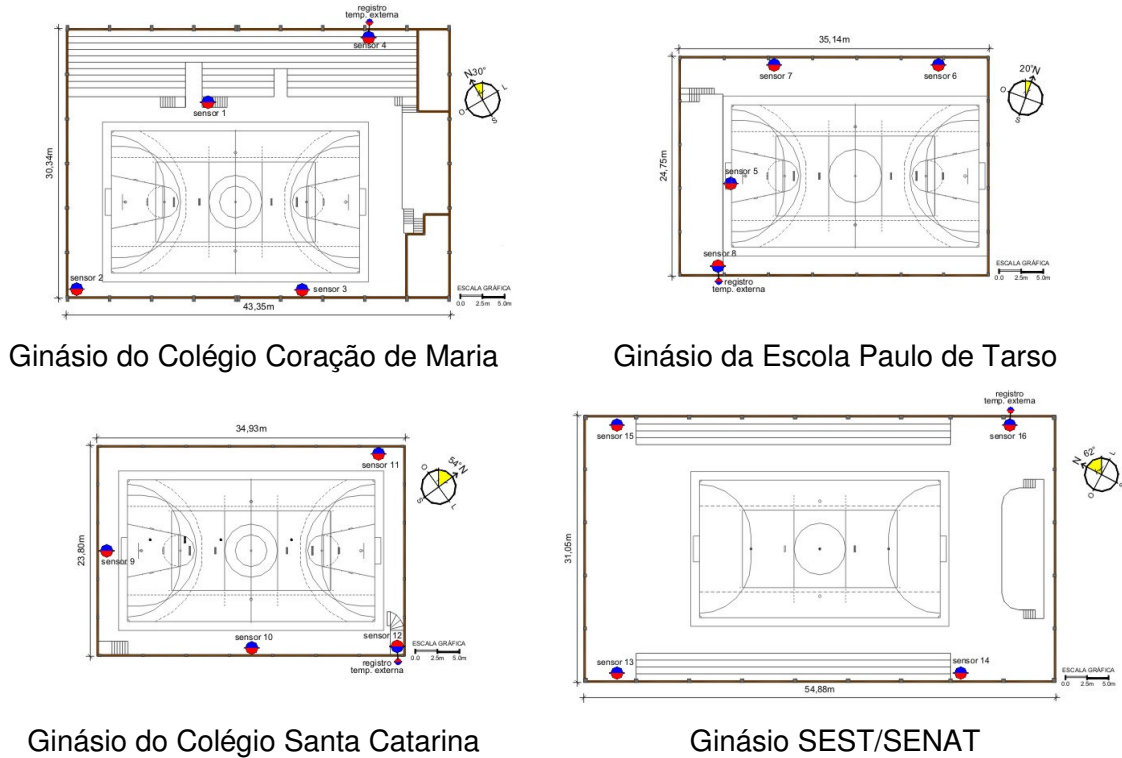


Figura 3.1 – Localização dos equipamentos de medição no interior dos ginásios

Fonte: (a autora)

Os dados de temperatura foram extraídos dos sensores HOBO através do programa Boxcar Pro 4.3 e, posteriormente empregados na elaboração dos gráficos de variação da temperatura ao longo do período de tempo, gerados com a utilização do programa Origin 6.0 Professional.

3.3.2 Período de Monitoramento

A medição das variáveis foi dividida em duas etapas, ocorridas nos períodos climáticos característicos de verão e inverno, simultaneamente nas quatro edificações monitoradas.

A primeira série de medições foi em março de 2007, durante 13 dias e 18 horas (de 5 a 18 de março), com registro das temperaturas a cada 5 minutos; representando o período de verão, compreendido entre 21 de dezembro e 21 de março.

Já a segunda deu-se no mês de julho de 2007, pelo período de 13 dias e 18 horas (de 8 a 21 de julho), com registro das temperaturas a cada 5 minutos; representando o período de inverno, compreendido entre 21 de junho e 23 de setembro.

3.4 Quarta Fase: análise dos resultados

Os resultados foram analisados pela realização de três avaliações:

- Avaliação Bioclimática: na qual os fatores que influenciam o desempenho térmico foram analisados de forma conjunta com o objetivo de medir a adequação das edificações ao clima temperado de Santa Maria;
- Avaliação de Dia Médio: onde foi gerada uma curva de variação diária (a partir da média das temperaturas de três dias do período de monitoramento) que permitiu visualizar o amortecimento da onda térmica proporcionado pela edificação no intervalo de um dia e analisar a adequação da mesma aos períodos de verão e inverno;
- Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto: na qual foram calculados os valores de graus-hora de desconforto a partir da determinação do intervalo de conforto segundo a ASHRAE (2004), visando relacionar o desempenho térmico das edificações com as condições de conforto nos períodos de monitoramento.

4 OBJETO DE ESTUDO

4.1 Caracterização Climática de Santa Maria

Santa Maria é uma cidade de médio porte localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul (figura 4.1). Situa-se entre as coordenadas geográficas 29°39'53" a 29°43'56" de latitude Sul e 53°50'22" a 53°45' de longitude Oeste e apresenta altitudes médias de 100 metros (SAYDELLES, 2005).

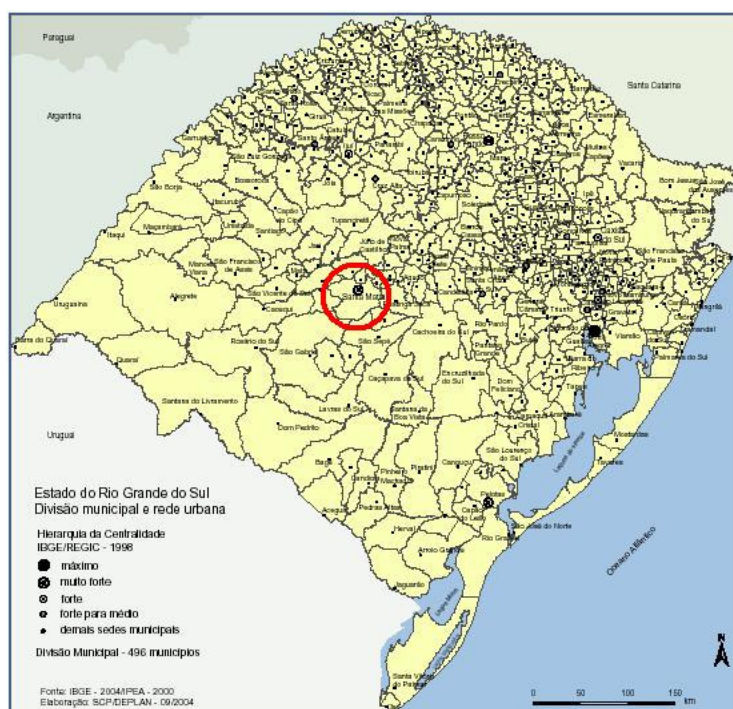


Figura 4.1 – Mapa político do Rio Grande do Sul e a localização de Santa Maria

Fonte: (adaptado do MAPA da Divisão Municipal e Rede Urbana do Estado do Rio Grande do Sul, 2004)

Segundo o IBGE (2004) a população total do município é de 261.980 habitantes e o PIB per capita é de 6.666,00 reais. Configura-se como principal centro de comércio e prestação de serviços da região, funcionando como pólo de atração populacional devido, principalmente, ao número de instituições de ensino. A figura 4.2 apresenta a configuração da malha urbana da cidade.



Figura 4.2 – Malha urbana de Santa Maria

Fonte: (a autora)

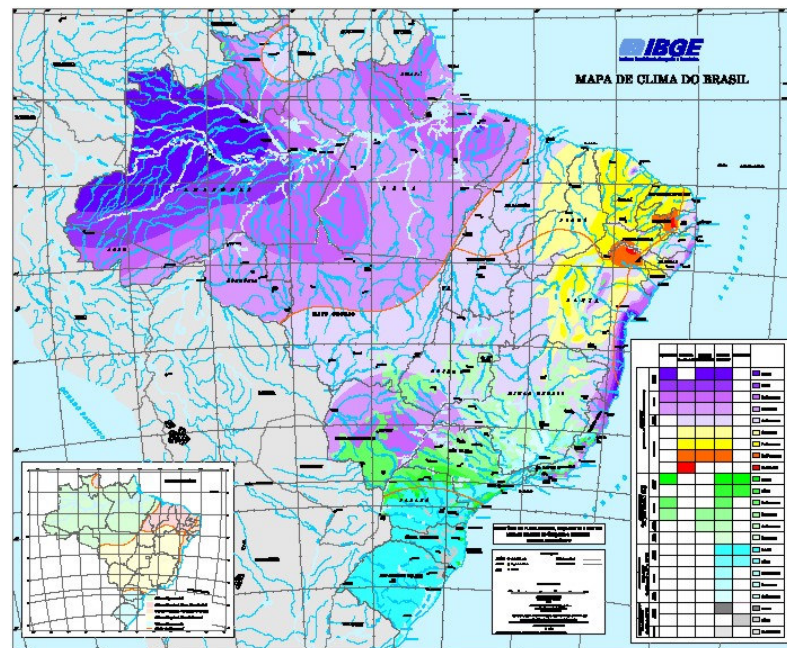


Figura 4.3 – Mapa de Clima do Brasil (2002)

Fonte: (IBGE)

De acordo com o Mapa de Clima do Brasil (2002) ilustrado na figura 4.3, Santa Maria se enquadra na faixa de clima temperado mesotérmico brando (com temperaturas médias entre 10º e 15ºC) super úmido. Já o Mapa de Unidades de

Relevo do Brasil (2006), visto na figura 4.4, aponta a área do município como parte da Depressão Central Gaúcha, bastante próxima aos Patamares da Borda Oriental da Bacia do Rio Paraná.

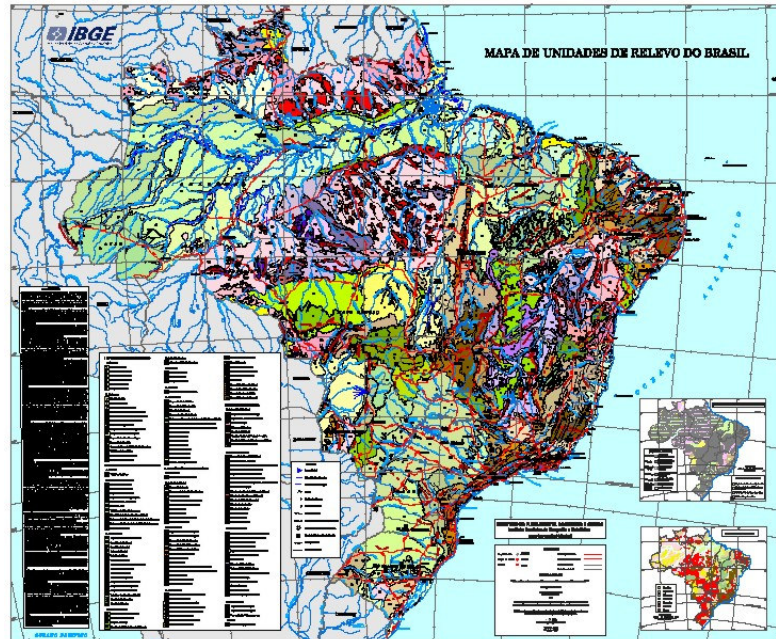


Figura 4.4 – Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (2006)

Fonte: (IBGE)

Quanto aos ventos predominantes, SARTORI (1979) afirma que os mesmos vêm, principalmente, de leste e em segundo lugar de sudeste; sendo que os mais quentes e de maior velocidade são de norte e nordeste e os mais frios vem de sul e sudoeste. Porém este direcionamento do fluxo de vento pode sofrer alterações por estar sujeito à configuração da malha urbana e ao volume de edificações, (SAYDELLES, 2005, p.123).

4.2 Descrição da Edificações Analisadas

As quatro edificações monitoradas situam-se na zona urbana de Santa Maria e como características comuns apresentam o formato retangular em planta que dá

lugar a quadra de esportes. O uso principal do espaço destina-se a prática esportiva, principalmente jogos como vôlei, futebol, handebol e atividades recreativas para crianças, além de sediar, esporadicamente, apresentações artísticas e confraternizações.

4.2.1 Ginásio do Colégio Coração de Maria

Representa o *Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado*. Está localizado no bairro Nossa Senhora das Dores, que se caracteriza pelo uso predominantemente residencial; com presença de vegetação nas ruas, mas principalmente nos pátios e quintais, e densidade populacional elevada, entre 4770 a 6412 hab/km², segundo BOLFE (1997 apud SAYDELLES, 2005, p.90). A figura 4.5 traz imagens do exterior e do interior do ginásio e a planta do mesmo pode ser visualizada na figura 4.6.



Figura 4.5 – Vistas externa e interna do Ginásio do Colégio Coração de Maria

Fonte: (a autora)

Além do compartimento da quadra, apresenta palco, vestiários e sanitários. As paredes externas são em alvenaria aparente de blocos cerâmicos e as internas são rebocadas; a estrutura é mista, com pilares e vigas em concreto armado, e tesouras metálicas treliçadas na cobertura; as arquibancadas têm acabamento em cimento

alisado; as esquadrias são do tipo basculante com vidro liso e as telhas são metálicas. O ginásio não apresenta nenhum mecanismo de exaustão na cobertura.

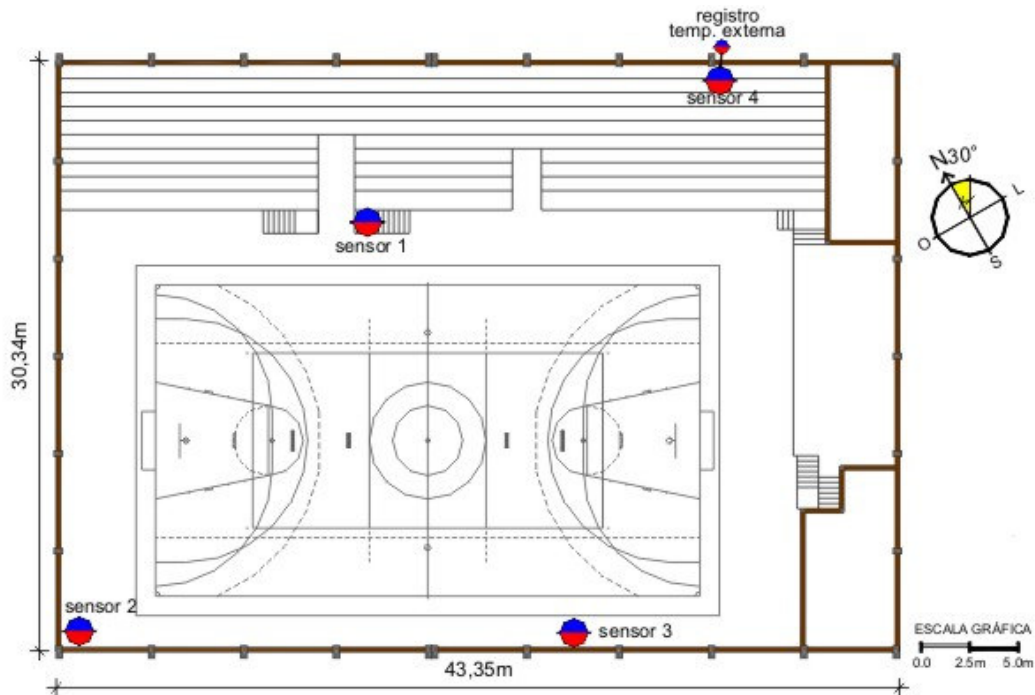


Figura 4.6 – Planta do Ginásio do Colégio Coração de Maria

Fonte: (a autora)

4.2.2 Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Representa o *Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado*. Está localizado no bairro Salgado Filho, que se caracteriza pelo uso essencialmente residencial; apresenta vegetação do tipo arbórea além de gramíneas nas ruas e pátios das casas. A densidade populacional é elevada, entre 4770 a 6412 hab/km², segundo BOLFE (1997 apud SAYDELLES, 2005, p.92). As vistas externa e interna do ginásio são apresentadas na figura 4.7 e planta do mesmo pode ser visualizada na figura 4.8.

Apresenta sanitários, cozinha e mezanino junto ao espaço da quadra. As paredes são em alvenaria aparente de blocos cerâmicos; a estrutura é composta por pórticos pré-moldados em concreto armado; as esquadrias são do tipo basculante com vidro liso e as telhas são metálicas. No ginásio não há arquibancadas nem mecanismos de exaustão na cobertura.



