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

DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Renata Rotta

Santa Maria, RS, Brasil
2009

DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS

por

Renata Rotta

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
2009

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

DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS

elaborada por

Renata Rotta

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

Comissão examinadora:

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

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

_____
Solange V. G. Goulart, Dra. (UFSC, SC)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2009.

O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.

Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A UFSM que proporcionou minha formação como arquiteta e urbanista, além de ser a instituição na qual obtive minha primeira experiência como docente e agora me oportuniza a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Joaquim César Pizzutti dos Santos, por todos os conhecimentos compartilhados, pela disposição e estímulo para que conseguisse vencer mais esse desafio.

Aos colegas e professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil pelas lições e amizade. Ao querido colega Miguel Ângelo Pedroso, que além de um exemplo de vida, se tornou um grande amigo. As colegas Maristela Guareschi e Cibele Sangoi, pela amizade e companheirismo durante a realização deste trabalho. A colega Franceli Ferreira pelas experiências compartilhadas.

Aos moradores e funcionários dos Conjuntos Habitacionais analisados: PAR Noel Guarany, PAR Luis Bavaresco, Conjunto Residencial Bourbon, Conjunto Habitacional Acampamento e Conjunto Habitacional João Paulo I, pela compreensão e colaboração para que este trabalho se tornasse realidade.

A Marco Aurélio Biermann Pinto e demais funcionários do Cartório de Registro de Imóveis de Santa Maria pela imprescindível colaboração no levantamento de dados das edificações.

A uma pessoa muito especial e que não pôde vivenciar o final deste trabalho, mas mesmo não estando mais entre nós continua presente em nossas vidas. Seu Carlos Bueno da Fontoura, obrigada pelo carinho e sempre afetuosa atenção.

Ao meu companheiro e amigo Marcos Fontoura Cartana que está comigo em todos os momentos e que teve papel fundamental para a concretização de mais esse sonho.

Aos meus pais, Lucindo e Juleide pelo amor e apoio.

Muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES DE INTERESSE SOCIAL EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NA CIDADE DE SANTA MARIA - RS

AUTORA: RENATA ROTTA
ORIENTADOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Data de Local da Defesa: Santa Maria, 2009.

No Brasil milhões de famílias estão excluídas do acesso à moradia digna. Além do déficit habitacional, a baixa qualidade das construções evidencia a importância de se rever o padrão dos novos empreendimentos que estão sendo construídos. O objetivo deste estudo é avaliar o desempenho térmico de edificações construídas por diferentes políticas de habitação popular em conjuntos habitacionais multifamiliares de quatro a cinco pavimentos na cidade de Santa Maria - RS. Foi realizado o levantamento e análise das características construtivas e arquitetônicas de edifícios localizados em Conjuntos Habitacionais, através de visitas in loco e consultas aos projetos arquitetônicos e memoriais descritivos. A capacidade térmica do edifício, juntamente com a possibilidade de ocorrência de ventilação natural das unidades autônomas foram as características determinantes na seleção dos edifícios que posteriormente foram monitorados durante um determinado período no verão e no inverno. A análise dos valores de temperatura externas e internas obtidos através do monitoramento relacionadas com as características construtivas dos diferentes edifícios permitiu concluir que a alta capacidade térmica aliada a uma ventilação controlada e uma boa vedação do envoltório foram determinantes no desempenho térmico dos edifícios. Um bom isolamento da cobertura se mostrou tão ou mais importante que uma boa orientação solar. Apresenta-se um diagnóstico da realidade, que poderá servir de subsídio para outros estudos visando à melhoria do desempenho térmico das habitações de interesse social dos futuros programas a serem implementados no município de Santa Maria e região.

Palavras-chaves: habitações multifamiliares, habitações de interesse social, desempenho térmico.

ABSTRACT

Máster Thesis
Post-Graduate Program in Civil Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

THERMAL PERFORMANCE OF MULTI-FAMILY BUILDINGS IN SOCIAL HOUSING COMPLEXES IN THE CITY OF SANTA MARIA - RS

AUTHOR: RENATA ROTTA
ADVISOR: JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Date and place of the defense: Santa Maria, 2009.

In Brazil, millions of families are excluded from access to decent housing. Besides the scarcity of social housing, the low quality of buildings shows the importance of reviewing standards for new projects that are being built. The objective of this study is to evaluate the thermal performance of buildings constructed under different policies of social housing in four and five story multi-family housing complexes in the city of Santa Maria - RS. Data collection and analysis of building and architectural characteristics of housing complex buildings was made through in loco visits and consultation of architectural projects as well as descriptive memorandums. The thermal capacity of buildings, as well as the occurrence of natural ventilation of autonomous units were factors considered in the selection of buildings that were monitered during a certain period in the summer and in the winter. The analysis of external and internal temperature together with the different building characteristics allowed us to conclude that high thermal capacity together with controlled ventilation and good sealing of the wrapping were determining factors in the thermal performance of the buildings. A good isolation of the roof as important or more important than solar orientation. The results present a realistic diagnosis, which may serve as a base for other studies aiming to improve thermal performance in future social housing programs in Santa Maria and the surrounding area.

Key words: multi-family buildings, social homes, thermal performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento Bioclimático para o Brasil. 32

Figura 2 - Carta Bioclimática proposta por OLGYAY em 1963. 36

Figura 3 - Carta Bioclimática adaptada.. 37

Figura 4 – Estratégias propostas pela Carta Bioclimática..... 37

Figura 5 - Construção em clima desértico..... 39

Figura 6 - Localização dos Conjuntos Habitacionais 53

Figura 7 - Aparelho de medição e a proteção contra a radiação 54

Figura 8 - Implantação do PAR Noel Guarany na malha urbana da cidade 63

Figura 9 - Esquema de ventilação no PAR Noel Guarany..... 64

Figura 10 - Inserção do PAR Luis Bavaresco na malha urbana da cidade 64

Figura 11 - Esquema de ventilação no PAR Luis Bavaresco 65

Figura 12 - Inserção do Conjunto Residencial Bourbon na malha urbana da cidade 65

Figura 13 - Esquema de ventilação no Conjunto Residencial Bourbon..... 66

Figura 14 - Inserção do Conjunto Habitacional Acampamento na malha urbana da cidade. 66

Figura 15 - Esquema de ventilação no Conjunto Habitacional Acampamento..... 67

Figura 16 - Inserção do Conjunto Habitacional João Paulo I na malha urbana da cidade 67

Figura 17 - Esquema de ventilação no Conjunto Habitacional João Paulo I 68

Figura 18 - Localização do Bloco C na implantação do PAR Noel Guarany..... 71

Figura 19 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany 71

Figura 20 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no PAR Noel Guarany 72

Figura 21 - Variação de temperatura do ar para o período de verão na orientação sul no PAR Noel Guarany 72

Figura 22 - Variação de temperatura do ar para o período de verão na orientação oeste no PAR Noel Guarany 72

Figura 23 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno no PAR Noel Guarany 74

Figura 24 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação oeste no PAR Noel Guarany 74

Figura 25 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação sul no PAR Noel Guarany. 74

Figura 26 - Localização do Bloco E na implantação do PAR Luís Bavaresco... 76

Figura 27 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco E do PAR Luís Bavaresco. 76

Figura 28 - Variação de temperatura do ar para o período de verão no PAR Luis Bavaresco. 76

Figura 29 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 78

Figura 30 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação noroeste no PAR Luis Bavaresco. 78

Figura 31 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudoeste no PAR Luis Bavaresco. 78

Figura 32 - Localização do Bloco B na implantação do Conjunto Residencial Bourbon..... 80

Figura 33 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon. 80

Figura 34 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon. 81

Figura 35 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação norte no Conjunto Residencial Bourbon. 81

Figura 36 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação sul no Conjunto Residencial Bourbon. 82

Figura 37 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 83

Figura 38 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação norte no Conjunto Residencial Bourbon. 84

Figura 39 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sul no Conjunto Residencial Bourbon. 84

Figura 40 - Localização do Bloco N na implantação do Conjunto Habitacional Acampamento. 85

Figura 41 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco N do Conjunto Habitacional Acampamento. 85

Figura 42 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 86

Figura 43 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação nordeste no Conjunto Habitacional Acampamento. 87

Figura 44 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação sudeste no Conjunto Habitacional Acampamento. 87

Figura 45 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 88

Figura 46 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação nordeste no Conjunto Habitacional Acampamento. 89

Figura 47 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudeste no Conjunto Habitacional Acampamento. 89

Figura 48 - Localização do Bloco E na implantação do Conjunto Habitacional João Paulo I. 90

Figura 49 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco E do Conjunto Residencial João Paulo I. 91

Figura 50 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 91

Figura 51 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação nordeste no Conjunto Habitacional João Paulo I. 92

Figura 52 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. 93

Figura 53 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação nordeste no Conjunto Habitacional João Paulo I. 93

Figura 54 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudoeste no Conjunto Habitacional João Paulo I. 94

Figura 55 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no PAR Noel Guarany. 95

Figura 56 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no PAR Noel Guarany. 96

Figura 57 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no PAR Noel Guarany. 97

Figura 58 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no PAR Noel Guarany. 97

Figura 59 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no PAR Noel Guarany. 98

Figura 60 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no PAR Noel Guarany. 99

Figura 61 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no PAR Luis Bavaresco. 99

Figura 62 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 101

Figura 63 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no PAR Luis Bavaresco. 101

Figura 64 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no PAR Luis Bavaresco. 102

Figura 65 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 103

Figura 66 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 103

Figura 67 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no Conjunto Residencial Bourbon. 104

Figura 68 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no Conjunto Residencial Bourbon.. 105

Figura 69 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon. 105

Figura 70 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 106

Figura 71 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 107

Figura 72 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 107

Figura 73 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 108

Figura 74 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 109

Figura 75 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 109

Figura 76 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 110

Figura 77 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 111

Figura 78 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 111

Figura 79 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 112

Figura 80 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 113

Figura 81 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 113

Figura 82 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. 114

Figura 83 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. 115

Figura 84 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I..... 115

Figura 85 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados..... 116

Figura 86 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados. 117

Figura 87 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados. 118

Figura 88 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados. 118

Figura 89 - Capacidade Térmica e Amortecimento Térmico Diário para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados..... 119

Figura 90 - Capacidade Térmica e Amortecimento Térmico Diário para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados. 120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2. 32

Tabela 2 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2. 33

Tabela 3 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2. 33

Tabela 4 - Dados referente ao instrumento de aquisição de dados. 54

Tabela 5 - Conjuntos habitacionais pesquisados. 56

Tabela 6 - Levantamento preliminar das características projetuais e construtivas dos Conjuntos Habitacionais. 58

Tabela 7 - Cálculo da capacidade térmica dos edifícios selecionados. 69

Tabela 8 - Características projetuais e construtivas relevantes para a análise.. 70

Tabela 9 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no PAR Noel Guarany. 73

Tabela 10 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no PAR Noel Guarany. 75

Tabela 11 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no PAR Luis Bavaresco. 77

Tabela 12 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 79

Tabela 13 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon. 83

Tabela 14 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 85

Tabela 15 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 88

Tabela 16 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 90

Tabela 17 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 92

Tabela 18 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. 94

Tabela 19 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no PAR Noel Guarany. 96

Tabela 20 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no PAR Noel Guarany. 98

Tabela 21 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no PAR Luis Bavaresco. 100

Tabela 22 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco. 102

Tabela 23 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon. 104

Tabela 24 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon. 106

Tabela 25 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento. 108

Tabela 26 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. 110

Tabela 27 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I. 112

Tabela 28 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. 114

Tabela 29 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados. 116

Tabela 30 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados. 117

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Planilhas de relação entre as dimensões dos edifícios e áreas de fachada e esquadrias

APÊNDICE B – Planilhas com dimensões e orientação solar dos edifícios analisados.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APs	Instituto de Aposentadoria e Pensão
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, INC.
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Social
BNH	Banco Nacional da habitação
CEF	Caixa Econômica Federal
Cohabs	Companhias de Habitação
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
Ficam	Financiamento para Construção, Ampliação e Melhoria
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
Iapi	Instituto para Aposentadoria e Pensão dos Industriários
IBH	Instituto Brasileiro de Habitação
OCBs	Organizações comunitárias de base
OGU	Orçamento geral da União
ONGs	Organizações não-governamentais
PAH	Plano de Assistência Habitacional
PAR	Programa de Arrendamento Residencial
PBQP-Habitat	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PNH	Política Nacional de Habitação
Profilurb	Programa de Financiamento de Lotes Urbanizados
Promorar	Programa de Erradicação de Subhabitação
PSH	Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social
SBPE	Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo

SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SFH	Sistema Financeiro da Habitação

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE APÊNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS

1 INTRODUÇÃO 21

1.1 OBJETIVOS 22

1.1.1 Objetivo Geral *22*

1.1.2 Objetivos Específicos *23*

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 23

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 25

2.1 POLÍTICA NACIONAL DE HABITAÇÃO 25

2.2 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO 31

2.3 O CONFORTO TÉRMICO 33

2.4 ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS PARA O CONFORTO TÉRMICO 40

2.5 COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES 43

3 METODOLOGIA 51

3.1 INTRODUÇÃO 51

3.2 DEFINIÇÃO DOS EDIFÍCIOS ANALISADOS 52

3.3 EQUIPAMENTOS 53

3.4 COLETA DE DADOS 54

4 RESULTADOS 56

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS EDIFÍCIOS 56

4.2 DEFINIÇÃO DAS TIPOLOGIAS A SEREM MONITORADAS 63

4.2.1 Ventilação *63*

4.2.2 Capacidade Térmica *68*

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS 70

5.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA 70
5.1.1 PAR Noel Guarany *70*
5.1.2 PAR Luis Bavaresco *75*
5.1.3 Conjunto Residencial Bourbon *79*
5.1.4 Conjunto Residencial Acampamento *85*
5.1.5 Conjunto Habitacional João Paulo I *90*
5.2 AMPLITUDE TÉRMICA E AMORTECIMENTO 95
5.2.1 PAR Noel Guarany *95*
5.2.2 PAR Luis Bavaresco *99*
5.2.3 Conjunto Residencial Bourbon *103*
5.2.4 Conjunto Habitacional Acampamento *107*
5.2.5 Conjunto Habitacional João Paulo I *111*
6 CONCLUSÕES 121
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS 123
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 124
APÊNDICE A 128
APÊNDICE B 130

1 INTRODUÇÃO

A temática da habitação social é certamente uma das mais relevantes no cenário urbano, dado o reconhecido déficit no setor, estimado hoje no Brasil em quase oito milhões de famílias (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006). Sem dúvida, há a necessidade de se produzir em larga escala novas unidades habitacionais, porém a pouca importância dada à fase de projeto e de especificação tem gerado edificações de baixa qualidade construtiva, totalmente desvinculadas às questões de conforto. No Brasil, verifica-se que os programas para habitação de interesse social vêm sendo implementados em todo o território nacional de forma padronizada, sem haver uma preocupação com especificidades regionais, principalmente no que diz respeito à avaliação do desempenho térmico das moradias. Considerando-se que a adoção de um determinado sistema construtivo para esse tipo de edificação será repetido por inúmeras vezes, qualquer erro de projeto assume grandes proporções. Assim, uma mesma tipologia de projeto e de mesmo sistema construtivo é adotada em cidades com características muito distintas, sendo desconsiderada a grande diversidade sócio-econômica, cultural, climática e tecnológica entre as diferentes regiões do Brasil, não atendendo às necessidades de seus usuários.

No caso das habitações populares, esse problema torna-se ainda mais grave, pois a maioria dessas edificações não possui equipamentos de condicionamento artificial. Diante disso, é preciso uma atenção ainda maior por parte dos profissionais responsáveis para que o projeto, a implantação, os materiais e dispositivos proporcionem maior conforto térmico.

Para Mascaró (1992), o generalizado desconhecimento das condições climáticas por parte dos projetistas e o baixo prestígio das soluções de acondicionamento natural ficam evidenciados pelos grandes e freqüentes erros de projeto encontrados. Segundo ele, os erros do projeto são freqüentes na forma e disposição dos locais, na altura dos edifícios, na sua orientação, na composição de sua envolvente e, sobretudo, nas suas coberturas.

Com a aprovação, em 2001, do Estatuto da Cidade, uma série de possibilidades se abriram para o Poder Público na implementação de instrumentos que podem eventualmente garantir uma provisão habitacional de interesse social mais significativa no país, aumentando a importância da discussão sobre um projeto

de qualidade compatível com essa produção.

A avaliação de sistemas construtivos tem como objetivo a busca de uma solução eficiente para o enorme déficit habitacional brasileiro, considerando, ainda, um maior conforto por parte de seus usuários. Em vista disso, a existência de diretrizes para o desenvolvimento de sistemas construtivos significa uma ferramenta importante para a tomada de decisões, justificando de forma mais clara as escolhas de projeto.

Na região onde localiza-se a cidade de Santa Maria, as necessidades de iluminação, aquecimento no inverno e refrigeração no verão podem ser totalmente cobertas através de estratégias passivas de condicionamento, que devem ser incorporadas num projeto de arquitetura que conjugue a conceituação arquitetônica com o condicionamento natural da edificação.

Como ocorre em todo país, em Santa Maria foi construído um grande número de habitações de interesse social, no entanto, não há estudos técnicos sobre o desempenho térmico apresentado por estas habitações. Em geral, os projetos e a definição dos materiais e técnicas a serem utilizados visam em primeiro lugar a redução de custos da construção, negligenciando, muitas vezes, o conforto de seus usuários. Nesta pesquisa, buscou-se conhecer a realidade com relação ao desempenho térmico das habitações de interesse social em Conjuntos Habitacionais construídos em Santa Maria, bem como comparar o desempenho das edificações construídas atualmente e aquelas construídas à décadas passadas. Outro objetivo é avaliar quais os fatores que influenciam de forma decisiva o desempenho térmico dos edifícios na região que se encontra a cidade de Santa Maria. Também, comparam-se os dados levantados com outros estudos realizados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa avaliar o comportamento térmico de edifícios em conjuntos habitacionais de quatro a cinco pavimentos destinados à habitação

popular na cidade de Santa Maria - RS, relacionando os resultados obtidos com as características construtivas das edificações.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantamento dos projetos arquitetônicos e das características construtivas dos Conjuntos Habitacionais Multifamiliares com até cinco pavimentos implantados na cidade de Santa Maria em diferentes épocas e por diferentes políticas de habitação;
- Definir tipologias construtivas em conjuntos habitacionais de interesse social com até cinco pavimentos na cidade de Santa Maria;
- Relacionar o comportamento das temperaturas do ar internas com as temperaturas externas de cada tipologia dentro de um período de inverno e de verão;
- Observar o nível de influência de parâmetros arquitetônicos, como a capacidade térmica dos diferentes elementos da construção, orientação solar, proximidade com a cobertura, e facilidade de ventilação no desempenho térmico;
- Traçar um comparativo entre as edificações analisadas, considerando as variáveis do projeto arquitetônico.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação de mestrado encontra-se subdividida em seis capítulos: Introdução, Revisão de Literatura, Materiais e Métodos, Resultados, Análise dos Resultados e Conclusões. Na Introdução, fez-se a apresentação do tema a ser desenvolvido, abordando sua importância, as justificativas para a realização desta pesquisa e os objetivos a serem alcançados.

Na revisão de literatura, aborda-se o tema da habitação popular e as políticas adotadas no país. O zoneamento bioclimático brasileiro é tratado em seguida com a caracterização da região estudada. Os conceitos relacionados ao conforto térmico

bem como a aplicação dos conceitos da arquitetura bioclimática e da arquitetura vernacular fazem parte do item seguinte. Por fim, são apresentados trabalhos realizados a nível nacional envolvendo o desempenho térmico de edificações.

No terceiro capítulo apresenta-se o procedimento metodológico aplicado ao estudo de forma a se obter os objetivos estabelecidos no primeiro capítulo. O capítulo inicia-se com o levantamento de dados, definição das tipologias, monitoramento e a organização dos dados obtidos e posteriormente analisados.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos para o estudo através da metodologia proposta. São apresentadas a análise das características consideradas mais relevantes para o estudo, e a justificativa da escolha dos edifícios selecionados bem como da definição dos pontos para o monitoramento.

O quinto capítulo refere-se à análise dos resultados onde são comparados o comportamento das temperaturas internas nos diferentes pavimentos e orientações em relação às temperaturas externas e posteriormente a mesma análise é feita comparando-se uma tipologia com a outra. Também são apresentados os resultados referentes ao amortecimento da onda térmica e por fim a relação dos resultados obtidos com as características construtivas mais relevantes.

O sexto capítulo remete-se as conclusões extraídas da análise dos resultados juntamente com as limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Em seguida, são apresentados as referências bibliográficas e apêndices com planilhas utilizadas no levantamento dos dados construtivos e demais dados que embasam esta dissertação de mestrado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLÍTICA NACIONAL DE HABITAÇÃO

O ato de morar faz parte da própria história do desenvolvimento da vida humana. Entretanto as características desse ato mudam de acordo com cada contexto sociopolítico e econômico. (Gomes et al, 2003).

A partir da promulgação do Estatuto das Cidades, foi ratificada a função social do solo urbano e a habitação assume efetivamente o caráter de direito básico da população.

Para RODRIGUES (2003), a habitação deve ser tratada dentro de um conceito mais abrangente, na qual casa também queira dizer acesso à cidade e àquilo que representa a vida no espaço urbano. DAMÉ (2008) defende que a plenitude do conceito da habitação está ligada ao conjunto: edificação, acessibilidade e ocupação. Ou seja, a inserção do edifício dentro da malha urbana, suas relações com o entorno, as conexões com a infra-estrutura disponível e o atendimento por serviços públicos fazem parte do mesmo conceito. Além disso, a edificação deve propiciar aos seus usuários condições mínimas de habitabilidade. Segundo MENEZES (2006), a habitabilidade é a característica essencial de uma edificação, mas que dependerá de um conjunto de qualidades para ser efetiva. Dentre essas qualidades, o conforto ambiental assume um papel importantíssimo para o bem estar e conforto de seus usuários. Segundo ALMEIDA (2001), a arquitetura guarda sua real significância no experienciamento das qualidades ambientais que provê.

Foi a partir da metade do século XIX, quando o Brasil viveu a emergente e inicial expansão do capitalismo, que questões relacionadas à habitação social emergiram. Embora a base da economia fosse rural, as atividades industriais nas áreas urbanas também se expandiram, absorvendo um crescente número de trabalhadores assalariados. A partir das consequências da revolução industrial no plano urbano e seus reflexos nas edificações, o que se observou foi a massificação do padrão de construção destinado às classes socialmente menos favorecidas. Pelo lado da política habitacional oficial proliferaram-se no país os conjuntos habitacionais

para população de baixa renda. ALMEIDA (2001) os caracteriza como padronizados, com espaços reduzidos, e executados, na sua grande maioria, com materiais de qualidade discutível e padrão técnico-construtivo precário, desta forma, estas moradias destinadas a suprir “necessidades básicas” revelaram-se portadoras de diversos problemas para as famílias que nelas habitam.

Em meados de 1880 surgiram as primeiras vilas operárias (WERNA et al, 2001). Em 1920 o presidente Epitácio Pessoa estabeleceu um programa oficial para a provisão de moradias para a força de trabalho. Em 1923, na gestão do presidente Arthur Bernardes, foram criadas as caixas de aposentadoria e pensão para os trabalhadores de estradas de ferro. Essas caixas tinham entre outros objetivos a provisão de habitações para aqueles trabalhadores. Essa mesma iniciativa foi adotada para outros classes operárias. Em 1930 haviam 47 caixas com 140 mil associados (WERNA et al, 2001). Em 1933 foram criados os IAPs (Instituto de Aposentadoria e Pensão) que foram, ao poucos, substituindo as caixas de aposentadoria. Durante a década de 30, os IAPs construíram unidades horizontais isoladas e/ou semi-isoladas, similarmente aos programas anteriores. Na década seguinte, tais políticas passaram a visar a construção de conjuntos de edifícios, especialmente no caso do Instituto para Aposentadoria e Pensão dos Industriários (Iapi). Tais políticas tiveram como objetivo aproveitar as vantagens da produção em massa para prover acomodação mais barata para os trabalhadores. Em 1940 através do governo municipal do Rio de Janeiro são criados Parques Proletários Provisórios; constituíam soluções provisórias para alojar pessoas vindas de assentamentos subnormais erradicados. Em 1946, o presidente Eurico Gaspar Dutra estabeleceu a Fundação da Casa Popular com a intenção de reunir as atividades de diferentes agências envolvidas na produção de residências de baixo custo.

Em 1963, o presidente Jânio Quadros estabeleceu o Plano de Assistência Habitacional (PAH) com o intuito de construir 100.000 unidades em 18 meses. Ele também planejou estabelecer o Instituto Brasileiro de Habitação (IBH) como um substituto para a Fundação da Casa Popular. Entretanto, nem a meta de produção habitacional, nem o estabelecimento do IBH foram bem-sucedidos (WERNA et al, 2001).

Após o golpe militar de 1964, uma das primeiras iniciativas adotadas pelo novo governo foi a criação do BNH (Banco Nacional de Habitação). O BNH tinha uma função centralizadora a respeito da produção e distribuição de unidades

habitacionais. Era o órgão gestor do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), e o órgão regulador do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE), esses dois subsistemas compondo o Sistema Financeiro da Habitação (SFH). A diferença entre eles é que o FGTS era destinado a financiar a produção de moradias para a população de baixa renda, enquanto que o SBPE atendia à chamada faixa de mercado, representando a faceta do BNH, operava sem intervenção direta do governo, com as etapas de financiamento, produção e distribuição habitacionais nas mãos da iniciativa privada (ARRETCHE, 1990 apud WERNA et al, 2001).

Embora visasse atender às camadas mais baixas da população, entre a metade da década de 70 e o início da década seguinte as Companhias de Habitação (Cohabs) optaram por concentrar seus investimentos nas famílias com renda superior a três salários mínimos. O mercado de baixa renda era operado por agências estatais como agentes promotores, normalmente as Cohabs, órgãos locais ou regionais equivalentes, ou os próprios governos estaduais e municipais. No entanto, as Cohabs, que foram concebidas para serem entidades de economia mista, acabaram sendo controladas totalmente pelos seus respectivos municípios ou estados, devido à falta de atratividade para os investimentos privados. Porém, segundo ARRETCHE (1990 apud WERNA et al, 2001), em qualquer um dos casos, seja na provisão de habitações para as classes mais baixas ou àquelas destinadas às classes médias e alta, o Estado atuou apenas como regulador, a produção habitacional foi realizada por empreiteiras privadas.

Além do sistema convencional baseado na construção estandardizada em larga escala, houve programas alternativos como o Profilurb (Programa de Financiamento de Lotes Urbanizados), o Ficam (Financiamento para Construção, Ampliação e Melhoria), o Promorar (Programa de Erradicação de Subhabitação), além do programa de auto-ajuda assistida chamado João de Barro. O BNH operava dentro de uma lógica de empresa privada, ou seja, investimentos sem retorno inviabilizariam o processo, dessa forma, após a crise dos anos 80, a auto-sustentação do sistema já não era mais possível, o levando a extinção.

De acordo com CARDOSO e RIBEIRO (2002 apud MENEZES, 2006), desde a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1988, a habitação persiste como um bem inatingível para grande parcela dos brasileiros. Os autores afirmam

que, mesmo aqueles que conseguem ter acesso a uma habitação, o fazem, na maioria das vezes, em condições de enorme precariedade.

Após a extinção do BNH, a Caixa Econômica Federal (CEF) assumiu seus atributos, deixando o Conselho Monetário Nacional de ser o órgão central do SFH. Entre 1986 e 1990, as atividades relativas à habitação foram remanejadas várias vezes, passando por diversos ministérios e secretarias. No ano de 1990, a Secretaria de Habitação e a de Saneamento estavam subordinadas ao Ministério da Ação Social, que em 1993 passou a se chamar Ministério do Bem-Estar Social. Foi então criado o Fundo Especial de Habitação Popular e foram lançados os Programas "Habitar Brasil" e "Morar Município". Em 1995, foram criados os Departamentos de Habitação, de Saneamento, e de Programas e Projetos Especiais, atrelados à Secretaria de Política Urbana, no âmbito do Ministério do Planejamento e Orçamento. Neste mesmo ano, foram implementados os Programas "Pró-Moradia", "Pró-Saneamento" e "Carta de Crédito". A proposta de atuação do Poder Público, segundo a Política Nacional de Habitação (PNH), reflete os objetivos centrais do Habitat II[1], que seriam "moradia adequada para todos" e "desenvolvimento sustentado dos assentamentos humanos". A fim de garantir a universalidade do acesso à habitação, se optou por mecanismos como a descentralização e democratização das tomadas de decisão por meio de incentivo à formação de instâncias colegiadas nos vários níveis de governo, com a participação dos diversos segmentos da sociedade civil. A parceria com a iniciativa privada, as organizações não-governamentais (ONGs) e as organizações comunitárias de base (OCBs) pretende, entre outras coisas, ampliar os sistemas de oferta de crédito, e desenvolver soluções apropriadas e inovadoras, tanto no aspecto técnico como no processo de gestão. Uma prova disso seria o fato de que a PNH normalmente só estabelece condições gerais para o financiamento, sem, por exemplo, delinear padrões técnicos e administrativos específicos de projeto e de sua execução, apenas avaliando a viabilidade do empreendimento como um todo. Também se pode observar que, de certa forma, há uma delegação de poderes às instâncias locais.

Até 2001, apenas alguns programas municipais e estaduais tinham andamento e a atuação da CEF restringia-se à responsabilidade das cartas de crédito. A partir daí, a Caixa Econômica aumentou as opções de financiamento,

[1] Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, realizada em junho de 1996 em Istambul, Turquia.

definido em função da renda familiar do candidato. Como alternativa aos programas de longo prazo, é criado o PAR (PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR 2001). O PAR visa atender exclusivamente às necessidades de moradia da população com renda familiar entre 3 e 6 salários mínimos das cidades com mais de 100.000 habitantes. Conta com sistema de financiamento de 15 anos no formato leasing, com possibilidade de compra ao final do período. Segundo DAMÉ (2008), esse Programa representou um avanço sobre os anteriores, superando algumas das principais críticas que eram dirigidas aos modelos desenvolvidos pelo antigo BNH. Introduziu, por exemplo, a inserção do conjunto habitacional na malha urbana, com infra-estrutura básica (água, esgoto, energia elétrica, vias de acesso, transporte público) e dando preferência para a utilização de vazios urbanos, além da facilidade de acesso a pólos geradores de emprego e renda e viabilidade de aproveitamento de terrenos públicos.

O PAR é regido pela lei nº 10.188/2001 (BRASIL, 2001), onde estão instituídas as formas de atuação do programa, os tipos e origens da captação de recursos, assim como a destinação. As especificações mínimas para a construção das unidades habitacionais provêm da Secretaria Nacional de Habitação, do Departamento de Produção Habitacional, do Ministério das Cidades. Tais especificações são feitas de acordo com a região brasileira onde será erguido o conjunto. São elas que determinam a área e o pé-direito mínimo, materiais de revestimento, tipos de esquadria, louças, metais e redes – elétrica e hidráulica – a serem utilizados. A legislação vigente na cidade de implantação rege ainda gabaritos, taxas de ocupação e outros, embora, no município de Santa Maria, algumas normativas do Código de Obras e do Plano Diretor não foram respeitadas para que se pudessem seguir os mesmos padrões de edificação implantados em outras regiões do país.

Dessa forma, o que se percebe é a massificação na produção de moradias, desconsiderando aspectos locais importantes como as características do clima e a escolha de técnicas e materiais adequados à realidade. A padronização exagerada, dimensionamento equivocado, qualidade construtiva muitas vezes deficiente, a falta de preocupação com as questões relacionadas ao conforto ambiental e a ausência de rigor tanto na contratação quanto na fiscalização da obra, demonstram a diminuição da qualidade espacial das habitações voltadas para as famílias de menor renda.

> *"A carência de qualidade espacial e ambiental dos conjuntos de edifícios, aliada a uma implantação geométrica repetitiva que só considera, aparentemente, a questão da moradia como fechada em si mesma, excluindo até o próprio terreno e sua relação com o contexto existente, negando assim o vínculo com a rua, com as características do bairro e, em particular, com os próprios espaços abertos, verdes e de lazer, exigíveis em qualquer conjunto habitacional, são características que se apresentam freqüentemente e ainda permanecem como diretivas para a realização de novos projetos." (FEDELE, 2004).*

Com o objetivo de elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, em 1998 o governo federal instituiu o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-*Habitat*) através do Ministério das Cidades, visando à criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso à moradia para a população de menor renda.

Este é um Programa que não se vale de novas linhas de financiamento, mas sim, que procura estimular o uso eficiente de recursos existentes, de diferentes fontes – Orçamento geral da União (OGU), Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), Poupança, etc. – e aplicados por diferentes entidades – Caixa Econômica Federal (CAIXA), Banco Nacional do Desenvolvimento Social (BNDES), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas empresas (SEBRAE), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), etc. – neste contexto focado em objetivos claramente definidos. Da mesma forma, o programa conta com grande contrapartida privada, sendo os recursos novos destinados basicamente para custeio, estruturação de novos projetos e divulgação.

Visando disciplinar o setor, o governo federal, através da Lei Nº. 11.124, de 16 de junho de 2005, institui o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, criando também o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (BRASIL, 2005).

A Caixa Econômica Federal possui o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social - PSH que oferece linhas de crédito direcionadas à produção de empreendimentos habitacionais. Seu objetivo principal é o de subsidiar a produção de empreendimentos habitacionais para populações de baixa renda, nas formas de conjunto ou de unidades isoladas. Complementa a capacidade financeira do

proponente para o pagamento do preço de imóvel residencial e assegura o equilíbrio econômico e financeiro das operações realizadas pelas instituições financeiras (CAIXA, 2006). Há duas modalidades de financiamentos: através de carta de crédito individual (financiamento diretamente ao beneficiário final pessoa física) e financiamento de imóveis na planta e/ou em construção (linha de crédito para produção de empreendimentos habitacionais, com financiamento direto às pessoas físicas).

2.2 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

Devido ao grande território, o Brasil possui uma grande variedade de climas, acarretando características diferenciadas para os projetos nas diferentes regiões do país. A NBR 15220 (2005) da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) trata do desempenho térmico de edificações. Na parte 3 da norma é abordado o zoneamento bioclimático brasileiro, que foi criado para padronizar o clima em relação à análise térmica dos ambientes. Este zoneamento foi definido por meio de uma base de dados climáticos, obtida pela divisão do território brasileiro em 6500 células (quadradas de 36km de lado), caracterizadas pela sua posição geográfica, bem como pelas médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa do ar. Mediante a aplicação de uma adaptação do Diagrama Bioclimático de GIVONI (1992), foi classificado o clima de cada célula, agrupando-as conforme as Zonas Bioclimáticas. Este zoneamento compreende oito diferentes zonas, conforme Figura 1.