Figura 4.7 – Vistas externa e interna do Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Fonte: (a autora)

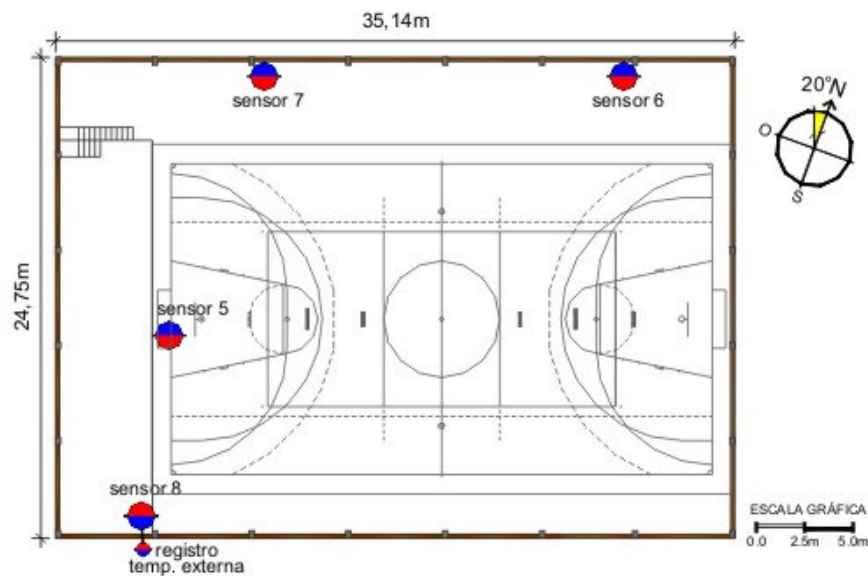


Figura 4.8 – Planta do Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Fonte: (a autora)

4.2.3 Ginásio do Colégio Santa Catarina

Representa o *Ginásio de Menor Volume Ventilado*. Está localizado no bairro Itararé, que se caracteriza pelo uso predominantemente residencial; com presença expressiva de vegetação do tipo arbórea, pois limita-se ao norte com o Rebordo do Planalto. O bairro está bastante próximo à barragem do DNOS e apresenta densidade populacional mediana, entre 3180 a 4769 hab/km², segundo BOLFE

(1997 apud SAYDELLES, 2005, p. 93). A figura 4.9 traz imagens do exterior e do interior do ginásio e a planta do mesmo pode ser visualizada na figura 4.10.



Figura 4.9 – Vistas externa e interna do Ginásio do Colégio Santa Catarina

Fonte: (a autora)

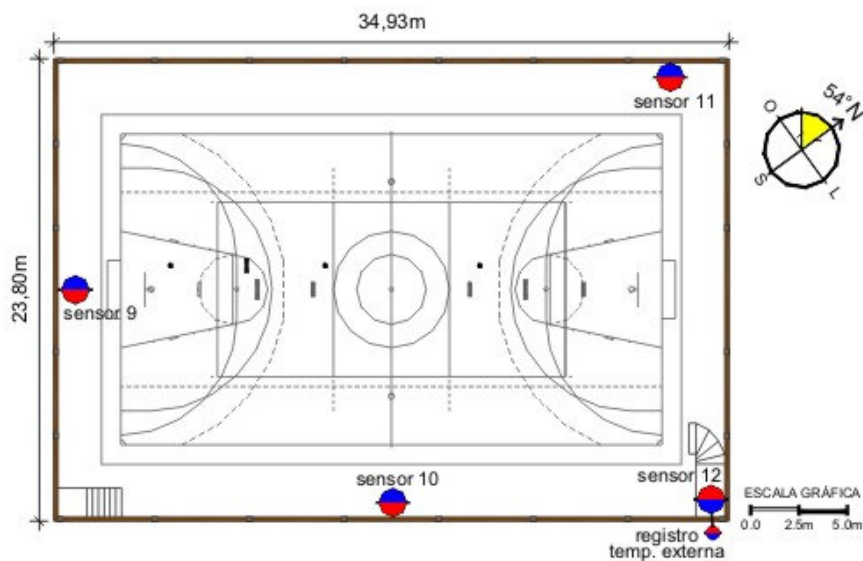


Figura 4.10 – Planta do Ginásio do Colégio Santa Catarina

Fonte: (a autora)

É composto unicamente pelo compartimento da quadra, sem a presença de arquibancadas. As paredes são em alvenaria de blocos cerâmicos, aparente no interior e rebocada com pintura na cor azul no exterior; a estrutura é mista, com pilares e vigas em concreto armado, e tesouras metálicas treliçadas na cobertura; as

esquadrias são do tipo basculante com vidro translúcido; a cobertura é constituída de telhas metálicas, alternadas com faixas de telhas translúcidas e mecanismos de exaustão na linha de cumeeira, destacados na figura 4.11.



Figura 4.11 – Vista externa do Ginásio do Colégio Santa Catarina com destaque para mecanismos de exaustão e telhas translúcidas da cobertura

Fonte: (a autora)

4.2.4 Ginásio SEST/SENAT

Representa o *Ginásio de Maior Volume Ventilado*. Está localizado no bairro Medianeira, o qual se mostra com configurações distintas ao longo de toda extensão, principalmente no tocante à densidade populacional, que é elevada, entre 4770 a 6412 hab/km², apenas em sua parte norte segundo BOLFE (1997 apud SAYDELLES, 2005, p. 91); caracteriza-se pelo uso predominantemente residencial, com presença de vegetação do tipo arbórea nas ruas e pátios. As vistas externa e interna do ginásio são apresentadas na figura 4.12 e planta do mesmo pode ser visualizada na figura 4.13.



Figura 4.12 – Vistas externa e interna do Ginásio SEST/SENAT

Fonte: (a autora)

Além do compartimento da quadra, apresenta palco e arquibancadas com acabamento em cimento alisado. As paredes são em alvenaria de blocos de concreto não rebocados com pintura de cor clara; a estrutura é mista, com pilares e vigas em concreto armado, e arcos metálicos treliçados na cobertura; as esquadrias são do tipo basculante com vidro liso; as telhas são metálicas existem 2 aberturas (sem controle de fechamento) para exaustão de ar, dispostas transversalmente na cobertura, conforme destacado na figura 4.14.

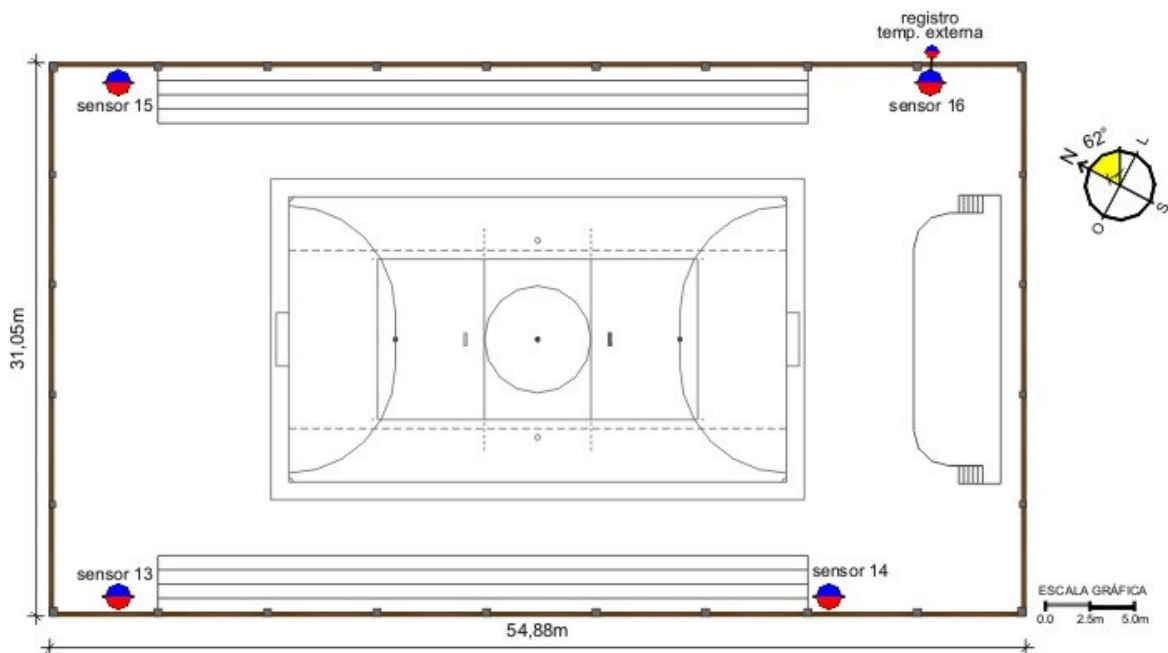


Figura 4.13 – Planta do Ginásio do SEST/SENAT

Fonte: (a autora)



Figura 4.14 – Abertura de exaustão na cobertura do Ginásio SEST/SENAT

Fonte: (a autora)

O quadro 4.1 apresenta um resumo das características construtivas e das propriedades térmicas dos ginásios avaliados.

	Ginásio do Colégio Coração de Maria	Ginásio da Escola Paulo de Tarso	Ginásio do Colégio Santa Catarina	Ginásio do SEST/SENAT
Volume (m ³)	13.228,60	5.086,28	6.774,10	17.977,31
Capac. Térmica [kJ/(m ² .K)]	395.981	127.686,80	174.501,30	393.159,20
Superf. Equiv. Pesada (kJ/K)	346,67	150,94	215,97	235,45
Trans. x Opaco (%)	5,05	4,35	10,11	5,15
Paredes Externas	Alvenaria aparente de blocos cerâmicos.	Alvenaria aparente de blocos cerâmicos.	Alvenaria de blocos cerâmicos, aparente na face interna, com reboco e pintura no exterior.	Alvenarias de blocos de concreto, sem reboco, com pintura.
Estrutura	Pilares e vigas em concreto armado, tesouras metálicas treliçadas na cobertura.	Pórticos com elementos pré-moldados em concreto armado.	Pilares e vigas em concreto armado, tesouras metálicas treliçadas na cobertura.	Pilares e vigas em concreto armado, arcos metálicos treliçadas na cobertura.
IVN Resultante	0,79	0,82	2,62	2,38
Ventilação Cruzada	OCORRE	OCORRE	OCORRE	OCORRE
Mecan. Exaustão Cobertura	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA	APRESENTA	APRESENTA
Ilum. Natural Zenital	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA	APRESENTA	APRESENTA

Quadro 4.1 – Características das Edificações Monitoradas

5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os dados referentes ao monitoramento de temperatura realizado nos períodos de verão e inverno nas quatro edificações em estudo.

Os gráficos indicam as curvas de temperatura externa e interna, sendo que a temperatura interna considerada consiste na média entre os valores medidos pelos quatro equipamentos Hobo colocados no interior de cada edificação.

Nas tabelas estão expressos os valores médios das temperaturas mínimas, das temperaturas máximas e da variação de temperatura diária. Apresentam também a variação máxima de temperatura ocorrida em todo o período, além dos valores de menor temperatura mínima diária e maior temperatura máxima diária registrados durante o monitoramento.

O conjunto de três dias destacado nos gráficos mostra-se como o intervalo mais representativo das condições climáticas locais para as duas estações do ano evidenciadas neste estudo. Foi determinado em função de que nestes três dias, as temperaturas apresentadas nas quatro edificações simultaneamente são as que ocorrem com maior frequência durante todo o período de verão ou de inverno, gerando assim uma situação climática típica para cada uma das estações.

Este intervalo será empregado na composição do que nesta pesquisa convencionou-se chamar de *Dia Médio*, onde a partir da média dos três valores de temperatura para cada hora do dia, é gerada a variação de um dia, no qual podem ser verificados de maneira mais destacada o amortecimento e o atraso térmicos.

A idéia de um intervalo menor, com uma variação de temperatura de maior ocorrência para o período, foi considerada a fim de que valores extremos de temperatura que ocorreram no período de monitoramento não viessem a distorcer a variação do dia médio, criando uma situação não representativa.

5.1 Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado

O Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado é representado pela edificação do Colégio Coração de Maria. A figura 5.1 apresenta o resultado do monitoramento realizado neste ginásio para o período do verão, enquanto a tabela 5.1 lista os dados de temperaturas que ocorreram neste período. A figura 5.2 e a tabela 5.2 apresentam estes dados para o período de inverno.

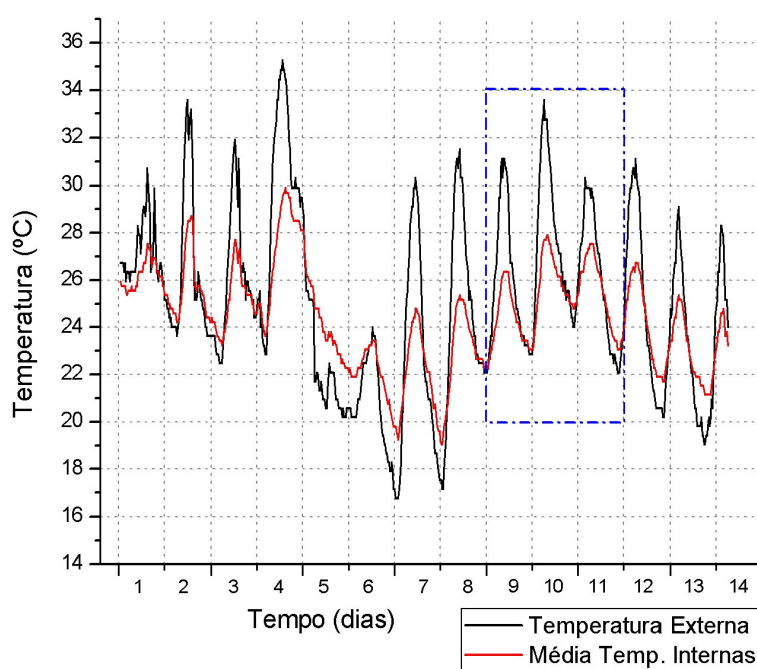


Figura 5.1 – Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio do Colégio Coração de Maria

Tabela 5.1 – Dados de Verão – Ginásio do Colégio Coração de Maria

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Externa	16,76	21,13	35,27	30,23	9,10	18,51
	11/03 05:30 h		08/03 16:00 h			
Interna	19,04	22,07	29,50	26,80	4,73	10,45
	12/03 06:30 h		08/03 16:00 h			

O gráfico da figura 5.1 apresenta valores das temperaturas máximas e mínimas internas atenuadas em relação às externas. São observadas diferenças de até 6,54 °C entre as mesmas, para temperaturas máximas diárias. Já em relação às mínimas, a maior diferença chega a 2,86 °C, ou seja, pode-se verificar um maior amortecimento da curva de temperaturas durante o dia, quando o ginásio está em uso e com temperaturas relativamente mais altas.

A menor amplitude da onda térmica interna é evidenciada pelos números expostos na tabela 5.1, em que os valores de variação média e variação máxima do período são bastante superiores para temperaturas externas, e a diferença entre as temperaturas máximas medidas atinge 5,77°C.

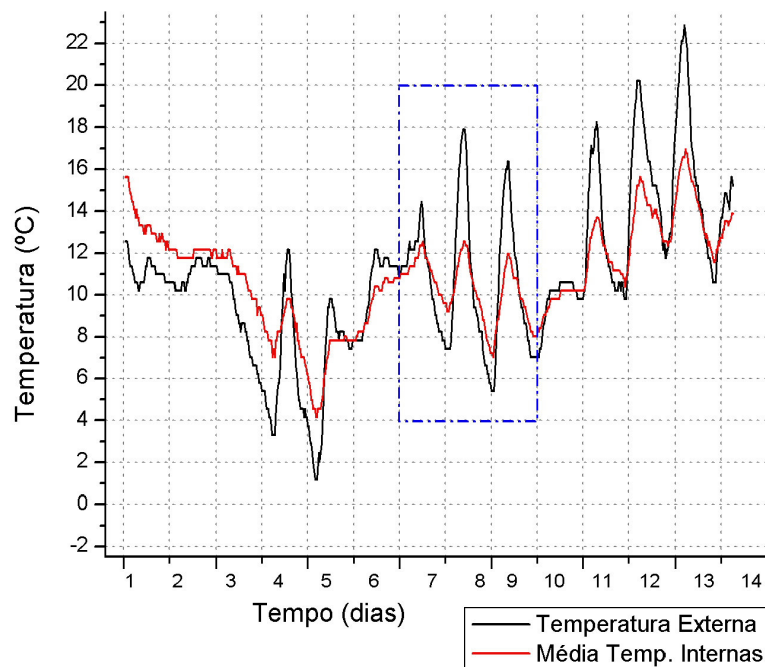


Figura 5.2 – Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria

Na situação de inverno (figura 5.2), pode ser verificada novamente a menor amplitude térmica das temperaturas internas em relação às externas. Repete-se, também, o amortecimento mais expressivo nas temperaturas máximas.

Os valores que constam na tabela 5.2 como variação média e variação máxima do período apresentam diferenças entre temperaturas externas e internas semelhantes às observadas nos dados de verão.

Quando comparado aos demais, este ginásio apresenta temperaturas externas com valores mais elevados, tanto nas mínimas, quanto nas máximas, tanto no período de verão como no de inverno.

Tabela 5.2 – Dados de Inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Externa	2,03 12/07 06:00 h	7,48	22,86 20/07 16:00 h	14,48	7,00	20,83
Interna	4,15 12/07 07:30 h	9,15	16,95 20/07 16:30 h	12,43	3,28	12,80

5.2 Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado

O Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado é representado pela edificação da Escola Paulo de Tarso. Dados referentes a este ginásio para as medições realizadas no período de verão são observados na figura 5.3, sendo uma síntese dos valores apresentada na tabela 5.3. Para o período de inverno os dados são apresentados na figura 5.4 e na tabela 5.4.

O gráfico da figura 5.3 mostra que as temperaturas no interior da edificação são superiores às externas na maior parte do tempo. A variação aponta um amortecimento de até 3,8 °C apenas em relação às temperaturas mínimas, no período da noite, quando o ginásio não está em uso.

Os valores de temperatura máxima registrados interna e externamente (indicados na tabela 5.3) são muito próximos, evidenciando que as condições térmicas extremas do exterior não são amenizadas pela edificação, quando se trata das temperaturas mais elevadas, que ocorrem durante o dia.

Observa-se, pelo deslocamento lateral entre as curvas de temperatura, que ocorre um retardo térmico, ou seja, os valores de temperatura externa demoram um determinado tempo para se manifestar no interior da edificação. No gráfico, este atraso é mais bem visualizado em relação às temperaturas mínimas diárias.

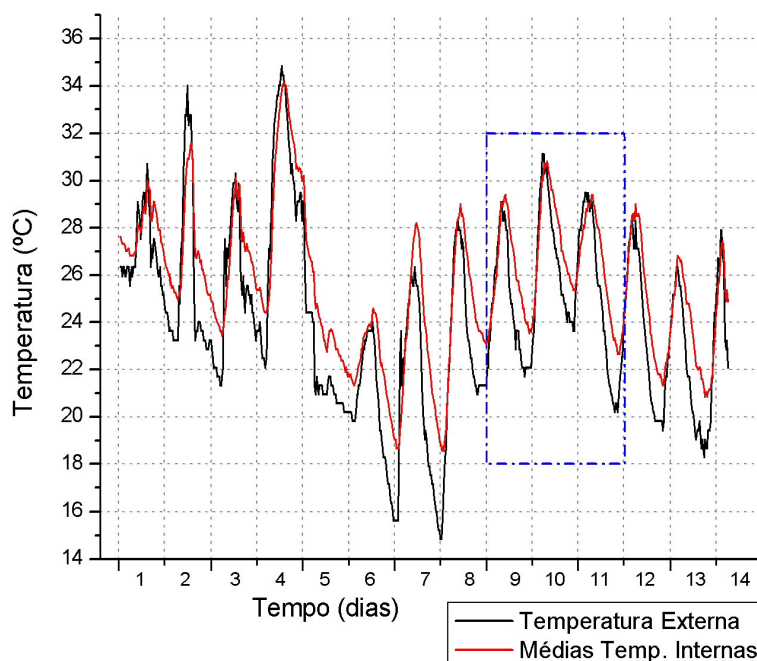


Figura 5.3 – Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Tabela 5.3 – Dados de Verão – Ginásio da Escola Paulo de Tarso

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Externa	14,85	19,98	34,85	29,02	9,04	20,00
	12/03 06:00 h		08/03 15:30 h			
Interna	18,66	22,49	34,02	29,16	6,67	15,36
	12/03 06:30 h		08/03 16:00 h			

Os dados de inverno são semelhantes aos de verão, apresentando novamente uma curva onde as temperaturas internas mostram-se mais elevadas do que as externas, demonstrando uma característica positiva do ginásio para este período.

A tabela 5.4 indica que a temperatura máxima medida foi registrada no interior da edificação, confirmando, assim o valor superior das temperaturas internas.

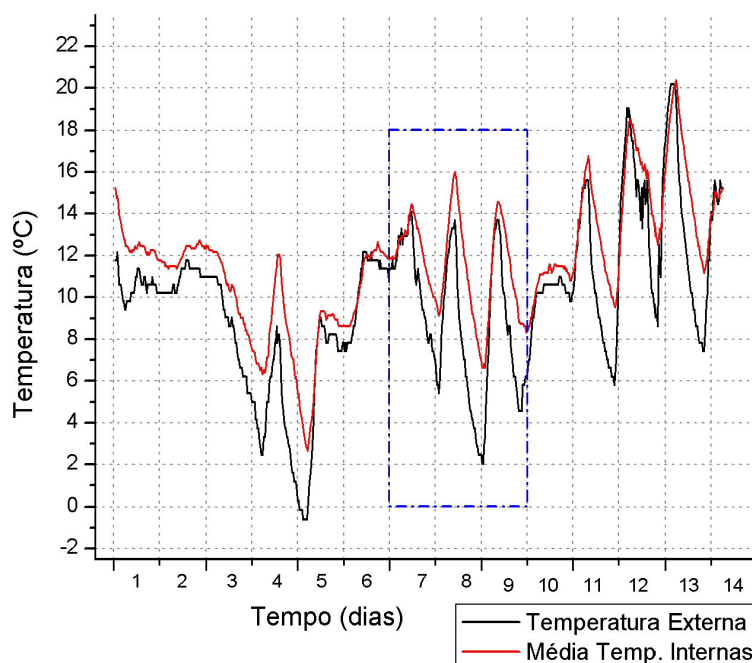


Figura 5.4 – Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Tabela 5.4 – Dados de Inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Externa	-0,61	6,15	20,19	13,09	6,94	20,80
	12/07 06:00 h		20/07 14:00 h			
Interna	2,77	9,28	20,28	14,18	4,90	17,51
	12/07 08:00 h		20/07 16:30 h			

5.3 Ginásio de Menor Volume Ventilado

O Ginásio de Menor Volume Ventilado é representado pela edificação do Colégio Santa Catarina. Como resultado do monitoramento realizado tem-se o gráfico da figura 5.5 para o período de verão e da figura 5.6 para o período de inverno. As tabelas 5.5 e 5.6 apresentam uma síntese dos resultados para estes dois períodos, respectivamente.

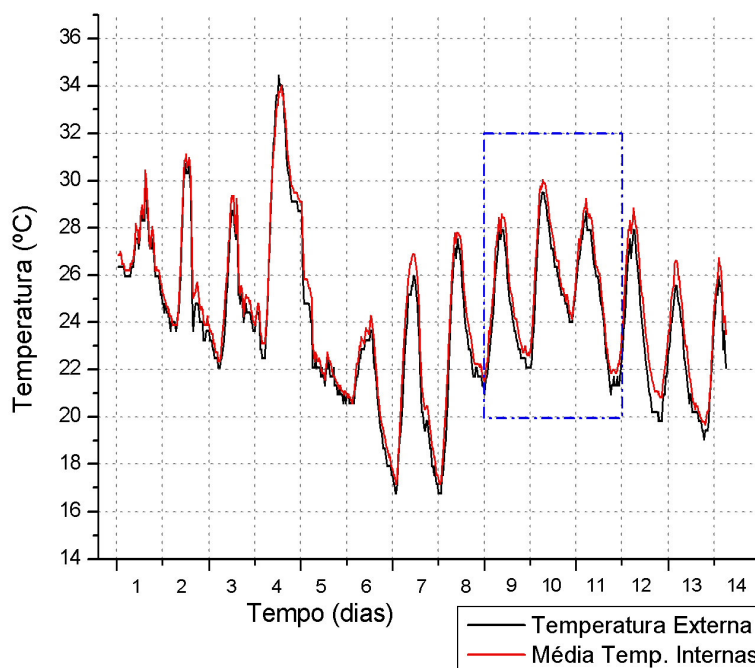


Figura 5.5 – Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio do Colégio Santa Catarina

Tabela 5.5 – Dados de Verão – Ginásio do Colégio Santa Catarina

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Variação Média (°C)	Variação Período (°C)
Externa	16,76	20,95	34,43	28,09	7,14	17,67
	11/03 06:30 h 12/03 06:00 h		08/03 15:30 h			
Interna	17,11	21,61	34,14	28,73	7,12	17,03
	12/03 06:00 h		08/03 16:00 h			

A variação apresentada pelo gráfico no período de verão denota grande semelhança entre as curvas de temperatura interna e externa, sendo que quanto às máximas diárias os valores medidos no interior mostram-se mais elevados na maior parte dos dias, e em relação às mínimas ocorre um amortecimento pouco expressivo, cujo maior valor chega a 1,01 °C de diferença entre internas e externas.

De acordo com a tabela 5.5, a temperatura máxima registrada no interior é bastante próxima da ocorrida externamente. Os valores de variação média e variação

total do período são semelhantes, indicando a equivalência entre as amplitudes térmicas interna e externa.

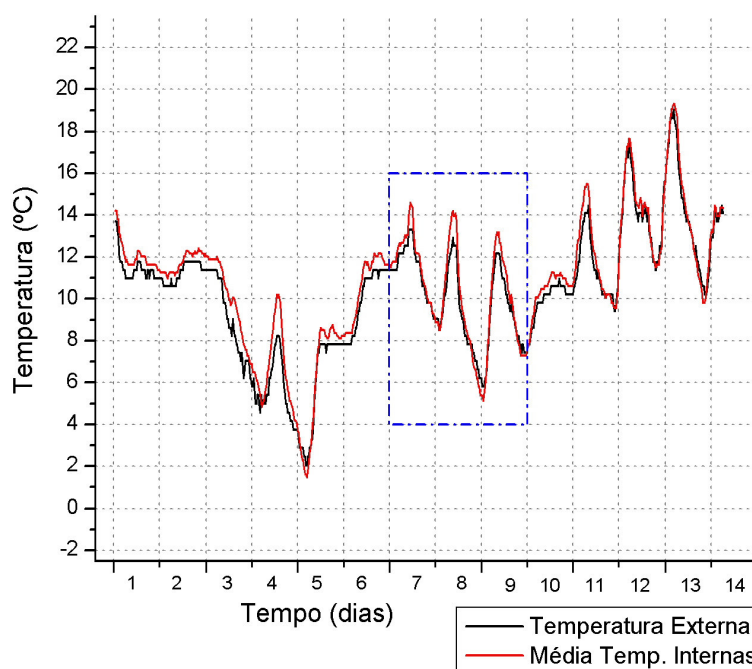


Figura 5.6 – Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio do Colégio Santa Catarina

Em relação aos dados do monitoramento de inverno, pode-se afirmar que, semelhante ao ocorrido no verão, as curvas de temperatura apresentam valores próximos, e novamente um amortecimento pouco expressivo, porém, neste caso, o mesmo se dá tanto para as temperaturas máximas quanto para as mínimas.

Tabela 5.6 – Dados de Inverno – Ginásio Colégio Santa Catarina

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Externa	2,03	8,03	19,14	12,70	4,68	17,11
	12/07 07:30 h		20/07 14:30 h			
Interna	1,47	8,26	19,17	13,56	5,30	17,70
	12/07 06:30 h		20/07 15:00 h			

A tabela 5.6 ressalta a semelhança entre os valores de temperatura máxima medidos interna e externamente. Já a variação média é superior nas temperaturas internas, o que implica em maior amplitude térmica no interior da edificação, ou seja, as condições térmicas externas são acentuadas pelo envoltório construído.

Comparando-se com os demais ginásios, as temperaturas externas medidas neste revelam um microclima relativamente mais ameno, com máximas e mínimas menos acentuadas.

5.4 Ginásio de Maior Volume Ventilado

O Ginásio de Maior Volume Ventilado é representado pela edificação do SEST/SENAT. O resultado do monitoramento de verão deste ginásio consta na figura 5.7 e na tabela 5.7 que mostra os dados de temperatura do período. A figura 5.8 e a tabela 5.8 apresentam estes dados para o período de inverno.

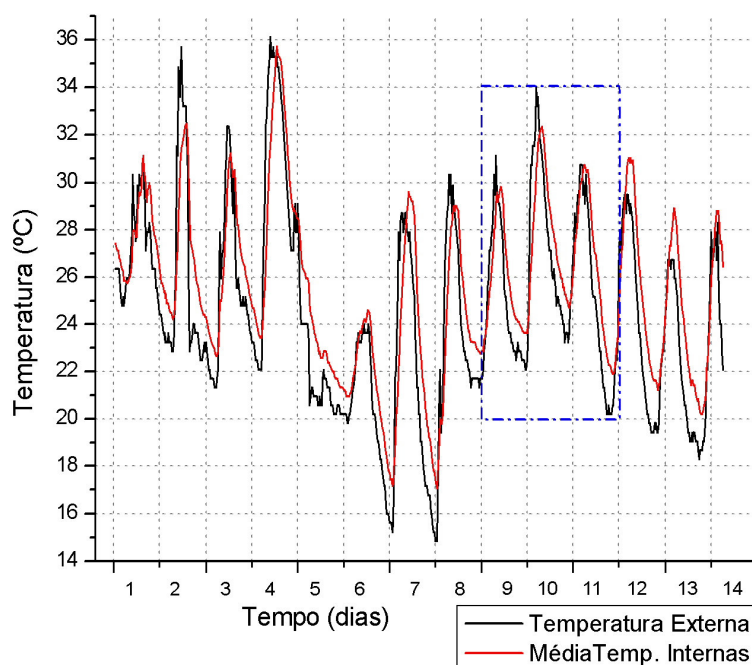


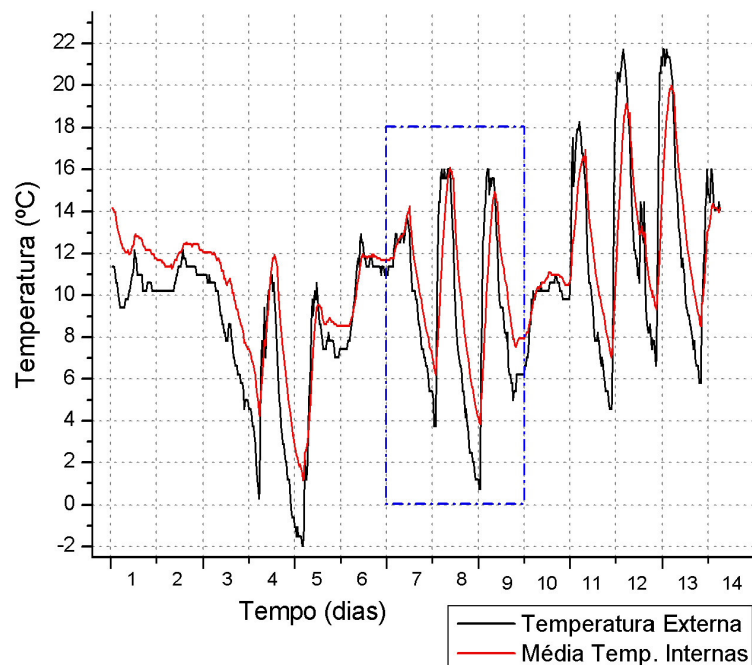
Figura 5.7 – Variação de Temperatura no Período de Verão – Ginásio SEST/SENAT

Tabela 5.7 – Dados de Verão – Ginásio SEST/SENAT

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Variação Média (°C)	Variação Período (°C)
Externa	14,85	20,39	36,17	30,40	10,01	21,32
	12/03 06:00 h		08/03 12:00 h			
Interna	17,05	21,96	35,71	30,41	8,45	18,67
	12/03 07:00 h		08/03 15:30 h			

O gráfico da figura 5.7 apresenta temperaturas internas bastante próximas às externas. Verifica-se um amortecimento mais expressivo no período da noite, quando ocorrem as temperaturas mínimas e o ginásio não está em uso.

Nota-se, neste caso, que além do amortecimento (de pequena grandeza), dá-se também o retardo térmico, pois as curvas de temperatura mostram-se deslocadas lateralmente, expondo o intervalo de tempo transcorrido para que a temperatura interna atinja os valores ocorridos no exterior.

**Figura 5.8 – Variação de Temperatura no Período de Inverno – Ginásio SEST/SENAT**

Acerca do monitoramento de inverno, houve períodos em que as temperaturas internas se mostraram ligeiramente superiores às externas, porém nos últimos dias de medição pôde ser verificado um amortecimento de até 3,32 °C, de forma simétrica: tanto em relação às máximas quanto às mínimas. Conforme o ocorrido nos dados de verão, observa-se novamente um retardo térmico de algumas horas entre as curvas de temperaturas interna e externa.

Tabela 5.8 – Dados de Inverno – Ginásio SEST/SENAT

	Temp. Mínima (°C)	Média Mínimas (°C)	Temp. Máxima (°C)	Média Máximas (°C)	Varição Média (°C)	Varição Período (°C)
Temp. Externa	-1,97	4,79	21,71	14,55	9,76	23,68
	12/07 07:00 h		19/07 14:00 h 20/07 13:30 h			
Temp. Interna	1,17	7,28	20,00	14,28	7,00	18,83
	12/07 07:30 h		20/07 16:00 h			

As temperaturas externas denotam uma configuração climática mais rigorosa, em ambos os períodos de verão e inverno, onde as máximas registradas são mais elevadas e as mínimas mais baixas, em relação às demais edificações em estudo.

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas três avaliações distintas, com a finalidade de analisar os resultados obtidos a partir do levantamento das características construtivas e dos dados de temperatura resultantes do monitoramento das edificações.