A região central do Rio Grande do Sul, onde se localiza a cidade de Santa Maria, se encontra dentro da Zona Bioclimática 2 (NBR 15220, 2005), dentro da qual foi realizado esse trabalho. O clima da região é mesotérmico e úmido, com temperatura média anual relativamente baixa, em torno de 19,5º, com verões quentes e invernos, nos meses de junho a agosto com temperaturas mais baixas, sujeito a geadas. As temperaturas possuem uma variação mensal de 12,9 °C (junho) à 24,6 °C (janeiro).Valores médios de temperatura ao longo do ano em Santa Maria-RS (dados coletados entre 1961-1990):

-Temperatura média anual = 18,8°C;

-Temperatura média das máximas = 30,4 °C;

-Temperatura média das mínimas = 9,3 °C.

A maior média mensal de precipitação para o município ocorre, geralmente, durante o mês de setembro (153,6 mm). A menor ocorre durante o mês de maio (129,9 mm):

-Valor anual normal = 1681mm;

-Média mensal de precipitação = 140,1 mm;

Em Santa Maria, os ventos predominantes possuem direção leste e sudeste, com velocidades médias 1,5 e 2,0 m/s, porém com ocorrência de ventos norte, com rajadas freqüentes de 20,0 m/s. No entanto, esse direcionamento de fluxo está sujeito à configuração da malha urbana e de suas edificações.

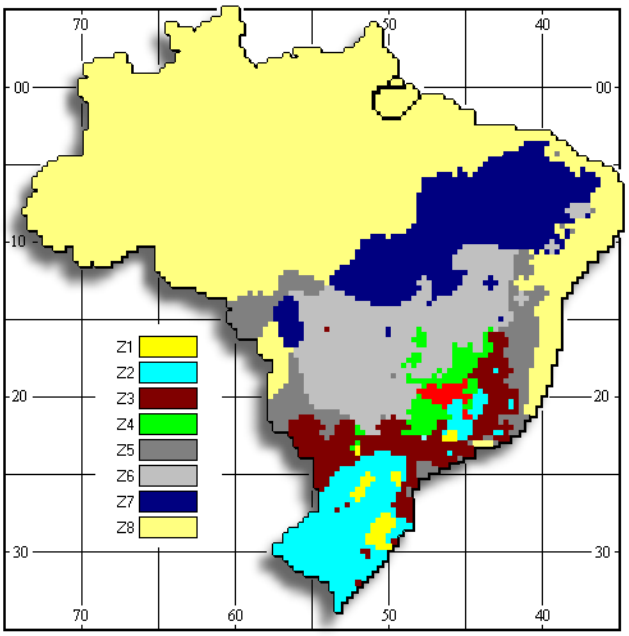


Figura 1 - Zoneamento Bioclimático para o Brasil. Fonte: NBR 15220 (2005).

Na parte 3 da NBR 15220 (2005) também é possível obter dados para orientar a formulação de diretrizes construtivas e para o estabelecimento de estratégias de condicionamento térmico passivo. Para a Zona Bioclimática 2, onde se encontra a cidade de Santa Maria as recomendações são as seguintes:

Tabela 1 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2. Fonte: NBR 15220- 3 (2005).

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Tabela 2 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2.
Fonte: NBR 15220 – 3 (2005).

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Tabela 3 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2.
Fonte: NBR 15220 – 3 (2005)

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).

2.3 O CONFORTO TÉRMICO

A satisfação manifestada com relação às condições térmicas do ambiente é conhecida como conforto térmico. Existem várias definições que descrevem o que é conforto térmico: a ASHRAE define como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Para a ISO 7730, conforto térmico é o estado que expressa satisfação com o ambiente térmico. Já Givoni (1981) define-o como a ausência de irritação e incômodo devido ao calor ou frio. A Norma 15220 (2005) da ABNT - Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades, define conforto térmico como a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

Segundo MENEZES (2006), além da temperatura e outros fatores físicos, o conforto térmico envolve variáveis pessoais que tornam sua definição subjetiva. Dessa forma, o conforto térmico pode ser visto e analisado sob dois pontos de vista: pessoal ou ambiental. Se for considerado apenas o ponto de vista pessoal, define-se conforto térmico como sendo uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista físico, confortável é o ambiente cujas condições permitam a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de serem acionados os mecanismos termo-reguladores, ou seja, é necessário que o organismo humano se encontre em balanço térmico com o meio ambiente.

Para FANGER (1970) as principais variáveis físicas que influenciam no conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade relativa do ar. As variáveis pessoais envolvidas são: atividade desempenhada pela pessoa e vestimenta utilizada pela pessoa. Ainda, há as variáveis características individuais, aspectos psicológicos, culturais e hábitos.

Conforme MASCARÓ (1999) a avaliação de conforto térmico é estabelecida por índices térmicos que expressam as respostas do homem às condições climáticas. O Índice de Tensão Térmica (ITS) que faz parte do método elaborado por Givoni (GIVONI, 1992), é um destes modelos biofísicos, que abrange variáveis de temperatura do ar, pressão de vapor, velocidade do ar, radiação solar, taxa metabólica e vestuário.

Sendo assim, a sensação de conforto térmico é atingida de forma bastante particular por cada indivíduo, em função de um sistema satisfatório, porém complexo, que mantém a temperatura do corpo muito próxima dos 37ºC, como se necessita.

Segundo ANDREASI (2001), essas considerações de ordem fisiológica informam não somente a individualização do comportamento térmico do corpo humano, como também a dificuldade de se criarem índices e/ou padrões de conforto térmico. Daí a necessidade de se seguir a interpretação técnica existente que aconselha que se considerem as médias das respostas às sensações térmicas obtidas em um grupo de pessoas para cada região em estudo.

Para ALMEIDA (2001), a arquitetura, entendida como mediadora da habitação do "ser-no-mundo" deve ser projetada de forma a prover habitabilidade através da incorporação desta característica essencial, respeitando-se sempre o contexto no qual está inserida.

O conforto ambiental está relacionado à satisfação com relação às condições de habitabilidade disponíveis em um determinado ambiente, ou seja, às condições de bem-estar, como conforto térmico, acústico, visual, de aromas, segurança e ainda a capacidade de orientação do indivíduo em tal espaço. (MENEZES, 2006).

Existem muitos parâmetros ou condições que definem a habitabilidade, assim segundo a NBR 15575 (ABNT, 2008), os usuários das habitações devem exigir:

- Estanqueidade;
- conforto higrotérmico;
- conforto acústico;

- conforto lumínico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil e antropodinâmico.

Relacionar o clima do local com a prática projetual deveria ser uma premissa para qualquer projetista. Porém, os avanços tecnológicos presenciados no final do século XIX e início do século XX levaram gerações de arquitetos a acreditar que o uso de equipamentos e máquinas para o condicionamento dos ambientes resolveria as questões relacionadas ao conforto térmico das edificações. Na década de 70, a crise do petróleo serviu como alerta, despertando a consciência de que as fontes de energia utilizadas no condicionamento dos ambientes não eram inesgotáveis, e a retomada de técnicas e conceitos antes utilizados eram necessários. Em 2001, o Brasil sofreu com o “apagão”, a pior crise energética da história do país, e a incerteza sobre a disponibilidade de energia num futuro próximo acarretou uma atenção ainda maior sobre o tema.

Paralelamente, as exigências em relação ao conforto ambiental por parte da população são crescentes. Porém, as soluções de condicionamento artificial, além de serem utilizadas de forma arbitrária, são altamente consumidoras de energia e por isso devem ser repensadas. A arquitetura bioclimática se apresenta como uma das soluções, pois estuda as características climáticas do local e seus efeitos sobre a edificação para que as soluções e critérios de projeto gerados sejam mais eficientes tanto do ponto de vista do conforto térmico quanto do uso de energia.

Segundo MARAGNO (2002), a arquitetura é considerada bioclimática quando está baseada na correta aplicação de elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas em relação às características climáticas, visando otimizar o conforto dos ocupantes e o consumo de menos energia.

Na década de 60, os irmãos Olgyay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura levando em consideração o conforto térmico humano e criaram a expressão “projeto bioclimático”. Este projeto tem como base uma concepção arquitetônica que objetiva buscar por meio de seus próprios elementos as condições favoráveis do clima, de modo a satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. O resultado do projeto foi o desenvolvimento de um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

OLGYAY, em 1963, estudando a influência do clima sobre os critérios construtivos foi o pioneiro na apresentação de dados em uma carta bioclimática. O pesquisador acreditava que os efeitos dos elementos climáticos poderiam ser agrupados e expressos em um único gráfico que indica a zona de conforto ao centro. Neste gráfico, a temperatura de bulbo seco ficava registrada nas ordenadas e a umidade relativa nas abscissas. No entanto, a carta bioclimática proposta por OLGYAY tem aplicabilidade limitada, pois a análise dos requisitos fisiológicos é baseada no clima externo que varia de maneira diferente do ambiente interno devido às características da própria edificação. Além disso, a carta só pode ser aplicada diretamente para habitantes de regiões de zona temperada dos estados Unidos, considerando habitantes com vestimentas normais, vida sedentária e em altitude não muito superior a 305 metros do nível do mar. A figura 2 apresenta a carta bioclimática desenvolvida por OLGYAY em 1963.

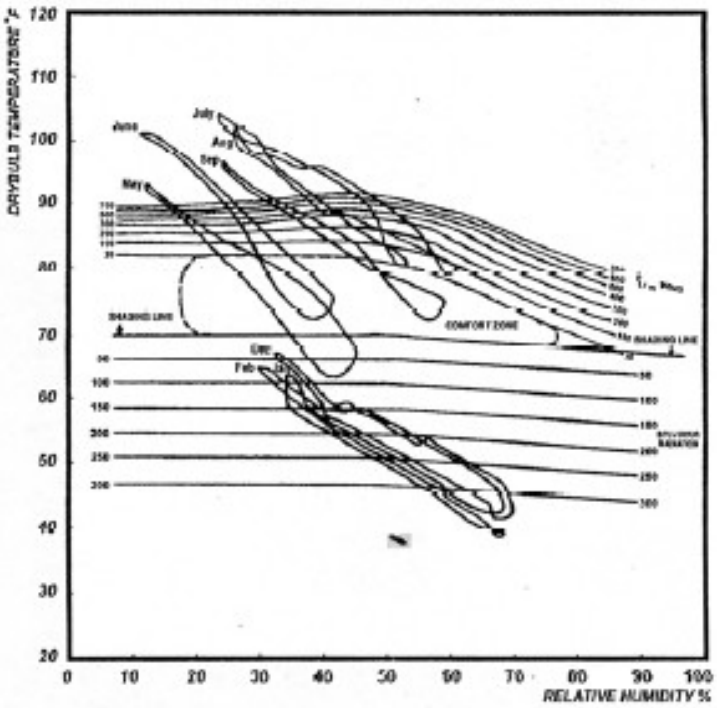


Figura 2 - Carta Bioclimática proposta por OLGYAY em 1963.
Fonte: GIVONI (1998 apud ANDREASI, 2001).

Em 1976, GIVONI propôs uma nova carta bioclimática, procurando sanar as deficiências apresentadas pela carta de OLGYAY. Para isso, analisou o clima em base horária, em períodos de condições térmicas extremas, ou seja, superaquecimento no verão, excessivo resfriamento no inverno ou excessiva

umidade durante períodos de chuva. Dessa forma, plotou em um gráfico pscicrométrico as conveniências observadas de ventilação, temperatura do ar, resfriamento evaporativo, etc. que deu origem ao intitulado Building Bio-Climatic Chart, ou BBC que sugere os limites de condições climáticas necessárias para projetos de estratégias de resfriamento passivo com baixo consumo de energia. Em 1998, GIVONI propôs a extensão desses limites para países em desenvolvimento e de clima quente. Nesses casos sugere-se o acréscimo de 2°C no limite superior e 2gr/kg de vapor d'água na umidade relativa, levando-se em conta a aclimatação das pessoas.

Para a construção da carta é utilizado o diagrama psicrométrico, referenciando as relações de umidade e da temperatura do ar. Divide-se a carta em 12 zonas de estratégias bioclimáticas associando informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas. A figura 3 traz a carta bioclimática adaptada daquela proposta por GIVONI e a figura 4 traz as estratégias para cada uma das zonas.

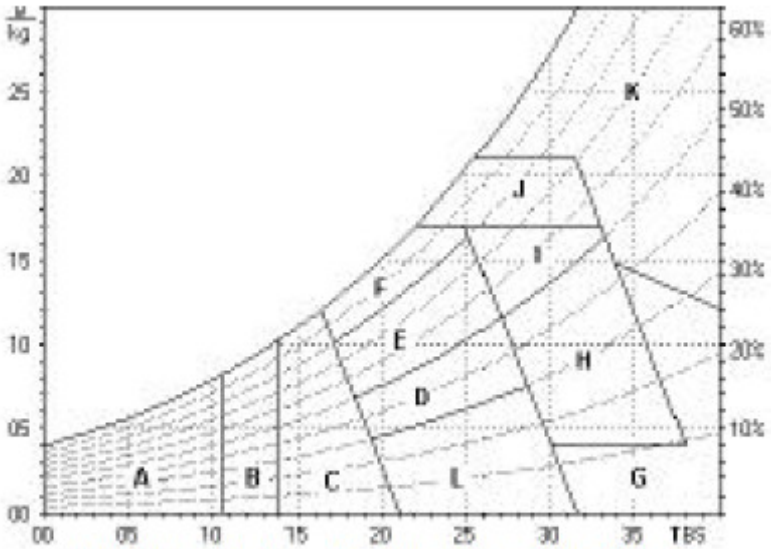


Figura 3 - Carta Bioclimática adaptada de GIVONI. Fonte: NBR 15220 – 3 (2005).

A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de Conforto Térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

Figura 4 – Estratégias propostas pela Carta Bioclimática. Fonte: NBR 15220 – 3 (2005).

Prosseguindo às aplicações e definições da carta bioclimática proposta para o Brasil, GOULART et al. (1998) especificaram as estratégias mais indicadas para edificações, indicando os períodos com maior probabilidade de conforto e desconforto para 14 cidades brasileiras.

O objetivo do projeto bioclimático consiste em aumentar a complexidade organizativa do sistema, mantendo elevada sua confiabilidade e com um consumo mínimo de energia. (MASCARÓ, 1992). Isso vai muito além das decisões a respeito da envolvente do edifício (paredes, coberturas e aberturas).

A conhecida separação entre implantação e arquitetura, deformação mental típica do período da energia fácil, está hoje restrita e obrigada a se enfrentar com as exigências dos princípios da arquitetura bioclimática, poupadora de energia. (MASCARÓ, 1992).

Os elementos que concorrem para uma melhor adequação do edifício são muitos e com variadas interdependências. O primeiro deles é o meio em que está inserido, segundo MASCARÓ (1992), as diferenças que caracterizam a articulação do edifício na dimensão do espaço são:

- sítio e zona climática;
- orientação e localização;
- posição das diferentes paredes;
- estrutura e composição das paredes e da cobertura, caracterização dos materiais componentes;
- descontinuidade da envolvente devido à união de vários componentes e das aberturas;
- articulação planialtimétrica com a anisotropia do ambiente circundante baseada na geometria da insolação;
- articulação dos diferentes planos; a forma de união com o terreno e o espaço abaixo da cobertura (último andar num prédio);
- tipo e diversificação das atividades a serem realizadas.

> *"A solução dos espaços habitáveis não será mais um problema fechado em si mesmo, mas deverá analisar também o modo e a qualidade de vida das manifestações climáticas circundantes. Delas terá de 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."* (MASCARÓ, 1992)

Da mesma forma, os produtos oriundos de todo um processo secular de adequação do homem ao meio ambiente podem e devem ser reabsorvidos pela sociedade contemporânea. Existe um fio condutor responsável pela compreensão desse processo de valorização do meio ambiente pelo espaço construído.

Papanek (1995 apud Pereira, 2003), define de maneira bastante simples e eficaz a arquitetura vernacular:

> *"Arquitetura vernácula é a teia de relações que abrange o respeito da tradição, o uso de materiais e métodos locais. Tudo isso alterado pelo clima e pelo meio ambiente onde está inserido, por considerações entre outros."*

As características das habitações ao longo da história, em diferentes regiões, estão diretamente relacionadas com as condições climáticas. Tirando sempre partido dos recursos naturais a arquitetura vernacular, optava pelo que era mais adequado para a região. Segundo PEREIRA (2003), os mestres da construção do passado responsáveis pela "arquitetura sem arquiteto", sabiam que o sol, vento, chuva e luz, regulam o clima e o tempo, e interferem diretamente no edifício. A utilização do que o meio ambiente local tinha a oferecer era extremamente importante para as soluções encontradas, no que se refere ao aquecimento, ao resfriamento, à luz e à reserva de água.

Exemplos desta compatibilização da tecnologia e meio ambiente são encontradas quando nos remetemos às fontes e aos jardins interiores da arquitetura árabe. As construções são sólidas, pois devem resistir à tempestades e variações de temperatura porém, a combinação de elementos do prédio facilitam a ventilação, levando o frescor ao interior dos edifícios, como se pode observar na figura 5.

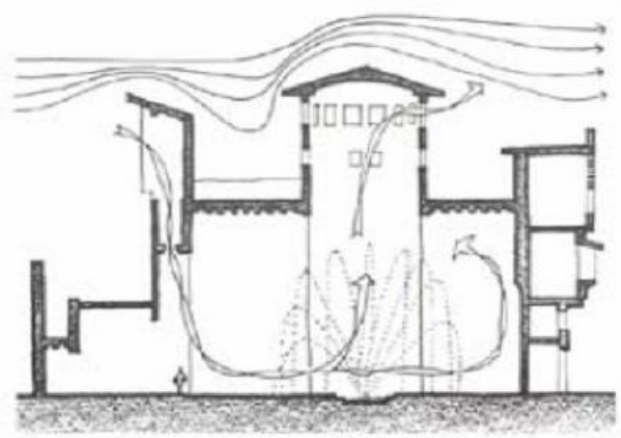


Figura 5 - Construção em clima desértico. Fonte: MOORE, 1993.

Na casa Jacobs de 1948, Frank Loyd Wright utilizou o conceito de calor radiante, o que ele chamava de “calor da gravidade”, originário da casa tradicional japonesa. Neste sistema, a casa era aquecida por baixo. Wright percebe que era possível adaptá-lo, introduzindo a tubulação de água quente na laje de piso da casa. Este sistema de aquecimento da água é melhor e mais saudável do que a convecção ou o aquecimento central com vapor utilizado na época.

Para PEREIRA (2003) a arquitetura bioclimática e as ecotecnologias requerem um projeto multidisciplinar. O objetivo é qualificar o espaço construído, de acordo com os novos paradigmas de conservação ambiental. As formas arquitetônicas e as propostas de implantação mais integradas à paisagem decorrentes dessa arquitetura são o esforço de interagir o edifício e o entorno.

2.4 ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS PARA O CONFORTO TÉRMICO

GIVONI (1992) afirma que o clima de uma certa região é determinado pelas variações dos diversos elementos e suas combinações, e que os principais elementos que devem ser considerados no projeto de uma edificação são: radiação solar, temperatura do ar, umidade, ventos e chuvas.

A definição dos indicadores adequados de qualidade de vida, relacionados com o ambiente construído, tem sido objeto de muitas discussões e estudos. É grande a variedade de indicadores que devem ser considerados na relação de decisões tomadas em projetos de arquitetura e de urbanismo.

A satisfação do usuário está ligada aos indicadores de conforto ambiental (térmico, visual, acústico, aspectos de funcionalidade do espaço e qualidade do ar). Estratégias para utilizar os elementos do entorno e o clima aplicados ao projeto arquitetônico podem melhorar o desempenho da edificação, principalmente nas questões relacionadas ao conforto térmico. Decisões tomadas nas primeiras fases do projeto arquitetônico, tais como: volumetria do edifício, orientação das fachadas, posicionamento e sombreamento de janelas, sistemas construtivos de paredes e coberturas e das propriedades termo-físicas dos elementos que o compõem também influenciam no desempenho térmico que deverá ser atingido pela edificação. As temperaturas dos ambientes internos dependerão do efeito conjugado destes diversos parâmetros e o clima de cada lugar.

Segundo OLGYAY (1980) e ROMERO (1988) apud ANDREASI (2001), as características naturais do terreno tendem a moderar as temperaturas extremas e a estabilizar as condições climáticas devido, principalmente, às qualidades refletoras das diferentes superfícies. Cita que a vegetação que cobre o solo reduz a temperatura, absorvendo parte da insolação, e as cidades e as superfícies criadas pelos homens tendem a elevar a temperatura, já que a maioria delas são compostas de materiais absorventes de calor. Além da absorção do calor, a vegetação cumpre a tarefa de resfriamento do ar através do seu processo de evaporação.

Uma orientação solar cuidadosa aliada a uma boa localização dos cômodos contribui muito na melhoria das condições de conforto térmico. A correta distribuição de aberturas pode facilitar a ventilação cruzada, bem como o ganho de calor solar no inverno. Para GOULART (1993), os dispositivos de sombreamento devem ser usados de maneira a evitar a penetração de radiação solar durante o verão e permitir a entrada de radiação, aquecendo passivamente as salas, no inverno.

Nos telhados, a correta orientação, inclinação e isolamento aliada à ventilação cruzada devem ser estudados para se obter a melhoria nas condições de conforto no interior da edificação.

Outro fator importante é a correta especificação dos materiais a serem utilizados em cada uma das partes do edifício. É imprescindível conhecer suas propriedades, pois influenciam diretamente no ganho térmico no interior da edificação. Um exemplo disso são as grandes superfícies envidraçadas, utilizadas indiscriminadamente em muitos projetos, por questões meramente estéticas, sem levar em conta o ganho térmico. As cores das paredes externas e do telhado também influenciam na condução do calor através desses elementos. Utilizar uma cor mais refletiva no envelope da edificação é a característica arquitetônica de controle climático mais eficaz e a maneira mais viável de minimizar as cargas térmicas das edificações, principalmente no verão (GIVONI, 1994 apud DORNELES, 2008).

GIVONI (1998, apud ANDREASI, 2001), afirma que são muitas as características em um projeto de arquitetura que afetam a interação da construção com o meio ambiente, das quais ressalta as seguintes:

1ª. A efetiva exposição solar dos elementos envidraçados ou opacos que pertencem ao envelope (suas paredes e cobertura);

2ª. O efetivo ganho de calor solar do edifício;

3ª. A taxa de ganho ou perda condutiva e convectiva de calor para o ar ambiente;

4ª. O potencial para ventilação natural e resfriamento passivo do edifício.

Afirma ainda que as principais características que afetam algumas ou todas essas interações do edifício com o meio ambiente são:

- forma do edifício;
- orientação e condições de sombreamento das janelas;
- orientação e cor das paredes;
- tamanho e localização das janelas sob o aspecto de ventilação;
- efeito da condição de ventilação da edificação na sua temperatura interna.

Estudos desenvolvidos por GIVONI (1998) comprovam que, para regiões de clima quente e úmido, a estratégia mais simples para prover conforto térmico em uma edificação, quando sua temperatura interna se torna elevada, é a ventilação confortável ou ventilação diurna de conforto. Entretanto, segundo ANDREASI (2001), há que se manter certos limites, pois muito próxima dessa ventilação diurna de conforto está a ventilação cruzada que tende a elevar a temperatura interna ao limite da externa, tornando o ambiente desconfortável.

GIVONI (1998) afirma que edifícios construídos com envelope de alta inércia térmica e providos de ventilação cruzada durante o dia alcançam temperatura interna de 2°C a 3°C menores que a externa. Já os com baixa inércia térmica, mesmo quando ventilados artificialmente mantêm a temperatura interna próxima da externa.

ANDREASI (2001) ressalta que apesar da velocidade do ar durante o dia ser muito superior à da noite, quando esta está quase imperceptível, utilizar a ventilação noturna assegura o resfriamento por convecção da massa térmica do envelope construído, tornando o ambiente interno durante o dia mais confortável. GIVONI (1998) afirma que no período diurno o ambiente tem que estar fechado, sem ventilação, o que impedirá seu aquecimento pelo ar externo mais quente. Conclui afirmando que o resfriamento noturno por ventilação é a estratégia preferível para regiões onde a amplitude diurna no verão é grande o suficiente para possibilitar significante redução da temperatura do ar interno abaixo da máxima externa.

2.5 COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

O estudo realizado por BARBOSA (1997), teve por base a cidade de Londrina – PR. Nele é proposta uma metodologia para avaliar o desempenho térmico em edificações térreas residenciais unifamiliares. A metodologia empregada pela autora visou confirmar as condições de conforto térmico dos moradores de residências unifamiliares da cidade de Londrina, ajustar uma ferramenta de simulação térmica horária anual, frente a diferentes sistemas construtivos, e estabelecer o limite de horas anuais de desconforto com base em um referencial cultural (sistemas construtivos mais utilizados). Os referidos limites baseiam-se na zona de conforto térmico de GIVONI (1992) para países de clima quente e em desenvolvimento, que recomenda para o interior temperaturas variando de 18 a 29°C.

Nos cinco diferentes sistemas construtivos de edificações térreas unifamiliares pesquisados, foram medidas no verão e no inverno as temperaturas internas, levantados os dados construtivos e as sensações dos usuários. A porcentagem de valores máximos ou mais freqüentes foi considerada para a composição da tipologia construtiva representativa. Para esta foram feitos os cálculos de: transmitância térmica dos principais elementos construtivos; relações entre área médias de janela e área de fachada e entre áreas totais de aberturas para ventilação e área de construção.

Com o uso do programa simulador, a autora realizou simulações com várias alternativas construtivas, estabelecendo horas de desconforto anuais para cada alternativa. Para o estabelecimento do limite aceitável de desempenho térmico para habitações unifamiliares usou-se o referencial cultural com um benefício térmico de baixo custo, pintura da cobertura. Este benefício reduziu as horas de desconforto para 1000 horas anuais. Este valor ficou sendo o limite de horas aceitáveis para desempenho térmico para Londrina. A avaliação por prescrição é feita, verificando-se o cumprimento de limites estabelecidos para as características térmicas dos elementos construtivos. A avaliação por desempenho é realizada através da simulação com qualquer sistema construtivo, comparando-se as horas de desconforto anual, quantificadas após a simulação, com o limite aceitável de horas de desconforto anual estabelecido.

Dentre as tipologias estudadas as casas de ardósia e de argamassa armada mostraram uma quantidade de horas de desconforto anual bem acima do limite

estabelecido. As casas de concreto monolítico e blocos de concreto ficaram dentro da faixa aceitável de horas de desconforto. Assim é de se verificar que a massa térmica é importante para a redução de horas de desconforto no clima de Londrina.

A autora também concluiu que para avaliar o desempenho térmico das edificações seria necessário fazer-se uma investigação para o ano inteiro e não apenas para dias nos períodos extremos do ano, isso devido à dinâmica climática externa.

No trabalho de ANDREASI (2001), o autor utiliza uma Base de Estudos no Pantanal (BEP), a qual apresenta um projeto arquitetônico climaticamente bem resolvido para realizar seus estudos. Foram monitoradas as temperaturas de três ambientes que respectivamente tiveram o isolamento da laje de cobertura com placas de isopor de 5cm de espessura, sombreamento da janela que recebe radiação solar direta e acréscimo de inércia térmica das paredes que compõem o envelope construído com tijolo maciço empilhado em ½ vez no perímetro do ambiente, respeitando as aberturas existentes. Também foram feitas medições com os ambientes ventilados ou não durante um certo período. Essas temperaturas foram comparadas às verificadas no ambiente externo e de outros dois ambientes que não sofreram qualquer intervenção, um ocupado pela família do zelador da BEP e outro sem nenhuma ocupação.

Através do software Analysis Bio, buscou-se conhecer as estratégias passivas resultantes dos dados climatológicos colhidos na BEP que, confrontadas com o comportamento térmico do ambiente interno sob a ação das propostas acima referidas, indicaram a necessidade de se prover de conforto térmico a edificação. Também se analisou a BEP a partir de características físicas de seu envelope construído, com respeito à Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator de Calor Solar.

Dessa forma, pelos resultados obtidos na pesquisa de ANDREASI (2001), as propostas a serem aplicadas na BEP para a melhoria das condições de conforto térmico são: as fachadas maiores devem estar perfeitamente voltadas ao norte geográfico e sombreadas do sol do verão; as alvenarias necessitam ter espessura de 25cm e executadas com tijolos maciços; as aberturas devem ser as maiores possíveis, sombreadas e localizadas de forma a permitir fácil ventilação cruzada bem como bom fechamento no inverno e coberturas bem ventiladas e/ou isoladas.

No trabalho de DUMKE (2002) intitulado “Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social” foram analisadas 18 moradias habitadas e de sistema construtivo diferenciado.

A avaliação térmica das moradias habitadas foi realizada com medições no próprio ambiente, observando-se os padrões de uso das moradias. Foram utilizados *data-loggers* do tipo HOBO para as medições realizadas. Os dados coletados foram analisados com o *software* ANALYSIS na carta psicrométrica de Givoni, tendo como resultado a quantificação da porcentagem do tempo de medição em que as condições do ambiente se situam na zona de conforto ou fora dela.

Os resultados obtidos por DUMKE (2002) apontam para apenas 10,6% das horas da temperatura externa na faixa de conforto no inverno, ou seja, 88,3% das horas em desconforto por frio e 1,01% das horas em desconforto por calor. No verão, a temperatura externa apresentou 36,3% das horas na faixa de conforto e 63,7% das horas em desconforto assim distribuídas: 31,3% de frio e 32,4% de calor. Analisando-se as coberturas, observou-se que tanto para o inverno como para o verão, aquelas com forro de madeira, câmara de ar não-ventilada e telhamento cerâmico foram as que apresentaram melhor desempenho térmico. Por outro lado, o pior desempenho foi obtido para as coberturas de forro de madeira ou de painéis de concreto e telhas de fibrocimento. Foi comprovada a importância do tipo de telha na obtenção do conforto térmico, sobretudo nas habitações térreas, observando-se um desempenho superior das moradias com telhas cerâmicas, tornado secundário a influência da ventilação no ático e o forro empregado. Este resultado corrobora as recomendações da Norma de Desempenho Térmico que alerta sobre a diferença do desempenho térmico das telhas de barro em relação às de fibrocimento, embora ambas possuam semelhanças no que se refere a transmitância térmica.

Com relação às tecnologias, constatou-se que o sistema construtivo com tijolos cerâmicos vazados e forros de madeira, com câmara de ar muito ventilada, apresentou pior desempenho térmico no inverno, mas um dos melhores desempenhos no verão, o que demonstra ser ela apropriada para regiões de clima mais quente. De modo semelhante, o sistema construtivo de blocos de concreto autotravados, apresentou bom desempenho térmico no verão e ruim no inverno.

Das tecnologias estudadas a mais adequada ao clima de Curitiba foi a de tijolos de solocimento, que teve melhor desempenho no inverno e o segundo melhor

desempenho no verão. O sistema de poliestireno expandido revestido com argamassa, com maior inércia térmica e menor transmitância, também apresentou excelente desempenho no verão e bom no inverno, sendo superado no inverno pelos sistemas construtivos de madeira.

O número de horas de desconforto por frio (73,1% das horas do ano) é muito maior que o desconforto por calor (5,9%), sob o enfoque da carta bioclimática de Curitiba (LAMBERTS et al., 1997). Os sistemas construtivos de madeira tradicionais da região, por seu bom desempenho no inverno, não podem ser descartados como alternativa para habitação, levando-se em conta também seu fator cultural. O sistema que apresentou o melhor desempenho foi o sistema de madeira de lei maciça e maior espessura, e o que apresentou o pior foi aquele com painel simples de madeira (DUMKE, 2002).

A pior situação foi a do sistema constituído de painéis duplos de concreto com câmara de ar, que apresentou a transmitância da cobertura acima dos limites, transmitância da parede próxima dos limites e inércia térmica tanto de parede quanto de cobertura dentro dos limites da NBR 15220 (ABNT, 2005). Dessa forma, o autor não verificou uma relação clara do desempenho térmico e das características termofísicas dos materiais. O que leva a supor que outros parâmetros seriam mais definidores do conforto térmico, tais como área de ventilação, ganho solar através das aberturas, material e orientação das esquadrias, bem como os padrões de uso das moradias: ocupação, operação de portas e janelas, e uso de equipamentos.

As conclusões apresentadas no trabalho de DUMKE (2002) afirmam que no verão as características termofísicas da envoltória parecem ser fatores determinantes do desempenho térmico das moradias, mas no inverno, outros fatores interferem de forma mais decisiva.

Dessa forma, a Norma de Desempenho Térmico (ABNT, 2005) se aplica melhor para climas quentes, predominante no território nacional. Assim para o caso de Curitiba, sugeriu-se a introdução de parâmetros específicos para a condição de inverno. Além disso, os resultados mostraram serem necessários estudos mais aprofundados quanto aos limites fixados para o atraso térmico das paredes e coberturas.

No trabalho de MENEZES (2006), foram realizadas medições *"in loco"* de temperatura e umidade no interior e no exterior de habitações unifamiliares de interesse social na cidade de Passo Fundo, no período de verão e de inverno.

Simultaneamente às medições dos parâmetros nas residências, foram identificadas as tipologias construtivas das habitações em estudo, caracterizando-se os tipos de parede, piso, cobertura, divisórias, janelas e orientação. Igualmente, foram desenvolvidos os cálculos dos parâmetros de desempenho térmico destas edificações através do método definido pela norma da ABNT 15220, parte 2, calculando-se para cada elemento construtivo a transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar. Assim realizou-se a montagem do modelo de cada uma das habitações em estudo no *software EnergyPlus*, definindo-se cada uma de suas características, inserindo cada um de seus elementos, parâmetros e arquivos climáticos. Considerou-se cada uma das habitações como uma única zona climática. A seguir rodou-se o programa, obtendo-se os relatórios da simulação de desempenho térmico de cada uma das edificações. O *software EnergyPlus* forneceu o PMV (índice que estima o valor médio dos votos de um grupo de pessoas na escala de sensação térmica), que caracteriza a sensação de conforto térmico das habitações, o qual foi comparado com os valores recomendados pela norma ISO 7730 (1994). Na parte experimental, os dados de temperatura e umidade, depois de coletados e analisados, foram formatados em tabelas e gráficos. Os valores encontrados nas simulações para cada uma das habitações foram comparados com os das outras. Igualmente, os valores obtidos nas medições foram comparados entre as diferentes habitações. Ainda confrontaram-se os dados das simulações com as medições e com os parâmetros calculados.

Os resultados apresentados na pesquisa de MENEZES (2006) permitem concluir que a maioria dos parâmetros das habitações estudadas está dentro daqueles estabelecidos pela NBR 15220-3. Verificando-se, entretanto, que o valor da transmitância da cobertura, no inverno, não atende a estes parâmetros, bem como o atraso térmico das paredes rebocadas nas duas faces (habitações 3, 4 e 5), que é superior ao fixado pela norma. Também, as áreas de aberturas estão bem abaixo do recomendado pela norma. Com referência ao que estabelece a NBR 15220, igualmente, grande parte dos parâmetros das habitações estudadas estão dentro dos valores recomendados. Do mesmo modo, a capacidade térmica da cobertura é muito inferior ao valor estabelecido. Com relação às aberturas de ventilação, ainda se verifica que alguns ambientes não atendem ao mínimo fixado pela NBR 15220. Da mesma forma, faltam sombreamentos das janelas, pois apenas as dos dormitórios possuem venezianas. Com relação às condições de conforto,

verifica-se que no verão há atendimento ao que é fixado, enquanto que no inverno não.

Os resultados das inter-relações entre as características construtivas das unidades habitacionais, os parâmetros climáticos do município e a temperatura no interior dos ambientes demonstram que atendem, em parte, às exigências das normas estudadas quanto ao desempenho térmico, mas que alguns parâmetros estão aquém do estabelecido, exigindo melhoria em termos de tipologia, orientação solar, tecnologias construtivas e materiais das habitações de interesse social.

O autor constatou que o período de desconforto térmico é muito maior devido ao frio (baixas temperaturas) do que devido ao calor (altas temperaturas). Assim, as medidas que visem à melhoria das condições de conforto térmico devem considerar este fator. Dessa forma, foi indicado um melhor aproveitamento do calor de radiação solar, com o aumento da inércia térmica da edificação, combinada com uma orientação solar adequada. Isso pode melhorar bastante o conforto dentro destas residências no inverno, mas antes o autor recomenda que sejam realizados outros estudos mais específicos sobre o assunto. O que leva a concluir que nessa região, onde há inverno rigoroso, não é adequada a utilização de elementos construtivos leves, em especial na cobertura. Desta forma equivoca-se a Norma NBR 15220 ao indicar coberturas leves para uma região de climas frios e com uma grande variação diária da temperatura. Diante disto, visando melhorar o desempenho das habitações estudadas e sua habitabilidade, recomenda-se que sejam utilizados forros de concreto, que é mais pesado, aumentando a capacidade térmica e melhorando o conforto térmico, sobretudo no inverno. Com relação às aberturas, recomenda-se que as janelas possuam uma área maior, atendendo o que estabelece a NBR 15220, melhorando a ventilação. Também todas elas devem ser dotadas de veneziana para sombreamento, garantindo o controle da entrada de luz pelos usuários. Igualmente, recomenda-se que sejam utilizados elementos externos de sombreamento, tais como vegetações, que também auxiliam para melhorar os loteamentos, que parecem inóspitos e sem vida.

O trabalho de FERREIRA (2007) objetivou o diagnóstico e comparação da situação atual de desempenho térmico de diferentes tipologias de edifícios de escritório localizados em seis cidades pertencentes à zona bioclimática dois do Brasil. Este trabalho não utilizou programas computacionais para avaliar o desempenho térmico dos edifícios. Para a realização do estudo definiu um edifício

representativo de cada uma das tipologias construtivas encontradas na região estudada e analisou as características construtivas dos edifícios selecionados. Posteriormente, foram monitoradas as temperaturas do ar interna e externamente em intervalos de treze dias para cada uma das tipologias no período de inverno e no período de verão.

A análise do comportamento térmico das diferentes tipologias se deu em função da relação entre a temperatura interna e externa no que diz respeito à variação ao longo do tempo. A autora relaciona os resultados externos e internos da amplitude térmica e do amortecimento da onda térmica, considerando o período diário. A variação destes valores foi posteriormente analisada em função da capacidade térmica dos edifícios e do percentual de área de janela total/área de fachada total. Seguindo a norma ASHRAE (2004), é realizada a análise do percentual de Graus – Hora de conforto e desconforto para cada tipologia, sendo considerados valores limites de temperatura para cada período.

No trabalho de FERREIRA (2007) os resultados referentes ao amortecimento da onda térmica comparados às características construtivas do edifício permitiram concluir que a área de aberturas, a orientação das mesmas, o tipo de vidro e a cor dos fechamentos opacos foram os fatores que mais influenciaram nos resultados obtidos.

O principal objetivo do estudo realizado por GUARESCHI (2008) foi analisar o comportamento térmico de edificações desportivas a fim de propor recomendações de projeto para ginásios mais adequados ao clima da região onde estão inseridos. A metodologia utilizada em seu trabalho 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 períodos determinados no inverno e no verão. Os critérios mais relevantes para a definição das edificações a serem monitoradas foram o volume interno dos ginásios e o Índice de Ventilação Natural (IVN). Os resultados obtidos através do monitoramento das temperaturas internas e externas foram submetidos a três avaliações diferenciadas: a avaliação bioclimática, avaliação de dia médio e avaliação de graus-hora de desconforto segundo a ASHRAE (2004).

O resultado das análises geradas permitiu à GUARESCHI (2008) concluir que os ginásios de menor volume e pouco ventilados são adequados para os locais cujo

clima predominam as baixas temperaturas, já que este tipo de edificação propicia o aproveitamento do calor proveniente da cobertura. Esta tipologia também se mostrou apropriada aos climas quentes e úmidos, onde se tem reduzida amplitude térmica diária. A partir da análise da amplitude térmica relacionada às características 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.

Diante dos resultados, a autora salienta o volume da edificação e a inércia térmica do conjunto como sendo as recomendações mais relevantes para que os ginásios apresentem um comportamento térmico mais adequado ao clima de Santa Maria. Porém, por se tratar de um clima temperado a ventilação seletiva foi apontada como fundamental para o aproveitamento adequado destas duas recomendações.

3 METODOLOGIA

3.1 INTRODUÇÃO

O estudo para a avaliação do desempenho térmico de diferentes edifícios em conjuntos habitacionais de caráter popular na cidade de Santa Maria foi composto basicamente das seguintes etapas: levantamento dos edifícios existentes, com a verificação das características projetuais, características construtivas dos edifícios, definição dos edifícios a serem analisados e, por fim, o monitoramento das variáveis ambientais internas e externas permitindo a avaliação do desempenho térmico.

Inicialmente, através de pesquisa junto ao Cartório de Registro de Imóveis de Santa Maria – RS, foram catalogados o maior número possível de Conjuntos Habitacionais na cidade, independente do caráter popular.

Após, foram coletados dados referentes às soluções adotadas no projeto arquitetônico, implantação do Conjunto e dados referentes aos sistemas construtivos utilizados nas edificações, no intuito de identificar as diferenças ou semelhanças entre os edifícios levantados.

Após o levantamento das características construtivas e do projeto arquitetônico, procurou-se agrupar os diferentes edifícios de forma que cada um dos selecionados possuíssem pelo menos uma das características consideradas relevantes para este estudo. As características consideradas fundamentais para a definição dos edifícios a serem analisados foram a facilidade ou não de ventilação e capacidade térmica alta e baixa dos componentes da envoltória. A localização dos edifícios também foi um critério na escolha, optou-se por monitorar edifícios localizados em regiões próximas para que não houvesse variações significativas na temperatura externa. Na definição final, o caráter popular foi o critério decisivo para a seleção dos Conjuntos Habitacionais. Exceção foi feita ao Conjunto Residencial Bourbon, apesar de não possuir caráter popular, foi incluído na análise devido à presença de pilotis, característica que não foi encontrada nos edifícios destinados à habitação popular.

Após a determinação dos edifícios a serem monitorados, foram levantados os dados de temperatura interna e externa nos períodos de inverno e verão de um dos

edifícios de cada Conjunto Habitacional selecionado para a análise. Analisando estes dados foi possível fazer um reconhecimento do desempenho térmico das tipologias construtivas selecionadas e a relação deste comportamento com as características construtivas determinantes na definição das diferentes tipologias.

A seguir são apresentados detalhadamente os caminhos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

3.2 DEFINIÇÃO DOS EDIFÍCIOS ANALISADOS

O levantamento inicial buscou catalogar o maior número possível de conjuntos habitacionais com edificações multifamiliares em Santa Maria, independentemente de serem destinados à habitação popular. O levantamento das plantas baixas e especificações foi feito através de pesquisa nos arquivos do Cartório de Registro de Imóveis e da Secretaria de Habitação de Santa Maria, sendo que em alguns casos os registros estavam incompletos. O levantamento fotográfico foi feito através de visitas aos endereços onde se localizam os conjuntos habitacionais.

Através do levantamento dos dados de cada conjunto, observou-se que a época de construção e o tipo de financiamento ou política habitacional em que se enquadrou o empreendimento determinaram ou influenciaram boa parte das características projetuais e construtivas das edificações. Dessa forma, as tipologias analisadas foram selecionadas de forma a abranger conjuntos habitacionais de edifícios multifamiliares construídos em diferentes épocas, e por variadas políticas de habitação popular. Características de projeto que facilitam a ocorrência de ventilação cruzada e a capacidade térmica dos edifícios foram consideradas as mais relevantes na definição das tipologias a serem analisadas. É importante salientar que os edifícios selecionados localizam-se na mesma região da cidade, exceto as edificações PAR. Esse cuidado foi tomado a fim de evitar distorções excessivas nas medições de temperatura externas, visto que em diferentes regiões da cidade as temperaturas variam muito. Outra exceção foi a escolha do Residencial Bourbon dentre os Conjuntos Habitacionais analisados. Este conjunto habitacional não possui caráter popular, mas localiza-se próximo a outros conjuntos analisados e seus

edifícios possuem uma característica não encontrada em nenhum outro que possua esse caráter: a presença de pilotis. Como os pilotis facilitam muito o fator ventilação e este foi considerado bastante relevante no estudo, o Conjunto Residencial Bourbon foi incluído na análise. Dessa forma, dentro de uma amostra de 22 conjuntos habitacionais, 5 tipologias foram selecionadas para a realização do monitoramento de temperatura e posterior análise dos dados. Na figura 6 é possível observar a localização dos conjuntos habitacionais dentro da malha urbana de Santa Maria.

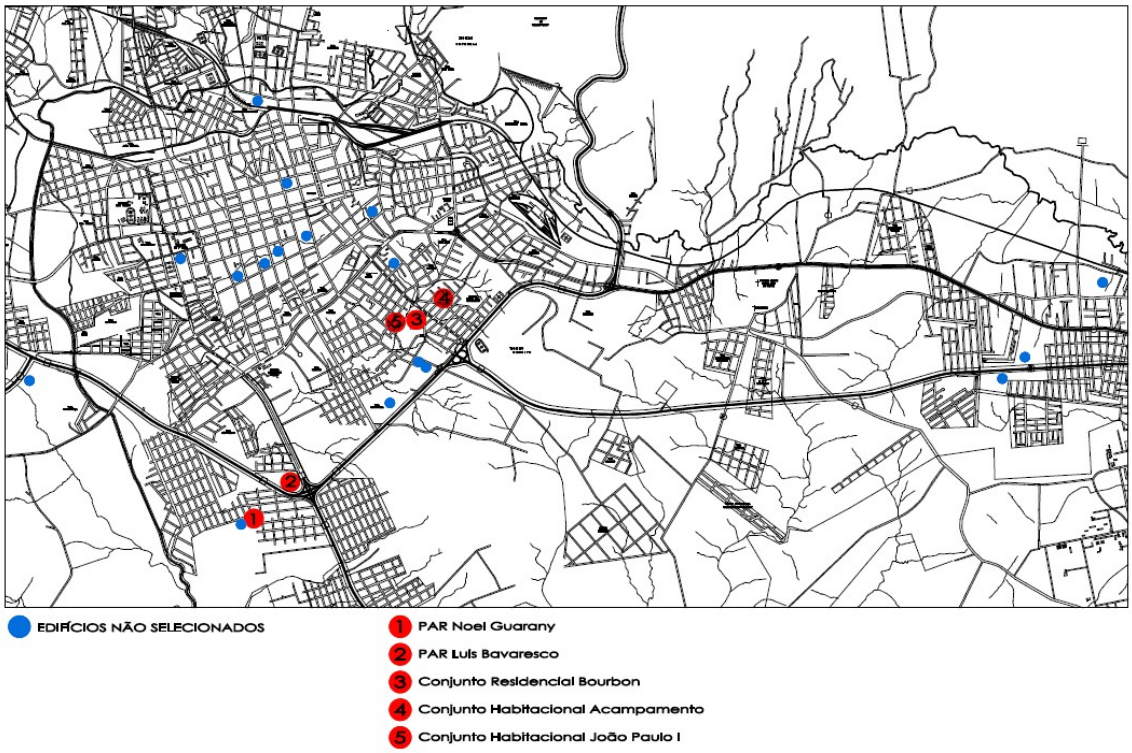


Figura 6 - Localização dos Conjuntos Habitacionais.

3.3 EQUIPAMENTOS

No levantamento dos dados de temperatura foram utilizados aparelhos registradores (data loggers) de temperatura e umidade relativa do ar do tipo HOBO (figura 7). Para as medições externas foram utilizadas caixas revestidas externamente por papel alumínio e com aberturas para a entrada de ar, conforme a figura 7.

Figura 7 - Aparelho de medição e a proteção contra a radiação.

Este aparelho pode ser configurado para tomar leituras de tempos em tempos para um período pré-fixado, tendo a capacidade de armazenar 7944 leituras, com intervalos de 0,5 segundos até 9 horas com hora e data de início, programáveis. No fim das medições, os dados são transmitidos para um computador por meio de um programa específico, o *BoxCar 3.0*. A tabela 3 traz dados específicos sobre o aparelho.

Tabela 4 - Dados referente ao instrumento de aquisição de dados.

Modelo	Dimensões (mm)	Precisão (a 20 ^{o}C)	Resolução (a 20 ^{o}C)
HO8-003-02	68X48X19	±0.7 °C	0.38 °C

.

3.4 COLETA DE DADOS

Após a escolha das tipologias a serem monitoradas, se estabeleceu os locais onde deveriam ser posicionados os aparelhos para a realização das medições. A seleção dos pontos de medição no interior da edificação foram determinados a fim de analisar a influência da orientação solar e da proximidade com a cobertura nos resultados coletados. Dessa forma, em cada edifício foram feitos 4 medições internas e 1 medição externa. Dois aparelhos foram instalados no último pavimento em orientações diferentes e outros dois no pavimento térreo, repetindo as orientações do último pavimento. Nestes espaços os equipamentos foram instalados na posição vertical, pendurados a uma altura de 1,60m, afastados de paredes e divisórias. A localização dos registradores de temperatura e umidade relativa do ar está apresentada na planta baixa de cada tipologia no item 5.1 deste trabalho.

Para as medições externas foram selecionados locais onde os aparelhos não sofressem a influência da radiação solar, além disso, eles foram instalados no

interior de caixas de isopor revestidas externamente com papel alumínio com pequenas aberturas que permitissem a livre circulação do ar.

O período de medição das temperaturas internas e externas foi o mesmo em todas as tipologias, permitindo, dessa forma, não apenas a avaliação dos dados, mas a comparação entre eles. Foram planejadas duas coletas de dados, uma no período de verão no mês de fevereiro de 2007 e outra no período de inverno no mês de agosto de 2007. Os registradores foram programados para tomar leituras a cada cinco minutos dentro de um período pré-fixado. O período de verão iniciou no dia 13/02/2007 e finalizou no dia 22/02/2007, totalizando dez dias de medição de temperatura, enquanto o período de inverno ficou compreendido a partir do dia 09/08/2007 até 22/08/2007, totalizando quatorze dias de monitoramento.

4 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta as informações referentes aos resultados obtidos neste trabalho. Inicialmente são apresentados os dados referentes aos Conjuntos Habitacionais levantados na cidade. A partir da análise destes dados, as tipologias foram divididas em grupos com características em comum. Dessa forma, uma tipologia de cada um dos grupos foi selecionada, e o monitoramento se deu em edificações com aspectos diferenciados entre si.

Após a apresentação dos dados que norteiam a definição das tipologias, são apresentados os resultados do monitoramento de temperatura do ar, realizado no período de verão e de inverno, nos edifícios representativos para a análise.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS EDIFÍCIOS

O levantamento totalizou 22 conjuntos habitacionais com até cinco pavimentos na cidade de Santa Maria – RS. Em 3 destes conjuntos habitacionais foi possível apenas fazer o levantamento fotográfico. A tabela 4 apresenta os conjuntos habitacionais pesquisados, construtora e ano de construção, além do caráter da edificação.

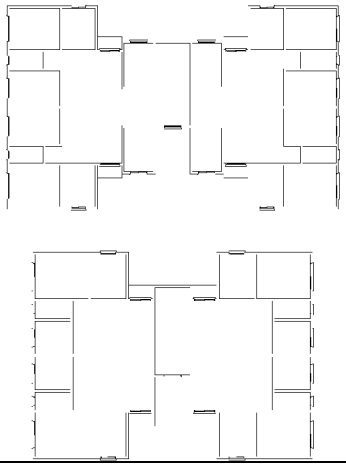
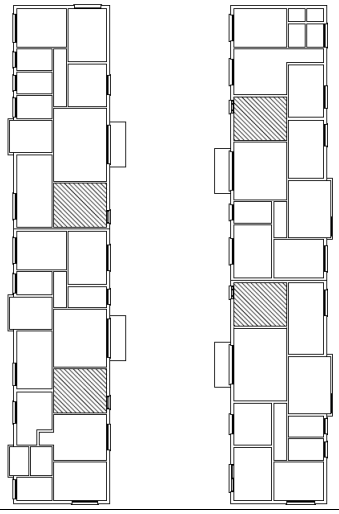
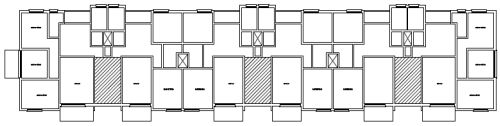
Tabela 5 - Conjuntos habitacionais pesquisados.

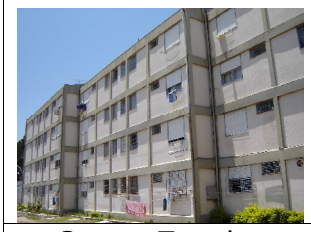
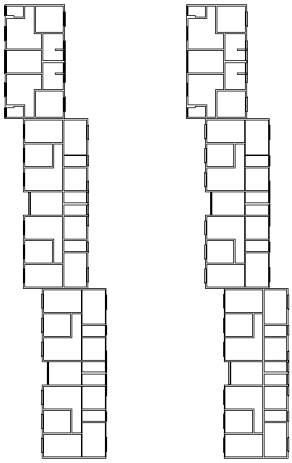
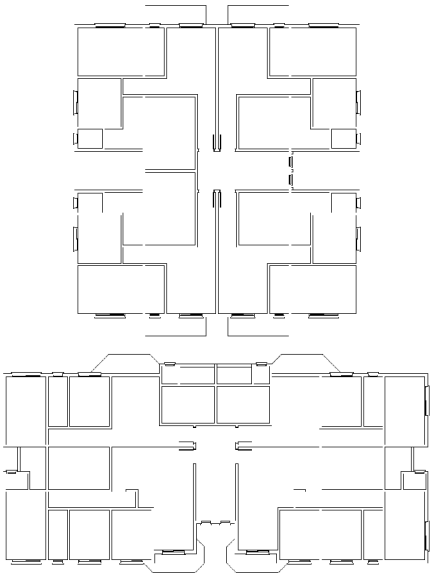
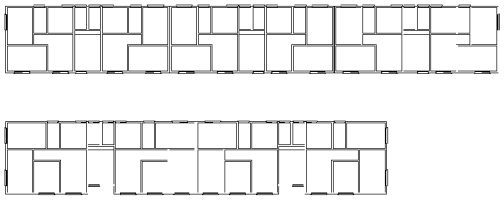
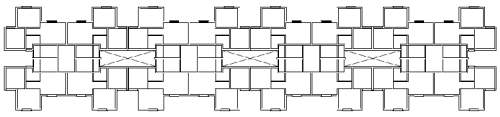
Conjuntos Habitacionais	Construtora	Ano	Caráter Popular
Acácia Negra	RGA Construtora e Incorporadora Ltda	2005	NÃO
Bourbon	Construtora Olienge	1980	NÃO
Camobi	Coop. Hab. Universitária Camobi Ltda BNH	1979	SIM
Niederauer	Coop. Hab. Dos Func. Públicos e Autárquicos de Santa Maria Ltda BNH	1977	SIM
Champagnat	Construções Sogisa Ltda.	1968	NÃO
Quatro Estrelas	Construtora Nima Ltda	1995	NÃO

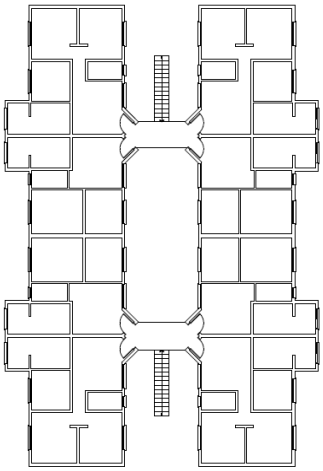
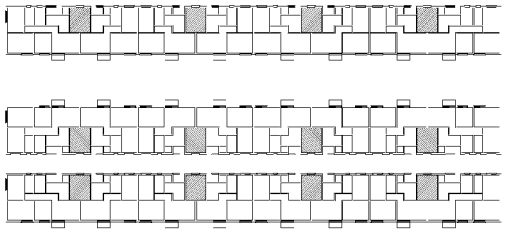
Acampamento	Coop. Hab. Acampamento Ltda BNH	1977	SIM
Arco Verde	Kraft Haus Engenharia Ltda	2000	NÃO
Conrado Hofmann	Coop. Habitacional dos Servidores da Brigada Militar Ltda BNH	1972	SIM
Neno	Empreiteira Zanini Ltda	1980	NÃO
Tuiuti	Coop. Hab. Dos Operários de Santa Maria Ltda BNH	1973	SIM
Morada do Sol	SEM LEVANTAMENTO		
São Luís	Sogisa Ltda	1969	NÃO
João Paulo I	Coop. Hab. Jardim Ipiranga Ltda BNH	1979	SIM
PAR Luís Bavaresco	BK Construções Ltda FUNDO PAR	2004	SIM
PAR Noel Guarany	Construtora Walan Ltda FUNDO PAR	2004	SIM
PAR Novo Tempo	Construtora Walan Ltda FUNDO PAR	2004	SIM
Duque de Caxias	Coop. Hab. Vila Nonoai Ltda BNH	1983	SIM
Rui Barbosa	Coop. Hab. Jardim Ipiranga Ltda BNH	1987	SIM
Marechal Costa e Silva	Coop. Hab. dos Operários de Santa Maria Ltda		SIM
Base	SEM LEVANTAMENTO		
Paineira	RGA Construtora e Incorporadora Ltda	2000	NÃO

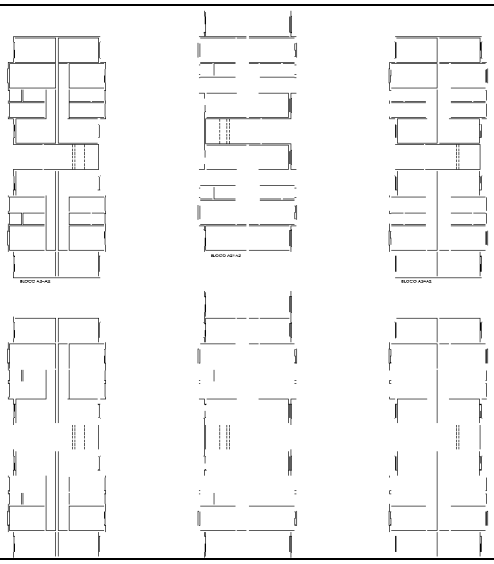
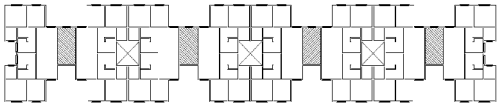
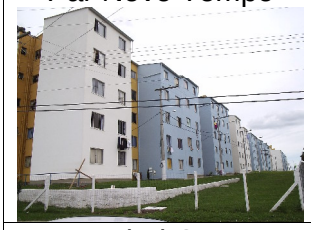
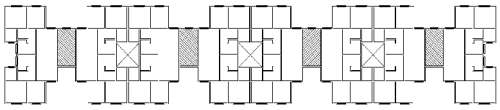
A tabela 6 traz fotos dos conjuntos habitacionais catalogados, bem como a planta baixa dos edifícios em que foi possível fazer o levantamento, também apresenta uma descrição preliminar de cada um dos conjuntos.

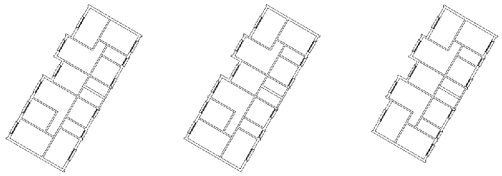
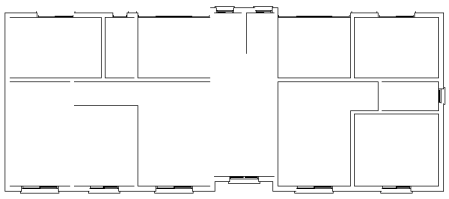
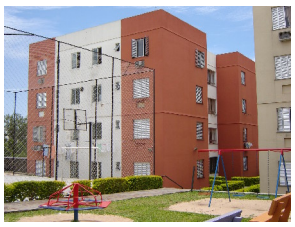
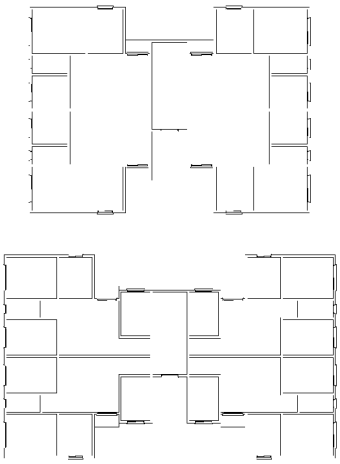
Tabela 6 - Levantamento preliminar das características projetuais e construtivas dos Conjuntos Habitacionais.

FOTOS	PLANTA BAIXA	DESCRIÇÃO
Acácia Negra		Conjunto com prédios de 4 pavimentos em formato compacto, distribuídos de maneira espaçada no terreno, porém com grandes áreas externas impermeabilizadas.
Bourbon		Conjunto com prédios em formato alongado com 3 pavimentos sobre pilotis dispostos na orientação leste oeste com espaçamento reduzido entre os blocos. A distribuição dos apartamentos na planta baixa facilita a ocorrência de ventilação cruzada.
Camobi		Conjunto com prédios em formato alongado com 4 pavimentos dispostos na orientação norte-sul e de forma espaçada no terreno. Conta com vastas áreas de gramado.
Champagnat		Conjunto com prédios de 4 pavimentos com formato alongado dispostos na orientação leste- oeste distribuídos com pouco espaçamento entre eles.

Niederauer 		Conjunto com prédios de 4 pavimentos com formato alongado distribuídos próximos uns dos outros, mas com áreas gramadas e arborizadas entre os blocos do conjunto. A configuração dos blocos, em fila simples de apartamentos facilita a ventilação cruzada.
Quatro Estrelas 		Conjuntos de prédios de 4 pavimentos sobre pilotis com duas tipologias distintas, uma mais compacta e outra mais alongada. Os blocos foram dispostos muito próximos e as áreas entre eles são totalmente impermeabilizadas.
Acampamento 		Conjuntos de prédios de 4 pavimentos com formato alongado, dispostos espaçadamente em terreno com muita área gramada. Os blocos com apartamentos em fila simples tornam a ventilação cruzada facilitada.
Conrado Hofmann 		Conjunto de prédios de 4 pavimentos dispostos em terreno estreito com formato alongado e com áreas externas impermeabilizadas.

Arco Verde		Este conjunto se diferencia dos demais por possuir apenas 4 pavimentos e circulação externa unindo os blocos dispostos bem próximos. A maior parte das áreas externas serve como estacionamento de veículos.
Neno		Os prédios deste conjunto possuem formato muito alongado com 4 pavimentos sobre pilotis. Seu terreno é estreito e a distância entre os blocos é a menor entre os edifícios levantados.
Tuiuti	SEM LEVANTAMENTO	Conjunto com prédios de 4 pavimentos, com formato alongado e espaçados entre si. Conta com áreas externas gramadas e sombreadas.
Morada do Sol	SEM LEVANTAMENTO	Conjunto com prédios de 4 pavimentos com formato compacto, distribuídos de maneira espaçada sem nenhum tratamento das áreas externas.
São Luís		Conjunto com prédios de 4 pavimentos, formato alongado, distribuídos muito próximos. A distribuição dos apartamentos em fila simples permite a ventilação cruzada.

João Paulo I		Conjunto com prédios de 4 pavimentos com formato mais alongado, com muita área gramada e sombreada entre os blocos. A distribuição dos apartamentos nos blocos não permite a ventilação cruzada.
Par Luís Bavaresco		Conjunto com prédios de cinco pavimentos com forma compacta e com pouco espaçamento entre os blocos. Área externa muito impermeabilizada, servindo em boa parte como estacionamento de veículos.
Par Noel Guarany		Conjunto com prédios de cinco pavimentos com formato alongado e espaçados entre si. Áreas externas com bastante gramado.
Par Novo Tempo 		Conjunto com prédios de cinco pavimentos com formato alongado e espaçados entre si. Áreas externas com bastante gramado.
Marechal Costa e Silva	SEM LEVANTAMENTO	Conjunto com prédios de 4 pavimentos, com formato alongado e com pouco espaço entre os blocos, mas nas áreas externas conta com bastante gramado.

Duque de Caxias 		Conjunto com prédios de 4 pavimentos com formato alongado, distribuídos espaçadamente no terreno que conta com grandes áreas de gramado e sombra. Sua orientação é noroeste-sudeste.
Rui Barbosa 		Conjunto com prédios de 4 pavimentos dispostos em orientações diferentes e com bom espaçamento entre si. Áreas externas bem gramadas e arborizadas.
Base 		Conjuntos com prédios de 4 pavimentos, formato alongado distribuídos de maneira espaçada, conta com áreas externas gramadas e arborizadas.
Paineira 		Conjunto com prédios de 4 pavimentos em formato compacto, distribuídos de maneira espaçada no terreno, porém com grandes áreas externas impermeabilizadas.

4.2 DEFINIÇÃO DAS TIPOLOGIAS A SEREM MONITORADAS

As tipologias a serem monitoradas foram definidas através da análise dos dados coletados, sendo que alguns deles acabaram não se mostrando relevantes para a definição das mesmas. Exemplo disso é a porcentagem de esquadrias em relação a área de fachada, pois nenhuma das tipologias se diferenciaram muito nesse sentido. Dos 22 conjuntos habitacionais levantados, 5 foram selecionados para a análise: dois conjuntos habitacionais construídos com financiamento do BNH na década de 70 (Conjunto Habitacional Acampamento e Conjunto Habitacional João Paulo I) e outros dois conjuntos do Programa PAR financiado pela Caixa Econômica Federal no ano de 2004 (PAR Noel Guarany e PAR Luis Bavaresco). O Conjunto Residencial Bourbon foi incluído devido a presença de pilotis. As características consideradas relevantes para avaliar o desempenho térmico das edificações foram a facilidade de ventilação cruzada e a capacidade térmica.

4.2.1 Ventilação

No PAR Noel Guarany a ventilação natural ocorre de maneira facilitada. Além da distribuição das aberturas, a implantação dos blocos no terreno permite a ventilação cruzada. A região da cidade onde se localiza o PAR Noel Guarany se caracteriza pela existência de casas térreas e a taxa de ocupação do conjunto e da área adjacente é bastante baixa (figura 8), facilitando ainda mais a ventilação dos prédios. A figura 9 apresenta um esquema da ventilação no PAR Noel Guarany.

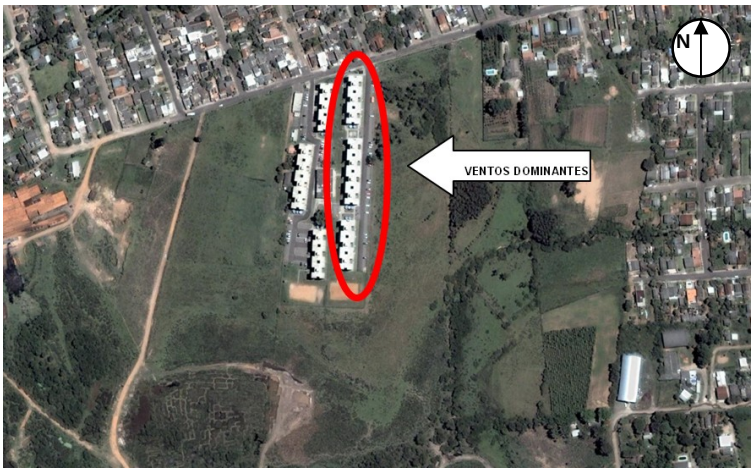


Figura 8 - Implantação do PAR Noel Guarany na malha urbana da cidade.

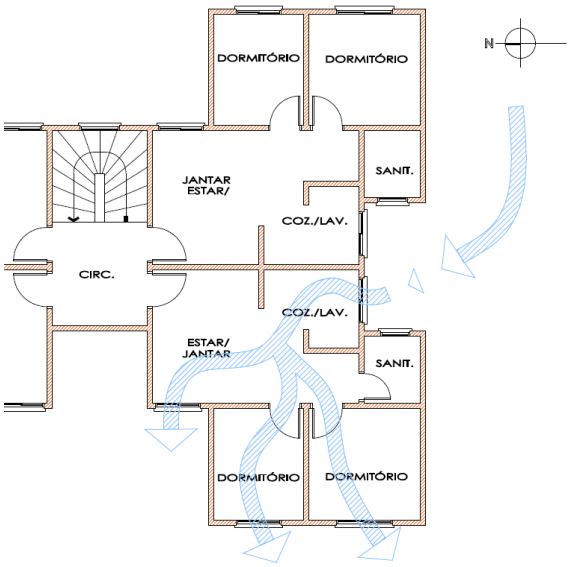


Figura 9 - Esquema de ventilação no PAR Noel Guarany.

No PAR Luis Bavaresco a ventilação cruzada é possível, no entanto não ocorre com muita facilidade. A distribuição dos blocos do conjunto muito próximos, bem como a distribuição das aberturas em planta baixa dificultam a passagem dos ventos dominantes. A figura 10 mostra o entorno do Conjunto bem como a distribuição dos blocos em relação aos ventos dominantes. Na figura 11 é possível observar o esquema de ventilação do PAR Luis Bavaresco.

Figura 10 - Inserção do PAR Luis Bavaresco na malha urbana da cidade.

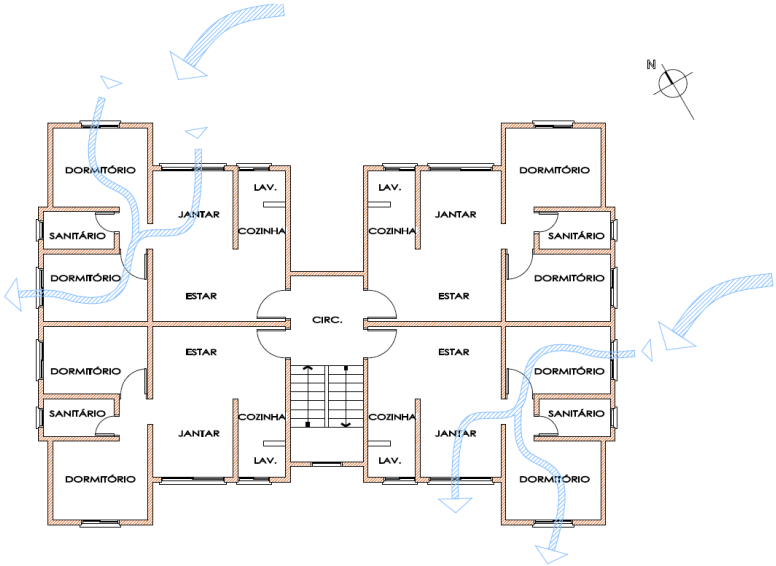


Figura 11 - Esquema de ventilação no PAR Luis Bavaresco.