Nas duas primeiras avaliações, denominadas Bioclimática e de Dia Médio, tem-se como objetivo analisar a adequação da edificação ao clima temperado de Santa Maria e aos períodos de verão e inverno, baseando-se nas diferenças de temperaturas internas e externas e a relação entre as mesmas e as diferenças construtivas de cada edifício.

Na terceira avaliação determina-se o intervalo de conforto e os Graus-Hora de Desconforto (com emprego do método alternativo proposto pela ASHRAE), para então comparar os valores de temperatura atingidos no interior de cada edificação com os limites de conforto estabelecidos por norma. Esta análise tem como objetivo estabelecer uma relação entre o desempenho térmico das diferentes tipologias estudadas, levando em conta as condições de conforto nos períodos de monitoramento.

6.1 Avaliação Bioclimática

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar o desempenho térmico de edificações em sua situação normal de uso e localização, centrando a análise na avaliação conjunta do edifício, de maneira que não há possibilidade de avaliar as ações das variáveis ambientais e arquitetônicas de forma isolada, tal como ocorreria se na pesquisa fossem realizadas simulações através de programas computacionais. Desta forma, um dos procedimentos mais apropriados vem a ser a avaliação bioclimática, através da qual os fatores que intervêm no desempenho térmico são analisados de forma conjunta, estabelecendo-se relações entre a

configuração climática local e as características projetuais e construtivas das edificações em estudo.

6.1.1 Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado

A partir dos resultados da medição das temperaturas, apresentados na figura 6.1, pôde-se observar a redução de amplitude da curva de temperaturas internas em relação às externas. Este fato está relacionado, diretamente, ao valor de inércia térmica apresentado pelo ginásio: 346,67 kJ/K, o mais alto verificado dentre as edificações analisadas.

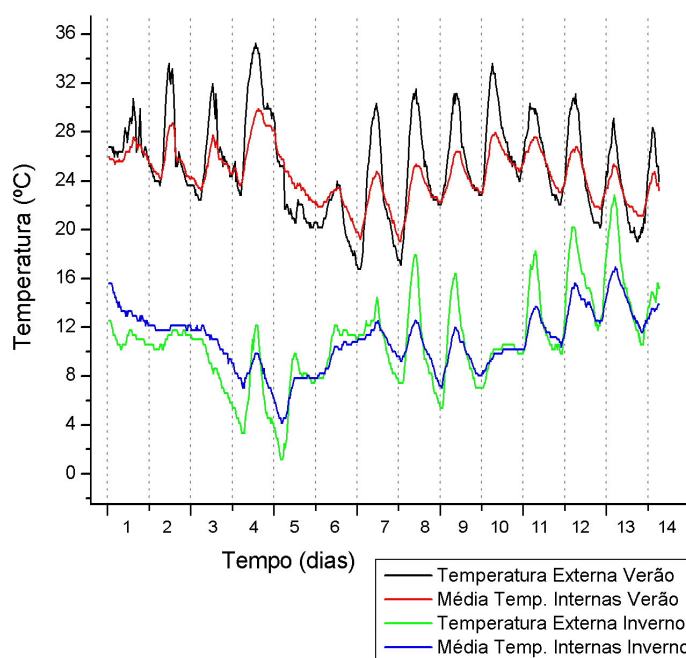


Figura 6.1 – Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio do Colégio Coração de Maria

Outra razão vem a ser a dimensão do prédio, ou seja, devido à altura do pé-direito, o aquecimento da cobertura por insolação e a posterior transmissão de calor para o interior não chegam a atingir os usuários e elementos ao nível do piso (a altura máxima dos pontos de medição foi de 2,1 m), em função do considerável volume de ar intermediário. As dimensões da edificação fazem com que a mesma se

assemelhe a edifícios em altura, onde as trocas de calor através das superfícies verticais são mais determinantes em relação ao desempenho térmico do que a cobertura, tanto que nem mesmo a ausência de mecanismos de exaustão chega a comprometer este desempenho.

Este ginásio mostra-se adequado ao clima temperado de Santa Maria por configurar-se como uma edificação que apresenta vedações pesadas. Neste caso, a inércia térmica, que poderia vir a contribuir com o condicionamento passivo durante o inverno, influencia mais positivamente o desempenho da edificação no período de verão.

Quanto à ventilação cruzada, tem-se que em função da temperatura externa ser superior à interna, um maior fluxo de entrada de ar (principalmente no nível dos usuários) traria carga térmica para o interior, sendo prejudicial ao desempenho térmico do edifício. A ventilação mais intensa seria adequada na camada de ar mais próxima à cobertura, para retirada do calor devido à carga de insolação.

Assim, no verão, a maior inércia térmica do conjunto (em relação as demais edificações monitoradas) associada à baixa taxa de ventilação e ao elevado pé direito do ginásio, são os fatores que fazem com que o mesmo apresente condições mais amenas internamente em relação às temperaturas externas.

No período de inverno, de acordo com o exposto nos gráficos, os mesmos fatores que amenizam as condições climáticas externas de verão causam desconforto no interior da edificação em decorrência do frio. A reduzida entrada de ar quente por ventilação durante dia, bem como o baixo aproveitamento da camada de ar quente que se forma logo abaixo da cobertura, devido ao elevado pé-direito, ocasionam temperaturas ainda inferiores às externas no período do dia, de maneira que o frio do inverno seja acentuado no interior do prédio.

Neste caso, podem ser observadas claramente as particularidades acerca do clima temperado, onde se tem necessidades distintas ao longo do ano (conforme já citado na revisão), já que as características construtivas que colaboram para o desempenho positivo da edificação no período de verão acabam sendo prejudiciais durante o inverno.

Os valores mais elevados de temperatura externa ocorridos neste ginásio, tanto nas mínimas, quanto nas máximas, em ambos os períodos de verão e inverno, podem ser creditados à inserção da edificação na área mais densamente urbanizada

(dentre as edificações em estudo), sofrendo influência do fenômeno das “ilhas de calor”, conforme apontado por SAYDELLES (2005).

6.1.2 Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado

O gráfico da figura 6.2 permite observar que a edificação praticamente não promove a redução da amplitude térmica externa. As temperaturas internas mostram-se superiores às externas devido à combinação de fatores como o pé-direito relativamente baixo para este tipo de edificação e a menor inércia térmica do conjunto construído, cujo valor de superfície equivalente pesada é de 150,94 kJ/K, o menor dentre as quatro edificações em estudo.

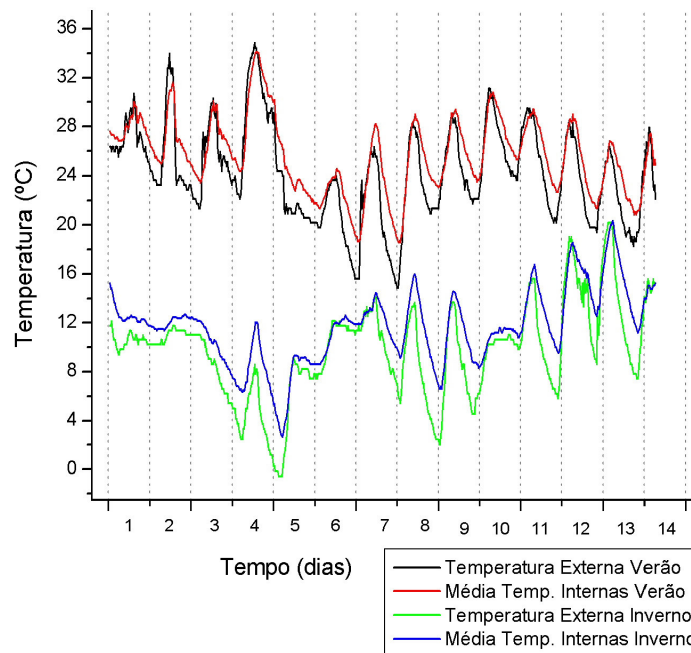


Figura 6.2 – Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio da Escola Paulo de Tarso

Em função do menor valor de inércia as curvas de temperatura tendem a se igualar, pela rapidez na transmissão de calor vindo do meio externo e a baixa retenção de calor pelo edifício. Neste caso ocorre ainda um acréscimo nas temperaturas internas já que o calor absorvido pela cobertura e reirradiado para o

interior atinge os usuários e elementos no nível do piso; isto se dá em decorrência do relativamente pequeno volume de ar existente no interior do prédio.

Pode-se dizer que este ginásio apresenta o desempenho de uma edificação térrea, onde o maior ganho de calor se dá através da cobertura, por ser esta a área mais exposta à insolação. Sendo que a ausência de tratamento ou mecanismos de exaustão na mesma contribui para a situação existente, onde o calor do ambiente externo é acentuado pela envolvente.

O baixo valor de IVN da edificação é corroborado pelo fato de que mesmo durante o dia, com portas e janelas abertas, a ventilação que ocorre não é suficiente para intensificar a troca do ar mais aquecido do interior e promover a diminuição das temperaturas internas.

O amortecimento verificado em relação às temperaturas mínimas diárias ocorre em função de que o calor absorvido durante o dia se mantém no conjunto construído por um período de tempo tal (apesar da baixa inércia) a ponto de não permitir que as temperaturas internas acompanhem as externas.

Observa-se que as condições térmicas do clima de Santa Maria apresentam maior rigor no período de verão, de maneira que este ginásio se mostra inadequada para tal clima, por acentuar as situações extremas de calor do ambiente externo. Pode-se afirmar, também, que o baixo valor de IVN nesta edificação de menor volume se revela bastante prejudicial durante o verão.

Já no inverno esta situação se inverte, e o prédio se apresenta amenizando em grande parte as baixas temperaturas externas, em função da acentuada carga térmica no seu interior. Esta carga térmica decorre dos mesmos fatores que se mostram negativos no verão: reirradiação proveniente da cobertura que atinge o nível do piso e reduzida taxa de ventilação para retirada do calor interno. Porém, no período de inverno estes fatores são positivos e atuam propiciando melhores condições térmicas no interior do ginásio.

6.1.3 Ginásio de Menor Volume Ventilado

Ao analisar os resultados, apresentados na figura 6.3, pode-se observar que as curvas de temperatura interna e externa apresentam traçados bastante

semelhantes em função do intenso fluxo de ar no interior da edificação, que apresenta IVN igual a 2,62. A variação de temperaturas internas idêntica à variação das externas é típica de edificações abundantemente ventiladas, já que pela ação da convecção o fluxo de ar advindo do meio externo retira ou cede calor para os elementos do interior, levando as temperaturas a se igualar, de maneira que não se verifique (ou que seja mínimo) o amortecimento térmico.

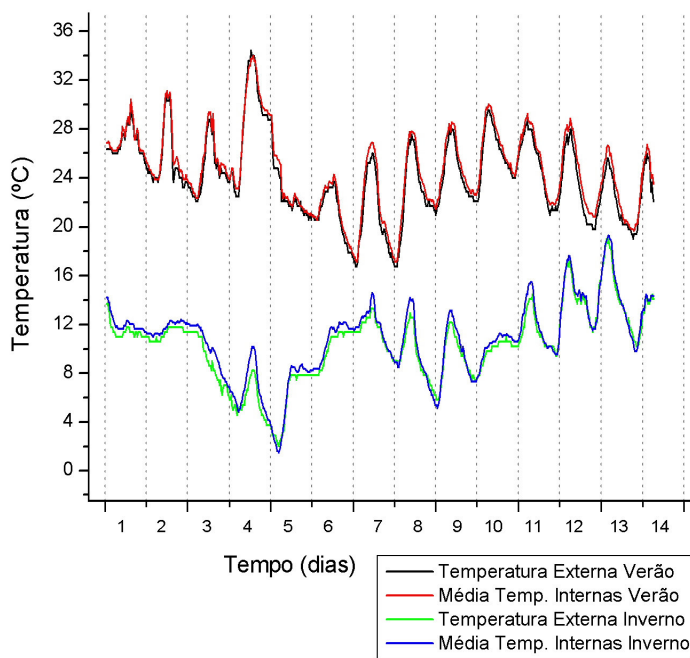


Figura 6.3 – Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio do Colégio Santa Catarina

Nota-se que as temperaturas máximas internas são superiores às externas, conforme já visto na tipologia anterior, também em decorrência da altura de pé-direito relativamente baixa para este tipo de edificação (ambos os ginásios caracterizam-se como de menor volume), porém, neste caso, a ação da ventilação combinada à exaustão promovida pelos mecanismos da cobertura não permite que a temperatura interna se eleve ainda mais.

Outra razão para os picos de temperatura máxima interna vem a ser a quantidade de calor ganho por transmissão, em função de 10% do total da envolvente ser composto por fechamentos transparentes e translúcidos (o maior valor dentre as edificações analisadas), sendo que grande parte desta percentagem se deve às telhas translúcidas da cobertura. Ou seja, o aumento de luminosidade

traz consigo também um incremento considerável nos ganhos de calor do ambiente interno.

O ginásio se mostra inadequado à cidade de Santa Maria por não proporcionar o amortecimento necessário a fim de atenuar os extremos de temperatura diária e o relativo rigor característico dos climas temperados. A edificação da forma como foi executada estaria mais apropriada aos climas de menor amplitude térmica diária, com variações menos acentuadas entre mínimas e máximas, onde a condição para obter conforto é a de que as temperaturas internas acompanhem as externas.

Verifica-se que a ação da ventilação, apontada como uma estratégia de condicionamento passivo no período de verão, quando não for seletiva e combinada a fechamentos de maior inércia e ao isolamento ou maior distanciamento da cobertura, não garante por si só que as edificações apresentem um comportamento térmico adequado ao clima da região estudada.

No período de inverno o efeito da ventilação não seletiva também ocasiona temperaturas internas semelhantes às externas, de maneira que a edificação não se mostra apropriada ao clima frio característico da estação.

De acordo com as temperaturas externas medidas, o microclima desta tipologia se apresenta mais ameno, com máximas e mínimas menos acentuadas. Essa amplitude térmica relativamente mais reduzida decorre, em grande parte, da proximidade com a barragem do DNOS e a intensa vegetação do rebordo do Planalto, conforme apontado por SAYDELLES (2005).

6.1.4 Ginásio de Maior Volume Ventilado

Nos resultados referentes a este ginásio, conforme figura 6.4, as curvas indicam proximidade entre as temperaturas internas e externas. Esta semelhança entre as temperaturas deve-se à ação da ventilação, conforme já visto no Ginásio do Colégio Santa Catarina, já que ambas as edificações apresentam valor de IVN superior a 2.

Verifica-se, contudo, certa alternância em relação às máximas registradas, que em alguns dias é medida no meio externo e em outros no ambiente interno. O

que pode ser facilmente visualizado é o amortecimento quanto às temperaturas mínimas diárias, que se dá no período noturno, quando as portas da edificação (através das quais se tem o fluxo mais intenso de ar) estão fechadas, indicando que o controle da ventilação, apesar do grande volume de ar no interior da edificação, tem o poder de interferir no desempenho térmico da mesma.

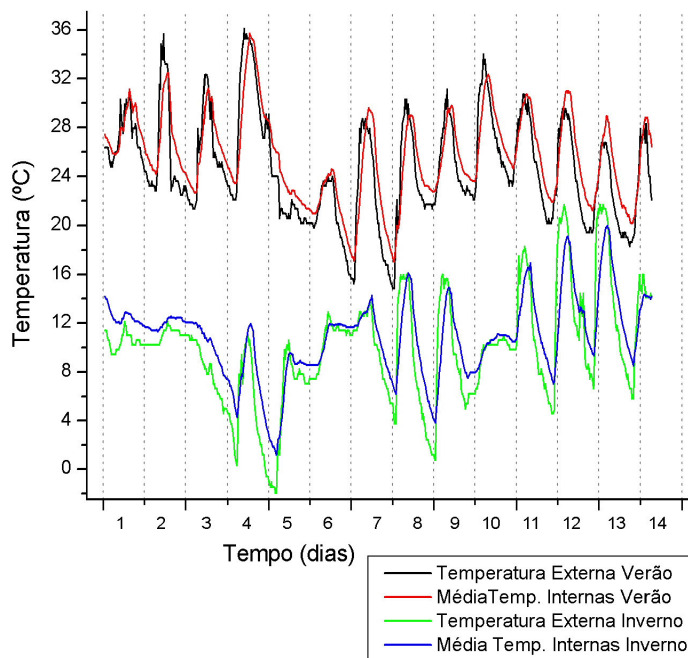


Figura 6.4 – Variação de temperaturas internas e externas de verão e inverno – Ginásio SEST/SENAT

Caso este controle da ventilação ocorresse de forma a impedir o fluxo de ar nos intervalos de temperaturas mais elevadas externamente, a ação da mesma não representaria um ganho de calor para o edifício e seria suficiente para promover o resfriamento do ambiente interno retirando calor através da convecção.

Neste ginásio, que em função do porte se assemelha a um edifício em altura, o calor recebido pela cobertura não chega a influenciar as temperaturas ao nível dos usuários.