No Conjunto Residencial Bourbon a ventilação cruzada ocorre de maneira bastante facilitada, tanto pela presença de pilotis como pela disposição dos apartamentos nos blocos. Porém através da figura 12 é possível observar que os prédios do conjunto foram implantados bastante próximos e o entorno imediato é muito mais densificado que o dos conjuntos habitacionais citados anteriormente. No esquema da figura 13 é possível observar como ocorre a ventilação neste conjunto habitacional e como a disposição dos apartamentos e das aberturas facilitam este fenômeno.

Figura 12 - Inserção do Conjunto Residencial Bourbon na malha urbana da cidade.

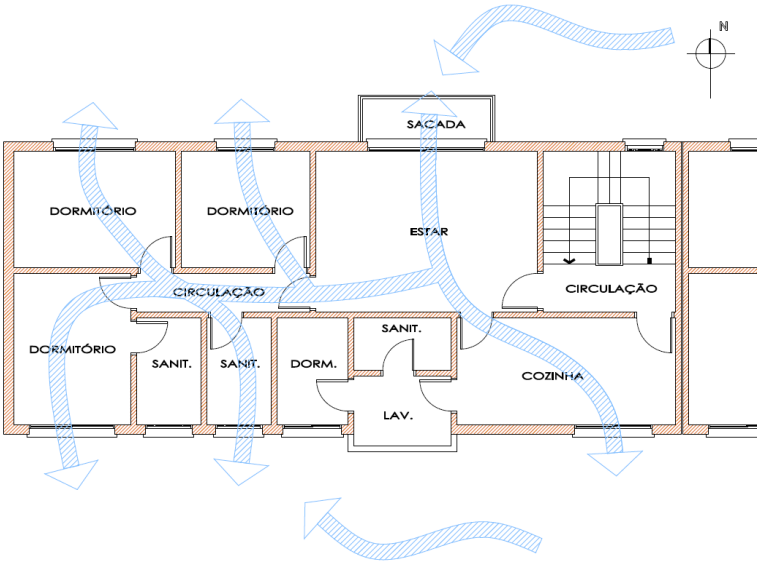


Figura 13 - Esquema de ventilação no Conjunto Residencial Bourbon.

Na figura 14 é possível observar a implantação dos blocos do Conjunto Habitacional Acampamento. Observa-se que os blocos possuem um bom afastamento entre si, facilitando a passagem dos ventos. O esquema apresentado na figura 15 demonstra como ocorre a ventilação cruzada em um dos Blocos do Conjunto Habitacional Acampamento. A distribuição dos apartamentos nos blocos bem como a distribuição das aberturas em planta baixa facilitam muito a ventilação cruzada.

Figura 14 - Inserção do Conjunto Habitacional Acampamento na malha urbana da cidade.

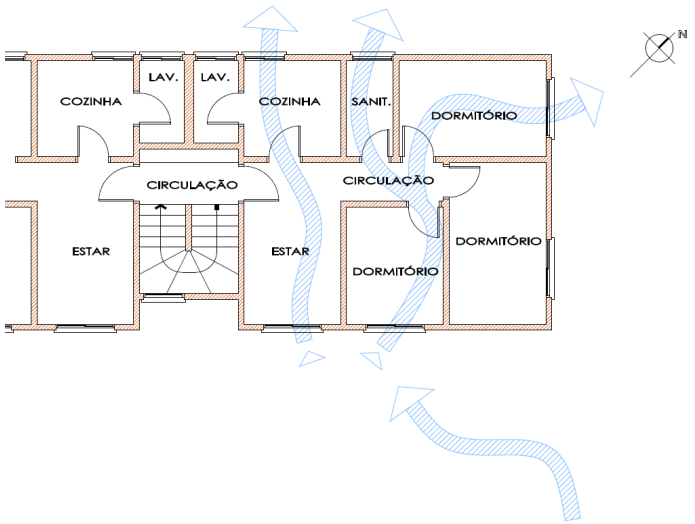


Figura 15 - Esquema de ventilação no Conjunto Habitacional Acampamento.

O Conjunto Habitacional João Paulo I localiza-se em uma área próxima à uma Área de Preservação Permanente (APP), conforme é possível observar na figura 16. Embora a distribuição dos apartamentos e das esquadrias em planta baixa não permitam a ventilação cruzada no Conjunto Habitacional João Paulo I, a presença desse maciço de vegetação cria um microclima bastante favorável no entorno do Conjunto. A proximidade entre os blocos também é um dificultador para uma melhor ventilação nos prédios deste Conjunto. Na figura 17 é possível observar como a distribuição dos apartamentos nos blocos dificultam a ventilação cruzada .

Figura 16 - Inserção do Conjunto Habitacional João Paulo I na malha urbana da cidade.

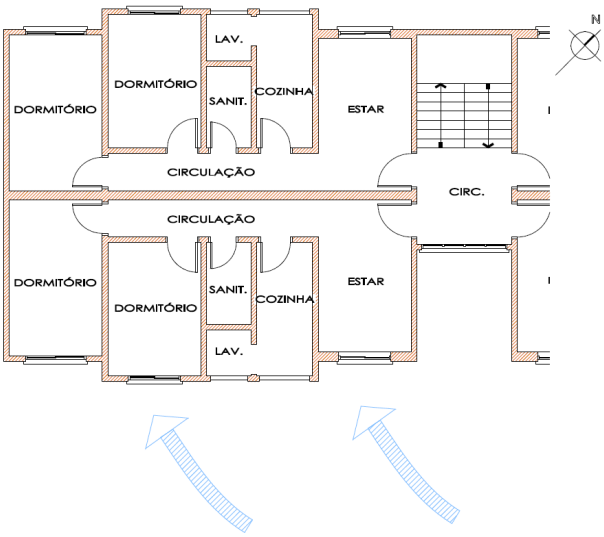


Figura 17 - Esquema de ventilação no Conjunto Habitacional João Paulo I.

4.2.2 Capacidade Térmica

A capacidade térmica é, sem dúvida uma das características mais importantes na avaliação do desempenho térmico de edificações. Optou-se por avaliar dois sistemas construtivos diferenciados, um que foi largamente utilizado em edificações financiadas pelo extinto BNH e o outro utilizado comumente em edificações do programa PAR.

Nos conjuntos habitacionais Acampamento e João Paulo I, construídos na década de 70 e financiados pelo extinto BNH o sistema construtivo não utiliza pilares. Na construção dos prédios do conjunto foram usados tijolos maciços de 15cm nos dois primeiros andares do edifício e tijolos de 4 furos, também de 15 cm nos outros 2 andares. A laje é de concreto maciça e a cobertura no Conjunto Habitacional Acampamento é de telha de fibrocimento 6mm, enquanto que no Conjunto Habitacional João Paulo I é de telhas de barro tipo colonial. O material de cobertura alterou sensivelmente a capacidade térmica calculada para cada um dos conjuntos.

Nas edificações dos conjuntos PAR o sistema construtivo baseia-se em alvenaria estrutural autoportante de blocos cerâmicos de 15cm. As lajes são pré-moldadas e possuem apenas 7,5cm de espessura, somando-se a altura do contrapiso totaliza uma espessura de 10cm. A cobertura é em telha de fibrocimento 6mm. Os prédios do PAR Luis Bavaresco apresentam uma capacidade térmica um

pouco mais elevada devido a maior área de paredes em relação a área em planta baixa. Outra observação importante é que os edifícios PAR possuem um andar a mais do que os demais edifícios analisados.

Como já foi explicitado anteriormente, o Conjunto Residencial Bourbon não possui caráter popular, mas foi incluído na análise devido a presença de pilotis. Observa-se que a capacidade térmica dos edifícios do Conjunto Residencial Bourbon se mostrou bastante baixa.

Na tabela 6 é possível verificar os resultados obtidos para o cálculo de capacidade térmica para um dos prédios de cada conjunto habitacional analisado. O resultado final representa uma média ponderada entre a capacidade térmica total do edifício e a área do pavimento tipo.

Tabela 7 - Cálculo da capacidade térmica dos edifícios selecionados.

	Materiais	Quantidade (m²)	C_T (KJ/(m².K)	Total
NOEL GUARANY	Bloco Alvenaria Estrutural concreto (15cm)	1039,02	192	199491,84
	Laje pré-moldada + contrapiso (10cm)	572,79	47	26921,13
	Telha de fibrocimento (6mm)	572,79	11	6300,69
	Total			232713,66
	Capacidade térmica do sistema construtivo	**406,28**		
LUIS BAVARESCO	**Materiais**	**Quantidade (m²)**	**C_T (KJ/(m².K)**	**Total**
	Bloco Alvenaria Estrutural concreto (15cm)	404,04	192	77575,68
	Laje pré-moldada + contrapiso (10cm)	190,32	47	8945,04
	Telha de fibrocimento (6mm)	190,32	11	2093,52
	Total			88614,24
	Capacidade térmica do sistema construtivo	**465,61**		
BOURBON	**Materiais**	**Quantidade (m²)**	**C_T (KJ/(m².K)**	**Total**
	Parede de tijolos 6 furos (20cm)	248,04	202	50104,08
	Parede de tijolos 4 furos (15cm)	325,05	186	60459,3
	Laje concreto maciça +contrapiso (15cm)	296,75	95	28191,25
	Telha de fibrocimento (6mm)	296,75	11	3264,25
	Total			142018,88
	Capacidade térmica do sistema construtivo	**478,58**		
ACAMPAMENTO	**Materiais**	**Quantidade (m²)**	**C_T (KJ/(m².K)**	**Total**
	Parede de tijolos maciços (15cm)	282,95	255	72152,25
	Parede de tijolos 6 furos (15cm)	282,95	168	47535,6
	Laje concreto maciça +contrapiso (15cm)	264,26	95	25104,7
	Telha de fibrocimento (6mm)	264,26	11	2906,86
	Total			147699,41
	Capacidade térmica do sistema construtivo	**558,92**		
JOÃO PAULO I	**Materiais**	**Quantidade (m²)**	**C_T (KJ/(m².K)**	**Total**
	Parede de tijolos maciços (15cm)	299,32	255	76326,6
	Parede de tijolos 6 furos (15cm)	299,32	168	50285,76
	Laje concreto maciça +contrapiso (15cm)	250,34	95	23782,3
	Telha de barro	250,34	18	4506,12
	Total			154900,78
	Capacidade térmica do sistema construtivo	**618,76**		

A tabela 8 apresenta os edifícios selecionados e as características consideradas relevantes para a análise.

Tabela 8 - Características projetuais e construtivas relevantes para a análise.

	COM VENTILAÇÃO CRUZADA	SEM VENTILAÇÃO CRUZADA	CAPACIDADE TÉRMICA ALTA	CAPACIDADE TÉRMICA BAIXA	PILOTIS
PAR Noel Guarany	X			X	
PAR Luis Bavaresco		X		X	
Bourbon	X			X	X
Acampamento	X		X		
João Paulo I		X	X		

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo refere-se à análise dos resultados das medições realizadas nas edificações selecionadas no período de inverno e verão. Primeiramente, foi analisado o comportamento térmico das diferentes edificações separadamente, relacionando as temperaturas internas dos diferentes pontos de medição com as temperaturas externas e sua variação durante o período. O período de tempo utilizado para a avaliação do desempenho térmico foi o mesmo em todas as edificações, tanto no período de verão como no período de inverno.

5.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA

Este item apresenta dados horários da variação da temperatura externa em relação à variação da temperatura interna em apartamentos dos Conjuntos Habitacionais selecionados, para o período de inverno e verão.

5.1.1 Par Noel Guarany

A implantação do PAR Noel Guarany se dá em um terreno bastante estreito e comprido com os blocos em formato bastante alongado, porém bem espaçados. O

bloco C foi selecionado para a análise devido a possibilidade de localizar dentro de um mesmo apartamento aparelhos de medição de temperatura em orientações diferenciadas. O objetivo é poder avaliar a influência das diferentes orientações solares na variação da temperatura interna. A figura 18 traz a indicação da localização do Bloco C dentro da implantação do PAR Noel Guarany. A figura 19 traz a localização dos aparelhos de medição de temperatura dentro de um apartamento do Bloco C.

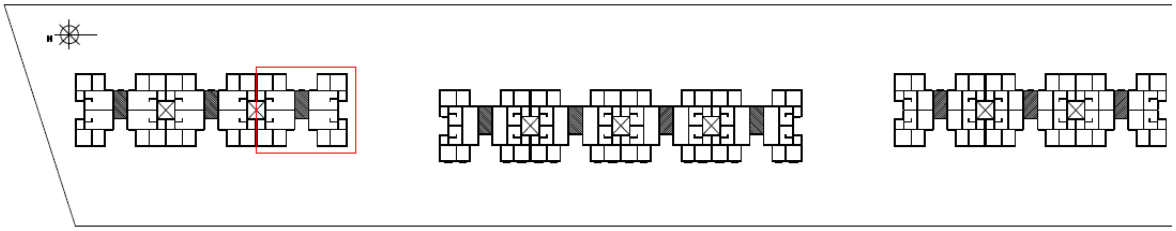


Figura 18 - Localização do Bloco C na implantação do PAR Noel Guarany.

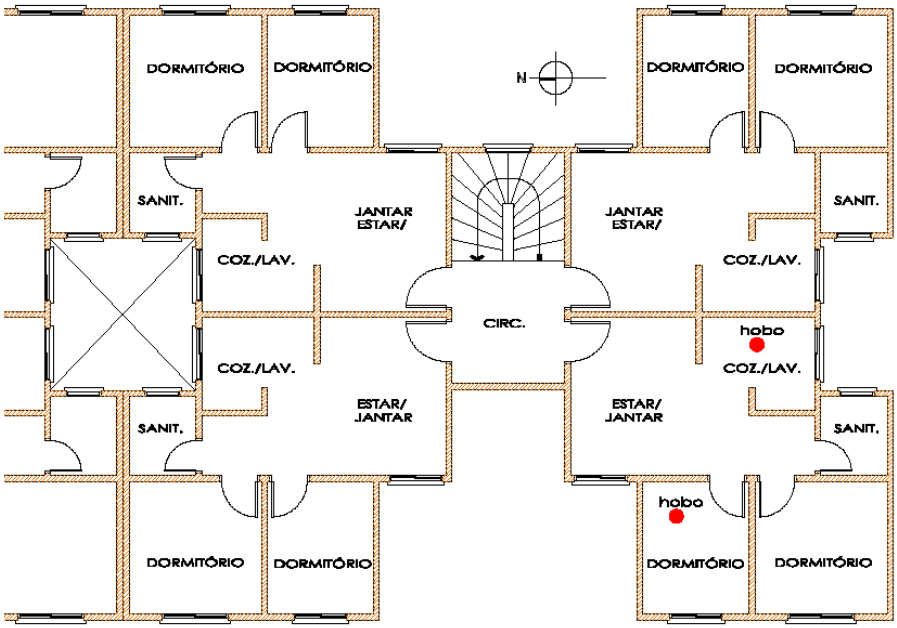


Figura 19 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany.

O gráfico apresentado na figura 20 traz a variação das temperaturas internas em relação à temperatura externa para o período de verão. As figuras 21 e 22 demonstram de forma mais clara a diferença entre a variação de temperatura para o período de verão nos pavimentos de cobertura e térreo. Observa–se que são mais intensas as variações na curva de temperatura do pavimento de cobertura.

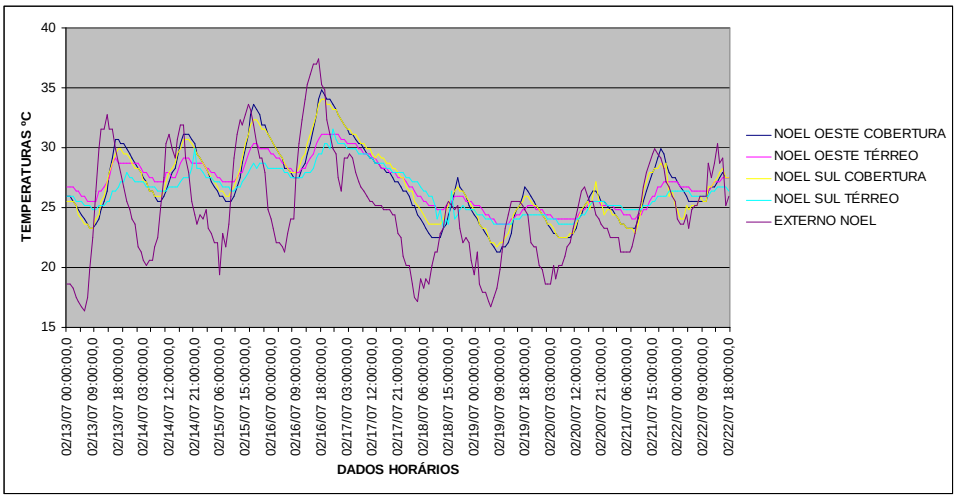


Figura 20 - Variação de temperatura do ar para o período de verão no PAR Noel Guarany.

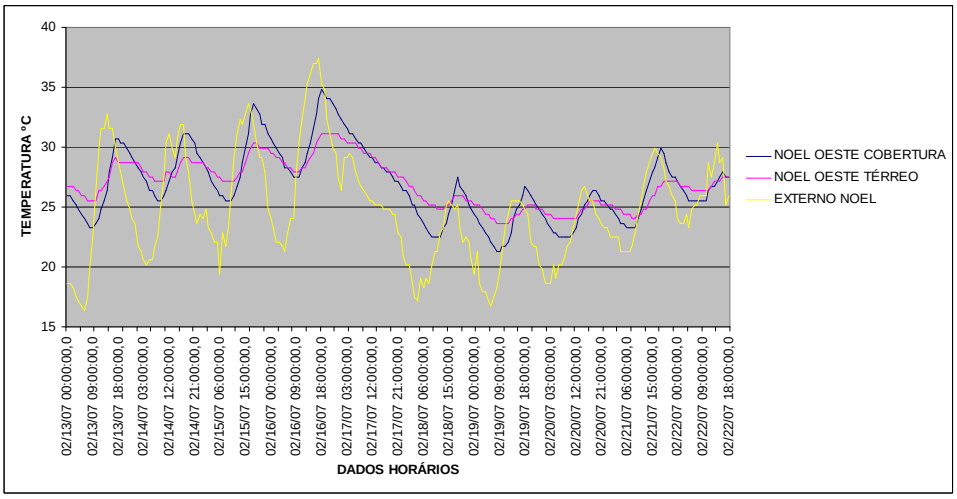


Figura 21 - Variação de temperatura do ar para o período de verão na orientação oeste no PAR Noel Guarany.

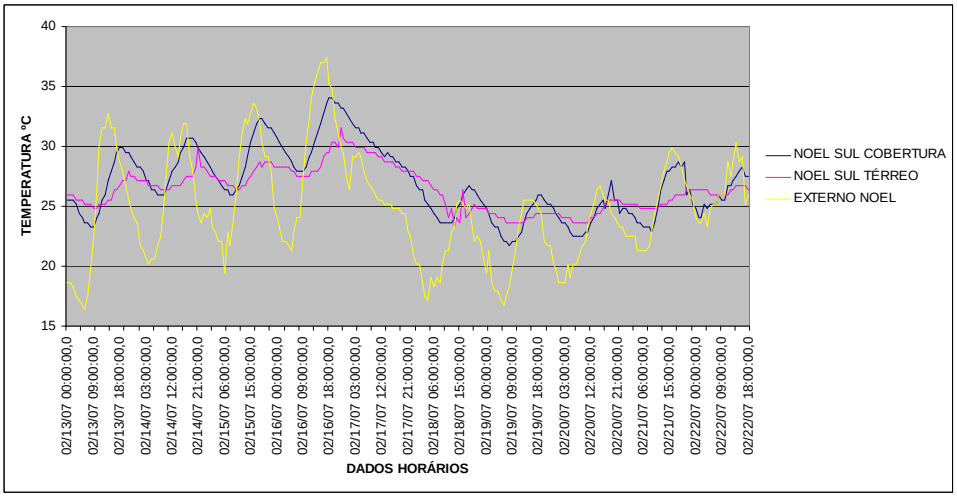


Figura 22 - Variação de temperatura do ar para o período de verão na orientação sul no PAR Noel Guarany.

A medição do período de verão demonstra que as temperaturas externas se mantiveram estáveis. A temperatura mais elevada do período foi de 37,44°C e a mais baixa foi de 16,38°C, apresentando uma amplitude de 21,06°C no período, estando dentro do esperado para essa época do ano. A temperatura máxima atingida no interior da edificação foi de 34,85°C e foi registrada na orientação oeste no último pavimento no dia 16/02/2007. A temperatura mais baixa do período foi de 21,33°C e foi registrada pelo mesmo medidor, na mesma orientação e no mesmo pavimento no dia 19/02/2007.

A instalação dos medidores nas mesmas orientações, porém no primeiro e último pavimentos do Bloco C, permitiram uma análise do efeito da cobertura sob a temperatura interna dos ambientes. Percebe-se que as medições realizadas no último pavimento apresentaram as temperaturas máximas e mínimas no interior da edificação para o período. O Bloco C do PAR Noel Guarany não sofre influência de outros prédios do conjunto e não recebe o sombreamento de outras edificações. Dessa forma as mudanças de temperatura foram mais significativas devido ao fato de estarem localizados no último pavimento, sendo que a orientação solar não foi decisiva nos resultados obtidos.

Na Tabela 9 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de verão referentes às medições realizadas no Bloco C do PAR Noel Guarany.

Tabela 9 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no PAR Noel Guarany.

PAR Noel Guarany	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	16,38°C	13/02/2007	19,54°C	37,44°C	16/02/2007	30,33°C	21,06°C
Oeste Cobertura	21,33°C	19/02/2007	24,33°C	34,85°C	16/02/2007	30,14°C	13,52°C
Oeste Térreo	23,63°C	19/02/2007	25,80°C	31,12°C	16/02/2007 17/02/2007	28,32°C	7,49°C
Sul Cobertura	21,71°C	19/02/2007	24,53°C	34,01°C	16/02/2007	29,65°C	12,30°C
Sul Térreo	23,24°C	18/02/2007	25,41°C	31,52°C	16/02/2007	27,93°C	8,28°C

A figura 23 demonstra a variação das temperaturas internas em relação às temperaturas externas para o período de inverno no PAR Noel Guarany. Assim como no período de verão, as figuras 24 e 25 demonstram a diferença entre as temperaturas registradas no pavimento térreo e no pavimento de cobertura.

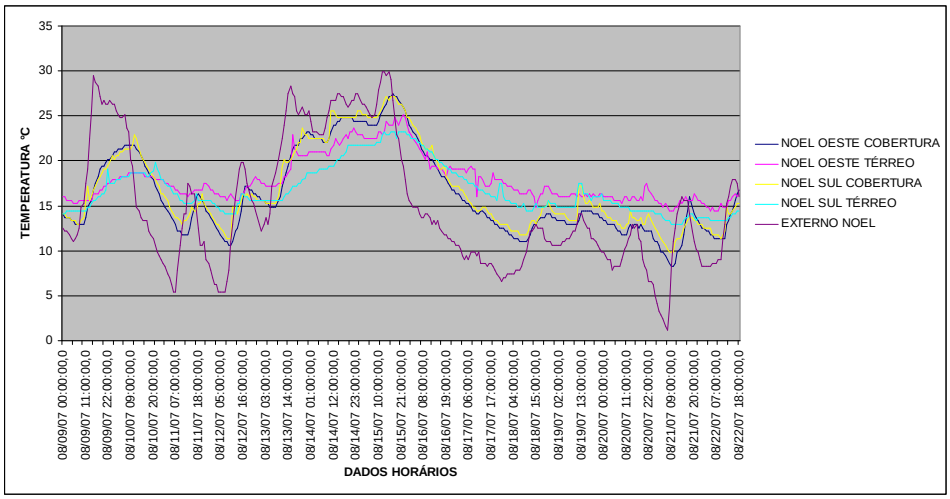


Figura 23 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno no PAR Noel Guarany.

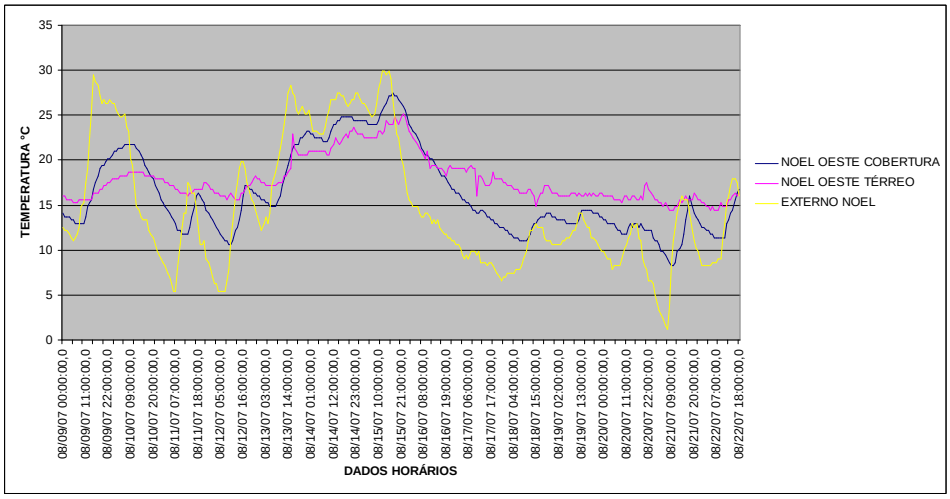


Figura 24 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação oeste no PAR Noel Guarany.

Figura 25 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação sul no PAR Noel Guarany.

Para o período de inverno, a temperatura externa mais baixa registrada foi de 1,17°C em 21/08/2007 e a mais alta foi de 29,9°C em 15/08/2007, uma amplitude de 28,12°C no período de medição. Temperaturas acima dos 25°C não são muito comuns para o período de inverno, porém foram exceção dentro do período de medição estabelecido.

Nas medições internas o que se observou é que tanto as temperaturas mais baixas quanto as mais altas do período foram registradas nos apartamentos de cobertura. A temperatura mais elevada foi de 27,52°C e foi registrada no último pavimento na orientação oeste no dia 15/08/2007. A temperatura mais baixa foi de 8,23°C e foi registrada no último pavimento na orientação oeste em 21/08/2007.

Outra observação é que as datas dos registros das temperaturas mais baixas e mais altas, tanto internas quanto externas, são coincidentes, ou seja, a edificação acompanha sem muito atraso as variações das temperaturas externas.

Na Tabela 10 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de inverno referentes às medições realizadas em apartamentos do Bloco C do Par Noel Guarany.

Tabela 10 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no PAR Noel Guarany.

PAR Noel Guarany	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	1,17°C	21/08/2007	9,62°C	29,9°C	15/08/2008	19,98°C	28,73°C
Oeste Cobertura	8,23°C	21/08/2007	14,09°C	27,52°C	15/08/2008	19,06°C	19,29°C
Oeste Térreo	14,47°C	21/08/2007 22/08/2007	16,73°C	25,17°C	15/08/2008	19,40°C	10,70°C
Sul Cobertura	9,82°C	21/08/2007	14,67°C	27,12°C	15/08/2008	20,09°C	17,30°C
Sul Térreo	12,93°C	21/08/2007	15,80°C	23,24°C	15/08/2008	18,94°C	10,31°C

5.1.2 PAR Luis Bavaresco

O PAR Luis Bavaresco se diferencia do PAR Noel Guarany devido ao formato dos edifícios e sua distribuição dentro do conjunto. São blocos com formato mais compacto e repetido por diversas vezes com afastamento reduzido entre eles. A figura 26 mostra a localização do Bloco E dentro do conjunto. A figura 27 traz a localização dos aparelhos distribuídos na planta baixa dos apartamentos do bloco E.

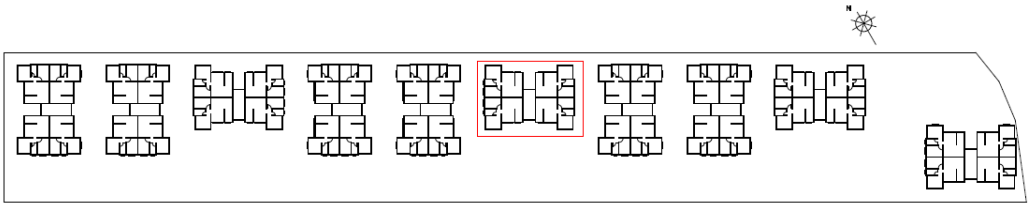


Figura 26 - Localização do Bloco E na implantação do PAR Luís Bavaresco.

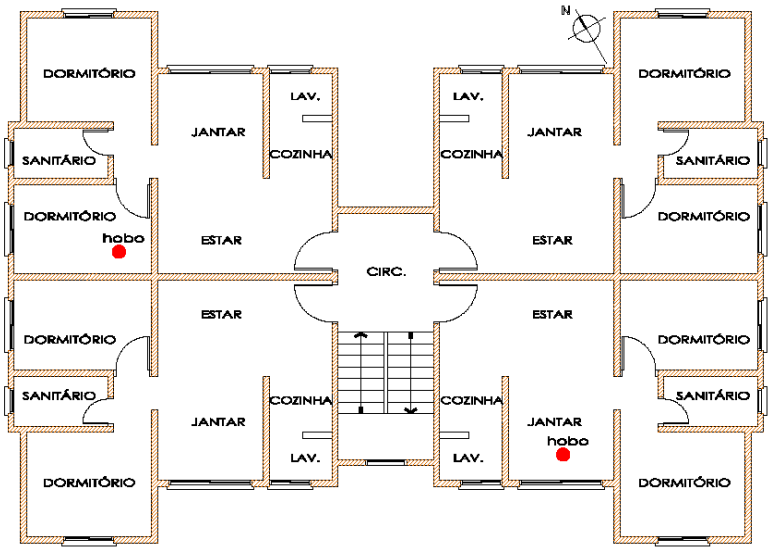


Figura 27 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

O gráfico de variação de temperatura do ar para o período de verão, apresentado na figura 28, demonstra que não há uma variação significativa entre as temperaturas registradas no pavimento térreo e no último pavimento.

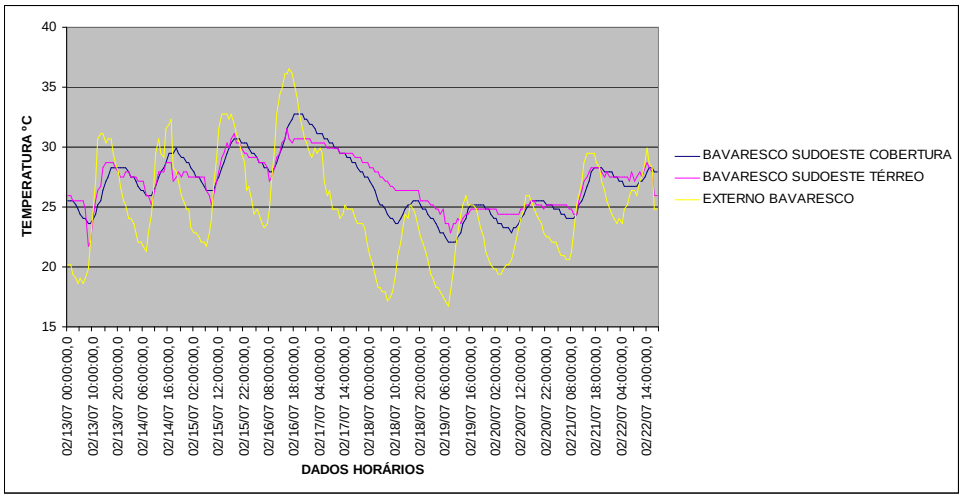


Figura 28 - Variação de temperatura do ar para o período de verão no PAR Luis Bavaresco.

Esse comportamento foi uma exceção dentre todos os edifícios analisados e se justifica devido a uma particularidade deste conjunto. Os estacionamentos de veículos ocupam uma área considerável dentro do PAR Luis Bavaresco e estão voltados para a orientação sudoeste, uma das orientações escolhidas para o posicionamento dos aparelhos de medição de temperatura. Dessa forma, assim como os resultados obtidos no último pavimento sofreram influência da proximidade com a cobertura, acredita-se que no pavimento térreo a proximidade com esta área de estacionamento pavimentada e de cor escura também influenciou nos dados obtidos.

A temperatura externa mais elevada registrada no período foi de 36,57°C no dia 16/02/2007, enquanto a mais baixa foi de 16,76°C, uma amplitude de 19,81°C.

Analisando os dados da tabela 11, percebe-se que as temperaturas máximas das medições internas se aproximam muito daquela registrada nas medições externas. O mesmo não ocorre com as temperaturas mínimas, enquanto a temperatura mínima registrada pelas medições externas foi de 16,76°C, as medições internas registraram temperaturas de 22,09°C e 21,71°C. Esse fato pode ser percebido na figura 28, no período final das medições onde as temperaturas externas sofreram uma queda brusca, mas as temperaturas internas resistiram a acompanhar essa redução.

Tabela 11 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no PAR Luis Bavaresco.

PAR Luis Bavaresco	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	16,76°C	19/02/2007	20,42°C	36,57°C	16/02/2007	29,92°C	19,81°C
Sudoeste Cobertura	22,09°C	19/02/2007	25,07°C	32,76°C	16/02/2007	28,81°C	10,67°C
Sudoeste Térreo	21,71°C	13/02/2007	25,10°C	31,52°C	16/02/2007	28,68°C	9,81°C

A partir do gráfico apresentado na figura 29 pode-se observar a variação das temperaturas internas em relação à temperatura externa no período de inverno. Através dos gráficos apresentados nas figuras 30 e 31 é possível observar mais claramente a diferença entre as temperaturas registradas no pavimento térreo e no pavimento de cobertura.

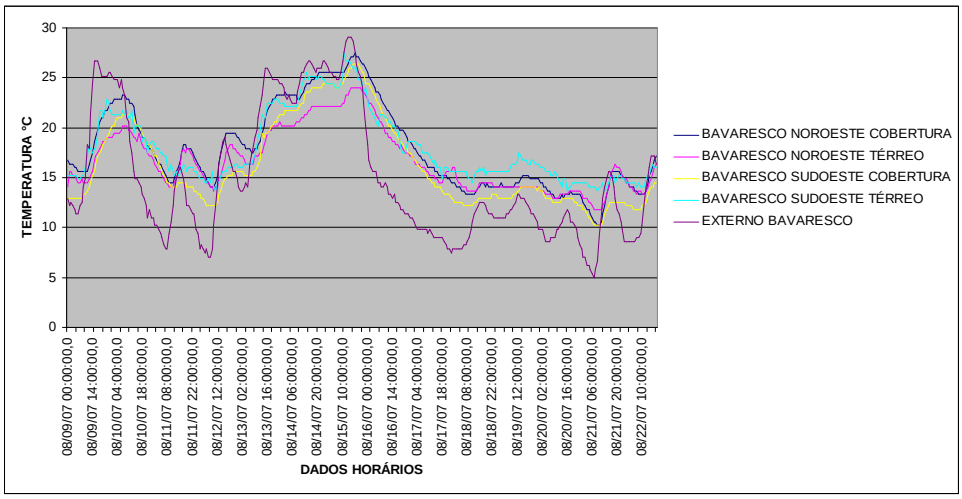


Figura 29 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco.

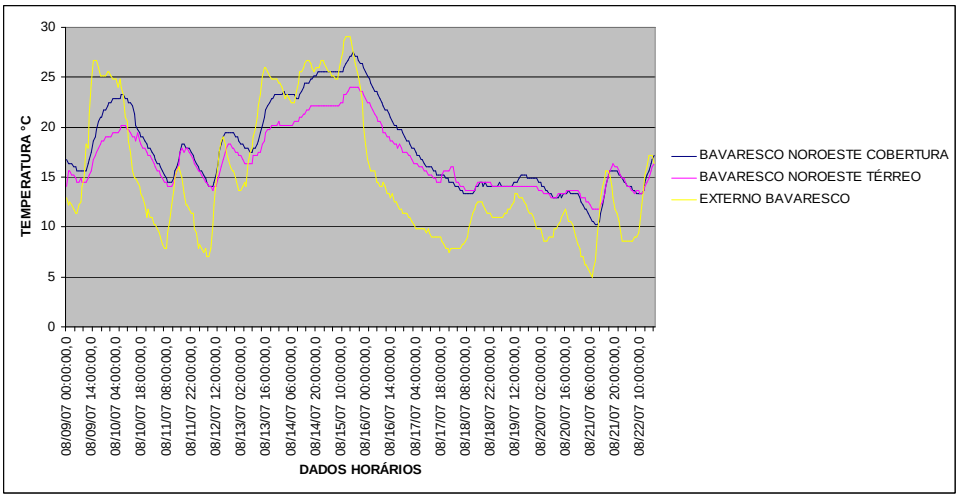


Figura 30 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação noroeste no PAR Luis Bavaresco.

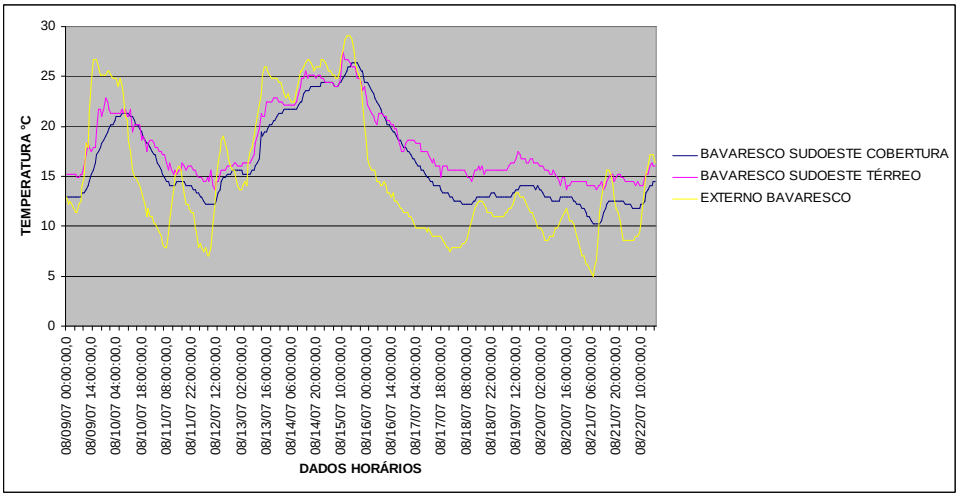


Figura 31 - Variação de temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudoeste no PAR Luis Bavaresco.

As medições externas do período de inverno no PAR Luis Bavaresco registraram temperaturas máximas de 29,1°C em 15/08/2007 e mínimas de 4,99°C em 21/08/2007, ou seja, uma amplitude térmica de 24,11°C no período.

A temperatura mais elevada nas medições internas foi de 27,52°c e foi registrada no último pavimento na orientação noroeste e no pavimento térreo na orientação sudoeste em 15/08/2007. Já a temperatura mais baixa foi de 10,21°C e foi registrada no dia 21/08/2007 no ultimo pavimento nas orientações noroeste e sudoeste.

As temperaturas internas mais elevadas para o período foram registradas na orientação noroeste no pavimento de cobertura e na orientação sudoeste no pavimento térreo. Novamente deve-se observar que a orientação sudoeste do térreo recebe forte insolação durante boa parte do período da tarde, além de estar voltada para uma área de estacionamentos toda pavimentada e na cor escura. A orientação noroeste do térreo, no entanto, está sempre sombreada devido à proximidade com outro prédio do conjunto, nesta medição foi registrada a temperatura mais baixa das máximas.

Na Tabela 12 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de inverno referentes às medições realizadas em apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

Tabela 12 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno em apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

PAR Luis Bavaresco	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	4,99°C	21/08/2007	10,91°C	29,1°C	15/08/2007	19,20°C	24,11°C
Noroeste Cobertura	10,21°C	21/08/2007	16,07°C	27,52°C	15/08/2007	20,06°C	17,31°C
Noroeste Térreo	11,77°C	21/08/2007	15,39°C	24,01°C	15/08/2007	18,50°C	12,24°C
Sudoeste Cobertura	10,21°C	21/08/2007	14,78°C	26,34°C	15/08/2007	18,31°C	16,13°C
Sudoeste Térreo	13,7°C	12/08/2007 20/08/2007 21/08/2007	16,21°C	27,52°C	15/08/2007	19,90°C	13,82°C

5.1.3 Conjunto Residencial Bourbon

O Conjunto Residencial Bourbon localiza-se em uma região da cidade com densidade mais elevada e caracteriza-se por blocos com formato alongado sobre

pilotis. A figura 32 traz a localização do Bloco B, onde se localizam os apartamentos que receberam os aparelhos para o monitoramento de temperatura interna. Na figura 33 é possível observar a localização dos aparelhos para o monitoramento de temperatura na planta baixa dos apartamentos do Bloco B.

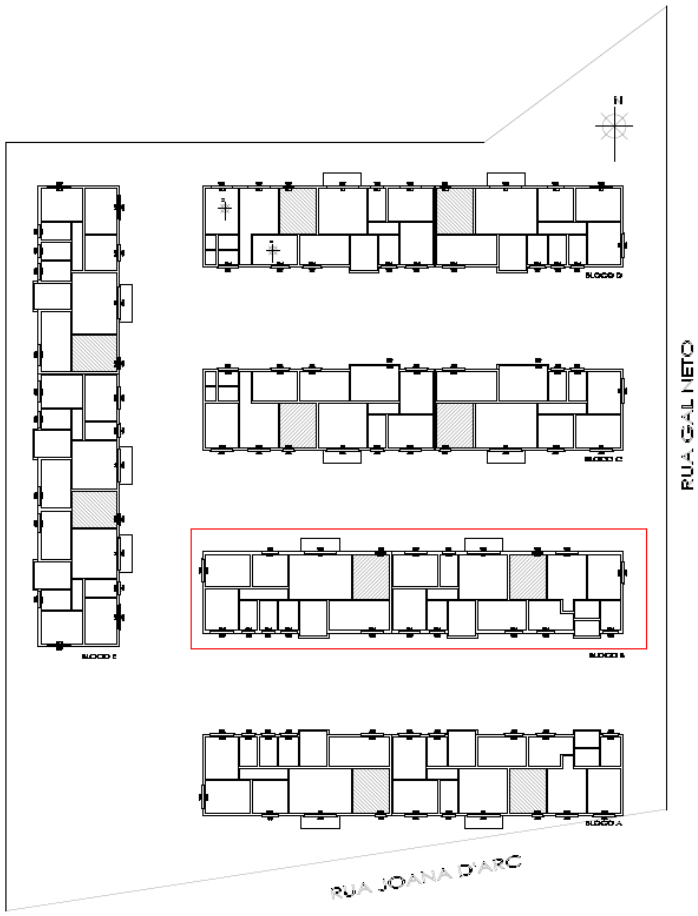


Figura 32 - Localização no Conjunto Residencial Bourbon dos apartamentos do Bloco B onde foram posicionados os hobos.

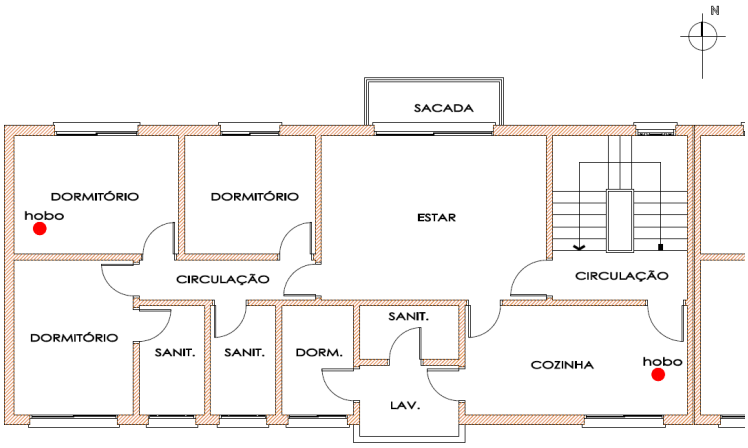


Figura 33 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

A seguir são apresentados os gráficos de variação de temperatura interna e externa para o período de verão. O gráfico da figura 34 apresenta todas as medições realizadas no Conjunto Residencial Bourbon. Os gráficos da figura 35 e 36 apresentam a variação da temperatura interna em relação à temperatura externa de uma mesma orientação, porém em andares diferentes. Deve-se observar que devido à presença de pilotis o segundo pavimento foi o escolhido para duas das medições internas e mantiveram-se as medições no pavimento de cobertura. Novamente se observa a forte influência que a proximidade com a cobertura causa na onda térmica de variação de temperatura, principalmente nos períodos com temperatura mais elevada.

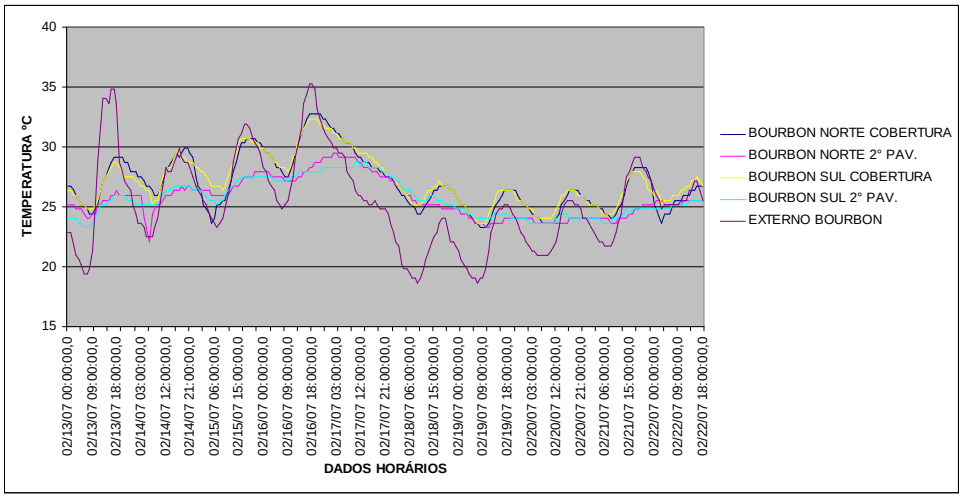


Figura 34 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon.

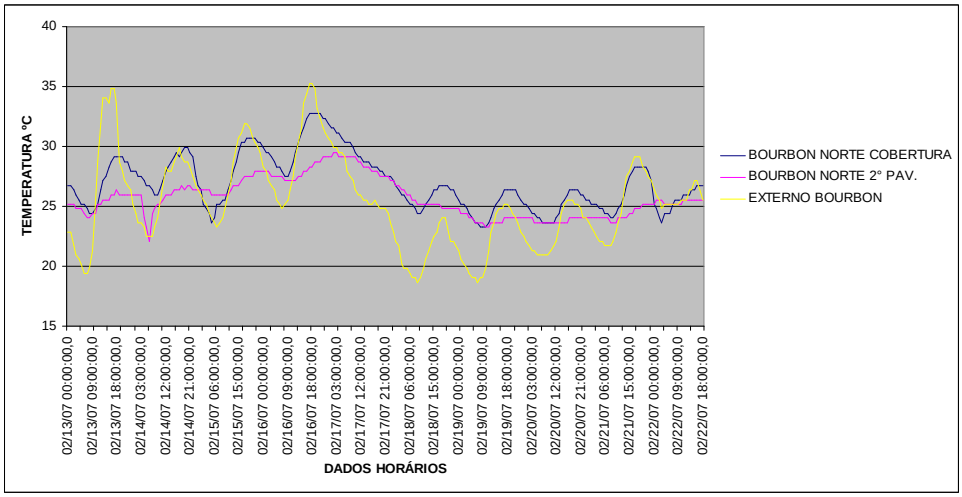


Figura 35 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação norte no Conjunto Residencial Bourbon.

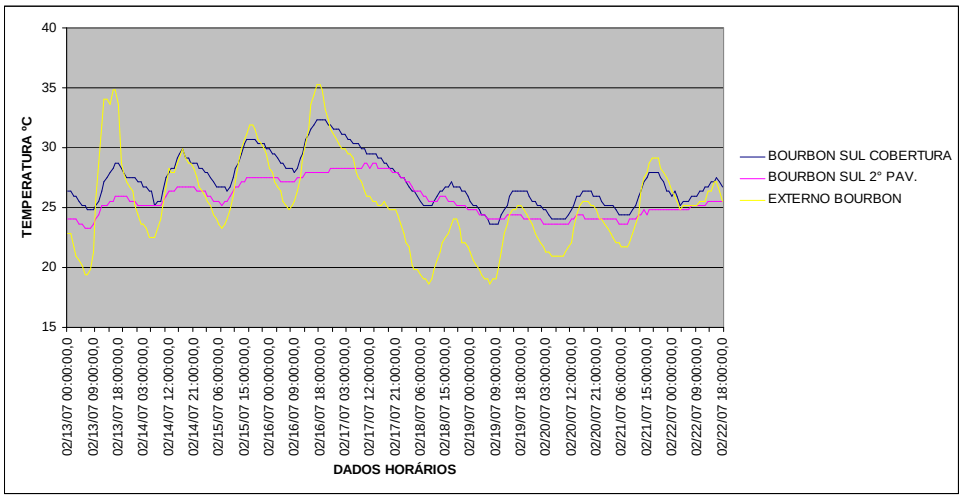


Figura 36 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação sul no Conjunto Residencial Bourbon.

Para o período de verão, a temperatura externa mais elevada registrada no período foi de 35,27°C e a mais baixa foi de 18,66°C, apresentando uma variação de 16,61°C, uma amplitude térmica mais baixa do que as apresentadas nas medições externas registradas nos Conjuntos Habitacionais PAR. É importante salientar que o Conjunto Residencial Bourbon localiza-se em uma área da cidade bastante densificada, com altos índices de ocupação, o mesmo não ocorre com as edificações do PAR.

A temperatura máxima atingida no interior da edificação foi de 32,76°C e foi registrada na orientação oeste no último pavimento no dia 16/02/2007. A temperatura mais baixa do período foi de 22,09°C e foi registrada pelo medidor posicionado na orientação oeste do 2° Pavimento no dia 14/02/2007.

Mais uma vez as temperaturas máximas foram registradas no último pavimento, independente da orientação solar. O Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon sofre influência de outros prédios do conjunto, dessa forma, as temperaturas registradas no 2° Pavimento sofreram a influência do sombreamento de suas fachadas. Outro fator a ser considerado é que por estar sobre pilotis o 2° pavimento sofre ainda mais os efeitos da ventilação cruzada.

Na Tabela 13 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de verão referentes às medições realizadas no Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

Tabela 13 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon.

Bourbon	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	18,66°C	18 e 19/07/2007	21,83°C	35,27°C	16/02/2007	29,36°C	16,61°C
Norte Cobertura	23,24°C	19/02/2007	24,79°C	32,76°C	16/02/2007	28,92°C	9,52°C
Norte Térreo	22,09°C	14/02/2007	24,68°C	29,5°C	17/02/2007	26,62°C	7,43°C
Sul Cobertura	23,63°C	19/02/2007	25,41°C	32,34°C	16/02/2007	28,88°C	8,71°C
Sul Térreo	23,24°C	13/02/2007	24,91°C	28,7°C	17/02/2007	26,43°C	5,46°C

Assim como para o período de verão, abaixo são apresentados os gráficos de variação de temperatura interna e temperatura externa para o período de inverno. A figura 37 traz os dados de todas as medições realizadas no Conjunto Residencial Bourbon. Observa-se que no período de inverno, o comportamento da onda térmica do pavimento de cobertura e do segundo pavimento são muito semelhantes. Deve-se salientar que os edifícios do Conjunto Residencial Bourbon são os que proporcionam de maneira mais facilitada a ocorrência de ventilação cruzada, tanto pela disposição dos apartamentos em planta quanto pela presença de pilotis. Os gráficos das figuras 39 e 40 se referem às mesmas orientações e buscam salientar a diferença de comportamento das temperaturas medidas internamente no 2° pavimento e no pavimento de cobertura.

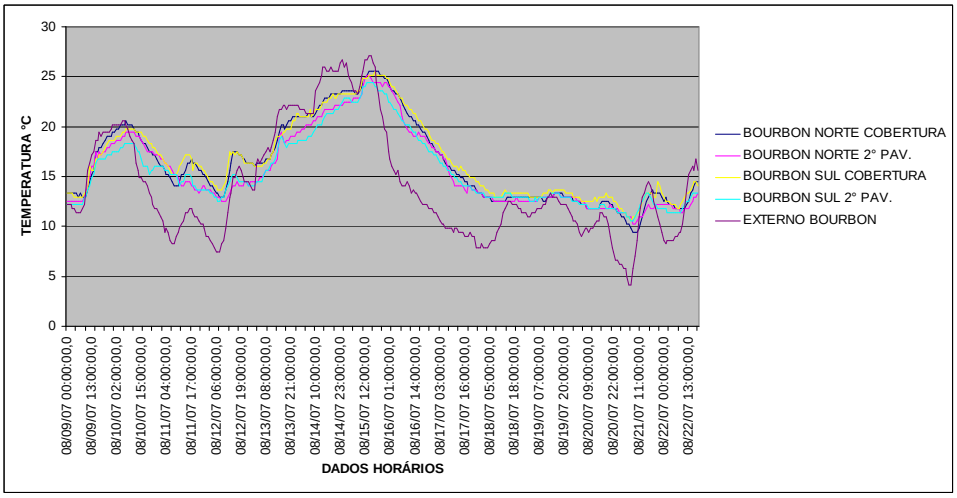


Figura 37 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon.

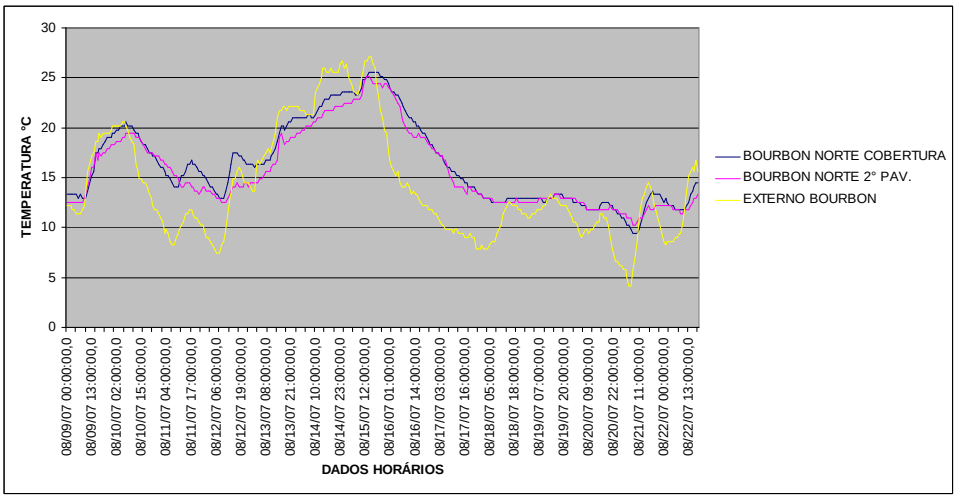


Figura 38 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação norte no Conjunto Residencial Bourbon.

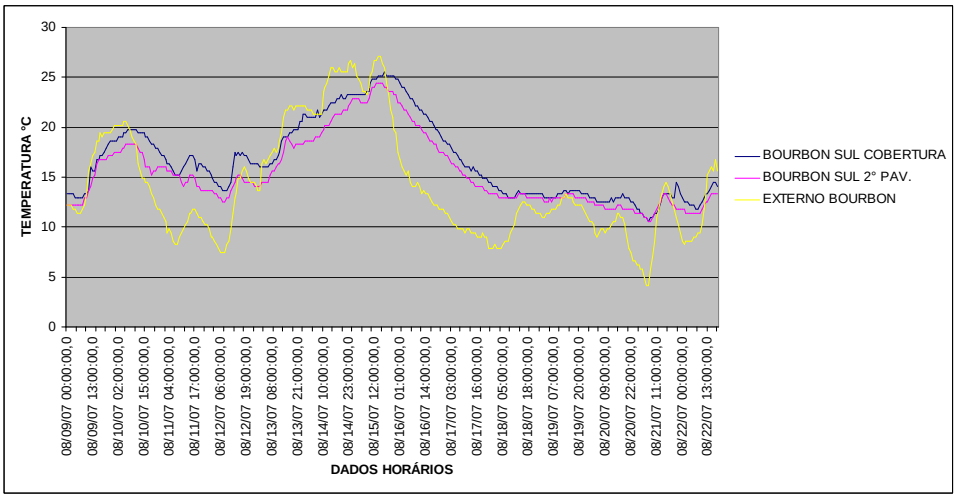


Figura 39 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sul no Conjunto Residencial Bourbon.

Para o período de inverno as medições externas registraram temperaturas mínimas de 4,15°C e máximas de 27,12°C, nos dias 21/08/2007 e 15/08/2007, respectivamente, uma amplitude de 22,97°C no período.

Nas medições internas, a temperatura mais baixa foi de 9,42°C e foi registrada na orientação norte no pavimento de cobertura no dia 21/08/2007. A temperatura mais alta foi de 25,56°C e foi registrada no pavimento de cobertura nas orientações norte e sul, no dia 15/08/2007.

Na Tabela 14 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de inverno referentes às medições realizadas no Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

Tabela 14 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon.

Bourbon	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	4,15°C	21/08/07	10,76°C	27,12°C	15/08/07	17,67°C	22,97°C
Norte Cobertura	9,42°C	21/08/07	14,47°C	25,56°C	15/08/07	14,75°C	16,14°C
Norte Térreo	10,21°C	21/08/07	13,32°C	25,17°C	15/08/07	14,37°C	14,96°C
Sul Cobertura	10,60°C	21/08/07	14,47°C	25,56°C	15/08/07	15,25°C	14,96°C
Sul Térreo	10,60°C	21/08/07	13,32°C	24,40°C	15/08/07	14,18°C	13,80°C

5.1.4 Conjunto Residencial Acampamento

O Conjunto Residencial caracteriza-se por prédios com formato alongado com 4 pavimentos e implantados espaçadamente entre si. A figura 40 demonstra a localização do Bloco N dentro do conjunto. A figura 41 traz a planta baixa de um dos apartamentos do Bloco N e a localização dos aparelhos utilizados no monitoramento das temperaturas internas.

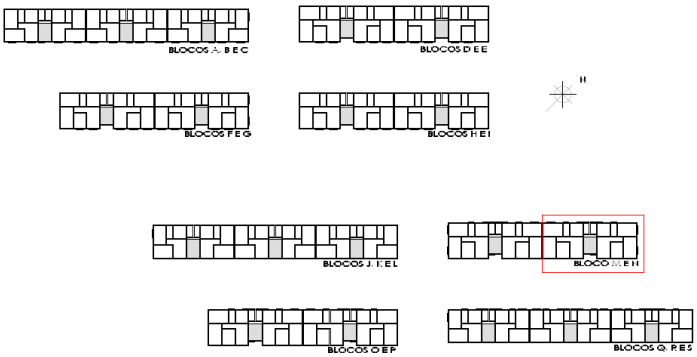


Figura 40 - Localização do Bloco N dentro do Conjunto Residencial Acampamento.

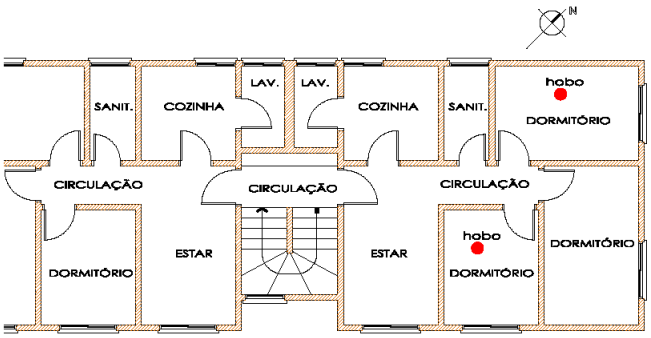


Figura 41 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco N do Conjunto Residencial Acampamento.

A figura 42 traz o gráfico de variação de temperatura interna em relação à temperatura externa. A exemplo do procedimento adotado na análise dos dados de outros conjuntos, os gráficos da figura 43 e 44 foram gerados para melhor observar a variação da temperatura interna em diferentes pavimentos.

A temperatura externa mais elevada registrada no período foi de 39,67°C e a mais baixa foi de 16,76°C, apresentando uma amplitude térmica bastante alta de 22,91°C, sendo a mais elevada de todas as medições externas realizadas. A temperatura máxima atingida no interior da edificação foi de 31,93°C e foi registrada na orientação nordeste no último pavimento no dia 16/02/2007. As duas temperaturas mais baixas do período foram de 22,48°C e de 22,86°C e também foram registradas pelo medidor posicionado na orientação nordeste do pavimento de cobertura nos dia 19/02/2007 e 20/02/2007 respectivamente.

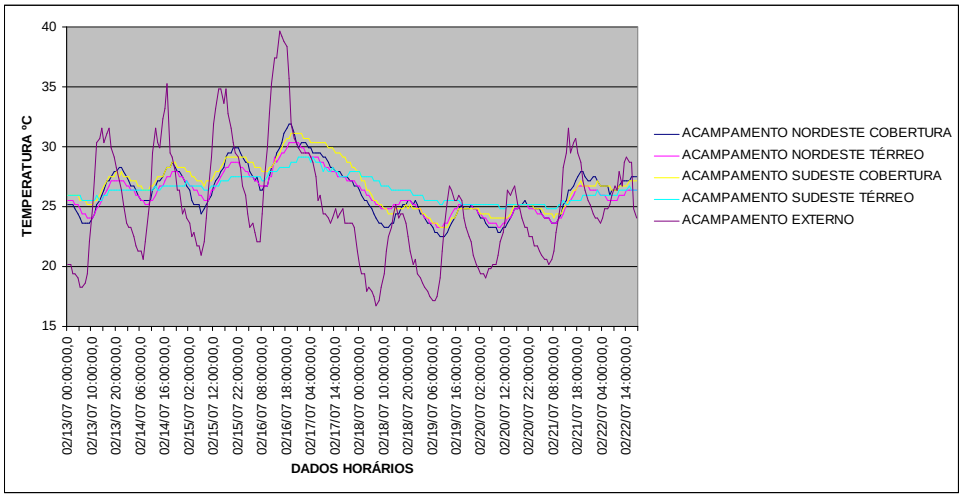


Figura 42 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

Novamente, se verificou a influência da cobertura na variação das temperaturas internas, porém se observou que esta variação se apresentou menos intensa no período de verão do que nos edifícios analisados anteriormente. É importante salientar que a capacidade térmica do Conjunto Habitacional Acampamento se mostrou mais elevada que a dos conjuntos analisados até o momento.

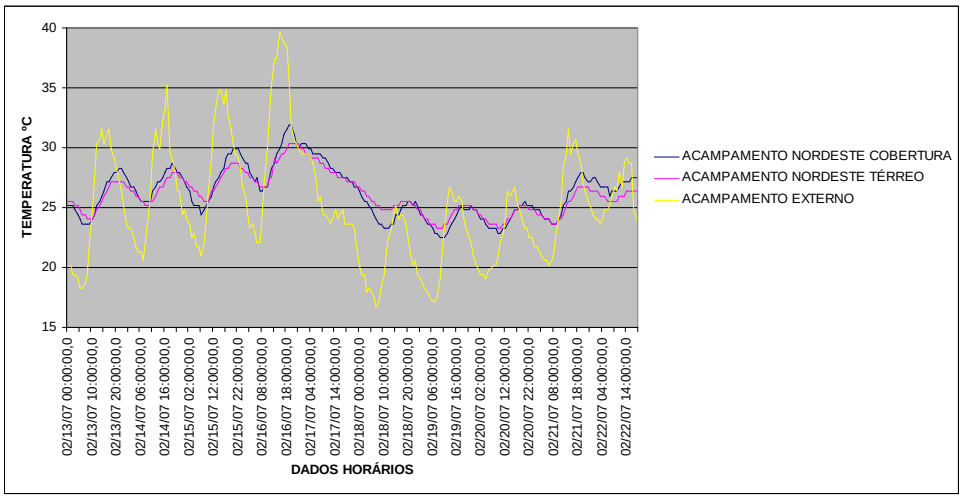


Figura 43 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação nordeste no Conjunto Habitacional Acampamento.

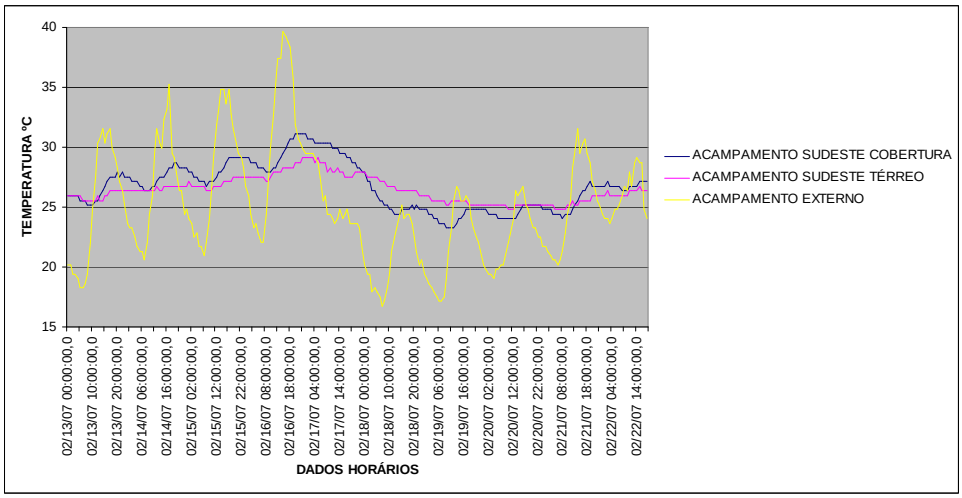


Figura 44 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação sudeste no Conjunto Habitacional Acampamento.

Na Tabela 15 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de verão referentes às medições realizadas no Bloco N do Conjunto Residencial Acampamento. Os dados apresentado na tabela ratificam o comportamento já demonstrado nos gráficos apresentados anteriormente. As temperaturas mais altas foram registradas no pavimento de cobertura, independente da orientação.

Tabela 15 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

Acampamento	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	16,76°C	18/02/2007	20,00°C	39,67°C	16/02/2007	31,01°C	22,91°C
Nordeste Cobertura	22,48°C	19/02/2007	24,48°C	31,93°C	16/02/2007	28,17°C	9,45°C
Nordeste Térreo	23,24°C	19/02/2007 20/02/2007	24,87°C	30,31°C	16/02/2007	27,41°C	7,07°C
Sudeste Cobertura	23,24°C	19/02/2207	25,61°C	31,12°C	16/02/2007 17/02/2007	28,01°C	7,88°C
Sudeste Térreo	24,79°C	20/02/2007 21/02/2007	25,95°C	29,1°C	16/02/2007 17/02/2007	27,05°C	4,31°C

A figura 45 apresenta o gráfico de temperaturas internas e de temperaturas externas registrados no período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento. A partir dos gráficos da figura 46 e 47 é possível fazer uma comparação mais detalhada das temperaturas registradas entre os diferentes pavimentos.

Na análise dos gráficos referentes às variações de temperaturas internas e externa é possível verificar que as temperaturas registradas nas diferentes orientações e diferentes pavimentos apresentaram uma diferença mais significativa do que às apresentadas no período de verão.

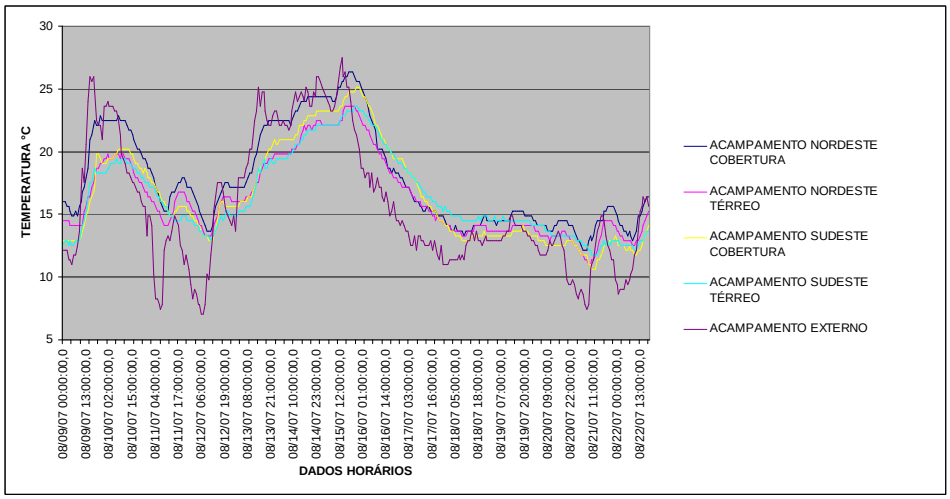


Figura 45 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno em apartamentos no Conjunto Residencial Acampamento.

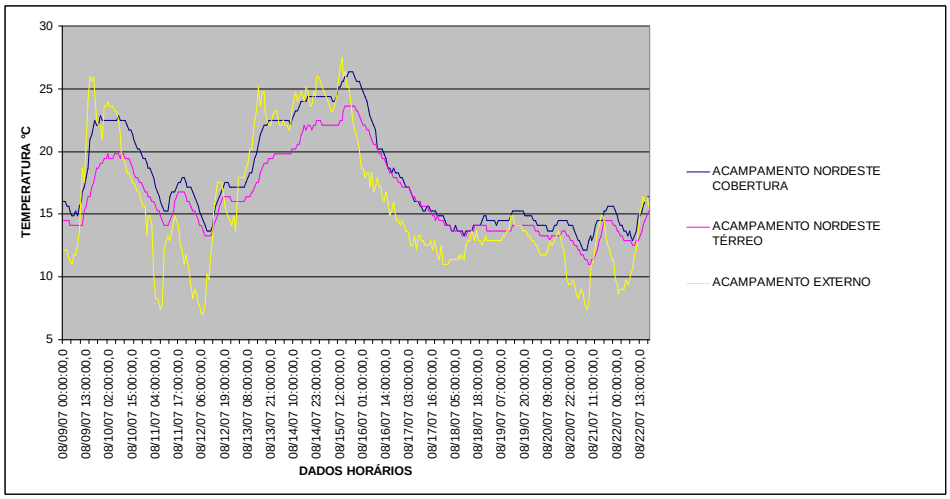


Figura 46 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação nordeste no Conjunto Habitacional Acampamento.