Pode-se afirmar que esta edificação mostra-se parcialmente adequada ao clima de Santa Maria, considerando como pontos positivos:

- o amortecimento ocasionado pelo porte da edificação, que apresenta grande volume de ar entre piso e cobertura;

- a possibilidade de controle de intensidade da ventilação no interior do prédio, que pode melhorar a condição térmica no mesmo por impedir a perda de calor no inverno e os ganhos de calor nos períodos mais quentes dos dias de verão.

Como aspecto negativo pode ser considerada a ventilação abundante, em consequência do manuseio atual das esquadrias. O intenso fluxo de ar em todas as horas do dia, conforme já tratado no ginásio do Colégio Santa Catarina, vem a ser mais apropriado aos climas de menor amplitude térmica diária.

O maior rigor apresentado pelas temperaturas externas medidas neste ginásio ocorre em razão da área no qual o mesmo se insere estar livre da influência de maciços de vegetação ou grande volumes de água.

O quadro 6.1 resume as informações obtidas a partir da Avaliação Bioclimática.

Gin. Maior Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Ventilado	Gin. Maior Volume Ventilado
A edificação é adequada ao clima de Santa Maria. Temperaturas mais elevadas ocorrem por influência das ilhas de calor.	A edificação é inadequada ao clima de Santa Maria.	A edificação é inadequada ao clima de Santa Maria. A menor amplitude térmica externa se dá pela proximidade com grandes volumes de água e vegetação.	A edificação é parcialmente adequada ao clima de Santa Maria.

Quadro 6.1 – Quadro-resumo da Avaliação Bioclimática

6.2 Avaliação do Dia Médio

Nos climas como o de Santa Maria, que apresentam considerável amplitude térmica diária e grande variação anual de temperaturas característica dos climas temperados, a envolvente edificada tem como função atenuar as condições

climáticas extremas do meio externo. Desta forma, tem-se que o amortecimento da onda térmica proporcionado pela edificação mostra-se como fator determinante para o desempenho adequado da mesma.

Sendo assim, nesta etapa do trabalho buscou-se analisar a capacidade de amortecimento que cada tipologia apresenta. Para este estudo, a partir da média das temperaturas dos três dias considerados mais representativos, foi gerada uma curva de variação diária, que nesta pesquisa convencionou-se chamar de *Dia Médio*. A variação de temperaturas do Dia Médio de cada tipologia pode ser vista nas figuras 6.5 e 6.6, para os períodos de verão e inverno respectivamente.

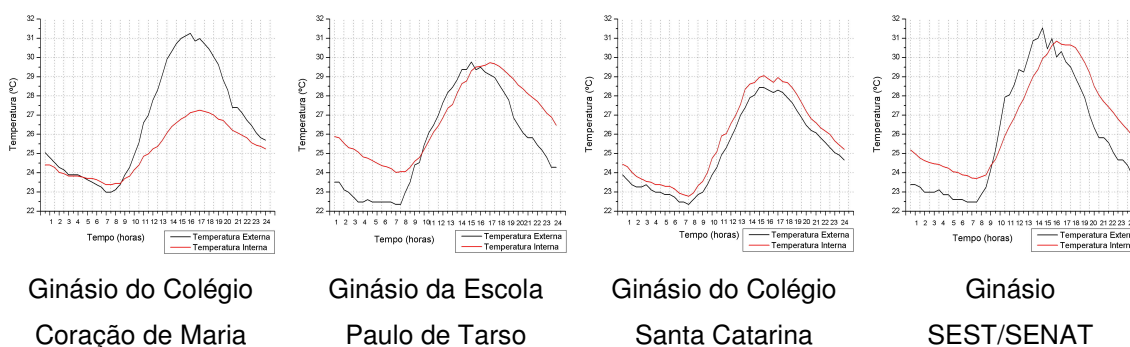


Figura 6.5 – Gráficos de Dia Médio do Período de Verão

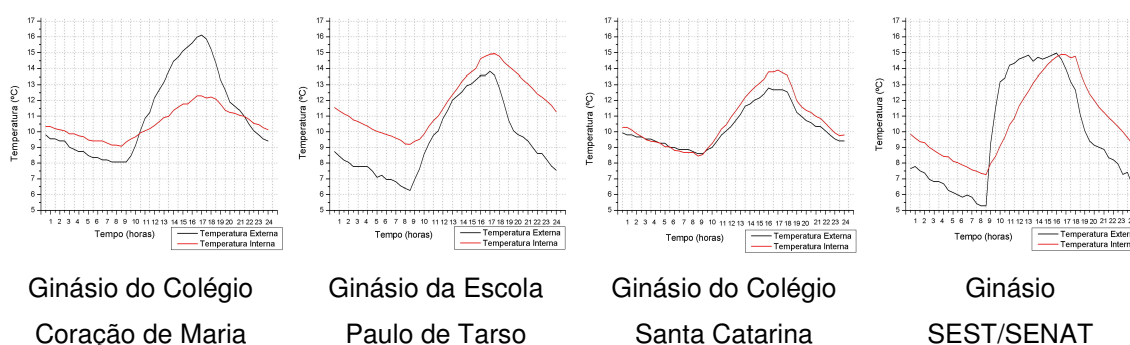


Figura 6.6 – Gráficos de Dia Médio do Período de Inverno

Os gráficos de Dia Médio permitem destacar:

- os valores de amplitude térmica diária externa e interna;

- a diferença entre as temperaturas máximas registradas interna e externamente, considerada como o *amortecimento em relação às máximas*;
- a diferença entre as temperaturas mínimas registradas interna e externamente, considerada como o *amortecimento em relação às mínimas*;
- a diferença de amplitude total entre as temperaturas internas e externas, considerada como a *redução de amplitude térmica diária*.

De acordo com os valores de amplitude térmica diária expostos no gráfico da figura 6.7, pode ser visualizado que, exceto pelo Ginásio Colégio Santa Catarina, nas demais edificações a amplitude térmica externa mostra-se superior a interna.

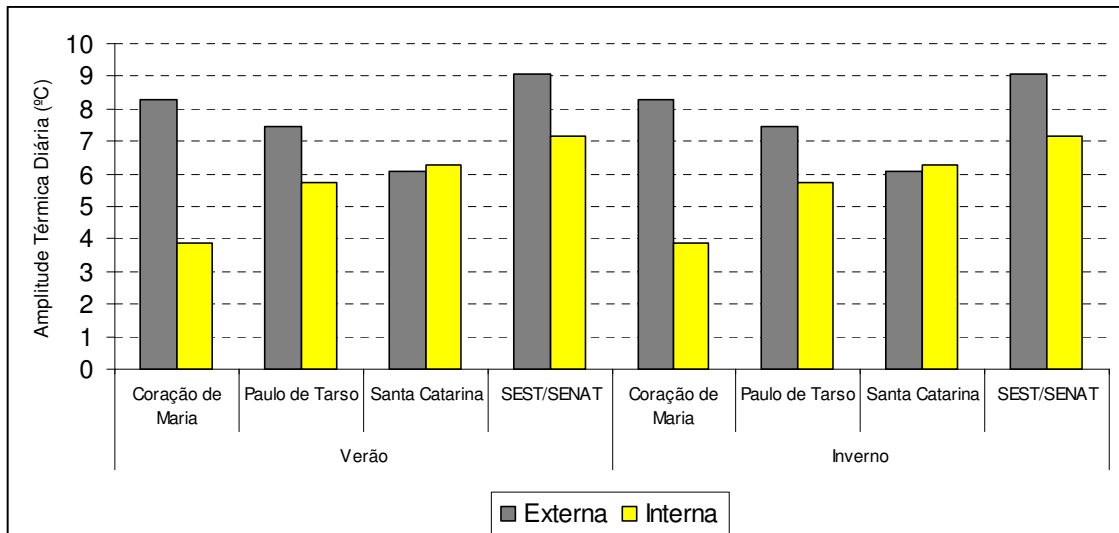
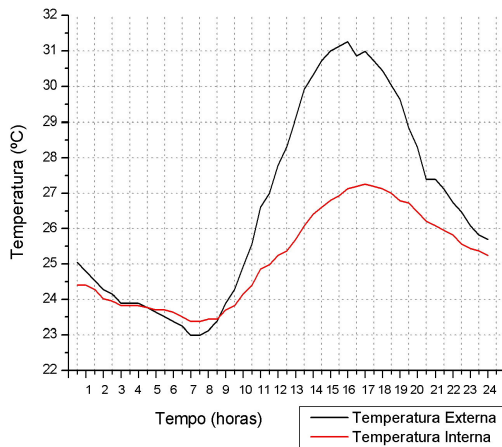


Figura 6.7 – Valores de amplitude térmica diária externa e interna para os períodos de verão e inverno

Esta menor amplitude térmica no interior não representa, necessariamente, a existência de amortecimento dos extremos de temperatura externos, já que as edificações apresentaram desempenho diferenciado acerca de temperaturas máximas e mínimas do dia. Pode ser verificada, por exemplo, a não ocorrência de amortecimento junto às temperaturas máximas e um valor considerável do mesmo no sentido das mínimas e vice-versa. Deste maneira, estes valores serão analisados de forma específica para cada edificação em ambos os períodos, a partir dos gráficos de Dia Médio apresentados na seqüência.

Tabela 6.1 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Coração de Maria – Período de verão



Ginásio do Colégio Coração de Maria

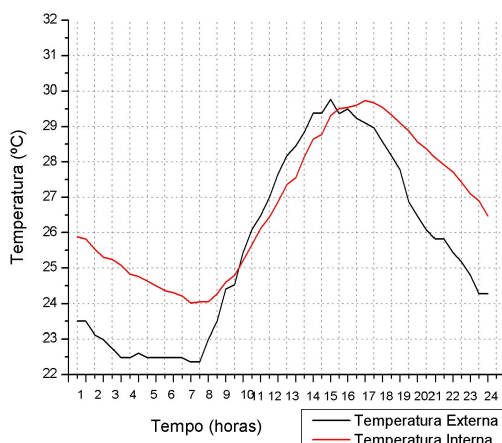
período de verão

Amortecimento: máximas	3,99
Amortecimento: mínimas	0,39
Redução amplitude térmica	4,38

Na variação do período de verão do **Ginásio do Colégio Coração de Maria**, cujos dados constam na tabela 6.1, pode-se observar um grande amortecimento em relação às temperaturas máximas diárias e um valor bastante reduzido de amortecimento no sentido das mínimas. Este comportamento é típico nas edificações de maior inércia térmica e baixa ventilação natural.

O desempenho térmico deste ginásio se mostra adequado ao período de verão.

Tabela 6.2 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio da Escola Paulo de Tarso – Período de verão



Ginásio da Escola Paulo de Tarso

período de verão

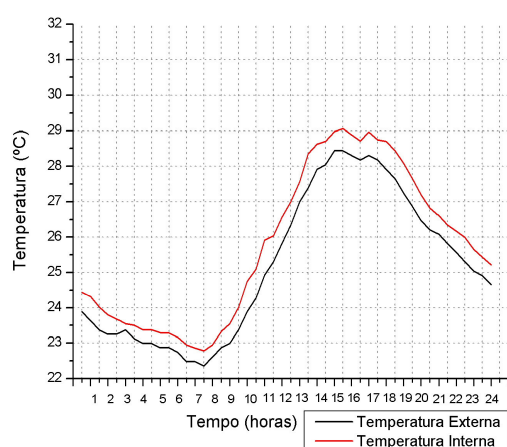
Amortecimento: máximas	0,05
Amortecimento: mínimas	1,65
Redução amplitude térmica	1,7

Na análise dos dados de temperatura para o Dia Médio de verão no **Ginásio da Escola Paulo de Tarso**, apresentados na tabela 6.2, é confirmada a elevação das temperaturas internas na mesma proporção que as externas em função do

pequeno volume, baixa altura e reduzido índice de ventilação. Pode ser verificada a quase inexistência de amortecimento em relação às máximas, enquanto tem-se um valor de amortecimento das mínimas praticamente equivalente à redução total da amplitude.

O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de verão.

Tabela 6.3 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Santa Catarina – Período de verão



Ginásio do Colégio Santa Catarina

período de verão

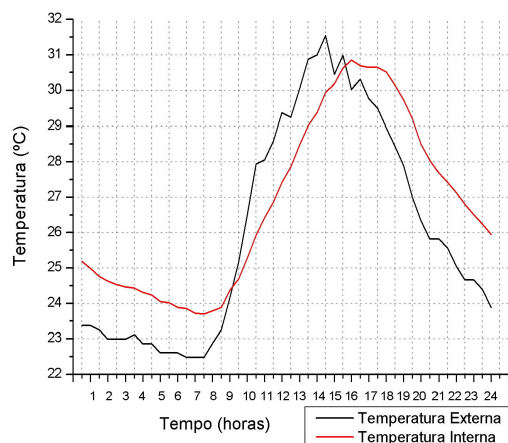
Amortecimento: máximas	-0,63
Amortecimento: mínimas	0,43
Redução amplitude térmica	-0,2

A tabela 6.3 apresenta os valores de amortecimento e de redução da amplitude térmica do **Ginásio do Colégio Santa Catarina**. O amortecimento é bastante reduzido tanto nas máximas como nas mínimas, atingindo valor negativo quanto às máximas. A redução da amplitude térmica também apresenta valor negativo, permitindo constatar que o calor do meio externo no período de verão é intensificado no interior da edificação.

O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de verão.

Já na análise dos dados de temperatura de verão do **Ginásio SEST/SENAT**, apresentados na tabela 6.4, pode ser visualizado um maior amortecimento no sentido das temperaturas mínimas (coincidindo com a redução do fluxo de ar do período da noite), enquanto o amortecimento em relação às máximas apresenta valor menor. Apesar de ocorrer a redução da amplitude da curva de temperaturas, a edificação não tem a capacidade de minorar as altas temperaturas externas.

Tabela 6.4 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio SEST/SENAT – Período de verão



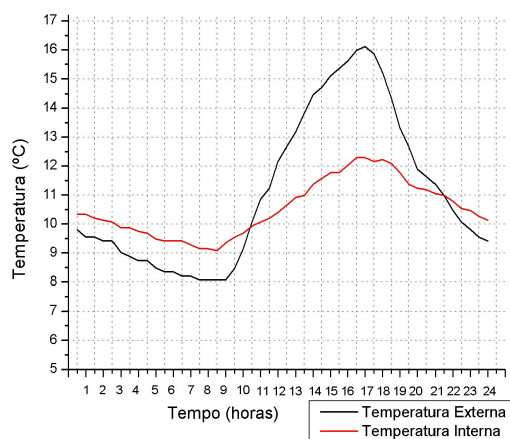
Ginásio SEST/SENAT

período de verão

Amortecimento: máximas	0,67
Amortecimento: mínimas	1,23
Redução amplitude térmica	1,9

O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de verão, em função da ventilação excessiva nos horários em que a temperatura externa apresenta valores elevados.

Tabela 6.5 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Coração de Maria – Período de inverno



Ginásio do Colégio Coração de Maria

período de inverno

Amortecimento: máximas	3,86
Amortecimento: mínimas	1,02
Redução amplitude térmica	4,88

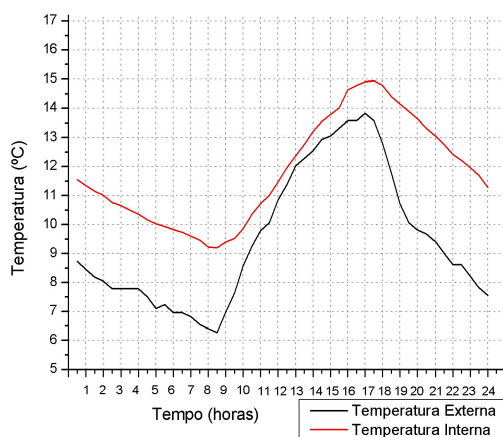
No período de inverno, a variação de temperatura de Dia Médio do **Ginásio do Colégio Coração de Maria**, conforme tabela 6.5, apontou para um maior amortecimento em relação às temperaturas máximas, como no verão, apresentando, porém, um valor mais elevado de amortecimento no sentido das mínimas do que o ocorrido no verão, e conseqüentemente, um valor também levemente maior de redução de amplitude térmica. Este aumento no amortecimento de um período para

outro certamente decorre da diminuição do fluxo de ar com o fechamento das esquadrias na tentativa de proteção contra o frio.

Esta edificação apresenta comportamento térmico apropriado ao período de verão, mas no inverno um maior amortecimento nas temperaturas mínimas seria benéfico, e poderia ser obtido por estratégias que permitissem maiores ganhos térmicos no período do dia, através do melhor aproveitamento da radiação solar ou aumento da ventilação nos períodos em que a temperatura externa estivesse mais elevada do que a interna.

O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de inverno.