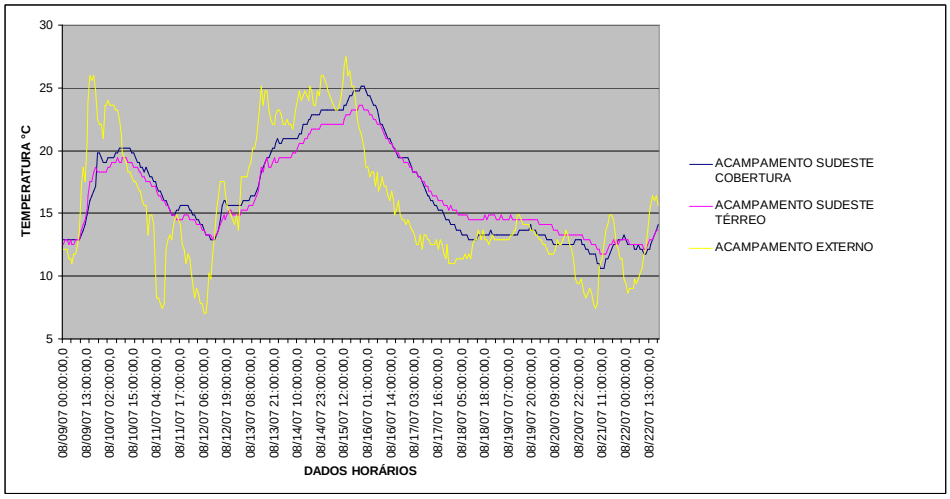


Figura 47 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudeste no Conjunto Habitacional Acampamento.

No período de inverno a temperatura mínima registrada nas medições externas foi de 7,43°C no dia 21/08/2007, enquanto a temperatura mais alta foi de 27,52°C no dia 15/08/2007, apresentando, dessa forma, uma amplitude térmica máxima de 20,09°C.

Nas medições internas, a temperatura mínima registrada foi de 10,60°C e ocorreu na orientação sudeste no último pavimento no dia 21/08/2207. A temperatura máxima registrada nas medições internas foi de 19,99°C, na orientação nordeste no último pavimento do edifício no dia 15/08/2007.

As maiores variações entre as temperaturas mínimas e máximas foram registradas no último pavimento, tanto na orientação nordeste quanto na orientação sudeste. Na orientação nordeste no último pavimento a amplitude térmica do período

foi de 14,18°C e na orientação sudeste do mesmo pavimento a amplitude térmica registrada foi de 14,57°C, salientando mais uma vez a influência da cobertura nos resultados.

Na Tabela 16 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de inverno referentes às medições realizadas no Bloco N do Conjunto Residencial Acampamento.

Tabela 16 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento.

Acampamento	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	7,43°C	21/08/2007	12,06°C	27,52°C	15/08/2007	19,50°C	20,09°C
Nordeste Cobertura	12,16°C	21/08/2007	16,05°C	26,34°C	15/08/2007	19,99°C	14,18°C
Nordeste Térreo	10,99°C	21/08/2007	15,06°C	23,63°C	15/08/2007	18,14°C	12,64°C
Sudeste Cobertura	10,6°C	21/08/2007	15,22°C	25,17°C	15/08/2007	18,67°C	14,57°C
Sudeste Térreo	11,77°C	21/08/2007	15,31°C	23,63°C	15/08/2007	18,07°C	11,86°C

5.1.5 Conjunto Habitacional João Paulo I

O Conjunto Habitacional João Paulo I caracteriza-se por prédios em formato alongado com 4 pavimentos, porém mais compacto que os blocos do conjunto analisado anteriormente. Os prédios do conjunto localizam-se bem próximos uns dos outros, como é possível observar na figura 48.

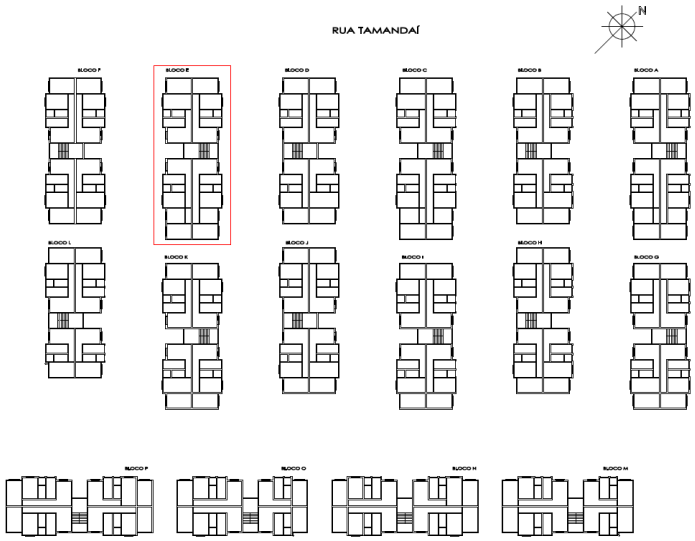


Figura 48 - Localização do Bloco E dentro do Conjunto Residencial João Paulo I.

A partir desta figura também é possível localizar o Bloco E onde se localizam os apartamentos que receberam os aparelhos para medição das temperaturas internas. Na figura 49 é possível observar a localização dos aparelhos dentro dos apartamentos do Bloco E.

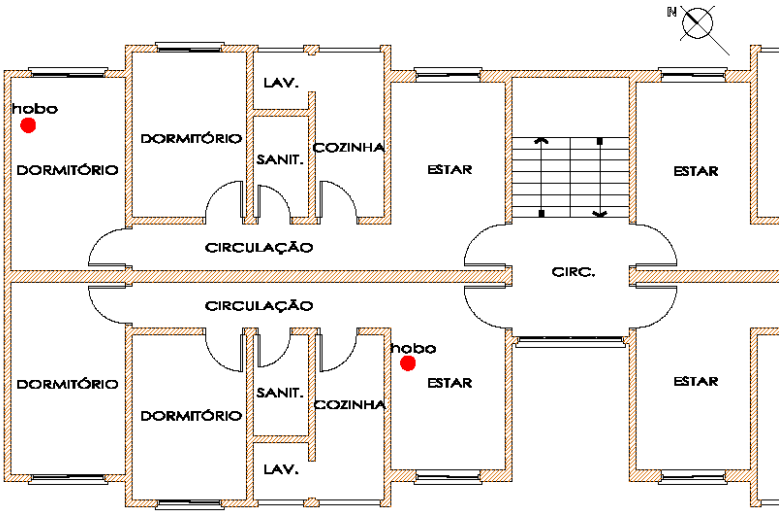


Figura 49 - Localização dos hobos na planta baixa dos apartamentos do Bloco E do Conjunto Residencial João Paulo I.

Abaixo estão as figuras 50 e 51 com os gráficos de variação de temperaturas internas e externa para o período de verão.

Nas medições externas para esse período, a temperatura mínima registrada foi 18,28°C no dia 19/02/2007, enquanto a máxima foi de 37,44°C no dia 16/02/2007, uma amplitude de 19,16°C.

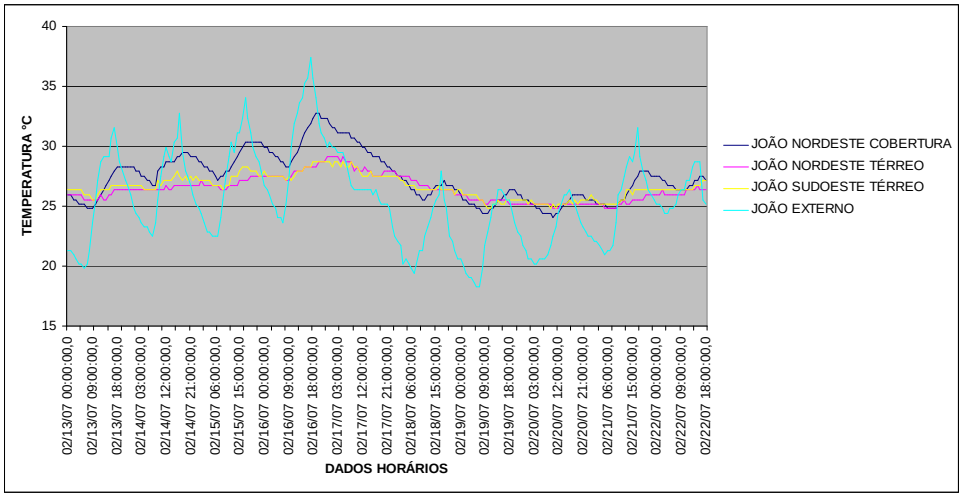


Figura 50 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

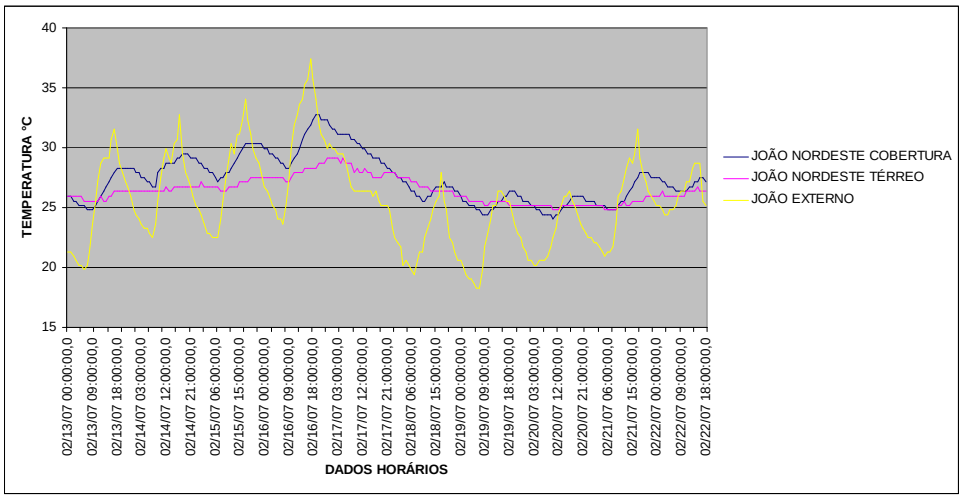


Figura 51 - Variação de Temperatura do ar para o período de verão na orientação nordeste no Conjunto Habitacional João Paulo I.

A temperatura mínima e máxima das medições internas foram registradas na orientação nordeste no último pavimento. A mínima foi de 24,01°C no dia 20/02/2007 e a máxima foi de 32,76°C no dia 16/02/2007. Porém, observa-se que a diferença entre as temperaturas registradas no pavimento de cobertura e no pavimento térreo é menor do que aquelas apresentadas nas edificações com baixa capacidade térmica. Considerando a variação entre a temperatura mínima e máxima registrada para as temperaturas externas, constatou-se uma variação pequena entre a temperatura mínima e máxima em todas as medições internas realizadas no Bloco E do Conjunto Habitacional João Paulo I. Sem dúvida, estes resultados estão ligados intimamente ao fato de que este conjunto apresentou os maiores valores de capacidade térmica, destacando sua cobertura que utiliza telhas de barro do tipo colonial.

Na Tabela 17 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de verão referentes às medições realizadas no Bloco E do Conjunto Habitacional João Paulo I.

Tabela 17 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

João Paulo I	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	18,28°C	19/02/2007	21,49°C	37,44°C	16/02/2007	30,69°C	19,16°C
Nordeste Cobertura	24,01°C	20/02/2007	26,00°C	32,76°C	16/02/2007	28,84°C	8,75°C
Nordeste Térreo	24,79°C	20/02/2007 21/02/2007	25,95°C	29,10°C	16/02/2007 17/02/2007	27,05°C	4,31°C
Sudoeste Térreo	24,79°C	19/02/2007 20/02/2007	25,99°C	28,70°C	16/02/2007 17/02/2007	27,32°C	3,91°C

O gráfico apresentado na figura 52 apresenta a variação das temperaturas internas e da temperatura externa no período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I. As figuras 53 e 54 apresentam separadamente os resultados obtidos nas medições internas em orientações afins, porém em pavimentos diferenciados, apresentando também a variação da temperatura externa.

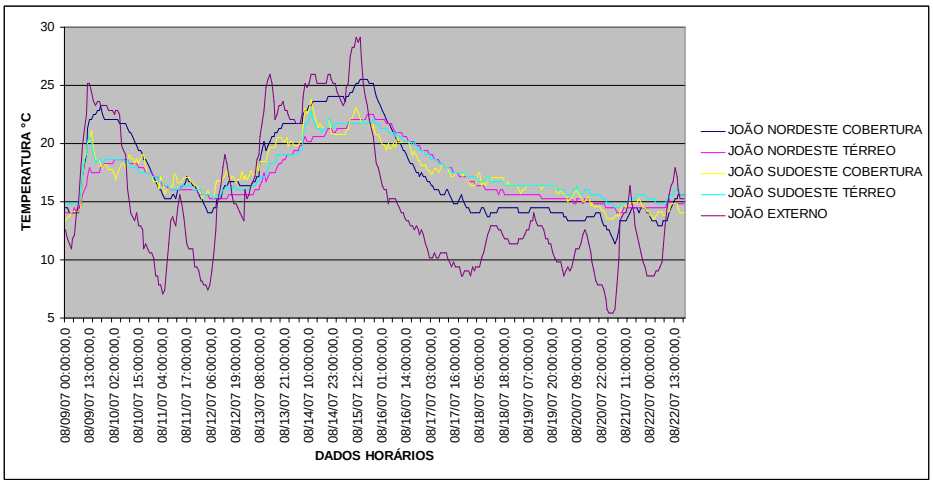


Figura 52 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

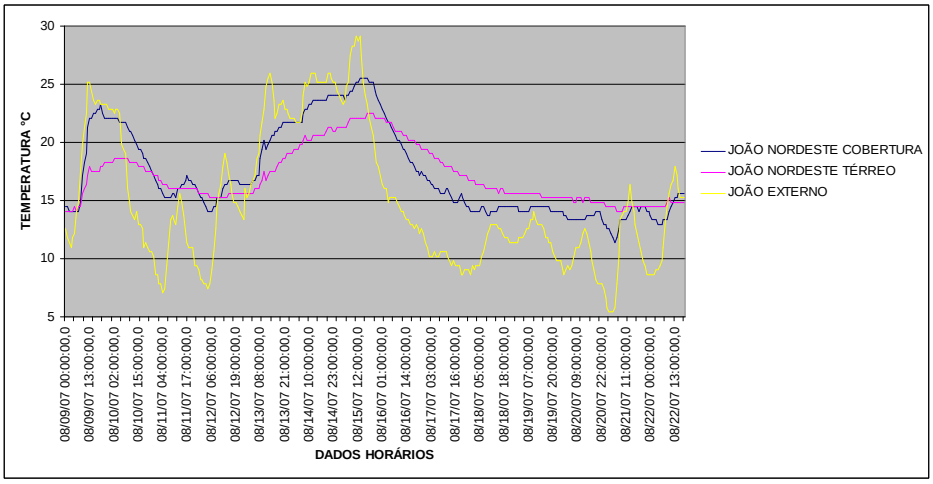


Figura 53 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação nordeste no Conjunto Habitacional João Paulo I.

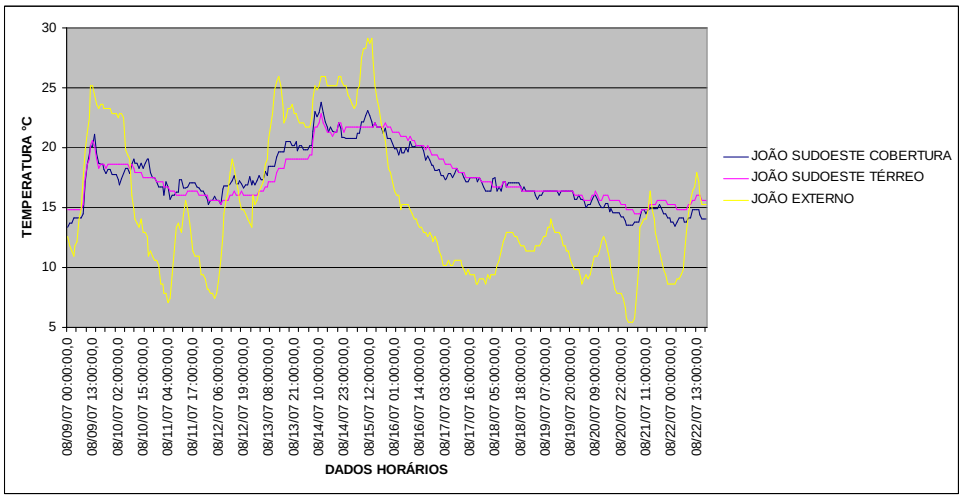


Figura 54 - Variação de Temperatura do ar para o período de inverno na orientação sudoeste no Conjunto Habitacional João Paulo I.

As medições externas registraram temperatura mínima de 5,4°C no dia 21/08/2007 e máxima de 35,95°C no dia 14/08/2007, uma variação de 20,55°C no período.

Nas medições internas a temperatura mínima registrada foi de 11,38°C na orientação nordeste do último pavimento no dia 21/08/2007. A temperatura máxima foi de 25,56°C e foi registrada no mesmo pavimento e mesma orientação no dia 15/08/2007. Sendo assim, a variação entre a temperatura máxima e mínima no período, nesse ponto de medição foi de 14,18°C, bastante superior àquelas registradas nos demais pavimentos e orientações.

Na Tabela 18 são apresentados os valores de temperatura mínimas e máximas registradas no período de inverno referentes às medições realizadas no Bloco E do Conjunto Habitacional João Paulo I.

Tabela 18 - Temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

João Paulo I	Temperatura mínima	Data	Média mín.	Temperatura máxima	Data	Média max.	Amplitude período
Externo	5,4°C	21/08/2007	10,80°C	25,95°C	14/08/2007	19,00°C	20,55°C
Nordeste Cobertura	11,38°C	21/08/2007	15,64°C	25,56°C	15/08/2007	18,86°C	14,18°C
Nordeste Térreo	14,09°C	09/08/2007 21/08/2007	16,30°C	22,48°C	15/08/2007	17,96°C	8,39°C
Sudoeste Cobertura	13,08°C	21/08/2007	16,24°C	22,69°C	14/08/2007	18,54°C	9,61°C
Sudoeste Térreo	14,47°C	21/08/2007	16,68°C	22,86°C	14/08/2007	18,47°C	8,39°C

5.2 AMPLITUDE TÉRMICA E AMORTECIMENTO

A expressão Amplitude Térmica designa a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registrada num determinado período de tempo. Um dos focos deste trabalho é avaliar a capacidade do edifício de minimizar as variações de temperatura externa. Buscando atingir esse objetivo fez-se a análise baseada no amortecimento das amplitudes de variações das temperaturas internas comparadas às temperaturas externas, tanto para o período de verão quanto para o período de inverno. A análise de amortecimento foi realizada em função da capacidade térmica. Os valores de capacidade térmica dos materiais utilizados nos cálculos foram extraídos da NBR 15220 de 2005.

5.2.1 PAR Noel Guarany

Analisando a figura 55, que apresenta o gráfico de distribuição diária das temperaturas mínimas e máximas para o período de verão em apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany, observa-se que as curvas das temperaturas internas acompanham o comportamento da curva de temperatura externa. Porém, no período em que as temperaturas externas mantiveram-se mais baixas, constatou-se que as temperaturas internas resistiram a acompanhar a redução registrada nas medições externas.

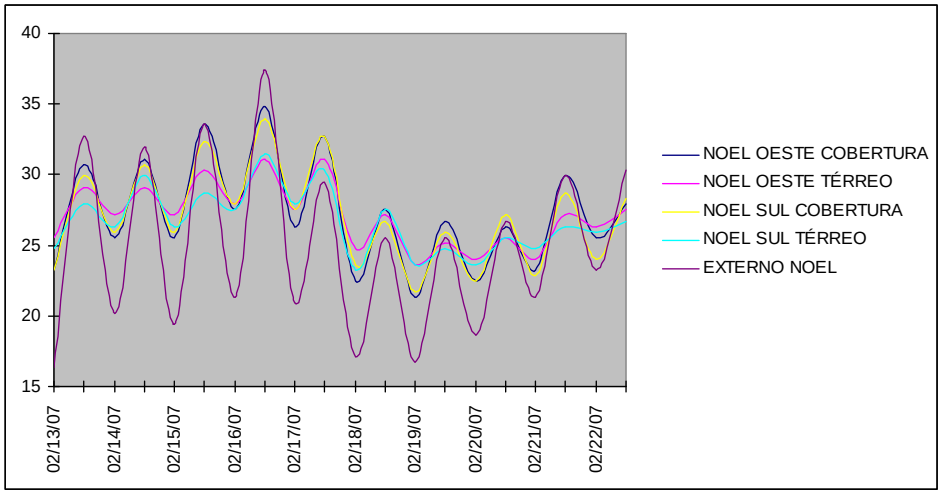


Figura 55 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão referente ao PAR Noel Guarany.

No período de verão isso traz um grande desconforto térmico, pois enquanto no exterior da edificação as temperaturas se apresentam mais baixas, no interior as temperaturas continuam se mantendo elevadas.

Na tabela 19 observa-se que o amortecimento da onda térmica é muito mais elevado nos pavimentos térreos, independente da orientação, demonstrando que a proximidade com a cobertura influenciou fortemente nos resultados relacionados ao amortecimento da onda térmica. Enquanto o amortecimento médio diário foi de 77% no pavimento térreo, independente da orientação solar, o amortecimento máximo atingido no pavimento de cobertura foi de 52%.

Tabela 19- Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no PAR Noel Guarany.

VERÃO				
PAR Noel Guarany	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	10,79°C	21,06°C		
Oeste Cobertura	5,81°C	13,52°C	46%	36%
Oeste Térreo	2,52°C	7,49°C	77%	64%
Sul Cobertura	5,13°C	12,30°C	52%	42%
Sul Térreo	2,51°C	8,28°C	77%	61%
Média	**3,99°C**	**10,40°C**	**63%**	**51%**

O gráfico da figura 56 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 57 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período.

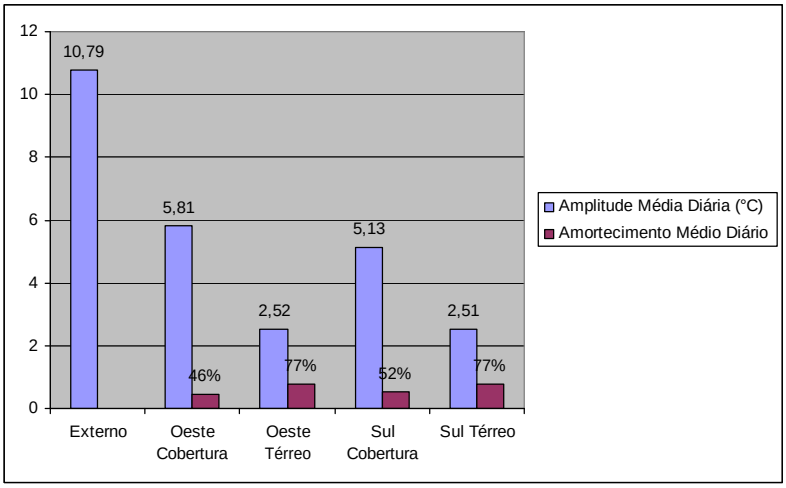


Figura 56 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no PAR Noel Guarany.

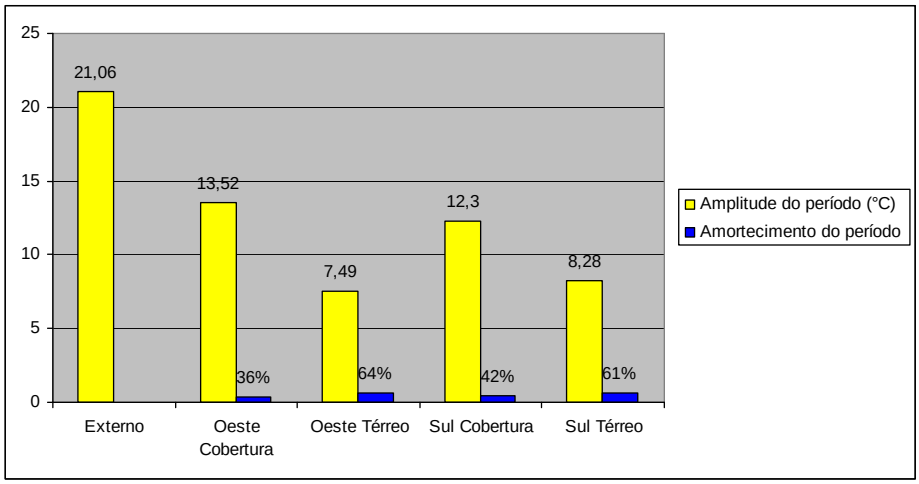


Figura 57 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no PAR Noel Guarany.

Analisando a figura 58, que apresenta o gráfico das temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno em apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany, observa-se um comportamento semelhante ao gráfico referente aos dados de verão. Não ocorre um atraso térmico significativo em relação à variação da temperatura externa. Outro comportamento semelhante é percebido no final do período de medição, onde as temperaturas externas tiveram uma queda significativa, porém as temperaturas internas resistiram em acompanhar esta redução.

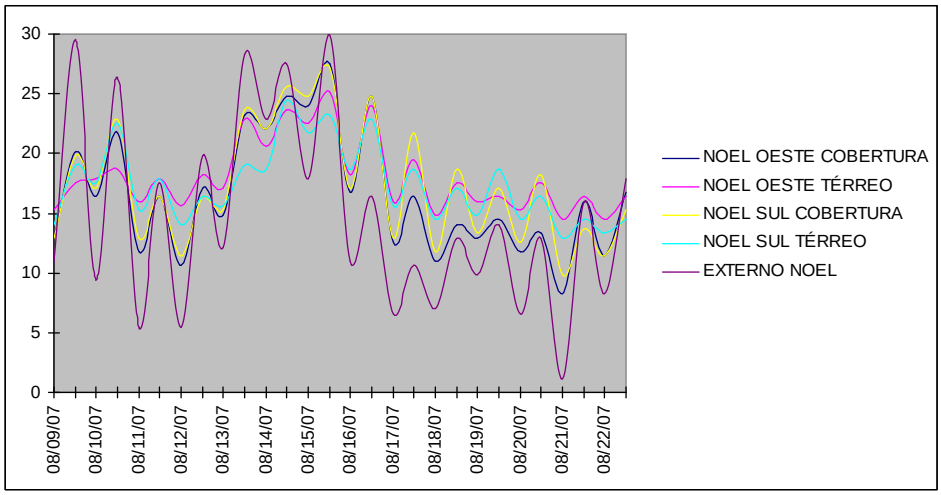


Figura 58 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Par Noel Guarany.

Novamente a proximidade com a cobertura foi decisiva nos resultados de amortecimento da onda térmica. Na tabela 20 observa-se que o amortecimento da

onda térmica continua sendo muito mais elevado nos pavimentos térreos, independente da orientação.

Tabela 20 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no PAR Noel Guarany.

INVERNO				
PAR Noel Guarany	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	10,37°C	28,73°C		
Oeste Cobertura	4,97°C	19,29°C	52%	33%
Oeste Térreo	2,67°C	10,70°C	74%	63%
Sul Cobertura	5,42°C	17,30°C	48%	40%
Sul Térreo	3,13°C	10,31°C	70%	64%
Média	**4,05°C**	**14,40°C**	**61%**	**50%**

O gráfico da figura 59 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 60 relaciona a amplitude do período de inverno com o amortecimento previsto para o mesmo período.

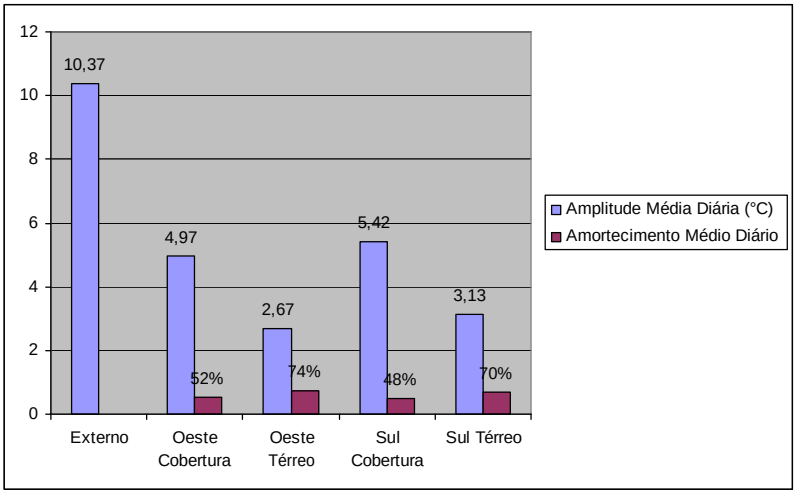


Figura 59 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno em apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany.

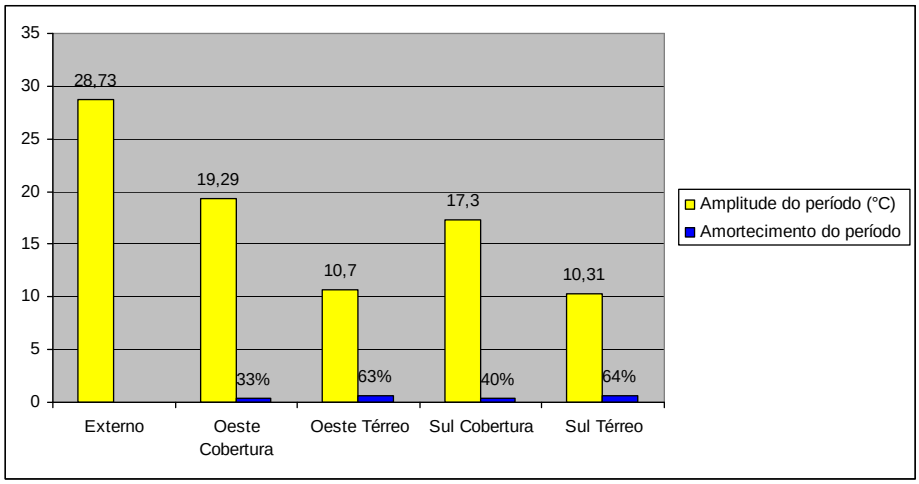


Figura 60 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão em apartamentos do Bloco C do PAR Noel Guarany.

5.2.2 PAR Luis Bavaresco

No gráfico de temperaturas mínimas e máximas apresentados no período de verão na figura 61 percebe-se que não ocorre um atraso térmico significativo na variação das temperaturas internas quando relacionadas à variação da temperatura externa.

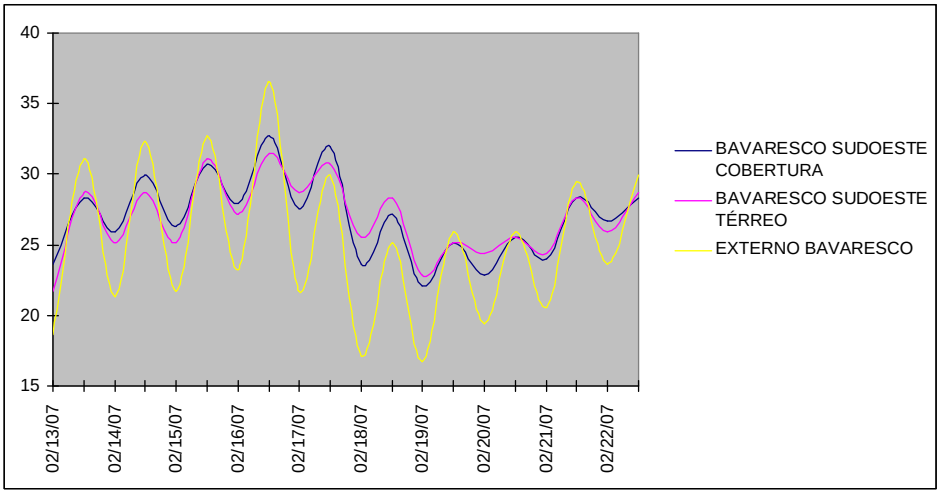


Figura 61 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão referente aos apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

Observa-se que o comportamento da onda térmica no pavimento de cobertura e no pavimento térreo são bastante semelhantes e, em alguns momentos, até mesmo coincidentes.

Analisando os dados para o período de verão apresentados na tabela 21 observa-se que a amplitude térmica e o amortecimento da onda térmica, tanto diário como para todo o período são muito semelhantes nas medições obtidas no pavimento térreo e no último pavimento. Este comportamento foi observado apenas no PAR Luis Bavaresco, nos demais Conjuntos Habitacionais os resultados obtidos no térreo e no último pavimento apresentaram uma diferença considerável, principalmente no período de verão. Deve-se ressaltar mais uma vez o efeito exercido pela grande superfície pavimentada do estacionamento que interferiu nos resultados da orientação sudoeste no térreo.

Tabela 21 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no PAR Luis Bavaresco.

VERÃO				
PAR Luis Bavaresco	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	9,50°C	19,81°C		
Sudoeste Cobertura	3,74°C	10,67°C	61%	46%
Sudoeste Térreo	3,58°C	9,81°C	62%	50%
Média	**3,66°C**	**10,24°C**	**61%**	**48%**

O gráfico de temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco, na figura 62, demonstra que não existe um atraso térmico significativo nas temperaturas internas em relação à temperatura externa. Percebe-se que as temperaturas internas resistem a baixar na mesma proporção da redução da temperatura externas, este fato pode ser percebido no final do período de medição.

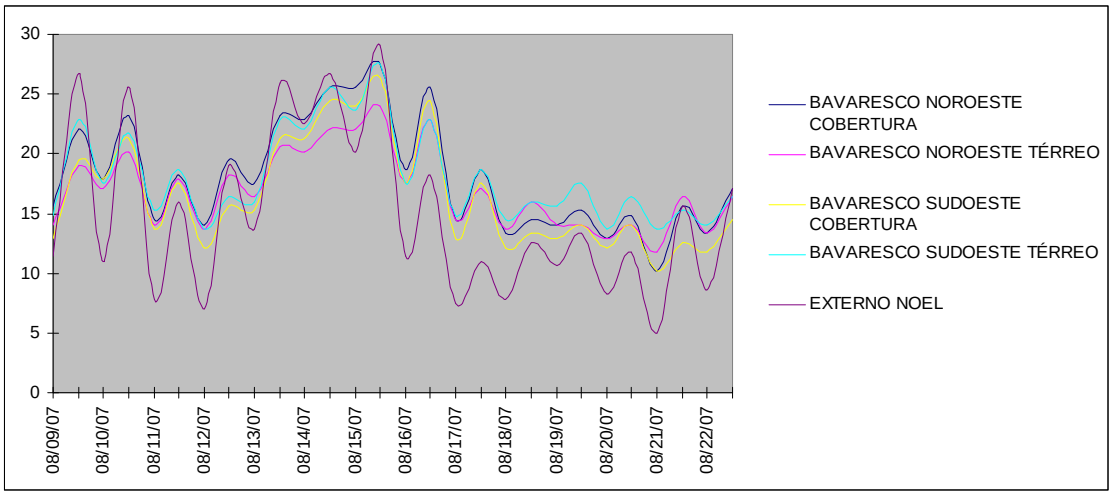


Figura 62 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno referente aos apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

O gráfico da figura 63 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 64 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período.

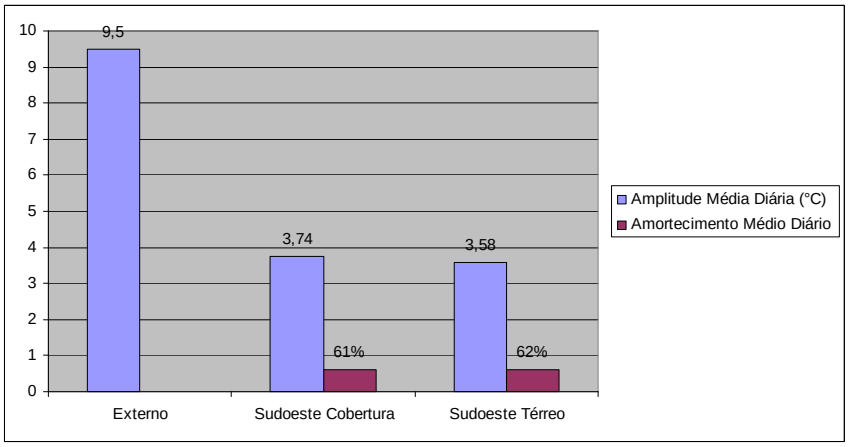


Figura 63 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão em apartamentos do Bloco E do Par Luis Bavaresco.

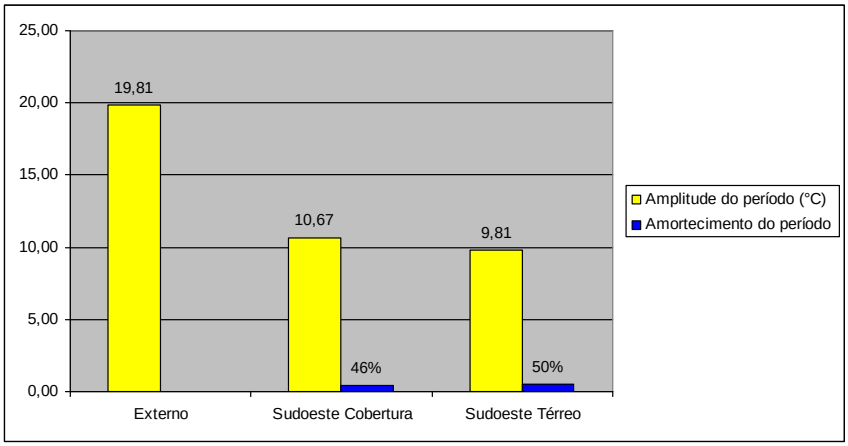


Figura 64 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão em apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

Na tabela 22, percebe-se que o amortecimento médio diário da onda térmica não se diferencia muito nos diferentes pavimentos e orientações. Nos demais edifícios analisados, foram obtidos resultados superiores no amortecimento térmico nas medições realizadas no térreo, fato que não se confirmou na análise do PAR Luis Bavaresco. É importante ressaltar que o entorno deste prédio possui grandes áreas calçadas e de estacionamento com cor escura, o que aumenta a absorção solar.

Tabela 22 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no PAR Luis Bavaresco.

INVERNO				
Par Luis Bavaresco	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	8,29°C	24,11°C		
Noroeste Cobertura	3,99°C	17,31°C	52%	28%
Noroeste Térreo	3,11°C	12,24°C	62%	49%
Sudoeste Cobertura	3,53°C	16,13°C	57%	33%
Sudoeste Térreo	3,69°C	13,82°C	56%	43%
Média	**3,58°C**	**14,88°C**	**57%**	**38%**

O gráfico da figura 65 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 66 relaciona a amplitude do período de inverno com o amortecimento previsto para o mesmo período.

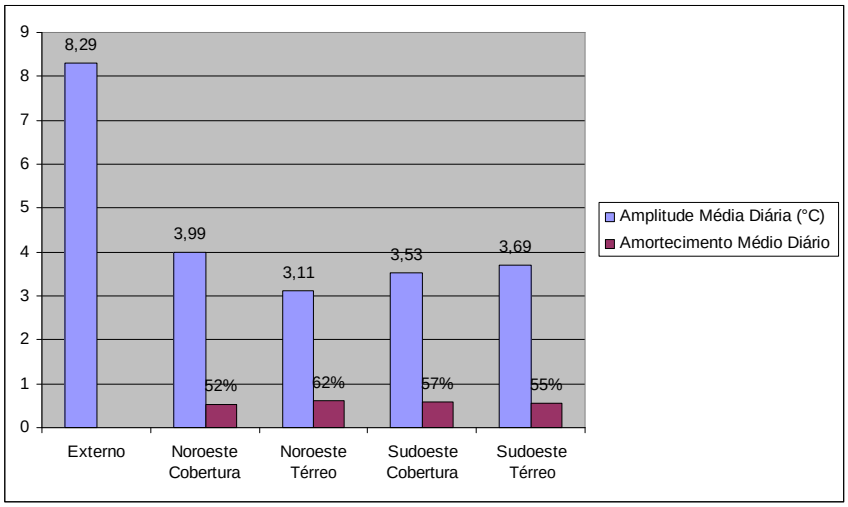


Figura 65 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno em apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

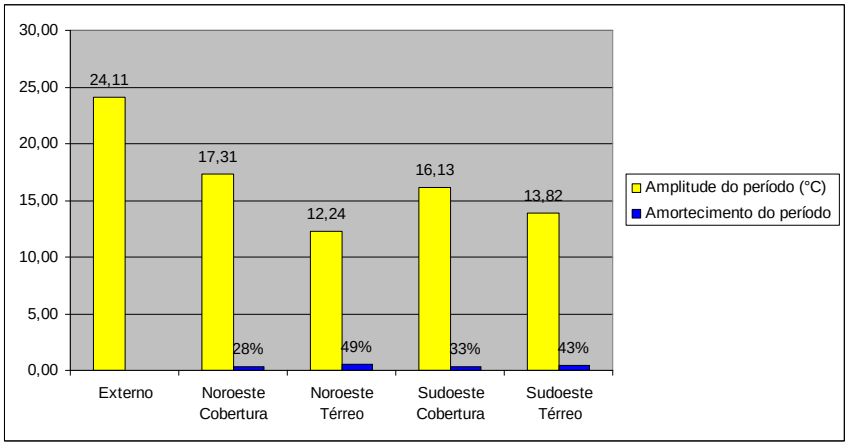


Figura 66 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno em apartamentos do Bloco E do PAR Luis Bavaresco.

5.2.3. Conjunto Residencial Bourbon

A partir da análise da figura 67 que traz o gráfico de temperaturas mínimas e máximas do período de verão, observa-se um comportamento bastante diferenciado das temperaturas internas dos apartamentos localizados no 2° pavimento do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon em relação aos apartamentos do último pavimento. Nas medições realizadas no último pavimento não se percebe um atraso térmico significativo em relação às temperaturas que foram registradas externamente. Observa-se que as ondas térmicas referentes às medições no 2° pavimento se distanciam em boa parte do período daquelas referentes às medições do último pavimento.

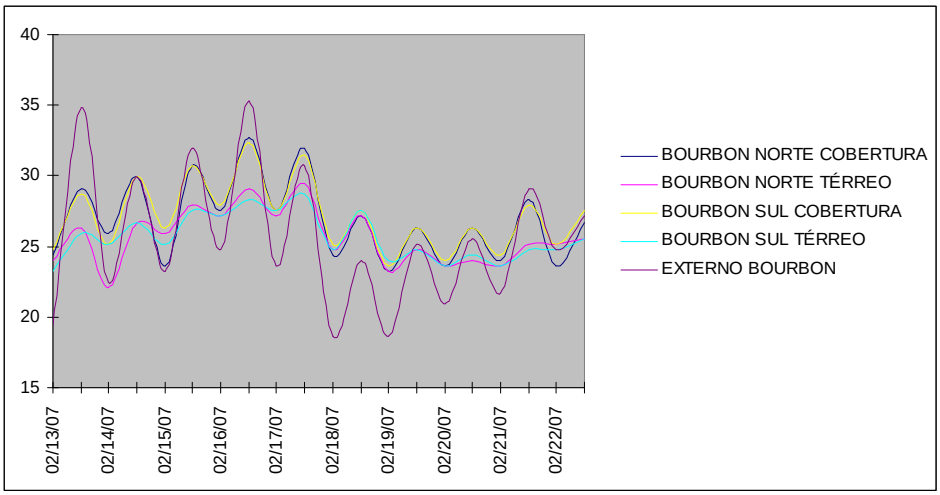


Figura 67 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão referente aos apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

Os resultados referentes ao amortecimento da onda térmica, também se mostraram mais satisfatórios nos apartamentos localizados no 2° pavimento independente da orientação solar. Na orientação norte do 2° pavimento o amortecimento médio diário foi de 74% e na orientação sul do mesmo pavimento foi de 80%. Na tabela 23 é possível observar os resultados referentes a amplitude térmica e amortecimento da onda térmica.

Tabela 23 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Residencial Bourbon.

VERÃO				
Conjunto Residencial Bourbon	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	7,53°C	16,61°C		
Norte Cobertura	4,13°C	9,52°C	45%	43%
Norte Térreo	1,95°C	7,43°C	74%	55%
Sul Cobertura	3,47°C	8,71°C	54%	48%
Sul Térreo	1,52°C	5,46°C	80%	67%
Média	**2,77°C**	**7,78°C**	**63%**	**53%**

O gráfico da figura 68 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 69 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período.

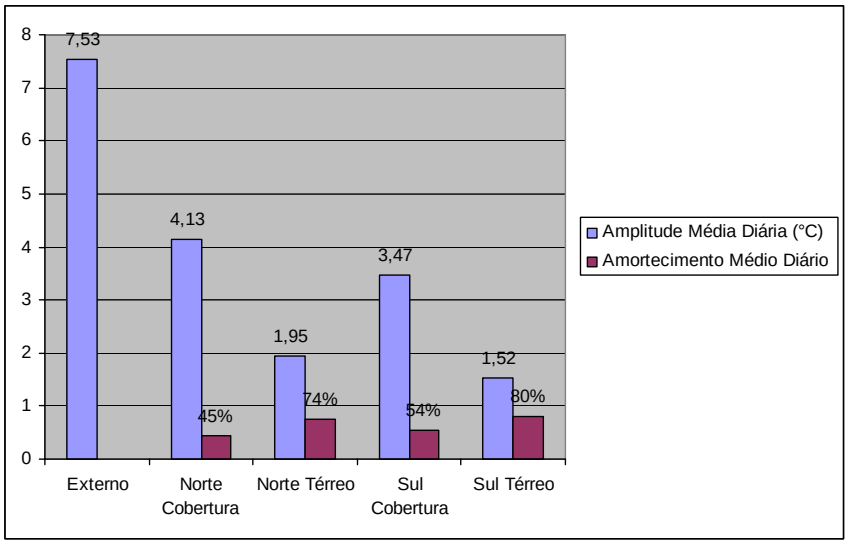


Figura 68 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão em apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

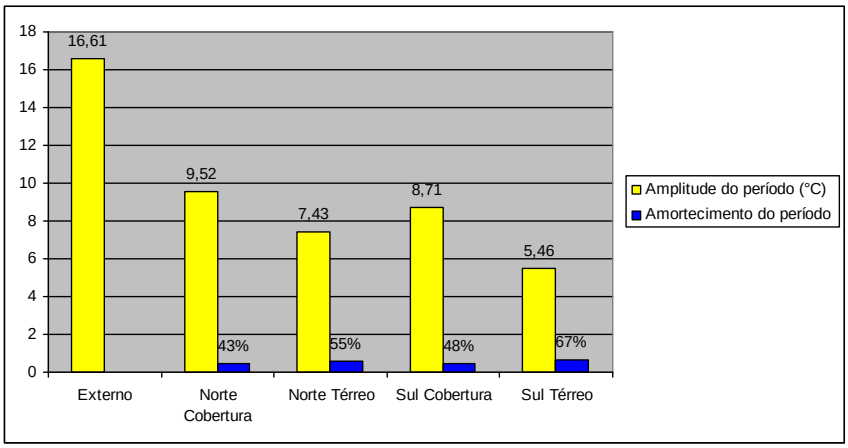


Figura 69 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão em apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

Na figura 70, que traz o gráfico de temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno, observa-se um comportamento muito semelhante nas ondas térmicas de todas as medições, ocorrendo, muitas vezes, uma sobreposição. Em todas as medições não se observa um atraso térmico significativo em relação às temperaturas externas. No final do período de medições, onde se constata uma queda nas temperaturas externas, percebe-se que as temperaturas internas resistem em acompanhar essa redução.

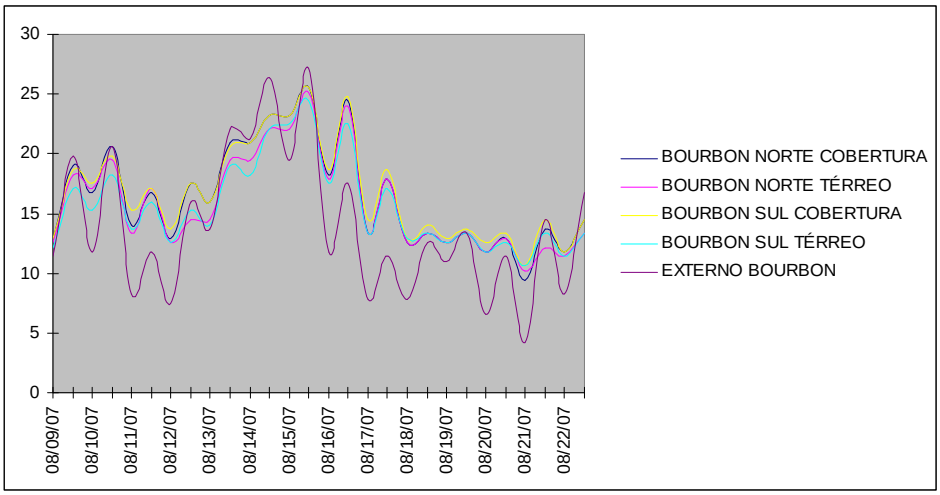


Figura 70 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno referente aos apartamentos do Bloco B do Conjunto Residencial Bourbon.

Os resultados referentes ao amortecimento da onda térmica, a exemplo do que ocorreu no período de verão, se mostraram mais satisfatórios nos apartamentos localizados no 2° pavimento independente da orientação solar. Na tabela 24 é possível observar os resultados referentes a amplitude térmica e amortecimento da onda térmica.

Tabela 24 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon.

INVERNO				
Conjunto Residencial Bourbon	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	6,46°C	22,97°C		
Norte Cobertura	3,37°C	16,14°C	48%	30%
Norte Térreo	2,98°C	14,96°C	54%	35%
Sul Cobertura	3,04°C	14,96°C	53%	35%
Sul Térreo	2,79°C	13,80°C	57%	40%
Média	**3,05°C**	**14,97°C**	**53%**	**35%**

A partir das figuras abaixo é possível visualizar nos gráficos os resultados apresentados nas tabelas, relacionando a amplitude com o amortecimento. O gráfico da figura 71 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 72 relaciona a amplitude do período de inverno com o amortecimento previsto para o mesmo período.

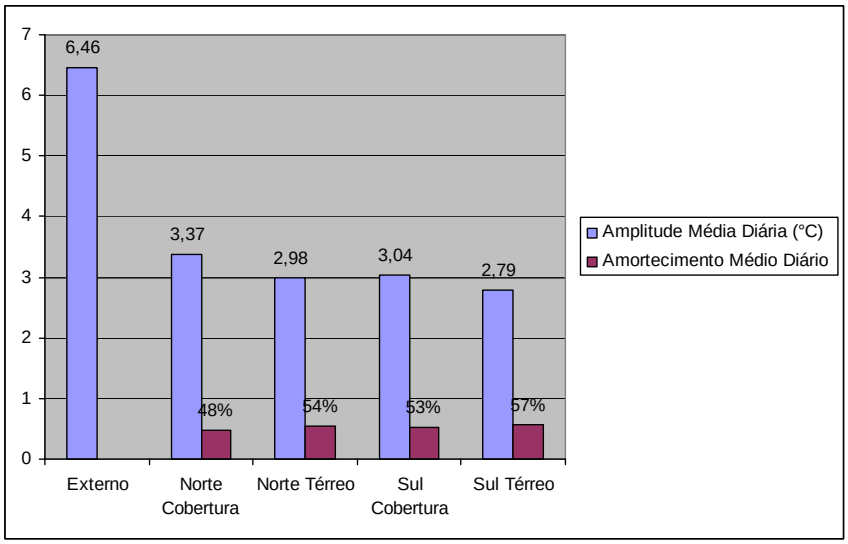


Figura 71 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon.

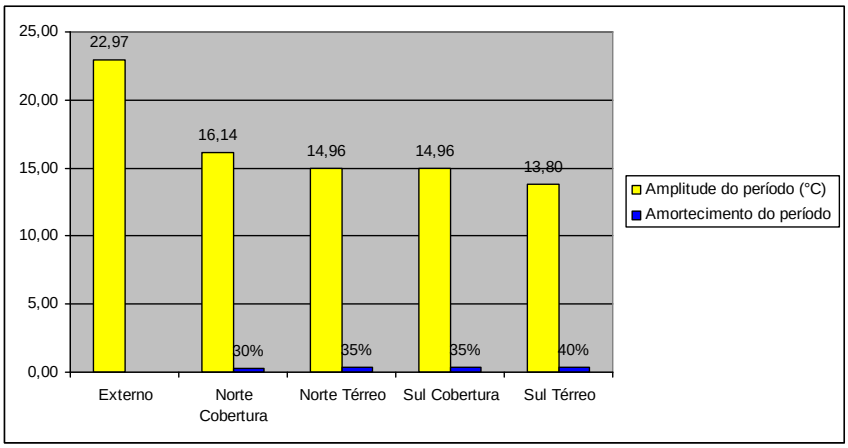


Figura 72 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Residencial Bourbon.

5.2.4. Conjunto Habitacional Acampamento

A figura 73 apresenta o gráfico de temperaturas mínimas e máximas do período de verão do Bloco N do Conjunto Residencial Acampamento, onde não se observa uma diferença significativa entre as ondas térmicas nos diferentes pavimentos e orientações. Também não se observa um atraso térmico significativo em relação à variação das temperaturas externas.

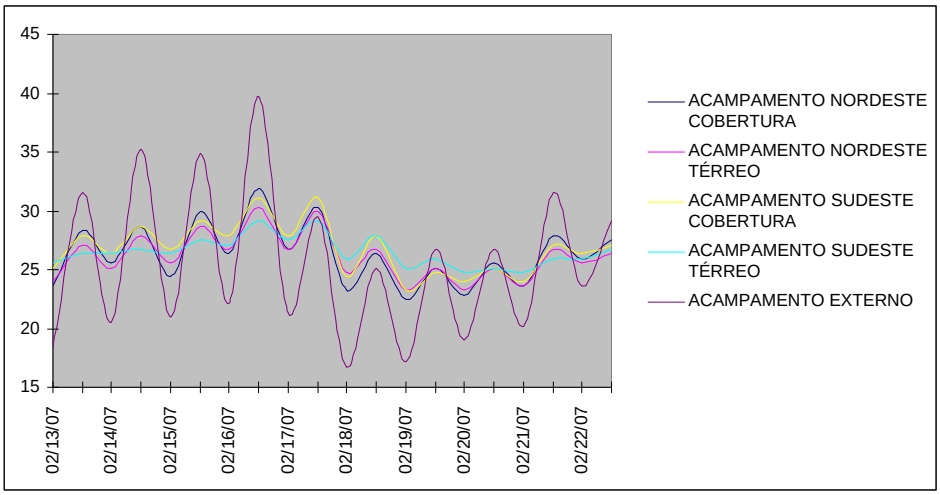


Figura 73 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

Na tabela 25 podemos observar que o amortecimento térmico atingido nos apartamentos térreo e de cobertura é bastante superior dos demais edifícios analisados, destacando-se, principalmente, o desempenho alcançado no último pavimento, em ambas as orientações. O Conjunto Habitacional Acampamento possui uma maior capacidade térmica, dessa forma, os resultados do amortecimento térmico se mostraram bastante satisfatórios, mesmo no pavimento de cobertura.

Tabela 25 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

VERÃO				
Conjunto Habitacional Acampamento	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	11,01°C	22,91°C		
Nordeste Cobertura	3,68°C	9,45°C	67%	59%
Nordeste Térreo	2,54°C	7,07°C	77%	69%
Sudeste Cobertura	2,40°C	7,88°C	78%	66%
Sudeste Térreo	1,10°C	4,31°C	90%	81%
Média	**2,43°C**	**7,18°C**	**78%**	**69%**

O gráfico da figura 74 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 75 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período. Observa-se nesse conjunto, para o período de verão, resultados bem mais

satisfatórios de amplitude térmica e amortecimento de onda térmica do que aqueles obtidos nos conjuntos analisados anteriormente.

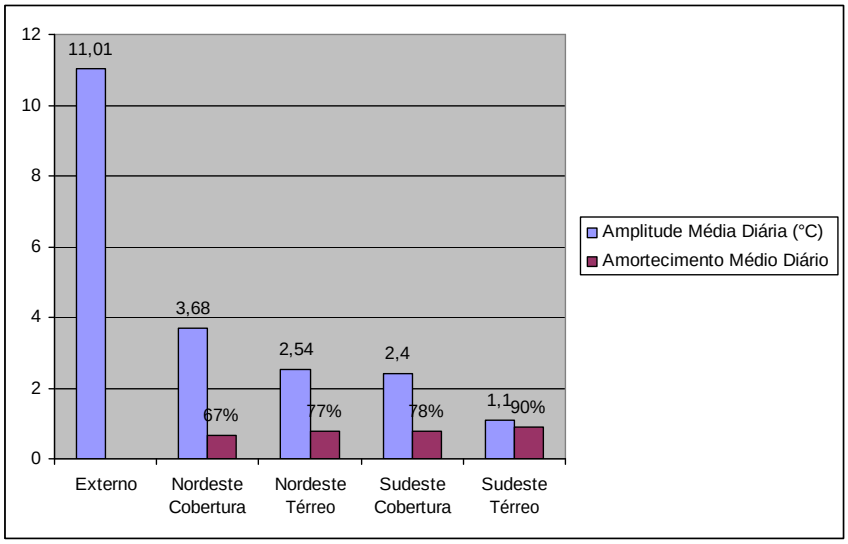


Figura 74 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

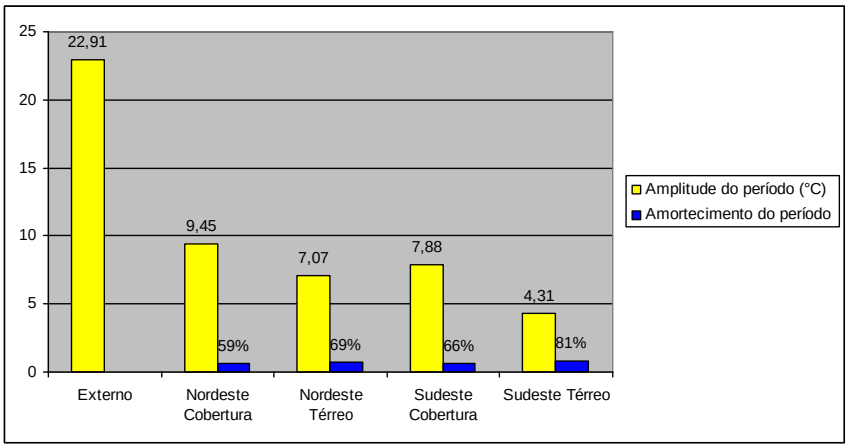


Figura 75 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no Conjunto Habitacional Acampamento.

O gráfico de temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno da figura 76 demonstra que não ocorre um atraso térmico significativo das temperaturas internas em relação à variação da temperatura externa. As ondas térmicas das medições realizadas nos diferentes pavimentos e orientações possuem comportamento bastante semelhante. Apenas a onda térmica do último pavimento na orientação oeste se diferencia naqueles períodos em que as temperaturas externas se apresentaram mais elevadas.

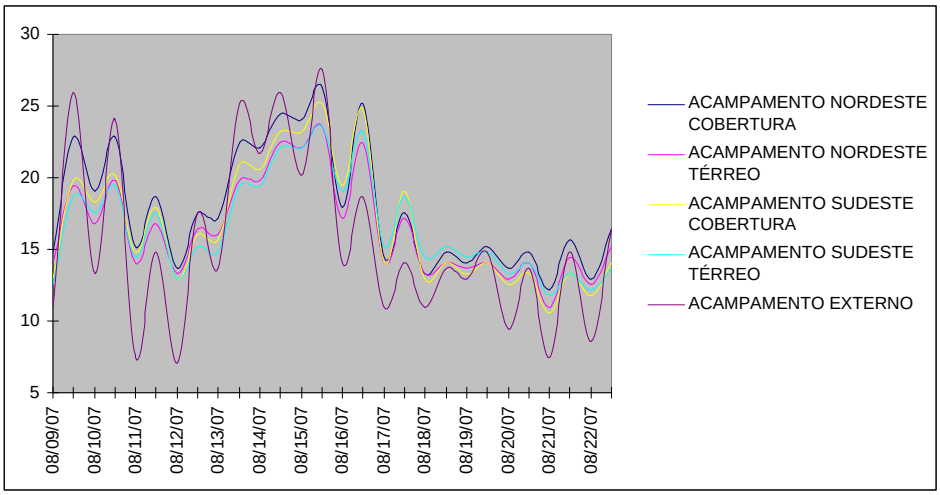


Figura 76 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento.

Na tabela 26 podemos observar que o amortecimento térmico atingido para o período de inverno não foi tão satisfatório quanto àquele atingido no período de verão. Porém, observa-se a superioridade do amortecimento térmico atingido no pavimento térreo em relação ao último pavimento.

Tabela 26 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento.

INVERNO				
Conjunto Habitacional Acampamento	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	7,03°C	20,09°C		
Nordeste Cobertura	3,58°C	14,18°C	49%	29%
Nordeste Térreo	2,79°C	12,64°C	60%	37%
Sudeste Cobertura	3,06°C	14,57°C	56%	27%
Sudeste Térreo	2,48°C	11,86°C	65%	41%
Média	**2,98°C**	**13,31°C**	**58%**	**34%**

O gráfico da figura 77 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 78 relaciona a amplitude do período de inverno com o amortecimento previsto para o mesmo período. No período de inverno observa-se uma perda brusca de desempenho nos valores de amplitude e amortecimento térmico se comparado aos resultados obtidos no período de verão. Esta perda de desempenho foi observada em todos os

conjuntos habitacionais, porém no Conjunto Habitacional Acampamento foi a mais significativa.

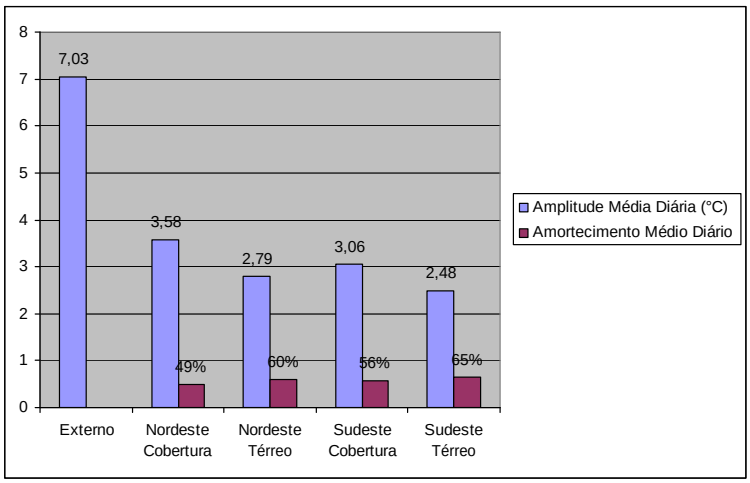


Figura 77 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento.

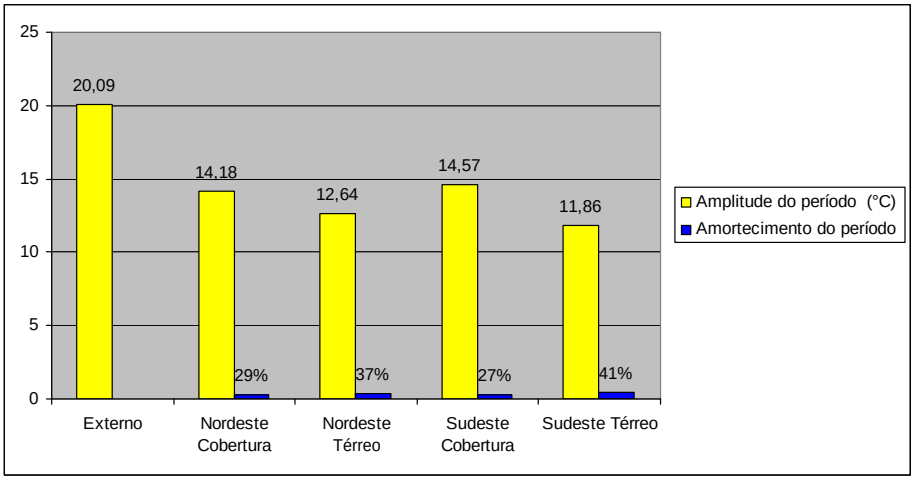


Figura 78 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Habitacional Acampamento.

5.2.5 Conjunto Habitacional João Paulo I

A análise da figura 79 com o gráfico de temperaturas mínimas e máximas para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I permite observar que as amplitudes térmicas das medições realizadas no térreo se mostraram bastante reduzidas. A medição realizada no último pavimento assume o mesmo comportamento em períodos em que houve uma queda na temperatura externa.

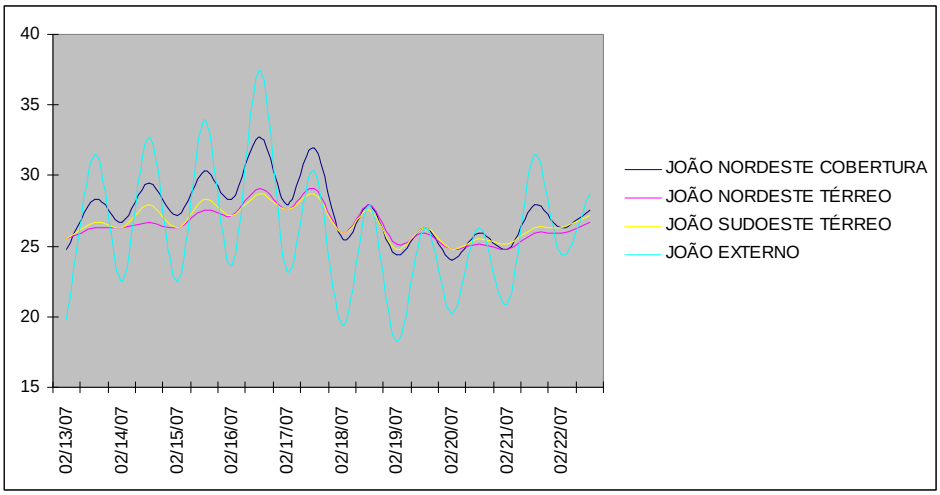


Figura 79 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

A exemplo do que foi constatado no Conjunto Habitacional Acampamento, o amortecimento térmico atingido no período de verão, em todas as orientações e pavimentos analisados, foi bastante satisfatório, mostrando-se superior aos demais edifícios analisados. A tabela 27 traz os dados a respeito do amortecimento e amplitude para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

Tabela 27 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

VERÃO				
Conjunto Habitacional João Paulo I	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	9,20°C	19,16°C		
Nordeste Cobertura	2,85°C	8,75°C	69%	54%
Nordeste Térreo	1,10°C	4,31°C	88%	78%
Sudoeste Térreo	1,33°C	3,91°C	86%	80%
Média	**1,76°C**	**5,66°C**	**81%**	**70%**

O gráfico da figura 80 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 81 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período.

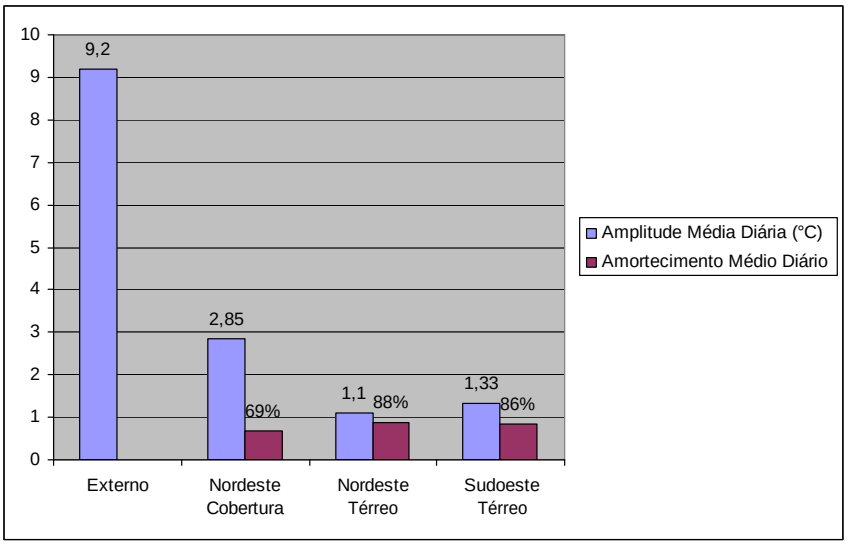


Figura 80 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

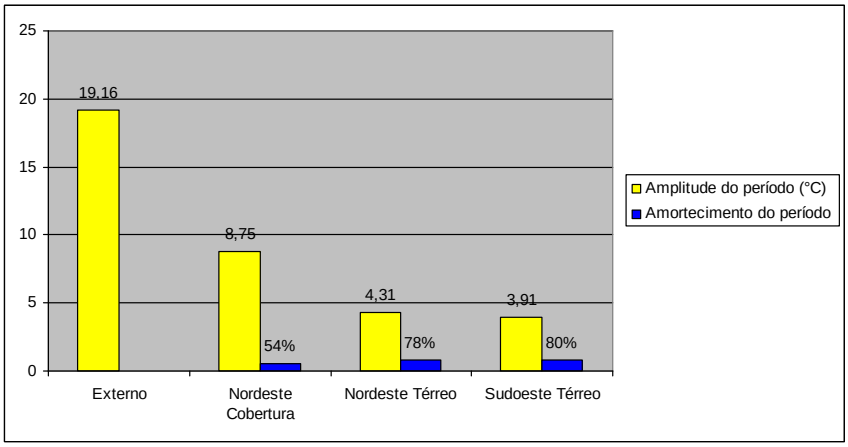


Figura 81 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão no Conjunto Habitacional João Paulo I.