Tabela 6.6 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio da Escola Paulo de Tarso – Período de inverno



Ginásio da Escola Paulo de Tarso

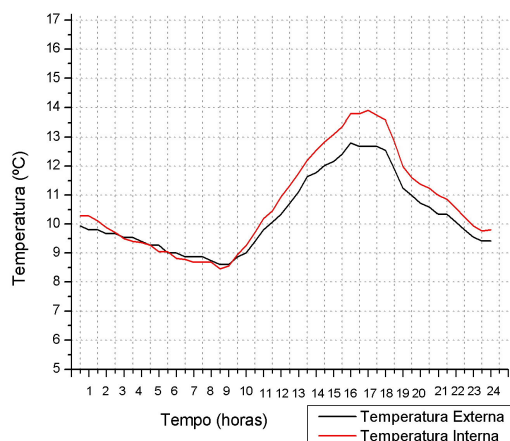
período de inverno

Amortecimento: máximas	-1,12
Amortecimento: mínimas	2,95
Redução amplitude térmica	1,83

A tabela 6.6 apresenta os dados do Dia Médio de inverno no **Ginásio da Escola Paulo de Tarso**. Observam-se temperaturas internas relativamente mais altas, com maior diferença quando comparadas às externas do que as verificadas no período de verão, levando a crer, que apesar do baixo valor de IVN, a redução da ventilação do período de inverno colaborou ainda mais para a elevação das mesmas. Tanto que o amortecimento em relação às máximas apresenta valor negativo e, novamente quase toda redução da amplitude térmica diária se deve ao amortecimento das baixas temperaturas.

Como a envolvente construída promove o aquecimento do ambiente interior em relação ao meio externo, pode-se afirmar que o desempenho térmico da edificação se mostra adequado ao frio do período de inverno.

Tabela 6.7 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio do Colégio Santa Catarina – Período de inverno



Ginásio do Colégio Santa Catarina

período de inverno

Amortecimento: máximas	-1,12
Amortecimento: mínimas	-0,14
Redução amplitude térmica	-1,26

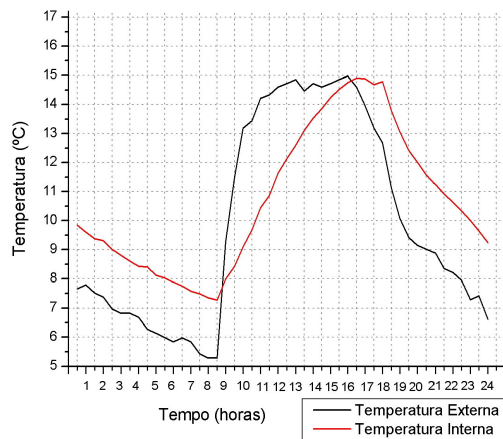
No **Ginásio do Colégio Santa Catarina** a curva de variação do Dia Médio de inverno, observada na tabela 6.7, mostra que, como ocorrido no verão, a amplitude térmica é maior no ambiente interno do que no exterior, com a diferença de que no inverno o amortecimento em relação às mínimas atinge valores negativos.

Em função de a edificação acentuar as condições do meio externo, tanto no sentido das temperaturas máximas quanto das mínimas, tem-se que o desempenho térmico diário da mesma se mostra adequado durante o período do dia, pois promove a elevação das temperaturas internas em relação às externas, e inadequado no período noturno, já que neste são registradas no interior da edificação temperaturas inferiores as do ambiente externo. Este fato pode ser associado à ventilação não seletiva promovida pelos equipamentos de exaustão e pelo manuseio impróprio dos sistemas móveis das esquadrias.

Pôde ser observado no Dia Médio do **Ginásio SEST/SENAT** um incremento nos valores de temperatura interna em relação ao período de verão, já que o amortecimento foi reduzido quanto às máximas e aumentou no sentido das mínimas, conforme tabela 6.8. Este fato está associado à diminuição do fluxo de ventilação,

em função do fechamento das aberturas, que implicou em maior retenção do calor, elevando as temperaturas internas.

Tabela 6.8 – Valores de amortecimento e redução de amplitude térmica – Ginásio SEST/SENAT – Período de inverno



Ginásio SEST/SENAT

período de inverno

Amortecimento: máximas	0,06
Amortecimento: mínimas	2
Redução amplitude térmica	2,06

O desempenho térmico deste ginásio se mostra adequado ao período de inverno. Pode-se destacar ainda que a operacionalidade das esquadrias permite certo controle quanto ao desempenho térmico da edificação, já que o amortecimento que se dá em relação às temperaturas máximas é maior no verão, e o que ocorre no sentido das mínimas mostra-se mais expressivo no período de inverno, de forma a proteger a edificação das características indesejáveis das duas estações.

Como análise geral dos gráficos de Dia Médio, pode-se afirmar que no período de inverno as edificações apresentaram desempenho semelhante ao já demonstrado no verão; sendo que as curvas não apresentam alterações significativas no traçado, apenas nos valores das temperaturas e quanto a intensidade de variação, em função, principalmente, da redução do fluxo de ventilação no período frio. Observou-se nas quatro edificações, um maior número de esquadrias mantidas fechadas ou com menor abertura (quando permitiam este controle) durante o inverno.

6.2.1 Redução da Amplitude Térmica no Dia Médio

Com intuito de estabelecer uma analogia entre a redução da amplitude térmica e propriedades construtivas de cada edificação foram gerados os gráficos da figura 6.8.

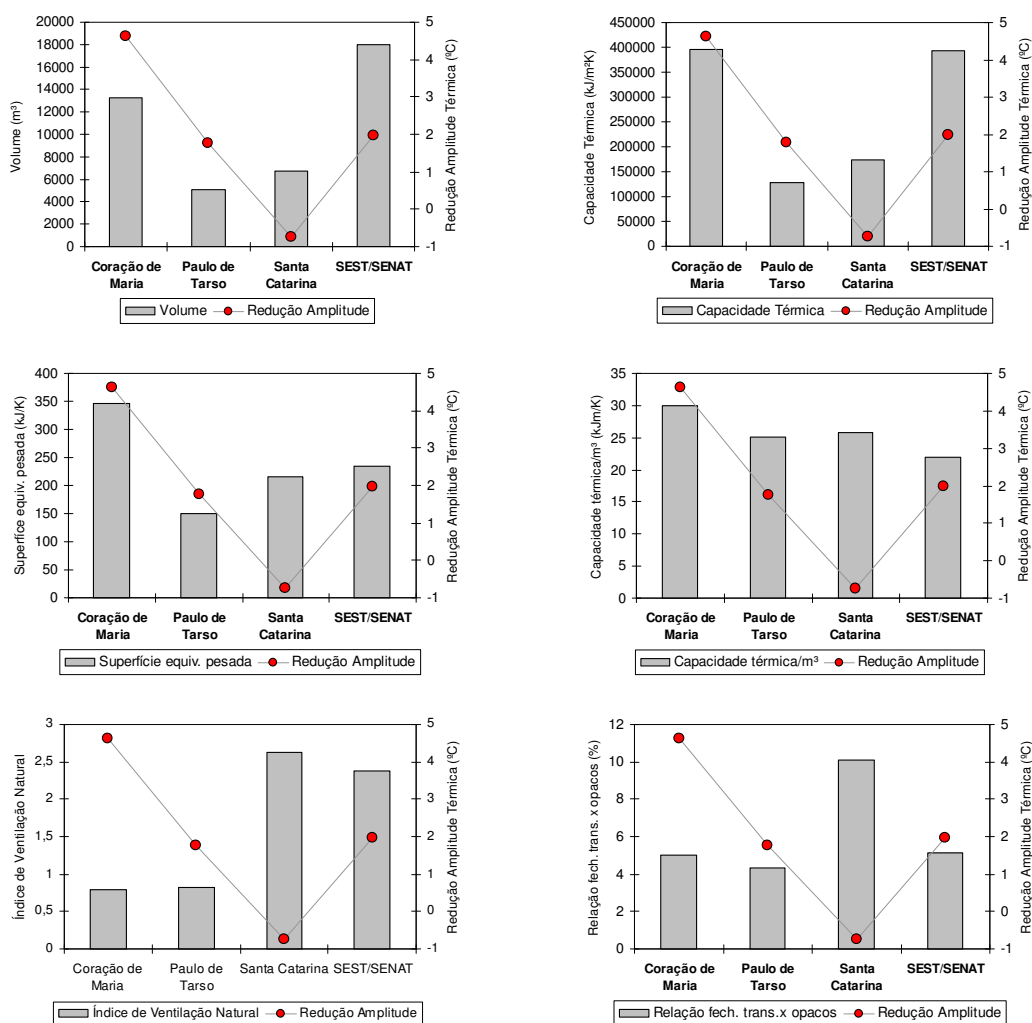


Figura 6.8 – Redução da amplitude térmica x propriedades construtivas

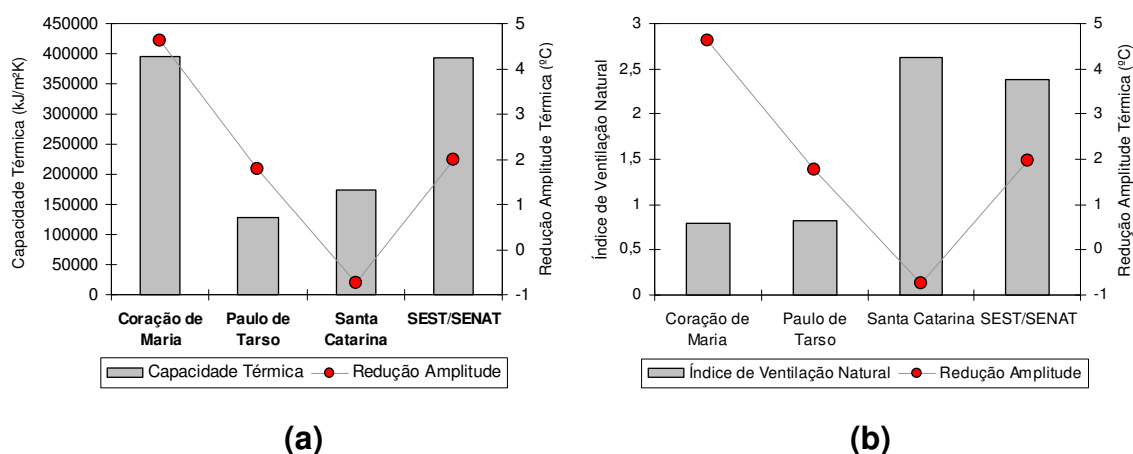
As propriedades construtivas consistem nos valores de volume de ar no interior da edificação, capacidade térmica, superfície equivalente pesada, capacidade térmica por metro cúbico, índice de ventilação natural e percentagem de fechamentos transparentes em relação aos opacos.

A redução da amplitude térmica diária representa a diferença de amplitude total entre as temperaturas internas e externas. Estes valores foram calculados a partir dos Dias Médios de verão e inverno das quatro tipologias.

Os gráficos são compostos por dois eixos de ordenadas, sendo que no eixo da esquerda estão representadas propriedades construtivas, enquanto o eixo da direita mostra a redução de amplitude térmica diária, cujo valor equivale a média entre os valores de redução de amplitude calculados para os períodos de verão e de inverno.

A observação de cada um dos gráficos da figura 6.8 de maneira isolada não permite estabelecer uma relação proporcional direta ou inversa entre as grandezas, que seja válida para os quatro ginásios. Isto ocorre em função de que os fatores citados atuam em conjunto, e o desempenho que cada edificação apresenta é o resultado da combinação destes, daí a dificuldade em expressar em números e em separado para cada um dos fatores a importância que o mesmo assume na redução de amplitude térmica diária. Pode-se destacar, neste caso, a relevância de uma análise mais subjetiva, tal qual a já realizada na Avaliação Bioclimática.

Contudo, ao realizar uma análise conjunta dos gráficos ampliados na figura 6.9, verifica-se, em 6.9 (a), uma relação proporcional entre os valores em questão nos primeiros dois ginásios (ambos pouco ventilados) e que esta proporcionalidade se desfaz nos dois últimos, pois apresentam maior fluxo de ventilação, conforme apontado em 6.9 (b).



**Figura 6.9 – (a) Capacidade térmica x redução de amplitude térmica
(b) índice de ventilação natural x redução de amplitude térmica**

Pode-se constatar, então, que um valor mais alto de inércia (ou capacidade térmica) confere ao conjunto construído maior possibilidade de reduzir a amplitude térmica externa, porém a ação da ventilação (de modo não seletivo, como ocorre nas edificações ventiladas) atua de forma contrária, fazendo com que sejam próximos os valores de amplitude térmica interna e externa.

Ao estabelecer uma comparação entre os dois ginásios com elevado índice de ventilação natural, levando em conta o baixo valor de redução de amplitude térmica apresentado pelo Ginásio do Colégio Santa Catarina, pode-se afirmar que a ação da ventilação tem maior influência no desempenho térmico de edificações de menor volume.

O quadro 6.2 apresenta de forma resumida as informações obtidas a partir da Avaliação do Dia Médio.

Gin. Maior Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Ventilado	Gin. Maior Volume Ventilado
A edificação é adequada ao período de verão.	A edificação é inadequada ao período de verão.	A edificação é inadequada ao período de verão.	A edificação é inadequada ao período de verão.
A edificação é inadequada ao período de inverno.	A edificação é adequada ao período de inverno.	A edificação é parcialmente adequada ao período de inverno.	A edificação é adequada ao período de inverno.

Quadro 6.2 – Quadro-resumo da Avaliação do Dia Médio

6.3 Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto

Nesta avaliação foi empregado o método alternativo proposto pela ASHRAE (2004) onde um intervalo de conforto é definido a partir da média mensal das temperaturas externas. Como no processo de monitoramento foi medida a temperatura externa de praticamente metade dos dias do mês, neste trabalho utilizou-se, no lugar da média mensal obtida em estações de medição, a média

extraída de todos os valores de temperatura registrados externamente às quatro edificações, o que parece ser mais próximo da realidade dos ginásios.

Desta maneira, o valor encontrado para o período de verão foi de 24,54°C, e o correspondente ao período de inverno foi de 10,21 °C, sendo este último valor bem próximo ao limite para aplicação do ábaco que consta na norma, pois este método só se aplica nos casos em que a média mensal de temperatura é superior a 10 °C e menor do que 32,5 °C.

Foram, então, determinados os intervalos de conforto para 80% de aceitabilidade, sendo que o intervalo de verão situa-se entre as temperaturas de 22 e 29°C, e o de inverno entre 17,5 e 24,5°C.

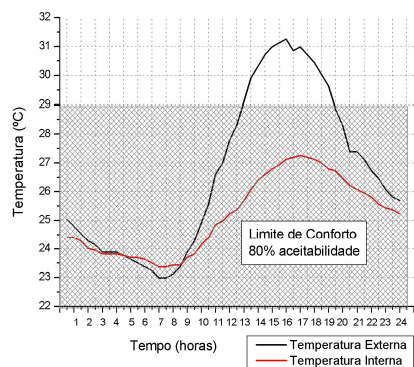
6.3.1 Limites de Conforto no Dia Médio

Os limites de conforto determinados segundo o método alternativo proposto pela ASHRAE (2004) foram superpostos às curvas de variação de temperatura dos Dias Médios de verão e inverno, dando origem aos gráficos das figuras 6.10 e 6.12.

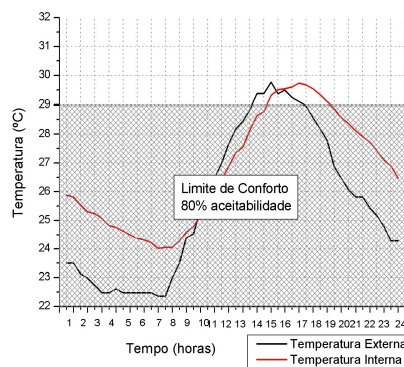
Os valores de graus-hora de desconforto foram calculados a partir da integração dos trechos das curvas de temperatura situados fora dos limites de conforto e são apresentados nas figuras 6.11 e 6.13.

De acordo com o posicionamento das curvas de temperatura do período de verão (figura 6.10) em relação aos limites de conforto, verifica-se a situação mais favorável ocorrendo no Ginásio do Colégio Coração de Maria, onde as temperaturas internas não excedem o limite superior de 29 °C, em razão do considerável amortecimento em relação às máximas, já mencionado nas avaliações anteriores.

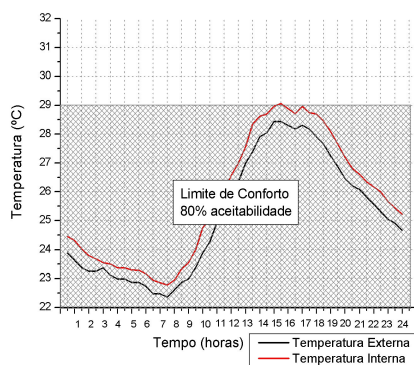
Os períodos de desconforto em função do calor podem ser visualizados nos ginásios da Escola Paulo de Tarso e SEST/SENAT no intervalo entre 13 e 20 horas. O maior número de graus-hora de desconforto no período de verão nestas duas edificações (de acordo com figura 6.11) se deve às características citadas nas análises anteriores, como proximidade da cobertura e baixo índice de ventilação no Ginásio da Escola Paulo de Tarso e ventilação excessiva em horários nos quais a temperatura externa apresenta valores elevados no Ginásio SEST/SENAT.