Observando a figura 82 que traz o gráfico de temperaturas mínimas e máximas para o período de inverno, não se percebe um atraso térmico entre as temperaturas internas e as temperaturas externas. O que se percebe é uma resistência das ondas térmicas referentes às medições internas em acompanharem a redução da temperatura externa presente no final do período.

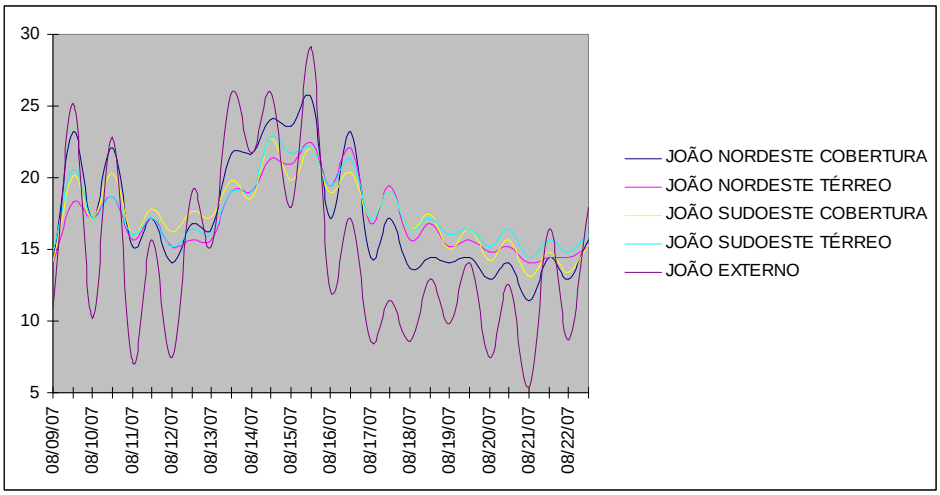


Figura 82 - Gráfico de temperatura mínimas e máximas no período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

A tabela 28 traz dados referentes a amplitude térmica e o amortecimento térmico, e o que se pode concluir é que mesmo no período de inverno, o amortecimento térmico se mostrou bastante elevado. Nos demais edifícios analisados, não foi constatado um amortecimento térmico no período de inverno tão elevado quanto o encontrado no Conjunto Habitacional João Paulo I.

Tabela 28 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

INVERNO				
Conjunto Habitacional João Paulo I	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
Externo	8,20°C	20,55°C		
Nordeste Cobertura	3,22°C	14,18°C	61%	31%
Nordeste Térreo	1,66°C	8,39°C	80%	59%
Sudoeste Cobertura	2,30°C	9,61°C	72%	53%
Sudoeste Térreo	1,80°C	8,39°C	78%	59%
Média	**2,25°C**	**10,14°C**	**73%**	**51%**

O gráfico da figura 83 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 84 relaciona a amplitude do período de inverno com o amortecimento previsto para o mesmo período. Observa-se que em relação ao período de verão, os valores de amplitude térmica se mostraram bem mais elevados ocasionando perdas no amortecimento da onda térmica.

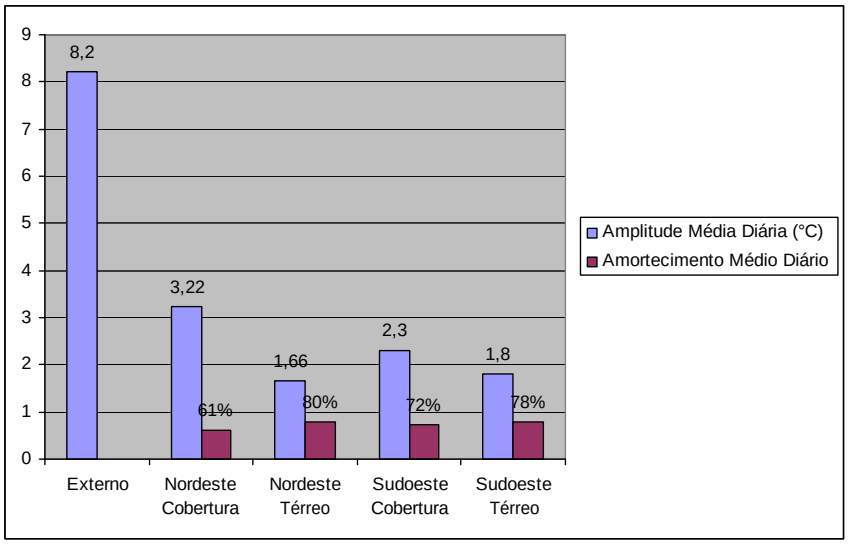


Figura 83 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

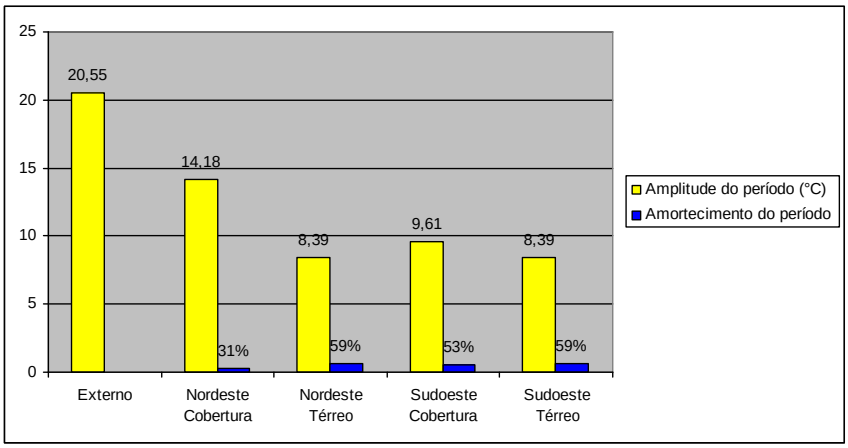


Figura 84 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno no Conjunto Habitacional João Paulo I.

5.2.6 Média dos Resultados dos Conjuntos Habitacionais

A partir dos resultados obtidos em vários pontos de coletas de dados obteve-se uma média pra cada um dos conjuntos habitacionais selecionados, tanto para o período de verão quanto para o período de inverno. Os gráficos seguintes demonstram o desempenho obtido em cada um dos Conjuntos Habitacionais em relação ao Amortecimento Térmico e a Amplitude Térmica.

A partir da tabela 29 é possível observar que os edifícios dos Conjuntos Habitacionais Acampamento e João Paulo I obtiveram os melhores resultados no

período de verão. Os dados apresentados se mostram muito favoráveis tanto no que se refere aos valores de amplitude mais baixas que os demais quanto nos valores mais elevados de amortecimento da onda térmica. No caso do Conjunto Habitacional Acampamento o amortecimento médio diário é de 78% e no João Paulo I chega aos 81%.

Tabela 29 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados.

VERÃO				
Conjuntos Habitacionais	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
PAR Noel Guarany	3,99°C	10,40°C	63%	51%
PAR Luis Bavaresco	3,66°C	10,24°C	61%	48%
Bourbon	2,77°C	7,78°C	63%	53%
Acampamento	2,43°C	7,18°C	78%	69%
João Paulo I	1,76°C	5,66°C	81%	70%

O gráfico da figura 85 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico. Enquanto o gráfico da figura 86 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento previsto para o mesmo período. A partir destas figuras é possível visualizar mais claramente a relação entre a amplitude e o amortecimento, pois quanto maior a amplitude menor será o amortecimento da onda térmica.

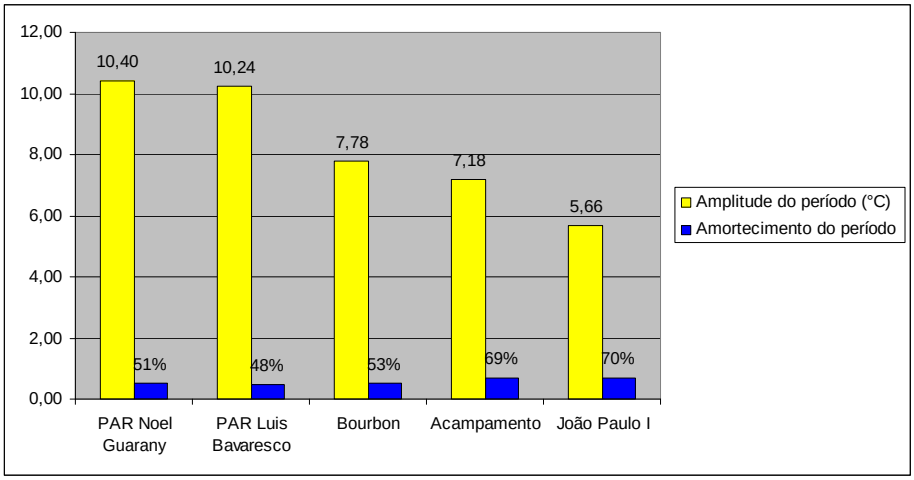


Figura 85 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados.

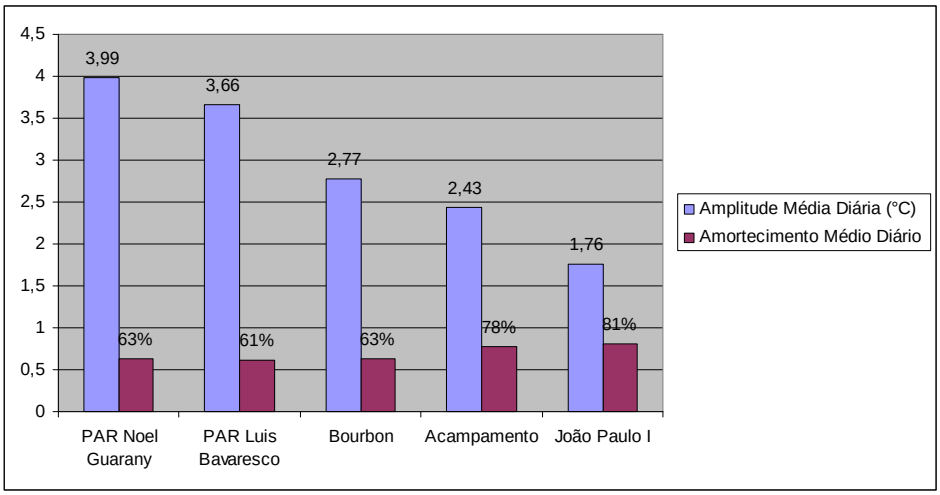


Figura 86 - Média da Amplitude Térmica Diária e Média do Amortecimento Térmico Diário no período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados.

No período de inverno percebeu-se um aumento nos valores de amplitude térmica e consequentemente uma queda nos valores relativos ao amortecimento da onda térmica em todos os conjuntos habitacionais analisados. A partir da tabela 30 é possível observar que o Conjunto Habitacional Acampamento foi o que registrou as maiores diferenças entre os resultados obtidos entre o período de verão e o período de inverno. O Conjunto Habitacional João Paulo I também apresentou resultados diferenciados daqueles apresentados no período de verão, porém, permaneceu com um desempenho bastante superior que os demais conjuntos analisados apresentando um amortecimento médio diário de 73%.

Tabela 30 - Amplitude e Amortecimento Médios Diário e para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados.

INVERNO				
Conjuntos Habitacionais	**Amplitude Média Diária**	**Amplitude do período**	**Amortecimento Médio diário**	**Amortecimento do período**
PAR Noel Guarany	4,05°C	14,40°C	61%	50%
PAR Luis Bavaresco	3,58°C	14,88°C	57%	38%
Bourbon	3,05°C	14,97°C	53%	35%
Acampamento	2,98°C	13,31°C	58%	34%
João Paulo I	2,25°C	10,14°C	73%	51%

.

O gráfico da figura 87 relaciona a média da amplitude térmica diária com a média diária do amortecimento térmico, enquanto o gráfico da figura 88 relaciona a amplitude do período de verão com o amortecimento calculado para o mesmo

período. A partir das figuras 87 e 88 é possível visualizar mais claramente o aumento dos valores referente à amplitude térmica e consequentemente a queda nos valores de amortecimento térmico. Nota-se que o Conjunto Habitacional Acampamento já não se diferencia de forma acentuada dos demais conjuntos, como ocorreu no período de verão.

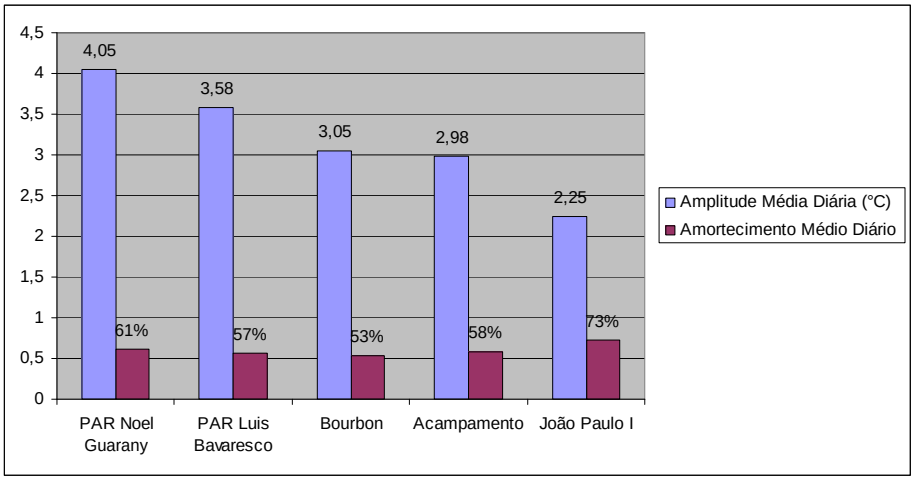


Figura 87 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados.

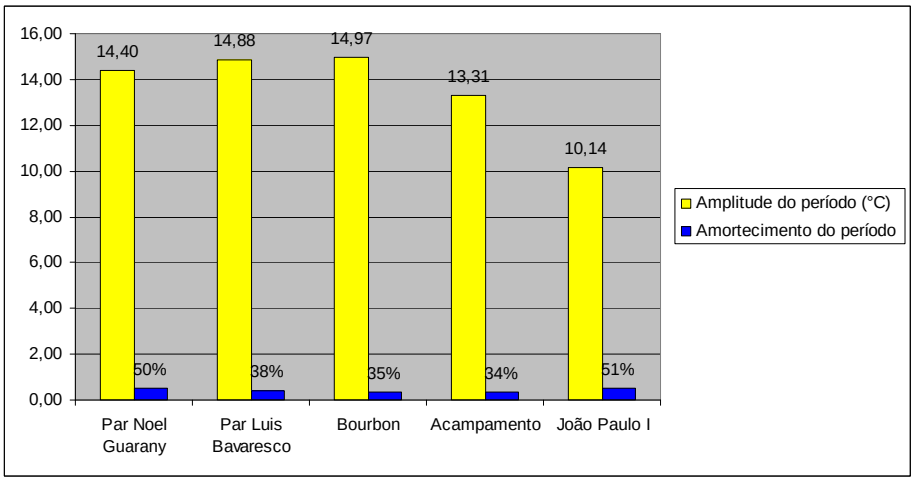


Figura 88 - Média da Amplitude Térmica e Média do Amortecimento Térmico para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados.

A partir da análise do gráfico da figura 89 observou-se, que no período de verão, a maior parte dos resultados obtidos de amortecimento térmico têm relação direta com a capacidade térmica dos conjuntos analisados, ou seja, quanto maior a capacidade térmica, maior o amortecimento térmico.

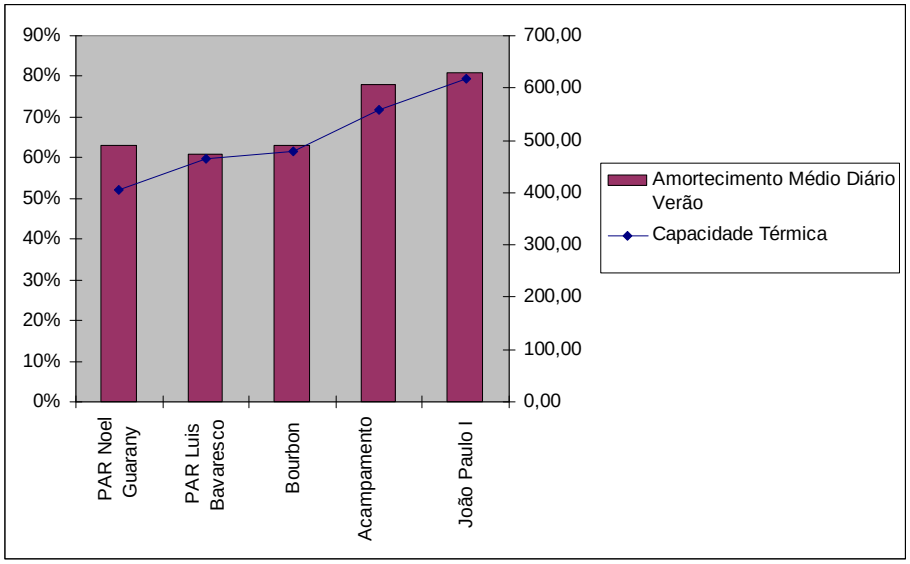


Figura 89 - Capacidade Térmica x Amortecimento Térmico Diário para o período de verão nos Conjuntos Habitacionais analisados.

Porém, o PAR Noel Guarany possui a menor capacidade térmica e o resultado do amortecimento térmico é mais satisfatório do que em outros conjuntos de capacidade térmica mais elevada como o PAR Luis Bavaresco e Conjunto Residencial Bourbon. É preciso recordar que o PAR Noel Guarany localiza-se em uma zona da cidade com um microclima diferenciado e que a distribuição dos blocos no terreno permite uma boa circulação do ar mais fresco presente no entorno.

O gráfico da figura 90 traz a relação entre a capacidade térmica e o amortecimento térmico obtido para o período de inverno. Observa-se que nesse período a capacidade térmica não foi fator determinante nos resultados do amortecimento térmico. Embora, o Conjunto Habitacional João Paulo I, o qual possui a maior capacidade térmica entre os conjuntos analisados, mantenha o melhor desempenho no amortecimento da onda térmica, esse comportamento não é observado nos demais conjuntos. A justificativa para este fenômeno é a vedação ineficiente proporcionada por esquadrias de baixa qualidade, instaladas de maneira precária. Observa-se que os conjuntos com maior facilidade de ventilação cruzada que são os Conjuntos Habitacionais Acampamento e Bourbon obtiveram os piores resultados no que se refere ao amortecimento da onda térmica no período de inverno.

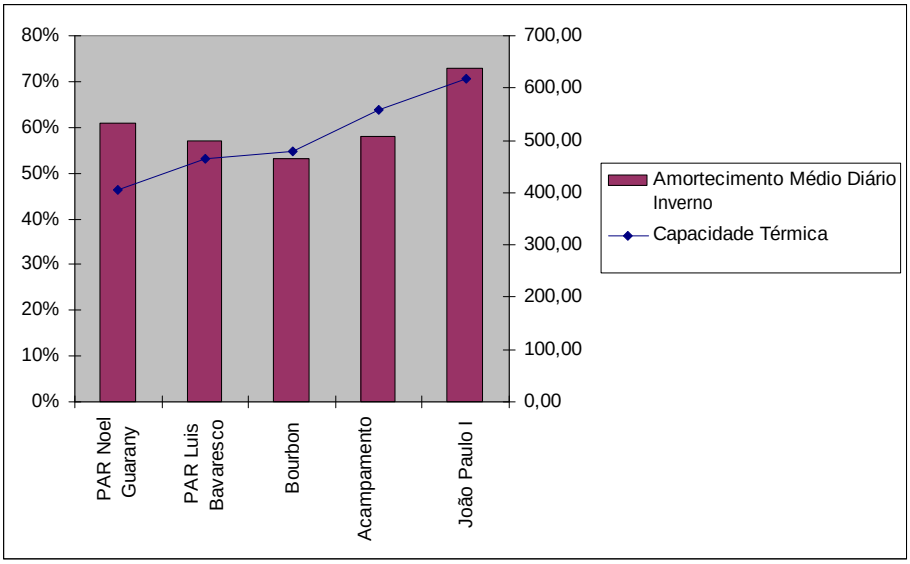


Figura 90 - Capacidade Térmica x Amortecimento Térmico Diário para o período de inverno nos Conjuntos Habitacionais analisados.

6. CONCLUSÕES

A partir das investigações e análises propostas, obtiveram-se resultados que mostram as condições de desempenho térmico das habitações de interesse social em conjuntos habitacionais multifamiliares construídos em épocas e por políticas de habitação popular diferenciadas na cidade de Santa Maria – RS. As informações contidas neste estudo podem servir como subsídio para outras pesquisas que visem a identificação de problemas e a proposição de melhorias nas condições de conforto térmico, bem como na proposição de melhorias para a construção de futuras edificações destinadas à moradia popular.

Foi possível identificar claramente as práticas construtivas adotadas nos antigos prédios do BNH e àquelas que estão sendo adotadas pelo programa PAR. Embora os prédios do programa PAR possam ser executados dentro de um espaço de tempo mais curto, e com menor desperdício de material devido ao uso da modulação e de elementos pré-fabricados, a baixa capacidade térmica atingida pelos seus edifícios é um fator preocupante.

Outro fator preocupante é a falta de cuidado no isolamento da cobertura nos prédios dos conjuntos analisados. Através da distribuição dos aparelhos de medição de temperatura em diferentes pavimentos e diferentes orientações; verificou-se que o efeito exercido pela cobertura nos últimos pavimentos teve maior influência que a orientação solar nos resultados obtidos de variação da temperatura interna, amplitude e amortecimento térmico, tanto no período de inverno quanto no período de verão.

Verificou-se, também, que a ventilação cruzada pode não surtir o efeito desejado na melhoria das condições de conforto térmico quando não se pode controlá-la ou quando as condições de vedação das esquadrias não são adequadas, problema que se agrava no inverno. No verão, em áreas urbanas densificadas, o aquecimento do ar ocorre de maneira mais intensa e com o auxílio da ventilação a temperatura no interior da edificação tende a se igualar à temperatura externa. O clima de Santa Maria, bem como de toda região sul caracteriza-se por apresentar amplitudes térmicas consideráveis tanto no período de inverno quanto no período de verão. As medições de temperaturas externas realizadas apresentaram uma amplitude térmica média de até 10°C durante o dia, tanto no período de inverno

quanto no período de verão. Utilizar-se dessa diferença de temperatura para resfriar o ambiente no verão e aquecê-lo no inverno é uma estratégia que deve ser adotada, mas para isso é preciso o controle da entrada e saída do ar. O Conjunto Habitacional João Paulo I, mesmo sem condições favoráveis para a ocorrência da ventilação cruzada, devido à proximidade entre os blocos do conjunto e da distribuição dos apartamentos e das esquadrias que não permitem a passagem dos ventos, obteve o melhor desempenho térmico de todos os conjuntos analisados. Dessa forma é possível concluir que a capacidade térmica elevada teve um papel decisivo no desempenho térmico dos prédios desse conjunto habitacional.

A capacidade térmica dos edifícios foi o fator determinante nos resultados obtidos de desempenho térmico no período de verão. O PAR Noel Guarany foi uma exceção, pois se localiza numa região da cidade com microclima diferenciado, devido à baixa taxa de ocupação e de vastas áreas totalmente livres de edificações e sem impermeabilização do solo. Porém, a capacidade térmica deve estar aliada a uma boa vedação da envoltória do edifício, principalmente no inverno, onde se observou a perda de desempenho no amortecimento térmico naqueles edifícios com condições mais favoráveis para a ocorrência de ventilação cruzada. Portanto, observa-se que no verão as características termofísicas da envoltória formam determinantes no desempenho térmico das moradias, mas no inverno, outros fatores interferiram de forma mais decisiva.

Dessa forma, a Norma de Desempenho Térmico (ABNT, 2005) se aplica melhor para climas quentes, predominante no território nacional. Equivoca-se a Norma NBR 15220 ao indicar coberturas leves para uma região de climas frios e com uma grande variação diária da temperatura, como é o caso de Santa Maria. Recomendações quanto aos períodos mais adequados para a ventilação conforme o uso do ambiente também deveriam ser acrescentadas à Norma, bem como uma melhor vedação das esquadrias.

A sistemática e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa mostraram-se plenamente viáveis para se especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações multifamiliares, podendo ser recomendada a sua utilização por outros pesquisadores.

A questão da moradia popular engloba vários aspectos, porém questões relacionadas ao conforto térmico acabam ficando em segundo plano. Questões econômicas acabam servindo como única justificativa para projetos arquitetônicos

padronizados e uso de materiais inadequados às condições climáticas, quando pequenos cuidados como a implantação, insolação e ventilação do edifício podem fazer muita diferença na melhoria das condições de conforto. Dessa forma, este trabalho traz dados importantes para que se possa conhecer a realidade e avançar em novas propostas que assegurem uma melhor qualidade de vida aos moradores das habitações de interesse social de Santa Maria e região.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da elaboração deste trabalho, sugerem-se novos estudos abordando os seguintes temas:

- Aplicar a metodologia proposta na análise de edificações multifamiliares em conjuntos habitacionais de caráter popular segundo diferentes critérios de comparação tais como: transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar;
- Realizar simulações com base nos dados dos levantamentos das edificações que fizeram parte desta pesquisa, a fim de avaliar o seu comportamento em situações diversas, utilizando diferentes materiais de construção e diferentes implantações;
- Avaliar o desempenho térmico de edificação segundo uma metodologia que inclua a opinião do usuário sobre o nível de conforto nestas edificações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, 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: ABNT, 2005.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 -1**. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ALMEIDA, M. M. **Da experiência ambiental ao projeto arquitetônico:** um estudo sobre o caminho do conhecimento na arquitetura, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55/1998:** thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 1998.

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

_____. **ASHRAE** handbook, 2001: fundamentals. Atlanta: Ashrae, 2001. [550] p.

ANDREASI, W. A. **Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul.** Florianópolis: UFSC, 2001. 146p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005**. Casa Civil de Presidência da República, 2005. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/_Ato20042006/2005/Lei/L11124.htm>. Acesso em: 15 out. 2007.

_____. **Lei n° 10.188, de 12 de fevereiro de 2001**. Cria o Programa de Arrendamento Residencial, institui o arrendamento residencial com opção de compra e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/LEIS_2001/L10188.htm>. Acesso em: 12 de julho de 2007.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares.** Florianópolis: UFSC, 1997. 277p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

DAMÉ, L. M. **Habitação PAR, Desempenho Ímpar? Uma Avaliação Funcional de Unidades Multifamiliares em Pelotas – RS**, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.** Curitiba: CEFET-PR, 2002. 230p. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2002.

FANGER, P. **Thermal comfort:** analysis in environmental engineering. Kingsport: McGraw-Hill, 1970.

FEDELE, P. C. **Resgate de Conceitos de Arquitetura para Conjuntos Residenciais Multifamiliares**, 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

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

GIVONI, B. 1981. **Man, Climate and Architecture**. London. Applied Science Publishers Ltd. 483pp.

GIVONI, B. (1992). **Comfort, climate analysis and building design guidelines.** In: Energy and building, vol 18, July/92, p 11-23.

GIVONI, B. 1994. **Passive and Low Energy Cooling Buildings**. New York. John Wiley & Sons, Inc. 263 pp.

GIVONI, B. 1998. Climate **Considerations Buildings and Urban Design**. New York. John Wiley & Sons, Inc. 464 pp.

GOMES, R. C.C, SILVA, A.B, SILVA, V. P. **Política habitacional e urbanização no Brasil.** In: Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. VII, núm. 146(083), 1 de agosto de 2003. UFRN, Brasil.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC,1998.

GOULART, S.; LAMBERTS, R. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações.** Florianópolis: UFSC, 1993.

GOULART, S.V.G., BARBOSA, M.J., PIETROBON C. E., BOGO A., PITTA T., **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Relatório interno no. 02/94, NPC: UFSC, 1994.

GUARESCHI, M. **Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Desportivas na cidade de Santa Maria – RS**, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: AU editores, 1997.

LOUREIRO, K. C. G. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

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

MARAGNO, G. V. **Adequação Bioclimática da Arquitetura de Mato Grosso do Sul**. In: ENSAIOS E CIÊNCIA, año/vol. 6, número 003. Universidade para o Desenvolvimento do estado e da Região do Pantanal, Campo Grande – Brasil, 2002. p. 13 – 37.

MENEZES, M. S. **Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações Sociais de Passo Fundo – RS**, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Déficit habitacional no Brasil 2005.** Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. Belo Horizonte, 2006.

MOORE, F. **Environmental Control Systems**. McGraw Hill, USA, 1993.

OLGYAY, V., Design with climate **- Bioclimatic approach to architecture regionalism**. 3. ed., Universidade de Princetown, Nova Jersey, 1973.

OLIVEIRA, Roberto de. **Desempenhos Críticos para Sustentabilidade Habitacional** In: ANAIS II CTHab – II Congresso Brasileiro e I Ibero-Americano. Habitação social: ciência e tecnologia. Florianópolis, SC, 2.

PEREIRA, M. C. **Habitação e Meio-Ambiente: Uma abordagem crítica para o projeto sustentável**, 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2003.

RODRIGUES, L.L. **A habitação social pode e deve ser mais do que uma casa**. Disponível em: <<http.www.arcoweb.com.br/debate/debate56.asp>>. Acesso em 22 de novembro de 2008.

WERNA, E.; ABIKO, A.K.; COELHO, L.O; SIMAS, R.; KEIVANI, R.; HAMBURGER, D.S.; ALMEIDA, M. A. P. **Pluralismo na Habitação**. São Paulo: Anablume, 2001.

APÊNDICE A – Planilhas de relação entre as dimensões dos edifícios e áreas de fachada e esquadrias

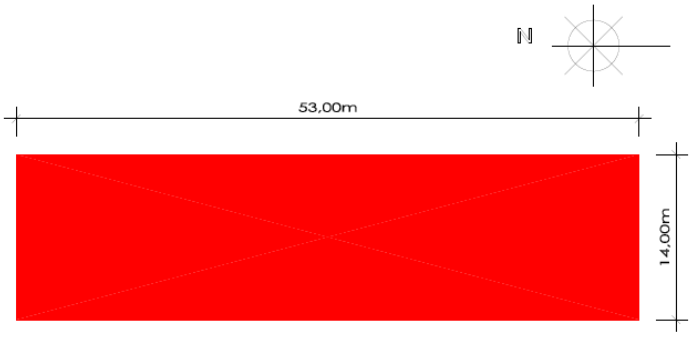
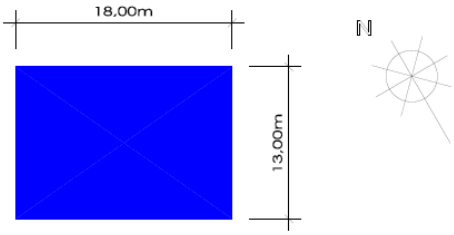
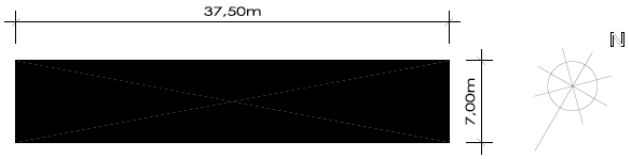
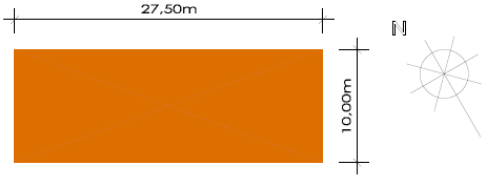
Áreas e relação comprimentos x largura dos edifícios.

Edifícios	Dimensões em Planta		Relação
	Largura	Profundidade	Larg/Prof
Acácia Negra - bloco A	**14,57**	**23,72**	**0,61**
Bourbon - bloco C	**7,55**	**38,80**	**0,19**
Camobi - bloco A	**8,65**	**40,73**	**0,21**
Niederauer	**6,60**	**47,85**	**0,14**
Champagnat	**10,20**	**49,10**	**0,21**
Quatro Estrelas	**17,60**	**18,20**	**0,97**
Acampamento	**7,30**	**37,53**	**0,19**
Arco Verde	**8,10**	**31,55**	**0,26**
Conrado Hofmann	**15,76**	**75,45**	**0,21**
Neno	**7,40**	**89,52**	**0,08**
Tuiuti	**SEM LEVANTAMENTO**		
Morada do Sol	**SEM LEVANTAMENTO**		
São Luís	**7,50**	**76,85**	**0,09**
João Paulo I	**10,00**	**27,40**	**0,36**
PAR Luís Bavaresco	**12,75**	**18,20**	**0,70**
PAR Noel Guarany	**13,94**	**52,62**	**0,26**
PAR Novo Tempo	**13,94**	**52,62**	**0,26**
Duque de Caxias	**8,85**	**28,15**	**0,31**
Rui Barbosa Bloco A	**7,35**	**35,13**	**0,21**
Marechal Costa e Silva	**SEM LEVANTAMENTO**		
Base	**7,40**	**18,15**	**0,41**
Paineira	**14,57**	**23,72**	**0,61**

Área de janelas em relação à área total de fachada.

Edifícios	Áreas (m²)		Relação
	Fachada	Esquadrias	Fachada./Esq
Acácia Negra - bloco A	**1251,54**	**166,24**	**8%**
Bourbon - bloco C	**945,00**	**152,10**	**6%**
Camobi - bloco A	**1356,09**	**230,32**	**6%**
Niederauer	**1428,62**	**220,32**	**6%**
Champagnat	**1557,50**	**396,64**	**4%**
Quatro Estrelas	**884,50**	**138,90**	**6%**
Acampamento	**1129,32**	**177,20**	**6%**
Arco Verde	**470,85**	**86,96**	**5%**
Conrado Hofmann	**3355,56**	**385,68**	**9%**
Neno	**1938,40**	**434,28**	**4%**
Tuiuti	**SEM LEVANTAMENTO**		
Morada do Sol	**SEM LEVANTAMENTO**		
São Luís	**2437,16**	**470,68**	**5%**
João Paulo I	**1059,52**	**144,64**	**7%**
PAR Luís Bavaresco	**1076,25**	**141,80**	**8%**
PAR Noel Guarany	**2728,22**	**377,00**	**7%**
PAR Novo Tempo	**2728,22**	**377,00**	**7%**
Duque de Caxias	**927,36**	**151,68**	**6%**
Rui Barbosa Bloco A	**1270,80**	**156,08**	**8%**
Marechal Costa e Silva	**SEM LEVANTAMENTO**		
Base	**627,60**	**96,44**	**7%**
Paineira	**1251,54**	**166,24**	**8%**

APÊNDICE B – Planilhas com dimensões e orientação solar dos edifícios analisados.

CONJUNTO HABITACIONAL	ORIENTAÇÃO
PAR NOEL GUARANY 	LESTE-OESTE
PAR LUIS BAVARESCO 	NORDESTE-SUDOESTE
CONJUNTO RESIDENCIAL BOURBON	LESTE - OESTE
CONJUNTO HABITACIONAL ACAMPAMENTO 	NOROESTE - SUDESTE
CONJUNTO HABITACIONAL JOÃO PAULO I 	NORDESTE - SUDOESTE

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.