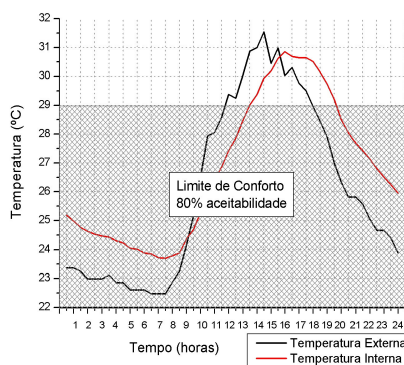
Ginásio Colégio Coração de Maria



Ginásio Escola Paulo de Tarso



Ginásio Colégio Santa Catarina



Ginásio SEST/SENAT

Figura 6.10 – Limites de conforto nas curvas de variação de temperatura do Dia Médio de verão

Quanto ao Ginásio do Colégio Santa Catarina tem-se que a curva de temperatura se enquadra nos limites de conforto, em decorrência, principalmente, das características do microclima local, com temperaturas externas mais amenas, de maneira que mesmo com a envolvente acentuando as condições climáticas extremas do exterior, ainda assim, os valores das temperaturas internas não atingem o limite superior de conforto.

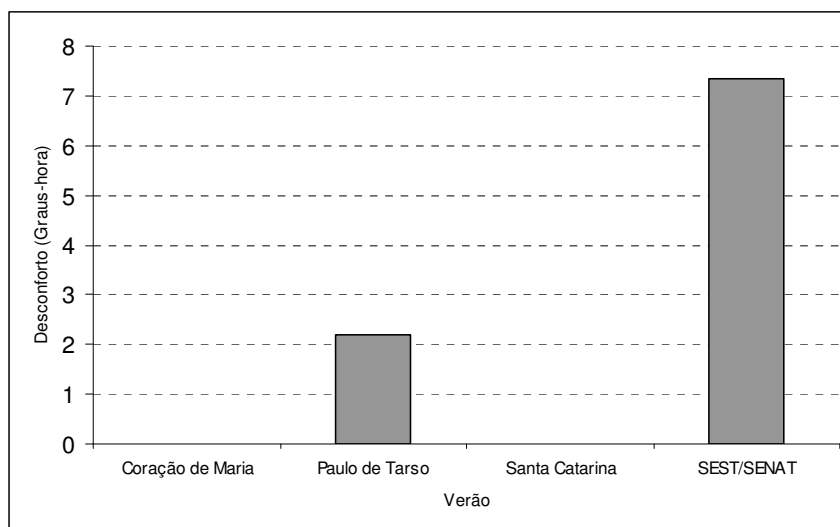
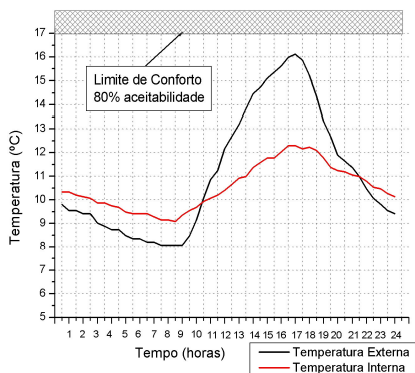


Figura 6.11 – Graus-hora de desconforto no interior das edificações – Período de verão

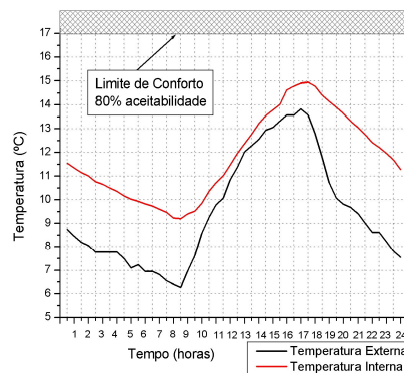
Pode-se afirmar, também, que em nenhuma das quatro edificações ocorre desconforto em razão do frio no período de verão, já que as temperaturas mais baixas registradas são superiores ao limite mínimo de conforto estabelecido segundo a ASHRAE (2004).

Em relação aos dados de inverno, as quatro edificações apresentaram curvas que não atingiram o limite inferior de conforto estabelecido a partir do ábaco da norma ASHRAE (2004). Os gráficos da figura 6.12 expressam que durante todo o período de Dia Médio as edificações não proporcionam conforto aos usuários em razão das baixas temperaturas.

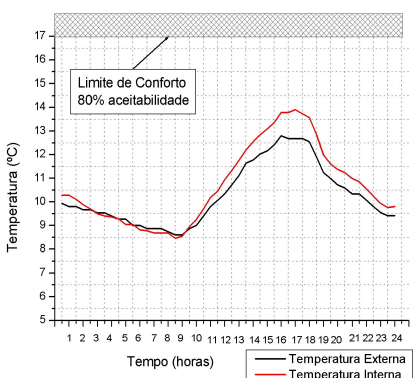
FERREIRA (2007, p. 106) comenta que este método alternativo apresenta limites de conforto com temperaturas bastante elevadas para o período frio, por desconsiderar a possibilidade de variação de vestimenta. De modo que não convém analisar os graus-hora de desconforto comparando as duas estações do ano e, sim estabelecendo relações entre as edificações dentro do mesmo período.



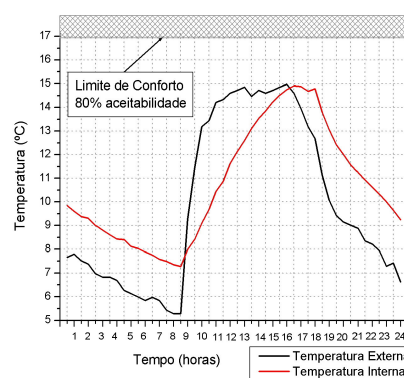
Ginásio Colégio Coração de Maria



Ginásio Escola Paulo de Tarso



Ginásio Colégio Santa Catarina



Ginásio SEST/SENAT

Figura 6.12 – Limites de conforto nas curvas de variação de temperatura do Dia Médio de inverno

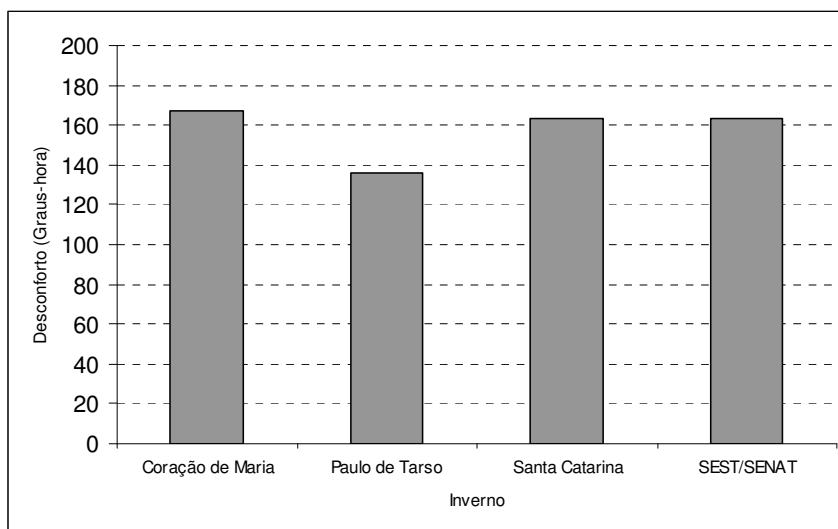


Figura 6.13 – Graus-hora de desconforto no interior das edificações – Período de inverno

Acerca dos graus-hora de desconforto determinados a partir do monitoramento de inverno (figura 6.13), pode-se afirmar que o Ginásio Escola Paulo de Tarso mostra-se menos desconfortável em função das temperaturas internas mais elevadas, que decorrem das características já citadas anteriormente (proximidade da cobertura e baixo índice de ventilação), sendo que este aquecimento do ambiente interno que a edificação proporciona mostra-se favorável no período de inverno.

Estabelecendo uma relação entre os graus-hora de desconforto decorrentes das temperaturas externas e internas foi possível corroborar as análises anteriores ao observar a figura 6.14 e constatar que no período de verão:

- O Ginásio do Colégio Coração de Maria apresenta desempenho favorável já que a envolvente proporciona conforto aos usuários apesar do elevado valor de graus-hora de desconforto no meio externo;
- Os Ginásios da Escola Paulo de Tarso e SEST/SENAT mostram-se desfavoráveis em função de que o desconforto verificado é mais elevado no ambiente interno do que no externo.

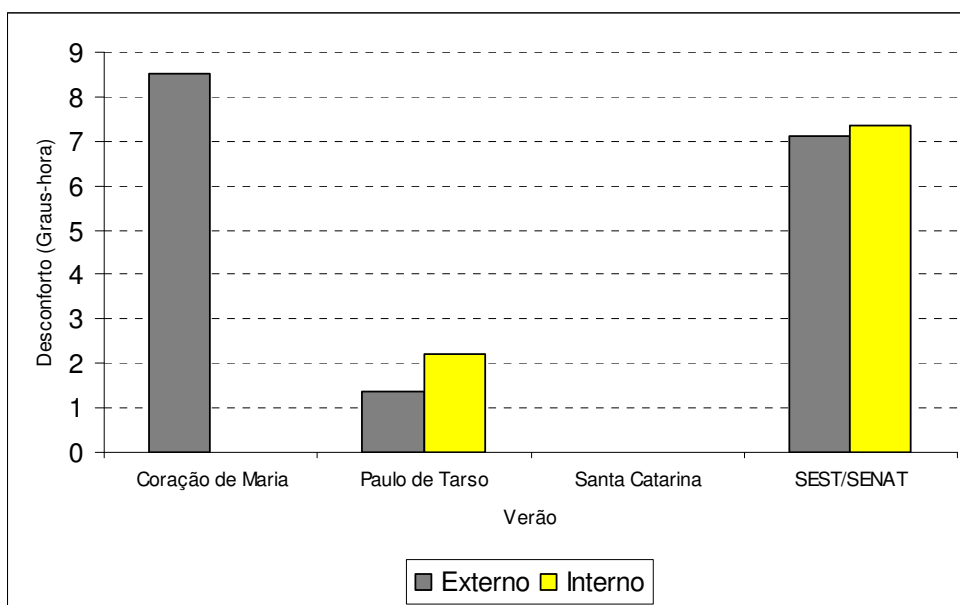


Figura 6.14 – Graus-hora de desconforto exterior x interior – Período de verão

Quanto ao período de inverno, os valores de graus-hora de desconforto da figura 6.15 permitem deduzir que:

- As edificações diminuem o desconforto do exterior com exceção do Ginásio do Colégio Coração de Maria no qual o valor de graus-hora de desconforto é maior internamente.
- O Ginásio da Escola Paulo de Tarso mostra o desempenho mais favorável em função das características já comentadas anteriormente.

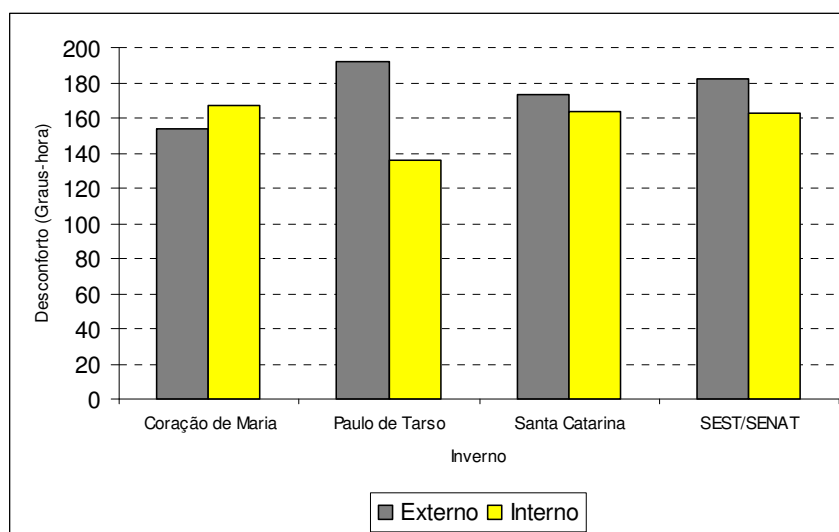


Figura 6.15 – Graus-hora de desconforto exterior x interior – Período de inverno





















Gin. Maior Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Pouco Ventilado	Gin. Menor Volume Ventilado	Gin. Maior Volume Ventilado
A edificação é confortável no período de verão.	A edificação é desconfortável no período de verão.	A edificação é confortável no período de verão.	A edificação é desconfortável no período de verão.
A edificação é desconfortável no período de inverno.	A edificação é desconfortável no período de inverno , porém foi a que apresentou menor valor de graus-hora de desconforto.	A edificação é desconfortável no período de inverno.	A edificação é desconfortável no período de inverno.

Quadro 6.3 – Quadro-resumo da Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto

No quadro 6.2 estão resumidas as informações geradas a partir da Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto.

6.4 Considerações Finais

A partir do observado nas três avaliações pôde-se estabelecer o quadro 6.4, que faz uma apresentação geral na qual o desempenho de cada edificação é qualificado segundo as informações obtidas a partir das análises realizadas. No quadro, o preenchimento em vermelho indica que o ginásio apresentou desempenho negativo no quesito, enquanto as unidades em cinza representam os aspectos positivos do edifício.

	AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA	AVALIAÇÃO DO DIA MÉDIO		AVALIAÇÃO DOS GRAUS-HORA DE DESCOFORTO	
	Adequação ao clima temp. de Santa Maria	Adequação ao período de verão	Adequação ao período de inverno	Conforto no período de verão	Conforto no período de inverno
Ginásio de Maior Volume Pouco Ventilado					
Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado					
Ginásio de Menor Volume Ventilado					
Ginásio de Maior Volume Ventilado					

Quadro 6.4 – Quadro comparativo do desempenho térmico dos ginásios analisados

De acordo com o quadro comparativo pode-se constatar que as edificações de grande porte apresentam desempenho favorável em um maior número de quesitos, de modo que a fim de estabelecer diretrizes projetuais para uma edificação esportiva

adequada ao clima temperado de Santa Maria é necessário voltar-se às características positivas das duas tipologias de maior volume.

Tem-se, então, que para a devida adaptação ao clima em questão, nos projetos de ginásios dever-se-ia priorizar as seguintes características:

- Grande volume – A fim de minimizar os efeitos da transmissão de calor (decorrente dos ganhos térmicos através da cobertura) sobre os usuários;
- Elevada inércia térmica – Onde valores altos de superfície equivalente pesada garantam o amortecimento da onda térmica;
- Ventilação seletiva – Através de esquadrias cuja operacionalidade permita: No período de verão reduzir o fluxo de ar nos horários de temperatura mais elevada (durante o dia) e intensificar o fluxo quando as temperaturas externas estiverem amenas (durante a noite). No período de inverno manter um nível mínimo de ventilação, apenas para suprimento de ar, nos períodos de baixas temperaturas, e incrementar este fluxo nos horários mais quentes do dia.

7 CONCLUSÕES

O principal objetivo deste estudo foi analisar o comportamento térmico de edificações desportivas a fim de propor recomendações de projeto para ginásios adequados ao clima temperado de Santa Maria. Pode-se afirmar, então, que os métodos utilizados foram válidos, pois a partir dos dados levantados foi possível avaliar as tipologias de maneira satisfatória, estabelecendo as diretrizes projetuais e demais conclusões tratadas no decorrer deste capítulo.

Este trabalho também se mostra útil ao estudar um tipo de edificação cuja quantidade de informações acerca de desempenho térmico e a relação do mesmo com o clima mostra-se bastante reduzida, abrindo, assim, uma nova frente de estudo sobre um tema pouco explorado.

O desempenho dos ginásios também permitiu concluir que o Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado é adequado nos locais em cujo clima predominam as baixas temperaturas, já que este tipo de edificação propicia o aproveitamento do calor proveniente da cobertura. Pode-se concluir também que o Ginásio de Menor Volume Ventilado se mostra apropriado aos climas quentes e úmidos, onde se tem reduzida amplitude térmica diária. Já que a ventilação abundante característica desta edificação faz com que as temperaturas internas se igualem às externas.

A partir da análise conjunta dos gráficos que relacionavam os valores de redução de amplitude térmica com as propriedades construtivas de cada edificação, foi possível concluir que a ação da ventilação se mostra mais influente e capaz de interferir mais fortemente no desempenho térmico das edificações de menor volume.

As temperaturas externas dos ginásios apresentaram valores com diferenças expressivas (apesar de o monitoramento ter ocorrido no mesmo período para as quatro edificações analisadas), que de certa forma limitaram a análise comparativa entre os ginásios. Analisando as diferenças nos valores de medição e a localização de cada edificação estudada, pode-se concluir que nos pontos de monitoramento as temperaturas externas sofreram influência do fenômeno “ilha de calor”, bastante comum nas regiões centrais das cidades, como a área onde se situa o Ginásio do Colégio Coração de Maria, cujas temperaturas externas se mostraram mais elevadas tanto no verão quanto no inverno. Também pode ser notada a influência de maciços

de vegetação e grandes volumes d'água, como no Ginásio da Escola Santa Catarina, situado nas proximidades da barragem do DNOS e do limite da cidade com rebordo do Planalto (que apresenta vegetação expressiva), onde as temperaturas externas se apresentaram mais amenas a tal ponto de que, mesmo com o desempenho desfavorável da edificação, as temperaturas internas não ultrapassaram os limites de conforto no período de verão.

Em relação às diferenças de amplitude das curvas de temperatura internas e externas, pode-se afirmar que a redução de amplitude térmica diária apresentada pela edificação não representa, necessariamente, a existência de amortecimento dos extremos de temperatura externa, já que os ginásios apresentaram desempenho diferenciado acerca de temperaturas máximas e mínimas do dia.

Acerca da avaliação dos Graus-hora de Desconforto pode-se afirmar que as diferenças nos valores das temperaturas medidas externamente dificultaram a análise comparativa, porém o método alternativo proposto pela ASHRAE (2004) veio a confirmar as informações geradas pelas demais avaliações, como o desempenho positivo do Ginásio do Colégio Coração de Maria no período de verão e o comportamento térmico favorável apresentado pelo Ginásio da Escola Paulo de Tarso no inverno. O método também se mostrou eficiente ao propiciar uma análise mais específica, voltada aos valores atingidos pelas curvas de temperatura. Foi através desta terceira avaliação que se pode verificar que, mesmo com uma concepção projetual inadequada ao clima, o Ginásio do Colégio Santa Catarina (situado num microclima mais ameno) apresenta temperaturas internas que não ultrapassam os limites de conforto no período de verão, fundamentando, assim, a conclusão de que a variável de maior interferência no desempenho térmico das edificações é a temperatura externa.

Como conclusão principal deste estudo podem ser citadas as recomendações de projeto tidas como de maior relevância para que os ginásios em questão apresentem um comportamento térmico adequado ao clima de Santa Maria:

- O maior volume da edificação que (em função da altura de pé-direito somada à quantidade de ar existente entre o nível do piso e a cobertura) diminui a influência, sobre os usuários, do calor solar incidente, transmitido ao interior por convecção ou radiação. Desta forma, tem-se um melhor desempenho térmico das edificações no verão, considerado o período de maior rigor climático na região.

- A elevada inércia térmica do conjunto construído, que protege a edificação das oscilações rápidas de temperatura, ocasionando o amortecimento da onda térmica de maneira que os extremos de temperatura externa sejam atenuados no interior da edificação.

Estas duas primeiras recomendações foram estabelecidas a partir das análises que demonstraram que edificações com estas características apresentam um desempenho térmico geral mais positivo do que as demais. Porém, cabe destacar, que tanto uma quanto outra pode ser favorável num período e desfavorável em outro, pois são propriedades invariáveis ao longo do ano e não possibilitam a flexibilidade demandada pelos climas temperados, nos quais se tem necessidades distintas ao longo do ano. Esta flexibilidade é garantida pela terceira recomendação de projeto que é a ventilação seletiva, de fundamental importância para o aproveitamento adequado das duas primeiras:

- A ventilação seletiva, através da qual o movimento convectivo do ar pode retirar calor do ambiente nas horas mais quentes do verão (quando as temperaturas internas estiverem mais elevadas do que as externas) ou também ceder calor ao meio interno nos períodos mais frios do inverno (quando as temperaturas externas estiverem mais elevadas do que as internas), desde que o manejo das esquadrias e demais equipamentos para ventilação seja apropriado, conforme especificado nas considerações finais do capítulo Análise de Resultados.

Caso estas características não possam ser contempladas no partido adotado para uma edificação desportiva (em função dos condicionantes de projeto e demais particularidades de cada situação), sugere-se, então, que:

- Se a edificação for obrigatoriamente de menor volume, faz-se necessário o tratamento da cobertura a fim de reduzir os ganhos de calor pela mesma;
- Se na edificação não houver possibilidade de ventilação seletiva, é preferível que ela seja de maior volume, a fim de que o grande porte garanta um amortecimento térmico mínimo.

7.1 Sugestão para Trabalhos Futuros

A partir da realização deste estudo sugere-se que trabalhos futuros abordem os seguintes temas:

- Aplicar a metodologia proposta na análise de edificações desportivas, segundo diferentes critérios de comparação, tais como orientação solar, material construtivo das vedações, valor de superfície equivalente pesada, compacidade da forma em planta, etc.;
- Realizar simulações baseadas nos edificações desta pesquisa a fim de comparar os resultados do monitoramento real com o simulado, e estudar alterações projetuais (forma, sítio, materiais construtivos) que possibilitem um melhor desempenho térmico dos ginásios analisados;
- Avaliar edificações desportivas considerando as diferentes configurações climáticas do território brasileiro;
- Estabelecer uma metodologia de análise que inclua a consulta aos usuários a fim de medir o nível de conforto térmico deste tipo de edificação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. **A Tendência Atual dos Métodos de Avaliação do Desempenho Térmico e Energético de Edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1997. p. 147-151.

ARAÚJO, E. H. S.; MARTINS, T. L. F. **Avaliação de Desempenho Térmico dos Setores de Aulas do Campus da UFRN.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. p. 293-297.

ARÓZTEGUI, J. M. **Exigências Mínimas de Habitabilidade Térmica.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1990, Gramado. **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1990. p. 121-125.

ASSIS, E. S.; FRANCISCO, P. T. **Avaliação de um Modelo Preditivo de Conforto Térmico Urbano na Avaliação de Impacto do Adensamento...** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 65-74.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1:** Desempenho Térmico de Edificações: Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho Térmico de Edificações: Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 34 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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. 30 p.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos.** Maceió: EDUFAL, 1996. 96 p.

CARTILHA OLIMPISMO. Disponível em: <<http://www.cob.org.br/>>. Acesso em: 22 de ago. 2007.

COSTA, E. C. **Física Aplicada à Construção**. 4.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. 263 p.

COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica**: condicionamento térmico natural. São Paulo: Edgar Blücher, 1982. 265 p.

DELBENE, C. A.; EVANS, J. M. **Comportamiento de la Envolvente Edilícia en Fachadas com Distintas Orientaciones**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 268-274.

DORNELLES, K. A. **Estudo de Casos sobre Inércia Térmica de Edificações na Cidade de São Carlos, SP**. 2004. 148f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

DORNELLES, K.; RORIZ, M. **Identificação da absortância solar de superfícies opacas por meio de espectrômetros de baixo custo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 314-323.

DUARTE, Orlando. **História dos Esportes**. São Paulo: Makron Books, 2000. 560 p.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970. 214 p.

FERREIRA, Francéli. **Desempenho Térmico em Edifícios de Escritório na Região Central do Rio Grande do Sul**. 2007. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243 p.

GHISI, E. et al. **Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/>>. Acesso em: 21 de set. 2007.

GIGLIO, T. G. F.; BARBOSA, M. J. Aplicação de métodos de avaliação do desempenho térmico para analisar painéis de vedação em madeira. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre: ANTAC, v. 6, n. 3, p. 91-103, jul./set. 2006.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. São New York: Van Nostrand Reinhold, 1998. 265 p.

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, Lansanne, v.18, p. 11-23, 1992.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção / UFSC, 1997. 345 p.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTTLER, M. A. **Análise e discussão de abordagens para avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas de interesse social aplicadas a Porto Alegre, RS**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 456-465.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php/>>. Acesso em: 23 de ago. 2007.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 188 p.

LAZZAROTTO, Nébora. **Adequação do Modelo PMV na Avaliação do Conforto Térmico de Crianças do Ensino Fundamental de Ijuí-RS**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LECHNER, N. **Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial** e Controle da Poluição. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1990. 116 p.

MALHEIROS, Fabiane van Ass. **Desempenho Térmico de Pavilhões Industriais: estudo de casos em Panambi-RS**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MAPA de Clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5000000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm/>>. Acesso em: 23 de ago. 2007

MAPA da Divisão Municipal e Rede Urbana do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: DEPLAN, 2004. Escala 1:1000000. Disponível em <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=334>>. Acesso em: 23 de ago. 2007

MAPA de Unidades de Relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Escala 1:5000000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm/>>. Acesso em: 23 de ago. 2007

MASCARÓ, L. R. **Luz, Clima e Arquitetura**. São Paulo: FAU-USP, 1979. 188 p.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. R. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzatto, 1992. 134 p.

MEMÓRIA OLÍMPICA. Disponível em: <<http://www.cob.org.br/>>. Acesso em: 21 de ago. 2007

MENDONÇA, R. S. R.; ASSIS, E. S. Conforto Térmico Urbano: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte, MG. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre: ANTAC, v.3, n. 3, p. 45-63, 2003.

MERCADO, M. V.; ESTEVES, A. **Sistema de Calefacción Solar Radiante: Variables de Diseño y Mediciones Experimentales**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006. p. 334-344.

MOTTA, Aydano André. A tradição da festa Amena. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/blogs/aydanonopan/>>. Acesso em: 21 de ago. 2007.

PEREIRA, F. O. R. **Conforto Ambiental Térmico**. Caderno Didático (Laboratório de Conforto Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, [200-]. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/>>. Acesso em: 21 de set. 2007.

RHEINGANTZ, P. A. Pequena Digressão sobre Conforto Ambiental e Qualidade de Vida nos Centros Urbanos. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, n. 23, p. 35-58, jan./jun. 2001.

RIVERO, R. **Acondicionamento Térmico Natural**: arquitetura e clima. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1985. 225 p.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Uma proposta de norma térmica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999.

RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. [S.l]: Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 1999. 92 p.

SAYDELLES, Alexandre Pistoia. **Estudo do Campo Térmico e das Ilhas de Calor em Santa Maria-RS**. 2005. 221f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SARTORI, Maria da Graça Barros. **O Clima de Santa Maria-RS**. 1979. 166f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SCHLEE, A.R. O Clima e a Arquitetura Brasileira. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, n. 22, p. 19-34, jan./jun. 2001.

SCIGLIANO, S.; HOLLO, V. **IVN: Índice de Ventilação Natural**. São Paulo: Pini, 2001. 278 p.

SILVA, A. C. S. B.; SATTLER, M. A. LAMBERTS, R. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro para fins de edificação**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. p. 161-166.

SILVA, H. C.; KINSEL, L. S. Região Climática de Porto Alegre: revisão climática para um desenho inteligente e uma arquitetura adequada. **Revista ARQtexto**, Porto Alegre: PROPARG, n. 9, p. 124-132, jan./jun. 2007.

SILVEIRA, A. L. R. C. **Avaliação do Desempenho Térmico de Apartamentos de Conjunto Habitacional em Teresina / PI**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2005. p. 1922-1930.

SOUZA, L. C.L. **Avaliação das Condições Térmicas de um Protótipo em Argamassa Armada na Cidade de São Carlos - SP**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1990, Gramado. **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1990. p. 37-40.

SZOKOLAY, S. V. **Arquitetura Solar: realización y proyectos a escala mundial**. Barcelona: Blume, 1983. 261 p.

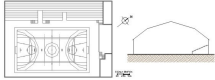
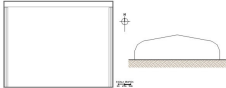
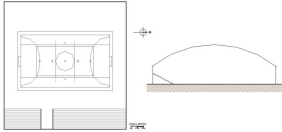
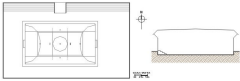
TURCO, Benê. **Fique por Dentro: Esportes Olímpicos**. São Paulo: Casa da Palavra, 2006. 180 p.

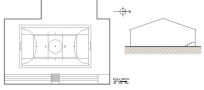
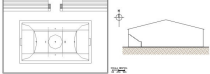
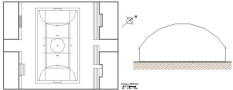
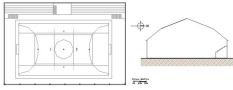
TURIK, N. **Exigências de Desempenho Higrotérmico da Envolvente de Habitações Populares Térreas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1990, Gramado. **Anais...** Gramado: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1990. p. 109-113.

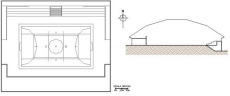
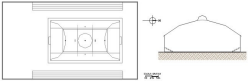
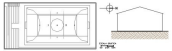
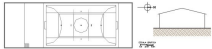
WEBER, C.P. **O Uso do Brise-soleil na Arquitetura da Região Central do Rio Grande do Sul**. 2005. 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

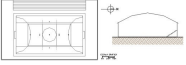
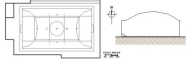
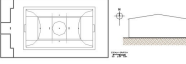
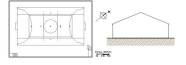
Universidade Federal de Santa Maria. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura e Apresentação de Monografia, Dissertações e Teses**. Santa Maria, 2006.

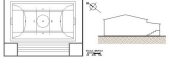


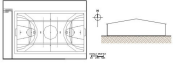
APÊNDICE A – Planilha de Edificações do Levantamento Preliminar

Edificações	Volume [m³]	Capac. Térm. Total [kJ/(m².K)]	Capac./m³	IVN entrada	IVN saída	IVN Result.	Ventil. Cruzada	Transp. x Opaco [%]
<p>Ginásio do Colégio Coração de Maria</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	13.228,60	395.981,00	29,93	1,02	0,79	0,79	SIM	5,05
<p>Ginásio do Colégio Santa Maria</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	11.881,38	270.272,80	22,75	1,67	1,91	1,67	SIM	6,44
<p>Ginásio 1 do Centro Desportivo Municipal</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	32.735,19	589.801,50	18,02	0,48	1,50	0,48	SIM	8,20
<p>Ginásio Didático nº. 1 da UFSM</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	15.352,42	413.566,70	26,94	3,07	1,06	1,06	SIM	4,55

Edificações	Volume [m³]	Capac. Térm. Total [kJ/(m².K)]	Capac./m³	IVN entrada	IVN saída	IVN Result.	Ventil. Cruzada	Transp. x Opaco [%]
<p>Ginásio da Escola Antônio Alves Ramos</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	10.017,88	171.780,20	17,15	2,68	2,22	2,22	NÃO	11,82
<p>Ginásio Oreco</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	12.940,89	315.746,40	24,39	1,08	0,87	0,87	SIM	5,34
<p>Ginásio do Parque Militar</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	17.543,60	403.024,40	22,97	2,30	0,29	0,29	SIM	8,53
<p>Ginásio do Regimento Mallet</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	19.485,21	254.848,40	13,08	3,08	0,16	0,16	SIM	7,72

Edificações	Volume [m³]	Capac. Térm. Total [kJ/(m².K)]	Capac./m³	IVN entrada	IVN saída	IVN Result.	Ventil. Cruzada	Transp. x Opaco [%]
<p>Ginásio de São Marcos</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	13.501,20	310.831,20	23,02	1,13	1,52	1,13	SIM	5,17
<p>Ginásio SEST/SENAT</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	17.977,31	393.159,20	21,87	3,28	2,38	2,38	SIM	5,15
<p>Ginásio AABB</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	5.607,69	190.249,00	33,93	1,46	1,09	1,09	SIM	8,41
<p>Ginásio 2 do Centro Desportivo Municipal</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	6.360,06	556.991,80	87,58	1,46	2,19	1,46	SIM	3,53

Edificações	Volume [m³]	Capac. Térm. Total [kJ/(m².K)]	Capac./m³	IVN entrada	IVN saída	IVN Result.	Ventil. Cruzada	Transp. x Opaco [%]
<p>Ginásio do Clube Atlético</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	8.669,20	268.814,30	31,00	2,39	0,87	0,87	SIM	4,94
<p>Ginásio do Clube Socepe</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	7.195,54	301.377,10	41,88	1,17	0,82	0,82	NÃO	3,24
<p>Ginásio do Colégio Centenário</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	9.659,65	252.452,00	26,13	1,36	1,34	1,34	SIM	7,31
<p>Ginásio do Colégio Santa Catarina</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	6.774,10	174.501,30	25,76	2,62	3,29	2,62	SIM	10,11

Edificações	Volume [m³]	Capac. Térm. Total [kJ/(m².K)]	Capac./m³	IVN entrada	IVN saída	IVN Result.	Ventil. Cruzada	Transp. x Opaco [%]
<p>Ginásio da Escola Duque de Caxias</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	4.902,21	199.358,00	40,67	1,76	0,56	0,56	SIM	2,83
<p>Ginásio da Escola Luís Vítor Sartori</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	4.345,38	150.322,40	34,59	2,38	3,08	2,38	SIM	5,23
<p>Ginásio da Escola Marista Santa Marta</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	6.732,14	247.363,00	36,74	3,41	2,88	2,88	SIM	8,57
<p>Ginásio da Escola Paulo de Tarso</p>  <p>Vista em planta e corte</p>	5.086,28	127.686,80	25,10	1,73	0,82	0,82	SIM	4,35

